



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**

CENTRO DE POSTGRADOS

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**TEMA: USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA (SIG) Y TECNOLOGÍA ESPACIAL PARA LA
CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE GALÁPAGOS
MEDIANTE LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA Y
DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO**

**AUTORES: ALMEIDA TORRES, PABLO ENRIQUE
GUEVARA NOGALES, CÉSAR MARCELO**

DIRECTOR: ING. JÁCOME, WILSON

SANGOLQUÍ

2015

CERTIFICADO

Certifico que el trabajo de tesis "USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) Y TECNOLOGÍA ESPACIAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE GALÁPAGOS MEDIANTE LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA Y DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO" fue desarrollado en su totalidad por los ingenieros Pablo Enrique Almeida Torres y César Marcelo Guevara Nogales, como requerimiento parcial previo a la obtención de sus respectivos títulos de MAGÍSTER EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL. Este trabajo de tesis se sometió a las normas reglamentarias y fue realizado con la guía y supervisión periódicas correspondientes.

Sangolquí, 3 de junio de 2015



Ing. Wilson Jácome Enríquez

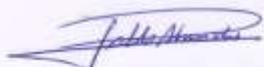
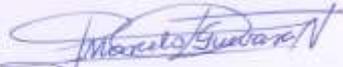
DIRECTOR

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

El trabajo de tesis “USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) Y TECNOLOGÍA ESPACIAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE GALÁPAGOS MEDIANTE LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA Y DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO”, ha sido desarrollado sobre la base de intensas actividades de coordinación e investigación, con estricto respeto a las normas de la Ley de Propiedad Intelectual y corresponde a un trabajo atribuible exclusivamente a sus autores.

Consecuente con lo anterior, declaramos que somos los autores del mencionado trabajo de tesis y que asumimos la total responsabilidad sobre su autenticidad y su contenido técnico-científico.

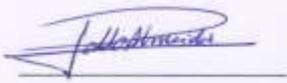
Sangolquí, 3 de junio de 2015

 Ing. Pablo Enrique Almeida Torres	 Ing. César Marcelo Guevara Nogales
--	--

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Ing. Pablo Enrique Almeida Torres e Ing. César Marcelo Guevara Nogales, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE- para que pueda publicar en su biblioteca virtual el trabajo de tesis “Uso de los sistemas de información geográfica (SIG) y tecnología espacial para la conservación de los ecosistemas de Galápagos mediante la generación de información básica y de cobertura vegetal”, cuyo contenido integral son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 3 de junio de 2015

	
Ing. Pablo Enrique Almeida Torres	Ing. César Marcelo Guevara Nogales

DEDICATORIA

*A Él, Hacedor de
todo y de todos los
impulsos en nuestras
vidas. ¡He aquí otro
testimonio!*

AGRADECIMIENTO

A quienes creen en la constante evolución del conocimiento humano y, en el propósito perpetuo de su engrandecimiento, comparten sin ambages su sabiduría y sus experiencias. Así, en nuestra memoria permanecerá indeleble nuestro profundo agradecimiento a nuestros dilectos e ilustres catedráticos, al personal directivo y de apoyo de la Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE-; a respetables instituciones, como el Ministerio del Ambiente del Ecuador (Parque Nacional Galápagos), Ministerio de Agricultura y Ganadería (SIGAGRO), *The Nature Conservancy*, Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos –CLIRSEN-, Instituto Geográfico Militar –IGM-, Instituto Oceanográfico de la Armada –INOCAR-, Fundación Charles Darwin, Instituto Nacional Galápagos –INGALA-, Fundación ECOCIENCIA, Universidad de Carolina del Norte, entre otras, por su invaluable aporte técnico y científico para la concreción de este trabajo. Y, con toda certeza, nuestra amorosa gratitud a nuestras familias, por ser el motor y la razón permanentes de nuestros afanes en la búsqueda de un porvenir más promisorio.

Sangolquí, 3 de junio de 2015

Pablo Enrique y César Marcelo

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
RESUMEN.....	ix
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivo General	1
1.3 Objetivos específicos	1
1.4 Área de estudio	1
CAPÍTULO II. BASE TEÓRICA	3
2.1 Sensores remotos	3
2.2 Sistema de Información Geográfica –SIG-.....	8
2.3 Sistemas de Posicionamiento Global –GPS-	13
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	17
3.1 Inventario y análisis de la información existente.....	17
3.2 Adquisición de imágenes	17
3.3 Adquisición y asignación de puntos de control	22
3.4 Georreferenciación de las imágenes	23
3.5 Rectificación de las imágenes	23
3.6 Mosaico de imágenes de las Islas	24
CAPÍTULO IV. CARTOGRAFÍA BASE	25
4.1 Adquisición de modelo digital del terreno	25
4.2 Generación de curvas de nivel	27
4.3 Generación de la planimetría a escala 1:50.000.....	28
4.4 Generación de base de datos a escala 1:50.000	29
4.5 Diseño de mapas base a escala 1:50.000.....	29

CAPÍTULO V. MAPA DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO ESCALA 1:50.000	31
5.1. Coordinación con TNC para la metodología y leyenda	31
5.2 Metodología	31
5.1.1. Recopilación y análisis de información	32
5.1.2. Preprocesamiento	36
5.1.3. Interpretación	44
5.1.4. Cartografía temática	48
5.2. Resultados	50
5.2.1. Leyenda temática	50
5.2.2. Cartografía temática	56
5.3. Conclusiones	80
CAPÍTULO VI. METADATOS DE IMÁGENES, MAPAS BASE Y MAPAS DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO.....	82
6.1 Definición	82
6.2 ¿Por qué Metadatos?	82
6.3 Estándar de un metadato geográfico	83
6.4 Realización de los metadatos	86
CAPÍTULO VII. ESTRUCTURA DE LOS ARCHIVOS	87
CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES ...	90
8.1. Conclusiones	90
8.2. Recomendaciones	90
BIBLIOGRAFÍA.....	92
ANEXOS CARTOGRÁFICOS	96
ÍNDICE DE TABLAS.....	97
ÍNDICE DE CUADROS.....	98
ÍNDICE DE FIGURAS.....	100

RESUMEN

The Nature Conservancy –TNC- es una organización fundada en 1951, con presencia en 28 países y más de 400 oficinas mundiales. Trabaja en Sudamérica con 5 programas de conservación. En el Ecuador (con sede en Quito), labora formalmente desde 1994, de acuerdo con un Convenio de Conservación firmado con el Ministerio de Relaciones Exteriores. Su misión está orientada a conservar la biodiversidad y los ecosistemas del país y a proporcionar asistencia técnica, financiera y científica a los entes decisores en conservación. La aproximación “Diseño para la Conservación” de TNC es una herramienta de planificación que trasciende las fronteras. El trabajo se planifica por ecorregiones y abarca las prioridades de conservación de la biodiversidad. TNC opera en Galápagos por más de 10 años y da asistencia técnica y apoyo a organizaciones que velan por la conservación de las islas, pero, su primordial preocupación, ha sido el tema de la cartografía; su falta ha impedido una adecuada planificación, pues los mapas cartográficos existentes contenían errores y los de vegetación no respondían a la realidad. El 17 de junio de 2005, TNC firmó el contrato N° RTU 165, con el CLIRSEN –entidad rectora de la teledetección, propulsora del inventario de los recursos naturales y del ambiente-, para elaborar estas cartografías de las Islas Galápagos: básica planimétrica, con una superficie cercana a los 8000 km², a escala 1:50. 000; temática sobre cobertura vegetal, a escala 1:50. 000, de acuerdo con la leyenda coordinada con TNC, y la de 4 especies invasoras en las área húmedas delimitadas por el Parque Nacional Galápagos, en las islas Isabela, Santiago, Santa Cruz, San Cristóbal y Floreana, en casi 25 000 ha. Para alcanzar estos objetivos, hubo reuniones y compromisos conjuntos con instituciones como el MAE, IGM, SIGAGRO, Fundación Charles Darwin, Universidad de Carolina del Norte, Fundación ECOCIENCIA. Este trabajo de tesis está concebido sobre la base técnica del mencionado contrato.

PALABRAS CLAVES:

- **CONSERVACIÓN**
- **BIODIVERSIDAD**
- **“DISEÑO PARA CONSERVACIÓN”**
- **CARTOGRAFÍA**

ABSTRAC

The Nature Conservancy –TNC- is an organization founded in 1951, with a presence in 28 countries and more than 400 offices worldwide. Works in South America with five conservation programs. In Ecuador (Quito-based), formally works since 1994, according to a Conservation Agreement signed with the Ministry of Foreign Affairs. Its mission is aimed at conserving biodiversity and ecosystems of the country and provide technical, financial and scientific support to decision makers in conservation bodies. The approach "Conservation by Design" TNC is a planning tool that transcends borders. The work is planned for ecoregions and covers the priorities of biodiversity conservation. TNC operates in Galapagos for over 10 years and provides technical assistance and support to organizations that ensure the conservation of the islands, but its primary concern has been the theme of cartography; their lack prevented the proper planning, because existing cartographic maps contained errors and vegetation did not respond to reality. On June 17, 2005, TNC signed the contract N° RTU 165, with CLIRSEN –leader entity in remote sensing, propellant of natural resources inventory and of environment- to develop these cartographies of the Galapagos Islands: basic planimetric, with a surface area 8000 km², to 150 000 scale; thematic of vegetation cover to 150 000 scale, according to legend coordinated with TNC, and of 4 invasive species in the humid area bounded by the Galapagos National Park, on Isabela, Santiago, Santa Cruz, San Cristobal and Floreana islands, in almost 25 000 ha. To achieve these objectives, there were meetings and joint commitments with institutions such as MAE, IGM, SIGAGRO, Charles Darwin Foundation, University of North Carolina, ECOCIENCIA Foundation. This thesis is conceived on the technical basis of that contract.

KEYWORDS:

- **BIODIVERSITY**
- **CONSERVATION**
- **“DESIGN FOR CONSERVATION”**
- **CARTOGRAPHY**

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Sobre la base del contrato *The Nature Conservancy* N° RTU 165, suscrito en la ciudad de Quito, el 17 de junio de 2005, entre *The Nature Conservancy* –TNC- y el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos –CLIRSEN- y con fundamento en las especificaciones técnicas acordadas, se realiza el presente trabajo de tesis, el mismo que ha sido ejecutado tomando como fuente imágenes de los satélites SPOT, EROS y ASTER.

1.2 Objetivo General

Elaborar la cartografía básica y temática de las Islas Galápagos.

1.3 Objetivos específicos

Elaborar la cartografía básica planimétrica y altimétrica de las Islas Galápagos, con una superficie aproximada de 8.000 kilómetros cuadrados, a escala 1:50.000.

Elaborar la cartografía temática sobre cobertura vegetal de las Islas Galápagos, a escala 1:50.000, de acuerdo con la leyenda coordinada con TNC.

1.4 Área de estudio

El área de estudio comprende el Archipiélago de Galápagos, en la República del Ecuador, como se muestra a continuación:

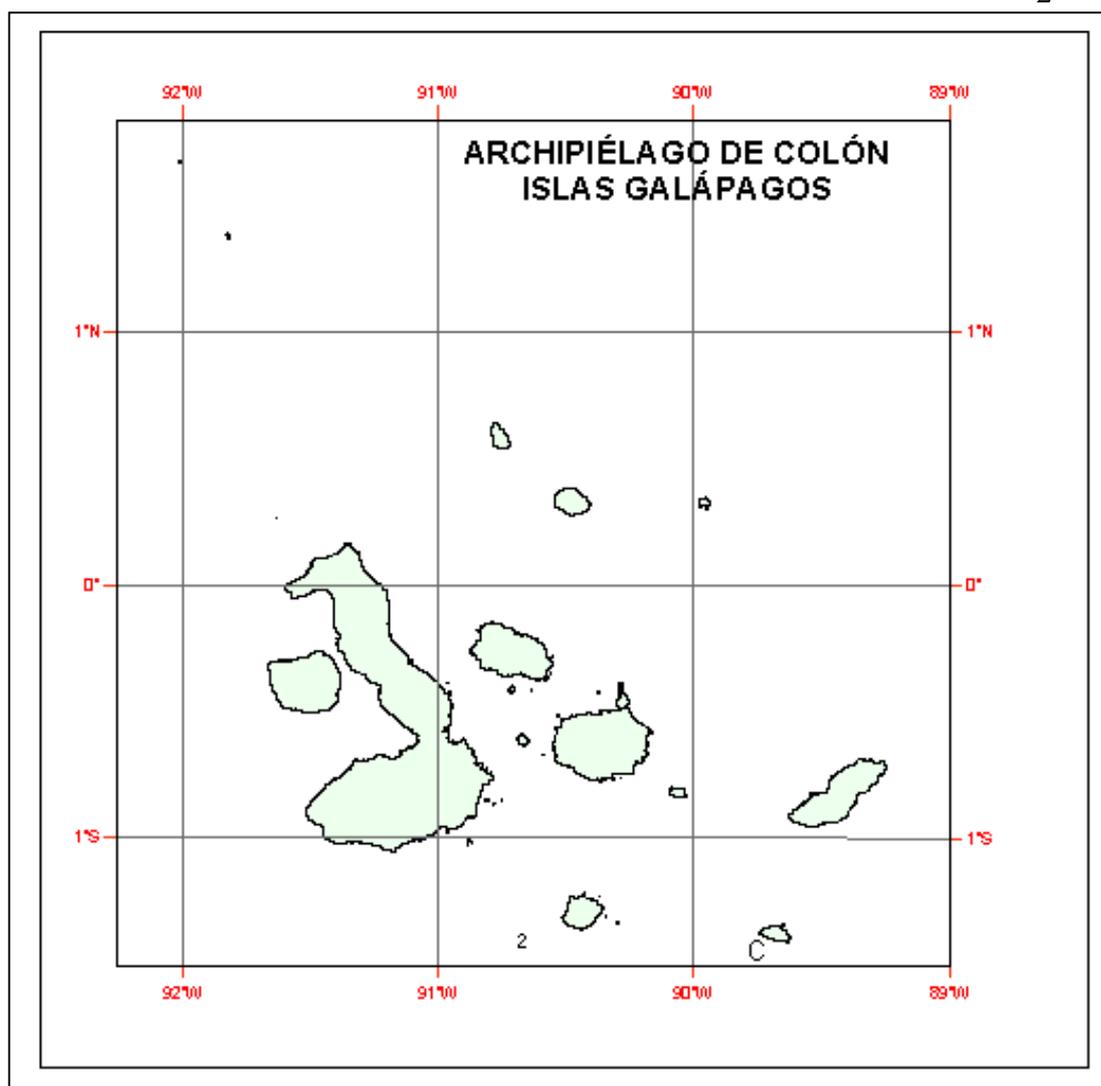


Figura 1. Archipiélago de Colón Islas Galápagos

CAPÍTULO II. BASE TEÓRICA

Con el fin de que se comprendan todos los procedimientos, tanto generales cuanto particulares, realizados para la obtención de los productos del proyecto, en el presente capítulo se explican brevemente 3 tecnologías: teledetección, Sistema de Información Geográfica –SIG- y Sistema de Posicionamiento Global –GPS-, en las cuales se fundamenta su desarrollo.

2.1 Sensores remotos

Los sensores remotos son instrumentos que permiten percibir y capturar información de uno o de varios objetos, sin tener un contacto directo con ellos; en este sentido, la visión, audición y olfato son ejemplos de sensores remotos del ser humano. Existen 2 tipos de sensores remotos: a) sensores activos y b) sensores pasivos. Los activos son aquellos que tienen su propia fuente de energía; pasivos, los que utilizan una fuente de energía ajena a ellos (ejemplo: la luz del sol o la emitida por los propios cuerpos que se estudian).

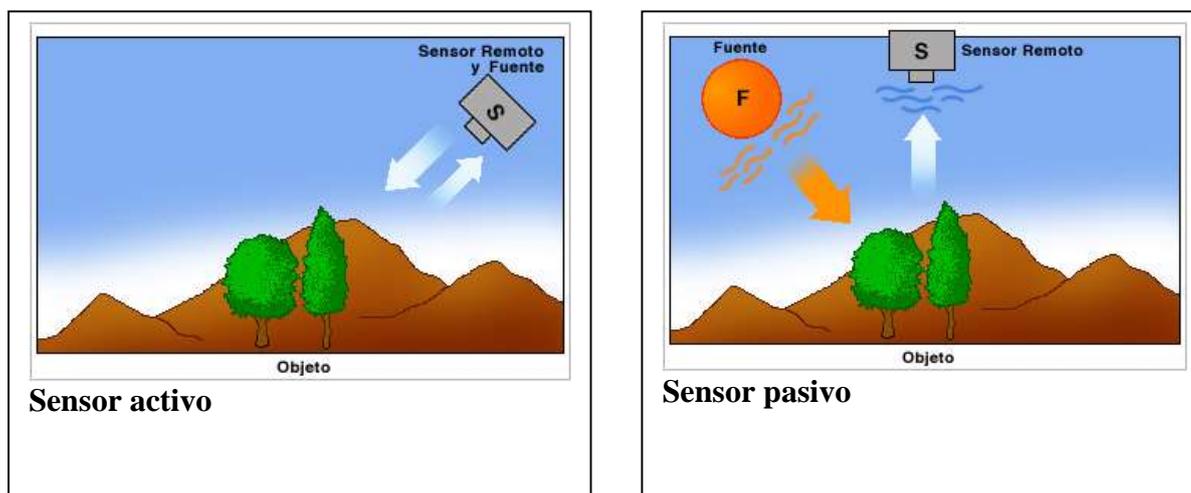


Figura 2. Sensores remotos

La teledetección es la técnica y el arte de adquisición y posterior tratamiento de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor. Esta técnica ha permitido la elaboración de mapas de extensas zonas, la interpretación de sus recursos, la planificación territorial, el apoyo a investigaciones científicas, entre

otras aplicaciones. Debido a la dinámica tecnológica, la teledetección ha tenido una evolución cada vez mayor y su uso está generalizado; este proyecto es justamente un ejemplo.

En las gráficas anteriores se pueden observar algunos de los componentes de la teledetección, que son:

- El sensor (ej.: Cámara);
- El Objeto observado (ej.: rasgo geográfico en la superficie terrestre);
- Medio de Propagación (ej.: el aire, que permite el flujo energético desde la fuente al objeto, rayo incidente, y del objeto al sensor, rayo reflejante);
- Fuente energética (ej.: luz solar);
- Sistema de recepción (ej.: estación receptora);
- Sistema de grabación;
- Sistema de procesamiento;
- Producción final.

Como en todo sistema, un componente esencial dentro de la teledetección es el personal operativo, administrativo y técnico que se encarga de gestionar la información, con el fin de sacar el mayor beneficio de ella y brindar al usuario final productos de alta calidad.

La radiación electromagnética es una combinación del campo eléctrico y el campo magnético, que oscilan de una manera perpendicular entre sí y se propagan a través del espacio.

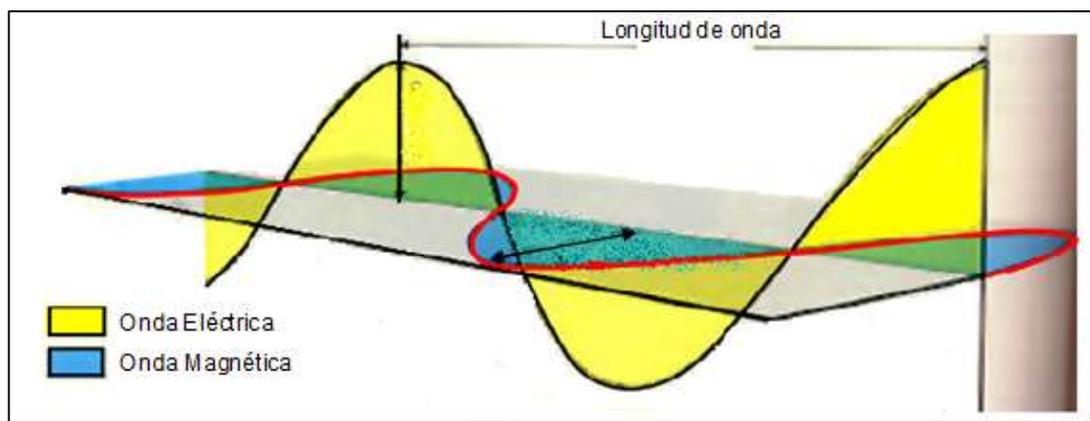


Figura 3. Onda Electromagnética

Estas ondas sinusoidales viajan a la “velocidad de la luz”, c ($3 \cdot 10^8 \text{m/s}$); la longitud de onda L , está dada por la distancia entre dos crestas consecutivas y la frecuencia f se define como el número de veces que una cresta de la onda pasa por un punto en el espacio por unidad de tiempo. Las ondas obedecen a la ecuación general:

$$c = f \cdot L$$

En teledetección es común categorizar a las ondas electromagnéticas por la ubicación de su longitud de onda (en micrómetros) dentro del espectro electromagnético: El espectro electromagnético es una sucesión continua de valores de frecuencia o longitud de onda, aunque conceptualmente se divide en bandas, en las que la radiación electromagnética manifiesta un comportamiento similar. Dentro del espectro electromagnético las bandas más utilizadas en teledetección son:

- **Espectro visible** (0.4 - 0.7 μm)

En este rango del espectro, la radiación electromagnética es perceptible por el ojo humano. Según las longitudes de onda se pueden localizar diversos colores, así:

- Azul: 0.4 - 0.5 μm
- Verde: 0.5 - 0.6 μm
- Rojo: 0.6 - 0.7 μm

- **Infrarrojo próximo** (0.7 - 1.3 mm)

Esta banda es importante para diferenciar masas vegetales y concentraciones de humedad; por tanto, se pueden realizar estudios de “salud” de la vegetación.

- **Infrarrojo térmico** (8 - 14 mm)

Esta región del espectro se relacionada con la sensación de calor que emiten todos los cuerpos de la superficie terrestre.

- **Microondas** (desde 1 mm)

Puede ser captada con cubierta nubosa, pero lleva muy poca energía; por ello, se la usa con sensores activos.

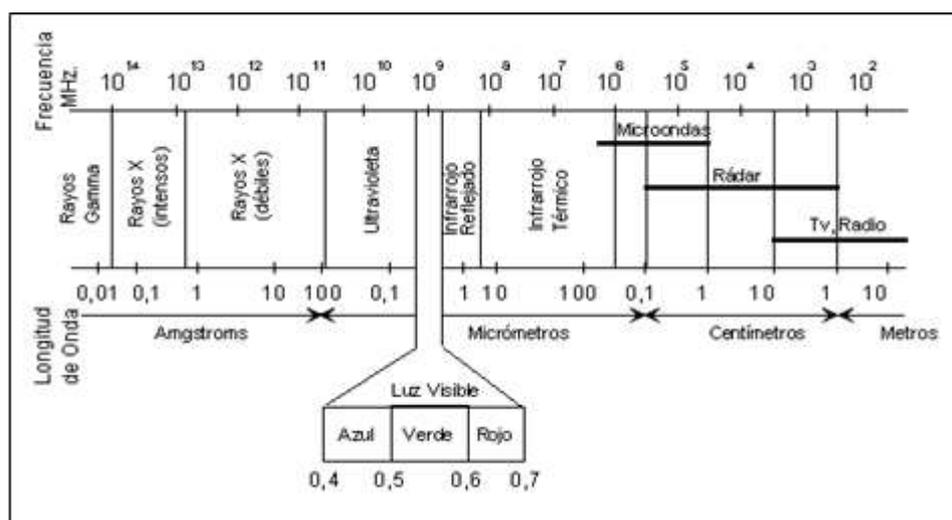


Figura 4. Teoría corpuscular

Otro elemento importante dentro de esta base es la Teoría corpuscular, la misma que propugna que la luz es una sucesión de unidades discretas de energía (fotones) con masa igual a cero. La cantidad de energía transportada por un fotón en Joules (J) es $Q = h * f$; h es la constante de Planck ($6.626 \cdot 10^{-34}$ Js) y f es la frecuencia. En esta relación se puede observar que la cantidad de energía transportada es directamente proporcional a la frecuencia.

Por otro lado, se si combinan la teoría ondulatoria y la corpuscular (De Broglie), la naturaleza de la luz es dual. El movimiento de toda partícula lleva asociado una onda; de ahí que:

$$c = f \cdot L$$

$$Q = h \cdot c / L$$

Esta relación muestra que la energía transportada es inversamente proporcional a la longitud de onda, es decir, mientras tenemos mayor longitud de onda, menor es la energía transportada y viceversa.

Luego de tratar brevemente la radiación electromagnética, debemos conocer la interacción existente entre los cuerpos que la emiten o reflejan, con la atmósfera y los sensores que la detectan, y esto lo podemos hacer por medio de parámetros como:

- **Resolución espectral**

Se relaciona con el número de bandas y el rango dentro del espectro electromagnético, que puede ser captado por un sensor; por ejemplo: la banda 1 del TM recoge la energía entre 0.45 y 0.52 mm. Es una resolución espectral más fina que la de la banda pancromática del SPOT, que está entre 0.51 y 0.73 mm.

- **Resolución espacial**

Se relaciona directamente con el tamaño del píxel, unidad mínima de análisis, es decir, la medida del objeto más pequeño que puede detectar un sensor. A continuación se presenta una gráfica que muestra la resolución espacial en metros de diversos sensores.

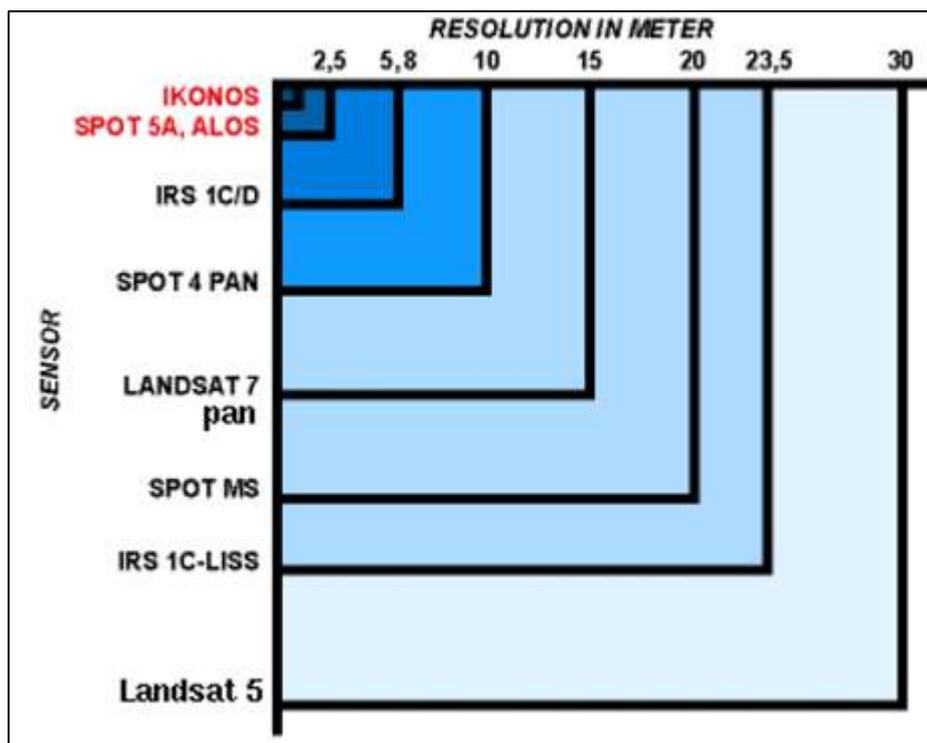


Figura 5. Tomada de UNESCO RAPCA

- **Resolución radiométrica**

Se refiere al número de posibles valores que puede tomar cada dato; por ejemplo: con 1 bit, se tienen 2 niveles de gris; con 8 bits, el rango de valores va de 0 a 255 tonos de gris.

- **Resolución temporal**

Esta resolución hace referencia al intervalo de tiempo o a la frecuencia con que un sensor obtiene datos de un área en particular; por ejemplo: el satélite LANDSAT pasa por un área cada 16 días.

2.2 Sistema de Información Geográfica –SIG–

Los *Sistemas de Información Geográfica SIG* han tenido una gran evolución en los últimos tiempos y su uso se ha generalizado. Estos sistemas brindan herramientas versátiles y poderosas para el manejo de datos e información espacial. Sus funciones son:

- **Ingreso de Información.-** La entrada de datos al sistema se la hace de diversas formas, como la digitalización manual, escaneo y vectorización de documentos en formato análogo (papel), importación de información proveniente de otros sistemas como CAD, sensores remotos, fotogrametría o GPS y de otras bases de datos espaciales. Esta información en un primer instante puede ser dispuesta en archivos “fuera del sistema”, para luego ser validada, e ingresarla al sistema, una vez que haya cumplido los requerimientos o estándares definidos, con el fin de que la base de datos espacial esté depurada y no contenga datos preliminares, sino información final. Por ello incluimos en esta función las operaciones de edición o preparación de la información espacial, por medio de la eliminación de errores.
- **Gestión de la información.-** Esta función incluye transformación matemática de sistemas de coordenadas, superposición de información espacial, adquisición de información estadística de los atributos, integración, generalización, depuración, extracción, entre otros análisis, y el almacenamiento de la información dentro de una base de datos espacial.
- **Salida de la Información.-** Una vez generada la base de datos espacial, los datos o información contenida en ella puede ser distribuida o publicada, a través de diferentes medios (documentos cartográficos, documentos tipo texto, tablas) o periféricos (pantalla, impresoras, plotter), con distintos niveles de acceso, según un perfil definido de usuario (consulta, manipulación) y protocolos de acceso (libre, compra, convenio).

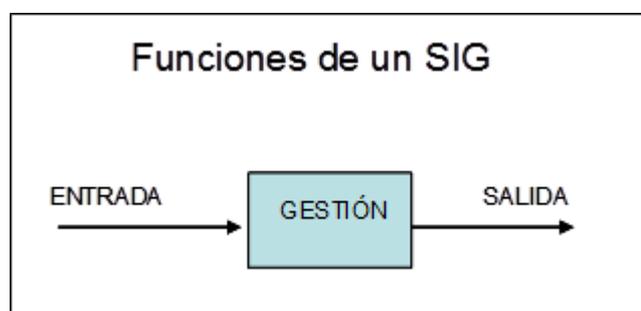


Figura 6. Funciones de un SIG

El SIG, al ser un sistema, cuenta con varios componentes, que son el personal, el equipamiento (hardware y software), la información (espacial y alfanumérica) y los métodos utilizados para la captura o generación de nueva información. Todos estos componentes tienen igual importancia.

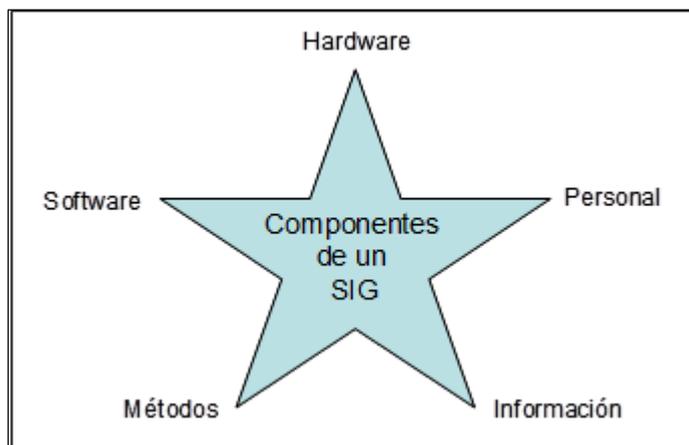


Figura 7. Componentes de un SIG

Los sistemas de información geográfica representan los diversos rasgos u objetos espaciales a través de dos tipos de “modelos de datos” o formatos que son raster (celdas) y Vector (puntos, líneas y polígonos). Con el fin de explicar de mejor manera los modelos de datos, se hacen necesario citar algunas definiciones:

Rasgo Geográfico.- Es un elemento u objeto existente en la realidad (objeto espacial); por ejemplo: un poste, un río o una carretera, que se lo representa gráficamente en forma de puntos, líneas, polígonos o grillas, y de forma descriptiva por medio de tablas, textos o bases de datos.

Entidad.- Se la define como la representación digital no gráfica del rasgo geográfico, es decir, es el componente descriptivo, (nombre del elemento o cobertura); por ejemplo: la red vial, la cobertura vegetal, los suelos.

Atributo.- Es una cualidad descriptiva de una entidad. Una entidad puede tener varios atributos y la cantidad de atributos puede variar para cada entidad; por ejemplo: el tipo de vía, número de carriles, simbología. Dentro de una base de datos, estos constituirían los campos.

Valor de Atributo o dominio.- Es la cantidad o cualidad específica de un atributo; ej.: pavimentada, 2 carriles, Bn (bosque natural). En una base de datos, estos son los registros. Los valores de atributo se los puede clasificar en fijos y variables.

- Valores fijos.- Si el rango de atributos posibles es restringido;
- Valores variables.-Si el rango de posibles valores que puede asignarse es amplio, y la definición para cada valor es difícil hacerla

Restricciones de valores.- Se aplica en los casos que una entidad no pueda tener ciertos valores.

Ocurrencia de una Entidad.- Es el conjunto de atributos y valor de atributo que tiene la entidad.

Identificador.- Está dado por un número secuencial que se incrementa con cada ocurrencia. Su importancia radica en distinguir cada una de las ocurrencias o elementos existentes.

Representación Geométrica Vector.- Representación digital gráfica del rasgo geográfico (elementos u objetos existentes en el mundo real); para ello, se apoyan en puntos, líneas o polígonos. Es necesario mencionar que un mismo rasgo geográfico puede estar asociado a distintas representaciones geométricas dependiendo de la escala.; ej.: un aeropuerto puede ser un punto, una línea o un polígono.

Punto.- Representación geométrica de un rasgo geográfico considerado como puntual en la base de datos, constituida por un solo par de coordenadas (x, y). En el caso de que el rasgo representado tenga direcciones o altura, estas se las considera atributos de la entidad.



Figura 8. Representación geométrica Punto

Línea.- Representación geométrica constituida por dos o más pares de coordenadas distintos (vértices) unidos de manera secuencial. Los puntos extremos de una línea (punto inicial y punto final) se los denomina nodos y los puntos intermedios se los llama vértices, una línea puede delimitar un polígono. Generalmente las características como sentido, altura u otros se los considera como atributos de la entidad, en la base de datos espacial.

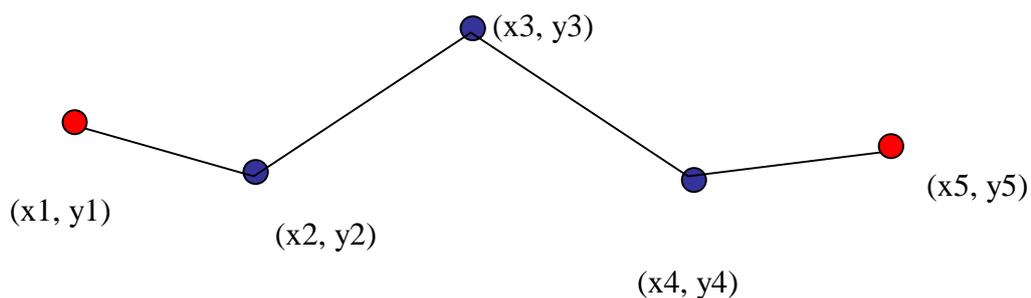


Figura 9. Representación geométrica Línea

Polígono.- Se usa para la representación geométrica de una extensión o superficie y se constituye con una serie líneas, que se cierran. Estos los podemos clasificar como simples y complejos, como se muestra en la siguiente gráfica:

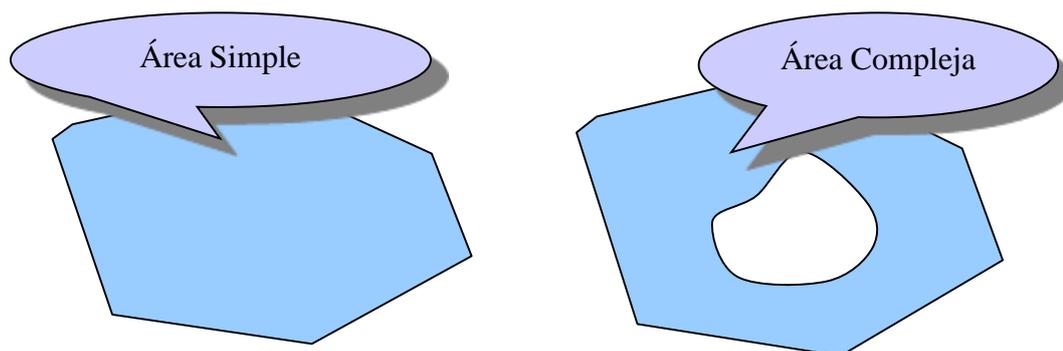


Figura 10. Representación geométrica Polígono

Relaciones.- Una relación es una asociación entre entidades, es el tipo de condiciones que tienen las entidades. En el caso de entidades vectorial, estas deben

estar libres de inconsistencias espaciales como defectos o excesos en las uniones entre líneas o líneas y puntos, o que existan polígonos no cerrados.

Representación raster.- Este tipo de representación trata de fraccionar completamente el área de estudio en pequeños componentes o celdas homogéneas, por lo general cuadrados, que se consideran atómicos, es decir, que no se pueden fraccionar.

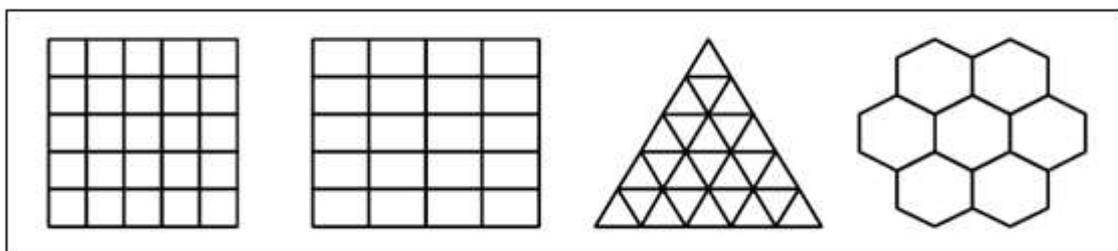


Figura 11. Representación raster

En el modelo de datos raster, los atributos se limitan generalmente al valor de la celda, la información sobre la ubicación se presenta implícitamente por la posición relativa en la matriz. Muchas veces, mediante una codificación, pueden asociarse los valores de la celda con tipos de suelo, vegetación, nombres de municipios u otros elementos que permitan describir de mejor manera la celda.

2.3 Sistemas de Posicionamiento Global –GPS-

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, desde 20 metros (navegador) hasta centímetros, usando GPS diferencial, El sistema fue desarrollado, instalado y operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

El sistema, GPS consiste en una red de 24 **satélites** (21 operativos y 3 de respaldo) que están en órbita a una distancia de 20.200 km., con trayectorias sincronizadas que permiten tener una cobertura de toda la superficie de la Tierra, 5 estaciones de control en la Tierra, software, hardware y personal que opera los equipos.



Figura 12. Sistema GPS

El GPS trabaja con el principio de trilateración y se basa en determinar la distancia que cada satélite tiene respecto al punto de medición. Con estas distancias se determina la posición relativa del punto respecto a los tres satélites. Si, adicionalmente, se conocen las posiciones de los satélites por medio de las señales que emiten, se pueden obtener las coordenadas reales del punto de medición. Con 3 satélites se pueden determinar la latitud y la longitud, y se requiere de un cuarto para encontrar la altura del punto estudiado.

Los componentes de este sistema son:

- Una constelación compuesta de 24 satélites en órbita;

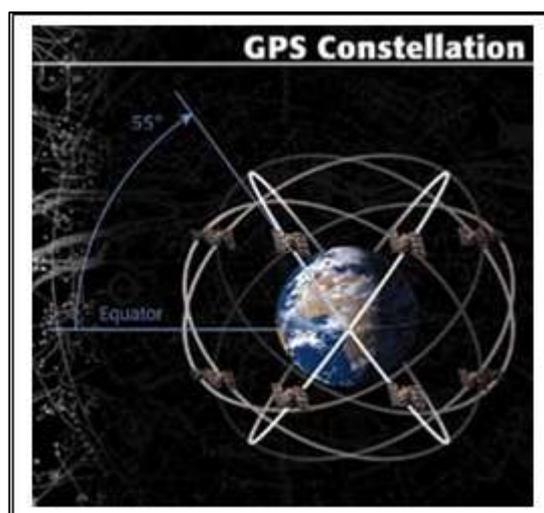


Figura 13. Constelación compuesta de 24 satélites

- Estaciones repartidas en cinco puntos diferentes en la Tierra, que envían información de control a los satélites que permiten verificar su funcionamiento y su correcta posición en el espacio;

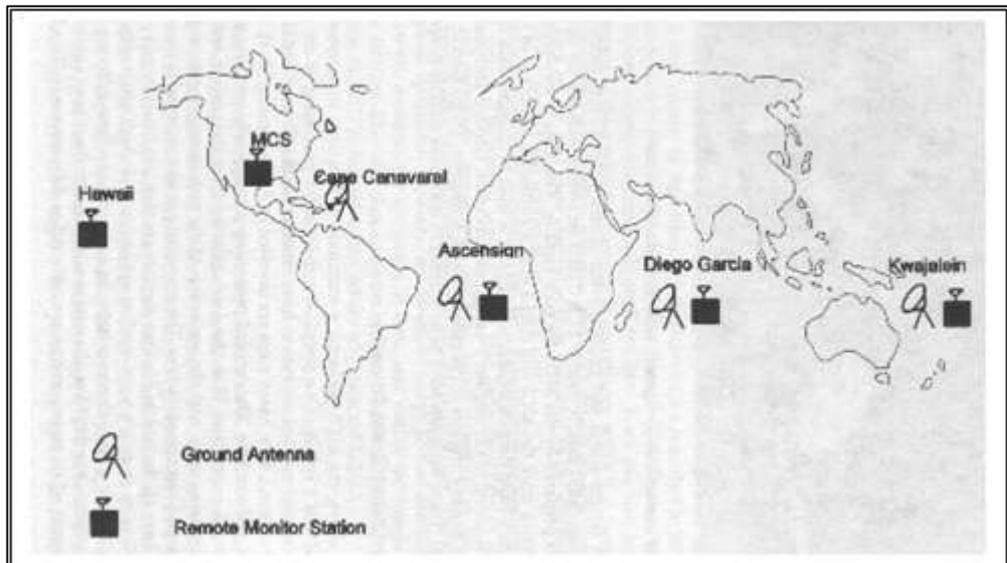


Figura 14. Estaciones repartidas en 5 puntos diferentes

- Receptores son el hardware, equipos que reciben la señal;
- El personal que opera los equipos y procesa los datos.

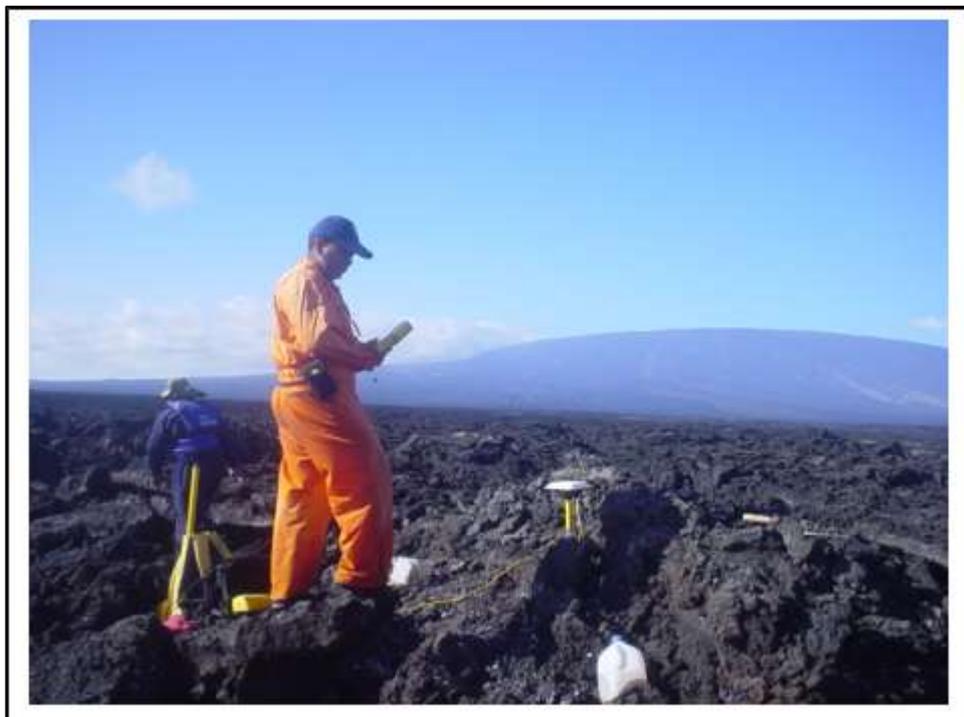


Figura 15. Personal que opera los equipos

La fiabilidad de los datos depende del número de satélites que sean “visibles” para el receptor y la “geometría” de esta visualización. Se puede decir que, sin aplicar ningún tipo de tratamiento, si el receptor capta señales de 8 satélites al mismo tiempo, la precisión es de 6 a 15 metros.

Las principales aplicaciones son la navegación marítima, terrestre y aérea, la topografía, la geodesia, los estudios de flora, fauna, entre otras.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

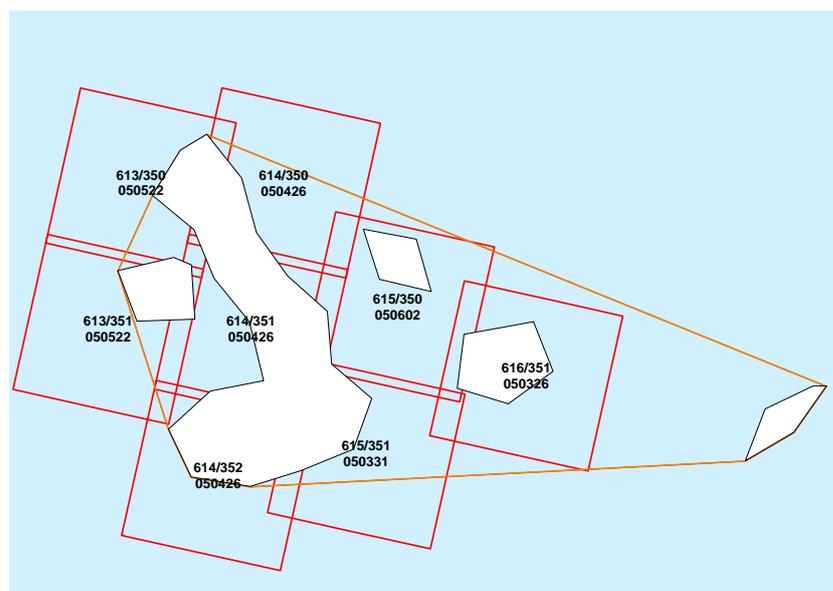
Una vez expuestos los principios tecnológicos utilizados, en este capítulo se explican varios procedimientos de carácter general previos a la elaboración de productos cartográficos (mapa base y mapa de cobertura vegetal y usos del suelo), cuya generación se detalla en los capítulos IV y V de este documento.

3.1 Inventario y análisis de la información existente

Como primer paso dentro de la metodología, se realizó un inventario y categorización de la información geográfica; para ello, se tomaron en cuenta aspectos como temporalidad, fuente, nivel de detalle, cobertura, entre otras características, que permitieron evaluar la información e identificar los vacíos existentes. Entre las instituciones generadoras de información, de las cuales se recabaron datos, están: Ministerio de Agricultura y Ganadería –MAG- (SIGAGRO), Ministerio del Ambiente –MAE-, Instituto Geográfico Militar –IGM-, Instituto Oceanográfico de la Armada –INOCAR-, Instituto Nacional Galápagos –INGALA-, entre otras, en las cuales se pudo evidenciar la existencia de información básica y temática, que sirvió de referencia para los productos que se elaborarían posteriormente.

3.2 Adquisición de imágenes

Para el desarrollo del proyecto se adquirieron imágenes de diferentes satélites, analizando el cubrimiento total de las Islas, la cobertura de nubes, las resoluciones espacial y espectral de ellas, de tal manera que se garantice la obtención de imágenes de la mejor calidad posible. Entre los satélites seleccionados tenemos los siguientes:



SPOT 5m SPOT 5 1

Figura 16. Distribución de las imágenes SPOT 5

SPOT 5, de 5 m de resolución. En el gráfico anterior se muestra la distribución y sus fechas de disponibilidad.

Las características espectrales y espaciales de las imágenes obtenidas por este satélite, se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 1. Características espectrales y espaciales SPOT

Band	Wavelength (μm)	Resolution (m)	Swath width (km)	Revisit time (days)
Band 1 (VIS)	0.5 to 0.59	10	60	5
Band 2 (VIS)	0.61 to 0.68	10	60	5
Band 3 (NIR)	0.79 to 0.89	10	60	5
Band 4 (SWIR)	1.58 to 1.75	20	60	5
Band PAN (VIS)	0.48 to 0.71	5 (2.5)	60	5

SPOT 5, de 20 m de resolución espacial. Esta información satelitaria fue recopilada en la Fundación Charles Darwin. Las imágenes obtenidas son de los años 1999 y 2000. A continuación, se muestra un mosaico de estas imágenes:

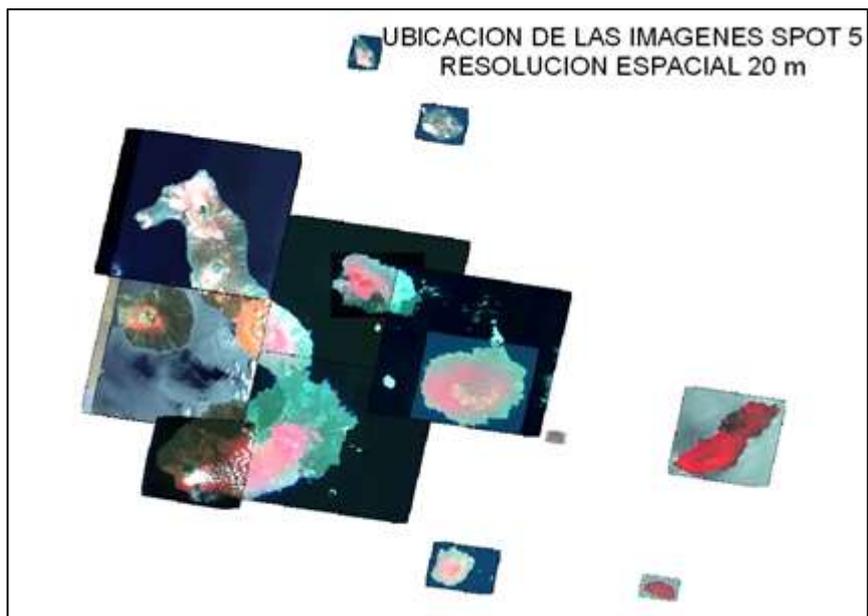


Figura 17. Ubicación de las imágenes SPOT 5

ASTER, con 14 bandas, su distribución y el cubrimiento de nubes se muestra en el gráfico.

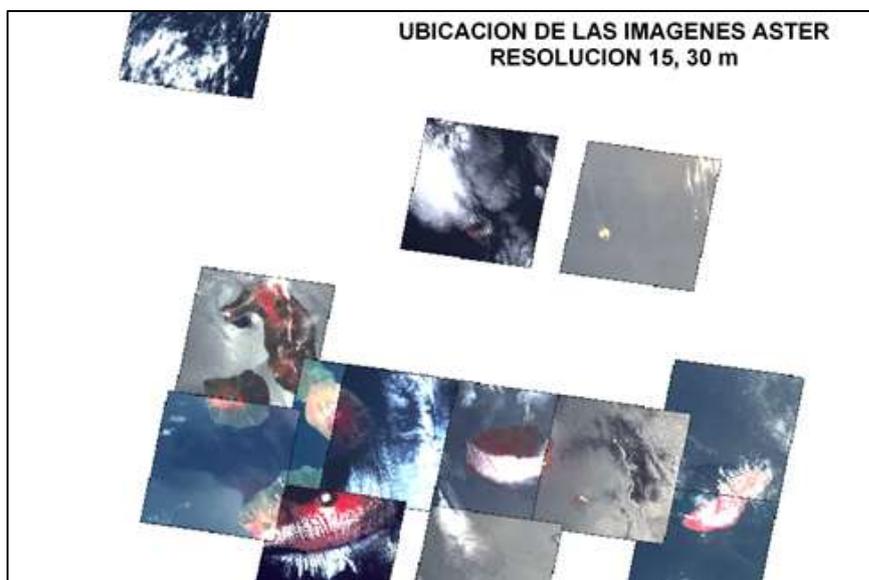


Figura 18. Ubicación de las imágenes Aster

Las características espectrales y espaciales se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 2. Características espectrales y espaciales ASTER

Band	Wavelength (μm)	Resolution (m)	Swath width (km)	Revisit time (days)
Band 1 (VIS)	0.52 to 0.6	15	60	16
Band 2 (VIS)	0.63 to 0.69	15	60	16
Band 3n (NIR)	0.76 to 0.86	15	60	16
Band 3b (NIR)	0.76 to 0.86	15	60	16
Band 4 (SWIR)	1.6 to 1.7	30	60	16
Band 5 (SWIR)	2.145 to 2.185	30	60	16
Band 6 (SWIR)	2.185 to 2.225	30	60	16
Band 7 (SWIR)	2.235 to 2.285	30	60	16
Band 8 (SWIR)	2.295 to 2.365	30	60	16
Band 9 (SWIR)	2.36 to 2.43	30	60	16
Band 10 (TIR)	8.125 to 8.475	90	60	16
Band 11 (TIR)	8.475 to 8.825	90	60	16
Band 12 (TIR)	8.925 to 9.275	90	60	16
Band 13 (TIR)	10.25 to 10.95	90	60	16
Band 14 (TIR)	10.95 to 11.65	90	60	16

EROS, las imágenes de este satélite fueron adquiridas para las islas Darwin, Wolf, Pinta, Marchena, Genovesa, Santa María y Española; su resolución espacial y espectral son:

Tabla 3. Características espectrales y espaciales EROS

Band	Wavelength (μm)	Resolution (m)	Swath width (km)	Revisit time (days)
Band 1 (PAN) (VIS)	0.5 to 0.9	1.8	13.5 (9.5)	2.5 (7)

A continuación se muestran dos ejemplos de estas imágenes adquiridas:

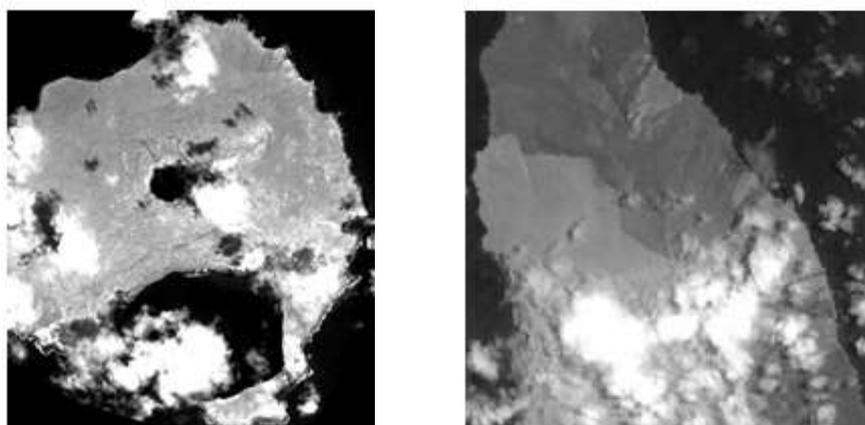


Figura 19. Imágenes EROS

QUICKBIRD, de resolución espacial de 2.4 m, se adquirieron para estudio y análisis de las especies invasoras en las Islas. Las áreas a ser estudiadas fueron seleccionadas conjuntamente por *The Nature Conservancy* y el Parque Nacional Galápagos. Las imágenes obtenidas se nombran a continuación:

Imágenes de la Isla Santiago, del 2 de abril de 2004 (zona derecha) y 7 de abril de 2004 (zona izquierda)

- Isla Isabela (parte1) del 22 de octubre de 2004;
- Isla San Cristóbal del 10 de febrero de 2005;
- Isla Santa Cruz del 18 de enero de 2006;

Las características de dichas imágenes se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla 4. Características imágenes QUICKBIRD

Band	Wavelength (μm)	Resolution (m)	Swath width (km)	Revisit time (days)
Band 1 (VIS)	0.45 to 0.52	2.4	16.5	1 a 3.5
Band 2 (VIS)	0.52 to 0.6	2.4	16.5	1 a 3.5
Band 3 (VIS)	0.63 to 0.69	2.4	16.5	1 a 3.5
Band 4 (NIR)	0.76 to 0.90	2.4	16.5	1 a 3.5

3.3 Adquisición y asignación de puntos de control

Para posibilitar la georreferenciación de las imágenes de satélite, se tomaron puntos de control en campo por medio de GPS. Estos puntos fueron tomados previo a un análisis que incluye la distribución homogénea dentro del área de estudio y su identificación en las imágenes; se pudo encontrar que donde había un fuerte contraste, eran lugares de cambio como entre playas, manglares, lavas, etc., y era posible la determinación de los puntos.

Una vez obtenido un listado de coordenadas X e Y de estos puntos, se procedió a generar una capa tipo punto en formato shapefile (.shp de arcview), con los cuales se procedió a georreferenciar las imágenes con el software ArcView 8.3 (ArcMap/georeferencing).

En esta actividad participaron las siguientes instituciones: IGM, INOCAR, PNG, CLIRSEN y CDC-Ecuador

El total de puntos GPS navegadores adquiridos, se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 5. Puntos GPS en las Islas Galápagos

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

3.4 Georreferenciación de las imágenes

La georreferenciación determina la relación entre el número de filas y columnas en un mapa raster y un sistema de coordenadas X e Y.

Con los puntos GPS procedemos a georreferenciar las imágenes. Para esta actividad se utilizó el software Arcview 8.3, con la función georeferencing.

Para el ajuste utilizamos la Transformación de Primer Orden Polynomial (Affine)

Se georreferenciaron las imágenes siguientes:

10 Imágenes SPOT (5 metros), 3 Imágenes EROS (1.8), 10 Imágenes ASTER y 13 imágenes SPOT (20 metros);

El sistema de referencia adoptado fue:

- Proyección: Universal Transversa de Mercator
- Elipsoide: WGS84
- Datum: WGS84
- Zona: 15 sur.

3.5 Rectificación de las imágenes

El proceso de rectificación de la imagen consiste en varios pasos:

- a. La georreferencia seleccionada determina el número de líneas y columnas del mapa de salida; así las coordenadas XY para cada píxel de salida es conocida; entonces, estas posiciones se buscan en el mapa original y,
- b. Según el método seleccionado (nearest neighbour, bilinear interpolation or bicubic), se usan píxeles vecinos alrededor de la posición en el mapa de entrada para calcular el valor del mapa de salida.

El método que se seleccionó fue Interpolación Bilineal (Bilinear interpolation). Este método produce un promedio ponderado por las distancias, de los valores

digitales de los cuatro pixeles más cercanos en la imagen original, para rellenar la celda correspondiente en la imagen corregida; reduce el efecto “escalera” en los rasgos lineales, pero tiende a difuminar los contrastes espaciales de la imagen original. A continuación se presenta un ejemplo explicativo del mismo:

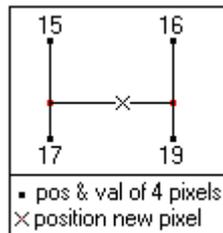


Figura 20. Interpolación Bilineal

3.6 Mosaico de imágenes de las Islas

Una vez rectificadas las imágenes, se procede a la generación de mosaicos, con el criterio de agrupar islas que tengan las mismas características de resolución espacial y espectral. Esta actividad se coordinó con TNC, llegando a establecerse los siguientes mosaicos:

- Mosaico de las islas Wolf y Darwin;
- Mosaico de las islas Marchena, Pinta y Genovesa;
- Mosaico de las islas Santa Cruz, Santa Fe, Baltra y Pinzón;
- Mosaico de las islas Fernandina e Isabela;

Corte de la Isabela Sur hasta 200 m de altura en su parte norte (lado más estrecho de la Isla Isabela);

- Mosaico de la isla San Cristóbal;
- Mosaico de la isla Española;
- Mosaico de la Isla Santa María.

Para la realización de estos mosaicos y cortes se utilizó el software ERDAS 8.7.

CAPÍTULO IV. CARTOGRAFÍA BASE

Para la generación de este producto cartográfico, se realizaron dos procesos: el primero comprende la elaboración de curvas de nivel, a partir del modelo de elevación SRTM y cotas (en base a puntos GPS) que corresponden al componente altimétrico; el segundo, la identificación y obtención de los rasgos planimétricos a través de la interpretación de las imágenes adquiridas por el proyecto. El procedimiento metodológico abarca las siguientes actividades:

4.1 Adquisición de modelo digital del terreno

El modelo digital del terreno fue generado con datos de la Misión Topográfica de Radar volada en el Transbordador Espacial, también conocida en inglés como SRTM. La NASA, hace algún tiempo, distribuye, de manera pública, los datos de su misión SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) (Misión de Radar Topográfico del Transbordador Espacial). En la actualidad, se pueden encontrar áreas sin datos, donde el agua o la sombra cargada evitan la cuantificación de la elevación. Aunque estas áreas generalmente son pequeñas, en muchas ocasiones limitan la utilidad de los datos. El significado de esta liberación establece una nueva etapa respecto a la forma en que hacemos investigación. Ahora podemos trabajar en cualquier parte del mundo y contar con datos topográficos básicos, sin necesidad de recurrir a las fuentes tradicionales o a procesos largos y costosos, como la digitalización de mapas analógicos. Los modelos predictivos que utilizan los atributos del terreno también pueden aplicarse a nivel mundial. La entidad encargada de la publicación de estos datos es el *United States Geological Survey* -USGS-, que lo hace a través de un servidor geográfico que, aunque no está terminado, es realmente novedoso. Está basado en tecnología ArcIMS™ y permite al usuario seleccionar la zona deseada, para luego enviarlos en un archivo zip.

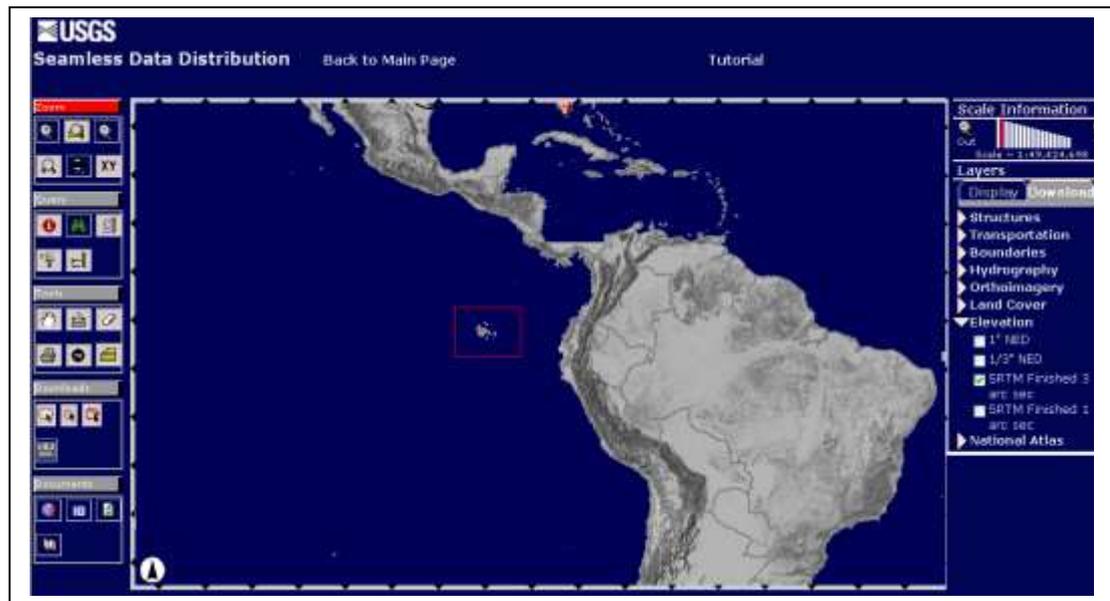


Figura 21. Modelo digital del terreno

Los datos de la SRTM cubren todo el planeta con un MED de 3 segundos del arco (cerca de 90 m). Se dice que el error vertical es de menos de 10 m, con lo cual estamos dentro de las especificaciones técnicas a escala 1:50.000; que para datos digitales está en el orden de 0.3 por el denominador de la escala –en nuestro caso, 15 m para datos tipo A y 0.6 por el denominador de la escala-, es decir, 30 m para datos tipo B en escala 1:50.000.

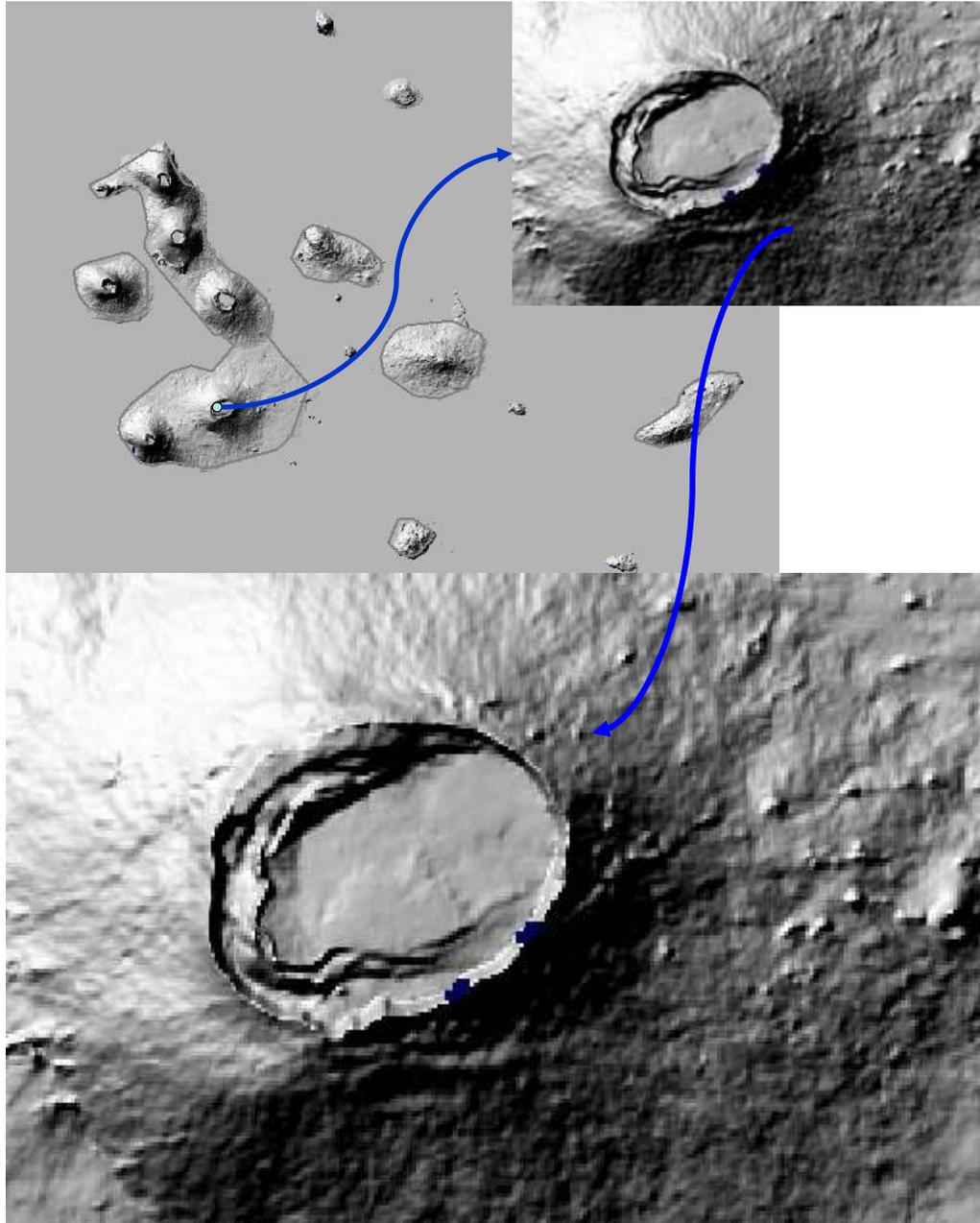


Figura 22. Isla Isabela, Imágen SRTM NASA

4.2 Generación de curvas de nivel

Con el modelo digital de elevación SRTM (90 m), se procedió a formar “*contour lines*”, que son líneas que conectan puntos de igual valor en un “grid” de temperatura, precipitación, contaminación o altura. En el presente caso, se generaron “*contour lines*” de altura o curvas de nivel cada 40 metros, utilizando el software ArcGis - ArcView 8.3, con la extensión *3D Analyst*; se adoptó el valor de 1 para el factor z, ya que el proyecto fue trabajado con unidades métricas; como valor base de generación,

se utilizó cero (“0”), que es la altura a nivel del mar, la misma que, para el presente proyecto, se hizo coincidir con el perfil de las islas, obtenido a partir de la interpretación y digitalización en pantalla de las imágenes SPOT 5 (resolución espacial de 5 m), previamente georreferenciadas de acuerdo con la metodología explicada con anterioridad. Cabe señalar que, luego de realizar este procedimiento, se tuvo una etapa de edición en la que se corrigieron errores, propios de estos métodos, como son los *undershots* (cuando dos líneas no llegan a intersectarse, cuando deberían hacerlo por conectividad o para cerrar un polígono) y los *overshots* (cuando las líneas sobrepasan los puntos de intersección), duplicación de elementos geométricos y eliminación de los *silver polygons*, que constituyen “basura” dentro de una cobertura. Adicionalmente, se revisaron la correspondencia y coherencia de los valores de curva en cada uno de los elementos lineales generados. Todos estos procedimientos se realizaron de acuerdo con las especificaciones técnicas de la cartografía a escala 1:50.000.

4.3 Generación de la planimetría a escala 1:50.000

Tabla 6. Planimetría a escala 1:50.000

ENTIDAD	TIPO DE CARACTERÍSTICA	ATRIBUTOS	DOMINIO
PERFIL	Línea	Nombre isla Identificador	No. Secuencial
ISLAS GALAPAGOS	Polígono	Área Nombre Identificador	No. Secuencial
RED VIAL	Línea	Orden (tipo)	<ul style="list-style-type: none"> • Camino Principal • Camino Secundario • Sendero
HIDROGRAFÍA	Línea	Identificador Nombre Longitud	No. Secuencial
CIUDADES	Polígono	Identificador Nombre Área	No. Secuencial
		Identificador	No. Secuencial

Corresponde al segundo proceso dentro de la generación del mapa base de las Islas Galápagos y se lo realizó a partir de la interpretación y posterior digitalización en pantalla de los diversos objetos espaciales identificados en las imágenes satelitales; dentro de estos objetos, están los siguientes:

De la misma manera que para las curvas de nivel, en el caso de los elementos planimétricos se realizó la edición correspondiente, lo que garantiza que la información a incorporarse en la base de datos espacial cumplirá con los requerimientos técnicos contemplados en los términos de referencia del proyecto.

Tanto los elementos planimétricos como altimétricos responden a la siguiente simbología:

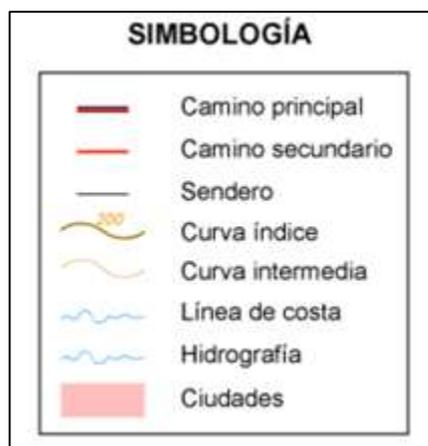


Figura 23. Simbología elementos altimétricos

4.4 Generación de base de datos a escala 1:50.000

La base de datos se generó a partir de la información recabada en visitas al campo, en el caso de nombres; la recopilación de información secundaria, en el Parque Nacional Galápagos e INOCAR, y se complementó con la información generada por el sistema, como: ID identificador, área, perímetro y longitudes.

4.5 Diseño de mapas base a escala 1:50.000

Esta actividad se la realizó entre *The Nature Conservancy*, CLIRSEN y CDC, y consistió en la ubicación de los diversos elementos de información marginal en el mapa, como:

Título del mapa

Leyenda

Simbología

Tarjeta

Escala gráfica

Escala numérica

Cuadrículas geográficas y planas

Mapa de ubicación a nivel nacional

Toponimia

Índice de hojas

Estos productos se encuentran en el Anexo Cartografía Básica, al final del presente documento.

CAPÍTULO V. MAPA DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

ESCALA 1:50.000

El objetivo principal es obtener un mapa en el que se identifique, por un lado, una caracterización de la vegetación existente y, por otro, el uso al cual se destinan las diversas áreas, con la finalidad de obtener un mapa sobre cobertura vegetal y uso del suelo para las Islas Galápagos, empleando información satelital, cuya representación gráfica final esté a una escala de 1:50.000.

5.1. Coordinación con TNC para la metodología y leyenda

Con el fin de obtener un criterio unificado y de concertación en cuanto a la leyenda del mapa, se convocaron a varias instituciones relacionadas con los recursos naturales y el ambiente, las mismas que aportaron, tanto en la construcción de una metodología, cuanto en la generación de la leyenda a utilizar en el mapa de cobertura vegetal y uso del suelo a escala 1:50.000, ajustándose a la vegetación de las Islas Galápagos y empleando información satelital.

Las instituciones participantes fueron:

- Fundación ECOCIENCIA;
- SIGAGRO - Ministerio de Agricultura y Ganadería;
- Parque Nacional Galápagos – Ministerio del Ambiente;
- *The Nature Conservancy*;
- CDC-Ecuador;
- CLIRSEN.

5.2 Metodología

Para la obtención de los mapas temáticos relacionados con la cobertura vegetal y uso del suelo de las Islas Galápagos a una escala 1:50.000, empleando información satelital, de acuerdo con los resultados de los talleres, se procedió a identificar y definir los diferentes procedimientos metodológicos, los mismos que se enmarcan en 4 etapas:

- Recopilación y Análisis de información
- Preprocesamiento
- Interpretación
- Cartografía temática

5.1.1. Recopilación y análisis de información

Se recopiló la información cartográfica temática a varias escalas existentes en las instituciones siguientes:

- Parque Nacional Galápagos -PNG-;
- Instituto Nacional Galápagos –INGALA-;
- Dirección Nacional de Recursos Naturales –DINAREN-;
- Instituto Geográfico Militar –IGM-;
- Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos –CLIRSEN-.

La información recabada se relaciona con la siguiente temática:

- Áreas intervenidas (zonas agropecuarias) de cuatro islas (PNG);
- Mapas de Formaciones Vegetales (PRONAREG - INGALA);
- Información sobre humedales (PNG);
- Leyenda de Cobertura y uso del suelo (CLIRSEN);
- Información sobre MDT (Misión topográfica de Radar -Transbordador Espacial).

Se realizó un análisis de la información recopilada, para determinar la información a utilizarse, considerando la escala y la calidad de la información, la misma que está orientada, principalmente, a la elaboración de una leyenda preliminar sobre Vegetación Natural.

- **Leyenda temática preliminar**

Antes de la interpretación de las diferentes imágenes satelitales, se estableció la leyenda de cobertura y uso que rigió para la preparación de los mapas preliminares de

cobertura y uso del suelo. Esta leyenda preliminar se empleó para la clasificación inicial de las unidades de los mapas temáticos de las diferentes islas.

Con la finalidad de socializar la leyenda y obtener un consenso de la mayor parte de los diferentes actores involucrados en la temática, se realizó una reunión técnica en la que participaron funcionarios del Parque Nacional Galápagos, SIGAGRO, ECOCIENCIA, TNC, CDC-Ecuador y CLIRSEN, estableciéndose un canal de comunicación por internet y por reuniones periódicas, con el objeto de recabar las diferentes observaciones.

Para evitar confusiones entre los técnicos, al momento de codificar los mapas preliminares, fue necesario realizar una descripción clara de las categorías y clases de uso de la leyenda y una codificación precisa de la misma, ya que las unidades de cobertura vegetal natural de las Islas Galápagos son totalmente diferentes de las unidades existentes en la parte continental; para esto, fue necesario establecer un conjunto de criterios en los cuales se fundamente la clasificación de la vegetación natural de las Islas Galápagos, empleando, como dato fundamental, la respuesta espectral de la cobertura de la tierra, obtenida de las imágenes satelitales.

Es importante señalar que después de la realización del trabajo de campo y la socialización entre los técnicos de las organizaciones participantes, fue necesario redefinir la leyenda, dando mayor peso o relevancia a las características de la vegetación natural.

Los criterios empleados para la definición de la clasificación de la vegetación natural, reflejados en el cuadro 1, se relacionan con los criterios fisonómico, ambiental, biótico y de estratificación.

Cuadro 1. CRITERIOS PARA LA CLASIFICACION DE LA VEGETACIÓN NATURAL

FISONÓMICO	AMBIENTAL	ESTRATIFICACIÓN	FISIOGRÁFICO	BIOTICO	NOMBRE PROPUESTO
<u>MANGLAR</u>				<i>Rhizophora mangle, Conocarpus erectus</i> <i>Laguncularia racemosa, Avicennia germinans</i>	Manglar
<u>ARBOREA</u>	SECA	ABIERTA		<i>Bursera spp</i>	Arborea seca abierta de Palo Santo
		CERRADA		<i>Bursera spp</i>	Arborea seca cerrada de Palo Santo
		MIXTA		<i>Bursera spp</i>	Arborea seca mixta de P. Santo, Pegapega, Matazano
	HUMEDA			<i>Zanthoxylum fagara</i>	Arborea húmeda de Uña de Gato
				<i>Scalesia spp</i>	Arborea húmeda de Lechoso
	DE TRANSICIÓN			<i>Psidium, Scalesia, Zanthoxylum</i>	Arborea de transición
<u>ARBUSTIVA</u>	SECA		LITORAL	<i>Criptocarpus pyriformis</i>	Arbustiva seca en Litoral de Monte Salado
		ABIERTA		<i>Cordia lutea</i>	Arbustiva seca abierta de Muyuyo
				<i>Prosopis juliflora</i>	Arbustiva seca abierta de Algarrobo
				<i>Crotón scouleri</i>	Arbustiva seca abierta de Chala
				<i>Gossypium spp</i>	Arbustiva seca abierta de Algodón
				<i>Macraea laricifolia</i>	Arbustiva seca abierta de Romerillo
				<i>Parkinsonia aculeata</i>	Arbustiva seca abierta de Palo Verde
		CERRADA		<i>Cordia lutea</i>	Arbustiva seca cerrada de Muyuyo
				<i>Prosopis juliflora</i>	Arbustiva seca cerrada de Algarrobo
				<i>Croton scouleri</i>	Arbustiva seca cerrada de Chala
				<i>Gossypium spp</i>	Arbustiva seca cerrada de Algodón
				<i>Macraea laricifolia</i>	Arbustiva seca cerrada de Chala
	HUMEDA			<i>Cyathea weatherbyana</i>	Arbustiva húmeda de helecho arbóreo

FISONÓMICO	AMBIENTAL	ESTRATIFICACIÓN	FISIOGRÁFICO	BIOTICO	NOMBRE PROPUESTO
				<i>Miconia robinsoniana</i>	Arbustiva húmeda de cafetillo
				<i>Croton scouleri</i>	Arbustiva húmeda de chala
<u>HERBACEA</u>	SECA	ABIERTA			Herbácea seca abierta
		CERRADA			Herbácea seca cerrada
	HUMEDA		PAMPA	Cyperaceae	Herbacea húmeda en pampa de Cyperaceae
				<i>Helechos</i>	Herbácea húmeda de Helechos
			PANTANO	<i>Sphagnum</i>	Herbácea húmeda en pantano de Sphagnum
					Herbácea húmeda
<u>VEGETACIÓN</u>			PLAYAS Y DUNAS		Vegetación pionera sobre playas y dunas
<u>PIONERA</u>			TUFA Y ESCORIA		Vegetación pionera sobre tufa y escoria
			CENIZA VOLCÁNICA		Vegetación pionera sobre ceniza volcánica
			LAVA		Vegetación pionera sobre lava

5.1.2. Preprocesamiento

- **Digitalización de mapas temáticos analógicos**

La información recabada, que se encontraba en formato analógico, se la transformó a formato digital.

- **Análisis y selección de imágenes**

De las imágenes satelitales adquiridas para el proyecto, se eligieron las correspondientes a la fecha más reciente y, luego, se analizaron sus características técnicas para proceder a seleccionar las imágenes más adecuadas por calidad técnica y resolución espacial. Estas imágenes corresponden a SPOT de 20 y 5 metros de resolución, ASTER con 15 metros, y LANDSAT de 30 metros.

Las longitudes de onda de las diferentes bandas empleadas, de las imágenes seleccionadas, corresponden a las siguientes:

Tabla 7. Imagen satélite SPOT 4

BANDAS	LONGITUD DE ONDA (EN MICRONES)
B1	0.50 – 0.59
B2	0.61 – 0.69
B3	0.79 – 0.90
B4	1.58 – 1.75

Tabla 8. Imagen satélite LANDSAT 4

BANDAS	LONGITUD DE ONDA (EN MICRONES)
B3	0.63 – 0.69
B4	0.76 – 0.90
B5	1.55 – 1.75

Tabla 9. Imagen con el sensor ASTER del satélite TERRA

BANDAS	LONGITUD DE ONDA (EN MICRONES)
B2	0.52 – 0.63
B3	0.63 – 0.69
B4	0.76 – 0.86

Las imágenes seleccionadas correspondientes al área de cada isla, son las siguientes:

Cuadro 2. Imágenes empleadas para la clasificación

ISLA	Imagen satelital	Fecha
Santa Cruz	SPOT	03-III-2000
Baltra	SPOT	03-III-2000
Española	SPOT	10-II-2000
Floreana	SPOT	03-III-2000
Genovesa	Aster	23-IV-2002
Pinzón	SPOT	29-III-2000
Rábida	SPOT	29-III-2000
San Cristóbal	SPOT	02-III-2000
Fernandina	SPOT	19-XI-1999
Marchena	SPOT	09-I-2001
Pinta	SPOT	09-I-2001
Santiago	SPOT	29-III-2000
Santa Fe	SPOT	22-X-2000
Isabela	SPOT	29-III-2000
Isabela	LANDSAT	05-IV-2000
Wolf	LANDSAT	05-IV-2000
Darwin	LANDSAT	05-IV-2000

- **Georreferenciación**

Las imágenes satelitales son georreferenciadas, teniéndose como referencia la proyección Universal Transversa de Mercator, Elipsoide y datum Horizontal del Sistema Mundial WGS84, zona 15 sur.

- **Análisis digital de imágenes**



Figura 24. Mosaico de Imágenes Landsat

Fuente: PROYECTO CLIRSEN – TNC (Año 2006)

Efectuada la georreferenciación de las imágenes satelitales, se procedió al análisis visual de las bandas mediante una composición en falso color, con una combinación de bandas similar a 4,5,3 y 2,3,4 (RGB) de las imágenes LANDSAT, correspondiendo a 1 banda en el visible y 2 en el infrarrojo, y 2 visibles y 1 infrarrojo.

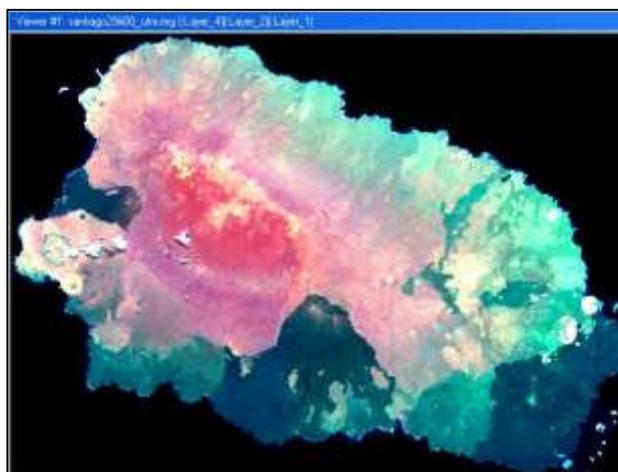


Figura 25. Imagen SPOT sector isla Santiago

Fuente: PROYECTO CLIRSEN – TNC (Año 2006)

Se efectuó el procesamiento para determinar el índice de vegetación normalizada y un realce visual en función del mejoramiento del histograma, utilizando el programa ERDAS 8.7; luego, se procedió a realizar una clasificación Digital No Supervisada, con 20 clases de unidades de cobertura y

uso del suelo, dependiendo de la isla, por cuanto el análisis numérico se efectuó por cada isla.

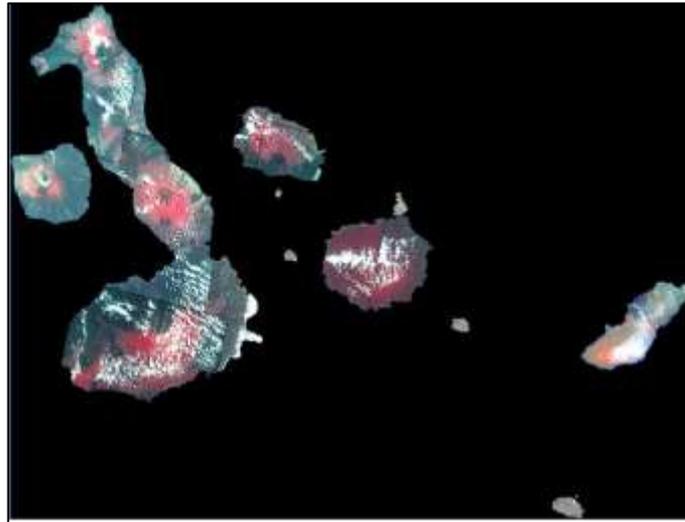


Figura 26. Mosaico Imágenes SPOT 4

Fuente: PROYECTO CLIRSEN – TNC (Año 2006)

- **Mejoramiento de la calidad de las imágenes**

Las técnicas de realce de contraste tienen por objetivo mejorar la calidad de las imágenes sobre los criterios “subjetivos” del ojo humano. Es normalmente utilizada como una etapa de procesamiento para el sistema de reconocimiento de patrones.

El contraste entre dos objetos puede ser definido como la relación entre los niveles de grises medios. La manipulación de contraste consiste en una transferencia radiométrica en cada píxel, con el fin de aumentar la discriminación visual entre los objetos presentes en la imagen.

Esta operación se realiza punto por punto, independientemente de la vecindad de píxeles, y es realizada con ayuda del histograma, que es manipulado para obtener el realce deseado, bajo las siguientes consideraciones:

- No existe una regla que se aplique mejor en un contraste de la imagen, pues depende de las características de la misma, tales como: época de adquisición, ángulo de iluminación, altura del sensor y bandas.

- Deben estar bien claras las razones por las cuales se desea aplicar un aumento o una reducción de contraste en una imagen, antes de hacerlo, toda vez que este proceso puede afectar al resultado de las operaciones subsecuentes
- Un aumento de contraste no irá a revelar nunca una información nueva que no esté contenida en la imagen original. El contraste apenas presenta la misma información contenida en los datos brutos de la imagen, pero de una forma más clara para el trabajo actual.

La función de realce redistribuye los valores de una imagen sobre otro rango de valores para su visualización, de tal manera que sean más evidentes los rasgos de interés que presenta la imagen. Los métodos de estiramiento más conocidos son: expansión lineal e igualación del histograma. Para este caso, se utilizó la expansión lineal, porque discrimina más las clases, a diferencia de la igualación del histograma que homogeniza clases.

- **Comprobación de campo**

Los objetivos planteados para la comprobación de campo fueron los siguientes:

- Realizar la verificación de la clasificación digital e interpretación visual preliminar de las imágenes satelitales en el tema de Cobertura vegetal y uso actual del suelo, a una escala 1: 50.000, de conformidad con la leyenda temática preliminar.
- Adquisición de datos con puntos GPS, para ubicación e identificación de las unidades temáticas de la clasificación preliminar realizada.



Figura 27. Isla Teodoro Wolf

Fuente: PROYECTO CLIRSEN – TNC (Año 2006)

Se realizó la programación del sobrevuelo, el reconocimiento terrestre y el transporte marítimo. En cuanto al transporte por mar, se coordinó con el capitán de la lancha Sierra Negra del Parque Nacional Galápagos, para aprovechar el tiempo y realizar el viaje por las noches de isla a isla, cuando estas estaban muy distantes.

El sobrevuelo en avioneta se realizó sobre las zonas agropecuarias y de vegetación natural de las islas Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela y Floreana, con la participación de los técnicos Patricia Puebla y Sixto Naranjo, del Parque Nacional Galápagos, y de los técnicos Roberto Sánchez y Basilio Toro, del CLIRSEN. El tiempo efectivo del sobrevuelo fue de 2h30.



Figura 28. Isla Isabela

Fuente: PROYECTO CLIRSEN – TNC (Año 2006)

Debido al incremento de la precipitación pluvial (lluvias), la vegetación se presentaba vigorosa (verde), distinta de las características de la vegetación seca que se observa en las imágenes satelitales, aspecto que se consideró al momento de realizar la codificación de las unidades mapeadas.

Del trabajo de campo, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Las entrevistas personales con técnicos del Parque Nacional Galápagos y Fundación Charles Darwin permitieron definir de mejor manera la leyenda temática, la misma que se ajustó después del recorrido de campo y de la observación de la distribución de los diferentes tipos de cobertura, tomando en consideración las limitaciones referentes a la información satelital, así como a la escala del estudio;



Figura 29. Isla Santa Cruz

Fuente: PROYECTO CLIRSEN – TNC (Año 2006)

- No se incluyó a la altitud como criterio de clasificación de la vegetación, pero se incluyeron las curvas de nivel cada 40 metros, de acuerdo con la escala a 1:50.000, en los mapas temáticos;
- Las condiciones del tiempo (lluvias) dan una respuesta diferente a la observada en la imagen, por lo que la experiencia de los técnicos

relacionados con la vegetación de Galápagos fue muy importante en la clasificación;

- Después de la realidad de campo y disponibilidad de imágenes satelitales, y en concordancia con la leyenda preliminar establecida, fue necesario cambiar la secuencia definida en la metodología inicial;
- El procesar la información satelital en formato digital, empleando el programa Erdas 7 a medida que se efectuaba el reconocimiento de campo de cada isla, ha permitido obtener una primera aproximación, en formato raster, de la clasificación de cobertura vegetal y uso del suelo de las Islas Galápagos;
- El mejor método identificado para la clasificación espectral, empleando información satelital, fue la clasificación no supervisada, definiéndose el número de clases de acuerdo con la complejidad de cobertura de cada isla. Para el procesamiento, se incluyó un índice de vegetación normalizada, a más de las bandas originales de la imagen satelital, para después de efectuada la clasificación asignar los atributos de cada clase, sobre la base de una leyenda temática, previamente definida.



Figura 30. Isla La Pinta

Fuente: PROYECTO CLIRSEN – TNC (Año 2006)

5.1.3. Interpretación

El método de interpretación digital de las imágenes satelitales seleccionadas fue el de clasificación no supervisada, en combinación con una interpretación visual interdependiente.

De acuerdo con la experiencia y conocimiento adquiridos en el trabajo de campo y en función de los requerimientos manifestados por los futuros usuarios de la información, se estableció la leyenda temática para la cobertura vegetal y uso de las Islas Galápagos.

Para la clasificación no supervisada, se emplearon las bandas originales del SPOT más la banda generada por el índice de vegetación normalizada, con la finalidad de obtener una mayor separabilidad entre las firmas espectrales.

Obtenida la clasificación no supervisada, para eliminar la generación de pequeños píxeles clasificados, fenómeno conocido como de sal y pimienta, se procesó la imagen clasificada mediante la aplicación (dos veces) de un filtro de *majority* en ERDAS, con una matriz de 3 por 3 píxeles.

Para el proceso con las imágenes Aster, se realizó primeramente un remuestreo de la imagen, para obtener píxeles de 20 metros como resolución espacial, siguiendo posteriormente los pasos empleados para las imágenes clasificadas con SPOT. El mismo procedimiento se aplicó con las imágenes SPOT de 5 metros de resolución, esto es, para tener un mismo parámetro de 20 metros como resolución espacial, para el procedimiento de clasificación.

Al no tener imágenes satelitales SPOT de buena calidad para la isla Isabela, en lo referente al parámetro de porcentaje de cubrimiento nubes, se trabajó con imágenes LANDSAT y, en determinados sectores, con imágenes SPOT, lo más actualizadas.

Previo a la clasificación no supervisada, se procesaron dos imágenes LANDSAT, compuestas de 1 banda en el visible y 2 en el infrarrojo, para obtener un mosaico con un remuestreo del píxel a 20 metros.

Se realizó la clasificación no supervisada, tanto para el mosaico de imágenes LANDSAT, cuanto para los sectores con imágenes SPOT; posteriormente, se efectuó un mosaico con las clasificaciones obtenidas.

El paso siguiente fue efectuar lo que se denomina interpretación interdependiente, de carácter visual, relacionando la imagen clasificada con la imagen satelital, en una representación de composición a color (RGB), con una combinación de 1 banda en el visible y 2 en el infrarrojo.

El procedimiento para obtener la clasificación en formato vector es a partir de la clasificación obtenida en formato raster, realizándose previamente un remuestreo de la imagen clasificada de 20 metros, para obtener un píxel de 5 metros.

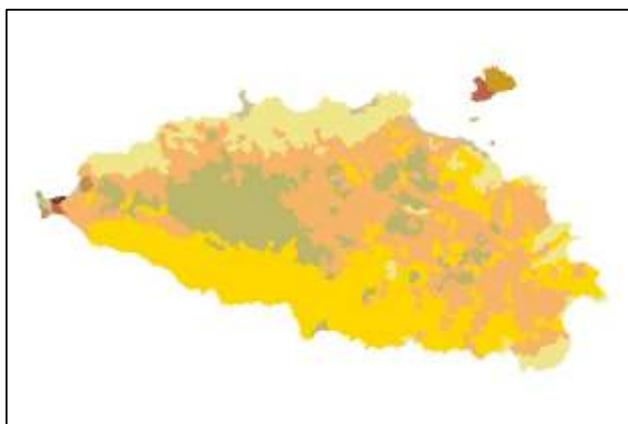


Figura 31. Clasificación – Isla Española

Fuente: PROYECTO CLIRSEN – TNC (Año 2006)

Posteriormente, se eliminaron las áreas menores a 4 hectáreas y, como paso inmediato, se efectuó la conversión de formato raster a formato vector, obteniendo como producto final el formato vectorial Arc/Info

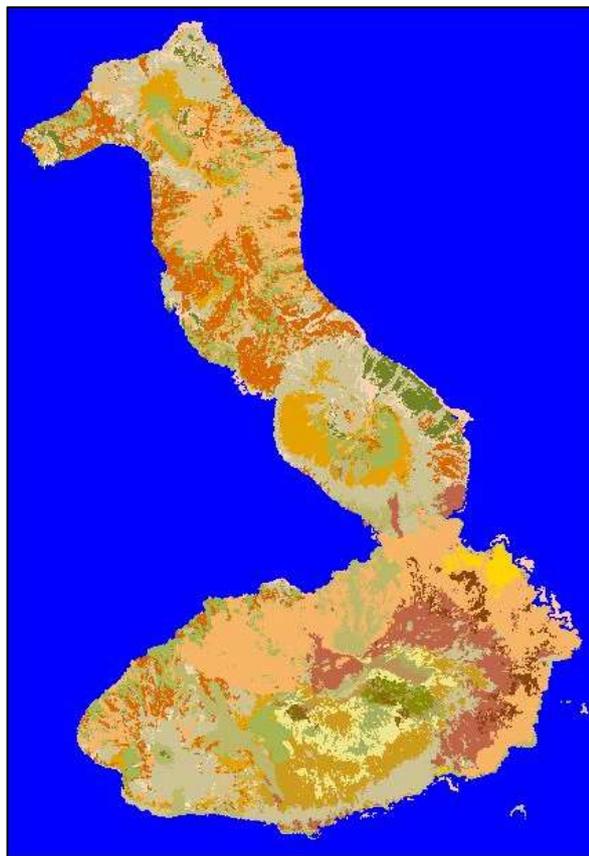


Figura 32. Imagen clasificada – Isla Isabela

Fuente: PROYECTO CLIRSEN – TNC (Año 2006)

- **Ajuste de interpretación**

La clasificación en formato vector (Arc/Info) se la trabajó en el programa ArcView 8.3, para lo cual se transformó a la cobertura SHP, mediante el proceso de ajustar la interpretación a los límites de costa, en función de los mapas bases planimétricos, cuyos límites costeros son el resultado de la interpretación visual de imágenes satelitales.

La clasificación en formato vector se reinterpreta visualmente en pantalla. La interpretación visual se basa principalmente en colores, tonos, texturas, formas y ubicación geográfica, en la que intervienen la experiencia, conocimiento del área de estudio y la capacidad técnica del intérprete, para tener en cuenta las observaciones de campo y los puntos adquiridos con GPS.

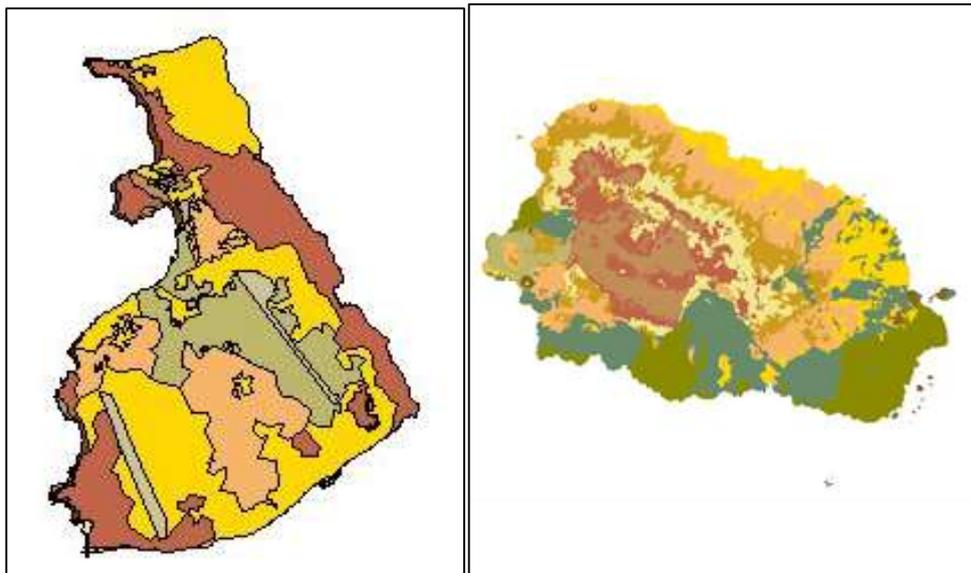


Figura 33. Depuración de los errores de los polígonos

Para depurar la base gráfica, se transformó la cobertura SHP a cobertura ArcInfo, y dentro del ambiente del programa Erdas se eliminaron los errores generados dentro del ambiente ArcView. En determinadas áreas agropecuarias, se ajustó la interpretación empleando información Ikonos, que posee una mayor resolución espacial.

Depurados los errores de los polígonos, se procedió a la codificación respectiva, para lo cual se estableció la leyenda definitiva de cobertura vegetal y uso del suelo, con sus respectivos campos, correspondientes a Código, Tipo, Subtipo y Uso, acordes con la tabla de atributos del cuadro siguiente:

Cuadro 3. Campos de la tabla de atributos

Nombre	Tipo a	Ancho
CÓDIGO	STRING	10
TIPO	STRING	25
SUBTIPO	STRING	60
USO	STRING	25

Las diferentes clasificaciones realizadas por sectores de islas se unen para efectuar un mosaico y proceder posteriormente a cortar la información temática, de conformidad con el formato de hoja cartográfica predefinida.

5.1.4. Cartografía temática

- **Elaboración de mapas temáticos**

La representación de la cartografía temática se la realiza a escala 1:50.000, en la cual se incluye la información temática, el mapa base y las curvas de nivel cada 40 metros; todo esto, bajo el ambiente ArcGis 8.3

Se elaboró una cuadrícula de hojas en el programa ArcInfo de 15' * 10', de acuerdo con las especificaciones técnicas de la cartografía a escala 1:50.000, establecidas por el Instituto Geográfico Militar, con el siguiente sistema de referencia:

- Proyección: UTM
- Elipsoide: WGS84
- Datum: WGS84 Zona 15 Sur

- **Impresión de mapas temáticos**

Con la elaboración de la grilla a escala 1:50.000, se obtuvo cada una de las hojas con las que se procedió a cortar los mapas de Cobertura vegetal en este formato.

Se diseñó un primer mapa borrador, el cual fue presentado a *The Nature Conservancy*, obteniéndose las observaciones al mismo y estableciéndose el diseño de impresión del mapa definitivo. Se generó una impresión de la clasificación por cada sector de isla.

- **Respaldo digital**

Los productos finales que son en formato vector, poseen sus respectivos respaldos digitales y sus metadatos.

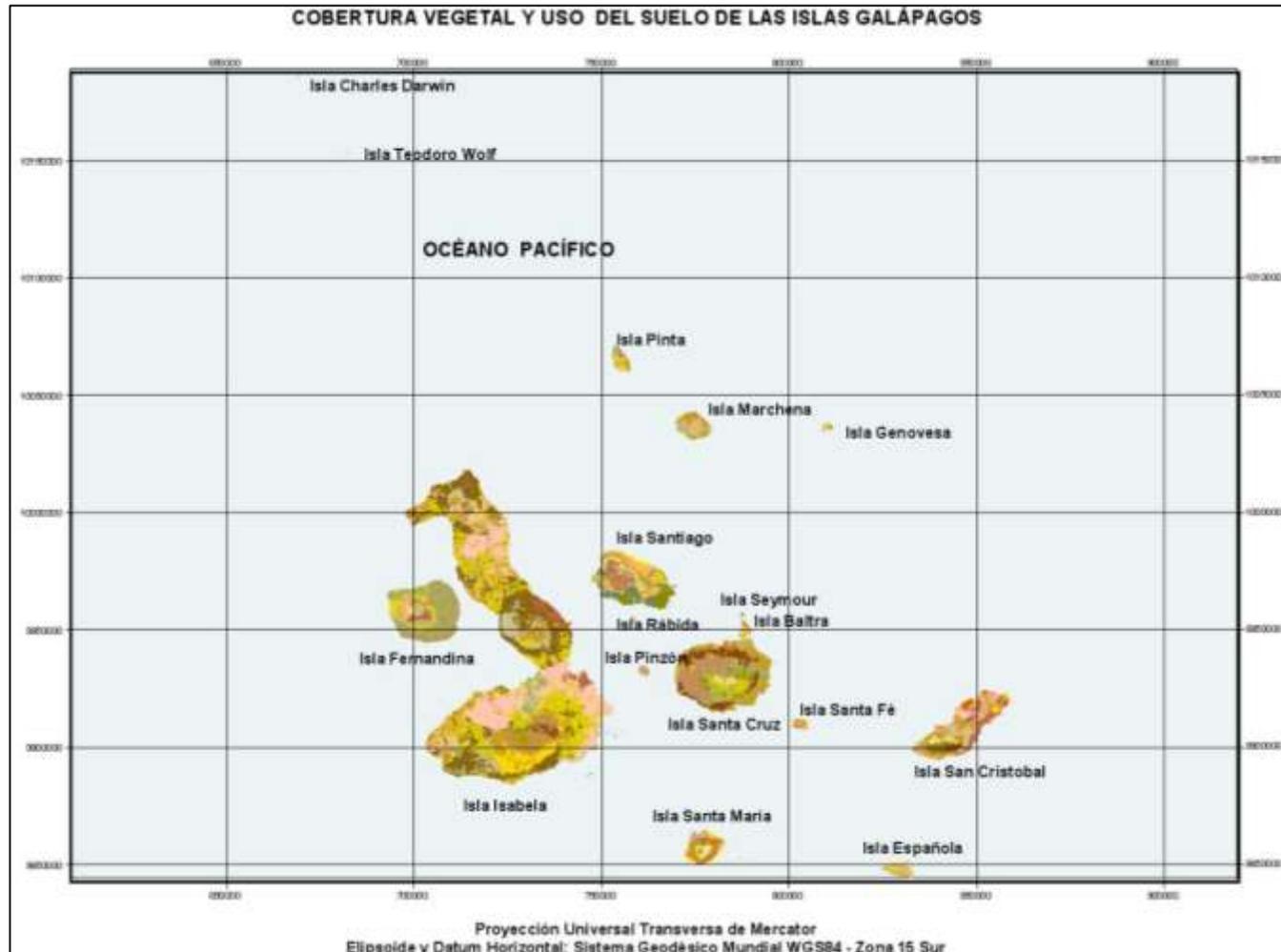


Figura 34. Mosaico de Clasificaciones

Fuente: PROYECTO CLIRSEN – TNC (Año 2006)

5.2.Resultados

5.2.1. Leyenda temática

Por las características propias de las islas y considerando su orientación de uso, que está dedicada en especial a su conservación, se definieron 6 grupos de uso: Vegetación Natural, Vegetación Invasora, Agropecuario, Eriales Cuerpos de Agua y Rasgos Culturales.

Dentro de cada grupo de uso se identificaron los tipos y subtipos de cobertura:

Vegetación Natural

Se considera vegetación natural a aquella cobertura vegetal resultante de los procesos naturales de la interacción del clima y el suelo, en una determinada zona.

Manglar

Se trata de árboles y arbustos sempervirentes, con adaptaciones para crecer sobre pantanos tropicales de agua salobre. Predominan los géneros de Rhizophora, Avicennia, Conocarpus y Laguncularia.

Arbórea

Ecosistema arbóreo regenerado por sucesión natural, que se caracteriza por la presencia de árboles en diferentes estratos y distribución espacial.

Para los subtipos se ha considerado la característica climática de húmedo o seco, la estratificación cerrada o abierta y la dominancia de una especie arbórea, estableciéndose los siguientes subtipos de cobertura:

- Arbórea seca abierta de Palo Santo;
- Arbórea seca cerrada de Palo Santo;

- Arbórea seca mixta: Palo Santo, Pegapega, Matazarno;
- Arbórea de transición: Guayabillo, Lechoso, Uña de Gato;
- Arbórea húmeda de lechoso.

Arbustiva

Vegetación lignificada que no posee un fuste definido, ramificados desde la base y que, en ciertos casos, se presentan superficies con árboles aislados.

Se han identificado los siguientes subtipos de cobertura:

- 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.

Herbácea

Áreas cubiertas con especies cuyos tejidos no están lignificados, con tallos ricos en clorofila y fitosintéticos.

- Se tienen como subtipos de cobertura, los siguientes:
- Herbácea litoral mixta (Suculentas y pastos);
- Herbácea seca abierta;
- Herbácea seca cerrada;
- Herbácea húmeda.

Pionera

Vegetación colonizadora que se presenta principalmente sobre afloramientos rocosos, cenizas volcánicas, playas y dunas.

Los subtipos de cobertura identificados son:

- Vegetación pionera sobre playas y dunas;
- Vegetación pionera sobre tufa y escoria;
- Vegetación pionera sobre ceniza volcánica;
- Vegetación pionera sobre lava.

Agropecuario

Áreas dedicadas a la producción de alimentos e industrias, que incluyen principalmente cultivos, plantaciones, huertas, tierras en descanso y barbecho, y áreas con especies herbáceas para la alimentación animal.

Este uso del suelo solo se observa en 4 islas: Isabela, Santa Cruz, San Cristóbal y Floreana.

Cultivada

Son los espacios dedicados a la explotación de cultivos de subsistencia, exportación o agroindustria. También son consideradas áreas dedicadas a la ganadería, en donde se han establecido potreros con especies herbáceas; se han considerado los subtipos caracterizados por Área con Cultivos, Área con Pastos y Área con Asociaciones Agrícolas.

Eriales

Áreas generalmente desprovistas de vegetación que, por sus limitaciones edáficas, climáticas y topográficas, no son aprovechadas para uso agropecuario o forestal; sin embargo, pueden tener otros usos.

Afloramientos rocosos

Masa geológica que emerge a la superficie terrestre y que ocupa extensiones considerables de materiales pétreos de diferentes tamaños; se establece Lava reciente y Lava Antigua.

Suelos desnudos

Son aquellas tierras en las cuales el elevado grado de desgaste superficial del suelo las transforma en áreas improductivas, bajo los sistemas tradicionales de manejo del suelo. Se consideran dentro de esta categoría a los suelos erosionados y las playas.

Cuerpos de agua

Son superficies naturales o artificiales cubiertas permanentemente por agua.

Agua

Depósitos de agua entre los que se consideran los humedales y las lagunas. Los ríos se encuentran dentro del mapa base.

Rasgos culturales

Son áreas con asentamientos humanos y obras civiles que generan un servicio.

Infraestructura

Son aquellas manifestaciones construidas o creadas por el hombre, que generan un servicio y que incluyen obras de infraestructura física y otras. Se han definido como Áreas Urbanas, Portuarias, Aeroportuaria y otros tipos de manifestaciones como, por ejemplo, minas, relleno sanitario.

Se ha establecido un listado de las especies vegetales dominantes que se encuentran presentes al interior de cada tipo de cobertura vegetal,

para lo cual se tiene la correspondencia del nombre común con el nombre científico.

Cuadro 4. Especies dominantes

Nombre Común	Nombre Científico
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i>
Algodoncillo	<i>Gossypium spp</i>
Cafetillo	<i>Miconia robinsoniana</i>
Chala	<i>Croton scouleri</i>
Guayabillo	<i>Psidium spp</i>
Helecho Arboreo	<i>Cyathea weatherbyana</i>
Lechoso	<i>Scalesia spp</i>
Matazarno	<i>Piscidia spp</i>
Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>
Mangle jeli	<i>Conocarpus erectus</i>
Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>
Mangle negro	<i>Avicennia germinans</i>
Monte salado	<i>Cryptocarpus pyriformis</i>
Muyuyo	<i>Cordia lutea</i>
Palo Santo	<i>Bursera spp</i>
Pegapega	<i>Pisonia spp</i>
Palo Verde	<i>Parkinsonia aculeata</i>
Romerillo	<i>Macraea laricifolia</i>
Tuna	<i>Opuntia spp</i>
Uña de gato	<i>Zanthoxylum fagara</i>
Cascarilla	<i>Cinchona pubescens</i>
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>
Mora	<i>Rubus spp</i>
Pomarosa	<i>Syzygium spp</i>
Supirosa	<i>Lantana camara</i>



Figura 35. Especies dominantes

Cuadro 5. LEYENDA DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

LEYENDA			
COBERTURA		CODIGO	USO
TIPO	SUBTIPO		
MANGLAR	Manglar	Ma	VEGETACION NATURAL
ARBOREA	Arborea seca abierta de Palo Santo	BsaP	
	Arborea seca cerrada de Palo Santo	BscP	
	Arborea seca mixta: P. Santo, Pegapega, Matazarno	Bsm	
	Arborea de transición: Guayabillo, Lechoso, U. Gato	Bt	
	Arborea húmeda de Lechoso	BHL	
ARBUSTIVA	Arbustiva seca en Litoral de Monte Salado	AsLM	
	Arbustiva seca mixta: Lechoso, Tura, Chala	AsMI	
	Arbustiva seca abierta de Muyuyo	AsaM	
	Arbustiva seca abierta de Algarrobo	AsaAr	
	Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	
	Arbustiva seca abierta de Palo Verde	AsaP	
	Arbustiva seca cerrada de Muyuyo	AscM	
	Arbustiva seca cerrada de Algarrobo	AscAr	
	Arbustiva seca cerrada de Chala	AscC	
	Arbustiva húmeda de Helecho Arbóreo	AhH	
Arbustiva húmeda de Chala	AhCh		
HERBACEA	Herbáceas litoral mixta: Suculentas y pastos	Hln	
	Herbacea seca abierta	Hsa	
	Herbacea seca cerrada	Hsc	
	Herbáceas húmeda	Hh	
PIONERA	Vegetación pionera sobre playas y duras	Ppd	
	Vegetación pionera sobre tufa yescoria	Pte	
	Vegetación pionera sobre ceniza volcánica	Pcv	
	Vegetación pionera sobre lava	Pl	
CULTIVADA	Área con Cultivos	Gc	AGROPECUARIO
	Área con Pastos	Gp	
	Área con Asociaciones Agrícolas	Ga	
AFLORAMIENTOS	Lava reciente	Rr	ERIALES
ROCOSOS	Lava antigua	Ra	
SUELOS	Suelos erosionados	Se	
DESNUDOS	Playas	Sp	CUERPOS DE AGUA
AGUA	Lagunas	Cl	
	Humedales	Ch	
INFRAESTRUCTURA	Urbana	Iu	RASGOS CULTURALES
	Portuaria	Ip	
	Aeroportuaria	Ia	
	Otros	Io	

5.2.2. Cartografía temática

Las clasificaciones sobre Cobertura Vegetal y Uso del Suelo, efectuadas con imágenes satelitales SPOT y LANDSAT, son integradas en un mosaico, para lo cual se estableció una leyenda temática única, generándose una paleta de colores para su representación gráfica; desde dicho mosaico se generan las hojas en formato a escala 1:50.000 y por sectores de islas.

- Mosaico de clasificación

De la clasificación para todas las islas del Archipiélago de Colón, se tienen los resultados de la distribución del tipo de cobertura y uso en el cuadro 6, en el cual se pueden observar, como aspectos relevantes, que el 76,50% corresponde a vegetación natural, existiendo 19 752,09 hectáreas de especies invasoras principales, 13 985,05 hectáreas dedicadas al uso agropecuario, el 19,13% son eriales, 783,49 hectáreas corresponden a rasgos culturales y se han identificado 2145,89 hectáreas de manglar.

Cuadro 6. COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO DE LAS ISLAS GALÁPAGOS (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	HA	%	USO	HA	%
MANGLAR	2.145,89	0,27	VEGETACIÓN NATURAL	611.965,33	76,49
ARBOREA	207.699,85	25,96			
ARBUSTIVA	120.398,33	15,05			
HERBACEA	130.269,47	16,28			
PIONERA	151.451,79	18,93			
CULTIVADA	13.985,05	1,75	AGROPECUARIO	13.985,05	1,75
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	152.802,99	19,10	ERIALES	153.011,40	19,13
SUELOS DESNUDOS	208,41	0,03	CUERPOS DE AGUA RASGOS CULTURALES	477,93	0,06
AGUA	477,93	0,06			
INFRAESTRUCTURA	783,49	0,10			

- Sectores por islas

Se definieron 17 sectores de islas, presentándose en los cuadros siguientes las distribuciones en hectáreas de los diferentes tipos de cobertura y uso, así como su desagregación por subtipo de cobertura; se realizaron impresiones de

estos sectores, considerando diferentes escalas que permitan tener una visión global de la isla.



Figura 36. ISLA BALTRA

Fuente: PROYECTO CLIRSEN – TNC (Año 2006)

Cuadro 7. SANTA CRUZ E ISLAS PLAZAS - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR	131,96	0,13	VEGETACION NATURAL	85.552,26	90,97
ARBÓREA	60.993,19	61,64			
ARBUSTIVA	21.261,84	21,49			
HERBACEA	3.159,85	3,19			
PIONERA	5,42	0,01			
CULTIVADA	8.047,31	8,13	AGROPECUARIO	8.047,31	8,55
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	32,18	0,03	ERIALES	93,32	0,10
SUELOS DESNUDOS	61,14	0,06	CUERPOS DE AGUA		
AGUA					
INFRAESTRUCTURA	386,15	0,39	RASGOS CULTURALES	386,15	0,41
TOTAL	98.942,92	100,00	TOTAL	94.079,04	100,00

ISLA SANTA CRUZ E ISLAS PLAZAS				
COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO				
NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Área con Cultivos	Gc	585,80	CULTIVADA	AGROPECUARIO
Área con Pastos	Gp	7461,51	CULTIVADA	AGROPECUARIO
Lava reciente	Rr	32,18	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	ERIALES
Playas	Sp	61,14	SUELOS DESNUDOS	ERIALES
Infraestructura otros	Io	114,97	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES
Infraestructura urbana	Iu	271,18	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES
Arbórea húmeda de Lechoso	BhL	509,32	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca abierta de Palo santo	BsaP	13 793,58	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca cerrada de Palo santo	BscP	23 744,74	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca mixta: Palo santo, Pegapega, Matazarno	Bsm	18 338,98	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea de transición: Guayabillo, Lechoso, Uña de gato	Bt	4606,58	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva húmeda de Helecho arbóreo	AhH	41,54	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	1767,37	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Muyuyo	AsaM	2644,41	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca cerrada de Muyuyo	AscM	8,37	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca en litoral de Monte salado	AslM	21,94	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca Mixta: Lechoso, Tuna, Chala	AsMi	16 778,20	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea litoral mixta: Suculentas y Pastos	Hlm	5,90	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	706,03	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca cerrada	Hsc	2447,92	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Manglar	Ma	131,96	MANGLAR	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre playas y dunas	Ppd	5,42	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 8. ISLA BALTRA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR	7,78	0,31	VEGETACIÓN NATURAL	2386,57	93,89
ARBOREA		0,00			
ARBUSTIVA	1606,49	63,20			
HERBACEA	772,30	30,38			
PIONERA					
CULTIVADA			AGROPECUARIO		
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	10,56	0,42	ERIALES	67,63	2,66
SUELOS DESNUDOS	57,07	2,25			
AGUA			CUERPOS DE AGUA		
INFRAESTRUCTURA	87,57	3,45	RASGOS CULTURALES	87,57	3,45
TOTAL	2541,77	100,00	TOTAL	2541,77	100,00

ISLA BALTRA

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Lava reciente	Rr	10,56	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	ERIALES
Suelos erosionados	Se	19,36	SUELOS DESNUDOS	ERIALES
Playas	Sp	37,71	SUELOS DESNUDOS	ERIALES
Infraestructura aeroportuaria	Ia	84,67	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES
Infraestructura portuaria	Ip	2,90	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES
Arbustiva seca abierta de Algarrobo	AsaAr	611,64	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Palo verde	AsaP	994,86	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	375,68	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca cerrada	Hsc	396,62	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Manglar	Ma	7,78	MANGLAR	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 9. ISLA ESPAÑOLA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR			VEGETACIÓN NATURAL	6.191,74	99,10
ARBOREA	861,52	13,79			
ARBUSTIVA	5330,22	85,32			
HERBACEA					
PIONERA					
CULTIVADA			AGROPECUARIO		
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	17,01	0,27	ERIALES	55,94	0,90
SUELOS DESNUDOS	38,92	0,62			
AGUA			CUERPOS DE AGUA		
INFRAESTRUCTURA			RASGOS CULTURALES		
TOTAL	6247,67	100,00	TOTAL	6.247,67	100,00

ISLA ESPAÑOLA

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO				
NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Lava reciente	Rr	17,01	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	ERIALES
Playas	Sp	11,16	SUELOS DESNUDOS	ERIALES
Suelos erosionados	Se	27,77	SUELOS DESNUDOS	ERIALES
Arbórea seca abierta de Palo santo	BsaP	861,52	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca Mixta: Lechoso, Tuna, Chala	AsMi	39,72	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	33,42	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Muyuyo	AsaM	966,12	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca cerrada de Algarrobo	AscAr	1889,57	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca cerrada de Chala	AscC	2205,22	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca en litoral de Monte salado	AslM	196,18	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 10. ISLA SANTA MARIA (FLOREANA) - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	HA	%	USO	HA	%
MANGLAR			VEGETACIÓN NATURAL	16 861,09	97,62
ARBOREA	8411,33	48,70			
ARBUSTIVA	8270,15	47,88			
HERBACEA	59,00	0,34			
PIONERA	120,61	0,70			
CULTIVADA	211,91	1,23	AGROPECUARIO	211,91	1,23
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	0,78	0,005	ERIALES	0,78	0,005
SUELOS DESNUDOS					
AGUA	11,97	0,07	CUERPOS DE AGUA	11,97	0,07
INFRAESTRUCTURA	24,69	0,14	RASGOS CULTURALES	24,69	0,14
TOTAL	17 271,32	100,00	TOTAL	17 271,32	100,00

ISLA SANTA MARÍA (FLOREANA)				
COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO				
NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Área con Asociaciones agrícolas	Ga	60,31	CULTIVADA	AGROPECUARIO
Área con Cultivos	Gc	55,82	CULTIVADA	AGROPECUARIO
Área con Pastos	Gp	95,77	CULTIVADA	AGROPECUARIO
Humedales	Ch	5,96	AGUA	CUERPOS DE AGUA
Lagunas	Cl	6,01	AGUA	CUERPOS DE AGUA
Lava reciente	Rr	0,78	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	ERIALES
Infraestructura urbana	Iu	24,27	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES
Infraestructura otros	Io	0,42	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES
Árborea de transición: Lechoso, Uña de gato	Bt	2331,13	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL

ISLA SANTA MARÍA (FLOREANA)				
COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO				
NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Arbórea seca abierta de Palo santo	BsaP	1716,05	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca mixta: Palo santo, Pegapega	Bsm	4364,15	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca Mixta: Lechoso, Tuna, Chala	AsMi	13,76	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Palo verde	AsaP	4689,48	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca cerrada de Chala	AscC	3558,79	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca en litoral de Monte salado	AslM	8,12	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	59,00	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre lava	Pl	29,21	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre tufa y escoria	Pte	91,40	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 11. ISLA GENOVESA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR	0,76	0,05	VEGETACIÓN NATURAL	1.361,95	98,70
ARBOREA	772,80	56,01			
ARBUSTIVA	427,65	30,99			
HERBACEA	119,09	8,63			
PIONERA	41,65	3,02			
CULTIVADA			AGROPECUARIO		
AFLORAMIENTOS ROCOSOS			ERIALES	2,65	0,19
SUELOS DESNUDOS	2,65	0,19			
AGUA	15,22	1,10	CUERPOS DE AGUA	15,22	1,10
INFRAESTRUCTURA			RASGOS CULTURALES		
TOTAL	1379,82	100,00	TOTAL	1379,82	100,00

ISLA GENOVESA

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Lagunas	CI	15,22	AGUA	CUERPOS DE AGUA
Playas	Sp	2,65	SUELOS DESNUDOS	ERIALES
Arbórea seca abierta de Palo santo	BsaP	433,59	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca cerrada de Palo santo	BscP	339,21	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	223,68	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca cerrada de Chala	AscC	202,47	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca en litoral de Monte salado	AslM	1,50	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	119,09	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Manglar	Ma	0,76	MANGLAR	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre lava	Pl	41,65	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 12. ISLA PINZÓN - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR			VEGETACIÓN NATURAL	1774,03	100,00
ARBOREA					
ARBUSTIVA	1732,65	97,67			
HERBACEA	13,21	0,74			
PIONERA	28,18	1,59			
CULTIVADA			AGROPECUARIO		
AFLORAMIENTOS ROCOSOS			ERIALES		
SUELOS DESNUDOS					
AGUA			CUERPOS DE AGUA		
INFRAESTRUCTURA			RASGOS CULTURALES		
	1774,03	100,00		1774,03	100,00

ISLA PINZÓN

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Arbustiva seca abierta de Algarrobo	AsaAr	418,28	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	0,41	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Palo verde	AsaP	650,30	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca cerrada de Algarrobo	AscAr	343,75	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca cerrada de Chala	AscC	319,90	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	0,39	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca cerrada	Hsc	12,81	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre lava	PI	28,18	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 13. ISLA RÁBIDA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR			VEGETACIÓN NATURAL	494,93	99,79
ARBOREA	436,34	87,97			
ARBUSTIVA	45,71	9,22			
HERBACEA	12,89	2,60			
PIONERA					
CULTIVADA			AGROPECUARIO		
AFLORAMIENTOS ROCOSOS			ERIALES		
SUELOS DESNUDOS					
AGUA	1,06	0,21	CUERPOS DE AGUA	1,06	0,21
INFRAESTRUCTURA			RASGOS CULTURALES		
TOTAL	496,00	100,00	TOTAL	496,00	100,00

ISLA RÁBIDA**COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO**

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Humedales	Ch	1,06	AGUA	CUERPOS DE AGUA
Arbórea seca abierta de Palo santo	BsaP	88,10	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca cerrada de Palo santo	BscP	208,36	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca mixta: Palo santo, Pegapega	Bsm	139,88	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	25,14	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca cerrada de Cala	AscC	20,57	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca cerrada	Hsc	12,89	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 14. ISLA SAN CRISTÓBAL - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR	8,76	0,02	VEGETACIÓN NATURAL	47 280,26	84,13
ARBOREA	28 624,15	50,93			
ARBUSTIVA	14 125,52	25,13			
HERBACEA	394,39	0,70			
PIONERA	4127,43	7,34			
CULTIVADA	2698,14	4,80	AGROPECUARIO	2698,14	4,80
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	1437,43	2,56	ERIALES	1437,43	2,56
SUELOS DESNUDOS			CUERPOS DE AGUA	29,84	0,05
AGUA	29,84	0,05			
INFRAESTRUCTURA	170,23	0,30	RASGOS CULTURALES	170,23	0,30
TOTAL	56 201,57	100,00	TOTAL	56 201,57	100,00

ISLA SAN CRISTÓBAL

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Área con Cultivos	Gc	923,88	CULTIVADA	AGROPECUARIO
Área con Pastos	Gp	1774,26	CULTIVADA	AGROPECUARIO
Humedales	Ch	24,97	AGUA	CUERPOS DE AGUA
Lagunas	Cl	4,87	AGUA	CUERPOS DE AGUA
Lava reciente	Rr	1437,43	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	ERIALES
Infraestructura Aeroportuaria	Ia	15,13	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES

ISLA SAN CRISTÓBAL

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Infraestructura Urbana	Iu	153,59	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES
Infraestructura Portuaria	Lp	1,51	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES
Arbórea de transición: Guayabillo, Lechoso, Uña de gato	Bt	1389,50	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca abierta de Palo santo	BsaP	7319,05	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca cerrada de Palo santo	BscP	9957,80	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca mixta: Palo santo, pegapega, Matazarno	Bsm	9957,80	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Algarrobo	AsaAr	12 009,51	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	2097,68	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca en litoral de Monte salado	AslM	18,33	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	394,39	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Manglar	Ma	8,76	MANGLAR	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre lava	Pl	4085,47	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre playas y dunas	Ppd	41,96	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 15. ISLA FERNANDINA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR	241,25	0,37	VEGETACIÓN NATURAL	54 318,26	83,73
ARBOREA	7185,57	11,08			
ARBUSTIVA	9680,13	14,92			
HERBACEA	5946,19	9,17			
PIONERA	31 265,12	48,20			
CULTIVADA			AGROPECUARIO		
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	10 552,22	16,27	ERIALES	10 552,22	16,27
SUELOS DESNUDOS					
AGUA			CUERPOS DE AGUA		
INFRAESTRUCTURA			RASGOS CULTURALES		
TOTAL	64 870,48	100,00	TOTAL	64 870,48	100,00

ISLA FERNANDINA

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Lava reciente	Rr	10 552,22	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	ERIALES
Arbórea seca abierta de Palo santo	BsaP	7185,57	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva húmeda de Chala	AhCh	3105,24	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	6574,90	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea húmeda	Hh	3252,24	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	2693,95	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Manglar	Ma	241,25	MANGLAR	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre ceniza volcánica	Pev	650,30	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre lava	Pl	30 614,82	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 16. MARCHENA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR			VEGETACIÓN NATURAL	7576,57	58,03
ARBOREA	2971,29	22,76			
ARBUSTIVA	134,89	1,03			
HERBACEA	1594,26	12,21			
PIONERA	2876,12	22,03			
CULTIVADA			AGROPECUARIO		
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	5468,04	41,88	ERIALES	5480,36	41,97
SUELOS DESNUDOS	12,32	0,09			
AGUA			CUERPOS DE AGUA		
INFRAESTRUCTURA			RASGOS CULTURALES		
TOTAL	13 056,93	100,00	TOTAL	13 056,93	100,00

ISLA MARCHENA

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Lava reciente	Rr	5468,04	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	ERIALES
Suelos erosionados	Se	12,32	SUELOS DESNUDOS	ERIALES
Arbórea seca abierta de Palo santo	BsaP	2971,29	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	68,41	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Muyuyo	AsaM	66,49	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca cerrada	Hsc	1594,26	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre lava	Pl	2876,12	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 17. ISLA PINTA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR			VEGETACIÓN NATURAL	4271,00	71,30
ARBOREA	2551,80	42,60			
ARBUSTIVA					
HERBACEA	1227,90	20,50			
PIONERA	491,30	8,20			
CULTIVADA			AGROPECUARIO		
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	1719,36	28,70	ERIALES	1719,36	28,70
SUELOS DESNUDOS					
AGUA			CUERPOS DE AGUA		
INFRAESTRUCTURA			RASGOS CULTURALES		
TOTAL	5990,36	100,00	TOTAL	5990,36	100,00

ISLA PINTA

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO				
NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Lava reciente	Rr	1719,36	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	ERIALES
Arbórea seca abierta de Palo santo	BsaP	558,45	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca cerrada de Palo santo	BscP	1451,06	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca mixta: Palo santo, Pegapega	Bsm	542,29	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea húmeda	Hh	615,70	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	612,20	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre lava	Pl	458,44	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre tufa y escoria	Pte	32,86	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 18. ISLA SANTIAGO - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR	3,59	0,01	VEGETACIÓN NATURAL	50 158,39	86,50
ARBÓREA	12 578,49	21,69			
ARBUSTIVA	21 695,71	37,42			
HERBÁCEA	4758,22	8,21			
PIONERA	11 122,38	19,18			
CULTIVADA			AGROPECUARIO		
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	7789,70	13,43	ERIALES	7794,42	13,44
SUELOS DESNUDOS	4,72	0,01			
AGUA	8,48	0,01	CUERPOS DE AGUA	8,48	0,01
INFRAESTRUCTURA			RASGOS CULTURALES		
TOTAL	57 984,22	100,00	TOTAL	57 984,22	100,00

ISLA SANTIAGO
COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Lagunas	Cl	8,48	AGUA	CUERPOS DE AGUA
Lava reciente	Rr	7789,70	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	ERIALES
Suelos erosionados	So	1,13	SUELOS DESNUDOS	ERIALES
Playas	Sp	3,59	SUELOS DESNUDOS	ERIALES
Herbácea húmeda	Hh	4708,74	HERBÁCEA	VEGETACIÓN INVASORA
Arbustiva húmeda de Chala	AhCh	5325,73	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	5701,31	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Muyuyo	AsaM	1232,11	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de palo verde	AsaP	9403,58	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca en litoral de Monte salado	AslM	32,98	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca abierta de Palo santo	BsaP	6658,58	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL

ISLA SANTIAGO				
COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO				
NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Arbórea de transición: Guayabillo, Lechoso, Uña de gato	Bt	5919,91	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	49,48	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Manglar	Ma	3,59	MANGLAR	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre lava	Pl	10 724,94	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre tufa y escoria	Pte	397,44	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 19. ISLA SANTA FÉ - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR			VEGETACIÓN NATURAL	2447,42	100,00
ARBOREA					
ARBUSTIVA	1829,10	74,74			
HERBACEA	618,32	25,26			
PIONERA			AGROPECUARIO ERIALES		
CULTIVADA					
AFLORAMIENTOS ROCOSOS					
SUELOS DESNUDOS			CUERPOS DE AGUA		
AGUA					
INFRAESTRUCTURA			RASGOS CULTURALES		
TOTAL	2447,42	100,00	TOTAL	2447,42	100,00

ISLA SANTA FE

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Arbustiva seca Mixta: Lechoso, Tuna, Chala	AsMi	661,02	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	704,69	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Muyuyo	AsaM	386,22	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Palo verde	AsaP	77,18	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	263,68	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca cerrada	Hsc	354,64	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 20. ISLA ISABELA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR	1752,33	0,37	VEGETACIÓN NATURAL	331 651,12	70,39
ARBOREA	82 816,31	17,58			
ARBUSTIVA	34 153,06	7,25			
HERBACEA	111 496,87	23,66			
PIONERA	101 432,55	21,53			
CULTIVADA	3027,66	0,64	AGROPECUARIO	3027,66	0,64
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	125 808,77	26,70	ERIALES	125 848,91	26,71
SUELOS DESNUDOS	40,14	0,01	CUERPOS DE AGUA	411,36	0,09
AGUA	411,36	0,09			
INFRAESTRUCTURA	114,84	0,02			
			RASGOS CULTURALES	114,84	0,02
TOTAL	471 182,73	100,00	TOTAL	471 182,73	100,00

ISLA ISABELA**COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO**

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Área con Asociaciones agrícolas	Ga	3027,66	CULTIVADA	AGROPECUARIO
Humedales	Ch	185,51	AGUA	CUERPOS DE AGUA
Lagunas	Cl	225,85	AGUA	CUERPOS DE AGUA
Lava antigua	Ra	109 659,97	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	ERIALES
Lava reciente	Rr	16 148,80	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	ERIALES
Playas	Sp	40,14	SUELOS DESNUDOS	ERIALES
Infraestructura Aeroportuaria	Ia	19,79	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES
Infraestructura Portuaria	Ip	0,36	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES
Infraestructura urbana	Iu	88,02	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES
Infraestructura otros	Io	6,67	INFRAESTRUCTURA	RASGOS CULTURALES

ISLA ISABELA
COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Vegetación invasora de Guayaba	EiG	10 128,84	ESPECIES INVASORAS	VEGETACIÓN INVASORA
Arbórea seca abierta de Palo santo	BsaP	26 384,52	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca mixta: Palo santo, pegapega, Matazano	Bsm	56 431,79	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	13 279,39	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Palo verde	AsaP	20 609,17	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca cerrada de Algarrobo	AscAr	167,05	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca en litoral de Monte salado	AslM	94,75	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca mixta: Lechoso, Tuna, Chala	AsMi	2,70	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea húmeda	Hh	3415,18	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	250,68	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca cerrada	Hsc	107 831,01	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Manglar	Ma	1752,33	MANGLAR	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre lava	PI	100 893,35	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL
Vegetación pionera sobre tufa y escoria	Pte	539,20	PIONERA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 21. ISLA TEODORO WOLF - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR			VEGETACIÓN NATURAL	52,65	100,00
ARBOREA	16,22	30,82			
ARBUSTIVA	30,23	57,41			
HERBACEA	6,20	11,77			
PIONERA					
CULTIVADA			AGROPECUARIO		
AFLORAMIENTOS ROCOSOS			ERIALES		
SUELOS DESNUDOS					
AGUA			CUERPOS DE AGUA		
TOTAL	52,65	100,00	TOTAL	52,65	100,00

ISLA TEODORO WOLF

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Arbórea seca abierta de Palo santo	BsaP	7,44	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbórea seca mixta: Palo santo, Pegapega	Bsm	8,78	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	5,99	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Arbustiva seca cerrada de Chala	AscC	24,24	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	6,20	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL

Cuadro 22. ISLA CHARLES DARWIN - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	HA	%	USO	HA	%
MANGLAR			VEGETACIÓN NATURAL	48,85	73,11
ARBOREA	12,30	18,41			
ARBUSTIVA	36,55	54,70			
HERBACEA PIONERA					
CULTIVADA			AGROPECUARIO		
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	17,97	26,89	ERIALES	17,97	26,89
SUELOS DESNUDOS					
AGUA			CUERPOS DE AGUA		
INFRAESTRUCTURA			RASGOS CULTURALES		
TOTAL	66,82	100,00	TOTAL	66,82	100,00

ISLA CHARLES DARWIN

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO					
NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO	
Lava reciente	Rr	17,97	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	ERIALES	
Arbórea seca mixta: Palo santo, Pegapega	Bsm	12,30	ARBÓREA	VEGETACIÓN NATURAL	
Arbustiva seca abierta de Chala	AsaC	36,55	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL	

Cuadro 23. ISLA SEYMOUR E ISLAS DAPHNE - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)

TIPO DE COBERTURA	Ha	%	USO	Ha	%
MANGLAR			VEGETACIÓN NATURAL	235,02	96,03
ARBOREA					
ARBUSTIVA	169,06	69,08			
HERBACEA	65,96	26,95			
PIONERA					
CULTIVADA			AGROPECUARIO		
AFLORAMIENTOS ROCOSOS			ERIALES	9,73	3,97
SUELOS DESNUDOS	9,73	3,97			
AGUA			CUERPOS DE AGUA		
INFRAESTRUCTURA			RASGOS CULTURALES		
TOTAL	244,74	100,00	TOTAL	244,74	100,00

ISLA SEYMOUR E ISLAS DAPHNE

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

NOMBRE	CÓDIGO	Ha	TIPO	USO
Playas	Sp	9,01	SUELOS DESNUDOS	ERIALES
Suelos erosionados	Se	0,72	SUELOS DESNUDOS	ERIALES
Arbustiva seca abierta de Algarrobo	AsaAr	169,06	ARBUSTIVA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca abierta	Hsa	61,84	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL
Herbácea seca cerrada	Hsc	4,11	HERBÁCEA	VEGETACIÓN NATURAL

- Por hojas en formato Escala 1:50.000

Del mosaico de clasificaciones se generaron cartas temáticas a escala 1:50.000, en formato de 15' * 10', cuya distribución base es la siguiente:

ÍNDICE DE HOJAS

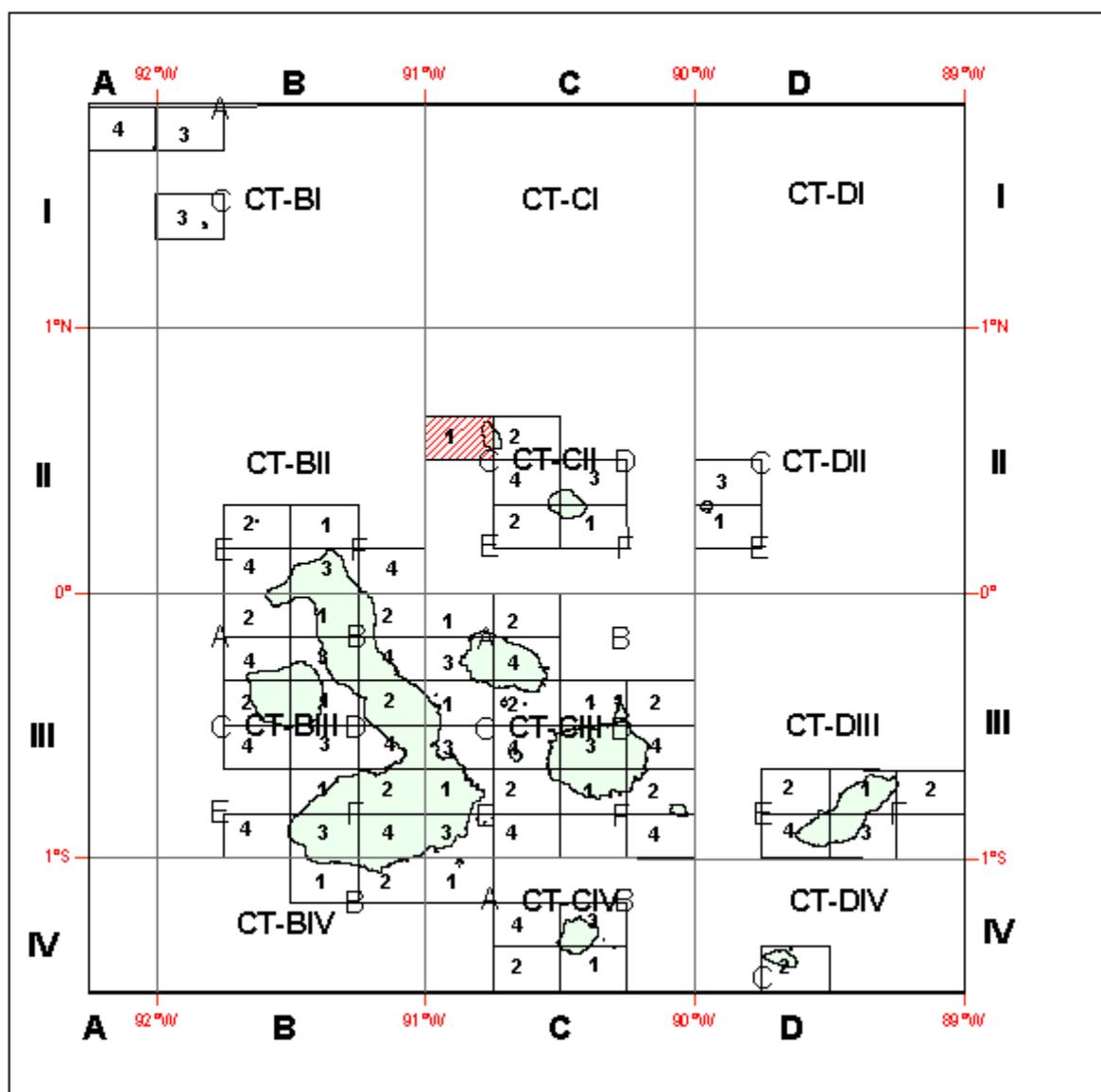


Figura 37. Índice de Hojas

Fuente: PROYECTO CLIRSEN – TNC (Año 2006)

Los productos cartográficos de esta temática se presentan en el Anexo “Cartografía de cobertura vegetal y uso del suelo”.

5.3.Conclusiones

- La leyenda de cobertura vegetal y uso de suelo fue elaborada sobre la base del consenso entre representantes, básicamente, de *The Nature Conservancy*, CLIRSEN, Parque Nacional Galápagos y Fundación Científica Charles Darwin, como principales actores del proyecto; no obstante, se recibieron sugerencias también de otras instituciones, como el MAG, MAE, SIGAGRO y ECOCIENCIA. Las variables que se tomaron en cuenta para la caracterización de la cobertura vegetal, fueron: fisonómica, ambiental, fisiográfica, biótica y de estratificación;
- La leyenda de cobertura y uso está elaborada sobre la base de la vegetación natural, poniendo énfasis en las especies dominantes de cada uno de los estratos y categorías encontradas en las islas e incluidas en la leyenda. La codificación de las diferentes unidades se determinó de acuerdo con el nombre del subtipo de la cobertura vegetal natural, utilizando las primeras letras de los nombres y empleando letras mayúsculas y minúsculas, para evitar confusiones. Cuando las primeras letras de los nombres se repetían, se realizaron los cambios más adecuados al caso;
- La clasificación digital no supervisada, en función de las bandas originales de las imágenes satelitales empleadas, más la generación de un índice de vegetación normalizada, en combinación con una interpretación visual interdependiente, dio excelentes resultados; en algunos casos, se incorporaron más detalles que no estaban muy claros en algunas islas. Los manglares, algunas lagunas, humedales y monte salado se interpretaron visualmente, ya que, por el tamaño de las unidades, no fueron detectados por el computador. Las zonas agropecuarias de las islas pobladas se reinterpretaron visualmente, a fin de definir mejor la variación existente en las mismas;
- Los resultados de cobertura vegetal y uso del suelo se presentan en cuadros que resumen los datos de los cientos de unidades existentes en las islas. Esta representación se efectúa del mosaico de cobertura vegetal y uso del suelo de

todo el archipiélago. Posteriormente, se presenta información de todas las islas principales en las que se incluyen islas pequeñas, islotes y rocas adyacentes a las mismas con los dos cuadros descritos anteriormente, lo que permite tener una visión completa, para los análisis y estudios posteriores que utilicen estos datos.

CAPÍTULO VI. METADATOS DE IMÁGENES, MAPAS BASE Y MAPAS DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

6.1 Definición

METADATO.- Datos sobre el contenido, calidad, condición y otras características de los datos (FRAMEWORK, *Introduction and Guide*). Los metadatos tienen tres partes fundamentales: a) la primera trata de la identificación del conjunto de datos; b), la segunda de los aspectos de calidad y representación espacial, c) la tercera trata sobre el acceso a los datos. En el mundo hay diversos organismos que han creado listas de información con los que los datos geográficos deberían documentarse, a fin de lograr un estándar; entre ellas, pueden mencionarse a la norma ISO 19115, al *Federal Geographic Data Committee – FGDC-* (Comité Federal de Datos Geográficos, de los Estados Unidos de América), *Open Geospatial Consortium –OGC-* .

The Nature Conservancy mantiene una serie de estándares relacionados con los parámetros del *The Federal Geographic Data Committee –FGDC-*, de los Estados Unidos de América. En el presente proyecto se incorporan únicamente los campos definidos como obligatorios, dentro del estándar. Esto nos permite identificar rápidamente al conjunto de datos, resultando trascendental en el diseño y desarrollo de todo proyecto. El conocimiento de la ubicación y existencia de los datos facilita el manejo y administración, permitiendo identificarlos, accederlos y utilizarlos por personas o instituciones que requieran dichos datos.

6.2 ¿Por qué Metadatos?

Hay varios aspectos que justifican de sobra la creación de metadatos, ya que la importancia de la información espacial que facilita el manejo del territorio, radica en la medida en la cual pueda ser actualizada y evaluada, debiendo cumplir, para ello, con requisitos mínimos que garanticen su calidad; parte de estos requisitos son el conocimiento en cuanto a la accesibilidad, visualización e identificación de la información. Por otro lado, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (1992) y su Agenda 21, se dio gran importancia a la globalización de la información espacial de recursos naturales en favor de la óptima

planificación y adecuado manejo en pro del desarrollo sustentable y, desde entonces, han surgido varias iniciativas por globalizar los datos espaciales, siendo un punto de partida para esto la generación de metadatos.

Los principales usos de los metadatos son:

Ayudar a la institución o compañía a organizar y dar valor agregado a su inversión en datos georreferenciados, a través del conocimiento de los datos que tiene, dónde los tiene, qué área cubre, cuándo y cómo se generaron;

Permiten la formación de catálogos de datos, brindando facilidades a los clientes, tanto internos cuanto externos, de la organización, para localizar y acceder a los datos;

Brindar conocimiento sobre las características técnicas (sistema de coordenadas, *datum*, unidades, precisión) de la información que se tiene o se ha generado en un proyecto.

El contenido de los estándares para metadatos geoespaciales del Comité Federal de Datos Geográficos (FGDC), se diseñó con el propósito de documentar los conjuntos de datos geoespaciales. De la misma manera que las compañías generadoras de medicamentos utilizan las etiquetas de sus productos para documentar su composición, contenido y calidad, los estándares para metadatos permiten documentar las características o propiedades de los datos; así, los usuarios pueden determinar el grado de utilidad que los datos tienen según sus requerimientos y necesidades, en el marco del proyecto o actividad que realicen.

6.3 Estándar de un metadato geográfico

Dentro de los estándares que han sido adoptados por la TNC y el FGDC, el metadato geográfico se basa en 7 secciones principales: unas, que pueden tener campos que son requisitos y deben ser llenados de forma obligatoria; otras, que pueden ser obligatorias de acuerdo con una condición previa u otras con campos que pueden llenarse de manera opcional. Las secciones son:

Información de identificación.- Esta sección se la denomina “Metadatos de descubrimiento” de los datos, que proveen respuestas a preguntas básicas: qué, dónde, quién, cómo, cuándo, y debe ser usada obligatoriamente;

Información de calidad de datos.- Esta sección es la primera del conjunto que se la denomina “Metadatos de exploración”. Los datos son explorados a través de una evaluación general de la calidad del conjunto de datos y se la considera obligatoria, si es que corresponde;

Información de organización de datos espaciales.- Esta sección se refiere al mecanismo usado para representar la información espacial del conjunto de datos y se la considera obligatoria, si es que corresponde;

Información de referencia espacial.- Contiene la descripción del sistema de referencia para las coordenadas en el conjunto de datos y los medios para codificarlos. Se la considera como requisito, en el caso que corresponda;

Información de entidad y atributo.- En esta sección se provee información sobre el contenido del conjunto de datos, incluyendo el tipo de entidades (descripción no geométrica de los objetos geográficos), sus atributos (campos asociados a las entidades) y dominios o valores de atributo que pueden ser asignados a cada uno de los campos. A esta sección se la considera obligatoria, si corresponde. En esta sección terminan los metadatos de exploración.

Información de distribución.- En esta sección se encuentra la información sobre el distribuidor y los protocolos de acceso del conjunto de datos;

Información de referencia de metadatos.- Información sobre vigencia y actualización de la información de metadatos, así como de la parte responsable. Esta sección es obligatoria.

Las dos últimas secciones se las denomina también “Metadatos de explotación” de los datos, ya que brinda información sobre cómo acceder a la información.

Se tienen tres secciones secundarias, que son usadas por otras secciones, y son:

Información de la cita.- Esta sección provee de un significado para el estado de cita de un conjunto de datos y es usada por otras secciones del estándar de metadatos. Nunca es usada por sí sola;

Información de periodo de tiempo.- Esta sección provee un medio para especificar información temporal y es usada por otras secciones del estándar de metadatos. Nunca es usada de manera independiente;

Información de contacto.- Esta sección provee medios para la identificación de individuos y organizaciones y es usada por otras secciones del estándar de metadatos. Nunca es usada en forma aislada.

También está dividido y organizado en una jerarquía de elementos simples y compuestos que, conjuntamente, definen el contenido de información de los metadatos sobre un juego de metadatos. El elemento compuesto “Metadato” se integra, a su vez, con otros elementos compuestos que representan diferentes conceptos alrededor del conjunto de datos. Cada uno de esos elementos compuestos tiene una sección numerada del estándar.

El estándar del FGDC categoriza a los elementos en cuatro tipos: obligatorios, obligatorios si corresponde, opcionales y no requeridos:

- Los elementos obligatorios deben ser suministrados como requisito;
- Los elementos obligatorios si corresponden, deben ser suministrados si el juego de datos tiene las características definidas;
- Los elementos opcionales se suministran según el criterio de quien escribe los metadatos;
- Información que puede ser ingresada si se necesita ampliar más la información del metadato.

6.4 Realización de los metadatos

Para la realización de los metadatos es conveniente o deseable que los genere la misma persona que elaboró los datos; en el caso que no sea la misma persona, entonces, debe garantizarse que la comunicación con la persona que realizó la información sea transparente y precisa. En el marco de este proyecto, se realizaron los siguientes metadatos:

- Metadatos de las imágenes adquiridas y georreferenciadas;
- Metadatos de los mapas base del total de las islas (curvas de nivel de 20 metros y curvas de nivel de 40 metros, red vial, red hidrográfica, centros poblados, perfil, agua);
- Metadatos de Cobertura vegetal.

CAPÍTULO VII. ESTRUCTURA DE LOS ARCHIVOS

Los archivos deben instalarse de acuerdo con la siguiente estructura:



Figura 38. Estructura de los archivos y directorios

Explicación de los diferentes directorios:

COBERTURA VEGETAL:

MOSAICO: Se encuentran los archivos por islas y también un mosaico de todas las islas;

PROYECTOS: Se encuentra un total de 43 proyectos, correspondientes a cada una de las hojas, las que están enlazadas al directorio de información marginal y planimetría 1:50.000; por lo tanto, para que se abran dichos proyectos, deben estar cargados los directorios.

IMÁGENES:

Se encuentran 5 archivos de acuerdo al satélite utilizado en la adquisición de imágenes; dichas imágenes se encuentran georreferenciadas en el sistema siguiente:

PROYECCION: UTM

ELIPSOIDE: WGS84

DATUM: WGS84

ZONA: 15 SUR

INFORMACION MARGINAL:

Aquí se encuentra toda la información marginal utilizada, como: logotipos, mapa político del Ecuador. Esta información es indispensable para abrir todos los proyectos realizados.

MOSAICOS:

IMÁGENES: Se encuentra un archivo total del modelo digital del terreno y un archivo del mapa de sombras de relieve de todas las islas;

PLANIMETRIA: Se encuentran los mosaicos correspondientes a los mapas base, estos es, 1 archivo de vías, 1 de ciudades, 1 de hidrografía, 1 de

curvas de nivel cada 40 metros, 1 de curvas de nivel cada 20 metros, 1 archivo del perfil costero, 1 archivo del agua y 1 archivo de las islas.

MOSAICOS _ GALÁPAGOS:

IMÁGENES: En este directorio se encuentran las imágenes seleccionadas para realizar los mosaicos de imágenes pedidas por TNC;

PROYECTOS: Se encuentran los proyectos de los mosaicos de imágenes.

PLANIMETRIA_50000:

PROYECTOS: Se encuentra un total de 10 proyectos correspondiente a cada una de las islas;

SIMBOLOGÍA: Se encuentran los archivos .lyr, en donde se guarda la simbología de cada una de las coberturas que intervienen en la hoja.

PUNTOS DE CONTROL:

Se encuentran 2 directorios: 1, correspondiente a los puntos navegadores adquiridos en campo, y el otro correspondiente al directorio puntos GPS de precisión, recopilados en el INOCAR.

CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

8.1. Conclusiones

- De acuerdo con los términos contractuales, se ha cumplido con el objetivo principal del proyecto, cubriéndose los 8000 km² en cuanto a la obtención de los siguientes productos:

Cartografía básica de las Islas Galápagos, a escala 1:50.000;

Cartografía temática sobre cobertura vegetal de las Islas Galápagos, a escala 1:50.000.

- En el país existe la capacidad técnica, tanto institucional cuanto personal, para la ejecución de este tipo de proyectos, que utilizan tecnologías de punta;
- Para la ejecución y desarrollo de estas iniciativas es importante el apoyo económico de entidades internacionales;
- Los productos generados en el marco de este proyecto servirán tanto para la disposición de productos previos, cuanto para base de desarrollo de varios estudios científicos posteriores;
- Existieron limitaciones legales y de accesibilidad para la disposición de los puntos de control, al interior de las islas.

8.2. Recomendaciones

La elaboración de este proyecto posibilitó ver la necesidad de generar cartografía a escalas grandes, que permita, por un lado, visualizar gráficamente las presiones que ejercen los pobladores al Parque Nacional y, por otro, brindar alternativas sustentables para satisfacer sus necesidades básicas, en cuanto a salubridad.

Se vuelve necesario el diseño e implementación de un sistema que permita la gestión y acceso a información espacial, generada en este y otros proyectos, con el fin de conocer la realidad del Archipiélago y ser una herramienta para los tomadores de decisiones;

Debe existir mayor apoyo por parte de las autoridades gubernamentales para la ejecución de proyectos de este tipo, más aún, tomando en cuenta la trascendencia que tiene el Archipiélago tanto en el ámbito nacional, cuanto en el internacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Adersen, H.** (1990). Threatened Plants in Galapagos. En: Lawesson, J.E., O. Hamann, G. Rogers, G. Reck, and H. Ochoa (eds.). 1990. Botanical Research and management in Galapagos. Proceedings of the Workshop on Botanical Research and Management in Galapagos held 11-18 April 1987 at the Charles Darwin Research Station, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, Number 32, St. Louis, Missouri, U.S.A.
- Aronoff, S.** (2000). Geographic Information Systems. A Management Perspective, Ottawa, Ontario K1p, Canada.
- Avery, T. Berlin G.** 2003, Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation, Fifth Edition, Macmillan Publishing Company, New York, 10022, USA
- Bariou, R.** Lecamus, D'Le Haff, F 1988. Réponse Spectrale des végétaux, en Dossiers de Teledetection. Centre Regional de Teledetection. Universite de Rennes 2-Haute Bretagne.
- Bartolucci L.** 1983 Procesamiento digital de datos multiespectrales de percepción remota. LARS Purdue University West Lafayette, Indiana USA
- Boudewijn van Leeuwen:** Sistemas de Teledetección ITC – RSG-GTS; UNESCO RAPCA, 2001.
- Buitrón, A.; S. Flores. (Comps.). **1999. Directorio de Instituciones, Proyectos y Especialistas en Biodiversidad del Ecuador. EcoCiencia y Ministerio de Medio Ambiente. Quito.**
- Centro de Datos para la Conservación (CDC-Ecuador).** 1995. Monografía Estudios de Biodiversidad en el Ecuador. Diagnóstico y

Propuesta para Fundación para la Ciencia y la Tecnología
(FUNDACYT). Informe No Publicado.

CONACYT/INIAP/JUNAC/CEE. 1989. Directorio de Investigadores del Sector Agropecuario y Áreas Afines del Ecuador. Proyecto Apoyo a la Implementación y Desarrollo del Subsistema Nacional de Información Agropecuaria del Ecuador. Quito.

Chuvieco, E.1990. Fundamentos de Teledetección Espacial, Ediciones Rialp 1990

Cangalton , R. Engineering and Remote Sensing, 2004 pag 587-592. A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data.

DMA Internacional Operations Especificaciones para la Producción de Mapas a Escala 1: 50000;; mayo de 1995.

Douglas ,W; Environmental GIS; Lewis Publishers, 1995

ESRI, 2002. Using ArcGis 3D Analyst

Espinoza, J, Agricultura Por Sitio Especifico En Cultivos Tropicales, Inpofos, Casilla 17 – 17 – 980, Quito, Ecuador, pag 1 – 9

Ghassem A. 2003. Theory and Applications of Optical Remote Sensing, Headquarters , National Aeronautics and Space Administration (NASA), Washington D.C.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi; Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales – ICDE; definiciones y experiencias; 1999.

Jadan, S y Valarezo, V. 1983. Recursos Genéticos Forestales En El Ecuador, Ecuador, Quito, Ed. Programa Nacional Forestal - Centro de

capacitación e investigación forestal "Luciano Andrade Marín",
Informe #29.

Lillesand – Kiefer; Remote Sensing and Image Interpretation third edition; John
Wiley & Sons. Inc. 1994.

Michael, Gene Y., Environmental Data Bases, (Chelsea, MI: Lewis Publishers, Inc),
1991.

Ortiz, L. 19XX. Distribución de cacarilla (*Cinchona succirubra*) y experimentación
con herbicidas en el Parque Nacional Galápagos. Informe Manuscrito.

Porter, D.M. 1973. The Galapagos Islands. Bioscience, Vol.23, No.5. The Galapagos
Islands. 276.

Schofield, E.K. 1973. Galápagos Flora: the threat of introduced plants. Biological
Conservation. Vol. 5, No.1.

Sendra J. 1994. Sistemas de Información Geográfica.

Sonka,M. Vaclav Hlavac and Roger Boyle; Image Processing, Analysis and Machine
Vision, Chapman & Hall, 1994.

Trimble Navigation Ltd. A Guide to the Next Utility, GPS, 2005

Tye, A. 1999. Revisión del estado de amenaza de la flora endémica de Galápagos: un
análisis preliminar. En Informe Galápagos 1998-1999: pp.56-64.
Fundación Natura-WWF, Quito.

Tye, A. 2000a. Revisión del estado de amenaza de la flora endémica de Galápagos:
informe de avance. En Informe Galápagos 4 pp. 66-69. Fundación
Natura-WWF, Quito.

Utreras, M. 1987. Distribución of Guayaba (*Psidium guajaba*) and application of herbicides for its control on Santa Cruz Island. Annual Report 1983: 16-17. Charles Darwin Research Station. Galápagos, Ecuador

Wolf, P. Elements of Photogrammetry (with air photo interpretation and remote sensing); Mc.Graw-Hill, Inc.; 1994.

Weaver, P. y J. Salinas. 1985. Plan Nacional de Investigaciones Forestales En Ecuador, Ecuador, Quito, PRONAF/AID y Programa Forestal del Ecuador.

<http://iucn.org/biodiversityday/100booklet.pdf>

<http://jasper.stanford.edu/gisp/publicat.htm>

<http://www.kluweronline.com/issn/1387-3547>

<http://www.biodiv.org/outreach/awareness/publications.asp>

<http://www.biodiv.org/meetings/cop-06.asp>

<http://www.darwinfoundation.org/articles/br15049805.html>

www.fondocompetitivopromsa.org

<http://www.puce.edu.ec>

[NASA, 2002, The Electromagnetic Spectrum; \(imagers.gsfc.nasa.gov/student.html\);](http://imagers.gsfc.nasa.gov/student.html)

ANEXOS CARTOGRÀFICOS

- Anexo Cartografía Básica
- Anexo Cartografía Cobertura Vegetal y Uso del Suelo

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Características espectrales y espaciales SPOT.....	18
Tabla 2.	Características espectrales y espaciales ASTER.....	20
Tabla 3.	Características espectrales y espaciales EROS	20
Tabla 4.	Características imágenes QUICKBIRD.....	21
Tabla 5.	Puntos GPS en las Islas Galápagos	22
Tabla 6.	Planimetría a escala 1:50.000.....	28
Tabla 7.	Imagen satélite SPOT 4.....	36
Tabla 8.	Imagen satélite LANDSAT 4.....	36
Tabla 9.	Imagen con el sensor ASTER del satélite TERRA.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. CRITERIOS PARA LA CLASIFICACION DE LA VEGETACIÓN NATURAL	34
Cuadro 2. Imágenes empleadas para la clasificación.....	37
Cuadro 3. Campos de la tabla de atributos	47
Cuadro 4. Especies dominantes	54
Cuadro 5. LEYENDA DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO	55
<i>Cuadro 6.</i> COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO DE LAS ISLAS GALÁPAGOS (EN HECTÁREAS).....	56
<i>Cuadro 7.</i> SANTA CRUZ E ISLAS PLAZAS - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS).....	57
<i>Cuadro 8.</i> ISLA BALTRA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS).....	59
<i>Cuadro 9.</i> ISLA ESPAÑOLA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)	60
<i>Cuadro 10.</i> ISLA SANTA MARIA (FLOREANA) - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS).....	61
<i>Cuadro 11.</i> ISLA GENOVESA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)	63
<i>Cuadro 12.</i> ISLA PINZÓN - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS).....	64
<i>Cuadro 13.</i> ISLA RÁBIDA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS).....	65
<i>Cuadro 14.</i> ISLA SAN CRISTÓBAL - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)	66
<i>Cuadro 15.</i> ISLA FERNANDINA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)	68
<i>Cuadro 16.</i> MARCHENA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS).....	69
<i>Cuadro 17.</i> ISLA PINTA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS).....	70

<i>Cuadro 18.</i> ISLA SANTIAGO - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)	71
<i>Cuadro 19.</i> ISLA SANTA FÉ - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS).....	73
<i>Cuadro 20.</i> ISLA ISABELA - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS).....	74
<i>Cuadro 21.</i> ISLA TEODORO WOLF - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)	76
<i>Cuadro 22.</i> ISLA CHARLES DARWIN - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS)	77
<i>Cuadro 23.</i> ISLA SEYMOUR E ISLAS DAPHNE - COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO (EN HECTÁREAS).....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Archipiélago de Colón Islas Galápagos	2
Figura 2.	Sensores remotos.....	3
Figura 3.	Onda Electromagnética	5
Figura 4.	Teoría corpuscular.....	6
Figura 5.	Tomada de UNESCO RAPCA	8
Figura 6.	Funciones de un SIG	9
Figura 7.	Componentes de un SIG	10
Figura 8.	Representación geométrica Punto	11
Figura 9.	Representación geométrica Línea	12
Figura 10.	Representación geométrica Polígono.....	12
Figura 11.	Representación raster	13
Figura 12.	Sistema GPS.....	14
Figura 13.	Constelación compuesta de 24 satélites	14
Figura 14.	Estaciones repartidas en 5 puntos diferentes.....	15
Figura 15.	Personal que opera los equipos	15
Figura 16.	Distribución de las imágenes SPOT 5.....	18
Figura 17.	Ubicación de las imágenes SPOT 5	19
Figura 18.	Ubicación de las imágenes Aster	19
Figura 19.	Imágenes EROS	21
Figura 20.	Interpolación Bilineal.....	24
Figura 21.	Modelo digital del terreno.....	26
Figura 22.	Isla Isabela, Imágen SRTM NASA.....	27
Figura 23.	Simbología elementos altimétricos	29
Figura 24.	Mosaico de Imágenes Landsat	38
Figura 25.	Imagen SPOT sector isla Santiago.....	38
Figura 26.	Mosaico Imágenes SPOT 4.....	39
Figura 27.	Isla Teodoro Wolf	41
Figura 28.	Isla Isabela.....	41
Figura 29.	Isla Santa Cruz	42
Figura 30.	Isla La Pinta.....	43
Figura 31.	Clasificación – Isla Española	45

	101
Figura 32. Imagen clasificada – Isla Isabela.....	46
Figura 33. Depuración de los errores de los polígonos	47
Figura 34. Mosaico de Clasificaciones.....	49
Figura 35. Especies dominantes	54
Figura 36. ISLA BALTRA.....	57
Figura 37. Índice de Hojas.....	79
Figura 38. Estructura de los archivos y directorios	87

ANEXO

CARTOGRAFÍA BÁSICA

ANEXO

CARTOGRAFÍA DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO