

**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**



**ESTUDIO MULTITEMPORAL DEL CUERPO DE AGUA DE LA LAGUNA DE
FÚQUENE MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT**

Autor(es):

Ing. Juan Pablo Hernández Camacho
Ing. Wilfreyer Chacón Hernández

Tipo de publicación:
Artículo

Director:

Jorge Luis Corredor Rivera
Docente Tiempo Completo
Universidad Militar "Nueva Granada"

**UNIVERSIDAD MILITAR "NUEVA GRANADA"
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
BOGOTÁ
2013**

ESTUDIO MULTITEMPORAL DEL CUERPO DE AGUA DE LA LAGUNA DE FUQUENE MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT

MULTITEMPORAL STUDY OF THE FÚQUENE LAGOON'S WATER BODY THROUGH LANDSAT SATELLITE IMAGERY

Juan Pablo Hernández Camacho
Ing. Topográfico Profesional SIG, Vicepresidencia de Transportes, Departamento de Contingencias e Integración.
CNC Lavalin, Bogotá, Colombia,
juanpahc@gmail.com

Wilfreyer Chacón Hernández
Ing. Topográfico Jefe de Topografía, Operaciones, Departamento de Topografía.
Geofísica Sistemas y Soluciones, Bogotá, Colombia,
wilfreyer@gmail.com

RESUMEN

Este estudio pretende determinar el comportamiento del espejo de agua de la laguna de Fúquene a través del tiempo, por medio de la aplicación de imágenes satelitales obtenidas en las distintas épocas a lo largo de 30 años de captura de información.

Como objeto principal del estudio se determinan las áreas del cuerpo de agua de la laguna, por medio del conteo de píxeles que representan el elemento escogido.

Por medio de la identificación de firmas espectrales, contenidas en cada una de las imágenes LandSat insumo, se determinan cuales son las que más se acercan a la realidad terreno y se aplican como guía de clasificación para cada imagen. Como resultado se obtiene una imagen temática con las coberturas de los elementos seleccionados para elaborar la clasificación.

Las áreas obtenidas después de realizadas las clasificaciones no supervisadas pero con firmas espectrales preestablecidas, arrojan datos donde se aprecia que el cuerpo de agua de la laguna desde la década de los 70, presenta una disminución sustancial a la primera década del 2000, dando como reflexión la intervención y múltiples factores que pueden estar llevando a este entorno ambiental a su fin como es conocido.

Palabras claves: PCI Geomática, ERDAS, Clasificación de Imágenes Supervisada, Clasificación de Imágenes No Supervisada, LandSat, Firmas Espectrales, Imagen Satelital, Espectro Electromagnético, Nivel Digital.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to determine the behavior of the Fúquene lagoon water mirror throughout the time, by using satellite imagery obtained over 30 years of data collection.

As part of the main purpose of this study, the areas of the lagoon's body of water were determined by counting the number of pixels of the image representing it.

By identifying spectral signatures contained in the input LandSat imagery, it was possible to determine which images best represent the real area so that they can be used as a classification guide for each one of the images. As a result, a subject image that includes the coverage of the chosen elements to be classified is obtained.

The areas obtained after no supervised classification, but with default, pre-established spectral signatures, show that the lagoon's body of water level has decreased during the first decade of the 21st century if compared to the images taken in the 70s. As a result, we think intervention and various other factors are the main causes making this environment to come to an end as we know it.

Keywords: PCI Geomatics, ERDAS, Supervised Image Classification, Unsupervised Image Classification, LandSat, Spectral Signatures, Satellital Image, Electromagnetic Spectrum, Digital Level.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las herramientas que se han estandarizado para múltiples propósitos geomáticos, se da la necesidad de crear análisis múltitemporales de distintos fenómenos tanto naturales como en los que el hombre ha generado algún cambio en su ambiente.

Este trabajo pretende realizar un estudio del comportamiento del cuerpo de agua de la laguna de Fúquene entre el año 1977 y el año 2007, utilizando imágenes satelitales LandSat 2, 4, 5 y 7 con cartografía existente como soporte e insumo. Los resultados obtenidos permitirán discriminar e identificar los sectores de mayor cambio en el área a estudiar, los cultivos y usos del suelo que se le ha dado a la colindancia de la laguna como dato de la afectación generada por sus habitantes.

Mediante la creación e identificación de firmas espectrales de las imágenes insumo que se poseen, se aplicaran filtros de interpretación a niveles digitales, supervisados y no supervisados, para determinar cual se acerca más a la realidad del área de estudio. Con controles en campo se realiza chequeo de áreas pobres en información digital, con registro fotográfico como soporte de la interpretación obtenida.

Las herramientas utilizadas para generar un resultado son ERDAS y PCI Geomatics, con las cuales se genera una comparación de áreas clasificadas entre las distintas

fechas de toma en cada imagen, representadas en porcentajes de incremento o sustracción de área del cuerpo de agua de la laguna de Fúquene.

1. LOCALIZACIÓN GENERAL

La laguna de Fúquene es un cuerpo de agua dulce situado en el Municipio de Fúquene, entre los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, al este de los Andes colombianos, a una altitud de 2.540 metros, y a una distancia de unos 80 km de la ciudad de Bogotá. La fotografía 1 muestra el cuerpo de agua de la Laguna de Fúquene en la actualidad.



Fotografía 1 – Panorámica Laguna de Fúquene

Numerosas familias, pescadores y artesanos dedicados a la fabricación de cestas dependen directamente de la laguna. El volumen de agua de la laguna descendió un metro entre la década de 1970 y la primera década del siglo XXI, debido principalmente a extracción indiscriminada de agua para el regadío. Además, unas 6.700 toneladas de sedimentos se depositan cada año en esta laguna. Otros problemas son la eutrofización de las aguas, así como la propagación descontrolada del Jacinto de agua, introducido artificialmente. La caza incontrolada de las aves acuáticas es otro problema importante [1].

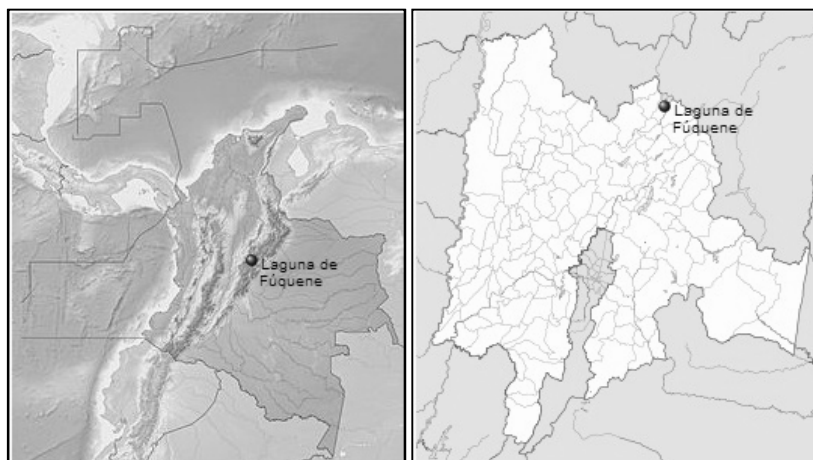


Figura 1 – Localización general [1]

La laguna es alimentada por el río Susa y desalimentada por el río Suárez. La figura 1 muestra la ubicación geográfica de la zona de estudio. Localización geográfica : 5° 28' 0" N, 73° 45' 0" W

2. MATERIALES Y METODOS

En este capítulo se presentan los insumos utilizados y métodos para desarrollar la cuantificación de área en la laguna de Fúquene.

2.1. MATERIALES USADOS

Insumos relacionados y obtenidos para generar este proceso a continuación.

2.1.1. IMÁGENES SATELITALES

Se utilizan imágenes LandSat 2, 3, 4 y 5 discriminadas de la tabla 1:

Tabla1 - Relación de Imágenes LandSat

Sensor	Año	ID Imagen
Landsat 2 MSS	1977	Im20080561977007aaa04
Landsat 4 TM	1988	It40080561988082xxx03
Landsat 5 TM	1984	It50080561984127xxx05
Landsat 5 TM	1991	It50080561991082xxx03
Landsat 7 ETM	1999	LE70080561999304EDC00
Landsat 5 TM	2001	It50080562001029xxx01
Landsat 5 TM	2007	It50080562007270chm00
Landsat 7 ETM	2003	LE70080562003011AGS00
Landsat 7 ETM	2002	LE70080562002264EDC00

Los LandSat son una serie de satélites construidos y puestos en órbita por EE. UU., para la observación en alta resolución de la superficie terrestre. Los LandSat orbitan alrededor de la Tierra en órbita circular heliosincrónica, a 705 km de altura, con una inclinación de 98.2° respecto del Ecuador y un período de 99 minutos. Las órbitas de los satélites están diseñadas de tal modo que cada vez que éstos cruzan el Ecuador lo hacen de Norte a Sur entre las 10:00 y las 10:15 de la mañana hora local. Los LandSat están equipados con instrumentos específicos para la teledetección multiespectral. El primer satélite LandSat (en principio denominado ERTS-1) fue lanzado el 23 de julio de 1972. El último de la serie es el LandSat 7, puesto en órbita en 1999, y es capaz de conseguir una resolución espacial de 15 metros [1].

Dentro de la metodología utilizada para la ejecución de este proceso se realizan análisis de la calidad de las imágenes utilizadas y distintos métodos de obtención de información relacionados a continuación.

2.2. METODOLOGÍAS

Para la implementación de imágenes en los procesos de cuantificación y caracterización de los fenómenos naturales o antropicos, se implementan varias metodologías y estandarizaciones relacionadas a continuación.

2.2.1. EVALUACIÓN DE UNA IMAGEN MULTIESPECTRAL

Este ítem nos permite determinar que imágenes podrían ofrecer mejor información mediante la evaluación de sus firmas espectrales las cuales se utilizan para ejecutar algoritmos de correlación, discriminando de manera más homogénea cada elemento contenido dentro de la imagen de estudio, como cultivos, edificaciones, cuerpos de agua, etc [2].

De igual forma se realizan filtros de procesamiento para resaltar aun más algunos elementos y dar mayor aprovechamiento de la información digital.

2.2.2. FIRMAS ESPECTRALES

Las firmas espectrales son las que muestran el comportamiento de los niveles digitales a través de las bandas de las imágenes, de cada uno de los elementos evaluados, determinando cuales se pueden discriminar de mejor manera en cada banda espectral para realizar una interpretación más eficiente y veraz de los elementos. [2]

Cada tipo de superficie interacciona con la radiación de manera diferente en cada banda, absorbiendo unas longitudes de onda muy concretas y reflejando otras diferentes en unas proporciones determinadas, esto explica la separación de las firmas espectrales de cada elemento.

2.2.3. CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA

Una clasificación no supervisada organiza la información de la imagen en clases discretas de píxeles espectralmente similares. Para realizar una clasificación no supervisada, el usuario trabaja a través de paneles y cuadros de diálogo, para configurar sus archivos de datos y para elegir el número de clases que el algoritmo debe diferenciar. [3]

Cuando ha terminado de configurar su clasificación, puede ejecutar el proceso. Se clasifica automáticamente los valores espectrales en los datos de imagen. Puede visualizar los resultados de la clasificación en el área de visualización mediante un informe de la clasificación.

El reporte arrojado, indica la distribución de los valores de píxel a través del número de clases que eligió en el cuadro de Clasificación, el sello de fecha y la ruta del

archivo para sus imágenes clasificadas. La figura 2 muestra los resultados de la clasificación no supervisada

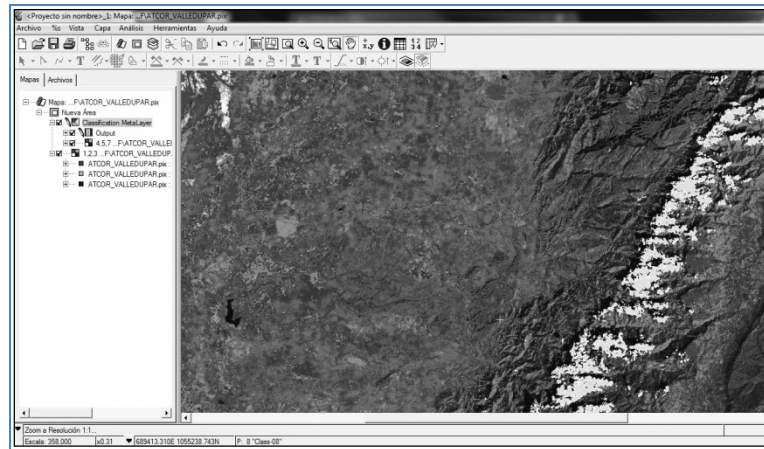


Figura 2 – Clasificación No supervisada [5]

El algoritmo de clasificación también se enumera con los canales de entrada y el canal donde se almacenan los resultados. Los Agrupamientos son grupos de píxeles con características espectrales similares. El informe del grupo le indica cuantos píxeles constituyen cada clase, y el nivel medio de brillo y la desviación estándar para cada uno de los canales de entrada.

2.2.4. CLASIFICACIÓN SUPERVISADA

En la clasificación supervisada, el usuario debe confiar en sus propias habilidades de reconocimiento de patrones y en el conocimiento de los datos para ayudar al software a determinar los criterios estadísticos (signaturas) para cada clasificación.

Para seleccionar áreas de entrenamiento fiables, el usuario debe de tener alguna información, tanto espacial como espectral, acerca de los píxeles que quiere clasificar. La posición de características específicas, tales como un tipo de cubierta terrestre, pueden ser conocidas a través de informes sobre la verdad terreno. La "Verdad Terreno" se refiere a la adquisición de conocimiento acerca del área de estudio mediante trabajo de campo, fotografía aérea, o experiencia personal. Los datos de Verdad Terreno son considerados como los datos más precisos (verdad) disponibles sobre el área que quiere estudiar. Deben tomarse al mismo tiempo que los datos de teledetección, de manera que los datos se correspondan lo máximo posible.

Realizar la clasificación supervisada de modo eficaz puede necesitar práctica. Requiere que se desarrolle la habilidad de reconocer las coberturas que constituyen la zona y de reconocimiento visual de patrones en los datos de la imagen. Para éste caso no se presenta reconocimiento de la zona, pero si reconocimiento visual de patrones en los datos de la imagen.

Como se muestra en la figura 3 el diagrama de flujo indica el flujo de tareas en un proceso de Clasificación Supervisada.

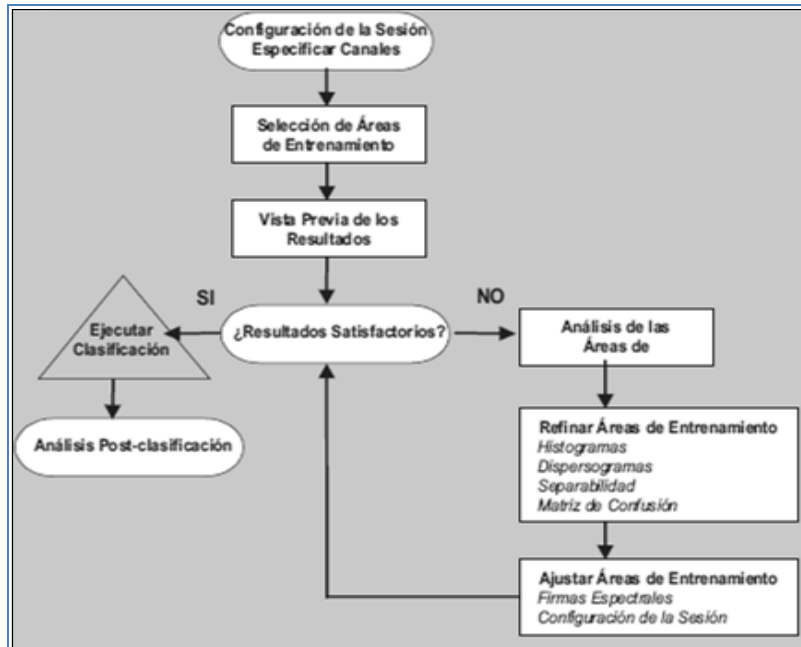


Figura 3 – Proceso Clasificación Supervisada
Fuente: PCI Geomatics [5] y ERDAS [6]

Para empezar a realizar los muestreos de las coberturas con respecto a la imagen, se procede a situarse en las clases que se desean (Construcciones, vegetación, cuerpos de agua, etc.), luego se crean los polígonos de muestreo por las zonas que se reconocen aprovechando el área de extensión de la imagen. Este procedimiento se aplica a todas las clases que desee y generaran automáticamente sus firmas espectrales para la identificación de elementos. La figura 4 muestra los sitios de muestreo para la obtención de las firmas espectrales.

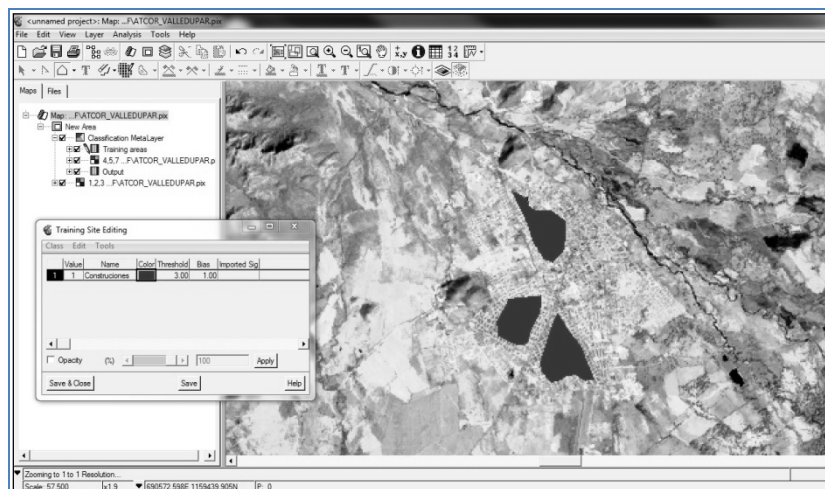


Figura 4 – Clasificación Supervisada - Muestreo [5]

Revisada y analizada la separabilidad de las firmas, se procede a ejecutar la clasificación supervisada.

2.3. INSTRUMENTOS DE MEDIDA - PROCEDIMIENTO

Para la ejecución del proyecto se utilizan el software PCI Geomatics y ERDAS. Se aplica una clasificación supervisada para determinar sus firmas espectrales.

2.3.1. ALGORITMOS DE CLASIFICACIÓN

Adicionando cuatro canales de 8-bit, se activan para las 4 bandas en *Input Channels*, en *Training Channel* se activa el canal 11, ya que los canales del 8 al 10 presentan las tres clasificaciones no supervisadas y en *Output Channels* se activa el canal de salida, que para éste caso es el canal 12, el cual se utilizara para realizar la clasificación supervisada con el algoritmo *Parallelepiped* y se da clic en *Ok*. La configuración de la herramienta se observa en la figura 5.

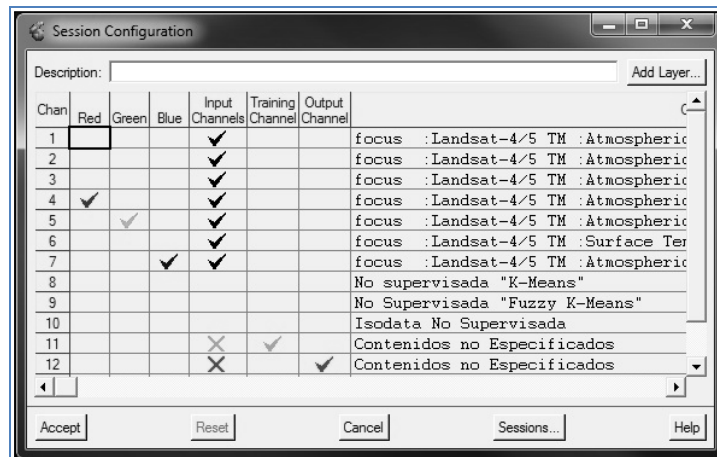


Figura 5 – Configuración de sesión Clasificación Supervisada [5]

A continuación en el *Training Site Editor* se adicionan las 14 clases a identificar:

- 1) Cuerpos de Aguas
- 2) Vegetación Herbácea
- 3) Cultivos
- 4) Zonas Urbanas
- 5) Misceláneos (pastos y cultivos)
- 6) Nubes
- 7) Eriales
- 8) Bosques Plantados
- 9) Vegetación Acuática
- 10) Vegetación Acuática Secundaria
- 11) Pastos Mejorados
- 12) Vegetación Secundaria
- 13) Bosque Natural

14) Sombras

Por *Class – New* identificando el nombre y el color con que se quiere representar.

2.3.2. MUESTREO

Para empezar a realizar los muestreos de las coberturas con respecto a la imagen, se procede a situarse encima de la primera clase, luego se crean los polígonos de muestreo por las zonas aprovechando el área de extensión de la imagen. Éste mismo paso se realiza para todas las clases nombradas anteriormente. Los resultados del muestreo de los elementos se observan en la figura 6.

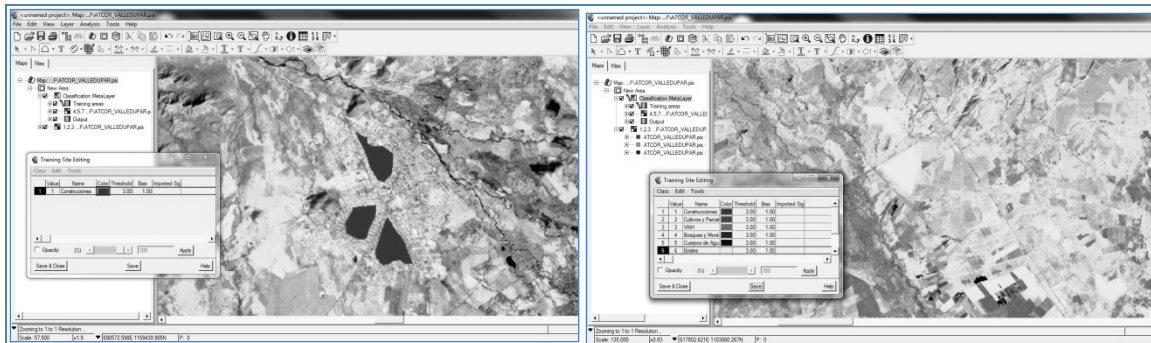


Figura 6 – Clasificación Supervisada – Muestreo de elementos [5]

Culminadas las áreas de muestreo para cada clase, se procede a revisar la separabilidad de las firmas bajo el algoritmo *Bhattacharyya Distance*. En *Training Site Editing* se ingresa a *Tools – Signature Separability*, en donde se despliega la información de la separabilidad indicando una mínima, una máxima y una promedio [4].

2.3.3. FIRMAS ESPECTRALES (SEPARABILIDAD Y EJECUCION DE ALGORITMO)

Revisada y analizada la separabilidad de las firmas, se procede a ejecutar la clasificación supervisada, en *Clasificación MetaLayer* y se ejecuta en *Run Clasificación*. La figura 7 muestra la matriz de covarianza de las firmas espectrales, y en la figura 8 se observa el algoritmo utilizado para la clasificación supervisada.

Value	Name	Color	Threshold	Bias	Imported Sig	Description
1	1	Cuerpos_Agua	3.00	1.00		
2	2	Vegetacion_Her	3.00	1.00		
3	3	Cultivos	3.00	1.00		
4	4	Zona Urbana	3.00	1.00		
5	5	Miesterios	3.00	1.00		

General Matrices						
Class Correlation Matrix						
1.0000000						
0.8326273	1.0000000					
0.8449307	0.9246229	1.0000000				
-0.4327280	0.3365639	-0.9041960	1.0000000			
0.7110635	0.8252795	0.8781125	-0.3624231	1.0000000		
0.3106087	0.3349076	0.4454007	-0.4593488	0.5104459	1.0000000	
0.7480407	0.8236176	0.9043548	-0.4979705	0.9370167	0.5411560	1.0000000

Class Covariance Matrix						
12.5524357						
7.6584956	6.7399557					
11.1908455	8.9736880	13.9751207				
-14.4684858	-8.2453456	-17.7883588	89.0612377			
25.0081541	21.2685943	32.5864581	-33.9523163	98.5413350		
3.4880540	2.7662677	6.2783295	-13.7421546	15.0630056	10.0492980	
12.9906386	10.4808238	16.5713504	-23.0350549	45.5929646	8.4087527	24.0260589

Determinant of Covariance Matrix = 6.43635745e+005

Inverse of Covariance Matrix						
0.3099178						
-0.1286503	1.3318289					
0.1484734	-0.7726246	1.1980477				

Figura 7 – Clasificación Supervisada – Matrices de firmas espectrales [5]

En *Classify*, se seleccionan las opciones de clasificación:

- Algoritmo *Parallelepiped*, *Minimum Distance*, *Maximum Likelihood*
- *Show Report*
- *Save Signatures*
- *Create PCT*

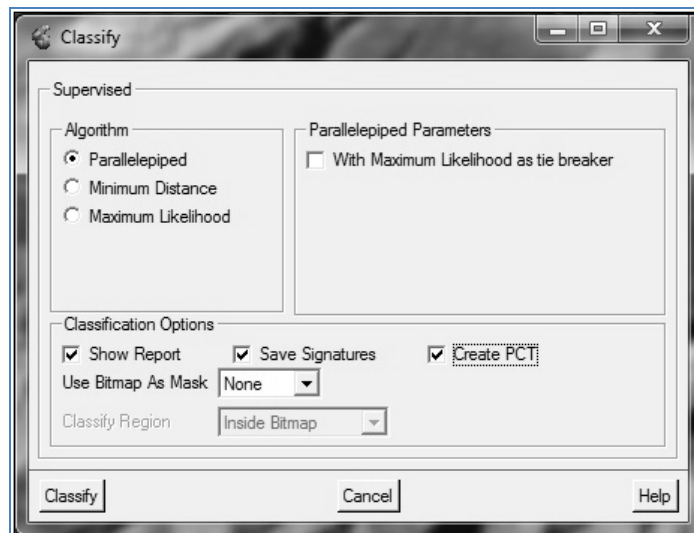


Figura 8 – Clasificación Supervisada – Selección de algoritmo ejecutable [5]

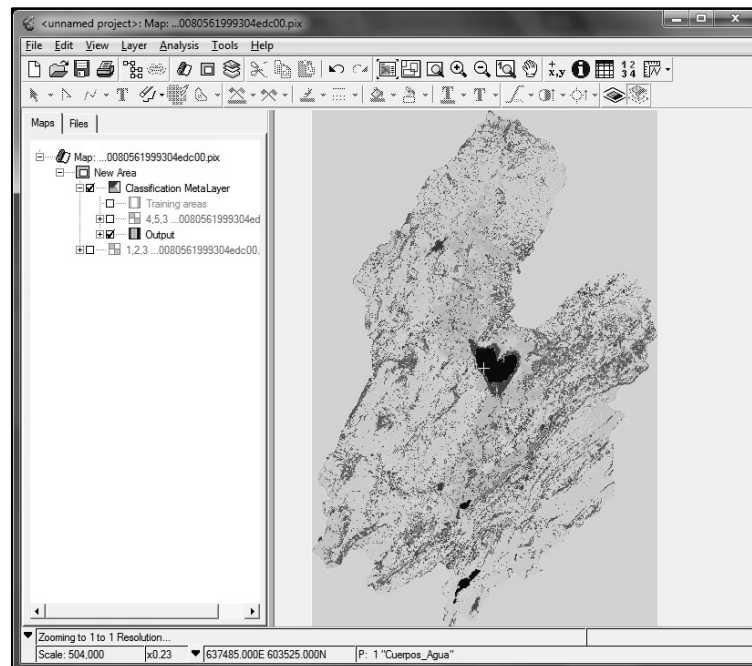


Figura 9 – Clasificación Supervisada – Imagen Clasificada [6]

Se realizan las clasificaciones supervisadas, utilizando las mismas áreas de muestreo para las 14 clases (Training áreas). En la figura 9 es el resultado de la clasificación supervisada.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se muestran las firmas espectrales obtenidas para cada sensor con sus tablas donde se relaciona el nivel digital obtenido para cada clase.

3.1. FIRMAS ESPECTRALES OBTENIDAS

Al realizar el proceso de identificación y muestreo de las imágenes LandSat se obtienen los siguientes resultados, revelando el nivel digital de cada elemento a través de cada una de las bandas que contienen las imágenes. Los resultados de las firmas espectrales para los diferentes sensores utilizados se encuentran en las tablas 2, 3, 4 y 5 y en las figuras 10, 11, 12 y 13.

Tabla 2 - Niveles digitales LandSat 2

BANDA	COBERTURAS													
	Cuerpos de Agua	Vegetación Herbácea	Cultivos	Zona Urbana	Misceláneos Pasto Cultivos	Tierras Eriales	Vegetación Acuática	Vegetación Acuática02	Bosque Plantado	Pastos Mejorados	Vegetación Secundaria	Bosque Natural	Nube	Sombra
Infrarrojo Cercano 1	48	25	28	44	24	40	27	22	17	32	21	22		13
Infrarrojo Cercano 2	70	33	32	58	29	63	29	26	17	46	23	26		9
Infrarrojo Medio	58	56	104	72	64	77	115	41	43	90	52	63		9
Infrarrojo Termico	14	61	141	65	73	63	137	42	45	108	53	72		1

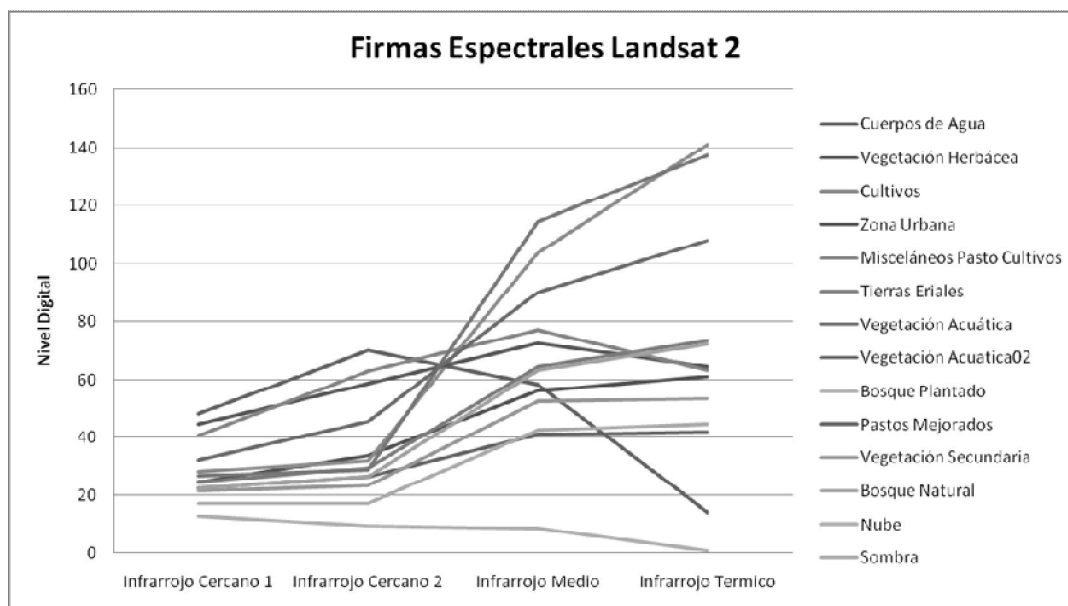


Figura 10 – Firmas Espectrales Landsat 2

Tabla 3 - Niveles digitales LandSat 4

BANDA	COBERTURAS													
	Cuerpos de Agua	Vegetación Herbácea	Cultivos	Zona Urbana	Misceláneos Pasto Cultivos	Tierras Eriales	Vegetación Acuática	Vegetación Acuatica02	Bosque Plantado	Pastos Mejorados	Vegetación Secundaria	Bosque Natural	Nube	Sombra
Azul	86	64	68	98	71	92	67	65	57	93	61	58	253	52
Verde	44	29	32	48	34	49	30	27	23	47	25	24	250	20
Rojo	49	31	27	56	37	62	25	26	20	59	22	20	248	15
Infrarrojo Cercano 1	28	54	118	62	73	67	118	48	48	61	59	57	186	22
Infrarrojo Cercano 2	9	83	86	109	123	155	59	62	47	91	52	49	242	18
Infrarrojo Medio	5	36	28	67	55	87	17	27	18	57	19	19	156	8
Infrarrojo Termico	124	139	139	152	152	160	133	134	123	159	130	128	104	117

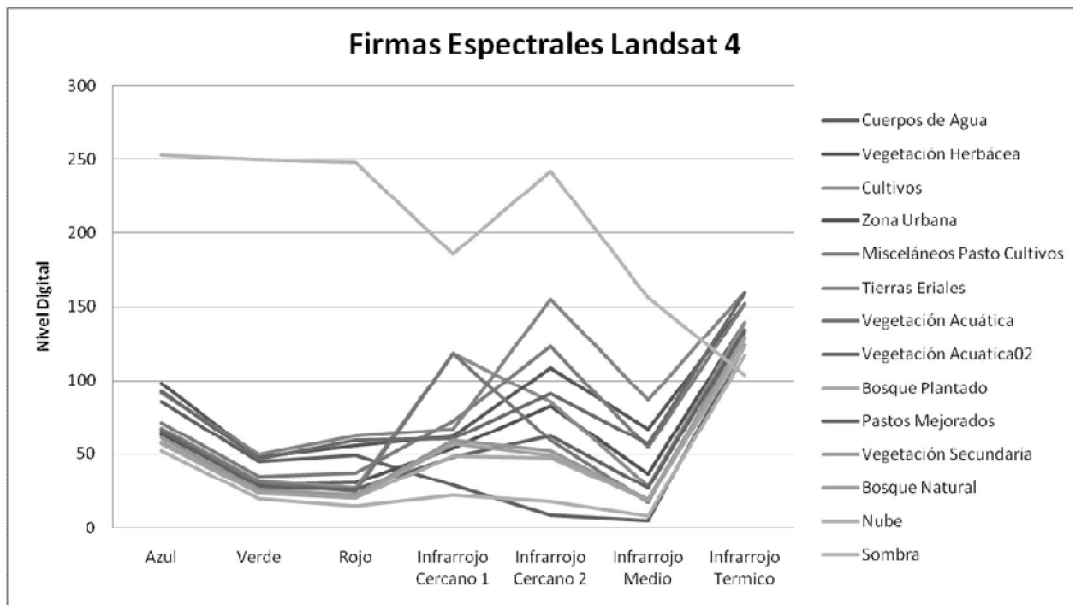


Figura 11 – Firmas Espectrales Landsat 4

Tabla 4 - Niveles digitales LandSat 5

BANDA	COBERTURAS													
	Cuerpos de Agua	Vegetación Herbácea	Cultivos	Zona Urbana	Misceláneos Pasto Cultivos	Tierras Eriales	Vegetación Acuática	Vegetación Acuatica02	Bosque Plantado	Pastos Mejorados	Vegetación Secundaria	Bosque Natural	Nube	Sombra
Azul	72	60	62	93	61	83	61	59	50	80	69	54	253	52
Verde	38	28	29	46	29	48	30	25	21	41	34	23	250	20
Rojo	34	28	26	51	28	56	23	22	17	50	32	18	248	15
Infrarrojo Cercano 1	16	53	93	58	59	68	93	42	44	56	91	54	186	22
Infrarrojo Cercano 2	9	76	85	103	98	143	56	55	39	87	103	45	242	18
Infrarrojo Medio	5	32	31	65	44	79	17	25	15	55	37	17	156	8
Infrarrojo Termico	119	128	136	146	137	152	130	126	118	149	136	121	104	117

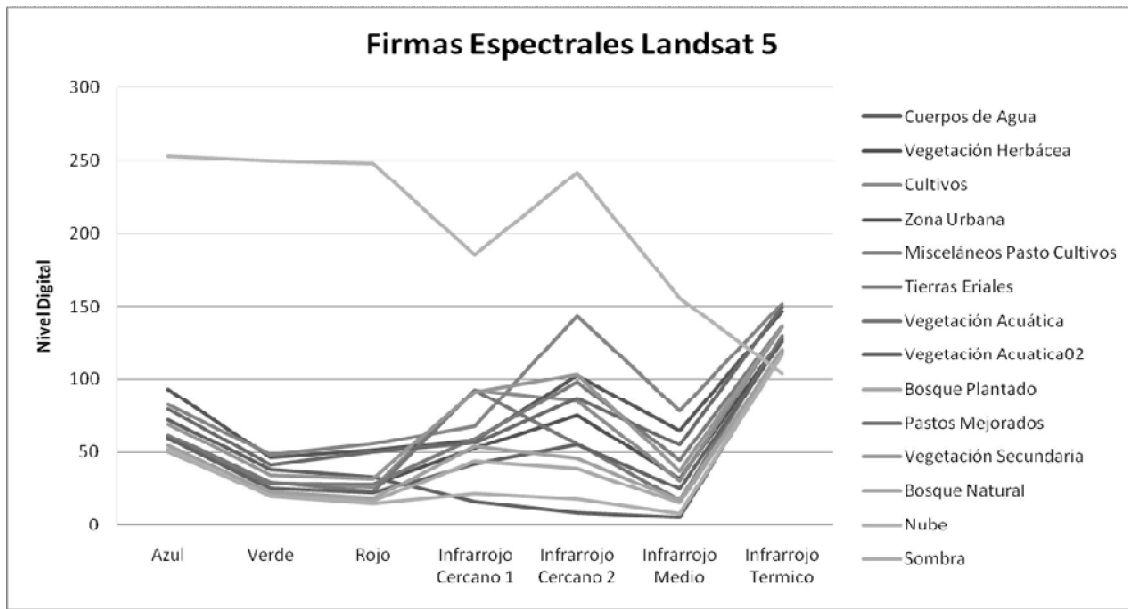


Figura 12 – Firmas Espectrales Landsat 5

Tabla 5 - Niveles digitales LandSat 7

BANDA	COBERTURAS													
	Cuerpos de Agua	Vegetación Herbácea	Cultivos	Zona Urbana	Misceláneos Pasto Cultivos	Tierras Eriales	Vegetación Acuática	Vegetación Acuática02	Bosque Plantado	Pastos Mejorados	Vegetación Secundaria	Bosque Natural	Nube	Sombra
Azul	83	56	77	102	84	96	61	62	68	79	64	78	244	52
Verde	75	43	71	91	75	95	51	48	54	74	53	63	238	35
Rojo	71	38	64	103	80	115	45	46	48	85	46	59	243	29
Infrarrojo Cercano 1	66	45	125	65	84	66	96	47	57	82	91	66	164	23
Infrarrojo Cercano 2	40	55	112	114	131	152	85	67	56	150	81	62	222	28
Infrarrojo Medio	31	36	59	101	87	122	44	46	35	100	43	39	179	20
Infrarrojo Termico 1	106	124	122	138	128	152	126	127	104	141	124	104	96	127
Infrarrojo Termico 2	104	136	134	162	143	187	140	142	101	167	137	101	86	142

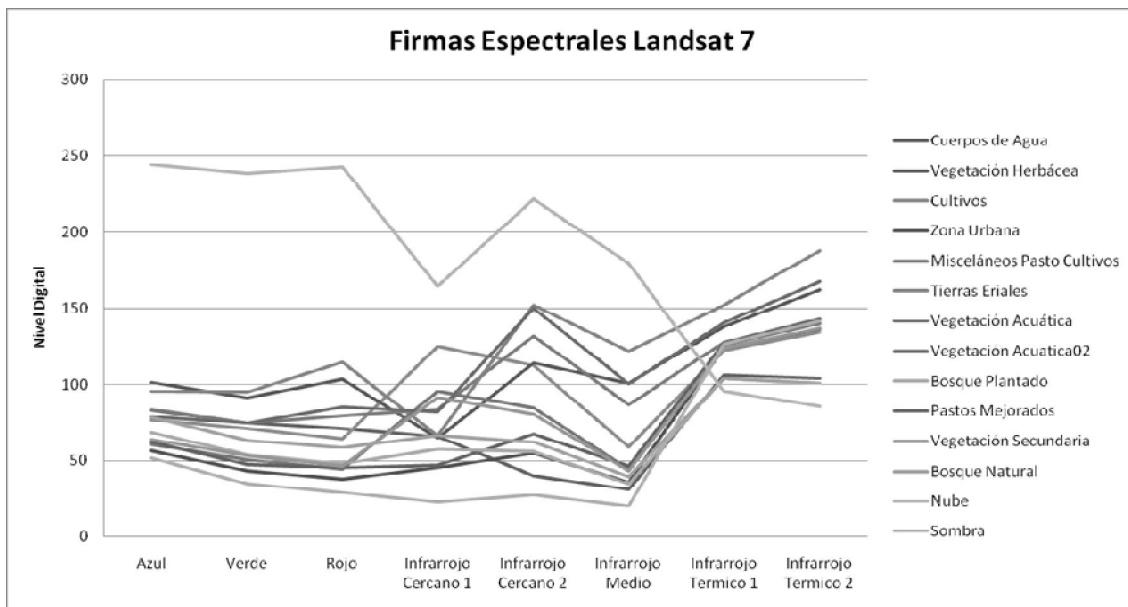


Figura 13 – Firmas Espectrales Landsat 7

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las firmas espectrales, estas estadísticas se aplican a las imágenes para realizar clasificaciones no supervisadas y así de esta forma determinar cada elemento que se desea extraer de la imagen.

Se logra reflejar que el comportamiento de la reflectancia de cada uno de los elementos evaluados en las firmas espectrales tiene un comportamiento similar en cada una de las imágenes seleccionadas. Las pequeñas diferencias encontradas se deben a las condiciones climáticas del momento de la toma de la imagen.

3.2. CLASIFICACIÓN SUPERVISADA DE LAS IMÁGENES SATELITALES

En este caso en particular se obtienen los niveles digitales del cuerpo de agua de la laguna de Fúquene para determinar sus áreas y crecimiento por épocas según la toma. Este proceso se realiza en cada imagen y se determina estadísticamente la cantidad de píxeles asociados al elemento de cuerpo de agua y se determina el área que abarca conociendo de antemano el tamaño del píxel trabajado, para este caso es de 60 m x 60 m para LandSat 2 y para LandSat 4, 5 y 7 el tamaño es de 30 m x 30 m. El cambio del área de la laguna de Fúquene se observa en la figura 14.

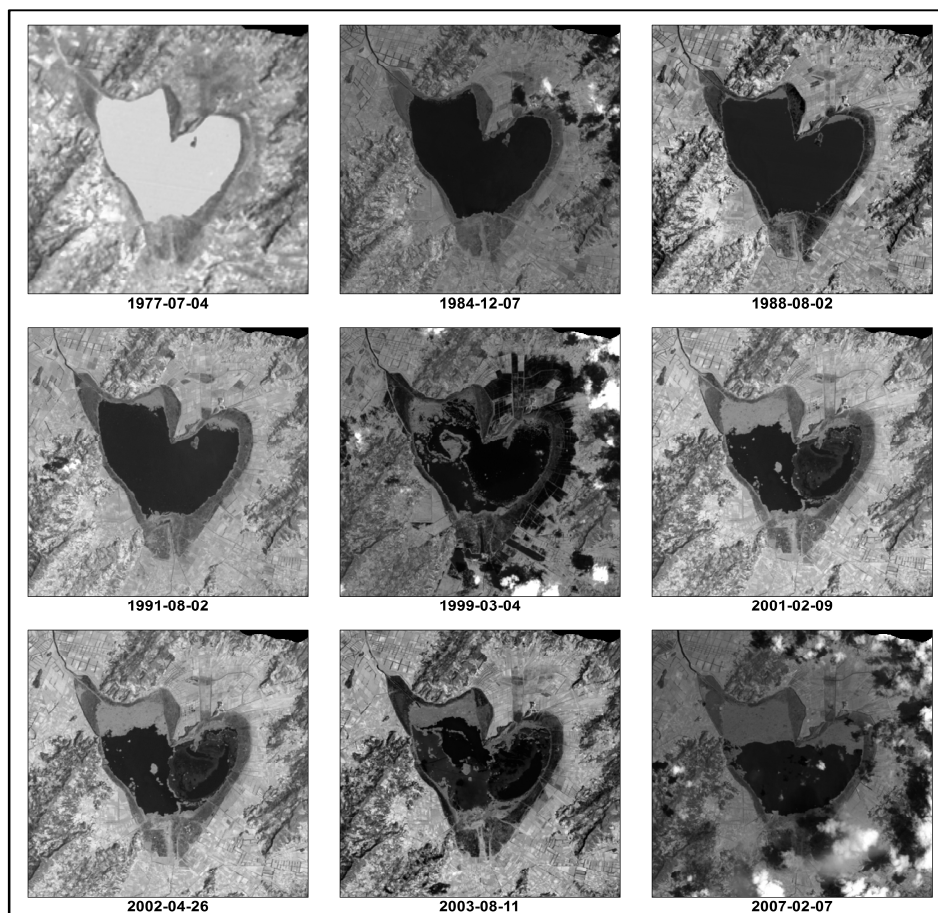


Figura 14 – Mosaico por épocas comportamiento del cuerpo de agua de la Laguna de Fúquene [6]

Gráficamente se puede determinar que el espejo de agua de La laguna de Fúquene a perdido tamaño y su comportamiento es decreciente al tras curso del tiempo.

Este fenómeno se puede atribuir a cambios climáticos e intervención de la población en sus linderos, para uso agrícola u otros usos. La tabla 6 y la figura 15 se muestra las áreas y los porcentajes de la variación de la laguna de Fúquene.

Tabla 6 - Áreas Múltiples – Cuerpo de Agua Laguna de Fúquene

Fecha	Área (Ha)	Porcentaje de Cuerpo de Agua
1977-07-04	2089.56	100.0%
1984-12-07	2012.99	96.3%
1988-08-02	1926.91	92.2%
1991-08-02	1837.74	87.9%
1999-03-04	1299.88	62.2%
2001-02-09	1428.71	68.4%
2002-04-26	1369.07	65.5%
2003-08-11	1301.00	62.3%
2007-02-07	1206.42	57.7%

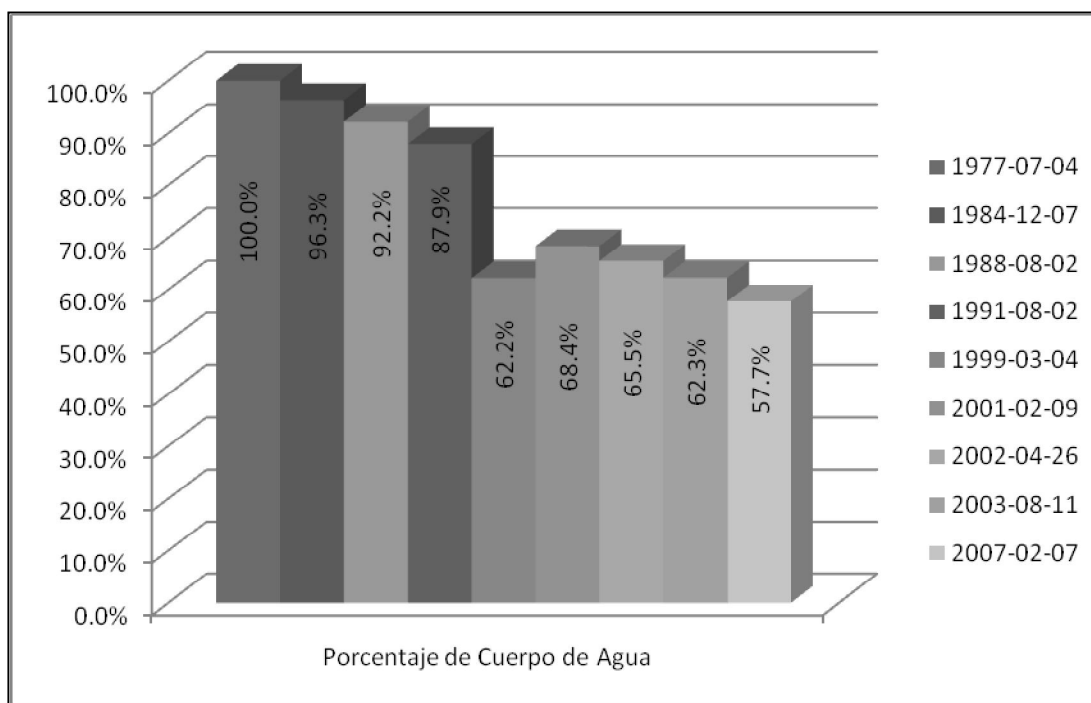


Figura 15 – Comportamiento de áreas por épocas del cuerpo de agua de la laguna de Fúquene

Al obtener el resultado de áreas del cuerpo de agua de la laguna de Fúquene en cada una de las imágenes insumo, se determina la perdida de espejo de agua en 30

años del 42.3 %, tomando como referencia inicial la toma realizada el 4 de Julio de 1977 al 7 de febrero de 2007.

Este comportamiento se puede atribuir a distintos factores, tanto climáticos, ambientales y sociales, en la intervención para agricultura en los linderos de la laguna.

4. CONCLUSIONES

La clasificación de una imagen satelital se puede realizar de manera fácil y rápida en software adecuados para esto, pero no asegura que sea la verdadera representación de las coberturas de la tierra que se exhiben en la zona.

Las herramientas utilizadas para generar las clasificaciones supervisadas y no supervisadas son ERDAS y PCI Geomatics, con las cuales se genera una comparación entre programas evidenciando una interface con el programa ERDAS más amigable para el usuario pero con mejores resultados de caracterización en PCI Geomatics. Este trabajo no pretende influir en que programa se debe invertir, es una exploración de las posibilidades y alcances que pueden generar en el producto final de este escrito.

Se detona claramente la afectación de la población sobre la Laguna de Fúquene ya que los resultados obtenidos a lo largo de 30 años, ha perdido casi el 50 % de su espejo de agua original.

Las clasificaciones no supervisadas permiten prontitud más no exactitud a la hora de identificar las coberturas de la tierra, mientras que las clasificaciones supervisadas generan tardanza pero una mayor exactitud al momento de representar e identificar las coberturas de la tierra en una imagen satelital.

La eficacia y eficiencia de la clasificación de las coberturas de la tierra bajo un proceso supervisado, incurre en el buen manejo que se le dé al momento de asignar las muestras sobre la imagen, como también en el reconocimiento de campo de la zona.

El conocimiento, la práctica y la repetición al momento de realizar clasificaciones de coberturas de la tierra bajo el análisis de imágenes satelitales, mejora los resultados obtenidos.

Se observa luego de realizado el proceso que el resultado de la clasificación de las coberturas bajo la metodología supervisada, que la confiabilidad no supera el 50%, pero se acerca bastante a la realidad de la zona.

Para obtener una mejor confiabilidad (90%), es necesario un post-procesamiento en el cual se pueda mejorar la interpretación de las clases de las coberturas de la tierra.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Jimmy Wales. (2012) <http://es.wikipedia.org>. [Online].
http://es.wikipedia.org/wiki/Laguna_de_F%C3%BAquene
- [2] Alejandro Alberto Castaño Gallego and Pilar Lozano Rivera, "Delimitacion de ecosistemas sumergidos (praderas de fanerogamas) a partir de imagenes EOS-ASTER en la zona costera del departamento de La Guajira (Colombia) resultados preliminares," *Revista Internacional de Ciencia y Tecnologia de la Información Geografica*, pp. 231-251, 2006.
- [3] José Luis Herrera Escorcía. (2012) Utilizacion de Herramientas de analisis multivariado para la clasificacion de imagenes multiespectrales. Video.
- [4] Rullán-Silva CD, Gama-Campillo LM, Galindo-Alcántara A, and Olthoff AE, "CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DE LA COBERTURA DE SUELO DE LA REGIÓN SIERRA DE TABASCO MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT ETM+," *Uniciencia*, pp. 33-41, 2011.
- [5] PCI Geomatics. (2013, Enero) PCI Geomatics. [Online].
<http://www.pcigeomatics.com/products/geomatica-2013technical-literature>
- [6] ERDAS Inc. (1997-2001) GabrielOrtiz.com. [Online].
http://redgeomatica.rediris.es/manuales/ERDAS_IMAGINE/17_CLA.pdf
- [7] Nidia Esperanza Ortiz Lozano and Uriel Pérez Gómez, "Imágenes ASTER en la discriminación de áreas de uso agrícola en Colombia," *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, pp. 4923-4935, 2009.
- [8] Francisco Briceño, "Cambio de cobertura de la tierra en el valle del río Montoy, Estado Trujillo," *Red Revista Geoenseñanza*, 2006.
- [9] Julian Gutierrez and Hervé Jegat, "Uso de la teoría de lógica difusa en la clasificación de imágenes satelitales con cobertura mixta," *Interciencia*, vol. 30, no. 5, pp. 261-266, Mayo 2005.