



RESUMEN

El presente documento trata sobre el tema relacionado con la teledetección, es un documento informativo, de todos los conceptos relacionados con teledetección, además contiene información de los diferentes satélites que se puede encontrar en el mercado especificando las características de cada uno de ellos, se indica las técnicas empleadas para el procesamiento digital de imágenes y los software empleados. Se realiza una breve descripción de lo que es el SIG y se muestran mapas digitales elaborados mediante el software ARCGIS.

PALABRAS CLAVES:

Teledetección, Resolución, Sensores, Imágenes, Satélites, Mapas, ARCGIS



LA TELEDETECCION ENFOCADA A LA OBTENCION DE MAPAS DIGITALES

Contenido

INTRODUCCION 6

ANTECEDENTES 8

OBJETIVOS GENERALES 9

OBJETIVOS ESPECIFICOS 9

DEFINICION DE IMAGEN SATELITAL..... 10

TELEDETECCION 10

REFLECTANCIA 12

LONGITUD DE ONDA 12

RESOLUCION DE IMÁGENES..... 14

 Resolución Espacial..... 14

 Resolución Espectral 14

 Resolución Radiométrica 15

 Resolución Temporal 16

SENSORES 16

 Sensores Pasivos 16

 Sensores Activos 16

TIPOS DE IMÁGENES SATELITALES 18

 IMÁGENES PANCROMATICAS..... 18

 IMÁGENES MULTIESPECTRALES 18

 IMÁGENES HIPERESPECTRALES 19

TIPOS DE SATELITES 20

 LANDSAT 20

 ASTER..... 22

 ALOS 23

 RAPIDEYE 26

 QUICKBIRD 27

 WORLDVIEW - 1 29

 WORLDVIEW - 2 30

 GEOEYE 31



IKONOS	33
EROS.....	33
PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES	35
Definición	35
Imagen Digital	35
Pre procesamiento	37
Correcciones Radiométricas	37
Correcciones Geométricas.....	38
Realce de la imagen	39
Mejora de contraste	39
Filtros Espaciales.....	40
Transformaciones	41
Clasificación y Análisis.....	41
Clasificación no Supervisada.....	41
Clasificación Supervisada.....	41
SOFTWARES UTILIZADOS PARA EL ANALICIS DE IMÁGENES	
SATELITALES.....	42
CAMPOS DE APLICACIÓN	44
Elaboración de mapas digitales (Cartografía)	44
Mapas digitales Elaborados	48
CONCLUSIONES.....	59
BIBLIOGRAFIA	60



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, PABLO MARCELO SANCHEZ JARA, autor de la tesis "LA TELEDETECCION ENFOCADA A LA OBTENCION DE MAPAS DIGITALES", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de INGENIERO CIVIL. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 24 de Octubre de 2012

Pablo Sánchez Jara

0104634704

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, PABLO MARCELO SANCHEZ JARA, autor de la tesis "LA TELEDETECCION ENFOCADA A LA OBTENCION DE MAPAS DIGITALES", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 24 de Octubre de 2012

Pablo Sánchez Jara.
0104634704

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

“LA TELEDETECCIÓN ENFOCADA A LA OBTENCIÓN DE MAPAS DIGITALES”

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DE TITULO DE INGENIERO CIVIL

***AUTOR:* PABLO SÁNCHEZ JARA**

***DIRECTOR:* ING. ANGEL ESPINOZA**

CUENCA – ECUADOR

2012



INTRODUCCION

Antiguamente la cartografía o mapas eran elaborados en base a levantamientos topográficos, lo que demandaba mayor tiempo dependiendo del área a evaluar y de la accesibilidad que tenga la misma.

Hoy en día gracias a la teledetección que es una técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre o marina y la atmósfera desde sensores instalados en plataformas espaciales, la elaboración de cartografía se vuelve sencilla y practica con la ventaja que se realiza en un tiempo menor.

Pero la teledetección no solo se limita a la elaboración de cartografía o mapas, puede ser aplicada en diferentes campos como la meteorología para predecir desastres naturales de origen climático, en la agricultura para discriminar los tipos de vegetación, en planificación territorial para evaluar el uso del suelo, en recursos hídricos para monitorear la calidad, cantidad y distribución del agua, etc.

Esta monografía brindara la información necesaria sobre el tema la teledetección, se elaboraran mapas digitales como una aplicación concreta de este tema. Los mapas que se obtendrán son de una provincia específica del Ecuador, pudiendo ser mapas de: división política, densidad poblacional, mapa de carreteras, mapa de ríos, mapa de elevaciones, etc.



ANTECEDENTES

Las primeras experiencias de teledetección se remontan a 1859, cuando Gaspar Félix de Tournachon obtuvo las primeras fotografías aéreas desde un globo cautivo. James Wallace, al año siguiente, repitió la experiencia de Tournachon sobre la ciudad de Boston y puso en evidencia el interés de la nueva perspectiva aérea para un conocimiento más detallado de la organización urbana.

En los años siguientes, se produjeron importantes avances en la observación fotográfica desde avión, gracias a los procesos realizados en ópticas. En 1909, Wilbur Wright adquirió la primera fotografía aérea, abriendo camino a una larga historia de observación desde plataformas remotas. La primera cámara aérea propiamente dicha se desarrolló durante la primera Guerra Mundial en 1915. Posteriormente se desarrollaron técnicas de adquisición y procesamiento fotográfico.

Para el segundo conflicto bélico, se desarrollaron mejoras a la óptica de las cámaras de reconocimiento, así como las emulsiones utilizadas (nacen las primeras películas en infrarrojo, desarrolladas por Kodak Research Laboratories). De igual manera, se introdujeron nuevos sensores, como el radar, y se mejoraron los sistemas de comunicación.

La aplicación de estas innovaciones se desarrolló posteriormente para usos civiles, desarrollándose las primeras aplicaciones de esta exploración aérea para el control y conocimiento de los recursos naturales.

A finales de la década del 50, el desarrollo de los sistemas de navegación permitió concebir los primeros ingenios espaciales. La denominada “guerra fría”, dirigió hacia el espacio uno de sus objetivos preferentes: el satélite soviético Sputnik en 1957. A partir de este avance, le siguen una larga serie de misiones civiles y militares, que han permitido no sólo la exploración del Planeta, sino también de la Luna y los planetas vecinos.

En 1960, la NASA lanza el primer satélite de la serie TIROS, pionero de múltiples misiones de observación meteorológica. Este avance ha permitido un



control y un conocimiento más ajustado de las condiciones atmosféricas, evitando o al menos disminuyendo, graves catástrofes naturales.

Todas estas experiencias, junto al bagaje aportado por los satélites meteorológicos, hicieron concebir a la NASA proyectos dedicados exclusivamente a la cartografía y evaluación de los recursos naturales. El 23 de Julio de 1972 supuso la culminación de esta tendencia con el lanzamiento del primer satélite de la serie ERTS (Earth Resource Technology Satellite). Este proyecto, bautizado Landsat con la puesta en órbita del segundo satélite en 1975, ha resultado el más fructífero hasta el momento para aplicaciones civiles de la teledetección¹.

OBJETIVOS GENERALES

- Conocer sobre el procedimiento para obtener como resultado una imagen satelital.
- Indicar acerca de los diferentes tipos de sensores y satélites que se utilizan actualmente.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Crear una fuente de información en lo que respecta al tema relacionado con la teledetección.
- Mostrar el resultado final que se obtiene después de realizar un proceso de teledetección.
- Estar en capacidad de diferenciar todos los tipos de imágenes que se generan al realizar un estudio de teledetección.
- Elaborar mapas digitales en base a información dada.

¹ Tomado de Mejora de los sistemas de cartografía del territorio colombiano, Capitulo 3, Departamento de la Guajira Rioacha.

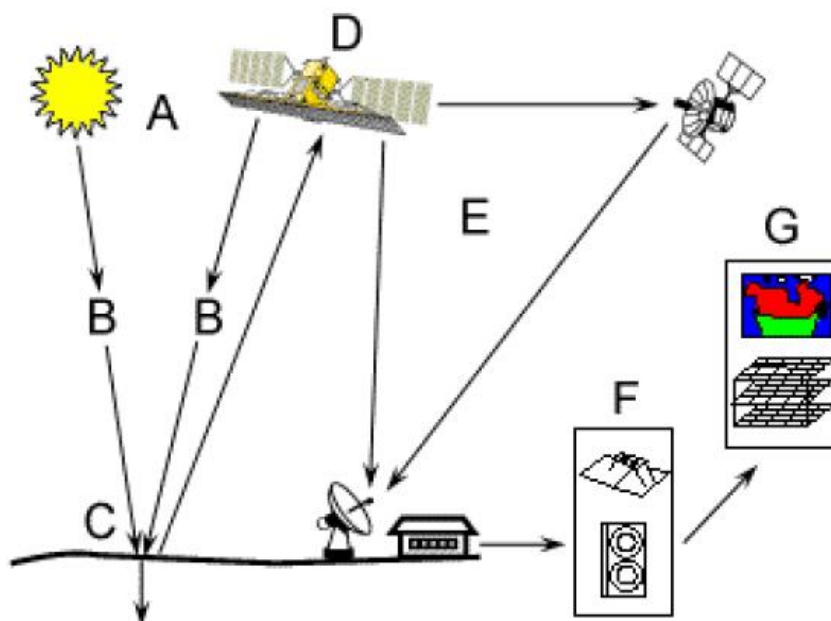
DEFINICION DE IMAGEN SATELITAL

Una imagen satelital es el resultado que se obtiene del capturar la radiación emitida o reflejada por la superficie de la tierra mediante un sensor colocado a bordo de un satélite artificial. Existen diferentes tipos de imágenes satelitales las cuales poseen varias características como colores, resolución, elevación, etc. En si la calidad de la fotografía tomada depende del instrumento utilizado y de la altitud. La desventaja de las imágenes satelitales es que cuando la imagen a cubrir es extensa el procesamiento es bastante largo, además la imagen depende notablemente de la calidad de sensor que se esté utilizando, la imagen siempre se ve influenciada por las condiciones meteorológicas al momento de realizar la toma.

TELEDETECCION

Es la recopilación de información de la superficie terrestre sin entrar en contacto con ella, actualmente se realiza mediante sensores a bordo de satélites aerotransportados, dichos sensores miden la cantidad de radiación electromagnética que refleja la superficie de la tierra y los objetos que hay en ella.

En el proceso de teledetección interactúa la radiación incidente y los objetos de interés, en la siguiente figura se muestra el proceso de teledetección²:



² Tomado del www.marbelo.webs.ull.es/rs1.pdf



- A. Fuente de energía o iluminación.** El primer requerimiento en teledetección es disponer de una fuente de energía que ilumine o provea de energía electromagnética al objeto de interés.
- B. Radiación y la atmosfera.** Ya que la energía “viaja” desde la fuente al objeto, entrara en contacto e interaccionara con la atmosfera. Esta interacción tiene lugar una segunda vez cuando la energía “viaja” desde el objeto al sensor.
- C. Interacción con el objeto.** La energía interactúa con el objeto dependiendo de las propiedades de este y de la radiación incidente.
- D. Detección de energía por el sensor.** Se utiliza un sensor remoto que recoja y grabe la radiación electromagnética reflejada o emitida por el objeto y la atmosfera.
- E. Transmisión, Recepción y Procesamiento.** La energía grabada por el sensor debe ser transmitida, normalmente en forma electrónica, a una estación de recepción y procesamiento donde los datos son convertidos en imágenes digitales.
- F. Interpretación y análisis.** La imagen procesada se interpreta, visualmente y/o digitalmente, para extraer información del objeto que emitió radiación.
- G. Aplicación.** El paso final en el proceso de teledetección se alcanza en el momento en que aplicamos la información extraída de las imágenes del objeto para un mejor conocimiento del mismo, revelando nueva información o ayudando a resolver un problema en particular.

Existen dos tipos de teledetección principalmente, la teledetección pasiva y la teledetección activa. La teledetección pasiva se refiere cuando el sensor capta la radiación emitida por el objeto o la radiación reflejada por el objeto debido al sol. En cambio la teledetección activa se refiere cuando el sensor emite radiación y es reflejada por el objeto; en todos los casos existe una interacción de flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor.

Cada elemento de la superficie terrestre ofrece una forma particular de emitir o reflejar la radiación electromagnética dependiendo de sus propiedades físico – químicas.

Hoy en día el término teledetección no solo trata de los procesos para la obtención de la imagen, sino del posterior tratamiento para una aplicación específica.

En la actualidad existen varios satélites dedicados a captar imágenes de tipo específico, una diversidad de imágenes es beneficiosa para el usuario ya que aumenta la probabilidad de obtener información concreta para su proyecto, pero al mismo tiempo complica la elección del tipo de imagen.

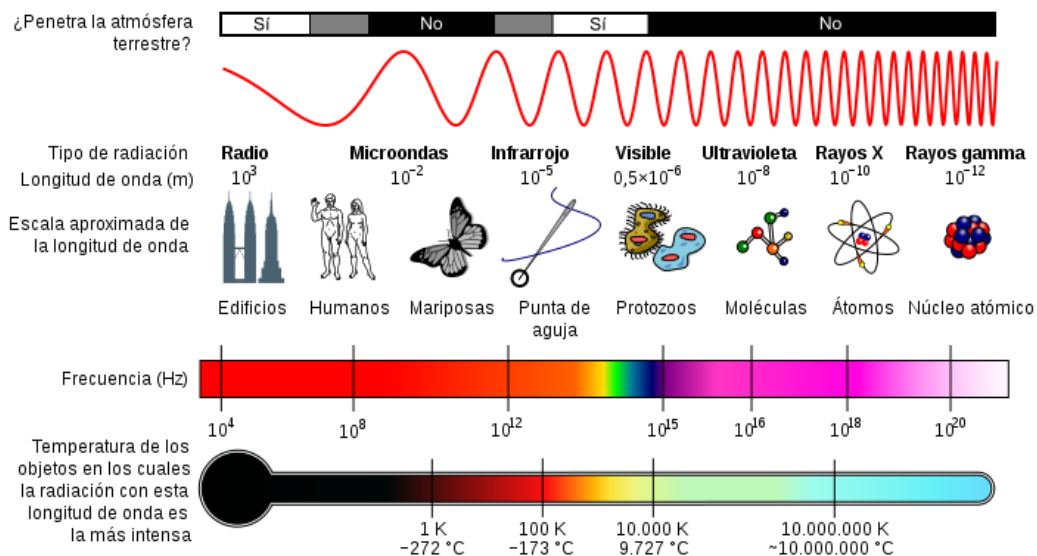
REFLECTANCIA

La Reflectancia es la cantidad de energía que puede ser reflejada por un objeto luego de que dicha energía incide sobre él, el resto de energía incidente puede ser transmitida o absorbida por dicho objeto.

LONGITUD DE ONDA

La radiación electromagnética es una forma de energía que se propaga a través de la atmosfera mediante ondas con una velocidad similar a la de la luz transportando cantidades pequeñas de energía, dichas ondas se caracterizan por tener longitudes diferentes. Todo objeto con temperatura mayor al cero absoluto irradia energía, a estos tipos de radiación con diferentes longitudes de onda se conoce como espectro electromagnético.

El espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda como los rayos gamma o los rayos x, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda como son las ondas de radio.³

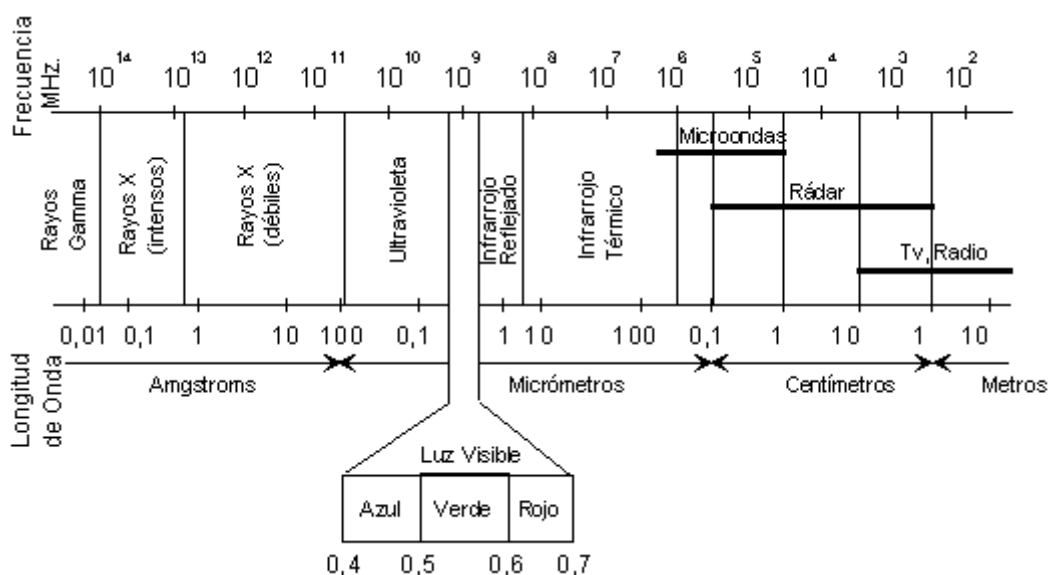


Solo un restringido rango de estas bandas pueden usarse en teledetección, esto se debe al efecto absorbente que tiene la atmosfera que filtra cierto tipo de radiaciones. Entonces únicamente en lugares en donde la transmisividad de la atmosfera sea alta se puede abordarse procesos de teledetección. Las regiones del espectro electromagnético con alta transmisividad atmosférica

³ Tomado de www.wikipedia.com

reciben el nombre de “ventanas atmosféricas” pueden resumirse en las siguientes:⁴

- **Espectro visible:** ocupa la banda entre 0,4 y 0,7 micrones y su denominación se debe a que es la única radiación que puede captar el ojo humano. Dentro del visible podemos distinguir tres bandas espectrales correspondientes a los tres colores básicos: azul (0,4 a 0,5 micrones), verde (0,5 a 0,6 micrones) y rojo (0,6 a 0,7 micrones).
- **Infrarrojo próximo:** se extiende desde 0,7 a 1,3 micrones. En teledetección se utiliza para la observación del estado de la vegetación y de concentraciones de humedad.
- **Infrarrojo medio:** Se desarrolla entre 1,3 y 8 micrones. En esta región se entremezclan los procesos de reflexión de luz solar y de emisión de la superficie terrestre, por lo que hay muchas dificultades.
- **Infrarrojo lejano o térmico:** entre 8 y 14 micrones. Puede detectar procesos de transferencia de calor, ya que en esta banda se sitúa la máxima emitancia para las temperaturas habituales de la superficie terrestre. En consecuencia en esta banda se observa la energía que emiten los objetos, y no la que reflejan de la luz solar, por lo que es posible utilizar esta banda en observaciones nocturnas.
- **Microondas:** comprende las longitudes de onda mayores de 1mm. El interés de esta banda es que resulta prácticamente transparente a la cubierta nubosa, lo que la hace idónea para el estudio donde las nubes se dan de manera casi permanente.



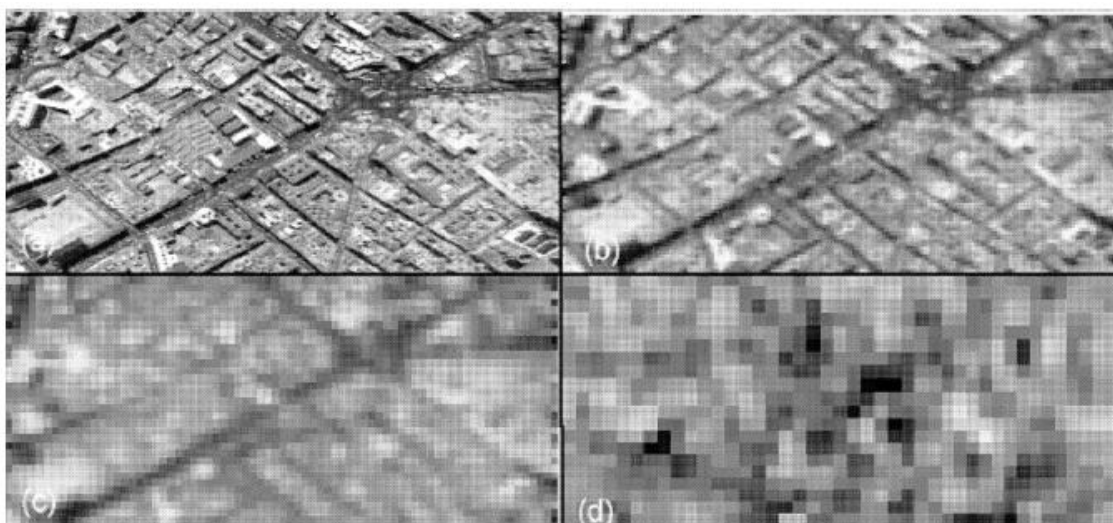
⁴ Tomado de Teledetección-Imágenes satelitales-Procesamiento digital de imágenes, Departamento de geociencias, Facultad de Ingeniería- UNNE

RESOLUCION DE IMÁGENES

El número de píxeles que posee un sensor de satélite define la resolución del mismo, es decir la capacidad de apreciar detalles de un determinado tamaño en una imagen captada por dicho sensor. El inconveniente que se genera es que a mayor número de píxeles o mayor resolución, también crece el archivo informático generado. Una imagen satelital se caracteriza por las siguientes resoluciones:

Resolución Espacial

La resolución espacial hace referencia al objeto más pequeño que se puede distinguir en la imagen. Está constituida por el tamaño del píxel que se puede observar en la imagen medida en metros sobre el terreno, esto depende de la altura del sensor con respecto a la tierra, el ángulo de visión, la velocidad de escaneado y en si las características ópticas del sensor.



Diferentes resoluciones espaciales: a) 1 metro, b) 5 metros, c) 10 metros, d) 30 metros

Fuente: Chuvieco, E. Teledetección Ambiental.

Resolución Espectral

La resolución espectral consiste en el número de canales espectrales y su ancho de banda que es capaz de captar un sensor, esto es debido a que existen varias longitudes de onda con las que se puede medir la energía reflejada por los objetos.

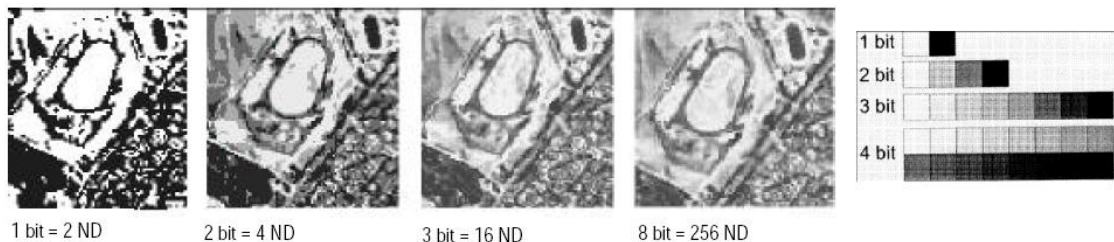


Derecha: Imagen con una sola banda. Centro: Combinación de tres bandas: 3,2,1. Nótese como se logra diferenciar la turbulencia del agua y las vías o infraestructura. Izquierda: Combinación de tres bandas: 4,5,3. Nótese como se logra discriminar los diferentes tipos de vegetación y los límites entre agua y tierra.

Fuente: 3rd IUCN World Conservation Congress

Resolución Radiométrica

La resolución radiométrica se refiere a la sensibilidad que posee un sensor para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe. Cuanto mayor sea la precisión radiométrica mejor será la interpretación. El nivel de grises de una imagen está definido por la siguiente ecuación: $2^n = \text{Número de niveles de Grises}$, siendo n el número de bits en una imagen. Los sensores utilizados normalmente ofrecen una resolución radiométrica desde 1 bits hasta 8 bits, es decir, valores que pueden variar entre 2-255 niveles digitales.



1 bit = 2 ND

2 bit = 4 ND

3 bit = 16 ND

8 bit = 256 ND

Comparación en los niveles de grises o niveles digitales (ND) de una imagen. A mayor resolución radiométrica, mayor diferenciación en las características de las cubiertas presentes en la imagen.

Fuente: UNESCO RAPCA, Sistemas de Teledetección

Resolución Temporal

Se refiere a la frecuencia con la que pasa un satélite por un determinado punto de la superficie terrestre.



Resolución temporal de un día del huracán Andrew

Fuente: ESA

SENSORES

Los sensores de Teledetección son instrumentos que transforman la radiación electromagnética en información perceptible y analizable. Como ya se mencionó anteriormente existen sensores activos y pasivos, a continuación indicaremos las características de estos.

Sensores Pasivos

Detectan la radiación electromagnética emitida o reflejada de fuentes naturales, muchos sensores pasivos tienen sensibilidad multispectral, lo cual significa que recogen simultáneamente datos de diferentes bandas espectrales. Las mediciones sobre diferentes zonas del espectro electromagnético, aportan una amplia información sobre distintos aspectos del medio ambiente. Por ejemplo, la radiación ultravioleta se utiliza para monitorizar los niveles de ozono en las capas altas de la atmósfera. Las bandas visible e infrarrojas permiten determinar la salud de la cubierta vegetal (cultivos, bosques). Los captadores sensibles a la radiación infrarroja térmica sirven para determinar la temperatura del suelo, de las nubes, y de la superficie de los mares.

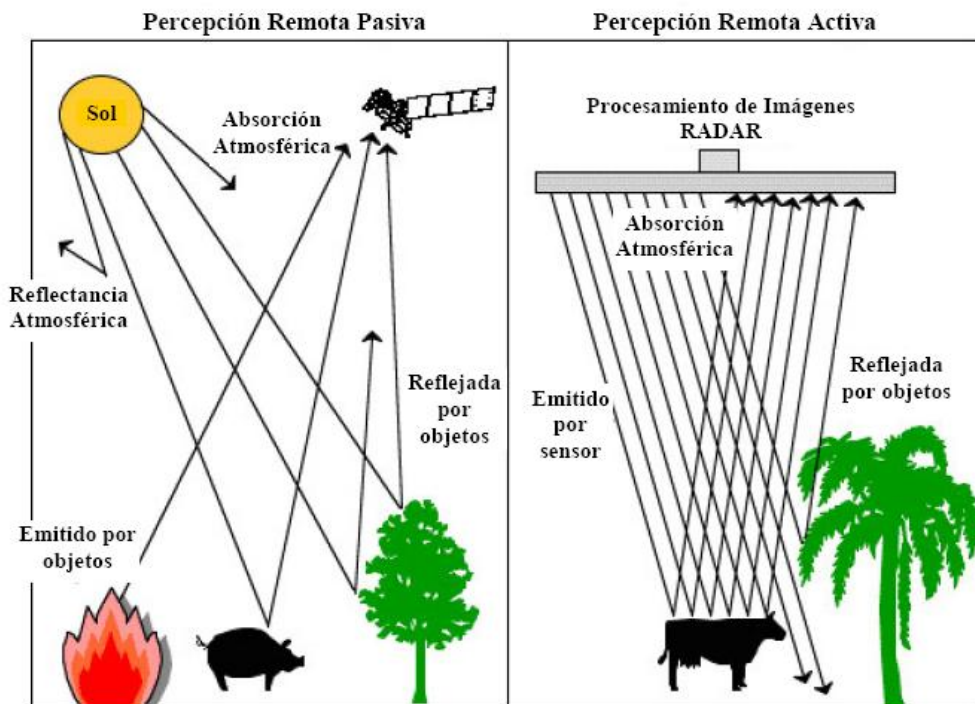
Sensores Activos

Poseen fuentes internas que generan artificialmente la radiación, entre los sensores activos, distinguimos el radar y el lidar. El radar trabaja en una banda del espectro comprendida entre 1 mm y 1 m. Se basa en el principio de que las microondas artificiales enviadas en una dirección determinada chocan con los objetos y son dispersadas.

La energía dispersada se recibe, se amplifica y se analiza para determinar la localización y las propiedades de los objetos. Puesto que puede medirse también el tiempo que tarda un pulso de radiación en ir y volver, puede conocerse la distancia recorrida y generar así modelos digitales de elevaciones. El radar es insustituible en zonas con cobertura nubosa persistente, debido a su capacidad para atravesar las capas nubosas.

El uso de longitudes de onda mayores, que no se encuentran en los espectros solar o terrestre, implica la necesidad de utilizar sensores activos, es decir aquellos que generan su propio flujo de radiación. Su mayor ventaja es que debido a su elevada longitud de onda (muy superior al tamaño de las gotas de agua en la atmósfera) no resulta absorbida por esta, además al ser un haz artificial puede manipularse la forma en que se emite para, así, obtener el máximo de información. Las señales de radar se usan, entre otras aplicaciones, para el seguimiento de la retracción de los casquetes polares, como indicador del calentamiento global.

El Lidar (Light Detection And Ranging) es un captador activo, análogo al radar pero con tecnología laser. Se utiliza para topografía de precisión desde aviones.



Sensores activos y pasivos

Fuente: Modulo sobre Teledetección (Universidad Tecnológica de Panamá)

TIPOS DE IMÁGENES SATELITALES

Las imágenes satelitales se dividen en tres tipos, a continuación indicaremos cada una de ellas

IMÁGENES PANCRÓMICAS

Las imágenes pancromáticas se captan mediante un sensor digital que mide la reflectancia de energía en una amplia parte del espectro electromagnético (tales porciones del espectro reciben el nombre de bandas como se explicó anteriormente). Para los sensores pancromáticos más modernos, esta única banda suele abarcar la parte visible y de infrarrojo cercano del espectro. Los datos pancromáticos se representan por medio de imágenes en blanco y negro. Con las imágenes pancromáticas se puede localizar, identificar y medir accidentes superficiales y objetos principalmente por su apariencia física, es decir por su forma, tamaño y orientación; además identifica elementos generados por la acción del hombre como edificios, carreteras, veredas, infraestructura urbana, vehículos, etc.

Mediante las imágenes pancromáticas se pueden actualizar la información física de mapas existentes, delimitar zonas entre tierra y agua, cuantificar el crecimiento de desarrollo urbano, generar modelos digitales de elevación de gran exactitud.



*Imagen pancromática de 0,5 mts. de resolución.
Fuente: Geosoluciones*

IMÁGENES MULTIESPECTRALES

Las imágenes multiespectrales se captan mediante un sensor digital que mide la reflectancia en muchas bandas. Por ejemplo, un conjunto de detectores puede medir energía roja reflejada dentro de la parte visible del espectro mientras que otro conjunto mide la energía del infrarrojo cercano. Es posible incluso que dos series de detectores midan la energía en dos partes diferentes

de la misma longitud de onda. Estos distintos valores de reflectancia se combinan para crear imágenes de color. Los satélites de teledetección multiespectrales de hoy en día miden la Reflectancia simultáneamente en un número de bandas distintas que pueden ir de tres a catorce.

Gracias a las imágenes multiespectrales se puede distinguir las rocas superficiales y el suelo por su composición y consolidación, delimitar terrenos pantanosos, estimar la profundidad del agua en zonas litorales, es decir se alcanza un mayor detalle con las imágenes multiespectrales.



***Imagen multiespectral de 10 mts. de resolución
Fuente: Fuerza aérea de Chile***

IMÁGENES HIPERESPECTRALES

Las imágenes Hiperespectrales se refieren a un sensor espectral que mide la reflectancia en muchas bandas, con frecuencia cientos o miles. La teoría en la que se apoya la teledetección hiperespectral es que la medida de la reflectancia en numerosas franjas estrechas del espectro permite detectar características y diferencias muy sutiles entre los rasgos de la superficie, especialmente en lo que se refiere a vegetación, suelo y rocas. Cabe señalar que las imágenes Hiperespectrales se parecen a fotografías.



***Imagen Hiperespectral de 5 mts de resolución
Fuente: Infraeco***

TIPOS DE SATELITES

LANDSAT

Las imágenes Landsat se caracterizan por la variedad de bandas que las componen. Estas imágenes se separan en 2 tipos: Landsat 7 (sensor ETM+) y Landsat 5 (sensor TM); ambas poseen 7 bandas multiespectrales que van desde el visible hasta el infrarrojo medio, con una resolución de 30 metros, en la mayoría de ellas. Sin embargo, la diferencia entre ellas radica en que las Landsat 7 poseen una banda pancromática de 15 metros y en el caso de la banda termal, aumenta la resolución de 120 a 60 metros. Cada escena cubre 180 x 175 Km². Las principales aplicaciones de estas imágenes se centran en la identificación y clasificación de las distintas cubiertas que existen en la superficie terrestre, determinación de humedad del suelo, clasificación de la vegetación, mapas hidrotermales y estudios multitemporales. Existen imágenes de archivo desde 1972.

Satélite	Sensor	Ancho de Bandas	Resolución	Satélite	Sensor	Ancho de Bandas	Resolución	
LANDSATs 1-2	RBV	(1) 0.48 a 0.57 μm	80	LANDSATs 4-5	MSS	(4) 0.5 a 0.6 μm	82	
		(2) 0.58 a 0.68 μm	80			(5) 0.6 a 0.7 μm	82	
		(3) 0.70 a 0.83 μm	80			(6) 0.7 a 0.8 μm	82	
	(1) 0.5 a 0.6 μm	79	(7) 0.8 a 1.1 μm			82		
	MSS	(2) 0.6 a 0.7 μm	79		TM	(1) 0.45 a 0.52 μm	30	
(3) 0.7 a 0.8 μm		79	(2) 0.52 a 0.60 μm			30		
(4) 0.8 a 1.1 μm		79	(3) 0.63 a 0.69 μm			30		
			(4) 0.76 a 0.90 μm			30		
LANDSAT 3	RBV	(1) 0.505 a 0.75 μm	40				(5) 1.55 a 1.75 μm	30
	MSS		79				(6) 10.4 a 12.5 μm	120
		(4) 0.5 a 0.6 μm	79			(7) 2.08 a 2.35 μm	30	
		(5) 0.6 a 0.7 μm	79	LANDSAT 7	ETM+	(1) 0.45 a 0.52 μm	30	
		(6) 0.7 a 0.8 μm	79			(2) 0.52 a 0.60 μm	30	
		(7) 0.8 a 1.1 μm	240			(3) 0.63 a 0.69 μm	30	
		(8) 10.4 a 12.6 μm				(4) 0.76 a 0.90 μm	30	
						(5) 1.55 a 1.75 μm	30	
		(6) 10.4 a 12.5 μm	60					
		(7) 2.08 a 2.35 μm	30					
			PAN 0.50 a 0.90 μm			15		

Fuente: Geosoluciones (Chile)



Imagen Landsat

Fuente: Geosoluciones (Chile)



ASTER

Las imágenes ASTER, son captadas desde 1999 por el satélite Terra. Estas imágenes poseen 14 bandas separadas en 3 grupos. Sus principales aplicaciones están en el análisis de suelos, cuerpos de agua, geología, medio ambiente, usos de suelo, entre otros. Además, cuenta con 2 bandas estereoscópicas, a partir de las cuales se puede generar modelos digitales de elevación. Cada escena ASTER, tiene una extensión de 60 x 60 Km². ASTER presenta una órbita heliosincrónica a una distancia de 705 kilómetros, con un ciclo de repetición de 16 días, un ancho de barrido de 60 kilómetros y una distancia entre orbitas de 172 Km. ASTER está compuesto por 3 subsistemas o grupos como se menciona anteriormente, VNIR, SWIR y TIR; cada uno de cuales presenta características particulares tales como 3 bandas en la región espectral del visible e infrarrojo cercano (VNIR) con una resolución espacial de 15 metros; 6 bandas en la región espectral del infrarrojo de onda corta (SWIR) con una resolución espacial de 30 metros y 5 bandas en el infrarrojo térmico con una resolución espacial de 90 metros (ERSDAC, 2001). ASTER también presenta un telescopio con visión hacia atrás que escanea en la región espectral de la banda 3B, lo que nos permite realizar modelos digitales de terreno (MDT) por pares estereoscópicos.

Subsistema	Banda n°	Rango Espectral	Resolución Espacial
VNIR	1	0.52-0.60 μm	15 m
	2	0.63-0.69 μm	
	3N	0.78-0.86 μm	
	3B	0.78-0.86 μm	
SWIR	4	1.600-1.700 μm	30 m
	5	2.145-2.185 μm	
	6	2.185- 2.225 μm	
	7	2.235-2.285 μm	
	8	2.295- 2.365 μm	
	9	2.360- 2.430 μm	
TIR	10	8.125-8.475	90 m
	11	8.475- 8.825	
	12	8.925-9.275	
	13	10.25-10.95	
	14	10.95-11.65	

Fuente: Geosoluciones (Chile)



Imagen Aster
Fuente: Geosoluciones (Chile)

ALOS

El satélite de observación japonés ALOS fue lanzado en 2006 por la Agencia Espacial Japonesa (JAXA).

El satélite ALOS está compuesto de 3 sistemas independientes (PRISM, AVNIR-2, PALSAR) que adquieren simultáneamente imágenes ópticas e imágenes de RADAR con diversas resoluciones y coberturas.

Se ha definido un escenario estándar de observación para ALOS a partir de criterios climáticos y con el objetivo de cumplir los objetivos de la misión, es decir crear un archivo mundial de imágenes complementarias con una resolución de 2,5mts en la banda Pancromática, resolución 10m en las bandas multiespectrales, y resoluciones de 10m a 100m para el RADAR.

En el caso del sensor AVNIR-2, este capta imágenes multiespectrales, que poseen las bandas del visible y el infrarrojo cercano, con una resolución de 10 metros. Cada imagen tiene una extensión de 70 x 70 Km². Tiene aplicación en el área medioambiental, clasificación de suelos y seguimiento de desastres naturales, por su alta capacidad de revisita (2 días).

Banda	Región de longitud de onda	Resolución (m)
1	0,42-0,50 μm (azul)	10
2	0,52-0,60 μm (verde)	10
3	0,61-0,69 μm (rojo)	10
4	0,76-0,89 μm (cerca-IR)	10

Fuente: Geosoluciones (Chile)



Imagen captada por el sensor AVNIR-2

Fuente: Geosoluciones (Chile)

A diferencia del sensor anterior, el PRISM capta imágenes pancromáticas y se destaca por la resolución espacial que estas poseen de 2.5 metros y porque cada escena contiene 3 perspectivas (nadir, hacia atrás y hacia delante), con una superficie común de 35 x 35 Km², de manera que permite hacer estereoscopía y generar modelos digitales de elevación de alta precisión.

Banda	Región de longitud de onda	Resolución (m)
PAN	0,52-0,77 μm	2,5

Fuente: Geosoluciones (Chile)



Imagen Captada por el sensor PRISM

Fuente: Geosoluciones (Chile)

El sensor PALSAR, es un sensor activo de RADAR, con una resolución variable de 10 a 100 metros. Este sensor permite captar escenas a través de las nubes, bruma, niebla o humo, tanto de día como de noche. Por lo tanto, es ideal para realizar estudios en áreas tropicales o polares. También son utilizadas en la geología, movimientos en masa, aplicaciones marítimas, entre otros.

Modalidad PALSAR	Resolución	Polarización	Corredor
FBS Fine Resolución	10m	Single HH	70Km
FBD Fine Resolución	20m	Dual HH+HV	70Km
SL Scan SAR	100m	Single HH	350Km
P Fine Polarimetría	30m	HH+HV+VH+VV	30Km

Fuente: Geosoluciones



Imagen captada por el sensor PALSAR

Fuente: Geosoluciones (Chile)

RAPIDEYE

Esta constelación de cinco (5) satélites idénticos ofrece una capacidad de revisita inigualable para la rápida captura de imágenes de programación y para estudios de vigilancia o monitoreo ambiental (multitemporales).

RapidEye posee una gran ventaja al disponer de una combinación inigualable de cobertura de grandes áreas, intervalos de revisita frecuentes, y capacidad de tomar imágenes multiespectrales de alta resolución.

El sistema de RapidEye puede:

- obtener imágenes de más de 4 millones de km² de Tierra a diario
- alcanzar cualquier punto de la Tierra a diario
- producir imágenes con una resolución de 5 metros
- adquirir imágenes en cinco bandas espectrales: azul, verde, rojo, «borde del rojo» e infrarrojo cercano.

Los satélites de RapidEye son los primeros satélites comerciales que ofrecen la banda «borde del rojo», la cual mide las variaciones en la vegetación, permitiendo la separación de las especies y la monitorización de la salud de la vegetación

Todo lo anterior permite realizar análisis en áreas como la agricultura, silvicultura, energía, seguridad, entre otros.

Parámetros	RapidEye	
Bandas espectrales	Azul	0,440 - 0,510 μm
	Verde	0,520 - 0,590 μm
	Rojo	0,630 - 0,685 μm
	Borde del rojo	0,690 - 0,730 μm
	Infrarrojo cercano	0,760 - 0,850 μm
Distancia de muestreo sobre el terreno (nadir)	6,5 m	
tamaño del pixel (ortorectificado)	5 m	
Ancho de observación	77 km	
Tiempo de revisita	Diario	
Hora de cruce por el ecuador	11:00 a.m (aproximadamente)	
Capacidad de adquisición de imágenes	4 millones de Km ² a diario	

Fuente: Geosoluciones (Chile)



Imagen Captada por el sistema RapidEye

Fuente: Geosoluciones (Chile)

QUICKBIRD

El satélite Quickbird, es parte de la constelación de satélites de alta resolución de la empresa norteamericana DigitalGlobeTM. Estas imágenes tienen un ancho de 16.5 Km, tanto en la banda pancromática (0,61 mts. de resolución) como en las multispectrales (azul, verde, rojo, infrarrojo cercano, con 2,44 mts. de resolución). Estas imágenes permiten foto-interpretar a color a una escala de hasta 1: 2.500, además de generar el índice de vegetación y la

delimitación de los cursos y cuerpos de agua con la información del canal infrarrojo cercano.

Entre las principales áreas de aplicación de Quickbird se cuentan; Administración y Gobierno (mitigación de desastres, monitoreos, planificación, etc), Catastro, Defensa, Medio ambiente, Agricultura, Hidrología Minería, Seguros, Servicios públicos, Telecomunicaciones y recursos, Transportes.

QUICKBIRD			
Opción	Banda	Resolución Espacial (mts)	Resolución Espectral
Pancromática	Pancromática	0,6	0,45 – 0,90 μm
Multiespectral	Azul	2,4	0,45 – 0,52 μm
	Verde	2,4	0,52 – 0,60 μm
	Rojo	2,4	0,63 – 0,69 μm
	Infrarrojo	2,4	0,76 – 0,90 μm

Fuente: Geosoluciones (Chile)



Imagen captada por el sistema Quickbird

Fuente: Geosoluciones (Chile)

WORLDVIEW - 1

WorldView-1 (pancromático) es el primer satélite de segunda generación de la empresa DigitalGlobe. Equipado con equipos de posicionamiento más precisos y con una exclusiva tecnología de control de giros permite aumentar la frecuencia de toma de un mismo punto sobre la tierra. Lo que lo convierte en el satélite que ofrece el mayor periodo de revisita del mercado, llegando hasta 1 toma cada 2 días. Esto es especialmente útil cuando se desea obtener imágenes para monitoreo de desastres naturales o incidentes como derramamiento de crudo. Con WorldView-1, usted podrá generar Modelos Digitales de Elevación (DEM) de altísima calidad.

Las imágenes obtenidas a partir de este satélite, son pancromáticas (en tonos de gris solamente) y tienen un mayor nivel de detalle con una resolución espacial de 0,5 metros.

WORLDVIEW			
Opción	Banda	Resolución Espacial (mts)	Resolución Espectral (μm)
Pancromática	Pancromática	0,5	0,40 – 0,90

Fuente: Geosoluciones (Chile)



Imagen Captada por el satélite World view – 1

Fuente: Geosoluciones (Chile)



WORLDVIEW - 2

Estas imágenes satelitales proporcionan información detallada para la generación de mapas precisos de para la detección de cambios, cartografía y análisis multiespectral, ya que cuenta con 9 bandas espectrales, con una resolución de 0.46m en pancromático (1 banda) y 1.8 en multiespectral (8 bandas).

WORLDVIEW 2			
Opción	Banda	Resolución Espacial (mts)	Resolución Espectral
Pancromática	Pancromática	0,5	0,450 – 0,800 μm
Multiespectral	Costal	2,0	0,400 – 0,450 μm
	Azul	2,0	0,450 – 0,510 μm
	Verde	2,0	0,510 – 0,580 μm
	Amarillo	2,0	0,585 – 0,625 μm
	Rojo	2,0	0,630 – 0,690 μm
	Borde del Rojo	2,0	0,705 – 0,745 μm
	Infrarrojo 1	2,0	0,770 – 0,895 μm
	Infrarrojo 2	2,0	0,76 – 0,90 μm

Fuente: Geosoluciones (Chile)

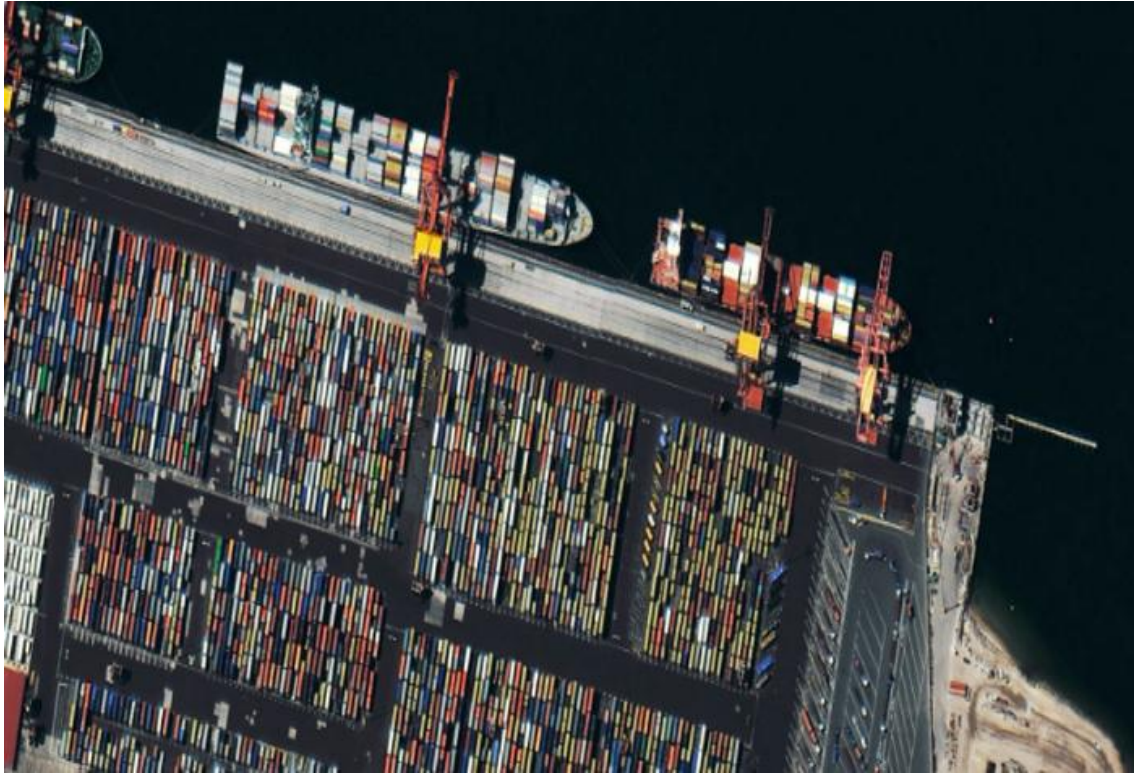


Imagen captada por el satélite world view – 2

Fuente: Geosoluciones (Chile)

GEOEYE

GeoEye-1 está equipado con la tecnología muy sofisticada en sistemas de satélites comerciales. Ofrece una resolución espacial simultánea sin precedente, adquiriendo imágenes de 0,41 mts en modo pancromático y 1,64 mts en modo multiespectral.

El satélite puede obtener hasta 700.000 km² de imágenes, por día, en modo pancromático y hasta 350.000 km² en modo multiespectral. Esta capacidad es ideal para mapear proyectos de gran envergadura. GeoEye-1 puede volver a obtener imágenes sobre cualquier punto sobre la tierra una vez cada tres días y en algunos casos aún en menor tiempo.

Parámetros	GeoEye-1	
Bandas espectrales	Azul	0,450 – 0,510 μm
	Verde	0,510 – 0,580 μm
	Rojo	0,655 – 0,690 μm
	Infrarrojo	0,780 – 0,920 μm
	Rango Espectral (pan)	0,450 – 0,800 μm
Resolución	0,5 mts	
Resolución Pan en nadir	0,41 mts	
Resolución Pan en 60º de elevación	0,50-mts	
Resolución Multiespectral en el nadir	1,64 mts	
Ancho del Barrido en nadir	15,2 km	
Fecha del Lanzamiento	06-sep-08	
Capacidad de revisita	3 días a 40° latitud con una elevación > 60°	
Altitud de la Orbital	681 km	

Fuente: Geosoluciones (Chile)



Imagen captada por el satélite Geoeye

Fuente: Geosoluciones (Chile)

IKONOS

Este satélite, lanzado en septiembre del 1999, tiene cuatro canales multiespectrales con una resolución espacial nominal de 4 mts, y un canal pancromático de 1mt.

El satélite IKONOS pesa unos 720 kg y órbita la Tierra cada 98 minutos a una altitud de casi 680 km en forma sincronizada con el Sol, pasando sobre un determinado lugar aproximadamente a las 10:30 a.m. hora local. Las imágenes ikonos pueden ser adquiridas del catálogo existente o por programación. Es posible adquirir pares estereoscópicos para permitir la generación de productos fotogramétricos tales como modelos digitales de terreno, maquetas 3D y/o curvas de nivel.



Imagen captada por el satélite Ikonos

Fuente: Geosoluciones (Chile)

EROS

La misión de EROS (*Earth Remote Observation Satellite*) es parte de un programa de satélites de bajo costo diseñados y construidos por Israel Aircraft Industries (IAI). La serie EROS fue diseñada para proporcionar un acceso rápido a las imágenes de alta resolución espacial. Actualmente, dos satélites están en órbita alrededor de la Tierra: EROS A, lanzado el 05 de diciembre del 2000, que lleva a bordo la cámara CCD capaz de adquirir imágenes de 1,9 mts. de resolución espacial, y EROS B lanzado el 25 de marzo del 2006, que tiene una resolución espacial de 0,70 mts. Ambos tienen un solo sensor a bordo y

están dentro de la categoría de sensores remotos de muy alta resolución espacial.

Debido a su gran maniobrabilidad, los satélites pueden realizar tomas oblicuas de hasta 45 grados y así permitir la adquisición de pares estereoscópicos para procesos fotogramétricos. Así, los dos satélites en conjunto pueden adquirir dos o tres imágenes a la semana sobre cualquier lugar de la superficie de la Tierra. De esta forma los satélites EROS cumplen con las exigencias de un mercado muy competitivo que requiere de alta resolución espacial y temporal.

EROS		
Parámetros	EROS A	EROS B
Altitud de la órbita polar	500Km	
Bandas espectrales	Pancromática (0,5 – 0,9 μm)	
Ancho de Barrido	14Km	7Km
Longitud máxima de vector	150Km	480Km
Resolución	1,9m Standard	0,7m
Lanzamiento	2000	2006

Fuente: Geosoluciones (Chile)



Imagen captada por el satélite Eros

Fuente: Geosoluciones (Chile)



PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Definición

El análisis digital de datos engloba una serie de técnicas de manipulación numérica de datos contenidos en imágenes digitales.

Este análisis requiere para su realización de un software y hardware adecuados. Como se observa en la definición, hasta ahora, solo se mencionan técnicas de aplicación a imágenes. Dependiendo del fin de aplicación de dichas técnicas, serán los diversos software a utilizar y actualmente existentes en el mercado.

El procesamiento digital de imágenes, es la aplicación de técnicas matemáticas, estadísticas y computacionales, que permiten mejorar, corregir, analizar y extraer información de las imágenes captadas por los sensores a bordo de los satélites.

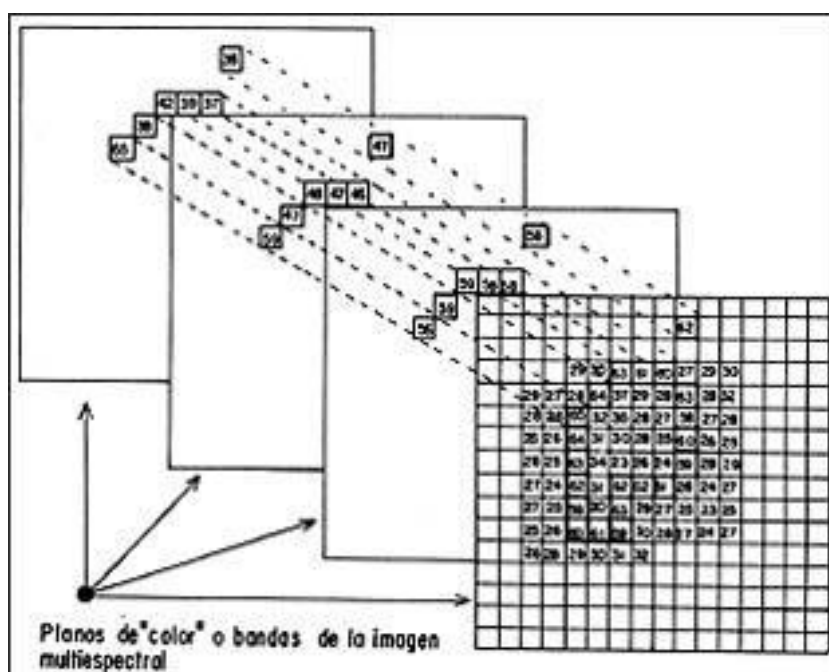
El procesamiento digital permite realizar operaciones complejas, muy costosas o inaccesibles para el análisis visual. Tiene la ventaja de permitir una rápida comparación de fenómenos multitemporales por la accesibilidad a la información que posee.

Imagen Digital

Los sensores remotos actuales son capaces de producir imágenes de alta calidad en forma analógica o digital, es decir, pueden proporcionar una representación continua o discreta de la escena. Una imagen continua es aquella donde la variación de tonos de gris o color se presenta sin discontinuidades. Una imagen discreta es la que está compuesta por elementos definidos y diferenciados como puntos o cuadrados. Es necesario aclarar que una escena siempre es continua, y la imagen respectiva, no lo es. Una imagen continua es una idealización de lo que realmente sucede, pues una fotografía a simple vista podrá verse continua, pero al ser ampliada se observa que está conformada por una serie de pequeños puntos de diferentes tonalidades.

Una imagen satelital, es una imagen digital, la cual, dada su condición, posee una diferente manera de adquisición de información que la fotografía común. Así como en la fotografía, la imagen se obtiene a través del registro de los objetos sobre una superficie sensible a la luz, en el caso de los sensores óptico- electrónicos, dicha superficie, no existe. Y lo que realiza el sensor es captar, a intervalos regulares, la radiación que proviene de la superficie. Ese intervalo regular, traducido a la superficie terrestre, es un área determinada, donde el sensor detecta un valor medio de la radiancia de todos los objetos que la conforman. Esa unidad mínima de captación de energía, es lo que se denomina "pixel" o picture element. El pixel es la mínima unidad visual que aparece en una imagen digital. El valor de la energía captada, se envía a una serie de mecanismos que lo transforman en un valor numérico. Este valor es denominado, Nivel de Gris, Valor de Gris, Nivel de Brillo, Nivel Digital (ND). Hasta este momento es solo un número, pero que puede traducirse a una intensidad visual mediante la referencia a una escala de grises (de ahí otra de sus denominaciones de nivel de gris). Esta escala de grises, tendrá un valor máximo o mínimo (de cuanto más o menos refleja el objeto o superficie). Este

proceso de asignación de tonos de grises, se denomina “reconstrucción” y es el que nos permite “visualizar” la información proveniente de los satélites. Si se representa en un sistema de coordenadas la escena de la superficie terrestre, donde los ejes X e Y dan la ubicación espacial del píxel, los valores numéricos asignados (proporcional a la reflectancia de esa porción de terreno representada por el píxel) conformarán una matriz. De ahí, surge la definición de una imagen digital: es una "colección de números organizados en forma matricial". Pero una imagen proveniente de los satélites, no solo registra el valor de energía reflejada en una banda o canal, sino que lo hace en más de uno, dependiendo del sensor. De manera que se puede agregar una tercera dimensión, el eje Z, correspondiente a los distintos canales del espectro electromagnético que se están captando que conforman así, la estructura de la imagen digital. De ahí su denominación de imagen multispectral.



Fuente: UNNE

Según se observa en la figura, la matriz, se conforma por las dimensiones x e y (coordenadas geográficas) y la dimensión espectral (valor de gris).

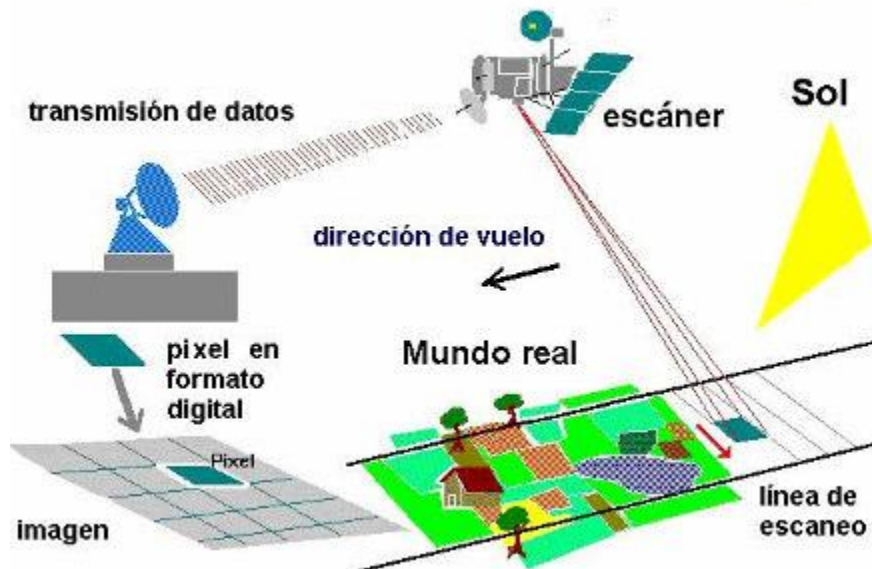
La orientación es aproximadamente Norte- sur, según obtiene los datos el satélite en su órbita. La matriz, conforma filas y columnas y a fines de identificarlas el eje 0;0 se encuentra en la esquina superior izquierda a diferencia del sistema cartesiano de coordenadas.

Una vez comprendido el carácter matricial de los datos de la imagen, es factible sobre la misma aplicar todas las operaciones matemáticas y estadísticas correspondientes. Se podrán calcular valores medios, cambiar su orientación, realizar operaciones entre bandas, etc.

Toda ésta información numérica es almacenada en cintas compatibles con computadoras para un posterior grabado en formatos accesibles a los usuarios.

Pre procesamiento

A estas operaciones también se las conoce como restauración y rectificación de la imagen y tienen como objetivo corregir las distorsiones radiométricas y geométricas de la imagen debido al sensor o a la plataforma que lo sustenta.

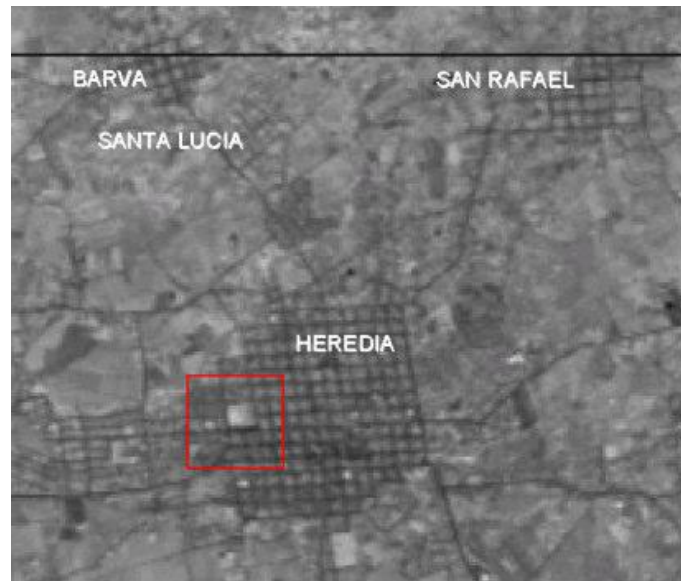


Pre procesamiento de la imagen le asegura al usuario que el producto que recibe es el fiel reflejo de la realidad

Fuente: Costa Rica Geodigital

Correcciones Radiométricas

Estas correcciones son realizadas por la compañía que provee la imagen y consisten en la eliminación de distorsiones en la imagen debidas al sensor, el efecto de la topografía o el efecto de la atmosfera y la conversión de la energía registrada por el sensor a valores digitales (conversión analógica-digital). En os sensores modernos se realiza calibración de los detectores (energía medida VS energía reflejada o emitida por un cuerpo de referencia) para asegurarse que operen correctamente.



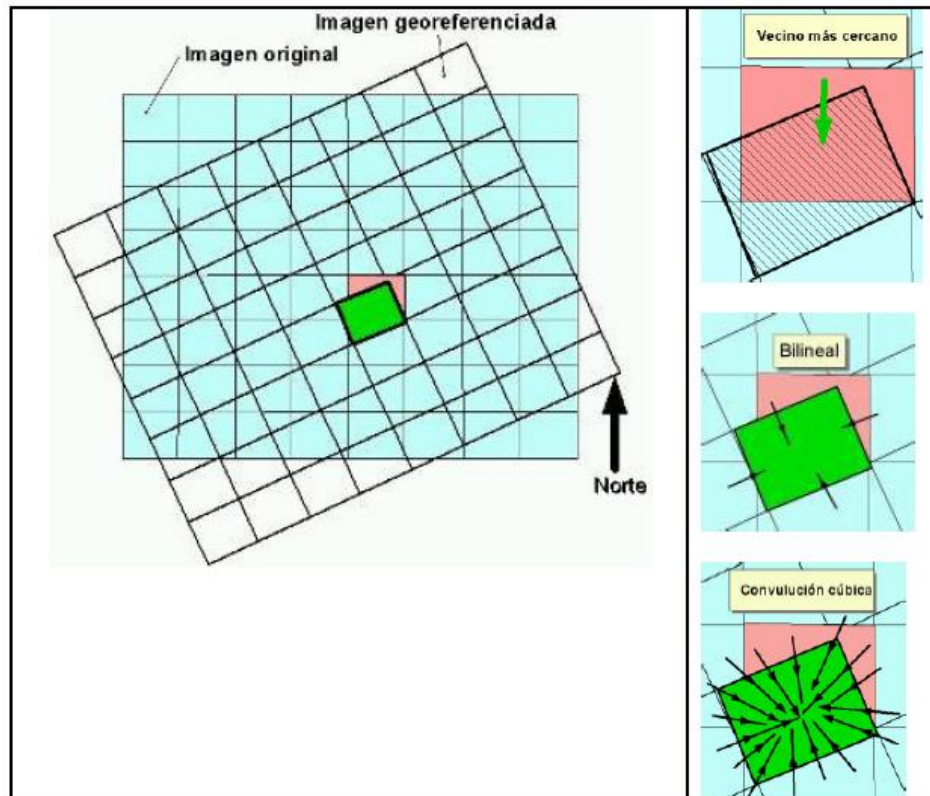
***La línea negra en la parte superior de la imagen es un ejemplo de un error en uno de los sensores SPOT
Fuente: Costa rica Geodigital***

Correcciones Geométricas

Tienen como objetivo corregir las distorsiones ocasionadas por variaciones en la geometría del sensor y de la Tierra; así como la asignación de coordenadas a cada uno de los píxeles (latitud y longitud). Una imagen corregida geoméricamente debe representar correctamente la superficie de la Tierra. Los errores geométricos tienen su origen en uno o más de los siguientes factores:

- Movimiento en el sistema de escaneo y de la plataforma que sustenta el sensor
- Perspectiva de los elementos ópticos del sensor
- Cambios en la altitud de la plataforma
- Relieve del terreno
- Curvatura y rotación de la tierra

Las variaciones sistemáticas o predecibles asociadas al sensor pueden corregirse con modelos que describen su movimiento y el de la plataforma que lo sustenta así como las relaciones geométricas entre la plataforma y la tierra, estos se conocen como modelo de sensor y los programas comerciales lo utilizan en el proceso de georeferenciación de la imagen. El otro tipo de errores es no sistemático y depende de las condiciones particulares del terreno y por esta razón se requiere un modelo digital del terreno para eliminarlos (proceso conocido como orto rectificación o corrección diferencial).



Georeferenciación de una imagen, se observa que en la imagen georeferenciada la ubicación de los píxeles cambia con respecto a los originales. Por esta razón se utiliza un método de remuestreo para asignar el nuevo valor de reflectancia al píxel de la imagen georeferenciada. Los métodos de remuestreo son vecino más cercano, bilineal y convulsión cúbica.

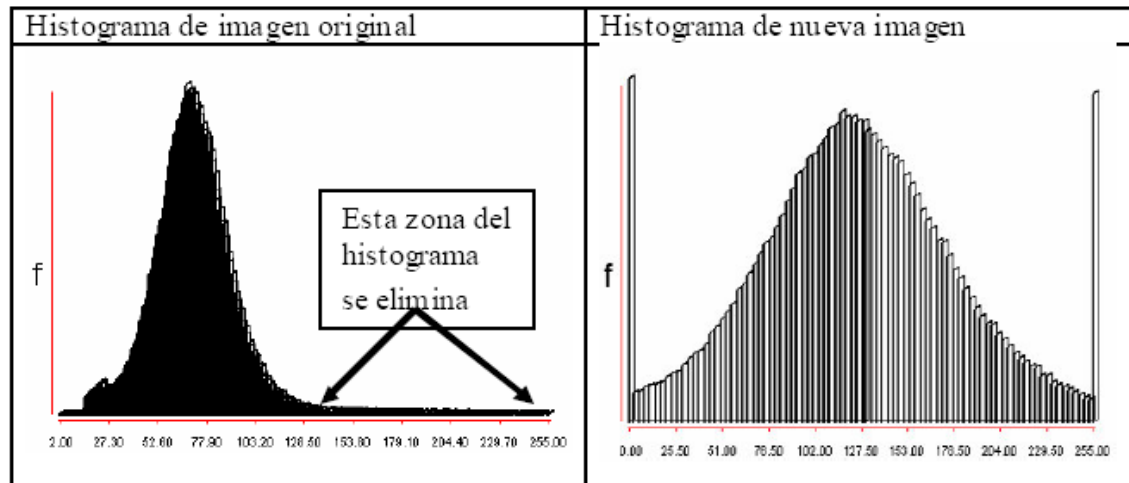
Fuente: Costa Rica Geodigital

Realce de la imagen

El objetivo de las operaciones de realce en la imagen es mejorar su apariencia visual con el objetivo de facilitar su interpretación visual. A través de las operaciones de realce se modifican los valores de brillantes de la imagen de tal forma que se facilite la separación visual entre coberturas (bosque VS pasto VS carreteras). Estas operaciones se aplican generalmente en una sola banda.

Mejora de contraste

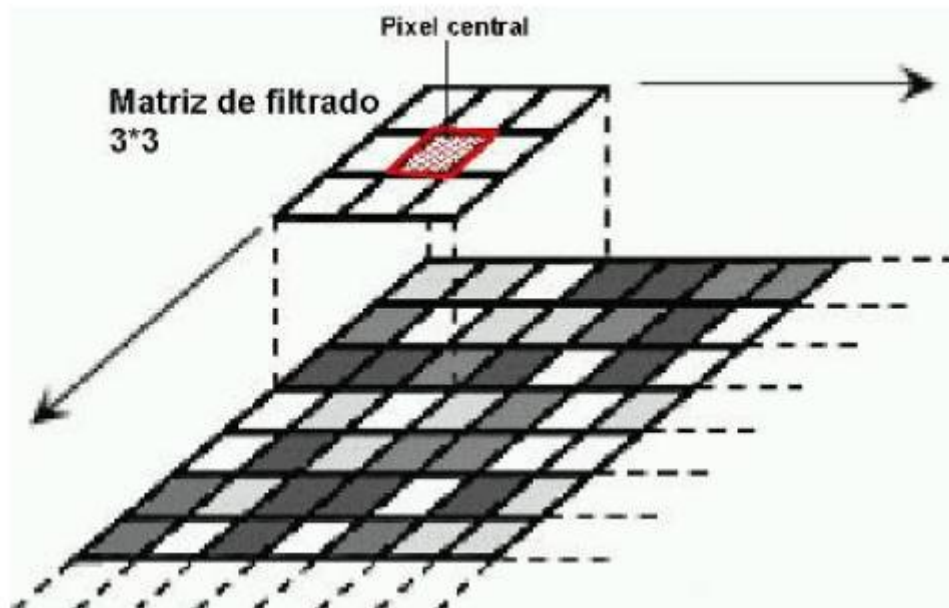
Esta operación tiene como objetivo mejorar la separación entre tonos en una imagen; por ejemplo se puede aclarar áreas muy oscuras y oscurecer áreas muy claras (sobresaturadas).



Ecuación del Histograma
Fuente: Costa Rica Geodigital

Filtros Espaciales

El objetivo de los filtros es resaltar o suprimir un patrón espacial particular en la imagen basada en su frecuencia espacial (concepto relacionado con la textura de la imagen) o sea la frecuencia de las variaciones en tonalidad en la imagen. Las áreas homogéneas tienen una baja frecuencia espacial y por tanto sus valores de brillantes son similares (baja variabilidad); en tanto que zonas con cambios abruptos en tonalidad tienen una frecuencia alta (alta variabilidad). Es común utilizar una ventana móvil de 3x3, 5x5 o 7x7 píxeles para realizar el filtrado. El procedimiento consiste en reemplazar el valor central de la matriz de filtrado por un valor derivado de los valores de brillantes de los píxeles vecinos y de una operación matemática (promedio, moda, mediana). Luego la ventana es desplazada un píxel en el sentido de las columnas e hileras y el procedimiento de cálculo se repite. La ventana continúa moviéndose hasta completar el filtrado de toda la imagen. Los filtros bajos tienden a homogenizar la apariencia de la imagen (utilizan moda, mediana o promedio); en tanto que los filtros altos tienden a realzar las diferencias entre los límites de diferentes zonas en la imagen (resalta valor de píxeles limítrofes). Otra forma de aplicar un filtro alto es aplicar primero un filtro bajo a la imagen y después restar la nueva imagen de la imagen original. Los filtros direccionales o de borde están diseñados para resaltar elementos lineales tales como carreteras o los límites entre campos de cultivo. También puede utilizarse para resaltar elementos lineales con una determinada dirección (fallas o zonas de contacto en formaciones geológicas).



Matriz de filtrado 3x3
Fuente: Costa Rica Geodigital

Transformaciones

Las transformaciones son operaciones similares a las de realce con la diferencia de que normalmente se aplican a un grupo de bandas espectrales y no a una banda individual. Dos de las transformaciones más comunes son el crear nuevas imágenes basados en razones de bandas (índices de vegetación por ejemplo) y el análisis de componentes principales (combinación lineal de bandas). El objetivo de las transformaciones es crear nuevas bandas que muestren mejor los elementos presentes en la imagen (separación entre vegetación enferma y sana).

Clasificación y Análisis

Estas operaciones se utilizan para identificar y clasificar los píxeles de la imagen. Los algoritmos de clasificación digital utilizan la reflectancia de cada píxel en diferentes longitudes de onda y un criterio estadístico para asignarlo a una clase espectral (bosque, pasto, urbano, etc.). Existen varios procedimientos para la clasificación de imágenes, a continuación se indicara las más comunes.

Clasificación no Supervisada

Es este caso el algoritmo de clasificación decide a cual clase de información (pasto, bosque, cultivo, etc.) asigna cada píxel.

Clasificación Supervisada

En este caso el usuario selecciona en la imagen zonas representativas de la clase de información que desea utilizar en su clasificación (pasto, bosque, cultivo, etc.). Posteriormente el algoritmo de clasificación crea estadísticos para estas áreas y utiliza los resultados para clasificar el resto de la imagen.



SOFTWARES UTILIZADOS PARA EL ANALICIS DE IMÁGENES SATELITALES

MultiSpec (<http://cobweb.ecn.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/>)

MultiSpec está disponible para las plataformas de Windows y Macintosh, y se está desarrollando en la universidad de Purdue. Fue diseñado originalmente como una herramienta de enseñanza pero ahora es utilizada por muchos usuarios de la percepción remota. MultiSpec ofrece algunas herramientas sofisticadas de la clasificación de imágenes.

FWTools (OpenEV) (<http://openev.sourceforge.net/>)

OpenEV es un programa que exhibe y analiza datos geospaciales en formato vector y raster. Funciona en Windows, Linux y algunas otras plataformas del Unix, y una plataforma para Macintosh está en marcha. La actividad del desarrollo es absolutamente activa y muchas nuevas capacidades están en marcha.

Éste es uno de los paquetes libres más ampliamente utilizados de la visualización de imágenes remotamente adquiridas.

NASA Image2000 (http://www.ccpo.odu.edu/SEES/ocean/oc_i2k_soft.htm)

Image2000 es un paquete para el proceso de imágenes basado en Java que fue desarrollado por la NASA. El desarrollo ha parado actualmente pero el programa está disponible para la transferencia directa. Image2000 proporciona una amplia gama de funciones pero se limita en que no maneja adecuadamente sets grandes de datos.

GRASS (<http://grass.itc.it/index.php>)

GRASS fue desarrollado originalmente por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en los años 80. GRASS es un SIG de gran alcance basado en raster con muchas capacidades de procesamiento de imágenes. Es sobre todo un programa de líneas de comando diseñado para funcionar en plataformas de Windows, de Mac OSX, y de Linux. GRASS es un poco incómodo para usuarios novatos.

OSSIM (<http://www.ossim.org/OSSIM/OSSIMHome.html>)

OSSIM usa algoritmos, herramientas y paquetes existentes para construir una herramienta integrada para el procesamiento de imágenes remotamente adquiridas y análisis espacial. El equipo de desarrollo creó recientemente una interface gráfica para OSSIM llamado ImageLinker, que funciona en todos los sistemas operativos importantes.

RESORTE (<http://www.dpi.inpe.br/spring/>)

El Instituto Nacional Para la Investigación del Espacio (INPE) de Brasil está desarrollando RESORTE. El software puede exhibir y analizar imágenes remotamente adquiridas, y proporciona una combinación de SIG y de capacidades de procesamiento de imágenes. RESORTE está sobre todo disponible en español y portugués, y funciona en las computadoras con Unix y Windows.

ERDAS Imagine (<http://gi.leica-geosystems.com/default.aspx>)



Imagine es un paquete de software basado en raster, y diseñado específicamente para extraer información de imágenes remotamente adquiridas. El programa incluye un sistema comprensivo de herramientas para crear imágenes para la inclusión en un SIG y actualmente ofrece la opción de crear capas de información que pueden ser integradas en el formato Geodatabase de ESRI. La variedad de herramientas permite que el usuario analice datos de las imágenes y los presente en varios formatos.

Image Analysis de ArcGIS (<http://gi.leica-geosystems.com/LGISub1x41x0.aspx>)

Image Analysis de ArcGIS se utiliza para preparar imágenes que pueden ser usadas directamente en un SIG, para posteriormente analizar y extraer información de ellas. Esta extensión de ArcGIS le permite al usuario extraer la información actualizada de imágenes directamente en una estructura tipo geodatabase de ESRI. Los problemas que usualmente se generan cuando se aplican procesos de varios pasos pueden ser evitados trabajando directamente con los datos en un geodatabase. También es posible realizar clasificaciones de la vegetación para determinar la composición y cobertura vegetal. Adicionalmente, la detección del cambio se puede realizar en las imágenes capturadas en diversos tiempos. Las técnicas del realce de la imagen están disponibles para, por ejemplo, ajustar brillo y contraste.

TNTmips (<http://www.microimages.com/>)

TNTmips es un sistema del análisis geoespacial que proporciona un SIG completo, un sistema de manejo de set de datos relacionales, un sistema automatizado de procesamiento de imágenes con CAD, herramientas para el modelamiento superficial, y herramientas para publicar los datos. TNTmips tiene un solo sistema integrado con un interfaz, una funcionalidad, y una estructura de geodatos para el uso en varios sistemas operativos.

ERMapper (<http://www.ermapper.com/>)

ERMapper es un paquete para el procesamiento de imágenes y para otros usos de las ciencias de la tierra y de la percepción remota. Ha sido diseñado para manipular sets grandes de datos de recursos naturales (datos del satélite, geofísicos, sísmicos). Los usuarios pueden realizar integraciones complejas de datos y operaciones complejas de proceso de imágenes, en capas múltiples. Contiene una biblioteca de algoritmos estándares para el realce de la imagen, la clasificación y la síntesis de los datos. ERMapper puede combinarse, acortar, muestrear, cambia la escala y hacer mosaicos de sets múltiples de datos automáticamente. Los datos raster se pueden cambiar a partir de una proyección del mapa a otra. La capacidad para visualización 3D permite que los usuarios vean datos vector y raster en 3D y obtener una mejor perspectiva de las escenas y del sobrevuelo. Los usuarios pueden ver datos en estéreo por lentes de LCD, y pueden generar pares estereoscópicos de papel. Se da soporte a cerca de 100 formatos para la importación y exportación de raster y vector, y hay acceso directo a las coberturas de ARC/INFO.

IDRISI (<http://www.clarklabs.org/>)

IDRISI es un software integrado de SIG y de procesamiento de imágenes, que proporciona más de 250 módulos para el análisis y exhibición de información espacial digital. Herramientas para la planificación espacial, la toma de

decisiones, y el análisis de riesgo son incluidas junto con herramientas para la estadística espacial, el análisis superficial, y modelamiento espacial. IDRISI se utiliza para explorar, predecir, y modelar los impactos en cambio de la cubierta de tierra con la utilidad del Land Change Modeler. El programa puede procesar imágenes remotamente adquiridas con técnicas convencionales de procesamiento de imágenes. Las herramientas para el manejo de incertidumbre se pueden utilizar para asignar recursos y para crear mapas de factibilidad. Pares de imágenes pueden ser comparados, y las tendencias y las anomalías pueden ser analizadas a partir de imágenes adquiridas en periodos largos de tiempo.

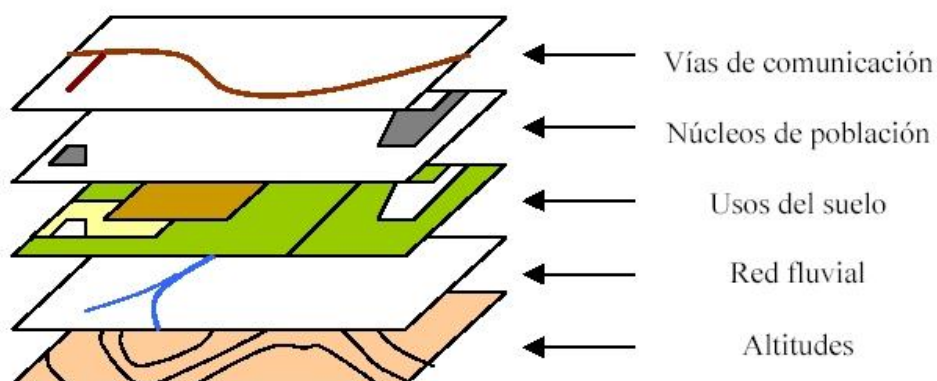
CAMPOS DE APLICACIÓN

Elaboración de mapas digitales (Cartografía)

La Cartografía es la disciplina que integra la ciencia que se encarga del estudio y de la elaboración de los mapas. Los SIG han revolucionado esta rama

Los Sistemas de Información Geográfica o SIG, son sistemas informáticos, es decir, hardware, software, datos digitales y usuario, que capturan, almacenan, manipulan, procesan y visualizan la información espacial. Esta información debe encontrarse georeferenciada, lo que significa que debe poseer coordenadas geográficas (latitud y longitud) que permitan graficarla en mapas.

Los SIG manejan la información digital del terreno en capas o niveles, es decir, descomponen la realidad en distintos temas, como por ejemplo, relieve, hidrografía, vías de comunicación y otros. Por medio del uso de estos sistemas, el usuario puede combinar la información para crear mapas de síntesis o análisis, según su uso y requerimiento.



Diferentes capas de un sistema de información geográfica (SIG)

Fuente: Wikipedia



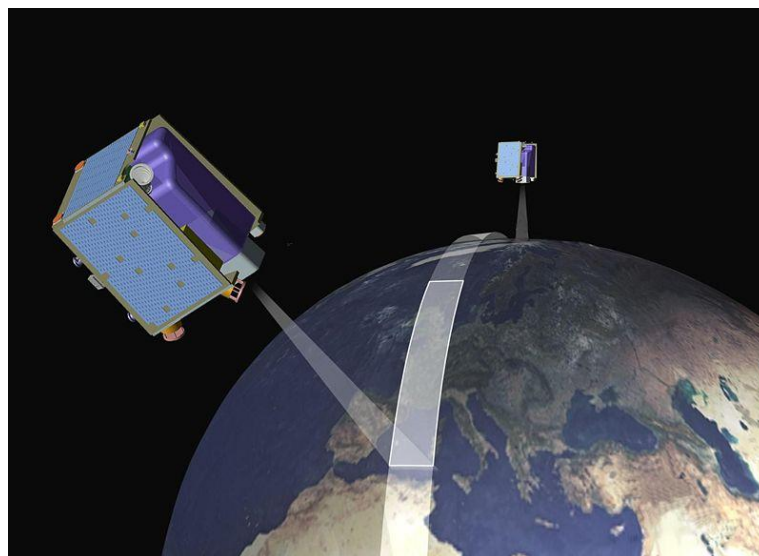
Para un estudio del territorio, los SIG pueden entregar información de fenómenos geográficos diciendo qué existe, dónde se localiza, qué y cómo ha evolucionado y cómo se distribuye.

Los SIG constituyen una herramienta utilizada para la toma de decisiones, permitiendo al usuario decidir cómo manejar el territorio analizado, por medio del almacenamiento, procesamiento y análisis de la información.

Creación de Datos

Las modernas tecnologías SIG trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales. El método más utilizado es la digitalización, donde a partir de un mapa impreso o con información tomada en campo se transfiere a un medio digital por el empleo de un programa de Diseño Asistido por Ordenador con capacidades de georeferenciación.

Dada la amplia disponibilidad de imágenes (tanto de satélite y como aéreas), la digitalización por esta vía se está convirtiendo en la principal fuente de extracción de datos geográficos. Esta forma de digitalización implica la búsqueda de datos geográficos directamente en las imágenes aéreas en lugar del método tradicional de la localización de formas geográficas sobre un tablero de digitalización.



***Teledetección una de las principales fuentes de datos para los SIG
Fuente: Wikipedia***

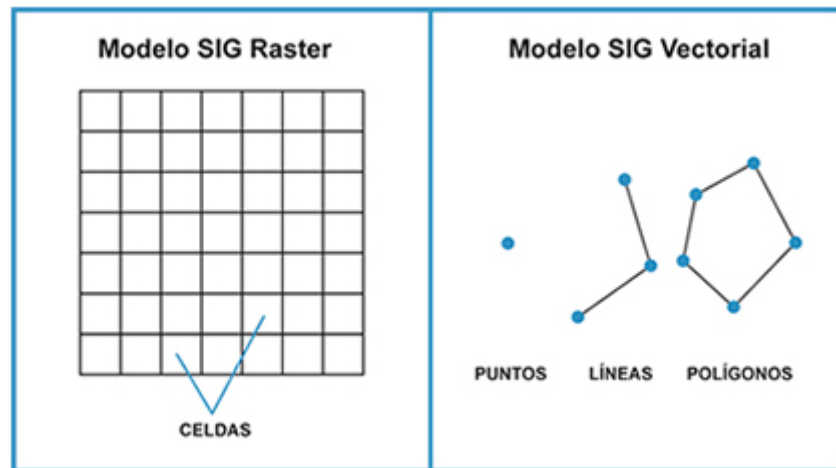
Representación de los Datos

Los datos SIG representan los objetos del mundo real (carreteras, el uso del suelo, altitudes). Los objetos del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones: objetos discretos (una casa) y continuos (cantidad de lluvia caída, una elevación). Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial.

Los SIG que se centran en el manejo de datos en formato vectorial son más populares en el mercado. No obstante, los SIG raster son muy utilizados en estudios que requieran la generación de capas continuas, necesarias en fenómenos no discretos; también en estudios medioambientales donde no se requiere una excesiva precisión espacial (contaminación atmosférica, distribución de temperaturas, localización de especies marinas, análisis geológicos, etc.).

La mayoría de los elementos que existen en la naturaleza pueden ser representados mediante formas geométricas (puntos, líneas o polígonos, esto es, vectores) o mediante celdillas con información (raster). Son formas de ilustrar el espacio intuitivo y versátil, que ayudan a comprender mejor los elementos objeto de estudio según su naturaleza.

En función de la forma de representar el espacio de la que hacen uso podemos clasificar los SIG en dos grandes modelos o formatos:



Modelo raster y vectorial
Fuente: SIG Andalucía

Los datos raster se componen de filas y columnas de celdas, cada celda almacena un valor único. Los datos raster pueden ser imágenes (imágenes raster), con un valor de color en cada celda (o píxel). Otros valores registrados para cada celda pueden ser un valor discreto, como el uso del suelo, valores continuos, como temperaturas, o un valor nulo si no se dispone de datos. Si bien una trama de celdas almacena un valor único, estas pueden ampliarse mediante el uso de las bandas del raster para representar los colores RGB (rojo, verde, azul), o una tabla extendida de atributos con una fila para cada valor único de células. La resolución del conjunto de datos raster es el ancho de la celda en unidades sobre el terreno.

En los datos vectoriales, el interés de las representaciones se centra en la precisión de localización de los elementos geográficos sobre el espacio y donde los fenómenos a representar son discretos, es decir, de límites definidos. Cada una de estas geometrías está vinculada a una fila en una base de datos



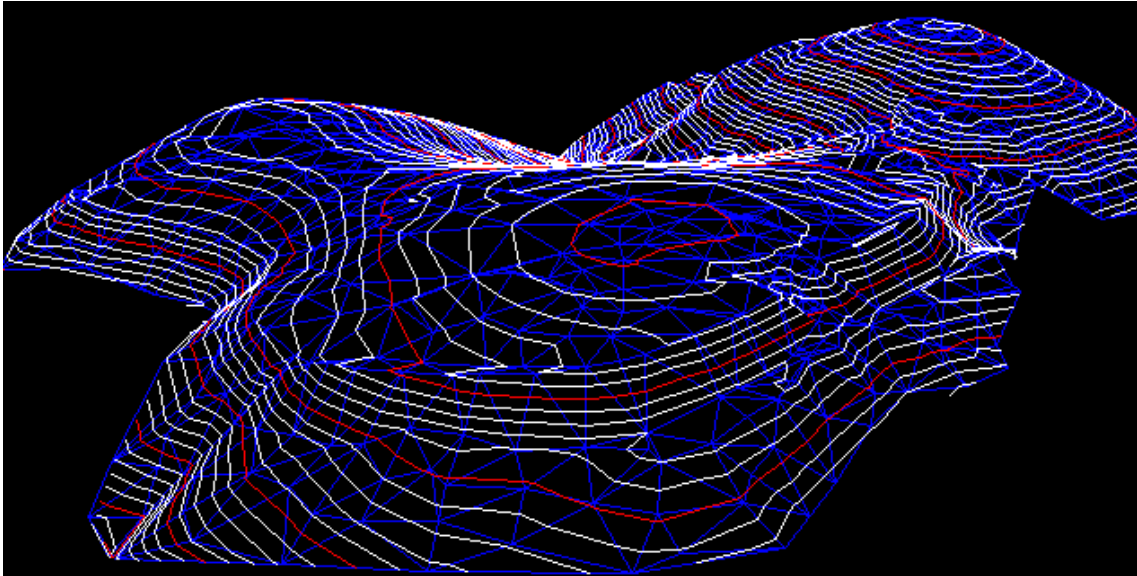
que describe sus atributos. Por ejemplo, una base de datos que describe los lagos puede contener datos sobre la batimetría de estos, la calidad del agua o el nivel de contaminación. Esta información puede ser utilizada para crear un mapa que describa un atributo particular contenido en la base de datos. Los lagos pueden tener un rango de colores en función del nivel de contaminación. Además, las diferentes geometrías de los elementos también pueden ser comparadas. Así, por ejemplo, el SIG puede ser usado para identificar aquellos pozos (geometría de puntos) que están en torno a 2 kilómetros de un lago (geometría de polígonos) y que tienen un alto nivel de contaminación.

Los elementos vectoriales pueden crearse respetando una integridad territorial a través de la aplicación de unas normas topológicas tales como que "los polígonos no deben superponerse". Los datos vectoriales se pueden utilizar para representar variaciones continuas de fenómenos. Las líneas de contorno y las redes irregulares de triángulos (TIN) se utilizan para representar la altitud u otros valores en continua evolución. Los TIN son registros de valores en un punto localizado, que están conectados por líneas para formar una malla irregular de triángulos. La cara de los triángulos representa, por ejemplo, la superficie del terreno, para modelar digitalmente se utilizan tres elementos geométricos: punto, línea y polígono.

Los puntos se utilizan para las entidades geográficas que mejor pueden ser expresadas por un único punto de referencia. En otras palabras: la simple ubicación. Por ejemplo, las localizaciones de los pozos, picos de elevaciones o puntos de interés. Los puntos transmiten la menor cantidad de información de estos tipos de archivo y no son posibles las mediciones. También se pueden utilizar para representar zonas a una escala pequeña. Por ejemplo, las ciudades en un mapa del mundo estarán representadas por puntos en lugar de polígonos.

Las líneas unidimensionales o polilíneas son usadas para rasgos lineales como ríos, caminos, ferrocarriles, rastros, líneas topográficas o curvas de nivel. De igual forma que en las entidades puntuales, en pequeñas escalas pueden ser utilizados para representar polígonos. En los elementos lineales puede medirse la distancia.

Los polígonos bidimensionales se utilizan para representar elementos geográficos que cubren un área particular de la superficie de la tierra. Estas entidades pueden representar lagos, límites de parques naturales, edificios, provincias, o los usos del suelo, por ejemplo. Los polígonos transmiten la mayor cantidad de información en archivos con datos vectoriales y en ellos se pueden medir el perímetro y el área.



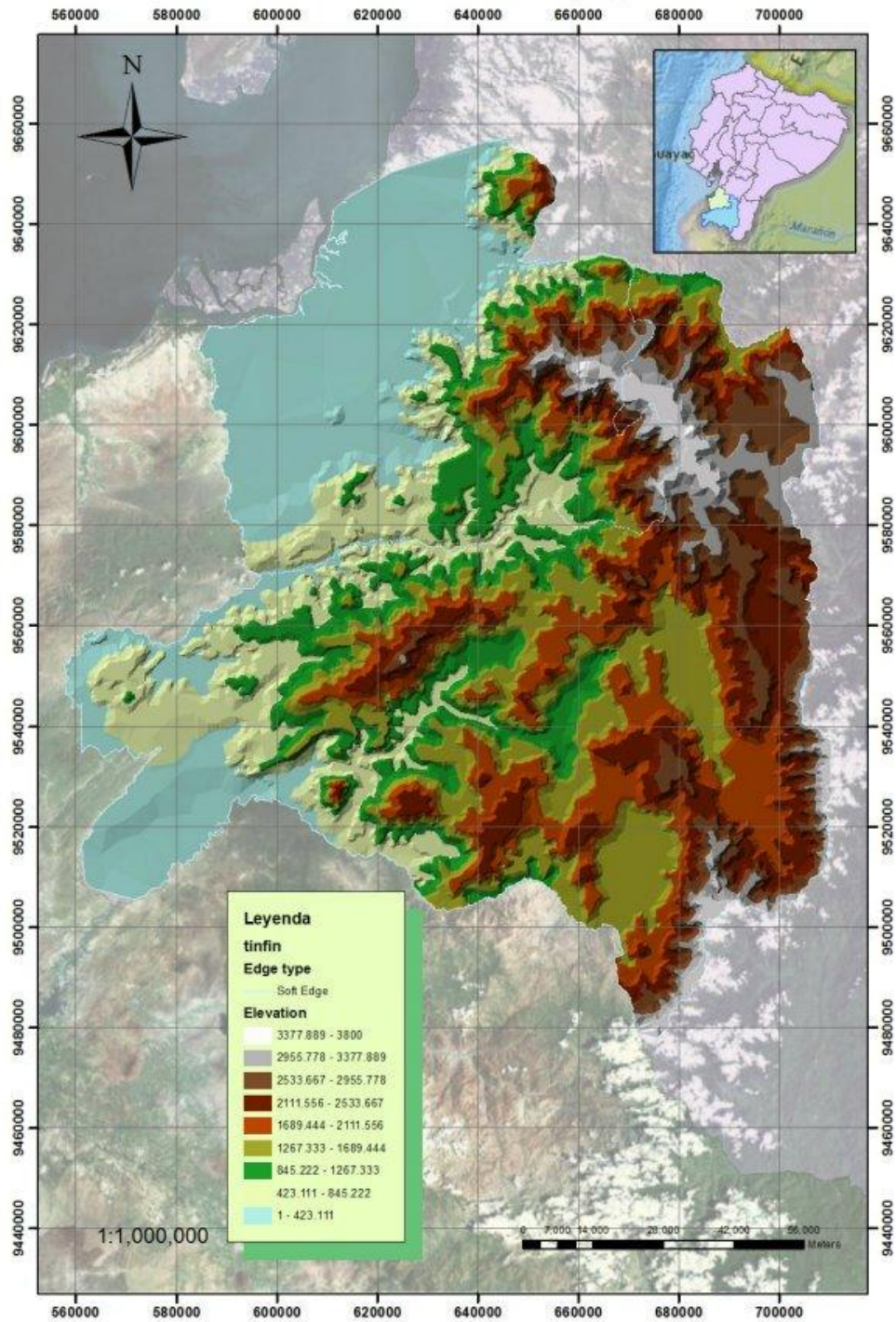
Representación de curvas de nivel sobre una superficie tridimensional generada por una malla TIN
Fuente: Wikipedia

Mapas digitales Elaborados

Uno de los productos finales después de utilizar SIG son los mapas digitales, poniendo en práctica lo mencionado anteriormente podemos llegar a obtener cartografía digital; toda la información que se utilizó para elaborar estos mapas fue entregada durante el curso de grado.

A continuación se muestran diferentes mapas digitales que se elaboraron durante el módulo de sistemas de información geográfica. Se escogió la provincia del Oro y Loja para elaborar dichos mapas.

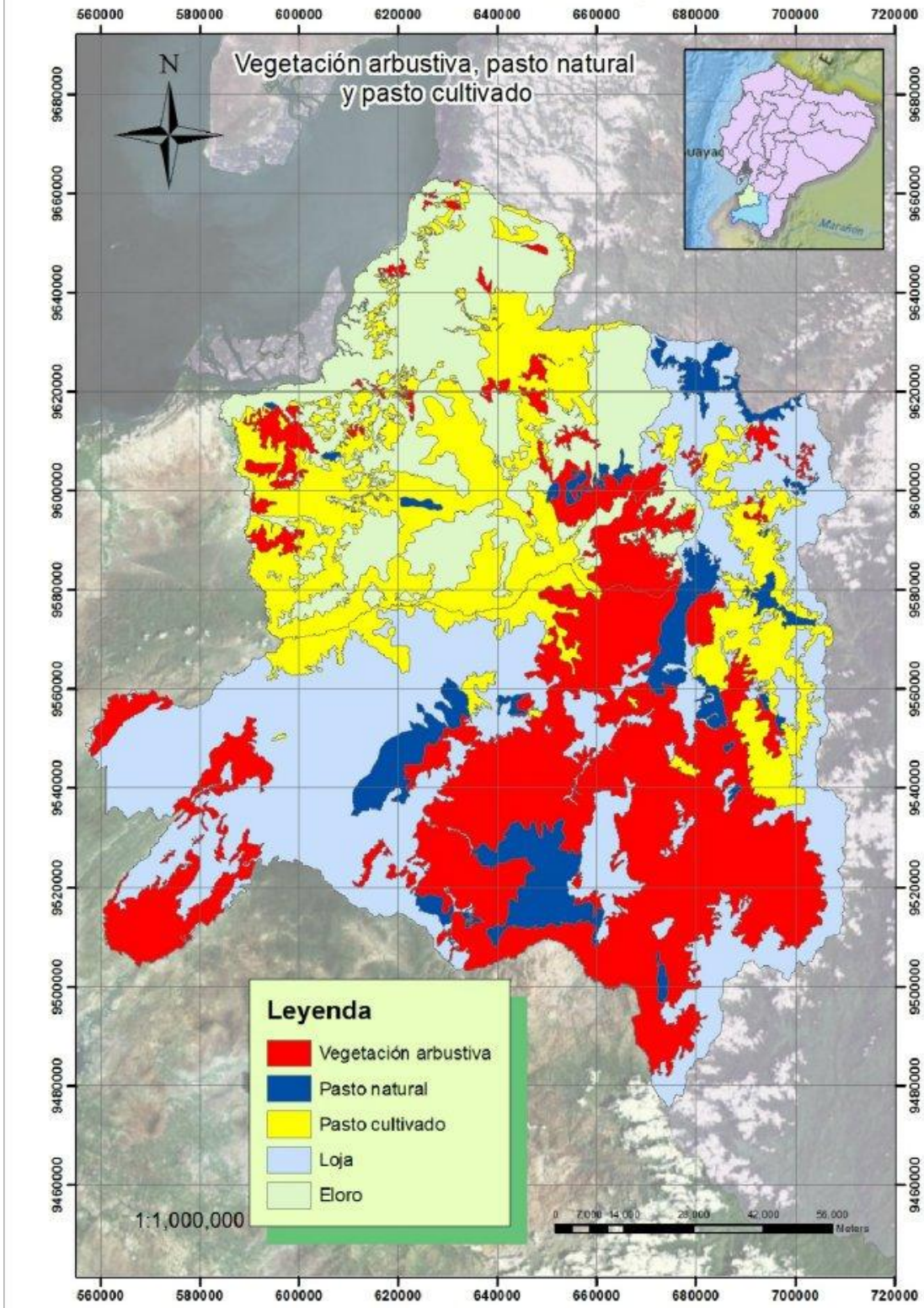
Mapa de elevaciones de Loja y El Oro



Mapa de elevaciones del Oro y Loja



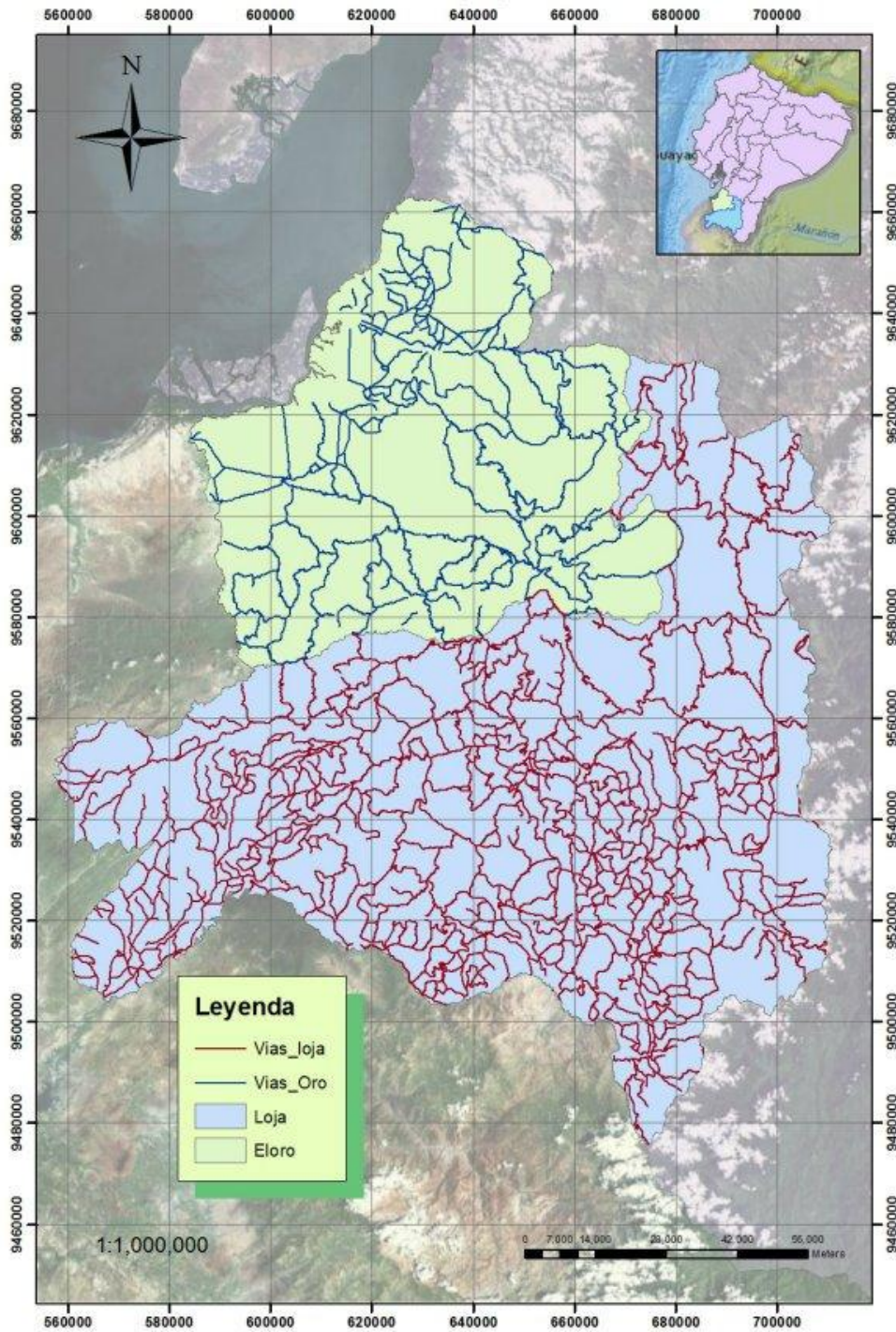
Diferentes usos del suelo de Loja y El Oro



Diferentes usos de suelo del Oro y Loja

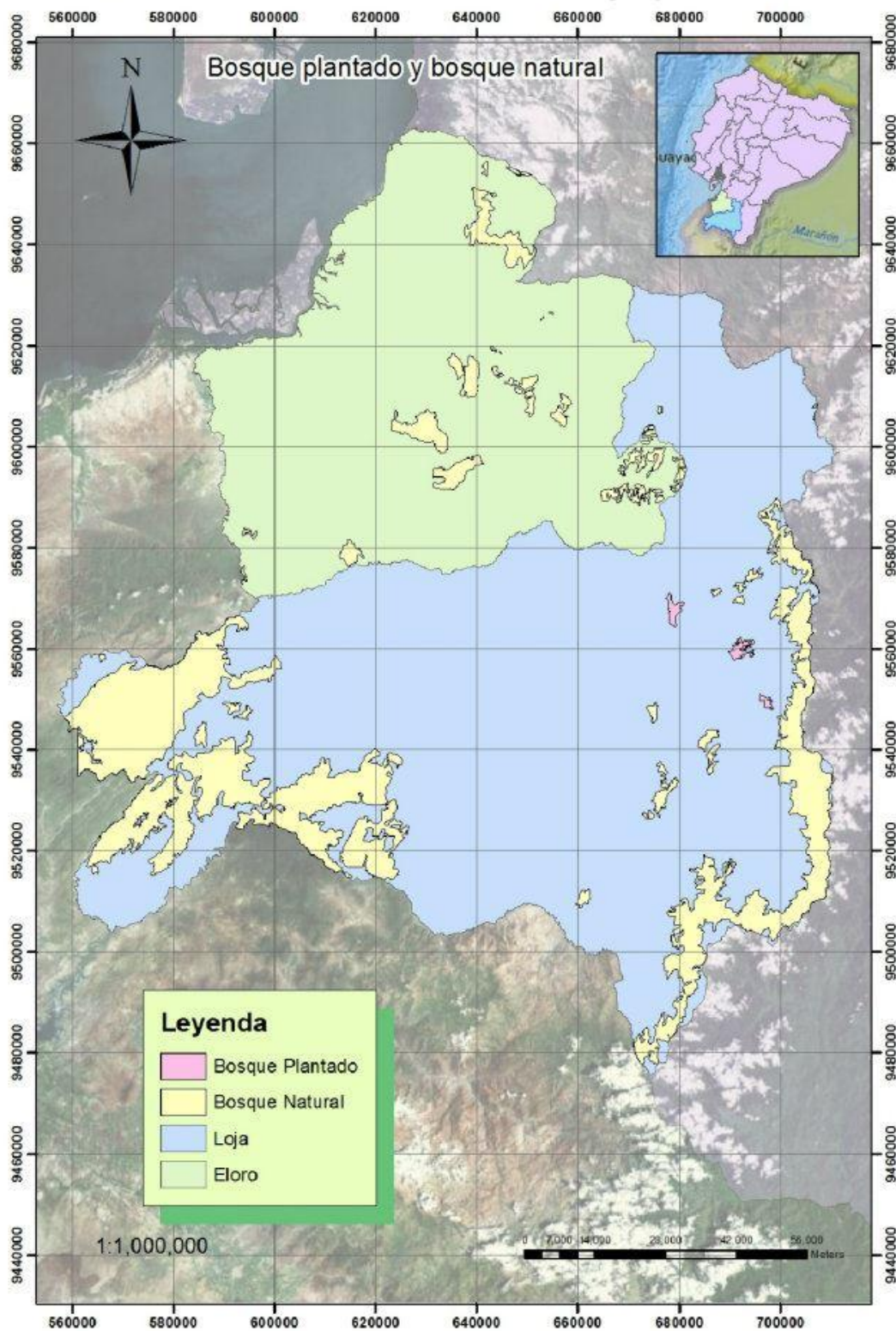


Vialidad de Loja y El Oro



Mapa de vialidad del Oro Y Loja

Diferentes usos del suelo de Loja y El Oro

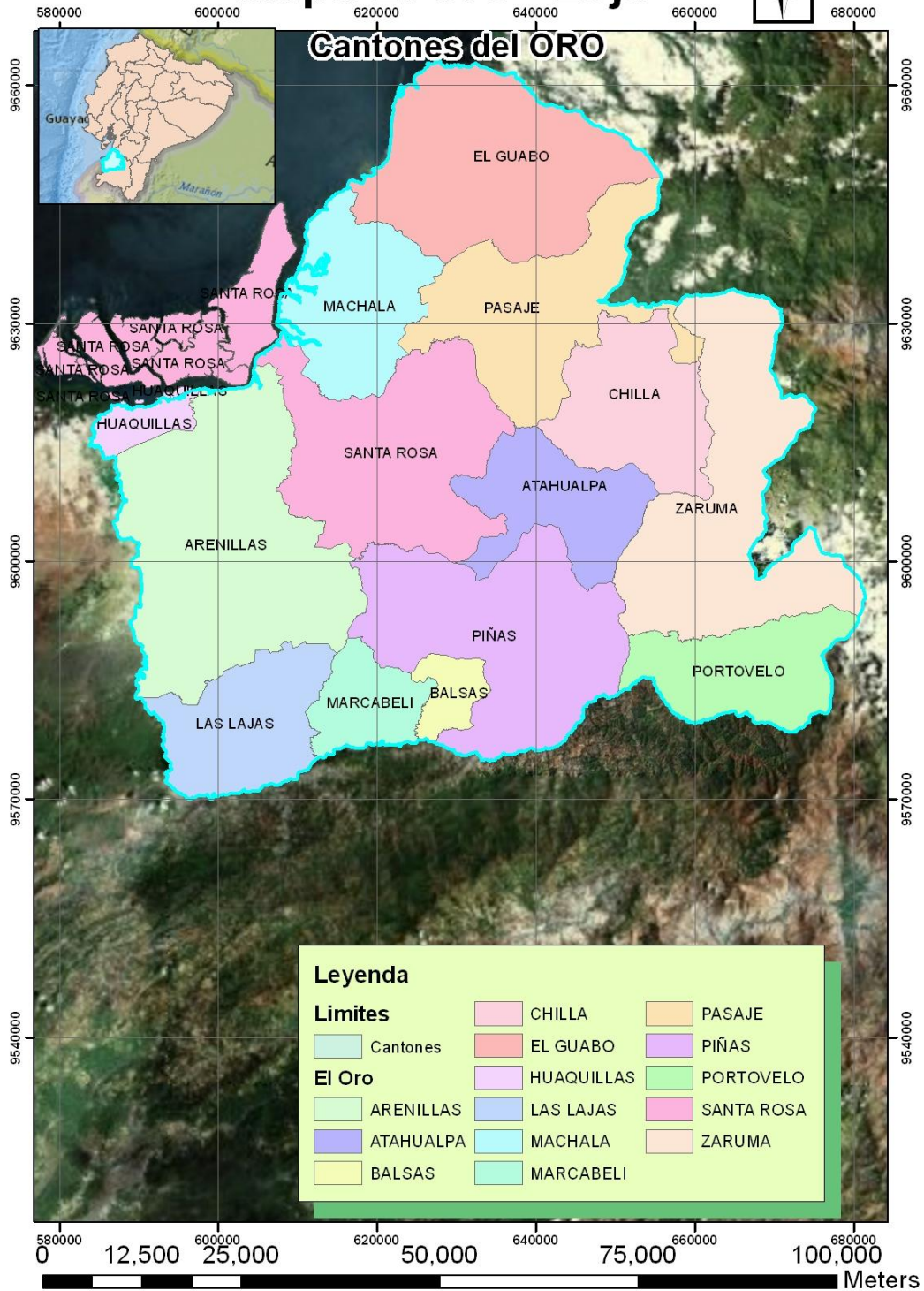


Mapa de Bosques en el Oro y Loja



1:600,000

Mapa El Oro - Loja

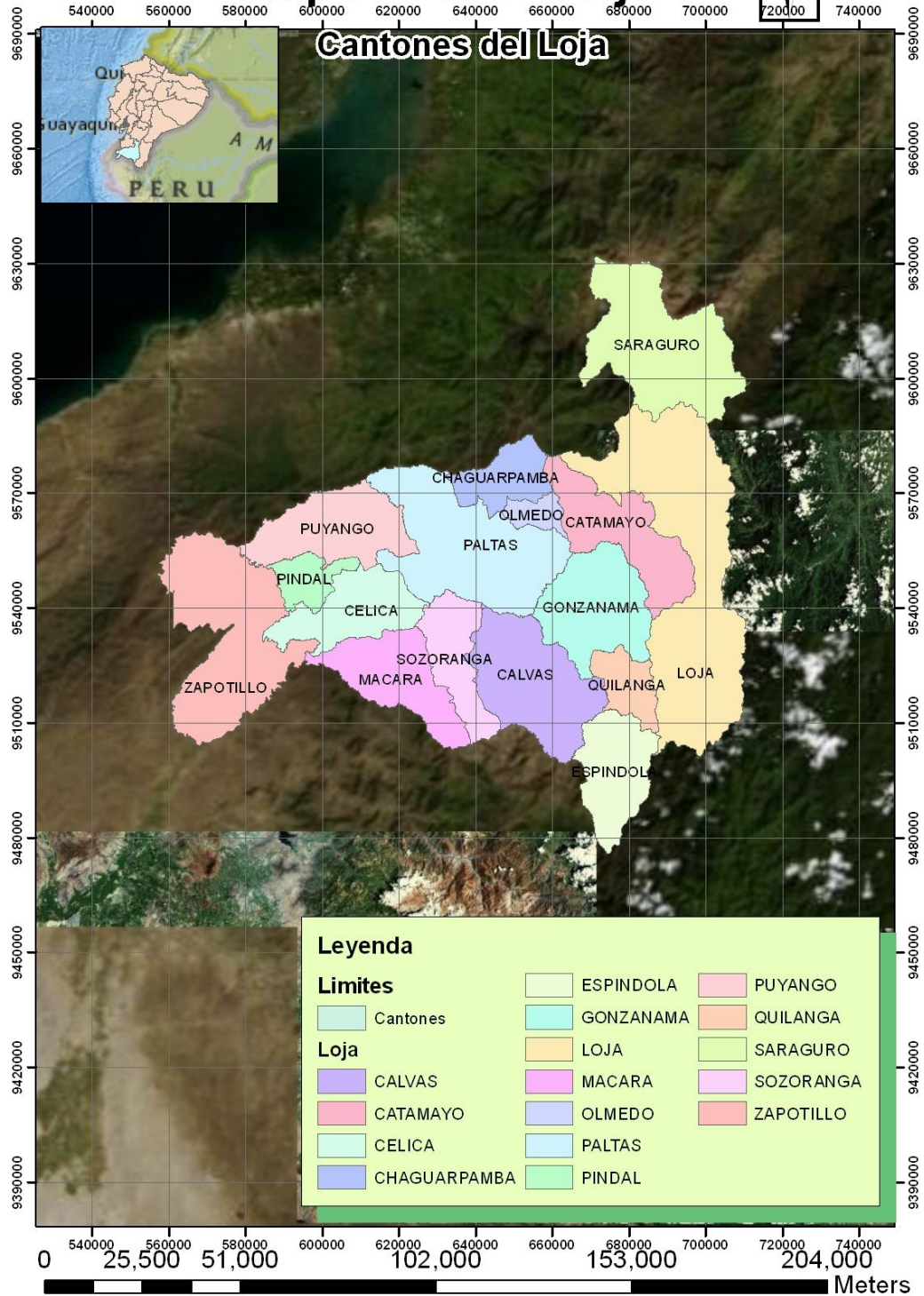


Aquí se puede observar el mapa de los cantones del Oro



1:1,250,000

Mapa El Oro - Loja



Aquí se observa el mapa de los cantones de Loja



1:2,500,000

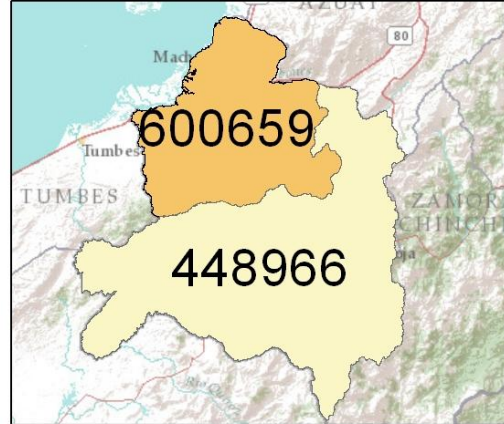
Mapa El Oro - Loja



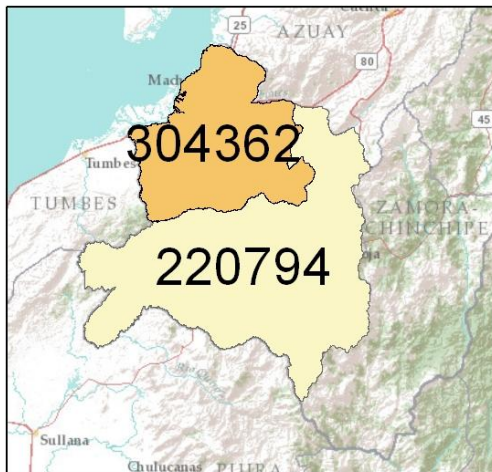
Provincias



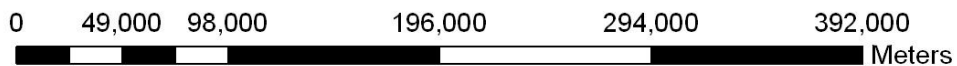
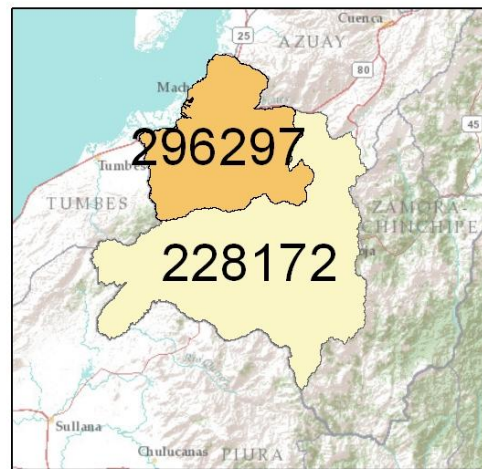
Numero de Habitantes



Sexo Masculino



Sexo Femenino

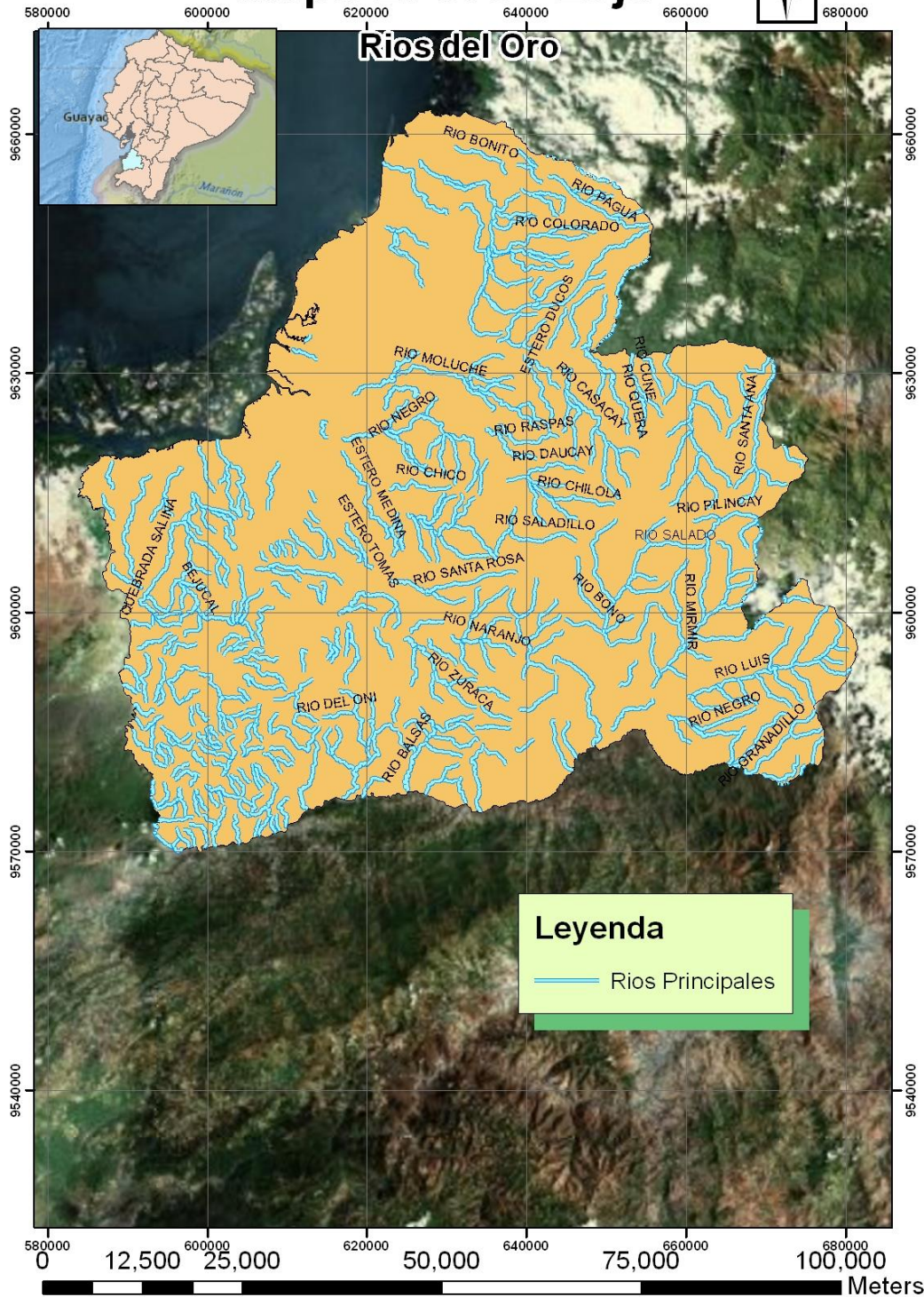


En este mapa se indica el número de habitantes masculino y femenino y el total de ambas provincias



1:600,000

Mapa El Oro - Loja



Se puede observar la red fluvial con los ríos principales de la provincia del Oro



1:3,000,000

Mapa El Oro - Loja



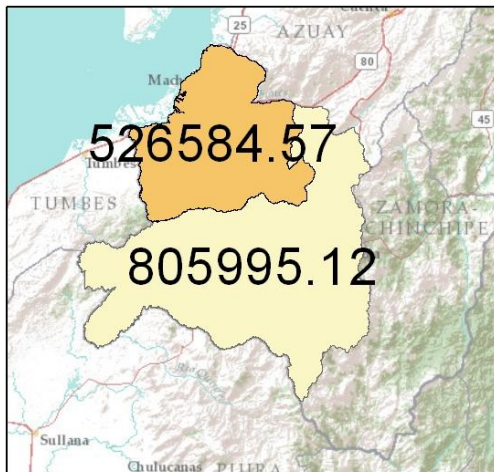
Ubicacion en el Ecuador



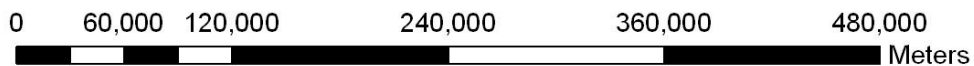
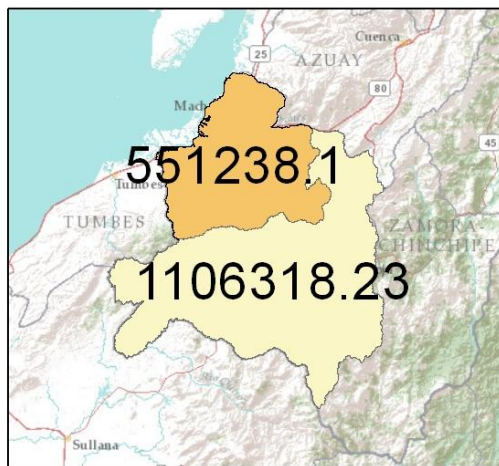
Provincias



Perimetro (metros)



Area (hectareas)

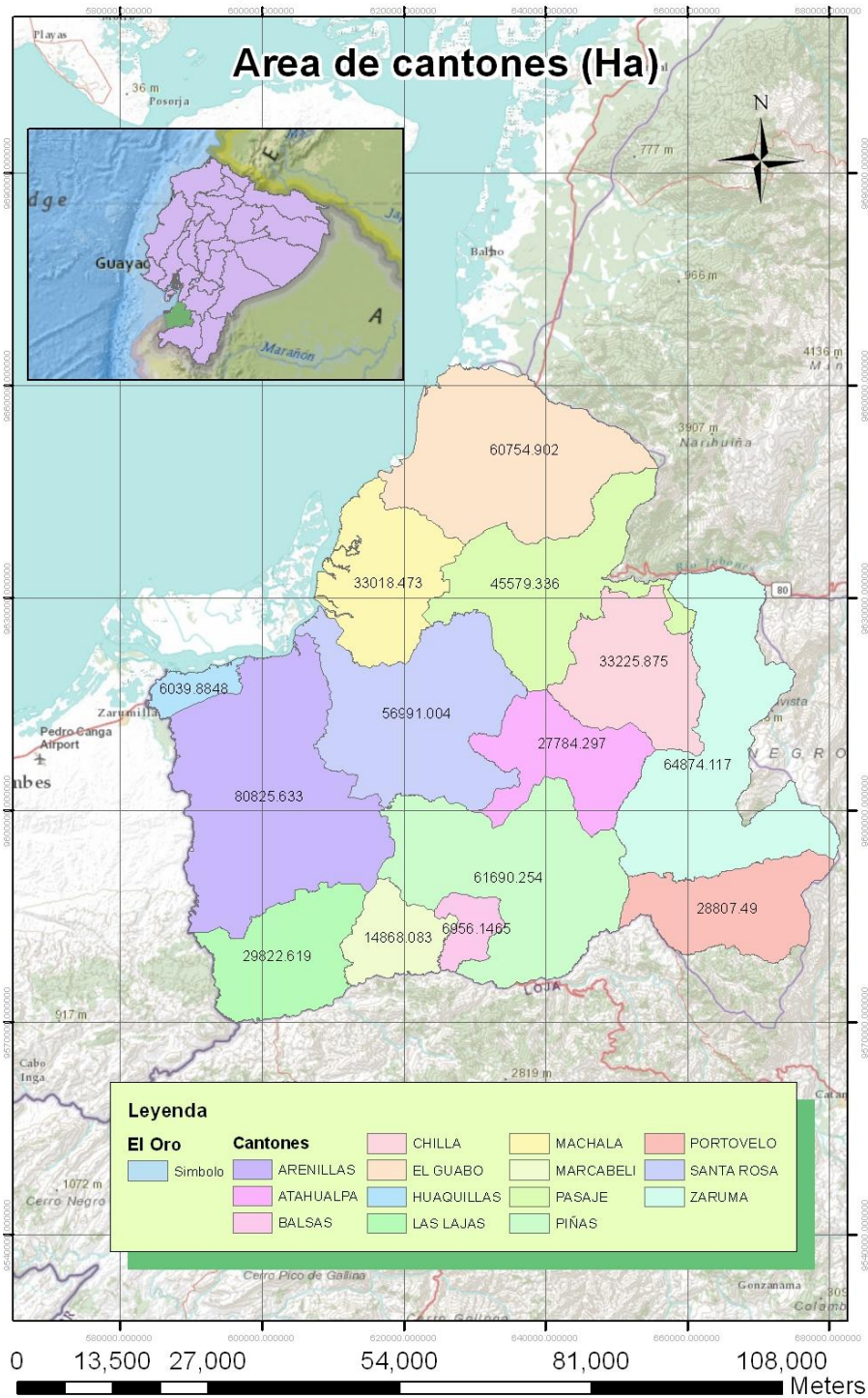


Se puede observar el perímetro y área correspondiente a cada provincia



1:735.875

Mapas El Oro - Machala



Mapa del área correspondiente a cada cantón de la provincia del Oro



CONCLUSIONES

- Debido al avance de la tecnología, el uso de satélites empleados para teledetección por parte de los diferentes países ya no es problema, es decir, para obtener como resultado una imagen digital basta con contratar los servicios del satélite según se a la conveniencia y en un lapso de tiempo relativamente corto se obtiene una imagen digital de las características que se necesiten.
- En el mercado existen diferentes tipos de sensores utilizados para teledetección, según sea la necesidad del cliente se puede encontrar desde sensores desde 0,5m de resolución, con imágenes pancromáticas o multiespectrales y con una resolución temporal diaria, es decir, se trata de satisfacer al máximo al cliente con una gran variedad de opciones en tiempos cortos.
- Ya que el tema de la teledetección es un tema bastante extenso, se elaboro esta monografía con el fin de crear una fuente de información para futuras generaciones que deseen hacer investigaciones en este campo, este documento contiene los conocimientos básicos que es necesario saber para realizar cualquier monografía o tesis relacionada con la teledetección.
- El lector después de revisar este documento estará en capacidad de distinguir diferentes tipos de imágenes que se obtiene en un proceso de teledetección, además de las diferentes características que tiene cada satélite para la toma de imágenes.
- Gracias a la teledetección, hoy en día resulta más fácil elaborar mapas temáticos que se pueden utilizar en diferentes campos según sea la necesidad del profesional, es decir los tiempos de elaboración disminuyen porque todo el tratamiento de la información es digital.
- Ya que el software ARGGIS, es un software que se puede encontrar libremente en el mercado, la elaboración de mapas y tratamiento de información resulta accesible para toda persona.
- Los estudios de uso de suelo, catastro, densidad poblacional, etc. Ya no es problema porque mediante imágenes satelitales y el empleo de software, se realizan estos estudios, claro que tiene un costo un poco mayor, pero en cambio el beneficio de acortar los tiempos es más rentable, se debería pensar en utilizar mas esta tecnología en el país ya que en algunas sectores de nuestro país se continua haciendo este tipo de estudios con levantamientos topográficos, información manual, etc.; es decir aprovechar al máximo esta tecnología e impulsar el desarrollo del país.



BIBLIOGRAFIA

- **Castillo, J.** Fotogrametría y Fotointerpretación. – [Cited 15 de Febrero de 2007]. Disponible desde Internet: <http://www.monografias.com/trabajos15/fotogrametria/fotogrametria.shtml>
- **Chuvieco, E.** Fundamentos de Teledetección Espacial. Rialp. 3Ed España. 1996. 568 p.
- **Chuvieco, E.** Teledetección Ambiental. Ariel. España. 2002. 586 p
- **Grupo de Investigación de Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.** Sensores Remotos. – [Cited 1 de Febrero de 2007]. Disponible desde Internet: <http://www.efn.uncor.edu/otros/foto/index.htm>