

# GEOMÁTICA PARA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN DE COBERTURA VEGETAL DE GALÁPAGOS

**Ing. Pablo Almeida T.**

*peameidat@hotmail.com*

**Resumen:** El archipiélago de Galápagos es parte del territorio nacional ecuatoriano y está formado por 13 islas grandes y más de 4 decenas de islotes de varios tamaños, distribuidos al norte y al sur de la línea ecuatorial; es de origen volcánico y constituye uno de los atractivos turístico y científico más conocidos del Ecuador. Con el fin de preservar las especies de flora y fauna y sus paisajes únicos, en 1936 fue nombrado Parque Nacional, y es así como el 97% del archipiélago tiene un estatus legal de protección; el resto, son áreas habitadas en las islas San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela, Floreana y Baltra. Este archipiélago fue declarado Patrimonio Mundial de la Humanidad por el Comité de Patrimonio de las Naciones Unidas y, en 1985, fue declarado como reserva de biósfera. Pese a ser un área de gran interés científico, en la cual trabaja una serie de instituciones preocupadas por la conservación de las islas, estas no contaban con cartografía actualizada, lo que, en gran medida, limitaba la posibilidad de realizar una planificación –especialmente, en las áreas de presión por parte de las actividades humanas- para el control de la propagación e introducción de especies “invasoras” que pueden impactar negativamente en el ambiente natural de las Galápagos. Para obtener el mapa de cobertura vegetal de las islas Galápagos, que, al ser un parque nacional, tiene muchas limitaciones y restricciones que no permiten un acceso libre para realizar cartografía con métodos directos, se utilizaron técnicas geomáticas de última generación, como son los sistemas de información geográfica (SIG), los sensores remotos (SR) y el sistema de posicionamiento global (GPS), que especialmente, en las dos últimas décadas, han tenido un avance vertiginoso.

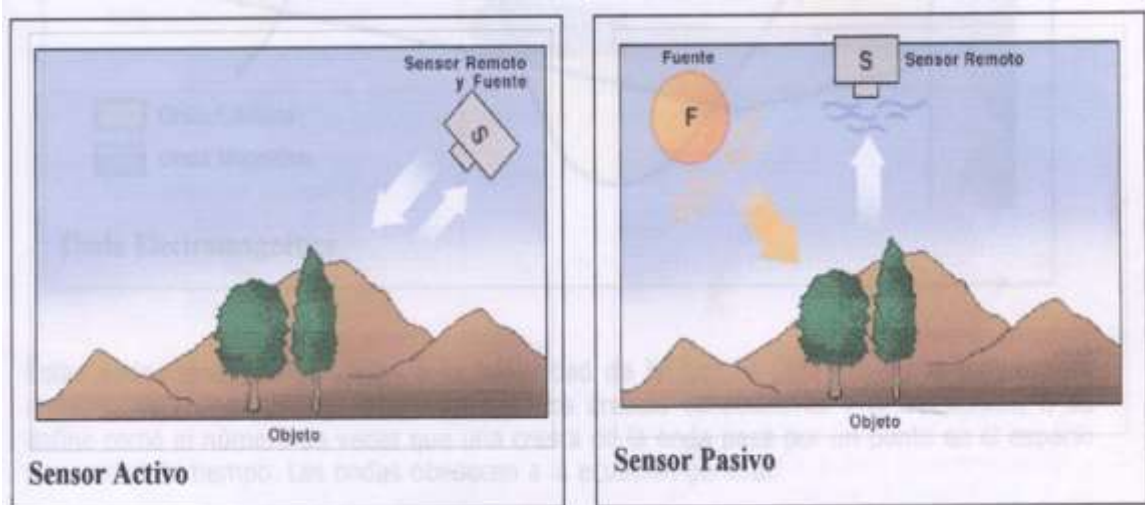
**Abstrac:** The Galapagos archipelago is part of the Ecuadorian national territory that consists of 13 large islands and more than 4 dozen little islands of various sizes spread north and south of the equator line; is of volcanic origin and is one of the tourist attractions and Ecuador celebrity scientist. In order to preserve the flora and fauna and its unique landscapes, in 1936 he was appointed as a National Park, so that 97% of the archipelago has a legal protection status; the rest, are habited areas on the San Cristobal, Santa Cruz, Isabela, Floreana and Baltra islands. This archipelago was declared World Heritage Site in 1979 by the Heritage Committee of the United Nations and, in 1985, was declared as a biosphere reserve. Despite being an area of great scientific interest, they work a number of institutions concerned with the conservation of the islands, they did not have updated maps, which greatly limits the possibility of planning, especially in areas of pressure from human activities and to control the spread and introduction of "invasive" species that can negatively impact the natural environment of the Galapagos. For land cover map of the Galapagos Islands, which, being a National Park, has many limitations and restrictions that do not allow free access for mapping with direct methods, geomatics art techniques were used, such as geographic information systems (GIS), remote sensing (RS) and global positioning system (GPS), which especially in the last two decades have had a rapid advance.

## I. Base Teórica

Con el fin de que tener una fácil comprensión de los procedimientos realizados para cumplir con el objetivo de contar con productos cartográficos de cobertura vegetal y uso del suelo de las islas Galápagos se hace necesario explicar brevemente la base teórica en la que se fundamenta el desarrollo del proyecto:

*Los documentos cartográficos* son un medio importante para comunicar y documentar los fenómenos y la realidad existente en un determinado lugar. A lo largo de la historia los diferentes grupos humanos han utilizado diversas formas de representar la distribución espacial de los objetos, rasgos geográficos o realidades presentes en el entorno en el cual se desarrollaban como maderas, guijarros, huesos o placas de cerámica, pero la generación de éstos documentos se ha ido transformando con los adelantos de la ciencia y de la tecnología., es así que con la evolución de la informática y sus aplicaciones a la geografía y a la cartografía, se ha reducido el tiempo de procesamiento, se ha aumentado la capacidad de archivar y de recuperar grandes volúmenes de datos, permitiendo la ejecución de tareas que hace muy poco tiempo no se podían realizar. La geomática es un conjunto de la tecnología utilizada entre la que están los sensores remotos SR, el sistema de posicionamiento global GPS, y los sistemas de información geográfica SIG.

*Los sensores remotos*, son instrumentos que permiten percibir y capturar información de uno o varios objetos sin tener un contacto directo con ellos, son ejemplos de éstos la visión la audición, el olfato. Existen dos tipos de sensores remotos los activos y los pasivos, los primeros son aquellos que tienen su propia fuente de energía y los últimos necesitan una fuente de energía externa como por ejemplo el sol o la emitida por los mismos cuerpos que se estudia.



**Figura 1.** Tipos de sensores remotos

Fuente: Almeida 2006

*La teledetección* utiliza los datos de la superficie terrestre registrados por los sensores remotos permitiendo la generación de productos cartográficos de extensas zonas de territorio, interpretación de sus recursos y como apoyo para la planificación territorial e investigación científica. Esta técnica fue una de las alternativas idóneas para la obtención de cartografía en las islas, tanto por las limitaciones de acceso debido a la naturaleza del territorio mismo, en estudio así como por su estatus legal de protección que no permite muchas de las actividades para realizar cartografía convencional en campo, en su condición de parque nacional.

Los Sistemas de Información Geográfica SIG, han permitido dar un gran salto en la evolución de la cartografía, tanto analógica como digital, puesto que a incorporado

“inteligencia” a los datos, los mismos que integrados y modelados pueden ser de gran apoyo en actividades como planificación e investigación. Estos sistemas brindan herramientas versátiles y poderosas para el manejo de datos e información espacial. Las funciones básicas de los SIG son:

**Ingreso de Información.-** Esta función se la puede hacer de varias formas entre las que se pueden mencionar, digitalización manual, escaneo, vectorización o importación de información provenientes desde otros sistemas como GPS, sensores remotos o CAD (Dibujos Asistidos por Computador). Uno de los mayores logros del proyecto fue sin duda la posibilidad de sistematizar información proveniente de diversas fuentes y con diferentes formatos e incorporarlos en una base de datos espacial, que los organice e integre con la información generada por el proyecto.

**Gestión de la información.-** Se incluyen dentro de esta función operaciones de edición o preparación de la información espacial, para que pueda ser almacenada sin “errores de origen”, como falta de integridad, duplicidad, fallas topológicas, integración en un mismo sistema de coordenadas, etc., adicionalmente esta funcionalidad permite la transformación y modelación matemática de los datos, la obtención de información estadística desde los atributos de las capas ingresadas o primarias y la generación de nuevas capas de información a través de superposición o modelamiento cartográfico. Una parte importante de esta función es la de almacenamiento de la información que en el proyecto tuvo una importancia crítica ya que una de las condiciones fue que la información contenida en el repositorio de base de datos espacial fuera totalmente accesible y transferible para diversos usuarios.

**Salida de la información.-** Permite distribuir o publicar la información de mapas, tablas o textos, de acuerdo con los distintos niveles de acceso (interno o externo) de los perfiles definidos.

**El Sistema de Posicionamiento Global GPS.-** es una tecnología que permite determinar la posición de un rasgo geográfico, con diversos rangos de precisión de acuerdo con el equipo que se utilice (navegador, GPS de ingeniería o GPS de precisión) y las condiciones del área de estudio (nubosidad, cobertura vegetal, relieve, etc.).

## **II. Proceso Metodológico**

Todo proyecto de éste tipo inicia con un inventario de y categorización de la información geográfica y textual que servirá de apoyo para el desarrollo de las diferentes actividades dentro de la generación de cartografía. En esta etapa se tienen en consideración aspectos como la temporalidad, fuente, nivel de detalle, cobertura, para evaluar la información existente y los vacíos que se tienen, que serán factores importantes con el fin de no duplicar esfuerzos, no mal gastar contingente humano y recursos económicos de manera innecesaria así como para determinar los requerimientos de información para cumplir con los objetivos del proyecto.

Luego de analizar la información y vacíos existentes, se adquirieron imágenes de los diferentes satélites, para esta adquisición se evaluó el cubrimiento del territorio por parte de las imágenes, la cantidad de nubes y la calidad de las imágenes así como las resoluciones espacial y temporal de estas. Es así que se seleccionaron las imágenes de los satélites Spot 5 (de 5 m de resolución 8 imágenes y 14 de resolución de 20m) Aster (13 imágenes de resolución de 15 y 30 m) y QuikBird para partes de las islas Isabela, Santiago, Santa Cruz y San Cristóbal).



**Foto 1** Área urbana de la isla San Cristóbal

Luego, por medio del uso de GPS de precisión se tomaron 253 puntos de control para georeferenciar las imágenes; estos puntos se distribuyeron de acuerdo con el detalle que se presenta en la Tabla 1.

**TABLA 1** Distribución de puntos de control

<b>ISLA</b>	<b>Nº PUNTOS</b>
<b>BALTRA</b>	4
<b>DARWIN</b>	3
<b>ESPAÑOLA</b>	18
<b>FERNANDINA</b>	17
<b>GENOVESA</b>	6
<b>ISABELA</b>	79
<b>MARCHENA</b>	3
<b>PINTA</b>	7
<b>SAN CRISTOBAL</b>	31
<b>SANTA CRUZ</b>	30
<b>SANTA MARÍA</b>	22
<b>SANTIAGO</b>	30
<b>WOLF</b>	3
<b>TOTAL</b>	<b>253</b>

Para la obtención del mapa de cobertura vegetal y uso del suelo a escala 1: 50000, como primer paso, se generó un sistema de clasificación de la vegetación, basado en diferentes niveles; así se tienen:



**Foto 2** Pastos y Vegetación Arbórea, de la Isla Santa Cruz

**TABLA 2** Sistema de clasificación de la vegetación para el estudio

Fisonómico	Ambiental	Estratificación	Fisiográfico	Biótico	Nombre propuesto
<b>Arbórea</b>	Seca	Abierta	No importa el lugar en el que se encuentren	Nombre científico de la planta	De acuerdo al conjunto de las características de los niveles de clasificación
		Cerrada			
		Mixta			
	Húmeda	Abierta			
		Cerrada			
		Mixta			
<b>Arbustiva</b>	Seca		Litoral		
		Abierta	No importa el lugar en el que se encuentren		
		Cerrada			
	Mixta				
	Húmeda	Abierta			
		Cerrada			
Mixta					
<b>Herbácea</b>	Seca	Abierta	Pampa Pantano		
		Cerrada			
		Mixta			
	Húmeda				
<b>Manglar</b>					
<b>Pionera</b>			Playas y Dunas		
			Tufa y escoria		
			Ceniza volcánica		
			Lava		

A partir de este sistema de clasificación, se obtuvo la siguiente leyenda para el mapa de cobertura vegetal y uso del suelo:

**TABLA 3** Leyenda del mapa de cobertura vegetal y uso del suelo

COBERTURA		USO
TIPO	SUBTIPO	
<b>MANGLAR</b>	Manglar	<b>VEGETACIÓN NATURAL</b>
<b>ARBÓREA</b>	Arbórea seca abierta de Palo Santo	
	Arbórea seca cerrada de Palo Santo	
	Arbórea seca mixta: P. Santo, Pega pega, Matazarro	
	Arbórea de transacción Guayabillo, Lechoso, U. Gato	
	Arbórea húmeda de Lechoso	
<b>ARBUSTIVA</b>	Arbustiva seca en Litoral de Monte Salado	
	Arbustiva seca mixta: Lechoso, Tuna, Chala	
	Arbustiva seca abierta de Muyuyo	
	Arbustiva seca abierta de Algarrobo	
	Arbustiva seca abierta de Chala	
	Arbustiva seca abierta de Palo Verde	
	Arbustiva seca cerrada de Muyuyo	
	Arbustiva seca cerrada de Algarrobo	
	Arbustiva seca cerrada de Chala	
	Arbustiva húmeda de Helecho Arbóreo	
	Arbustiva húmeda de Chala	
<b>HERBÁCEA</b>	Herbácea litoral mixta Suculentas y pastos	
	Herbácea seca abierta	
	Herbácea seca cerrada	
	Herbácea húmeda	
<b>PIONERA</b>	Vegetación pionera sobre playas y dunas	
	Vegetación pionera sobre tufa y escoria	
	Vegetación pionera sobre ceniza volcánica	
	Vegetación pionera sobre lava	
<b>CULTIVADA</b>	Área con cultivos	<b>AGROPECUARIO</b>
	Área de pastos	
	Área con Asociaciones Agrícolas	
<b>AFLORAMIENTOS ROCOSOS</b>	Lava reciente	<b>ERIALES</b>
	Lava antigua	
<b>SUELOS DESNUDOS</b>	Suelos erosionados	<b>ERIALES</b>
	Playas	
<b>AGUA</b>	Lagunas	<b>CUERPOS DE AGUA</b>
	Humedales	
<b>INFRAESTRUCTURA</b>	Urbana	<b>RASGOS CULTURALES</b>
	Portuaria	

TIPO	COBERTURA		USO
	SUBTIPO		
	Aeroportuaria		
	Otros		

Una vez definida la “leyenda de cobertura vegetal y uso del suelo”, se realizaron varios procedimientos de tratamiento digital de las imágenes, que incluyen las correcciones atmosféricas, filtros, georreferenciación, elaboración de mosaicos y una clasificación supervisada. Cabe mencionar que, paralelamente, se efectuó un muestreo de cobertura vegetal con la toma de puntos de control. Luego se obtuvieron las capas preliminares que fueron editadas después de la supervisión de campo. Por último, se elaboraron las capas finales para la elaboración del mapa de cobertura vegetal y uso del suelo del archipiélago de Galápagos. Los resultados, a nivel de todo el archipiélago, son los siguientes:

**TABLA 3** Resultados a nivel de todo el archipiélago

COBERTURA VEGETAL Y USO DE LAS ISLAS GALÁPAGOS EN HECTÁREAS					
TIPO DE COBERTURA	HA	%	USO	HA	%
<b>MANGLAR</b>	2145,89	0,27	VEGETACION NATURAL	611 965,33	76,49
<b>ARBÓREA</b>	207 699,85	25,96			
<b>ARBUSTIVA</b>	120 398,33	15,05			
<b>HERBÁCEA</b>	130 269,47	16,28			
<b>PIONERA</b>	151 451,79	18,93			
<b>CULTIVADA</b>	13 985,05	1,75	AGROPECUARIO	13 985,05	1,75
<b>AFLORAMIENTO ROCOSOS</b>	152 802,99	19,1	ERIALES	153 011,40	19,13
<b>SUELOS DESNUDOS</b>	208,41	0,03			
<b>AGUA</b>	477,93	0,06	CUERPOS DE AGUA	477,93	0,06
<b>INFRAESTRUCTURA</b>	783,49	0,1	RASGOS CULTURALES	783,49	0,1

Se puede observar una predominancia de la vegetación natural con el 76% de la cobertura y el 19,13% de eriales, mientras que los otros tipos de uso son menores al 3%, dentro de los cuales las de uso agropecuario son el 1,75%.

Cabe señalar que se documentaron todos los procesos que permitieron elaborar los respectivos metadatos de cada una de las capas generadas.

### III. Conclusiones

Las tecnologías de la geomática son de gran ayuda al momento de hacer estudios de cobertura vegetal y uso del suelo.

El tratamiento digital de imágenes, si bien es de gran ayuda, de acuerdo con la experiencia, se requiere el apoyo de trabajo de campo en zonas de muestreo para obtener resultados óptimos.

En la actualidad, la utilización de los drones permite la elaboración de productos cartográficos con gran precisión y con un costo relativamente accesible.

Los sistemas de información geográfica son importantes a la hora de compilar y analizar los datos dentro del proyecto, para la integración de algunas clases y la obtención de información estadística de los resultados.

La generación de metadatos es de importancia crítica, pues estos constituyen la documentación de las capas que permiten a los usuarios conocer los procesos, virtudes y posibles defectos o limitaciones de la información, antes de su uso.

#### **IV. Referencias Bibliográficas**

Arthur H. Robinson, Joel L. Morrison, Philip C. John Wiley & Sons, Inc. (Six edition) (1995). Elements of Cartography.

Lillesand - Kiefer (Third edition) (1994) Remote Sensing and Image Interpretation

Erdas Imagine, (1997) Tour Guides

Joaquín Bosque Sendra, Francisco Escobar, Ernesto García, María Salado, ra- ma (1994) Sistemas de Información Geográfica