

# Reconocimiento de los Remanentes del Camino Real Empleando Operadores Vectoriales e Imágenes de Satélite de Alta Resolución

Jorge Lira<sup>1</sup>, Pedro Lopez<sup>2</sup> y Claudia Trejo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia

<sup>3</sup>Escuela Nacional de Antropología e Historia

[jlira@geofisica.unam.mx](mailto:jlira@geofisica.unam.mx)



*Juan de Oñate*

## **Introducción**

Los relatos detallados del explorador-conquistador Juan de Oñate establecieron los fundamentos para determinar el trayecto del Camino Real.

El Camino Real era un trayecto burdo y en algunos segmentos peligroso.

El Camino Real sirvió cerca de tres centurias, 1598 a 1882.

La Ciudad de Santa Fe llegó a ser el destino final para la caravana portando suministros y recorriendo una jornada de 3,000 kilómetros que iniciaba en la Ciudad de México.

La caravana portando suministros demoraba seis meses en recorrer el trayecto de 3,000 kilómetros y presentaba un programa irregular de salidas y llegadas.

El Camino Real era empleado para el tránsito de colonos, para transportar suministros y noticias, granos, ganado y herramientas a varias provincias del México Colonial.

Aun sobreviven segmentos del Camino Real, pero su localización geográfica, su estado, longitud y condiciones son relativamente poco conocidas.

## **Materiales y Métodos**

Se adquirieron varias imágenes multiespectrales y pancromáticas de alta resolución de SPOT 6 y 7 con base en un convenio con el Siap-Sagarpa.

Las imágenes disponibles cubren tres fracciones del Camino Real en los Estados de Querétaro, Zacatecas y Chihuahua.

El segmento entre la Ciudad de México y la Ciudad de Querétaro no ha sido considerado debido a que el Camino Real está completamente obliterado por las construcciones modernas.

Se adquirieron los detalles y las coordenadas geográficas de los segmentos conocidos del Camino Real en el Estado de Zacatecas.

Las imágenes SPOT y los segmentos del Camino Real en el Estado de Zacatecas fueron empleados para construir una base de imágenes empleando ArcMap (Figura 1).

Los detalles técnicos de las imágenes SPOT se proporcionan en la Tabla 1.



*Figura 1.- Base de imágenes en ArcMap*

Tabla 1. Detalles técnicos de las imágenes SPOT del Estado de Zacatecas.

Imagen	Fecha	Dimensión (Pixels)	Pixel (m <sup>2</sup> )	Nubosidad
Multiespectral	Marzo 22, 2016	10,159 × 9,652	6.0 × 6.0	0 %
Pancromática	Marzo 22, 2016	40,637 × 38,609	1.5 × 1.5	0 %
Multiespectral	Junio 10, 2015	9,154 × 9,607	6.0 × 6.0	0 %
Pancromática	Junio 10, 2015	36,617 × 38,429	1.5 × 1.5	0 %
Multiespectral	Abril 28, 2013	10,172 × 9,652	6.0 × 6.0	0 %
Pancromática	Abril 28, 2013	40,689 × 38,609	1.5 × 1.5	0 %
Multiespectral	Abril 6, 2015	10,172 × 9,646	6.0 × 6.0	0 %
Pancromática	Abril 6, 2015	40,689 × 38,585	1.5 × 1.5	0 %
Multiespectral	Febrero 5, 2016	8,360 × 9,649	6.0 × 6.0	0 %
Pancromática	Febrero 5, 2016	33,441 × 38,597	1.5 × 1.5	0 %
Multiespectral	Agosto 31, 2014	8,907 × 9,575	6.0 × 6.0	0 %
Pancromática	Agosto 31, 2014	35,629 × 38,301	1.5 × 1.5	0 %

Proyección cartográfica UTM, WGS84. Corrección por anomalías radiométricas.

## Métodos

Las imágenes multiespectrales portan un pixel de  $6.0 \times 6.0 \text{ m}^2$  y las imágenes pancromáticas un pixel de  $1.5 \times 1.5 \text{ m}^2$  (Tabla 1).

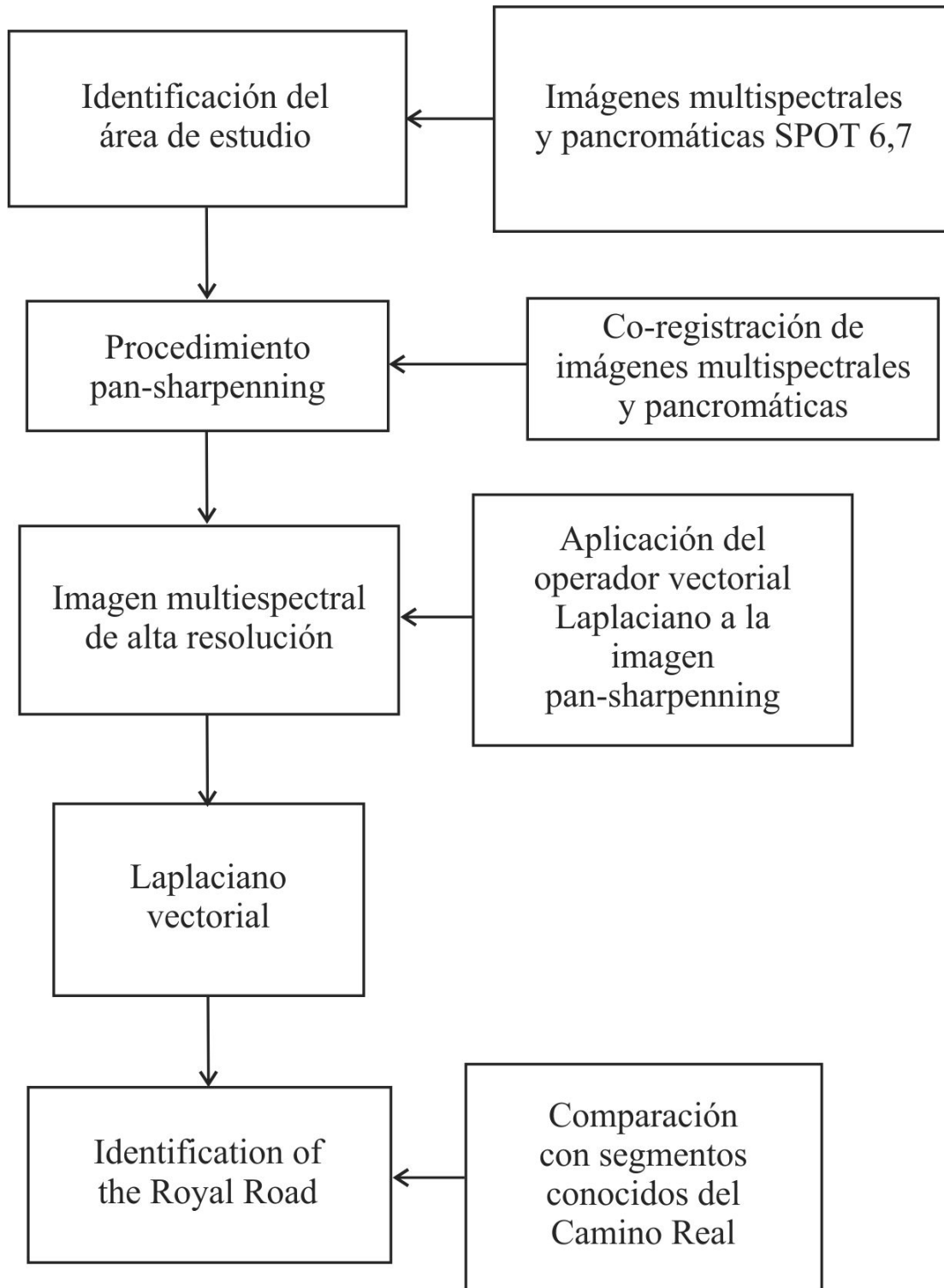
Por tanto, el proceso de *pan-sharpening* produce una imagen multiespectral con un pixel de  $1.5 \times 1.5 \text{ m}^2$  (Figura 2).

El ancho de los segmentos conocidos del Camino Real es entre 3 -10 metros (Figura 3).

El contraste entre el Camino Real y el terreno circundante es alto, esto produce un borde definido en la imagen multiespectral.

El operador vectorial Laplaciano fue aplicado a la imagen resultante del procedimiento de *pan-sharpening*.

El operador Laplaciano realza los bordes de la imagen por lo que el Camino Real es reconocido en la imagen realzada.



*Figura 2.- Diagrama de procesamiento para la identificación del Camino Real.*

## Resultados

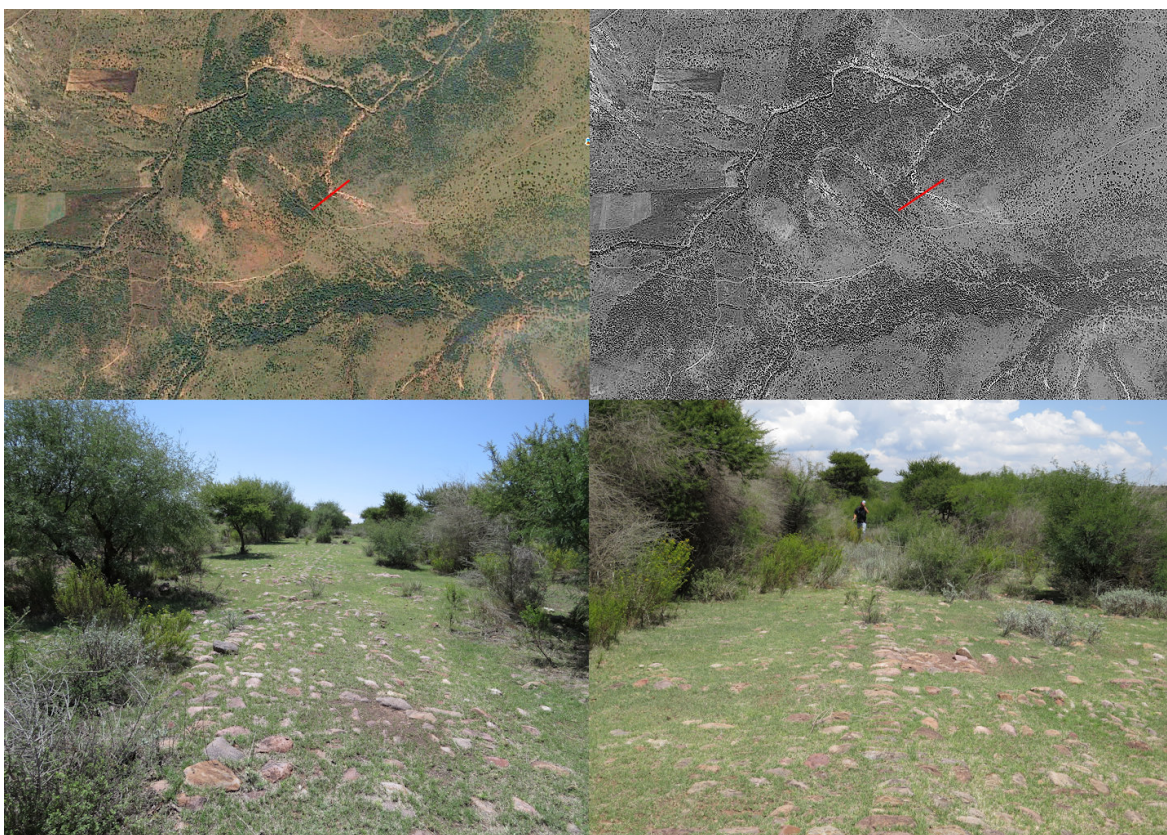
Se han procesado dos zonas de las cuales se han adquirido datos de campo.

Tales zonas corresponden a las áreas de Palmillas y Veta Grande en el Estado de Zacatecas.

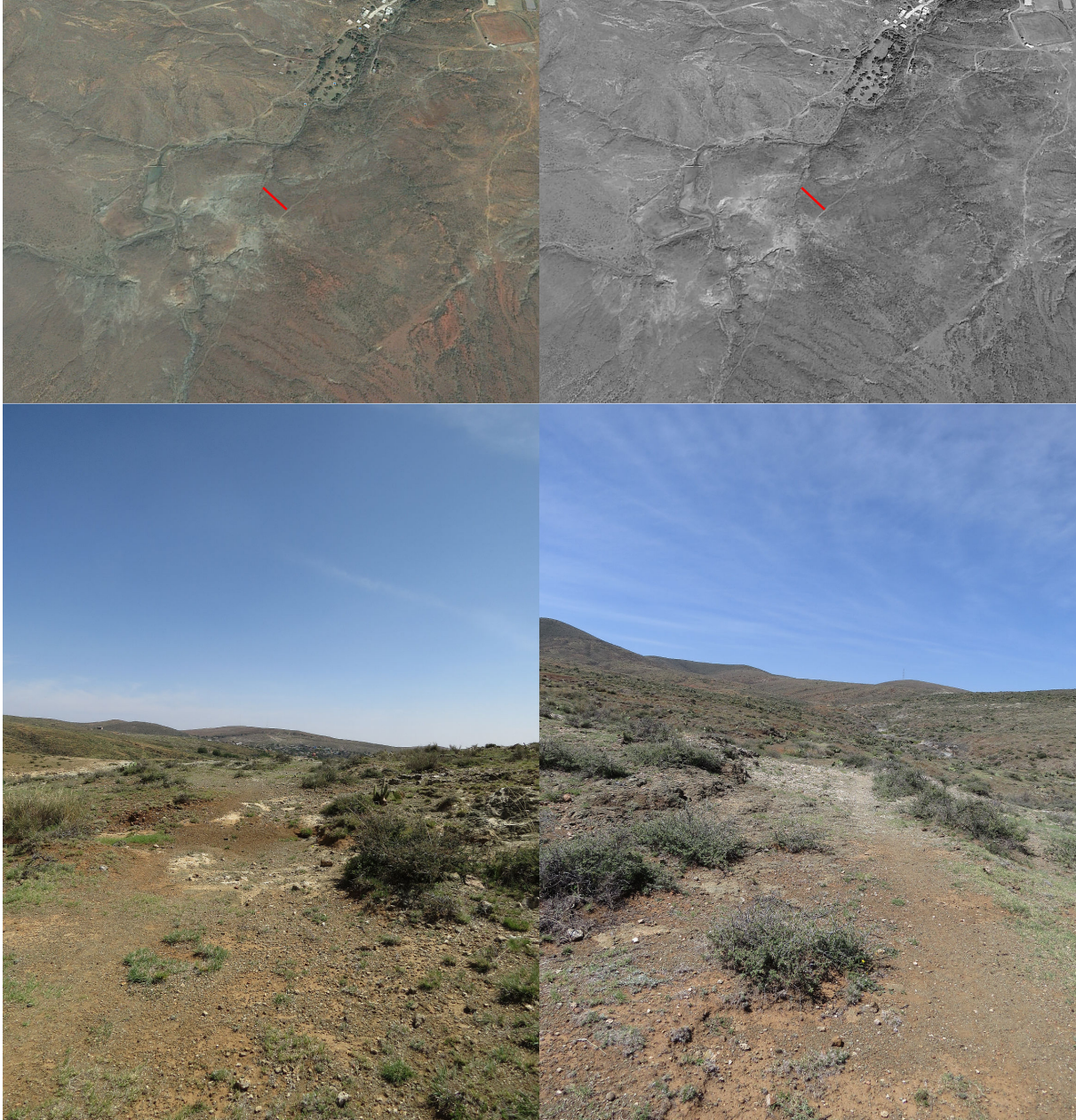
Se colectaron coordenadas geográficas y se tomaron fotos de los segmentos del Camino Real (Tabla 2).

*Tabla 2. Localización de segmentos conocidos del Camino Real en Zacatecas.*

Localidad	Coordenadas	Descripción	Figura
Palmillas	22° 39' 50.8549", - 102° 23' 2.8392"	Degradación media	3
Palmillas	22° 39' 43.0221", - 102° 22' 48.8748"	Degradación media	3
Veta Grande	22° 51' 58.1588", -102° 32' 42.3750"	Degradación mayor	4
Veta Grande	22° 51' 51.5187", - 102° 32' 45.9313"	Degradación mayor	4



*Figura 3.- (a) RGB de las bandas 1, 2, 3. (b) Realce. (c), (d) Fotos en campo.*



*Figura 4.- (a) RGB de las bandas 1, 2, 3. (b) Realce. (c), (d) Fotos en campo.*

## **Conclusiones**

La UNESCO ha declarado el Camino Real como Patrimonio de la Humanidad, es importante por tanto desarrollar una metodología para cuantificar el estado de los segmentos actuales del Camino Real.

Las imágenes multiespectrales de alta resolución son útiles para la identificación de los segmentos del Camino Real.

El Operador Laplaciano es un realce al conjunto de las bandas de la imagen multiespectral.

Tal realce y los datos de campo, determinan la identificación y cuantificación de los segmentos del Camino Real.

Para la identificación de todos los segmentos del Camino Real es necesario un proyecto de gran envergadura que incluye un laborioso trabajo de campo y un trabajo extenso de análisis de imágenes multiespectrales.





