

# Herramientas Web usando software libre para la fusión de Imágenes satelitales

**Rubén Javier Medina Daza**

Universidad Distrital Francisco José Caldas, Bogotá D.C., Colombia, rmedina@udistrital.edu.co

**Luis Joyanes Aguilar**<sup>2</sup>

Universidad Pontificia de Salamanca, Madrid, España, luis.joyanes@upsam.net

**Carlos Pinilla Ruiz**<sup>3</sup>

Universidad de Jaén, Jaén, España, cpinilla@ujaen.es

**Oscar Ardila**<sup>1</sup>

Universidad Distrital Francisco José Caldas, Bogotá D.C., Colombia, ojordip@correo.udistrital.edu.co

**Fernando Pineda**<sup>1</sup>.

Universidad Distrital Francisco José Caldas, Bogotá D.C., Colombia, wfpinedar@correo.udistrital.edu.co

## ABSTRACT

This article presents the development, the implementation and the creation of a new service on the Web that offers the possibility for fusion of satellite images of different spatial resolutions and/or different remote sensors. The fusion of satellite images is performed using the fast haar wavelet transform (FHWT) that was implemented in Matlab. The article is organized around of two themes important: the Web service and the fusion of images. With regard to the development and implementation on the Web, this is done in free software with tools such as MapServer, Apache, Drupal. These tools were used to create a simple interface where the user takes part and interacts actively. In the same way that allows that user: displays the information on processes obtained for the fusion of images; and makes a request for fusion of image. In addition, the web implementation develops a module for obtaining georeferenced data from two or more external sources to create a new service. It involves a quick, and easy integration through APIs that offer some tools on the internet as OpenStreetMaps, these basically source data that produces results that were not the original reason for the raw data of the source. An example is the use of data (satellite images) to add location information (location). As for fusion of satellite images, it presents the mathematical algorithm for the fast haar wavelet transform (FHWT). As an alternative to the fusion implemented in Matlab (result of a previous study), the FHWT was implemented in free software with the Scilab tool. Finally, a multispectral image and panchromatic Ikonos were merged using: the FHWT implemented with Scilab, the FHWT implemented with Matlab, and also using eight different wavelets predefined in Matlab. The best results were obtained with the fusion that uses the FHWT method implemented in Matlab so it is used in the Web service being offered.

### Keywords:

Satellite imagery, Ikonos, Image Fusion, RGB to IHS transformation, Wavelet Transform, Web, MapServer, Apache, Drupal, APIs.

## RESUMEN

Este artículo presenta el desarrollo, la implementación y la creación de un nuevo servicio en la Web, que ofrece la posibilidad de fusionar imágenes satelitales, de diferentes sensores y diferente resolución espacial. La fusión de imágenes satelitales se realiza utilizando la transformada rápida de Wavelet Haar (TRWH), implementada en Matlab.

El artículo se organiza al alrededor de dos temáticas importantes: El servicio Web y la fusión de imágenes. En lo que corresponde al desarrollo e implementación en la Web, este se realiza en software libre, con herramientas como MapServer, Apache, Drupal. Dichas herramientas fueron utilizadas para crear una interface sencilla donde el usuario participa e interactúa activamente. De la misma manera que

permiten que el usuario: visualice la información de los procesos obtenidos para la fusión de imágenes; y realice una solicitud de fusión de imágenes. Además, en la implementación web se desarrolla un módulo para la obtención de datos georeferenciados en algunas fuentes externas para crear un nuevo servicio, implica una integración fácil y rápida, a través de APIs que ofrecen algunas herramientas en internet como OpenStreetMaps, estas básicamente son fuentes de datos que producen resultados que no eran la razón original de los datos crudos de la fuente. Un ejemplo es el empleo de datos (imágenes satelitales), para añadir la información de posición (ubicación). En cuanto la fusión de imágenes satelitales, se presentan los procesos del algoritmo matemático de la transformada rápida de Wavelet Haar (TRWH) para la fusión de imágenes. Como alternativa a la fusión implementada en Matlab (resultado de un estudio precedente), la TRWH se implemento en software libre con la herramienta Scilab. Finalmente, una imagen multispectral y una pancromática Ikonos fueron fusionadas usando: la TRHW implementada con Scilab, la TRHW implementada con Matlab, et igualmente ocho wavelet diferentes predefinidas en Matlab. Los mejores resultados fueron obtenidos con la fusión que utiliza la TRHW implementada con Matlab, por lo cual se utiliza en el servicio Web que se ofrece

### **Palabras Clave:**

Imagen Satelital, Ikonos, Fusión de Imágenes, Transformación RGB a IHS, Transformada de Wavelet, Web, MapServer, Apache, Drupal, APIs.

## **INTRODUCCIÓN**

El principal objetivo de las técnicas digitales es procesar una imagen de forma que resulte más adecuada que la original para una aplicación específica. El procesamiento de los datos digitales se enfoca a lograr tres objetivos básicos: Corrección de los datos, Realce de la información original y clasificación o extracción de información (Chuvieco, 1996). En una alta proporción, los datos suministrados por la agencias distribuidoras de datos en forma digital, realizan las correcciones básicas tanto geométricas como radiométricas; no obstante, algunos procesos requieren datos brutos, para lo cual el usuario adquiere este tipo de producto, quedando a su cargo la corrección del mismo. La fusión de imágenes es una respuesta a la frecuente necesidad de tener en una sola imagen datos de alta resolución espectral y espacial a partir de imágenes multispectrales y pancromáticas de diferente resolución espacial y diferentes sensores remotos. La fusión permite obtener información detallada sobre el medio ambiente urbano y rural, útil para una aplicación específica en estudio. Los procedimientos convencionales de fusión de imágenes están basados en diferentes técnicas, tales como la transformación RGB a IHS, la transformación de Brovey, la transformación de componentes principales, entre otros. Estos métodos no son completamente satisfactorios debido a que degradan la información espectral. En los últimos años se ha empezado a experimentar un procedimiento que usa la transformada de Wavelet en dos dimensiones conserva la riqueza espectral de las imágenes originales (Nuñez, 1999) (Mallat, 1996). En este artículo se realiza la revisión de los fundamentos matemáticos de la descomposición de la Transformada rápida de Wavelet (Nievergel, 1996). Finalmente, se muestra la utilidad de las herramientas tecnológicas (Software libre) (Stallman, 2004) disponibles en el mundo de la informática, representando para los usuarios de la red el principal medio para la toma de decisiones. Con la información obtenida se realiza una aplicación web híbrida (mashup o remezcla) ( Yee, 2008), es un sitio web o aplicación web que usa contenido de otras aplicaciones Web para crear un nuevo contenido completo, consumiendo servicios directamente, siempre a través de protocolo http. El sitio mismo debe acceder información externa a él usando una API ( Bennett, 2010) y procesar esos datos de modo de incrementar su valor para el usuario.

### **Objetivos**

1. Evaluar la implementación del algoritmo matemático (TRWH) usando el software matemático MatLab® y software libre (Scilab) bajo linux.

2. Generar una página web usando software libre que permita combinar datos, añadir información de posición (ubicación), así creando un servicio nuevo y distinto de Web, que en este caso ofrezca un servicio de fusión de imágenes satelitales.

## **1. Herramientas Web usando software libre para la fusión de Imágenes satelitales**

### **Linux como plataforma.**

GNU/Linux es un término el cual ha sido empleado para nombrar la combinación entre el sistema operativo GNU y el núcleo Linux, su código fuente puede ser utilizado, modificado, y redistribuido por cualquiera bajo los términos de la licencia GNU/GPL (Stallman, 2004).

Para la investigación se usó una distribución de GNU/Linux en la cual se pueden implementar herramientas web para la fusión de imágenes satelitales haciendo uso de la (TRWH). Lo cual hace posible que el código de la aplicación generada pueda quedar accesible a toda la comunidad y de este modo contribuir al desarrollo científico en cuanto a investigaciones posteriores haciendo uso de los resultados obtenidos en esta investigación.

**MapServer** Es una plataforma de código abierto para la publicación de datos espaciales y aplicaciones interactivas de cartografiado en la web. Este es multiplataforma, dentro sus principales características se encuentran:

- Dibujo de capas de información dependiendo de la escala.
- Dibujo de etiquetas para objetos evitando la colisión entre las mismas.
- Elementos de mapas automáticos tales como; escala gráfica, mapas de referencia y leyenda.

Además de lo anterior, es importante decir que MapServer permite programación de elementos cartográficos con lenguajes como PHP, Python, Perl, Ruby, Java, JavaScript, etc.

MapServer crea imágenes de mapa a partir de la información espacial almacenada en formato digital. Se puede manejar datos vectoriales y de mapa de bits. MapServer puede leer más de 20 formatos vectoriales diferentes, incluyendo shapefiles, PostGIS y geometrías ArcSDE, OPeNDAP, Arc / Info Coverages y archivos del Censu TIGGER.

No toda la información mostrada por MapServer necesita estar en formato vectorial. Por ejemplo las fotografías aéreas y las imágenes satelitales pueden ser mostradas como si fueran un elemento vectorial, haciendo un renderizado a trozos el cual al final forma un todo con la imagen completa como resultado. MapServer lee dos formatos raster nativos: GeoTIFF y EPPL7, pero puede leer más de 20 formatos adicionales con el paquete de la librería GDAL (Kropka, 2005).

### **Apache HTTP**

Es un software para crear servidores web desarrollado por la Apache Software Foundation, este se ha convertido en el servidor web más utilizado en el mundo debido a sus altas prestaciones y desempeño. Este software es del tipo open source y está licenciado por la Apache licencia versión 2.0 (Licencia Apache) (Bowen, 2000).

Para el caso de uso que se presenta en este artículo el servidor web Apache proporciona los servicios necesarios para la implementación del sitio web el cual se puede realizar haciendo uso de Drupal y de la información geográfica, esta se implementa con la ayuda del software MapServer (Laurie, 1999).

### **Drupal**

Es un sistema de gestión de contenidos libre, con licencia GNU/GPL escrito en php lleva más de 11 años en constante desarrollo, es mantenido por una comunidad. Se destaca por la calidad de su código, semántica, respecto de los estándares web, la seguridad, y la usabilidad.

Es usado para la aplicación web en la recolección de las solicitudes de fusión, básicamente los usuarios pueden solicitar fusiones de imágenes a través del sitio web, la plataforma analiza esos datos y los envía a un servidor el cual los procesa, es decir aplica el algoritmo de fusión y retorna una imagen fusionada.

Drupal como sistema modular permite integrar de una manera rápida y sencilla, esa recolección de datos a través de módulos como WebForm, el cual se encarga de generar los formularios necesarios para este proceso.

Cabe destacar la importancia de módulos como CCK que se usa para construir los tipos de contenido dentro del sitio llamados fusión, además de VIEWS que permite al administrador del sitio, ver las solicitudes pendientes por procesar, así como las que ya se encuentran terminadas.

En su núcleo, esta plataforma cuenta con muchas herramientas para el control de los datos que se envían al servidor y es por eso que se usan varias validaciones antes de enviar las imágenes, es el caso de que una imagen diádica no puede ser procesada y gracias a funciones como “hook\_validate()” ( VanDyk, 2008), pueden controlarse este tipo de cosas, eso evita que el usuario tenga problemas a la hora de enviar sus posibles imágenes para una fusión. El objetivo fundamental de Drupal en este proyecto es ayudar con la recolección de los datos del usuario.

Esta plataforma tiene su propio framework para el desarrollo de módulos, está escrito en php y es de gran ayuda en nuestra labor, ya que se puede solucionar un problema importante para la ejecución del algoritmo que fusiona las imágenes en el servidor.

En ese framework basado en php se desarrolló un módulo para Drupal que selecciona las 2 imágenes que el usuario envíe y se ejecuta el algoritmo que está escrito en Matlab, así como el que se escribió en Scilab, genera los resultados, almacena los datos de ejecución y alerta a la persona que envió esa solicitud vía correo electrónico cuando el proceso terminó y sus datos están disponibles.

En el ejemplo cabe destacar que este módulo durante el proceso busca más información georeferenciada dentro de Internet y la agrega como metadatos en el resultado que es visible en el sitio web.

## 2. Fusión de imágenes satelitales

La fusión de imágenes es un proceso que consiste en combinar imágenes digitales que tienen diferente resolución espacial y espectral con el fin de obtener una nueva imagen que integre lo mejor de las imágenes originales para uso en una aplicación específica. Los métodos de fusión de imágenes más usadas son: Transformación RGB-IHS, Componentes Principales, Multiplicación y Transformada de Brovey.

### Transformada de wavelet

El análisis multiresolución basado en la teoría de Wavelet (Mallat, 1996)., permite la presentación de los conceptos de detalle entre niveles sucesivos de escala o resolución. La descomposición de Wavelet es usada para la descomposición de imágenes. El método está basado en la descomposición de la imagen en múltiples canales basados en su frecuencia local. La transformación de la Wavelet provee un esquema para descomponer una imagen en un nuevo número de imágenes, cada una de ellas con un grado de resolución diferente.

### Representación de una imagen sintética (2×2), usando la transformada rápida Wavelet Haar (TRWH).

La transformada discreta de Haar consiste en transformar una sucesión numérica en otra sucesión tal que la segunda tenga menos números distintos de cero y tal que la primera pueda recuperarse de la segunda mediante un proceso inverso. Niveles digitales de la imagen sintética (matriz), Imagen (matriz) resultante después de aplicar (TRWH), como en el siguiente ejemplo (Medina, 2011).

$$\begin{pmatrix} 165 & 151 & 130 & 0 \\ 156 & 156 & 156 & 156 \\ 160 & 169 & 160 & 147 \\ 151 & 156 & 156 & 156 \end{pmatrix} \xrightarrow{\text{(TRWH)}} \begin{pmatrix} 145.29 & 12.7 & 3.5 & 32.5 \\ -11.56 & 10.55 & -3.5 & 3.25 \\ 1 & -45.5 & 3.5 & 32.5 \\ 5.5 & -1.25 & -1 & 3.25 \end{pmatrix}$$

Utilizando la matriz anterior como entrada para la siguiente iteración se genera el segundo nivel de descomposición que corresponde a la siguiente matriz, la imagen 3 representa la matriz de primer nivel de descomposición de la imagen sintética:

El resultado intermedio obtenido corresponde a una transformación básica de wavelet de dos dimensiones en cada una de los cuatro cuadros adyacente de  $2 \times 2$ .

( $\bullet$ ) Todas los coeficientes de las esquinas superiores izquierdas de cuatro bloques de  $2 \times 2$  de entrada en la esquina superior izquierda, correspondiente a los coeficiente de aproximación de segundo nivel, que se denota como A2, donde se encuentran los coeficientes cH2, cV2 y cD2.

( $h$ ) Todas los coeficientes de las esquinas superiores derecha de cuatro bloques de  $2 \times 2$  de entrada en la esquina superior derecha, corresponde a los coeficientes de detalle horizontal de primer nivel de descomposición, que se denota como cH1.

( $v$ ) Todas los coeficientes de las esquinas inferiores izquierdas de cuatro bloque de  $2 \times 2$  de entrada en la esquina inferior izquierda, a los coeficientes de detalle vertical de primer nivel de descomposición, que se denota como cV1.

( $d$ ) Todas los coeficientes de las esquinas inferiores de derecha de cuatro bloque de  $2 \times 2$  de entrada en la esquina inferior derecha, a los coeficientes de detalle diagonal de primer nivel de descomposición, que se denota como cD2,

Así surge la transformada completa de wavelet bidimensional rápida de haar.

### 3. Metodología, e implementación de la transformada rápida de wavelet haar para la fusión de imágenes satelitales

Basado en el proceso descrito anteriormente, propuesto (Nievergel, 1996). y el diagrama de flujo, como resultado de esta investigación se proponen los siguientes pasos:

1. Registrar una composición a color RGB de la imagen multispectral con la imagen pancromática, usando el mismo tamaño de píxel de esta última.
2. Transformar los componentes RGB en componentes IHS.
3. Aplicar el concepto de la Transformación de Wavelet rápida de haar al componente I, segundo nivel descomposición obteniendo de esta manera los coeficientes de aproximación y detalle, A1i coeficientes de aproximación que contiene la información espectral de la imagen, cV1i, cH1i y cD1i coeficientes de detalle donde se almacena la información espacial de la imagen, A1p se descompone por segunda vez de esta manea se obtiene A2i coeficientes de aproximación que contiene la información espectral de la imagen y cV2i, cH2i y cD2i además con cV1i, cH1i y cD1i serán los coeficientes de detalle donde estará la información espacial de la imagen transformada,
4. Aplicar el concepto de la Transformación de Wavelet rápida de haar a la imagen pancromática, segundo nivel descomposición obteniendo de esta manera los coeficientes de aproximación y detalle, A1p coeficientes de aproximación que contiene la información espectral de la imagen, cV1p, cH1p y cD1p coeficientes de detalle donde se almacena la información espacial de la imagen, A1p se descompone por segunda vez, de esta manea se obtiene A2p coeficientes de aproximación de segundo nivel, que contiene la información espectral de la imagen y cV2, cH2p y cD2p además con cV1, cH1p y cD1p serán los coeficientes de detalle donde estará la información espacial de la imagen transformada.
5. Se genera una componente intensidad nueva (INT), de la siguiente forma con los coeficientes A2i que almacena la información de la imagen del componente I y los coeficientes de detalle de segundo nivel de la imagen pancromática cV2p, cH2p y cD2p, y los coeficientes de detalles cV1p, cH1p y cD1p de la descomposición de primer nivel.

6. Aplicar transformada inversa de la transformada rápida de wavelet haar para obtener la nueva componente intensidad.
7. Con la nueva componente intensidad y las componentes originales matiz y saturación generar la nueva IHS.
8. Realizar la transformación inversa IHS a RGB. De esta manera se obtiene la nueva imagen multispectral, que mantiene la resolución espectral ganando así la resolución espacial.

La figura 1 muestra el esquema metodológico, el flujo de procesos efectuados para evaluar los métodos de fusión satélite de imágenes utilizando la transformada rápida de wavelet haar (TRWH), en Matlab y el método implementado utilizando software libre TRWH. La implementación de herramientas web para ofrecer el servicio de fusión de imágenes.

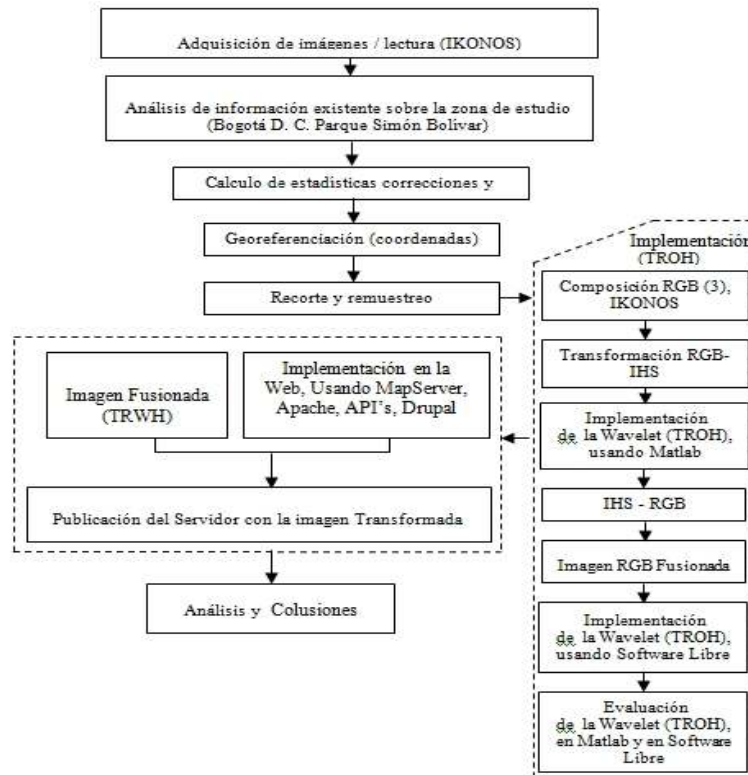


Figura 1. Se describe en este diagrama los procesos que se desarrollaron para la implementación de las Herramientas Web usando software libre para la fusión de Imágenes satelitales

### Aplicación web



Figura 3. Der. INICIO <http://glud.udistrital.edu.co/proyctofusion/drupal//node/4> . Izq. EJEMPLO DE FUSION (TRWH) <http://glud.udistrital.edu.co/proyctofusion/drupal//node/2>





Figura 4. Der. Ejemplo de fusión (FTWH) <http://glud.udistrital.edu.co/mapserver/mapa.html> , Izq. SOLICITUD DE FUSION (TRWH) <http://glud.udistrital.edu.co/proyectofusion/drupal//node/add/solicitud-de-fusion>



Figura 5. Der. Imagen fusionada generada usando software libre Scilab. Der. Imagen fusionada generada usando Matlab.

### 3. Resultados:

En la siguiente tabla 1 se muestra la correlación de la imagen original con las imágenes fusionadas (TRWH) implementadas en Matlab y Scilab, para analizar la ganancia espectral y la correlación de la imagen pancromática con las imágenes fusionadas y la original para analizar la ganancia espacial

**Tabla 2. La comparación cuantitativa, a través de la correlación. A la izquierda la correlación de la resolución espectral de la imagen fusionada (TRWH) obtenida en Matlab y en Scilab frente a los canales RGB de la imagen original. Derecha correlacionar la resolución espacial de imagen fusionada (TRWH) obtenida en Matlab y en Scilab vs la imagen pancromática.**

Correlación (Resolución espectral con la imagen fusionada generada con MatLab y con Scilab de TRWH)				Correlación (Resolución espacial con la imagen fusionada generada con MatLab y con Scilab de TRWH)			
Imágenes	B	G	R	Imágenes	B	G	R
RGB/TRWH (Scilab)	0.6145	0.5613	0.6063	PAN/TRWH (MatLab)	0.2769	0.3279	0.2161
<b>RGB/TRWH (MatLab)</b>	<b>0.8967</b>	<b>0.8760</b>	<b>0.9092</b>	<b>PAN/TRWH (Scilab)</b>	<b>0.5948</b>	<b>0.6670</b>	<b>0.5378</b>

En la siguiente tabla 2 se muestra la correlación de la imagen original con las imágenes fusionadas usando la transformada de wavelet usando Matlab y la imagen fusionada usando (TRWH) para analizar la ganancia espectral y la correlación de la imagen pancromática con las imágenes fusionadas y la original para analizar la ganancia espacial (Medina, 2004).

**Tabla 1. La comparación cuantitativa, a través de la correlación. A la izquierda la correlación de la resolución espectral de cada wavelet transform frente a los canales RGB de la imagen original. Derecha correlacionar la resolución espacial de cada wavelet transform vs la imagen pancromática.**

Correlación (Resolución espectral con la Transformada de Wavelet)				Correlación (Resolución espacial con la Transformada de Wavelet)			
Imágenes	B	G	R	Imágenes	B	G	R
RGB/bior1.5	0.8644	0.7842	0.8565	PAN/ bior1.5	0.5168	0.6656	0.3970
RGB/bior3.7	0.8998	0.8501	0.8956	PAN/bior3.7	0.4725	0.6275	0.3474
RGB/bior6.8	0.9017	0.8533	0.8977	PAN/bior6.8	0.5168	0.6656	0.3970
RGB/coif1	0.8908	0.8349	0.8855	PAN/coif1	0.4725	0.6275	0.3474
RGB/haar	0.8794	0.8794	0.8754	PAN/haar	0.5092	0.6585	0.3930
RGB/db10	0.8967	0.8431	0.8908	PAN/db10	0.5072	0.6548	0.3933
RGB/dmey	0.9024	0.8560	0.8989	PAN/dmey	0.5055	0.6531	0.3918
RGB/rbio1.3	0.8991	0.8499	0.8958	PAN/rbio1.3	0.4725	0.6531	0.3918
<b>RGB/TROH</b>	<b>0.8967</b>	<b>0.8760</b>	<b>0.9092</b>	<b>PAN/TROH</b>	<b>0.5948</b>	<b>0.6670</b>	<b>0.5378</b>



**Imagen 6. Comparación Visual. Un detalle de la textura y color de las dos imágenes**

#### 4. Análisis de resultados

En la tabla 1, se muestran los resultados, la correlación de las imágenes fusionadas con las transformadas de Wavelet definidas en el software Matlab con la implementación de la transformada rápida de Wavelet Haar (TRWH), los mejores valores se obtienen con la (TRWH), la cual se obtiene una ganancia en la resolución espacial de 0.1399 en la banda azul, 0.1469 en la banda verde y en la banda roja una ganancia de 0.1264.

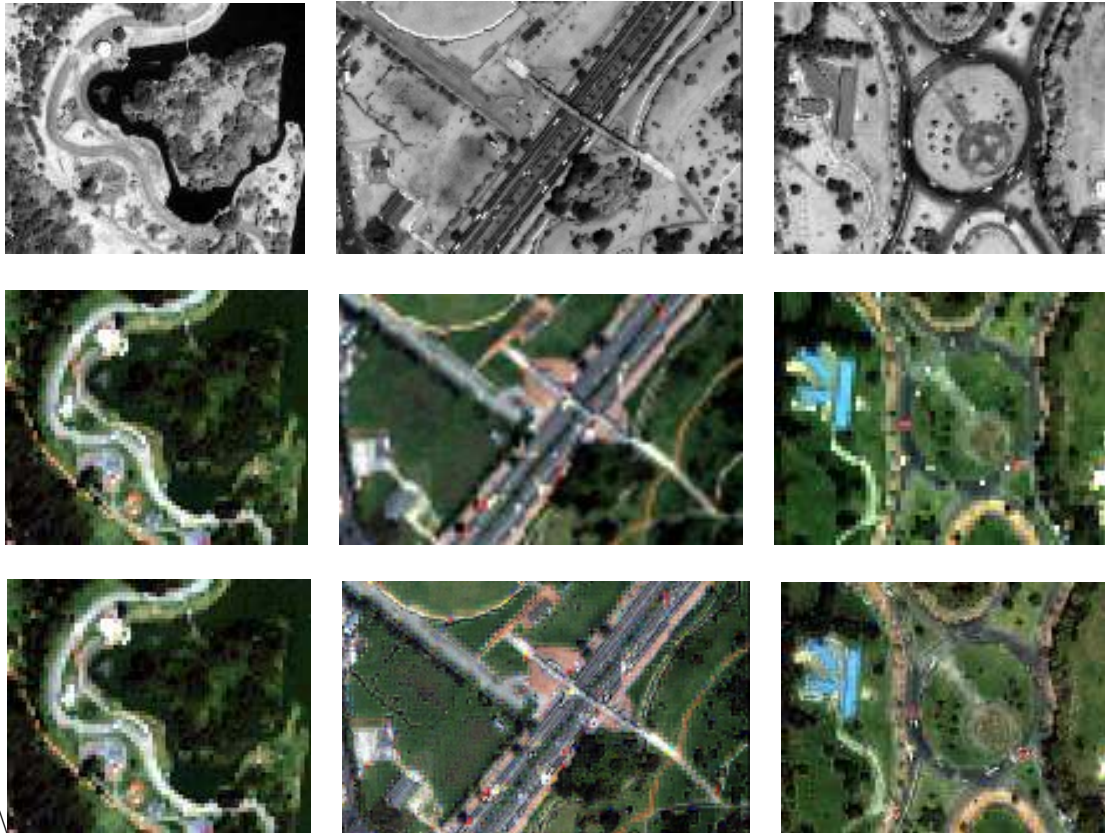
Usando software Scilab para implementar la fusión de imagen usando la transformada rápida de wavelet la imagen RGB degrada la resolución espectral, en la banda roja con una diferencia de 0.2822 que corresponde al 31.47%. En la banda verde con una diferencia de 0.3147 que corresponde al 35.92%. En la banda azul con una diferencia de 0.3029 que corresponde al 33.31%. Respecto a la resolución espacial se tiene que la degrada en la banda roja 0.4179 que corresponde 49.47%, la banda verde 0.3391 que corresponde 50.80% y la banda azul 0.3218 que corresponde 59.81%.

#### Comparación cualitativa

Una comparación visual (Alparone, 2007), se hace en todas las imágenes fusionadas. Se analizaron los detalles lineales (carreteras, edificios o el contorno de las casas), textura (árboles) y color (techos de los



edificios, revestimientos de carreteras, agua). En la figura 7, podemos ver, de izquierda a derecha, tres detalles de la imagen: elemento lineal, textura y color, y arriba y abajo de la imagen pancromática, la imagen se fusionó con él y la imagen multispectral. Vemos, los buenos resultados de la fusión con TRWH.



**Figura 7. Tres ejemplos de comparación visual**

## 5. CONCLUSIONES

- Uso de una transformada wavelet para la fusión de imágenes mejora sustancialmente la resolución espacial manteniendo resolución espectral.
- Con la transformada rápida de wavelet Haar (TRWH), la resolución espacial es mejor que la implementación realizada con las Wavelet en Matlab para la Fusión, hay un buena respuesta espectral esto se traduce en que conserva o mantienes la textura, el color como puede ver en la imagen 6.
- Así la gran ventaja del este método es que permite sustituir toda la información de detalle del sensor de alta resolución espacial a la componente intensidad, en este caso es adicionada a las tres bandas R, G, B lo cual no degrada la información espectral de la imagen multispectral respecto al imagen original.
- Las herramientas web permiten en este caso ofrecer la posibilidad de fusionar imágenes satelitales, de diferentes sensores y diferente resolución espacial.
- La implementación en software libre demostró que degrada la resolución espacial y espectral sin embargo se recomienda implementarla en otro software libre para verificar y analizar los resultados de esta investigación.

## REFERENCIAS

- Alparone. L., Wald L., Chanussot J, Thomas C., Gamba P, Bruce L., 2007, “ Comparison of Pansharpening Algorithms: Outcome of the 2006 GRS-S Data Fusion Contest ”, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing - Vol. 45 No. 10 - pp 3012-3021.
- Bennett, Jonathan. OpenStreetMap: Packt Publishing (September 22, 2010)
- Bowen. R. And COAR K., Servidor Apache al Descubierta, Prentice-Hall, Edición 1, 2000.
- Burrus. C. Sindney., Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms. Prentice Hall. 1998.
- Byron, Angela. Addison Berry , Nathan Haug , Jeff Eaton , James Walker , Jeff Robbins:*Using Drupal*, O'Reilly Media; 1 edition (December 23, 2008)
- Chuvieco. Emilio., Fundamentos de Teledetección espacial. 3ª Edición. Ed., Rialp. 1996
- Gilmore. W. Jason. Beginning PHP and MySQL: From Novice to Professional Apress; 4 edition (September 24, 2010).
- Kropla. B., Beginning MapServer: Open Source GIS Development, Editorial Appres, 2005.
- Laurie. B. And Laurie. P., Apache The Guide Definitive, O'REILLY & Associates, Second Edition, 1999.
- Núñez. J., Otazu. X., FORS O., PRADES A., PALA V. ARBIOL R., 1999, « Multiresolution-Based Image fusion whit Additive Wavelet Descomposition », *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol 37, N° 3, pp 1204 -1211.
- Nievergel. Yves, Wavelets made easy, 1999, Ed Birkhäuser, Boston, pp 297.
- Matlab Edición del Estudiante. Versión 4 Guía del usuario. The Math Works Inc. Ed. Prentice may. 1996
- Mallat . Stéphane., PROCEEDINGS OF THE IEEE VOL, 84, N° 4 APRIL 1996. Wavelets for a vision.
- R. J. Medina, L. Joyanes, C. Pinilla. “Algoritmos Matemático para la fusión de imágenes satelitales”*V Simposio Internacional de Sistemas de Información e Ingeniería de Software en la Sociedad del Conocimiento* Octubre de 2010
- Medina,R. Pinilla. C, Joyanes L. “Reconstrucción de una señal sinusoidal y de una imagen sintética usando la transformada de wavelet discreta”Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development, August 3-5, 2011, Medellin, Colombia.
- Medina, Javier., Iván Lizarazo, Fusión de imágenes satelitales usando la trasformada de wavelet, Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2004
- Stallman, Richard M., Software libre para una sociedad libre, Editorial Traficantes de Sueños, Edición 1, 2004.
- VanDyk, John K. Matt Westgate,Pro Drupal Development: Apress; 1 edition Abril 16, 2007
- Yee, Raymond, Pro Web 2.0 Mashups: Remixing Data and Web Services:Apress; 1 edition (March 7, 2008)

Manuales de Consulta:

1. ERDAS\IMAGINE 8.5\help\html\image\_interpreter\resolution\_merge.htm
2. Image Processing. Toolbox For Use whit MATLAB. The Math Works Inc
3. MICHEL, Misiti. Wavelet Toolbox For Use whit MATLAB. The Math Works Inc.
4. Image Processing. Toolbox For Use whit MATLAB. Reference. The Math Works Inc.
6. SPOT IMAGE. The catalogue of SPOT products and services.

*Autorización y Renuncia*

***Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.***