

---

# Niveles y escalas

---

de levantamiento  
de información geográfica  
en sensores remotos

---

Levels and scales  
of geographic-information  
surveying in remote sensing

**Jesús J. Marquina**

**Amanda Mogollón R.**

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales  
y Ambientales, Escuela de Geografía, Departamento  
de Cartografía y Métodos. Mérida, Venezuela  
[jordan1536@hotmail.com](mailto:jordan1536@hotmail.com)

---

## Resumen

Uno de los principales problemas al que se enfrentan los profesionales que trabajan con levantamientos de información geoespacial (cartografía topográfica y temática) es decidir el nivel del levantamiento con el que se pretende trabajar, y a qué escala se debe representar la información producto de dicho levantamiento. Con este trabajo se intenta despejar esas dudas e interrogantes, sabiendo que la toma de decisiones va a depender de los objetivos que se persigan con ese levantamiento, así como de la temática y del área a ser levantada. También a definir el tipo de sensor (aéreo o espacial) a utilizar, las unidades mínimas cartografiadas y los grados de precisión a los que deben someterse las salidas cartográficas, según la escala de representación. Se espera que sea de utilidad para los profesionales que se desempeñen en el levantamiento y procesamiento de información geoespacial.

**Palabras clave:** niveles de levantamiento; escalas; precisión; sensores remotos.

## Abstract

*One of the main problems faced by professionals working with geospatial-information (topographic and thematic mapping) data collection is to choose the surveying level intended to work, and what scale should represent the information produced by such survey. This paper aims at clearing up these doubts and questions, knowing that the decision making will depend on the objectives pursued with that surveying level, as well as of the thematic and the area to be surveyed. It is also intended at choosing the type of sensor (aerial or space) to be used, the minimum cartographic units and the degrees of accuracy to which the cartographic outputs might be subjected, according to the representation scale. It is expected to be useful for professionals involved in the geospatial information surveying and processing.*

**Key words:** *surveying level; scales; accuracy; remote sensing.*

## 1. Introducción

El avance de las nuevas tecnologías en sensores remotos y sistemas de información geográfica (SIG), y más reciente con su aplicación extendida a nivel mundial, bajo la perspectiva de un nuevo paradigma de la geografía automatizada o cibergeografía (Buzai, 2001; Toudert y Buzai, 2004), ha permitido en las últimas décadas levantar información geoespacial de toda la superficie de la tierra, desde diferentes sensores montados sobre plataformas, tanto aéreas como espaciales; por lo tanto, es de suponer que se ha y está trabajando en varios niveles de levantamiento y a diferentes escalas de representación.

La escala es uno de los conceptos más trabajados por muchos investigadores, puntualizando claramente el término de escala y sus usos. El objetivo de este trabajo es definir algunas escalas y niveles de levantamiento que faciliten a muchos investigadores ¿qué escala o nivel de levantamiento utilizar a la hora de realizar un estudio geográfico? o ¿cómo extrapolar una información de una escala a otra sin perder información?; muchas de éstas y otras dificultades se presentan cotidianamente a la hora de tomar una decisión acertada con el tipo de escala y el nivel de levantamiento a emplear.

La escala es uno de los principales atributos a definir en estudios geográficos. Este término ha tenido una variedad de significados y ha sido utilizado en una diversidad de contextos en múltiples disciplinas, tales como: escalas espaciales, temporales o incluso espacio-temporales. En el caso de las escalas espaciales, en cartografía se refieren a la proporción de una distancia en el mapa a su correspondiente distancia en el terreno (Quatrochi & Goodchild, 1997).

## 2. Niveles de levantamiento

Los niveles de levantamiento están relacionados directamente con la escala de representación cartográfica. Estos niveles dependen principalmente de los objetivos y el área a ser levantada, y a su vez, cada uno de ellos también dependerá del sensor a utilizar.

Una adecuada selección de escala requiere considerar los siguientes factores:

- Volumen de detalles requerido, en función del propósito del estudio.
- Naturaleza y complejidad de la cobertura y uso del área en estudio.
- Época de toma, en función del estado biológico de las coberturas vegetales o estación climática de la zona.

Existen rangos de escalas utilizables en levantamientos de cobertura y uso de la tierra, los cuales están relacionados con el nivel de detalle del estudio (**Cuadro 1**).

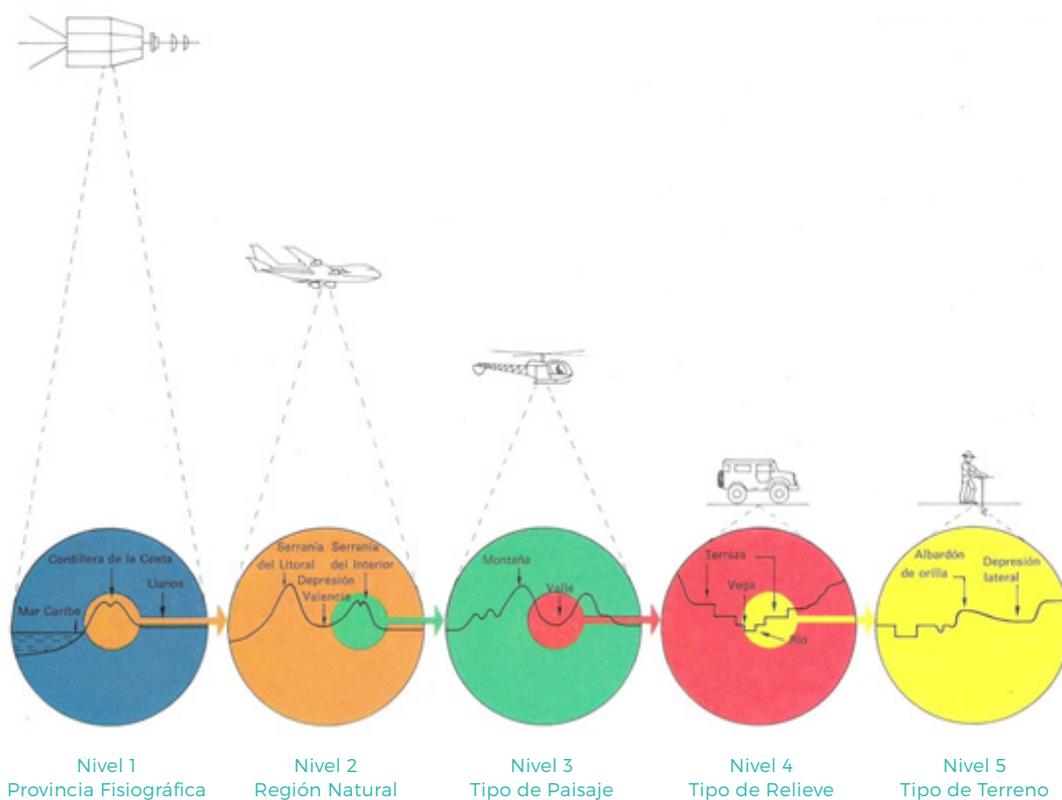
Uno de los ejemplos clásicos de niveles de levantamiento es el propuesto por Zinck (1980). En su trabajo ‘Valles de Venezuela’ describe los niveles de percepción de un valle, lo que sería similar a los niveles de levantamiento aquí descritos (**Figura 1**), explicando que el nivel superior del esquema (Nivel 1), simbolizado por un satélite espacial orbitando a unos 20.000 kilómetros de distancia de nuestro planeta, es capaz de dar una visión completa de una de las caras del globo terráqueo.

El territorio venezolano aparece diferenciado en apenas tres unidades de relieve homogéneas (cordillera de la Costa, Los Andes y El Escudo Guayanés) y los Llanos intercalados entre ambas, a una escala del orden de 1:40.000.000, en este caso estaríamos hablando de un nivel de levantamiento

**Cuadro 1** Relación en las escalas de las fotografías y el nivel de detalle

Escala del sensor	Niveles de levantamiento
Mayor a 1:100.000	Exploratorio
1:100.000 a 1:25.000	Reconocimiento
1:25.000 a 1:10.000	Semi-detallado
Menor a 1:10.000	Detallado

Fuente: Vargas, 1992 e IGAC, 2005 (modificado)



**Figura 1** Diferentes niveles de percepción de un valle y de sus elementos componentes. Fuente: extraído de Zinck, 1980

de tipo exploratorio, mientras que el nivel 2 (región natural), equivaldría a niveles de levantamiento tipo reconocimiento, usando imágenes satelitales o fotografías aéreas a escalas entre 1:100.000 a 1:25.000, mientras que para un tercer nivel de levantamiento semi-detallado, se estaría trabajando con imágenes a escala entre 1:25.000 a 1:10.000; ya los niveles 4 y 5, se corresponderían con levantamientos a escalas menores de 1:10.000, que ameritan fotografías e imágenes satelitales de alta resolución espacial, para poder apreciar los pequeños detalles de las formas del terreno.

### 3. La escala

La representación gráfica de una superficie dada, generalmente de gran extensión, se hace sobre una hoja de tamaño limitado mucho menor que la superficie en estudio, siendo indispensable hacer una reducción del tamaño real de la superficie a representar, ya que no es factible elaborar cartas o mapas con las dimensiones reales de un área y mucho menos hacer una representación del total de la superficie terrestre. Por consiguiente, surge la necesidad del uso y dominio de las escalas, tanto para la elaboración de un mapa como para su manejo (Casanova, 2008).

Errázuriz y González (1992) definen la escala como la relación matemática entre la dimensión de un elemento de la realidad (o terreno) y su representación en la carta (o papel), por lo que puede ser considerada como el número de veces que la realidad ha sido reducida.

Se expresa por medio de una relación fraccionaria que consta de dos términos denominados: unidad (1) y denominador de

la escala (d). En este sentido, debe entenderse como una fracción  $1/d$ , o como una razón 1:d.

En función de la relación indicada por la escala se emplea la siguiente relación matemática:

$$\frac{1}{D} = \frac{P}{T}$$

En la que:

P = Dimensión en el papel

T = Dimensión en el terreno

D = Denominador de la escala

A partir de la ecuación general, surgen las siguientes fórmulas según lo que se desee calcular:

$$D = \frac{T}{P} \quad P = \frac{T}{D} \quad T = P \times D$$

Dependiendo del grado de reducción se puede hablar de escalas grandes, medianas y pequeñas, lo cual está asociado con el mayor o menor nivel de detalle con el que se pueden observar los diferentes elementos contenidos en un mapa. Existe cierta divergencia en cuanto al establecimiento de los rangos para generar la clasificación de las escalas; sin embargo en el **cuadro 2**, se puede observar una clasificación de las mismas.

Es importante resaltar que para establecer la escala se deben tener claros los objetivos del levantamiento o proyecto, ya que éstos definen el nivel de detalle del trabajo, además de permitir seleccionar el tipo de imagen apropiada, según sus parámetros de resolución para obtener la información requerida.

**Cuadro 2** Clasificación de las escalas

Tipo	Rango	Tipo de Levantamiento
<b>Escalas pequeñas</b>	Mayores a 1:100.000	Se emplean para realizar representaciones de grandes extensiones (regiones, países) con fines de reconocimiento. Las imágenes apropiadas para este nivel son principalmente registradas por sensores a bordo de satélites como: <i>Landsat</i> , <i>Modis</i> , <i>Terra</i> , entre otros.
<b>Escalas medianas</b>	1:100.000 a 1:10.000	Para levantamientos semi-detallados, se recomienda la utilización de fotografías aéreas o imágenes satelitales de mayor resolución espacial como <i>Spot</i> , <i>Miranda</i> , <i>Sentinel</i> , <i>Aster</i> e imágenes de radar.
<b>Escalas grandes</b>	Menores a 1:10.000	Para levantamientos a nivel de detalle, las fotografías aéreas se convierten casi que exclusivamente en la fuente de información; en algunos casos es posible emplear imágenes de sensores, tales como: <i>QuickBird</i> , <i>Ikonos</i> , <i>Pléiades</i> , <i>WorldView</i> dada la elevada resolución espacial que ofrecen.

Fuente: IGAC, 2005 (modificado)

#### 4. Importancia de la resolución y escala de trabajo según el nivel de levantamiento

El término resolución espacial se refiere al objeto más pequeño que puede ser registrado por un sensor y posteriormente detectado en una imagen por el intérprete. En una imagen de satélite, la resolución espacial depende del diseño y el tipo de sensor (**Cuadro 3**). Este valor de resolución determina el mínimo tamaño o extensión

que es posible registrar en una imagen. Objetos o coberturas que ocupen áreas menores a las indicadas para un píxel no son registradas. En este sentido, es importante resaltar que una de las principales consideraciones que se debe tener presente al momento de abordar proyectos de investigación empleando estos medios de obtención de información, es determinar la escala de levantamiento, siendo este el factor que condiciona la unidad mínima cartografiable que va a ser representada en el mapa o producto final.

**Cuadro 3** Resoluciones y áreas mínimas registradas en algunos sensores

Sistema	Resolución	Ha / Pixel	Lado mts
<b>LandsatMss</b>	56 x 74	0,44	264
<b>Landsat TM</b>	30 x 30	0,09	118
<b>Spot Mult.</b>	20 x 20	0,04	77
<b>Spot Pan</b>	10 x 10	0,01	45
<b>Miranda PMC</b>	2,5 x 2,5	0,0006	2,45
<b>IKONOS</b>	1 x 1	0,0001	1

Fuente: Elaboración propia

Existe también una relación entre la escala de la fotografía y la escala cartográfica, que resulta del proceso de interpretación. En efecto, cada nivel de detalle implica la elaboración de mapas a escalas adecuadas. El tamaño mínimo de la unidad cartográfica en un mapa es de aproximadamente  $\frac{1}{4}$  de  $\text{cm}^2$  ( $0,25 \text{ cm}^2$ ); otros especialistas recomiendan que la unidad mínima no sea inferior o igual a los  $4 \text{ mm}^2$ . Sin embargo, en muchos estudios de clasificación de imágenes con

finés de levantamientos de cobertura de la tierra, se ha definido como unidad mínima los  $25 \text{ mm}^2$ , valor resultante entre el detalle de la clasificación de las clases y el costo que requiere dicho proceso y su validación (Bunner *et al.*, 2004, citado por Lencinas y Siebert, 2009). En el **cuadro 4** se muestra una relación entre el tamaño mínimo de la unidad cartografiable, la escala resultante y el número de hectáreas correspondiente al terreno.

**Cuadro 4** Tamaño mínimo de la Unidad Cartográfica

Escala. Mapa	$\text{cm}^2/\text{km}$	Has	Lado, mtrs.
<b>1:200.000</b>	$\frac{1}{4} \times (2)^2$	100	1.000
<b>1:100.000</b>	$\frac{1}{4} \times (1)^2$	25	500
<b>1:50.000</b>	$\frac{1}{4} \times (0.5)^2$	6.25	250
<b>1:25.000</b>	$\frac{1}{4} \times (0.25)^2$	1.56	125
<b>1:10.000</b>	$\frac{1}{4} \times (0.10)^2$	0.25	50
<b>1:5.000</b>	$\frac{1}{4} \times (0.05)^2$	0.06	25
<b>1:2.500</b>	$\frac{1}{4} \times (0.025)^2$	0.015	12

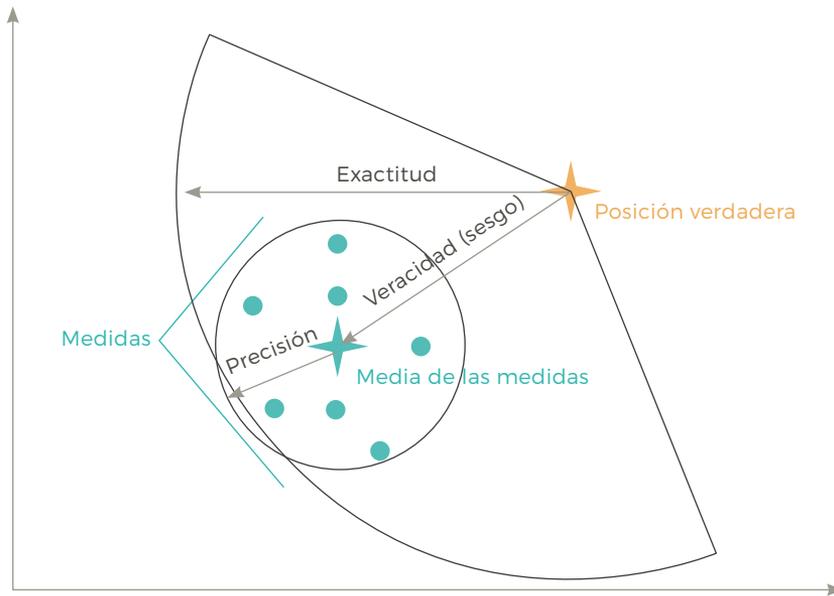
Fuente: Vargas, 1992 e IGAC, 2005 (modificado)

## 5. Exactitud y precisión en los niveles de levantamiento

Los términos exactitud y precisión se utilizan constantemente en cartografía y, sin embargo, es difícil entender su significado correcto. La exactitud se refiere al grado de perfección que se obtiene en las mediciones. Representa qué tan cerca se encuentra una medición determinada del valor verdadero de la magnitud. Cuando se habla de precisión planimétrica se hace mención al nivel de coincidencia X/Y o Longitud y Latitud; y a la exactitud altitudinal de la coordenada Z; y a la exactitud posicional de las tres

coordenadas conjuntamente, por lo tanto, engloba a la veracidad y a la precisión; la veracidad es el error medido o sesgo de las medidas. La precisión es el grado de coincidencia entre varias medidas repetidas, es decir, está basado en las diferencias internas de las medidas y no en el error o diferencia con el valor real (**Figura 2**), (Mancebo *et al.*, 2008).

La precisión, o precisión aparente, es el grado de refinamiento con el que se mide una determinada cantidad. En otras palabras, es la cercanía de una medición a otra si se mide una cantidad varias veces y los valores que se obtienen son muy cercanos



**Figura 2** Ejemplo de exactitud planimétrica. Fuente: Extraído de Mancebo *et al.*, 2008

entre sí, se dice que la precisión es alta (McCormac, 2013). Por ejemplo, la precisión indica el nivel de detalle con que se ha recogido una información. Una capa en la que las posiciones se han medido con 5 valores decimales es más precisa que una en la que han medido con un único decimal (Olaya, 2012).

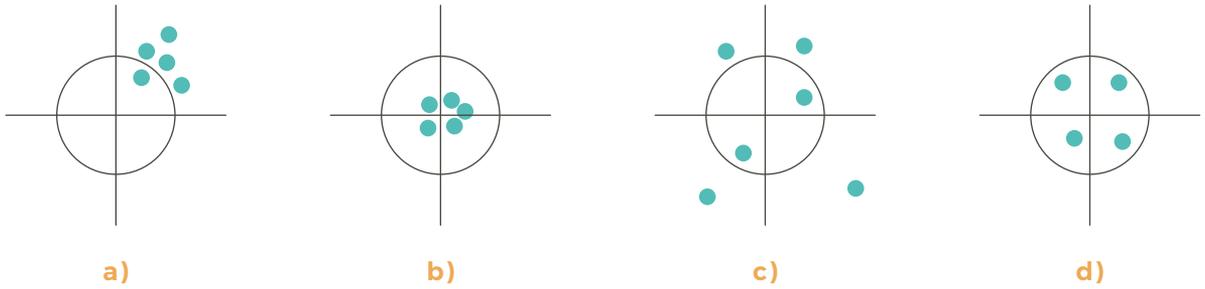
Dependiendo del uso que se pretenda dar a una capa de datos geográficos, se requerirá una u otra precisión. En un trabajo netamente geodésico, por ejemplo: una triangulación geodésica necesitará medir la localización de un punto con precisión milimétrica, mientras que para un muestreo, en un inventario forestal, es suficiente con localizar las parcelas correspondientes con una precisión mucho menor.

Por su parte, la exactitud nos indica el grado en que los valores estimados se asemejan al valor real.

La exactitud se calcula con el error sistemático, mientras que la precisión se calcula a partir del error aleatorio. Existe una relación directa entre precisión y exactitud, y en muchas ocasiones se emplean ambos términos indistintamente. Si no existen errores sistemáticos (no existe un sesgo), la precisión y la exactitud son iguales.

Es posible, no obstante, que un dato sea muy preciso pero poco exacto, ya que las magnitudes de los distintos tipos de errores pueden ser muy distintas. Este hecho puede verse claramente en la **figura 3**.

Entonces, cuando se habla de precisiones planimétricas, para algunos sensores remotos, se debe considerar el nivel de levantamiento de la información y de la escala de representación de dicha información; por ejemplo, si se desea realizar un levantamiento urbanístico a escala 1:3.000, con un



**Figura 3** Diferencia entre precisión y exactitud. En **a)** y **b)** la precisión es elevada, mientras que en **c)** y **d)** es baja. Por su parte, en **a)** y **c)** la exactitud es baja, siendo alta en **b)** y **d)**. Fuente: Extraído de Olaya, 2012

sensor de alta resolución espacial (*Ikonos*, 1 m), es necesario tener una precisión planimétrica de 1,5 m; lo contrario sucede si se está realizando un levantamiento cartográfico para un mapa de cobertura de la tierra a nivel de levantamiento exploratorio, a escala 1:100.000 con un sensor tipo *Landsat* (30 m, de resolución espacial), la precisión del levantamiento no es detallada, sino más bien con una precisión planimétrica de 50 m es suficiente. Ahora, si se quiere levantar información espacial a nivel catastral en que se necesite mayor precisión planimétrica, se debe utilizar un sensor que ofrezca una alta resolución espacial, por ejemplo imágenes del sensor *WorldView*, *Pléiades* o *Quickbird*, o con resoluciones inferiores a 1 metro, para obtener escalas de levantamientos inferiores a 1:5.000 (**Cuadro 5**).

Con el empleo de imágenes provenientes de sensores remotos y gracias a las diversas características orbitales, a los diferentes campos de visión y de resolución espacial que éstos ofrecen, es posible realizar observación multiescalar de numerosos hechos y

fenómenos geográficos, ya sea llevar a cabo un estudio acerca de la distribución espacial de los ecosistemas terrestres a escala global, o realizar el levantamiento de la morfología urbana a escalas locales en el que sería imprescindible emplear sensores remotos que aporten un alto nivel de detalle.

El método de muestreo en campo y la coherencia geométrica en las diferentes coberturas, también son factores determinantes de la calidad de las coberturas temáticas, y usualmente no son consideradas en el momento de la cuantificación de la precisión (Foody, 2002, citado por Lencinas y Siebert, 2009).

No obstante, para llevar a cabo estudios apoyados en la tecnología de sensores remotos, es necesario el establecimiento de los objetivos del levantamiento y la identificación clara de los datos geoespaciales necesarios para definir la escala y niveles de detalle, como punto de partida en la selección del producto del sensor remoto más apropiado que garantice entre otras cosas la precisión y calidad del producto cartográfico final.

**Cuadro 5** Tipos de sensores remotos y escalas cartográficas, según la resolución espacial. Precisiones planimétricas y unidades mínimas cartografiables

Datos Satelitales	Resolución Espacial	Escala Cartográfica Máxima	Precisión Planimétrica 0,5 mm (90 %)	Unidad Mínima Cartografiable Areal (0,25 cm <sup>2</sup> )	Unidad Mínima Cartografiable Lineal (1 mm)
<b>World View3</b>	0,3 m 1,24 m	1:1.000 1:3.000	0,5 m 1,5 m	0,002 ha 0,02 ha	1 m 3 m
<b>Pléiades</b>	0,5 m 2,0 m	1:1.500 1:5.000	0,75 m 2,5 m	0,005 ha 0,06 ha	1,5 m 5 m
<b>QuickBird</b>	0,6 m 2,4 m	1:1.500 1:5.000	0,75 m 2,5 m	0,005 ha 0,06 ha	1,5m 5m
<b>Ikonos</b>	1,0 m 4,0 m	1:3.000 1:8.000	1,5 m 4,0 m	0,02 ha 0,16 ha	3 m 8 m
<b>Miranda</b>	2,5 m 10 m	1:5.000 1:15.000	2,5 m 7,5 m	0,06 ha 0,5 ha	5 m 15 m
<b>Spot V</b>	2,5 m 5,0 m 10 m	1:5.000 1:10.000 1:15.000	2,5 m 5,0 m 7,5 m	0,06 ha 0,25 ha 0,5 ha	5 m 10 m 15 m
<b>Spot VI - VII</b>	1,5 m 6 m	1:3.500 1:12.000	1,75 m 6,0 m	0,03 ha 0,3 ha	3,5 m 12 m
<b>ASTER</b>	15 m 30 m	1: 30.000 1:50.000	15,0 m 25,0 m	2,25 ha 6,25 ha	30 m 50 m
<b>Sentinel-2</b>	10 m 20m 60m	1:15.000 1:25.000 1:100.000	7,5 m 25 m 100 m	0,5 ha 1,5 ha 25 ha	15 m 25 m 100 m
<b>Landsat 8</b>	15 m 30 m	1:30.000 1:50.000	15,0 m 25 m	2,25 ha 6,25 ha	30 m 50 m

Fuente: Lencinas y Siebert, 2009 (modificado)

## 6. Conclusiones

Esta investigación permitirá a los futuros profesionales que se dediquen al levantamiento de información geo-espacial (bien sea de tipo físico-biótica o socioeconómica), seleccionar con mayor acierto el nivel de levantamiento y el tipo de sensor a utilizar a la hora de realizar un mapa temático.

La disponibilidad de utilizar un sensor u otro va a depender de los recursos y el equipamiento con el que cuente el usuario o la institución, dada la gran variedad de sensores en el mercado tanto de dominio público (*Sentinel*, *Aster*, *Landsat* y *Miranda*), como comerciales, (*Ikonos*, *QuickBird*, *Spot*, *Pléiades*, *WorldView*, entre otros). El

uso de cualquiera de estos sensores estará en función del requerimiento del proyecto de investigación, además del ámbito geográfico a levantar.

Cuando se habla de precisiones planimétricas, las mismas van a depender del nivel de levantamiento y la escala de representación de la información, por lo tanto, a mayor nivel de detalle la precisión planimétrica debe ser mayor; esto a su vez se relaciona de manera estrecha con el instrumento de medición, ya sean teodolitos, estaciones totales o sistemas de posicionamiento global (GPS), de una o doble frecuencia que ofrecen un mayor nivel de precisión, y por ende mejor calidad del producto cartográfico final.

## 7. Referencias citadas

- BUZAI, G. 2001. "Paradigma geotecnológico, geografía global y cibergeografía, la gran explosión de un universo digital en expansión". *GeoFocus*, 1: 24-48.
- CASANOVA, L. 2008. *Topografía plana*. Publicaciones Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- ERRÁZURIZ, A. y J. GONZÁLEZ. 1992. *Proyecciones cartográficas. Manejo y uso*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 2005. *Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica (CIAF). Bogotá, Colombia.
- LENCINAS, J. D. y A. SIEBERT. 2009. "Relevamiento de Bosques con Información Satelital: Resolución Espacial y Escala". *Revista de Ciencias Forestales-Quebracho*, 17(1,2): 101-105.
- MACCORMAC, J. 2013. *Topografía*. University Clemson. Editorial Limusa, S.A. México.
- MANCEBO, S.; ORTEGA, E.; VALENTÍN, A.; MARTÍN, B. y L. FERNÁNDEZ. 2008. *Libro SIG: Aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental*. Madrid, España.
- OLAYA, V. 2012. *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid, España.
- QUATROCHI, D. & M. GOODCHILD. 1997. *Scale in Remote Sensing and GIS*. CRC Press Inc. Estados Unidos.
- TOUDERT, D. y G. BUZAI. 2004. *Cibergeografía. Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en las nuevas visiones espaciales*. Universidad Autónoma de Baja California. México.
- VARGAS, E. 1992. *Análisis y clasificación del uso y cobertura de la tierra con interpretación de imágenes*. Bogotá, Colombia.
- ZINCK, A. 1980. *Valles de Venezuela*. Cuadernos LAGOVEN. Petróleos de Venezuela, S.A. Caracas, Venezuela.