

## TITULO

### EVALUACIÓN DE LOS METODOS BÁSICOS DE CLASIFICACIÓN CON REDES NEURONALES PARA IDENTIFICAR EL CRECIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA (BOGOTÁ - COLOMBIA)

Autor: RUBEN JAVIER MEDINA DAZA

Lic. Matemáticas, Esp en Ing. Software, Esp en Sistemas de Información Geográfica. Candidato a Doctor en ingeniería Informática con énfasis en S. I. G. Universidad Pontificia de Salamanca Madrid (España)

#### Abstract

This search the report procedures carried out and the obtained results in the evaluation of the supervised classification and classification using neural networks in Doña Juana Landfill located in Bogotá D. C. (Colombia); there is also a review of the mathematical process of coefficients decomposition using wavelet haar transformed.

These coefficients are necessary to do the satellite image fusion due to the fact that these coefficients are manipulated and subsequently the image fusion is done by mean of the wavelet haar transformed. The developed research about satellite image fusion using wavelet haar transformed has shown that they have better spatial features than the conventional methods, but the gain in spectral resolution is lower than of the conventional methods.

Key words: Supervised Classification, Neuronal Networks, Image fusion, Overall Classification Accuracy.

#### Resumen

En esta investigación se presenta los procedimientos llevados a cabo y los resultados obtenidos en la evaluación de la clasificación supervisada y la clasificación usando redes Neuronales en el Relleno Sanitario Doña Juana Ubicado en Bogotá D. C., (Colombia), también se hace una revisión del proceso matemático de la descomposición en coeficientes usando la transformada wavelet haar.

Estos coeficientes son necesarios para realizar la fusión de imágenes satelitales, ya que estos coeficientes son manipulados y posteriormente se realiza la fusión de imágenes mediante la transformada wavelet. Los estudios realizados en fusión de imágenes satelitales usando las transformadas de wavelet han mostrado que conservan mejor la riqueza espectral que los métodos convencionales pero que la ganancia de resolución espacial es inferior a la de los métodos convencionales.

Palabras claves: Clasificación Supervisada, Redes neuronales, Fusión de Imágenes, Exactitud de clasificación total.

#### INTRODUCCION

El objetivo principal de este trabajo de investigación es evaluar los métodos de clasificación tradicionales, clasificación supervisada con la clasificación usando redes neuronales (Red neuronal Perceptrón multicapa (MP)), de una zona específica como es el Relleno sanitario Doña Juana (Bogotá Colombia) analizando ventajas y limitaciones al utilizar estos métodos de clasificación.

Para la recolección de información relevante de la superficie terrestre las imágenes espectrales provenientes de plataformas satelitales y aéreas constituyen una de las fuentes de datos más avanzadas. Su aplicación puede abarcar diferentes aéreas como el monitoreo del uso del suelo, la clasificación de bosques, la evaluación de riegos naturales, el manejo de los recursos de agua, los estudios de contaminación ambiental y otras actividades de significancia económica.

La explotación de esta riqueza de información espectral no ha avanzado de manera similar a las capacidades ofrecidas por los nuevos sensores, ya que los métodos convencionales muchas veces son inadecuados. Ya que cada vez estas imágenes tiene mayor resolución espacial y/o espectral las cuales generan la posibilidad de nuevas aplicaciones que permitan extraer mayor cantidad de información en los diferentes temas de interés.

Uno de los más importante avances son las implementaciones de las ANN en proyectos de clasificación de imágenes con el propósito de superar los problemas inherentes a las técnicas tradicionales que se han revelado insuficientes para resolver problemas complejos.

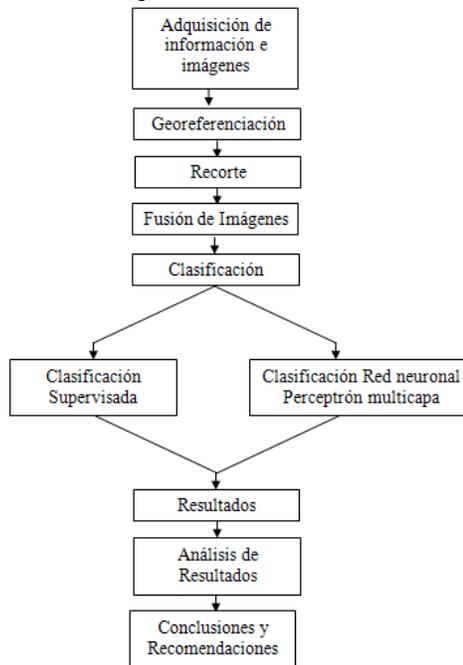
Los métodos tradicionales de clasificación digital se utilizan especialmente para obtener la cobertura del suelo usando algoritmos supervisados como el de Máxima Verosimilitud y no supervisados como el algoritmo ISODATA, y las nuevas técnicas basadas en la inteligencia artificial, como las redes neuronales artificiales, los árboles de decisión, los sistemas expertos y la lógica difusa según las últimas investigaciones han generado resultados en los cuales permiten superar las limitaciones de los algoritmos convencionales, permitiendo que en partes automatice un proceso que generalmente se lleva a cabo por interpretación visual.

Este estudio se realizó con imágenes satelitales Spot 5 de dos años diferentes 1997 y 2005 de la localidad de Usme, es una de las 20 existentes en Bogotá. Ubicada entre la alta y media cuenca del río Tunjuelo. Cuenta con gran cantidad de territorio rural, un total de 21.556 hectáreas (ha), de las cuales 2.064 se clasifican en suelo urbano, 1.186 corresponden a suelo de expansión, 18.306 se clasifican en suelo rural, es decir, un 85% del total de su superficie. Esta localidad ha sido obligada a sacrificar gran parte de sus recursos naturales y de su salubridad para que Bogotá sea una ciudad "limpia", pues es allí donde se encuentra "el relleno más moderno de América Latina".

El relleno sanitario Doña Juana es el único sistema de disposición de residuos sólidos de la capital. Con una extensión de 450 (ha), y la recepción diaria de 8500 toneladas de basura, ha transformado el hábitat de todos los que viven en sus inmediaciones.

## METODOLOGÍA

Esquema metodológico



Para llevar a cabo el proceso se ejecutaron las siguientes fases:

1. Adquisición de información e imágenes satelitales Spot 1997 y Spot 2005, Pancromática 1998.
2. Georeferenciación de las imágenes
3. Recorte de las imágenes a un tamaño común.
4. Remuestreo a 10 metros de las dos imágenes.
5. Fusión de Imágenes Usando la Transformada de wavelet haar

6. Clasificación Supervisada y Layer-Multicapa Perseptron
7. Resultados, examinado los índices de correlación y la exactitud de clasificación de las imágenes por los diferentes modelos.

## Herramientas

Las herramientas utilizadas para llevar a cabo el proceso de clasificación fueron ERDAS IMAGINE 9.1. IDRISI versión 15.00. La clasificación tradicional se llevó a cabo en ERDAS utilizando las opciones estándar del módulo de procesamiento de imágenes. La fusión de Imágenes en MATLAB 6.0, y la clasificación Multi-Layer Perceptron classifier con Idrisi.

### Software Erdas Imagine 9.1

ERDAS IMAGINE 8.5, permite realizar diferentes operaciones de procesamiento digital de imágenes. La Georeferenciación, Clasificación supervisada no supervisada.

### Software Idrisi versión 15.00

Permite realizar la clasificación usando Multi-Layer Perceptrón (Back Propagation) neural network Classifier

### Software Matlab versión 7.0.0.19920 (R14)

Permite realizar la fusión de imágenes satelitales usando la transformada de wavelet haar. Utilizando el Toolbox de Procesamiento digital de imágenes y Wavelet.

## Imágenes, métodos y herramientas

### Imágenes originales

Las imágenes de entrada tienen el siguiente tamaño 1801 filas x 1801 columnas, son las siguientes:

- Imagen SPOT Pancromática en formato ERDAS: pan.img. 28-02-1998

En la siguiente figura se puede observar un zoom realizado sobre esta imagen:

- Imagen SPOT Multiespectral en formato ERDAS: xs.img

En la figura siguiente se observa un zoom realizado sobre una composición a color RGB321 de esta imagen Spot 03-12-1997

- Imagen SPOT Multiespectral en formato ERDAS: xs.img

En la figura siguiente se observa un zoom realizado sobre una composición a color RGB321 de esta imagen Spot 14-03-2005

La imagen Spot 2005 es una imagen en versión demo cortesía de Prosis. S. A. Recorte Imagen

Bogotá D. C., Path: 648 Row: 341 Fecha tomada  
14-03-2005

Fecha de toma : 14  
Marzo de 2005

Las imágenes utilizadas tienen las siguientes características:

**Imagen Pancromática:**

Sistema de percepción remota: Spot 2  
Sensor : HRV1  
Resolución Espacial : 10 m  
Resolución Radiométrica : 8 bits  
Resolución Espectral :  
Pancromática (0.51-0.73µm)  
Fecha de toma : 28  
Feb. 1998

**Imagen Multiespectral:**

Sistema de percepción remota: Spot 1  
Sensor : HRV1  
Resolución Espacial : 20 m  
Resolución Radiométrica : 8 bits  
Resolución Espectral :  
Multiespectral  
Banda

1 0.50-0.59µm

Banda 2 0.61-0.68µm

Banda 3 0.79-0.89µm

1997

Fecha de toma : 3 Dic.

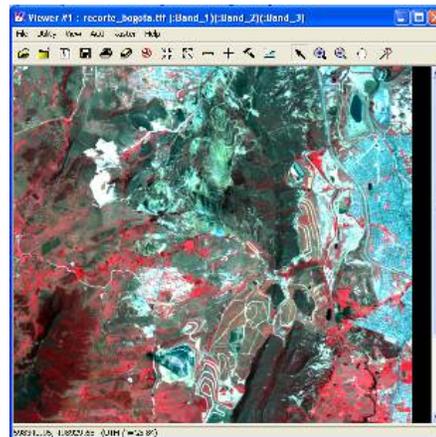


Figura 2. Spot 5 multiespectral 2005  
Zona de estudio

Las imágenes cubren la zona sur, río Tunjuelo vía Villavicencio el relleno sanitario doña Juana zona del sur de Bogotá.

Relleno sanitario Doña Juana, ubicado en la Localidad de Usme, por la vía a Villavicencio

Las imágenes utilizadas se recortaron a un tamaño de 481 filas por 558 columnas, para facilitar su procesamiento. Se remuestrearon en un tamaño de píxel de 10m. El área cubierta es de 26839800 metros cuadrados.

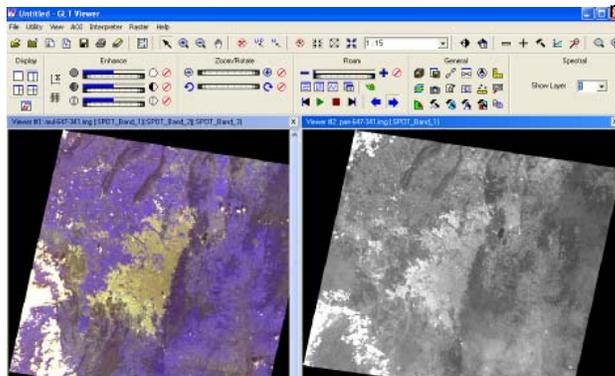


Figura 1. Spot 1 multiespectral 1997 y pancromática 1998

**Imagen Multiespectral:**

Sistema de percepción remota: Spot 1  
Sensor : HRV1  
Resolución Espacial : 20 m  
Resolución Radiométrica : 8 bits  
Resolución Espectral :  
Multiespectral  
Banda

1 0.50-0.59µm

Banda 2 0.61-0.68µm

Banda 3 0.79-0.89µm

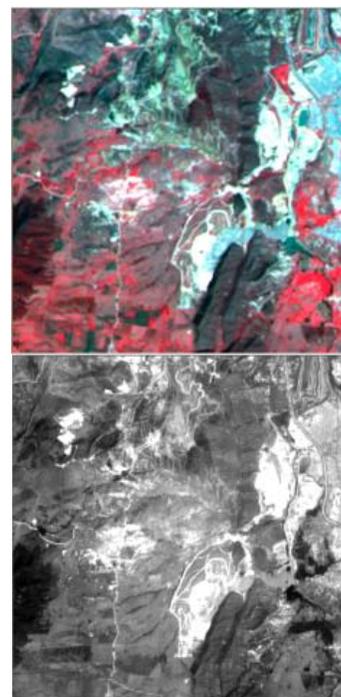


Figura 3. Imagen izq. Spot XS original año 1997 y der. Imagen pancromática original año 1998 (481columnas por 558 filas)



Figura 4. Imagen Spot XS original 2005 (481 columnas por 558 filas)

La imagen Spot 2005 original es una imagen en versión demo cortesía de Prosis. S. A. Recorte Imagen Bogotá D. C., Path: 648 Row: 341 Fecha tomada 14-03-2005

#### Firmas espectrales usando el espectrómetro para la clasificación supervisada

Para realizar la visita al RSDJ la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos- UAESP concede el permiso para efectuar el ingreso al Relleno el día 12 de julio de 2008. Se realizó esta visita al Relleno Sanitario Doña Juana para tomar firmas espectrales que permitan identificar de manera sencilla y rápida las diferentes coberturas y uso del suelo de la zona de tal forma que nos permita contrastar esta información con la analizada con las imágenes satelitales Spot 14\_03-2005 y 03-12-1997

#### Firma espectral o Signatura espectral.

El emisor de radiación más para las imágenes de teledetección es el Sol. El Sol emite la radiación que incide en primer lugar en la atmósfera. Los gases presentes en la atmósfera, como el resto de la materia presente en el Universo, interactúa con la radiación, absorbiéndola, reflejándola y/o transmitiéndola. Una vez que la radiación solar ha traspasado la atmósfera interacciona con la superficie terrestre, encontrándose con todo tipo de materiales diferentes, aguas estancadas, líquidos lixiviados, tierras desnudas, vías pavimentadas, zonas de vegetación densa, zonas de vegetación arbustiva, zonas urbanas, etc. Cada tipo de superficie interacciona con la radiación de manera diferente, absorbiendo unas longitudes de onda muy concretas y reflejando otras diferentes en unas proporciones determinadas. Esta característica hace posible que se puedan identificar los distintos objetos: suelo, vegetación, aguas, etc. ya que mediante experimentos en laboratorio se han podido caracterizar el comportamiento de estas distintas superficies al recibir radiación y caracterizando los porcentajes de reflexión, absorción y transmisión. A este comportamiento concreto de cada objeto es a lo

que se llama firma o signatura espectral del mismo<sup>1</sup>.

Las firmas tomadas en el relleno Sanitario Doña Juana fueron realizada el 12 de julio de 2008 el día que se realizó la visita.

Las firmas tomadas fueron las los siguientes:

- Via destapada de recebo.
- Pasto plantado 2002, pasto Quicuyo
- Agua estancada al lado de la vía (Charco)
- Material Sintético negro al borde de la vía (Geomembrana)
- Muestra al borde de la vía Mata de Suegra
- Líquido Lixiviado
- Basura
- Residuo
- Lona verde de protección
- Malla negra plástico negro
- Arcilla vías
- Lona Contaminada con arcilla (Cierre capa de tierra)
- Pavimento entrada-1
- Pavimento entrada-2
- Firma sobre el río Tunjuelo en el puente de la Av. Boyacá.

#### CLASIFICACION DE LAS IMÁGENES POREL METODO TRADICIONAL

Las imágenes utilizadas se recortaron a un tamaño de 481x558 píxeles, para facilitar su procesamiento. Se remuestrearon en un tamaño de píxel de 10m. El área cubierta es de 26839800 metros cuadrados. Spot 03-14-05

#### Clasificación Supervisada Spot mar\_14\_05.

Se realizó una clasificación supervisada de la imagen XS original (Spot mar\_14\_05.). Los parámetros de esta clasificación son los siguientes: Se obtuvo la siguiente imagen clasificada

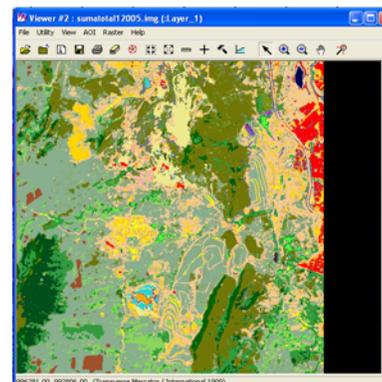


Figura 8. Clasificación supervisada Spot Relleno Sanitario Doña Juana 14\_03\_05.

<sup>1</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Firma\\_espectral](http://es.wikipedia.org/wiki/Firma_espectral), 25 de julio de 2008

### Clasificación Supervisada Imagen Spot XS original Spot1 03\_12\_1997 (481columnas por 558 filas)

Se obtuvo la siguiente imagen clasificada

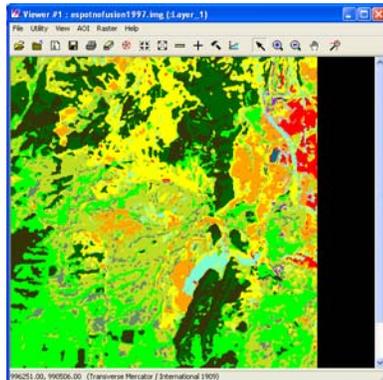


Figura 11. Clasificación supervisada Spot 03\_12\_97

Como se puede apreciar, se genera la nueva imagen a partir de la máscara de agua y la imagen clasificada sin agua donde se eliminaron regiones que tuvieran menos de 4 píxeles, la nueva imagen tiene catorce clases diferentes y existe un grado de separación aceptable entre el agua (color purple) y suelo de cantera destapado (cementerías de color orange). Pasto Quicuyo y otras zonas.

En la figura siguiente se puede ver la tabla de atributos de la nueva imagen clasificada en la cual se indica el número de píxeles asignados a la clase del río Tunjuelo (Clase número 12).

### FUSIÓN DE IMÁGENES DIGITALES USANDO LA TRANSFORMADA DE WAVELET.

La transformación de "wavelet" en dos dimensiones permite descomponer una imagen en diferentes niveles de resolución espacial. El primer nivel de descomposición tiene la misma resolución espacial de la imagen original. El segundo nivel de descomposición tiene la mitad de la resolución espacial de la imagen original y así sucesivamente. Cada nivel permite descomponer la imagen en coeficientes de detalle horizontal, vertical y diagonal y en coeficientes de aproximación. A partir de estos coeficientes, se puede reconstruir la imagen original.

Como se tiene las dos imagen la pancromática y la multiespectral y dado que la imagen multiespectral visualmente no es la mejor se toma la decisión de fusionarla ya que diferentes estudios han arrojado resultados que la fusión de imágenes usando la transformada de wavelet es mucho mejor que los procesos convencionales, ya que las imágenes han sido georeferenciadas y remuestreadas al mismo tamaño de píxel.

### Método alternativo usando la Transformada de Wavelet

Se realizan los siguientes pasos:

1. Registrar una composición a color RGB de la imagen multiespectral con la imagen pancromática, usando el mismo tamaño de píxel de esta última.
2. Transformar los componentes RGB en componentes IHS.
3. Integrar mediante una transformación de Wavelet el componente I y la imagen pancromática, obteniendo así un nuevo componente I.
4. Realizar la transformación inversa IHS a RGB.

Tomamos la imagen pancromática y obtenemos los coeficientes de detalle en la descomposición, y de la imagen intensidad obtenemos los coeficientes de detalle y de aproximación y reconstruimos la imagen original desde la descomposición de segundo nivel, dado que será constante porque la imagen PAN, tiene el tamaño original de 20 metros y la imagen multiespectral es de 10 metros. Se tiene la siguiente razón  $\frac{20}{2} = 10$ , de la relación  $2^n$  el más cercano a 10,

es cuando tenemos  $n=3$  porque  $2^2 = 4$  y  $2^3 = 8$ . Por esta razón el nivel de descomposición es 3. En el siguiente ejemplo usamos la Wavelet haar y de esta manera se obtiene una nueva intensidad, y así construimos una imagen HIS y luego se transforma a una nueva imagen RGB.

CORRELACION (Resolución espacial con la Transformada de Wavelet )			
Imagen	R	G	B
Pn_PAN /haar	0.3967	0.6809	0.7414
Sn_PAN /haar	0.4116	0.6928	0.7536
<b>Tn_PAN/ haar</b>	<b>0.3967</b>	<b>0.6809</b>	<b>0.7414</b>
Cn_PAN /haar	0.4419	0.7130	0.7721
Qn_PAN /haar	0.4594	0.7232	0.7790

Tabla 1. Correlación espectral para analizar todos los procesos, con todos los niveles de descomposición usando la Wavelet 2D haar.

Los valores de correlación más altos que se obtienen en la descomposición de tercer nivel usando la transformada de wavelet haar.

CORRELACION (Resolución espacial con la Transformada de Wavelet )			
Imagen	R	G	B
Pn_PAN/haar	0.3967	0.6809	0.7414
Sn_PAN/haar	0.4116	0.6928	0.7536
<b>Tn_PAN/haar</b>	<b>0.3967</b>	<b>0.6809</b>	<b>0.7414</b>
Cn_PAN/haar	0.4419	0.7130	0.7721
Qn_PAN/haar	0.4594	0.7232	0.7790

Tabla 2. Correlación espacial para analizar todos los procesos, con todos los niveles de descomposición usando la Wavelet haar.

En la tabla 8 y 9, la resolución espectral más alta implica la resolución espacial más baja, la wavelet haar la correlación en la banda roja 09386, la banda verde 0.9792 y la banda azul 0.9609, la resolución espacial es una de las más bajas, 0.3967, 0.6809 y 0.7414 en las respectivas bandas. Escogimos el tercer nivel de descomposición dado que es una de las resoluciones más altas es decir preserva la resolución espectral "alta" este nivel tiene una buena resolución espacial con respecto a los demás niveles de descomposición. Las siguientes imágenes se obtienen siguiendo los pasos anteriores.

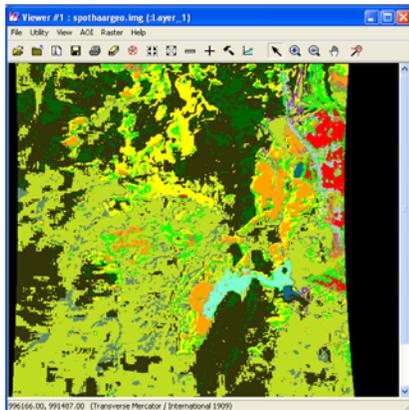


Figura 12. Clasificación supervisada de imágenes Fusionada georeferenciada. Spot 3 de dic. de 1997

### CLASIFICACIÓN USANDO REDES NEURONALES.

#### Multi-Layer Perceptrón (Back Propagation) neural network Classifier usando IDRISI

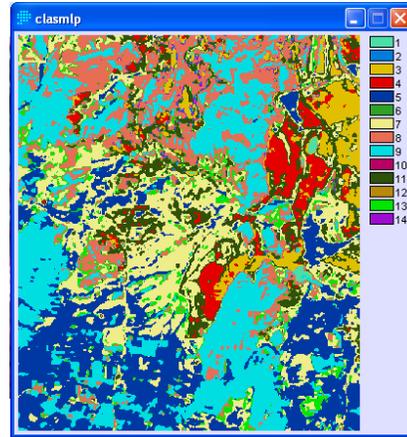


Figura 13. Clasificación de la imagen no fusionada Spot 1997 usando Idrisi.

#### Clasificación Usando Multi-Layer Perceptron Classifier Imagen fusionada usando la transformada de wavelet haar Spot 3 de dic. de 1997

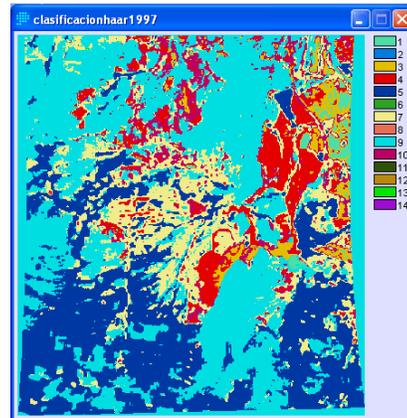


Figura 14. Imagen Clasificación en Idrisi MLP de la imagen fusionada Spot 3 de dic de 1997

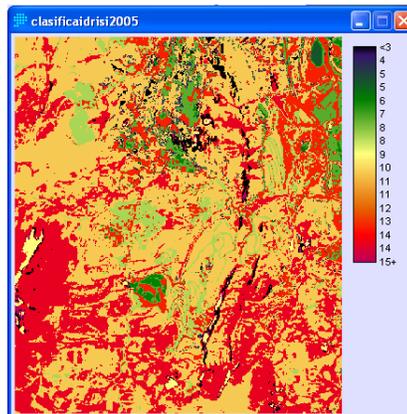


Figura 15. Imagen Clasificación en Idrisi MLP de la imagen Spot 14 de mar de 2005

Las imágenes clasificadas en Idrisi se despliegan en Erdas de tal forma que los atributos de las imágenes como el color y el nombre de cada clase se mantiene para realizar el respectivo análisis. A

continuación se muestran estas imágenes en ERDAS.

## RESULTADOS

### Exactitud temática de la imagen Spot 14 de mar. de 2005 usando la clasificación supervisada

Estadísticas de exactitud de la imagen Spot 2005 clasificada mediante redes neuronales y clasificación supervisada se toman los puntos que se indican en la tabla 4. 700, 200 para la clasificación correspondiente de 20 clases.

Clasificación supervisada de la imagen (eliminatespot2005.img), Spot 14-03.2005 para 700 puntos se tomaron 35 por cada clase. Y la correspondiente a 200 puntos 10 por cada clase.

C.1	Zona Urbana	C.11	Lona vede de protección
C.2	Pastos enmalezados	C.12	Basura
C.3	Arboles Altos eucalipto	C.13	Suelo vía destapada de recebo
C.4	Pasto Quicuyo zona IV	C.14	Pastos altos, acacias y arboles
C.5	Agua depositada de cantera	C.15	Asfalto . Vía pavimentada Av. Boyacá
C.6	Agua depositada de cantera 2	C.16	Separador vía Av. Boyacá
C.7	Deposito de líquidos lixiviados	C.17	Rio Tunjuelo
C.8	Suelo descubierto de cantera	C.18	Casas Barrio Mochuelo bajo
C.9	Agua depositada 3	C.19	Suelo descubierto cementeras
C.10	Pasto Quicuyo 2002 zona VII	C.20	Arbustos altos borde del rio Tunjuelo

Tabla 3. Clases definidas para la imagen Spot 14-03-2005

Estadísticas de exactitud de la imagen Spot 1997 clasificada mediante redes neuronales y clasificación supervisada 140 puntos ya que se identificaron 14 clases, 10 por cada clase.

Para la imagen clasificada fusionada usando la Transformada de Wavelet haar (Classpehaardefinitiva1997fusion.img), Spot 1997, 700 puntos 50 por cada clase.

Clase 1.	Agua estancada
Clase 2.	Vía pavimentada Av. Boyacá
Clase 3.	Zona Urbana
Clase 4.	Suelo de Canteras descubierto

Clase 5.	Pastos altos y acacias
Clase 6.	Separador vía Av. Boyacá
Clase 7.	Pasto Quicuyo
Clase 8.	Pastos enmalezados
Clase 9.	Arboles Altos eucalipto
Clase 10.	Vía destapada
Clase 11.	Zona urbana casa Mochuelo bajo
Clase 12.	Rio Tunjuelo
Clase 13.	Pasto Zona II área 2
Clase 14.	Zona derrumbe

Tabla 4. Clases definidas para la imagen Spot 03-12-1997

Estadísticas de exactitud de la imagen Spot 2005 clasificada mediante clasificación supervisada se toman 200 puntos ya que se identificaron 20 clases.

EXACTITUD DE CLASIFICACIÓN TOTAL CORRESPONDE 72.00% DE LA IMAGEN ELIMINATESPOT2005 CLASIFICACION SUPERVISADA esta imagen fue realizado un proceso de clasificación detallado con las respectivas mascararas.

### Exactitud temática de la imagen Spot 14 de mar. de 2005 usando la clasificación supervisada 700 puntos

EXACTITUD DE CLASIFICACIÓN TOTAL CORRESPONDE 70.57% DE LA IMAGEN ELIMINATESPOT2005 CLASIFICACION SUPERVISADA esta imagen fue realizado un proceso de clasificación detallado con las respectivas mascararas.

### Estadísticas de exactitud para la imagen Spot 3 de dic. de 2005 clasificada usando redes neuronales MLP

EXACTITUD DE CLASIFICACIÓN TOTAL OVERALL CLASSIFICATION ACCURACY = 77.00% DE LA IMAGEN CLASIFICDAIDRISISMPL2005 MEDIANTE MPL IDRISIS.

### Estadísticas de exactitud para la Imagen Spot 3 de dic. de 1997

Estadísticas de exactitud de la imagen Spot 1997 clasificada mediante redes neuronales se toman 140 puntos ya que se identificaron 14 clases.

enofusuinada2007.img las estadísticas se tiene que Overall Classification Accuracy = 82.86%. Esta imagen fue realizado un proceso de clasificación detallado con las respectivas mascararas.

### Estadísticas de exactitud para la Imagen Spot 3 de dic. de 1997, fusionada usando la

**transformada de wavelet haar. Clasificación supervisada**

Estadísticas de la imagen fusionada usando la transformada de wavelet haar donde se tiene que Overall Classification Accuracy = 79.29%

**Estadísticas de exactitud para la Imagen Spot 3 de dic. de 1997, fusionada usando la transformada de wavelet haar. Clasificación supervisada con 700 puntos**

Overall Classification Accuracy = 71.00%

**Estadísticas de exactitud para la Imagen Spot 3 de dic. de 1997 mediante la clasificación usando redes neuronales MLP.**

Estadística de exactitud de la imagen 79.29 %  
**EXACTITUD DE CLASIFICACIÓN TOTAL**  
**OVERALL CLASSIFICATION ACCURACY = 79.29%**

**Estadísticas de exactitud para la Imagen Spot 3 de dic. de 1997, fusionada usando la transformada de wavelet haar. Clasificación supervisada**

Las estadísticas de exactitud corresponde a 72.14%,

**ANALISIS DEL AREA DEL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA**

Área del Relleno Sanitario imagen Spot 14-03-2005

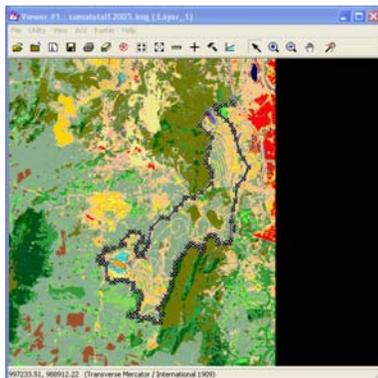


Figura 21. Área del relleno Sanitario Doña Juana Imagen Spot 13-03-2005

Perímetro del polígono 14280.86 metros y el área 315.9171 hectáreas

Área del Relleno Sanitario imagen Spot 03-12-1997

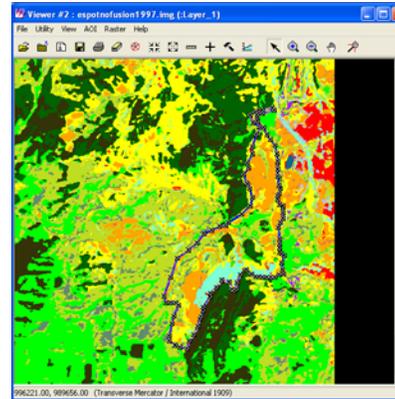


Figura 22. Área del relleno Sanitario Doña Juana Imagen Spot 03-12-1997

Perímetro del polígono 10447.75 metros y el área 227.4200 hectáreas

Con base en el trabajo realizado con Erdas tomamos el tamaño total desde la entrada al relleno la vía de acceso y el limite que corresponde desde la orilla del rio Tunjuelo hasta las diferentes zona. El crecimiento de este relleno corresponde a 293.49 hectáreas, en la siguiente tabla muestra el área de cada zona únicamente.

ZONA	Zona I	Zona Mansión	Zona II	Zona IV	Zona VII	Zona VIII
Estado actual	Cerrada	Cerrada	Cerrada	Cerrada	Cerrado	Operando
Fecha de iniciación	Noviembre de 1990	Febrero de 1995	Octubre de 1995	Septiembre 27 de 1997	Enero 17 de 1999	Marzo de 2002 (estimado)
Fecha de terminación	Febrero de 1995	Octubre de 1995	Septiembre 27 de 1997 (fecha del derrumbe)	Enero 17 de 1999	Marzo de 2002 (estimado)	Febrero de 2007 (estimado)
Cantidad de residuos (Tons)	7'000.000	1'000.000	3'000.000 (800.000 se derrumbaron)	2'100.000	5'600.000 (recibe 5.200 toneladas)	5'600.000 (recibe 6000 toneladas)
Area (has)	15	3	25.2	19.2	40	45

Tabla 13. Tamaño en hectáreas de las zonas del Relleno Sanitario Doña Juana

Área total del Relleno Sanitario Doña Juana es de 147.4 hectáreas y los 146.09 hectáreas restantes corresponden a Zona montaña de baja altura cerca a la entrada del relleno, vías, zona de deposito, instalaciones donde operan las oficinas de la administración de Relleno y tratamiento de líquidos lixiviados, todo la franja que corresponde a al orilla del rio Tunjuelo que corresponde una gran parte a agua estancada, suelo descubierto, pastos enmalezados, arboles altos que no se tienen en cuenta en la anterior tabla.

**CONCLUSIONES**

**Clasificadores Convencionales**

Los clasificadores convencionales son herramientas computacionales especializadas en la asignación de píxeles de una imagen a las diferentes clases conocidas mediante procesos supervisados (máxima verosimilitud).

Los algoritmos supervisados convencionales presentan resultados que son considerados como resultados de calidad, apropiados para la producción de cartografía temática que presentan

un alto grado de confiabilidad en la información que representa que para el caso de este trabajo es la evaluación de exactitud respecto a la ubicación y cuantificación de las coberturas a partir de imágenes satelitales Spot1 03-12-1997 Multiespectral y Pancromática 28 Feb. 1998 de 10 y 20 metros respectivamente en resolución espacial.

- En la tabla 5, las estadísticas de exactitud y la matriz de confusión indica que corresponde a 72%, esta imagen clasificada Spot 14-03-2005, fue generada a partir de diversos procesos que implican el manejo de las mascararas como son del agua del rio Tunjuelo, deposito de líquidos lixiviados, vía pavimentada, estos detalles mejoran notablemente de forma visual y el respectivo análisis estadístico. El número de clase analizadas fueron 20.
- En la tabla 6, las estadísticas de exactitud y la matriz de confusión indica que corresponde a 82.86%, esta imagen clasificada Spot 03-12-1997, fue generada a partir de diversos procesos que implican el manejo de la mascara del agua del rio Tunjuelo, estos detalles mejoran notablemente de forma visual y el respectivo análisis estadístico. El número de clase analizadas fueron 14.
- En la tabla 9, las estadísticas de exactitud y la matriz de confusión indica que corresponde a 79.29%, esta imagen clasificada Spot 03-12-1997, fusionada usando la transformada de wavelet haar y se genera a partir de diversos procesos que implican el manejo de la mascara del agua del rio Tunjuelo, estos detalles no mejoraron la exactitud temática ya que esta riqueza espacial implica que los píxeles se contamine y por lo tanto la clasificación supervisada no es la mejor, sin embargo cabe señalar, con respecto a la resolución espectral se degrada muy poco y que el análisis visual se puede diferenciar deferentes detalles en la imagen pero el análisis estadístico no es el mejor. Otra observación es la resolución ya que esta imagen fue remuestreada a 10 metros hace que la clasificación con respecto a los polígonos seleccionados para las respectivas clase se confundieron entre si ya que el error fue de 20.71% mientras que la imagen no fusiona el error del 17.14%. El número de clase analizadas fueron 14.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, vemos que la fusión de imágenes usando la transformada de wavelet permite conservar en un porcentaje más alto la riqueza espectral y mejora la resolución espacial de las imágenes

originales ello significa que este método ofrece grandes ventajas para el desarrollo de aplicaciones que requieren gran exactitud, sin embargo las estadísticas de exactitud fue contraria.

#### Clasificadores Redes neuronales

Red Neuronal Perceptrón Multicapa ofrecen un grado de confiabilidad alto, ya que los píxeles en su gran mayoría son asignados a un clase la cual representa mejor su comportamiento espectral, la red tiene un modo de operación que supera algunos de los inconvenientes presentes en los clasificadores estadísticos convencionales.

La implementación de información de tipo auxiliar en este tipo de algoritmos de clasificación mejora notablemente los resultados de la imagen clasificada, obteniendo mejores resultados visuales del mapa final de coberturas, al igual que los indicadores de calidad temática como el de exactitud temática. La implementación mejora parcialmente algunos problemas entre mezclas de cobertura presentando un leve aumento en los indicadores de usuario y productor.

Una de las desventajas es la difícil elección de los valores adecuados para los parámetros de entrenamiento que posee el algoritmo de la red neuronal Perceptrón Multicapa para realizar la clasificación de imágenes. La etapa de entrenamiento de la red neuronal es aquella en la cual las muestras son asociadas a una serie de clases previamente identificadas. En esta etapa el modo de operación es totalmente dependiente de los parámetros de entrenamiento y de los significativos que sean los datos de la muestra. Si la elección de los parámetros no es adecuada, los resultados de las imágenes clasificadas en coberturas puede ser no muy confiables.

- En la tabla 7, las estadísticas de exactitud y la matriz de confusión indica que corresponde a 77%, imagen clasificada Spot 14-03-2005, esta clasificación no se realizaron procesos que implicaran el manejo mascararas. El error fue de 23%, en cambio con la clasificación supervisada el error correspondiente fue 28%. El número de clase analizadas para la clasificación fueron 20. Si embargo cuando se realiza el análisis estadístico vemos que las clase analizadas fueron la Clase 3, Clase 4, Clase 6, Clase 8, Clase 10, Clase 13 , Clase 14 y la Clase 20.
- En la tabla 9, las estadísticas de exactitud y la matriz de confusión indica que corresponde a 79.29%, imagen clasificada Spot 03-12-1997, esta clasificación no se realizaron procesos que implicaran el manejo mascararas. El error fue de 20.71%%, en cambio con la clasificación supervisada el error correspondiente fue 17.14%, esto

significa que fue mejor la clasificación supervisada. El número de clase analizadas para la clasificación fueron 14.

- En la tabla 12, las estadísticas de exactitud y la matriz de confusión indica que corresponde a 72.14%, imagen clasificada fusionada usando la transformada de wavelet haar, Spot 03-12-1997, esta clasificación no se realizaron procesos que implicaran el manejo mascarar. El error fue de 27.86%, en cambio con la clasificación supervisada donde la imagen fue fusionada, el error correspondiente fue 20.71%, esto significa que fue mejor la clasificación supervisada. El número de clase analizadas para la clasificación fueron 14. Si embargo cuando se realiza el análisis estadístico vemos que las clase analizadas fueron la Clase 3, Clase 4, Clase 5, Clase 7, Clase 9, Clase 10, y la Clase 13.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANDERSON, James R.; HARDY, Ernest; ROACH, John y WITMER, Richard. A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data. Virginia: US. Geological Survey. 1976.
- Kenneth R. Digital Image Processing. Prentice-Hall. 1979.
- CHUVIECO, Emilio., Fundamentos de Teledetección espacial. 3ª Edición. Ed., Rialp. 1996.
- EASTMAN, Ronald. IDRISI Andes Guide to GIS and Image Processing. Massachussets (EEUU): Clark Labs, Clasrk University, 2006.
- G. MOIK, Johannes. Digital Processing of Remotely Sensed Image. NASA SP-431. 1980. Washington, DC
- GONZALEZ. Rafael., Tratamiento Digital de Imágenes. Ed, Eddison-Wesley. 1996. EE.UU.
- Medina, Javier. Lizarazo, Iván. Fusión de Imágenes Satelitales usando la Transformada de Wavelet., 2004. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- MONTOYA, Antonio., 1996 Percepción Remota. Bogotá. IGAC – CIAF
- MURRAY. R. Spiegel. Estadística, Segunda edición Mc Graw Hill. 1999
- NUÑEZ. Javier., IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol 37, Nº. 3. May 1999. Multiresolution-Based Image fusion whit Additive Wavelet Decomposition.
- RIAÑO, Orlando., Nota de clase P.D.I., Universidad Distrital Francisco José de Caldas.2001
- RICHARDS, Jhon y JIA, Xiuping. Remote Sensing Digital Image Analysis, páginas 200–220. Berlín (Alemania): Springer, 3ra ed. 1999.
- RONALD, E. Walpole. Probabilidad y estadística para Ingenieros, Sexta Edición. 1998. Editorial Prentice Hall.
- Matlab Edición del Estudiante. Versión 4 Guía del usuario. The Math Works Inc. Ed. Prentice may. 1996
- GONÇALVES, Márcio; DE ANDRADE, Márcio y ZULLO, Jurandir. Comparação de uma Arquitetura Neural com o Algoritmo de Máxima
- Manuales de Consulta:
- ERDAS\IMAGINE  
8.5\help\html\image\_interpreter\resolution\_merger.htm
- Image Processing. Toolbox For Use whit MATLAB. The Math Works Inc
- MICHEL, Misiti. Wavelet Toolbox For Use whit MATLAB. The Math Works Inc.
- Image Processing. Toolbox For Use whit MATLAB. Reference. The Math Works Inc.
- Procesamiento Digital de Imágenes. Introducción a ILWIS bajo Windows. Guía de Usuario. (Traducción: Alberto Boada. Revisión y adaptación por Orlando Riaño M.)
- SPOT IMAGE. The catalogue of SPOT products and services.
- División Política Administrativa de Colombia D.A.N.E.
- Consultas en la web
- DIGITALGLOBE. Product Overview. 2006 (consultado 4 diciembre 2007). En: DigitalGlobe (en línea). Disponible en: <http://www.digitalglobe.com/>
- Verossimilhança na Classificação de uma Cena LANDSAT/TM. Santos (Brasil): Ponencia en: Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1998. En: DPI INPE (En línea). Disponible en: <http://marte.dpi.inpe.br>
- EHLERS M., GREIWE A. y TOMOWSKI D. On segment based image fusion. Osnabrueck (Alemania): Institute for Geoinformatics and Remote Sensing, University of Osnabrueck, 2006 (consultado 18 de diciembre 2007). En: ISPRS (en línea). Disponible en:

<http://www.commission4.isprs.org/obia06/Papers/>

<http://www.alcaldiasoacha.gov.co/admin/files/Ane->

<http://pamplonaaldia.nireblog.com/post/2007/10/04/las-basuras-el-pan-de-cada-dia>

[http://uesp.gov.co/html/relleno\\_sanitario.htm](http://uesp.gov.co/html/relleno_sanitario.htm)

<http://www.commission4.isprs.org/obia06/Papers/>

[http://maps.google.es/maps?sourceid=navclient&hl=es&ie=UTF-8&rlz=1T4GGLJ\\_esCO246CO246&q=bogot%C3%A1&um=1&sa=X&oi=geocode\\_result&resnum=1&ct=image](http://maps.google.es/maps?sourceid=navclient&hl=es&ie=UTF-8&rlz=1T4GGLJ_esCO246CO246&q=bogot%C3%A1&um=1&sa=X&oi=geocode_result&resnum=1&ct=image) (1 de junio de 2008)

<http://www.elperiodico.com.co/seccion.php?codigo=6164&seccion=3&fecha=2008-04-06>