

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
ESCUELA DE GEOGRAFÍA

---

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIATURA EN  
CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y ESTUDIOS AMBIENTALES

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LOS CONFLICTOS DE OCUPACIÓN DEL  
TERRITORIO CORRESPONDIENTE AL CANTÓN PUERTO LÓPEZ Y AL PARQUE  
NACIONAL MACHALILLA, UTILIZANDO PARA EL EFECTO IMÁGENES  
SATELITALES MULTITEMPORALES Y EL MARCO LEGAL VIGENTE

JAVIER WLADIMIR ESPINEL MOLINA

DIRECTOR: ING. PATRICIO SOLÍS

NOVIEMBRE, 2010  
QUITO – ECUADOR

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a mi Abuelo Gilberto Molina fallecido en septiembre del 2010.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas las personas que participaron en este proyecto de forma directa o indirecta.

Quiero agradecer en especial Ing. Patricio Solís por su apoyo incondicional a lo largo del proceso, a mi madre Norma Molina por siempre estar ahí.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. Tema</b>	1
<b>2. Resumen</b>	1
<b>3. Introducción</b>	
Exposición de razones que motivaron el estudio	1
Planteamiento del problema	2
Objetivos	2
Hipótesis	3
Exposición del procedimiento técnico	3
Señalamiento sintético de los contenidos de cada capítulo	3
<b>4. Capítulo I: Caracterización de la zona de estudio</b>	
1.1 Datos socioeconómicos	5
1.2 Aspectos biofísicos	6
1.3 Cartografía	7
<b>5. Capítulo II: Análisis de la problemática de ocupación del territorio del cantón Puerto López y del Parque Nacional Machalilla</b>	
2.1 Reseña histórica del cantón Puerto López y del Parque Nacional Machalilla	8
2.2 Análisis del marco legal vigente en lo que concierne a las jurisdicciones territoriales del Parque Nacional Machalilla y del cantón Puerto López	9
2.3 Análisis de la gestión de los organismos públicos y privados de la zona	24
2.4 Síntesis de la problemática	30
<b>6. Capítulo III: Elaboración de la cartografía básica y temática</b>	
3.1 Metodología para la elaboración del mapa base	32
3.2 Metodología para la elaboración de la cartografía temática	
3.2.1 Análisis y selección de imágenes satelitales	32
3.2.2 Metodología para bajar imágenes satelitales de portales gratuitos	34
3.2.3 Familiarización con el software ERDAS	37
3.2.4 Esquema de seguimiento para la edición de las imágenes satelitales a través de procesos sistemáticos	40
3.2.5 Análisis visual de imágenes seleccionadas	43
<b>7. Capítulo IV: Procesamiento de imágenes satelitales</b>	
4.1 Introducción al procesamiento digital de imágenes	44
4.2 Caracterización de las imágenes LANDSAT ETM7 y ASTER seleccionadas	47
4.3 Combinación de bandas multiespectrales para evaluar mejor la discriminación de la cobertura vegetal y el uso del suelo del cantón	50
4.3.1 Comparación de bandas espectrales resultantes de las imágenes LANDSAT ETM7 y ASTER para la mejor discriminación de la cobertura vegetal	55

4.4 Aplicación de índices de vegetación como aporte a la clasificación supervisada	60
4.5 Reconocimiento en el campo de patrones espectrales, realización de modelos de terreno y recolección de puntos GPS como aporte a la clasificación supervisada para definir las asociaciones de cobertura vegetal	67
4.6 Clasificación digital multitemporal (2000-2007) y generación de mapas de cobertura vegetal y uso del suelo	81
<b>8. Capítulo V: Análisis de los resultados</b>	
5.1 Superficies de cambio	90
5.2 Conflicto legal demostrable a través de la clasificación de imágenes satelitales, entre la división política administrativa del cantón Puerto López y la delimitación del Parque Nacional Machalilla	96
5.3 Perspectiva futura	97
<b>9. Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones</b>	
6.1 Conclusiones	99
6.2 Recomendaciones	104
<b>10. Bibliografía</b>	106
<b>11. Anexos</b>	109

## **1. TEMA**

**Análisis de la situación de los conflictos de ocupación del territorio correspondientes al cantón Puerto López y al Parque Nacional Machalilla.**

## **2. RESUMEN**

Este trabajo tiene como objetivo fundamental estudiar los cambios del uso del suelo en las inmediaciones del Parque Nacional Machalilla (PNM), por parte de las ciudades fronterizas del cantón Puerto López, debido al crecimiento de las mismas. Verificar, de esta manera, si existe un conflicto geográfico-espacial entre estas dos jurisdicciones. Para ello, se analiza el crecimiento urbano del cantón utilizando como herramienta, el análisis multitemporal a través de imágenes satelitales y diferentes softwares. También, se examina el marco legal vigente, tanto del cantón como del PNM, en lo que concierne al uso actual del suelo.

## **3. INTRODUCCIÓN**

### **Exposición de razones que motivaron el estudio**

A partir de una pasantía en el Ministerio del Ambiente, en el departamento de Socio Bosque el cual tenía proyectos conjuntos con la elaboración de la línea de base de deforestación, que trabaja con sensores remotos, se pudo acceder a la información satelital concerniente al cantón Puerto López. Relacionando éstas imágenes con las del Parque Nacional Machalilla y al sobreponer los mapas de división política-administrativa del cantón y del PNM, se pudo deducir que podría existir un conflicto territorial entre ambas áreas.

Debido al crecimiento de las ciudades como Machalilla y Puerto López que se encuentran dentro del área de amortiguamiento y que son muy cercanas a la frontera del PNM, se observó que en muchos mapas, las zonas urbanas más grandes están cerca de los límites del parque y hasta parecería que algunas áreas de superficie ya se encontraban dentro del mismo. A causa de esto, se decidió elaborar un mapa de uso actual del suelo, que nos permitiera ver las superficies de

cambios del área urbana del cantón, ocurridos en un período de tiempo, mediante el análisis multitemporal.

Por último, la necesidad de aprender más sobre la ciencia de la teledetección y el manejo de herramientas como software, que me permitan un mayor desarrollo como profesional, también fueron razones que me condujeron a la realización de este estudio.

### **Planteamiento del problema**

Situación de conflicto de ocupación del territorio correspondiente al cantón Puerto López y al Parque Nacional Machalilla. Para su análisis, se utilizará imágenes satelitales multitemporales y el marco legal vigente de ambas jurisdicciones.

### **Objetivos**

#### **General**

Determinar a través de una investigación histórica, la conflictividad que existe en la ocupación y uso del suelo, entre el Parque Nacional Machalilla y el cantón Puerto López.

#### **Específicos**

Analizar el marco legal vigente referido a la jurisdicción territorial del cantón Puerto López y la del Parque Nacional Machalilla.

Utilizar algoritmos específicos de procesamiento digital de imágenes satelitales, que permitan la mejor discriminación de la cobertura vegetal y uso del suelo.

Cuantificar las superficies de cambio de uso del suelo y correlacionar las mismas con su incidencia en el crecimiento urbano.

### **Hipótesis**

Cuáles serían los cambios que se han producido en el uso del suelo de las aéreas del Parque Nacional Machalilla que se encuentran dentro del cantón Puerto

López, en los últimos 7 años; qué acciones se deberían recomendar para evitar conflictos posteriores en la ocupación del territorio del Parque Nacional Machalilla.

### **Exposición del procedimiento técnico**

Para la realización de éste análisis se bajaron imágenes satelitales de las áreas de estudio. De la página web de la Universidad de Maryland se consiguió la imagen LANDSAT ETM7 del año 2000 y de la página del Globis, el Ministerio del Ambiente obtuvo dos imágenes ASTER del año 2007, las cuales tienen un elevado costo monetario pero el Ministerio me las cedió sin pagar. El procesamiento de todo este tipo de imágenes se realizó a través de los programas ARCGIS y ERDAS. También se trabajó con coberturas vectoriales del año 2005 de fuentes confiables, dadas por el SENPLADES y el I.G.M. Finalmente, respecto al marco legal, se realizó una visita de campo a las autoridades competentes tanto del cantón Puerto López como del PNM. Se aprovechó ésta salida para la obtención de puntos GPS, que nos sirvieron para la validación de la cartografía temática. También realizamos una visita a la zona de estudio que fue sustancial para entender la situación de los habitantes del sector y poder elaborar el mapa de uso actual del suelo.

### **Señalamiento sintético de los contenidos de cada capítulo**

#### Capítulo 1: Caracterización de la zona de estudio

Se analizan los datos socioeconómicos del cantón así como sus aspectos biofísicos. Además, se proporciona información cartográfica de la zona de estudio.

#### Capítulo 2: Conflicto de ocupación del territorio del cantón Puerto López y el PNM

En éste capítulo se va a analizar los dos marcos jurídico-legales vigentes que rigen ambas áreas, para establecer si existen conflictos o violaciones de tipo legal que afecten tanto al PNM como al cantón.

#### Capítulo 3: Elaboración de cartografía base y temática

Éste apartado describe de qué fuentes se obtuvo la información, como de la SENPLADES, del Ministerio del Ambiente o del Instituto Geográfico

Militar. Esta información será analizada tanto para la elaboración de la cartografía base y, en el caso de la información satelital de LANDSAT ETM7 y ASTER, para la cartografía temática.

#### Capítulo 4: Procesamiento digital de imágenes satelitales

Aquí se utilizan algunos algoritmos matemáticos tanto para elaborar la clasificación supervisada como para calcular el Índice de Vegetación (NDVI), así como modelos de terreno y puntos GPS. Todos ellos nos servirán de aporte al realizar el mapa de uso actual del suelo a través de la clasificación supervisada.

#### Capítulo 5: Análisis de resultados

En éste proceso, se analiza las superficies de cambio que hay entre los resultados obtenidos del LANDSAT ETM7 (imagen 2000) y del ASTER (imagen 2007). Con éste resultado, se obtiene las superficies de cambio en los últimos siete años y el análisis del crecimiento del cantón.

#### Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis de los resultados obtenidos.

## CAPÍTULO I CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

### 1.1. Datos socioeconómicos

Según los datos del SIISE del censo del 2001, el cantón Puerto López tiene una población de 16.626 habitantes. De éstos, 4.354 residen en la Parroquia Machalilla, 8.679 en la Parroquia Puerto López y 3.593 en la Parroquia Salango. La mayoría de la población es joven y adulta, teniendo una edad comprendida entre los 15 y 29 años y entre los 30 y 49 años. Éstos forman la población económicamente activa, con un número total de 4.811 personas y la mayoría de esta fuerza laboral se concentra en la ciudad más grande dentro de la Parroquia Puerto López (2.612 personas), seguramente debido a las principales fuentes de ingresos: las pesca y el turismo.

Éste es un cantón en el que 93,5% de sus pobladores no ven cubiertas sus necesidades básicas. Según el cálculo de la pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI), un 97,5% de los habitantes de la Parroquia Machalilla sufren de pobreza y un 61,2% de extrema pobreza. De ahí, se posiciona la Parroquia de Salango en el segundo lugar, teniendo unas estadísticas de pobreza del 95,1% y de extrema pobreza del 60,8%. Finalmente, en la Parroquia de Puerto López nos encontramos con un índice de pobreza del 88,1% y de extrema pobreza del 54,1%. Por tanto, este es un cantón en que más del 50% de sus pobladores sufren de pobreza extrema. Este hecho nos conlleva a analizar otros indicadores como el analfabetismo. Al respecto, y haciendo una media de las tres parroquias, tenemos un analfabetismo que padece un 14,7% de la población, siendo la Parroquia de Salango donde el analfabetismo tiene más incidencia, con un 16,8%. Además del analfabetismo, la extrema pobreza también provoca la incorporación temprana de los niños y las niñas en el mercado laboral, en un 9%, donde Salango es la Parroquia más afectada con un 9,5% de niños y niñas<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, Consejo Provincial de Manabí

## 1.2. Aspectos biofísicos

Parte del territorio del cantón Puerto López pertenece al Parque Nacional Machalilla. Éste último tiene diversidad de especies de flora y fauna, con un alto grado de endemismo, que son consideradas como símbolos de los bosques secos, como por ejemplo el caso del ceibo (*ceiba trichistandra*) o el guayacán (*tabebuia*).

En relación a la diversidad faunística, se ha registrado 270 especies de aves que incluyen especies endémicas del Chocó y tumbesinas y especies típicas de los bosques nublados andinos. Actualmente, existen 81 especies de mamíferos registrados, como una gran variedad de reptiles y anfibios que en la ciencia han sido poco estudiados<sup>2</sup>.

Lo que caracteriza a este bosque es la diversidad endémica de las plantas, la cual es bastante alta, encontrándose en la parte alta del PNM, árboles maderables que, actualmente, se encuentran amenazados por la extinción. Se estima que un 20% de los mismos son endémicos del PNM.

El cantón Puerto López se encuentra ubicado al sur de la provincia de Manabí. El perfil costanero del cantón se caracteriza por tener acantilados y playas, y la parte continental por relieves colinados. Se ha de tener en cuenta que el cantón está influenciado por la cordillera de Chongón y Colonche, la cual interviene en el clima de la zona, ya que debido a la altura de la cordillera, el cantón posee un microclima particular. Puerto López también se encuentra influenciado tanto por las corrientes marinas como por las continentales<sup>3</sup>.

---

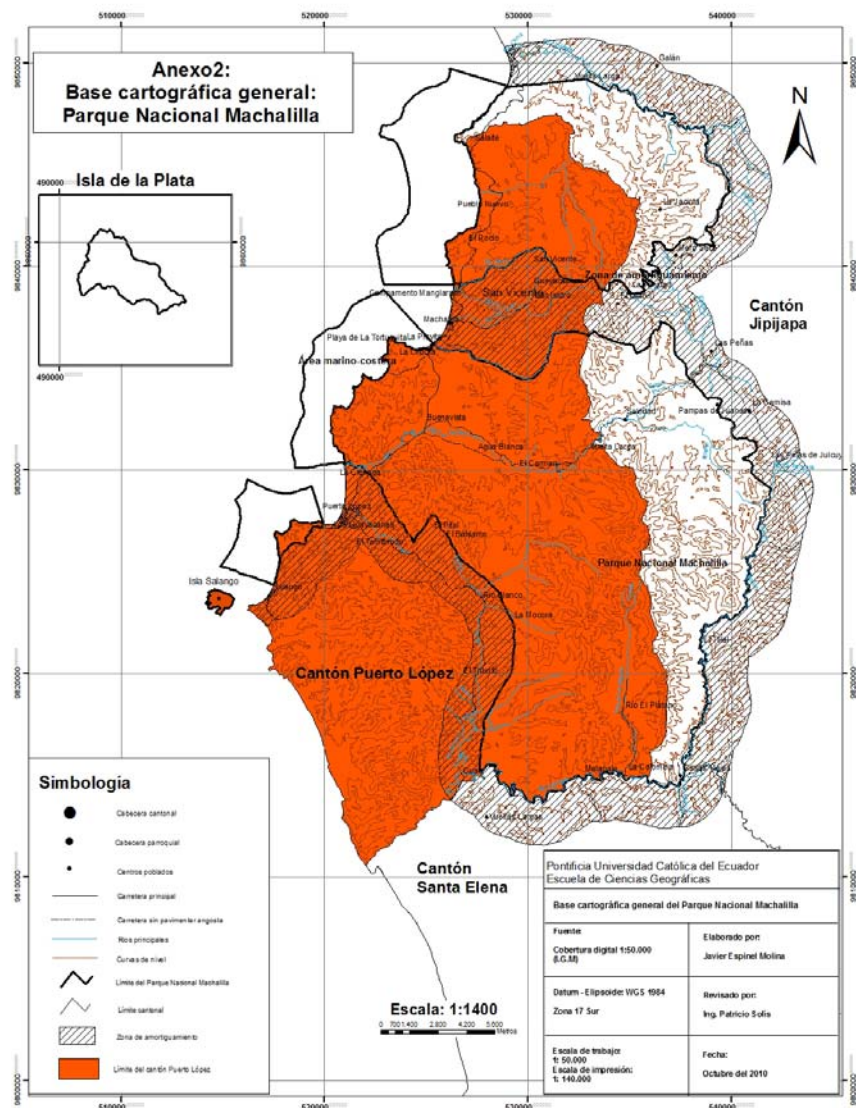
<sup>2</sup> MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, *Actualización del diagnóstico del Parque Nacional Machalilla*, Ministerio del Ambiente, Quito, Diciembre 2007, pp 21

<sup>3</sup> Id. pp 21-23

### 1.3. Cartografía

Se ha elaborado un mapa de la zona de estudio incluyendo al cantón Puerto López y al Parque Nacional Machalilla, en base a información del Instituto Geográfico Militar (I.G.M), donada por la SENPLADES.

**IMAGEN 1  
MAPA DE LA ZONA DE ESTUDIO**



Fuente: I.G.M  
Elaborado por: Javier Espinel

## CAPÍTULO II

### ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE OCUPACIÓN DEL TERRITORIO DEL CANTÓN PUERTO LÓPEZ Y DEL PARQUE NACIONAL MACHALILLA

#### 2.1. Reseña histórica del cantón Puerto López y del Parque Nacional Machalilla

El cantón Puerto López fue fundado en el año 1994, antes sólo era una parroquia perteneciente a Jipijapa. La fundación supone un conflicto jurisdiccional y espacial, debido a que gran parte de su territorio corresponde al Parque Nacional Machalilla (PNM). El cantón se rige por normas municipales, pero a su vez los territorios del PNM están administrados por un régimen especial de integridad de valores naturales y culturales del área delimitada<sup>4</sup>.

En 1993, hubo problemas de tenencia de la tierra con los residentes locales, acerca de la expropiación de la tierra y la pérdida del acceso a los recursos. Esto derivó en la creación del cantón, lo que conllevó que el cantón tenga dos tipos de administraciones, una municipal y otra de régimen especial.

Las ciudades de Puerto López y Machalilla, que son fronterizas con el PNM, se encuentran en el área de amortiguamiento del PNM<sup>5</sup>.

La creación del PNM se dio en el año de 1979 por acuerdo interinstitucional del Ministerio de Agricultura y Pesca (MAG) y la Dirección de Desarrollo Forestal. Su declaración reactivó la actividad turística de la zona, creando nuevas fuentes de ingreso. La extensión del Parque en hectáreas es de 55.059. Su territorio se encuentra dentro de los cantones Puerto López, Jipijapa y Montecristi. Curiosamente, tres cantones interactúan en el área debido, seguramente, a intereses políticos de manejo del PNM. Por ejemplo, en el caso de la Isla de la Plata, ésta pertenece al cantón Montecristi y llama la atención que en la parte continental, el cantón no tiene ninguna área dentro del Parque<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> <http://puertolopez.gov.ec/>, acceso: 17 de mayo 2010, 13h00

<sup>5</sup> <http://ecosynapsis.net/RANPAold/Contenido/MainPages/preAmac/articulosPDF/counry%20report%20Ec%201%20oct%20Spanish.pdf>, acceso: 2 de junio 2010, 17h00, pp 34,35

<sup>6</sup> FUNDACIÓN NATURA, *Parque Nacional Machalilla. Dinámicas migratorias y sus efectos en el uso de los recursos naturales*, Fundación Natura, Quito, Noviembre 2000, pp 25

Entre las características del PNM se ha destacado el proteger uno de los remanentes más importante de bosque seco de toda América.

La decisión institucional de creación del Parque permitió que los territorios del área delimitada pasaran a ser administrados por un régimen especial que estipulaba, entre otras normas, un impedimento expreso de cualquier uso que comprometiera la integridad de los valores naturales y culturales del área delimitada. Esta premisa no tomó en cuenta que la categoría de Parque Nacional es incompatible con la existencia de poblaciones al interior del mismo. A pesar de esta contradicción legal, una vez creado el Parque Nacional Machalilla, no se excluyó a la población que vivía en su interior, aunque tampoco se delinearon políticas de Estado que buscaran la incorporación de sus habitantes a las prácticas de manejo de los recursos naturales que se había programado<sup>7</sup>.

## **2.2. Análisis del marco legal vigente en lo que concierne a las jurisdicciones territoriales del Parque Nacional Machalilla y del cantón Puerto López**

### *La Constitución Política del Ecuador del año 1998*

La Constitución política de la República es el aparato jurídico-legal que rige a la sociedad ecuatoriana. Las leyes normativas del país están jerarquizadas; después de la Constitución, encontramos leyes como la de Régimen Municipal que tiene la siguiente estructura de importancia: ordenanzas, reglamentos y resoluciones o acuerdos. La Constitución consagra la autonomía política y económica de los municipios, salvo lo prescrito por la Constitución. Además, la Constitución desprende las demás leyes, reglamentos y ordenanzas y demás disposiciones o normativas legales que deben guardar relación a fin de otorgar una debida seguridad jurídica a la sociedad.

La Constitución del 1998, aunque no es a vigente, se la recalca en la tesis como marco referencial en cuanto a leyes que han regulado tanto al PNM como al cantón Puerto López.

---

<sup>7</sup> Id., pp 11, 12

En el aspecto ambiental y turístico, la Constitución determina en el Art. 3, numerales 3 y 4, el deber primordial del Estado de defender el patrimonio natural y cultural del país y proteger el medio ambiente; preservar el crecimiento sustentable de la economía, y el desarrollo equilibrado y equitativo en beneficio colectivo.

De acuerdo a las nuevas manifestaciones sobre el medioambiente, establecidas a través de los convenios internacionales, el numeral 6 del Art. 23 de la Carta Fundamental garantiza el derecho civil de las personas a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación permitiendo que la Ley restrinja el ejercicio de algunos derechos y libertades para proteger el medio ambiente. Además, el numeral 20 del mismo artículo, garantiza el derecho de las personas a una calidad de vida que asegure la salud, saneamiento ambiental y otros servicios sociales necesarios. La Constitución Política de la República del Ecuador, en la Sección VI del Medio Ambiente, en su artículo 44 establece: “El Estado protege el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable”.

Además, el Art. 86 de esta norma suprema declara de interés público todo lo que se relacione con la preservación del medio ambiente, conservación de ecosistemas, biodiversidad, integridad del patrimonio genético del país, la prevención de la contaminación ambiental, el manejo de recursos naturales y los requisitos que las actividades públicas y privadas deban cumplir a fin de preservarlo. De igual forma, garantiza la conservación de la biodiversidad y servicios ecológicos de conformidad con los convenios y tratados internacionales que el Ecuador haya suscrito.

Finalmente, el Art. 88 señala que toda decisión estatal que pudiere afectar el medio ambiente deberá contar previamente con los criterios de la comunidad, por lo cual ésta tendrá garantizada su participación y deberá estar debidamente informada<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> MINISTERIO DEL AMBIENTE, *Evaluación Ambiental Estratégica del Turismo Costero*, [www.ambiente.gob.ec/userfiles/4402/EAE%20Puerto%20Lopez\(1\).pdf](http://www.ambiente.gob.ec/userfiles/4402/EAE%20Puerto%20Lopez(1).pdf), acceso: 8 de septiembre 2010, 09h00, pp 20, 21

## Playas y Bahías

“Las playas y bahías forman un ecosistema que establece el equilibrio y la transición entre el mar y el continente, gracias a lo cual poseen recursos específicos, entre ellos, un paisaje de uso múltiple: turismo, formas diversas de transporte y por tanto de enlaces y puertos, diversidad cultural. Siendo un ecosistema frágil, se ha visto afectado por las presiones que ha generado el incremento de los asentamientos humanos, no siempre acompañados de la necesaria infraestructura, y por las modificaciones en el usufructo de sus recursos. Las playas y bahías son, además, áreas de descarga final de aguas y desechos.

El Ecuador impulsará el saneamiento y el ordenamiento territorial de las playas y bahías, y creará los mecanismos de gestión ambiental para su manejo, a fin de preservar, recuperar y potenciar el uso sostenible de sus recursos naturales”.

### Políticas del Estado Ecuatoriano:

1. Propende al ordenamiento de los asentamientos humanos y de las actividades productivas.

2. Establece sistemas de información y monitoreo permanente de la afluencia, capacidad de carga y calidad ambiental de las áreas costeras frágiles (como playas, bahías, estuarios y arrecifes) que sirvan de insumo para la prevención y mitigación de la contaminación.

3. Promueve y aplica planes de manejo en zonas donde intervienen diferentes actores (turismo, pesca, investigación científica y comunidad) para incentivar el desarrollo económico y social, protegiendo el ambiente.

4. Impulsa la creación de mecanismos de información, promoción y comunicación que estimulen la participación y la responsabilidad compartida de los usuarios de estos ecosistemas frágiles a fin de garantizar el uso adecuado y su conservación<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Id., pp15

### Políticas del Estado Ecuatoriano entorno al turismo de naturaleza:

1. Impulsa la identificación y promoción de las potencialidades turísticas de las áreas protegidas, los bosques protectores, las playas y bahías, nevados y otros recursos escénicos.

2. Estimula la inversión turística en áreas protegidas, particularmente en el mejoramiento de los servicios.

3. Establece sistemas de certificación de actividades turísticas sostenibles.

4. Desarrolla sistemas de información y capacitación en actividades de turismo de naturaleza, encaminados a fortalecer la participación de las poblaciones locales.

5. Impulsa la reinversión de los beneficios generados por el turismo en actividades que aporten al sostenimiento de las áreas protegidas, los bosques protectores, las playas y otros recursos escénicos<sup>10</sup>.

### Papel de los Gobiernos Seccionales

Los gobiernos seccionales establecen normas de control y monitoreo que contienen políticas estratégicas para la planificación, además de normas que contienen servicios ambientales, que están también bajo su gestión.

### Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA)

El SUMA reglamenta la Ley de Gestión Ambiental en lo que concierne a: marco institucional, mecanismos de coordinación interinstitucional y los elementos del sub-sistema de evaluación de impacto ambiental, el proceso de evaluación de impacto ambiental, así como los procedimientos de impugnación, suspensión revocatoria y registro de licencias ambientales. Además, esta institución reguladora debe, entre otras cosas, determinar las obras, proyectos e inversiones que requieran estudios de impacto ambiental aprobados.

El Ministerio del Ambiente asigna la responsabilidad de ejecución de los planes a todas las instituciones del Estado que tienen que ver con los asuntos

---

<sup>10</sup> Id., pp16

ambientales (Art. 13), siendo las Municipalidades y Consejos Provinciales quienes están interviniendo en este ámbito con la expedición de Ordenanzas Ambientales. En este sentido, los consejos provinciales y los municipios, dictarán políticas ambientales seccionales con sujeción a la Constitución Política de la República y a la presente Ley. Respetarán las regulaciones nacionales sobre el Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas para determinar los usos del suelo y consultarán a los representantes de los pueblos indígenas, afro ecuatorianos y poblaciones locales para la delimitación, manejo y administración de áreas de conservación y reserva ecológica<sup>11</sup>.

### Reglamento Especial de Turismo en Áreas Naturales Protegidas

Expedido mediante Decreto Ejecutivo No. 3045 y publicado en el Registro Oficial No. 656 del 5 de septiembre de 2002. Establece en su Art. 1 el régimen y procedimientos aplicables a las actividades turísticas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas que serán reguladas por el Ministerio de Turismo y por el Ministerio de Ambiente en lo relacionado con el uso sustentable de recursos naturales; y al otorgamiento de autorizaciones y permisos de operación turística dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas –SNAP-<sup>12</sup>.

Aquí también se citan políticas nacionales en relación con el turismo correspondiente a las esferas del SNAP, donde lo más importante es la participación ciudadana, para los aspectos sociales, culturales y económicos de los beneficios generados por el turismo, para ayudar así, a la conservación del medioambiente y la minimización de los impactos ambientales.

### Ley Orgánica de Régimen Municipal

Esta Ley fue originalmente publicada en el Registro Oficial Suplemento 331 del 15 de Octubre de 1971. Adquiere el carácter de orgánica, Ley No. 44, publicada en Registro Oficial Suplemento No. 429 de 27 de Septiembre del 2004. De acuerdo con el Art. 2:

---

<sup>11</sup> Id., pp27

<sup>12</sup> Id., pp28

“Cada Municipio constituye una persona jurídica de derecho público, con patrimonio propio y con capacidad para realizar los actos jurídicos que fueren necesarios para el cumplimiento de sus fines, en la forma y condiciones que determinan la Constitución y la Ley. A la Municipalidad le corresponde, cumpliendo con los fines que le son esenciales, de acuerdo con el Art. 12, satisfacer las necesidades colectivas del vecindario, especialmente las derivadas de la convivencia urbana cuya atención no compete a otros organismos gubernativos.”

Los fines esenciales del Municipio, de conformidad con esta Ley, son los siguientes:

- a) Procurar el bienestar material y social de la colectividad y contribuir al fomento y protección de los intereses locales.
- b) Planificar e impulsar el desarrollo físico del cantón y sus áreas urbanas y rurales.

En el tema de planeamiento y urbanismo, de acuerdo con el Art. 161, a la administración municipal le compete: c) Formular los planes reguladores de desarrollo físico cantonal y los planes reguladores de desarrollo urbano; d) Elaborar proyectos de urbanización y aprobar los que se presenten, que no podrán ejecutarse sin dicha aprobación; e) Proceder a la zonificación; estudiar y prever las posibilidades de crecimiento, y determinar las zonas de expansión.

Los planes reguladores de desarrollo físico cantonal y de desarrollo urbano constituyen herramientas claves en la planificación de obras del ámbito turístico y ambiental, y están contenidos en los siguientes artículos: Art. 211. El planeamiento físico y urbanístico del territorio del cantón será obligatorio para las municipalidades y comprenderá: a) La formulación de planes reguladores de desarrollo físico cantonal; y, b) La formulación de planes reguladores de desarrollo urbano<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> Id., pp33, 34

## Ley Forestal y de Conservación de áreas Naturales y Vida Silvestre

Esta Ley fue expedida a través de la Codificación 17 y publicada en el Suplemento del Registro Oficial # 418 del 10 de septiembre de 2004. Contiene normativas de protección a los ecosistemas y la vida silvestre, manejo adecuado de esteros, áreas naturales, manglares y otras formaciones naturales. Dentro del contexto ecológico puede calificársela como la Ley más conservacionista, la actividad ecológica se centra en la protección ambiental y conservación de la naturaleza, de los gestores ambientalistas tanto del sector público como privado.

Los primeros capítulos de la Ley están referidos al "Régimen de Recursos Forestales" en los que se regula el aprovechamiento y producción forestales con fines industriales y económicos. En el Título IV se establece que: "Cualquiera que sea la finalidad, prohíbese ocupar las tierras del patrimonio de áreas naturales del Estado, alterar o dañar la demarcación de las unidades de manejo u ocasionar deterioro de los recursos naturales en ella existentes." Se prohíbe igualmente contaminar el medio ambiente terrestre, acuático o aéreo o atentar contra la vida silvestre, acuática o aérea, existentes en las unidades de manejo (Art. 78)<sup>14</sup>.

### *La nueva Constitución del Ecuador del 2008*

La nueva Constitución aprobada en septiembre del 2008 también consta de varios artículos que hacen referencia a la protección de la biodiversidad y recursos naturales. En la sección primera, "Naturaleza y Ambiente", en el Art. 395, numeral 1 "El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras."

Por otra parte en la sección tercera, "Patrimonio Natural y Ecosistemas", en el Art. 404 se determina que "El patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor

---

<sup>14</sup> Id., pp41

desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción.”

Por último, la sección quinta, “Suelo”, en el Art. 409, se establece que “Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, desertificación y la erosión.”<sup>15</sup>

Mientras se realizó este estudio, la Asamblea Nacional estaba en proceso de aceptar o derogar la ley de Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización que traería cambios fundamentales tanto en el ordenamiento territorial como en el uso del suelo del territorio. Actualmente, aún está abierto este proceso.

#### *Marco legal vigente de Puerto López*

Actualmente, el Municipio de Puerto López consta de un departamento de planificación que está encargado de establecer el valor real de la propiedad a través del catastro. Los parámetros específicos de los valores del suelo, edificaciones y construcciones se los establece mediante una ordenanza donde la responsabilidad recae sobre el jefe de avalúos y catastros, quien se encarga permanentemente de actualizar los valores reales de la propiedad.

El Municipio no tiene una ordenanza sobre el uso del suelo, sino que se basan en el Plan de Desarrollo Integral en el que, actualmente, se ha elaborado la proyección del crecimiento de la ciudad de Puerto López y, en el futuro, se realizará la proyección de crecimiento de la ciudad de Machalilla. Según información del Departamento de Planificación, el crecimiento de la ciudad de Puerto López es hacia el noreste.

---

<sup>15</sup> Constitución de la República del Ecuador del 2008, pp 174-179

## Ley de creación del cantón Puerto López<sup>16</sup>

Art.1.- Créase el cantón Puerto López en la provincia de Manabí; cuya cabecera cantonal será la ciudad de Puerto López.

Art.2.- La jurisdicción político-administrativa del nuevo cantón "Puerto López", comprenderá la parroquia del mismo nombre y la parroquia Machalilla, con las que posteriormente se crearen.

Art.3.- Los límites del cantón Puerto López serán los siguientes:

AL NORTE: Del punto No.1, ubicado en la desembocadura del río Salaite en el Océano Pacífico, del curso del río Salaite, aguas arriba, hasta la afluencia del estero Cañalcito, en el punto No.2; de esta afluencia, el curso del estero indicado, aguas arriba, hasta la confluencia de sus formadores septentrional y meridional en el punto No.3; continúa por el curso del formador meridional del estero Cañalcito, aguas arriba, hasta sus nacientes en el cerro de Mero, punto No.4.

AL ESTE.- Del punto No.4, la línea de cumbre del ramal orográfico que separa las cuencas de los ríos Salaite, al Oeste y de los esteros La Jacinta, Salitre (que en la cartografía censal aparece con el nombre Del Barranco y del estero El Salado, al Oeste, que pasa por el cerro sin nombre de la cota 625 m., hasta la cima del cerro Cañal de cota 619 m., en el punto No.5; de este punto una alineación al Sur-Oeste, hasta el punto No.6, ubicado en la carretera Guayacáñez-Mero Seco, a la misma longitud geográfica del vértice geodésico cadiate de cota 778 m., SN.M.; de este punto, un meridiano geográfico al Sur, hasta el punto No.7, localizado en el vértice geodésico cadiate; de dicho vértice, el ramal Orográfico que separa las cuencas de los ríos Los Punteros y Las Pampas, al Oeste, de las de los esteros El Limón, y Los Sórganos, al Este, que pasa por el cerro Limón, hasta alcanzar la cima del cerro Los Sórganos de cota 558 m., en el punto No.8, de dicho cerro, una alineación al Sur-Este, hasta el punto No.9, ubicado en los orígenes del estero Los Laureles; de estos orígenes el curso del último estero indicado, aguas abajo, hasta el punto No.10, ubicado a la misma latitud geográfica

---

<sup>16</sup> <http://www.municipio-pl.com/pages/decreto.htm>, acceso: 23 de mayo 2010, 08h00

de las nacientes del estero Buena Vista Chico, de este punto, un paralelo geográfico al Este, hasta los orígenes del estero Buena aguas abajo, hasta la afluencia del estero Vuelta Larga punto No.13; continuando por el curso del último estero señalado, aguas arriba, hasta sus nacientes en la loma Palo Colorado Pequeño de cota 712 m., en el punto No.14; de este punto, el ramal orográfico que separa las cuencas del río Buena Vista al Oeste, de las del río Seco y del río Tigre, al este y que pasa por el cerro Palo Colorado de cota 838 m., cerro Manta Blanca de cota 736 m., cerros Punta Alta y Perro Muerto, hasta alcanzar la cima del cerro Llovido de cota 835 m., en el punto No.15; de esta cima el ramal orográfico conocido como cordillera Cabeza de Vaca, que separa las cuencas hidrográficas del río Plátano, al Oeste y del río Pinas al Este, que pasa por los cerros La Silla, Naranja, de cota 699 m., Cabeza de Vaca de cota 665 m., el Barbasco de cota 632 m., hasta alcanzar la cima del cerro Subida de Machete de cota 456 m., en el punto No.16, de este punto una alineación Sur-Este hasta las nacientes del estero La Colombia, en el punto No.17; de estas nacientes, el curso del último estero referido, aguas abajo, hasta su afluencia en el río Ayampe en el punto No. 18.

AL SUR: Del punto No.18; el curso del río Ayampe, aguas abajo, hasta la afluencia del estero Gual del Oeste, en el punto No.19; de esta afluencia, una alineación al Sur-Oeste, hasta la cima del cerro Pancho Fin, de cota 3435m., en el punto No.20; de este cerro, una alineación al Sur-Oeste, hasta los orígenes del estero Cinco Cerros, en el punto No.21; de estas nacientes, el curso del último estero indicado, aguas bajo, hasta su desembocadura, en el Océano Pacífico en el punto No.22.

AL OESTE.- Del punto No.22, la línea de costa del Océano Pacífico, al Norte, hasta el punto No.1, ubicado en la desembocadura del río Salaite.

Art.4.- El Ministerio de Finanzas y Crédito Público hará la distribución de los recursos provenientes de la Cuenca "Programa de Desarrollo Integral de la Provincia de Manabí" en favor del nuevo cantón Puerto López; de la misma manera se asigna a este cantón las rentas que de conformidad con la Ley le corresponden en el Fondo de Desarrollo Seccional.

A continuación se presenta un resumen de los últimos acontecimientos sucedidos en el cantón, como por ejemplo el cambio de nombre de Ilustre Municipio de Puerto López a Gobierno Municipal de Puerto López y la nueva base legal del Gobierno Municipal:

Art.238 de la Constitución Política de la República consagra la autonomía económica y administrativa de los Municipios.

Art.16 de la Ley de Régimen Municipal, determina que las municipalidades son autónomas y que salvo lo prescrito por la Constitución y esta Ley, ninguna función del Estado ni autoridad extraña a la municipalidad podrá interferir en su administración propia; estándole especialmente prohibido, entre otros aspectos a: "derogar, reformar o suspender la ejecución de las Ordenanzas, Reglamentos, Resoluciones o Acuerdos de las autoridades municipal.

El Numeral 1 del Art.63 de la Ley de Régimen Municipal, por el que se faculta a los Concejos, normar a través de Ordenanzas, dictar Acuerdos o Resoluciones; determinar la política a seguirse y fijar las metas en cada uno de los ramos propios de su administración.

Art.156 de la Ley de Régimen Municipal, establece que la organización administrativa estará de acuerdo con las necesidades peculiares que deba atender y con los servicios públicos a prestarse, de acuerdo con los recursos financieros disponibles y consecuentemente a establecer una estructura de trabajo que permita el cumplimiento de objetivos.

Art.157 establece que el Reglamento Orgánico Funcional, determinará la estructura administrativa de cada municipalidad y considerando de que cada dependencia forme parte de una organización racionalmente integrada desde el punto de vista de la división del trabajo.

Art.160 de la Ley de Régimen Municipal que determina que la denominación de las dependencias de la administración municipal se ajustará a la nomenclatura de Dirección, Departamento y Sección (Unidades), según sea la

complejidad de la labor encomendada; y que habrá tantas Direcciones, cuantas convenga a la mejor y más racional agrupación por funciones afines que competan a la administración; y finalmente que la organización de cada Dirección, Departamento o Sección, constará en los respectivos Orgánicos Funcionales que serán aprobados por el Concejo Municipal.

Art.161 de la Ley de Régimen Municipal, que establece la estructura administrativa básica de Servicios Públicos: Obras Públicas, de Justicia y Policía, financiera, Administrativa, Higiene Salubridad, Ambiente, Educación y Cultura , de servicios sociales, de asesoría jurídica, de planificación, desarrollo de la colectividad y de protección de grupos vulnerables, ajustada a las características propias de cada municipalidad, con el fin de asegurar una adecuada prestación de servicios municipales.

Art.162 Las áreas Municipales cumplirán las funciones asignadas en el Reglamento Orgánico funcional, que será aprobado por el Concejo<sup>17</sup>.

Ésta base legal es actualmente el marco legal, es decir las leyes vigentes que rigen el Municipio. Haciendo un análisis FODA del Municipio de Puerto López se encuentran algunos aspectos a destacar. En fortalezas, existe un interés institucional en establecer un marco legal adecuado. Entre las oportunidades, hay diversos proyectos turísticos favorecidos por la ubicación geográfica para sitios turísticos mundialmente promocionados y visitados. Como debilidades, se señala la dependencia mayoritaria de las transferencias del Gobierno Central. Y finalmente, las principales amenazas que se encuentran en relación a éste estudios es el historial de conflictos entre la municipalidad e intereses personales impidiendo el libre acceso a las playas, y los conflictos ambientales y territoriales con el Parque Nacional Machalilla<sup>18</sup>.

---

<sup>17</sup> <http://puertolopez.gov.ec/content/view/60/89/>, acceso: 29 de mayo 2010, 16h00

<sup>18</sup> Id.

## *Marco legal vigente del Parque Nacional Machalilla*

### Reseña histórica

El marco político que rige las áreas protegidas del Estado ha sido elaborado a lo largo de las últimas tres décadas. En el año 1992, se aprobó el Convenio sobre la Diversidad Biológica del Ecuador, con el cual se expide el decreto ejecutivo de crear la Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República (CAAM), con el objetivo de conservar la biodiversidad en el país, logrando en ese mismo año, poner en vigencia políticas básicas ambientales del Ecuador; políticas que significan los principios de orientación de la gestión ambiental del Estado Ecuatoriano.

En 1994, se conforma el Grupo Nacional de Trabajo sobre Biodiversidad (GNTB) que promueve la conservación de los recursos biológicos.

En 1996, se creó el Ministerio del Ambiente concediéndole la competencia de definir las políticas ambientales, mandato que fue consolidado con la expedición de la Ley de Gestión Ambiental, que marca los principios de la política ambiental y las obligaciones del sector público y privado, señalando límites, controles y sanciones. En base a ésta ley, en el 2000, se publica la Estrategia Ambiental para el Desarrollo Sustentable que promueve la calidad de la vida de los ecuatorianos basada en la solidaridad, respeto a la vida y sus procesos naturales y participación democrática. Un año después, se difunde otro documento bajo el nombre de “Política y Estrategia Nacional de Biodiversidad (2001-2010)”. Ésta estrategia plantea la necesidad de contar con un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) fortalecido y consolidado. Fue acogida por el SNAP como una estrategia fundamental, pero que en la que también existen limitaciones como la representación de ecosistemas críticos, la falta de recursos para la gestión efectiva y las presiones resultantes de las construcciones de obra de infraestructuras dentro de las áreas protegidas, aspecto negativo para la conservación. Para evitar éstas situaciones de conflicto de tenencia de la tierra generados a raíz de las declaratorias de las áreas protegidas, se pretende plantear estrategias que nos permitan identificar ecosistemas aún no incluidos en las áreas protegidas actuales,

para mejorar la delimitación y el manejo de éstas, por parte de los gobiernos seccionales, personas o grupos particulares consolidando así la participación ciudadana en su gestión<sup>19</sup>.

Existe un Plan Estratégico del SNAP (2007-2016) usado como herramienta de planificación flexible apto para condiciones cambiantes impuestas por el entorno, que incorpora elementos para una mejor orientación de la Autoridad Ambiental Nacional en el manejo del SNAP<sup>20</sup>.

### Marco legal vigente

El Parque Nacional Machalilla fue creado en 1979 mediante el Acuerdo Interministerial 322<sup>21</sup>.

En la Constitución política del Estado de 1998 incorporó nuevas normas relacionadas con la protección del medio ambiente y con el reconocimiento de derechos de los pueblos y nacionalidades. Por ejemplo, nos encontramos con el artículo 3 que define como deberes fundamentales del Estado la defensa del patrimonio natural y cultural del país y la protección del medio ambiente. A partir de este artículo, el artículo 23 declara como uno de los derechos civiles de los ciudadanos ecuatorianos el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación, para lo cual el propio Estado estaría facultado para restringir determinados derechos y libertades, cuando de proteger el ambiente se trate. A partir de estos dos artículos, nos encontramos con el artículo 86, numeral 3 que determina de interés público “el establecimiento de un Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, que garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecológicos, de conformidad con los convenios y tratados internacionales”<sup>22</sup>.

---

<sup>19</sup> MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, *Plan Gerencial del Parque Nacional Machalilla, 2008-2010. Proyecto GEF: Ecuador Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP-GEF)*, Ministerio del Ambiente, Quito, 2007, pp 9

<sup>20</sup> Id. pp 9,10

<sup>21</sup> FUNDACIÓN NATURA, *Parque Nacional Machalilla. Dinámicas migratorias y sus efectos en el uso de los recursos naturales*, Fundación Natura, Quito, Noviembre 2000, pp 11

<sup>22</sup> MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, *Plan Gerencial del Parque Nacional Machalilla, 2008-2010. Proyecto GEF: Ecuador Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP-GEF)*, Ministerio del Ambiente, Quito, 2007, pp 10-14

Otros ejemplos de artículos relacionados con la protección del medio ambiente son: Art. 247 que declara la propiedad inalienable e imprescindible del Estado de todos los recursos naturales no renovables y de manera general los recursos del subsuelo, los minerales y sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluyendo los que se encuentran en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial. Así como el art. 248 que prevé que el Estado tiene derecho soberano sobre la diversidad biológica, reservas naturales, áreas protegidas y parques nacionales<sup>23</sup>.

También cabe mencionar la existencia de la Ley de Gestión Ambiental la cual contiene la Ley Forestal que jerarquiza por valor protector, científico y escénico, y clasifica las áreas naturales para su manejo administrativo en: Parque Nacional, Reserva Ecológica, Refugio de Vida Silvestre, Reserva Biológica, Área Nacional de Recreación, Reserva de Producción de Fauna y Área de Caza y Pesca. Todas estas áreas están sujetas a un Plan de Manejo que deberá ser elaborado por el Ministerio del Ambiente, con la participación de la sociedad que está relacionada al área.

La Ley Forestal es fundamental porque en ella se desarrollan los reglamentos y disposiciones administrativas pertinentes, así como las sanciones administrativas para los que comentan contravenciones ambientales que se encuentran en el Código Penal<sup>24</sup>.

Basándose en estos artículos de la Constitución del Estado, es difícil establecer un régimen de autonomía del cantón Puerto López, ya que la mitad de sus áreas están comprendidas dentro del PNM, como se mostrará en el apartado de generación de cartografía de jurisdicción territorial. Hay que acentuar que las leyes de régimen municipal están supeditadas a los artículos descritos anteriormente. Esto conlleva a una problemática espacial-territorial que debe ser tratada inmediatamente para evitar conflictos varios entre los gobiernos seccionales y el SNAP.

---

<sup>23</sup> Id., pp 11

<sup>24</sup> Id., pp 13

### **2.3. Análisis de la gestión de los organismos públicos y privados de la zona**

Para la realización del análisis de la gestión de los organismos públicos y privados de la zona de estudio, se recogió información a través de distintas entrevistas con directivos de las mismas:

#### Entrevista con el Consejo Provincial

Ignacio Mendoza, Director de Planificación

#### *Antecedentes del Consejo Provincial*

El Consejo Provincial, en conformidad con la Constitución que dicta las competencias exclusivas de los Gobiernos Provinciales, apoya el desarrollo agropecuario, el fomento productivo, la gestión ambiental y la cooperación internacional. Pero la competencia exclusiva de los consejos provinciales, a nivel provincial, es la vialidad provincia, sin intervenir en las vías urbanas. Están facultados en todo lo relacionado con la infraestructura de vías, los sistemas de riego y las obras en cuencas y microcuencas.

Elaboran el Plan de Desarrollo y el Ordenamiento Territorial de la Provincia, de manera articulada con los diferentes niveles de gobierno (a nivel nacional y regional y también a nivel provincial, cantonal y parroquial).

#### *Destino de los fondos del PNM*

Puerto López reclama parte de los ingresos ya que el 70% de su territorio pertenece al PNM y el MAE recibe todos los ingresos sin rendir cuentas. Querrían que parte de los ingresos fueran revertidos en el Cantón para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, tal y como sucede en el Oriente con los ingresos de las petroleras, parte de los cuales son destinados a los pobladores de estos territorios. El Director considera que parte de los ingresos tendrían que ser manejados por el Municipio de Puerto López para mejorar la utilización de los mismos. Se tendría que realizar una investigación con mayor profundidad de qué significan realmente estos ingresos para el Estado y piensa que hay mucha corrupción. La sociedad de

Puerto López no se puede desarrollar más ya que el 70% de su territorio es área protegida y por tanto, sus recursos no se pueden explotar en su beneficio; a la vez que no reciben ni una parte de dinero generado por el PNM.

### *Sistema hidrográfico de Manabí*

Manabí está casi bien estructurada por las cuencas hidrográficas y tenemos la capacidad de manejar nuestro sistema integrado de cuencas hidrográficas. La provincia tiene 22 cuencas, las 3 más importantes son Carrizal Chone, Valle del Río Portoviejo y Río Chico. Son fundamentales para el desarrollo no solamente de la provincia, sino también del país. Gran parte del territorio (un 40% aproximadamente) hacia el este, en la frontera con la provincia del Guayas y Los Ríos, está ligado a la Cuenca de Esmeraldas y a la Cuenca del Daule.

### *Cómo se dio la ubicación del PNM en tres cantones?*

Lamentablemente, la decisión sobre los límites geopolíticos, sea de provincia, cantón o parroquia, no corresponde jamás a la verdadera potencialidad del suelo. Sería ideal que las Provincias o Cantones estuviesen estructurados conforme con las cuencas hidrográficas, por ejemplo, o que los límites del territorio estuviesen estructurados con la potencialidad del suelo, pero lastimosamente esto no se da. Lo que sucede es que los actores sociales impulsan la creación de una instancia de gobierno, cualquiera que esta sea, que es quien pone finalmente los límites según el interés de las partes que se ven favorecidas o afectadas, lo que quiere decir que el interés es político.

La presión local de los actores sociales que se posesionan en una parte del territorio y cuando tienen acceso a dirigentes políticos, estos presentan un proyecto a la SERIL que se encarga de ver que el territorio no esté afectando a terceros y que sea parte de la provincia donde se va a cantonizar o el cantón que está queriendo hacer una parroquia; por ejemplo de limitación de un cantón en forma política pero no en relación con la potencialidad del suelo.

El caso de la creación de la provincia de Santo Domingo obedece más a una dinámica social. Sería mejor que el presidente apoyara más una distribución en función de las cuencas hidrográficas pero el planificador de escritorio, en este caso, no estaría conforme debido a que él trabaja en función de la dinámica social, donde los intereses políticos juegan el rol más importante.

*Problemática de la creación del Cantón Puerto López con la creación de la provincia de Santa Elena.*

La dinámica político-social trae conflictos en el caso puntal de la creación del cantón Puerto López en relación con la creación de la Provincia de Santa Elena. Empezó un problema enmarcado en la geografía política, sin que el Consejo Provincial supiera de esto, debido a que nadie se había percatado que, con la creación de la Cantón Puerto López en el año de 1994, esos límites afectaban el límite de la provincia. Lo que sucedió fue que los límites de la última parroquia (Salango) no correspondían con los límites del sur de la provincia.

Estas inconsistencias afectaron a la Provincia Manabí. Cuando las autoridades entregaron los documentos históricos, resulta que los dirigentes de la provincia de Santa Elena decían que el límite de Manabí es la última parroquia del sur, o sea los límites de Salango. Se les comentó que ese límite fue recientemente creado y que no corresponde a lo que tiene como límite la Provincia Manabí.

También en el caso de cantón Jipijapa reclamaba territorios ancestrales con documentos históricos; se creían que esos territorios siempre habían pertenecido o lo que fueron territorios de la Provincia del Guayas. Lo cual era un tema muy difícil de ponerlo en discusión ya que la sociedad ya tiene una posesión natural del territorio.

Los límites reales de la Provincia de Manabí basados en documentos históricos, reconocían los límites de la provincia, al sur de Manabí, en una quebrada llamada San José (documentos de un Cacique Parrales Rurales en la época de la colonia), cerca de un sector denominado Cinco Cerros y no los límites de la última parroquia del Cantón.

Se llegó al acuerdo en un sector de una quebrada denominado la Rinconada. A un kilómetro se estableció un eje referencial hasta cerca de un tramo de la Vía Spondylus, por la población de Guales. Se cogió un eje longitudinal para tomar el cauce del río Ayampe avanzando con la intercesión del río Chico, que es la parte que corresponde a Puerto López.

### Entrevista Parque Nacional Machalilla

Fernando Vera Basurto, Director del PNM

#### *Quién maneja el PNM?*

Fernando Vera Basurto, biólogo.

#### *Quién aplica las leyes del PNM?*

Fernando Vera, Director del PNM, hacer cumplir el plan de manejo, ley forestal, ley de diversidad, pero él lo remite a Portoviejo a la Dirección Provincial.

#### *Destino de los ingresos del PNM*

El 50% se destinan a las arcas del Estado y el otro 50% es para reinversión del PNM. Se está planteando la posibilidad de la entrada gratuita a las áreas protegidas del país, esto planteará un nuevo manejo del PNM ya que el Estado se encargaría de solventar los gastos con una nueva normativa de administración.

#### *Qué cantones comprende el PNM?*

Puerto López, Jipijapa y Montecristi

#### *Por qué la Isla de Plata pertenece Montecristi?*

No está muy seguro, pero dice que se remonta a tiempos históricos, debido a que Montecristi es uno de los cantones más antiguos y más grandes de la provincia de Manabí.

#### *Por qué se constituyó el cantón Puerto López?*

Por intereses políticos. Las poblaciones grandes empiezan a hacer una mayor presión a los gobiernos centrales ya que al ser sólo parroquia, éstas no tienen acceso al manejo de los recursos.

*Existe un conflicto territorial-espacial entre el PNM y el cantón Puerto López?*

Por el momento no, pero si crecieran más las poblaciones entonces sí que habría un problema. En teoría, no debería haber usufructuarios ya que eso traería problemas al PNM.

*Existen poblaciones dentro del PNM?*

Ya existen algunas que se les ha delimitado un área para vivir.

*Cree que los municipios que tienen la capacidad de gestionar ordenanzas para la gestión de obras, pueden afectar el PNM?*

Sí pueden afectar, especialmente si estas obras no cuentan con un estudio de impacto ambiental lo suficientemente tecnificado.

*Problemas principales del PNM*

Desorganización turística, tala de madera y pesca producida dentro de la reserva marina de 2 millas náuticas.

*Tienen los Municipios consciencia ecológica?*

Sí tienen y se han emprendido varias acciones ambientales.

*Existe comunicación entre el municipio de Puerto López y el PNM?*

Sí que existe debido a que son vecinos. Hay más comunicación con este municipio que con el de Jipijapa y el de Montecristi.

En conclusión, se puede decir que los límites del PNM ya están definidos por una declaración ministerial, por tanto el cantón no tiene que intervenir en esta área.

Entrevista con el Municipio del cantón Puerto López

Carlos Gencon, Procurador Síndico, Abogado Municipal

*Cómo está legislado el espacio geográfico del cantón Puerto López?*

El cantón Puerto López, desde su creación, ha sido un cantón *suigeneris*. Éste término lo utilizó para decir que el cantón podría ser bastante difícil de manejar; desde el principio hubo problemas de limitación entre la provincia del Guayas y de Manabí, que con la creación de la provincia de Santa Elena, se intensificaron ya que se debió poner límites a las Provincias, afectando así los límites de la provincia de Manabí.

Además, gran cantidad del territorio del cantón está ocupado por las instalaciones del PNM que tiene otro tipo de jurisdicción, de régimen especial, la cual limita la acción municipal en todo su territorio.

#### *Existen problemas geográficos espaciales?*

Está claro que el Cantón Puerto López es mucho más pequeño de lo que está delimitado geográficamente. Los dos tipos de jurisdicciones que rigen en el cantón son completamente diferentes, por lo que ambas se manejan de forma independiente la una de la otra. Lo que quiere decir es que no hay conflictos políticos geográficos espaciales en el cantón ni el PNM, a menos que haya mayor crecimiento de la población.

#### *Recibe el Municipio fondos del PNM?*

El Municipio no recibe fondos del PNM, ya que se sabe que el dinero de la recaudación del Parque está destinado al gobierno central. Además, dentro del cantón existen comunidades que tienen derecho de tierras ancestrales y están amparadas en la ley de comunas, por lo tanto no tributan tampoco al Municipio.

Los ingresos que recibe el Municipio son del Gobierno Central. Estos ingresos se destinan para realizar las competencias exclusivas de los Municipios, que son por ejemplo aprobación de construcción de obras que ayuden en el desarrollo de la sociedad a través de la creación de ordenanzas y estatutos.

Es curiosidad de las autoridades de la Provincia Manabí y de los pobladores del cantón saber que se hace con el dinero que recauda el PNM una vez en manos del gobierno central.

*El Municipio y el PNM trabajan en conjunto?*

A mi manera de percibir las cosas, yo no veo que el municipio esté trabajando en acciones conjuntas con el PNM. Tampoco veo que venga gente frecuentemente del PNM al Municipio.

#### **2.4. Síntesis de la problemática**

Primeramente, según los entrevistados, la creación del cantón Puerto López de debe al hecho que cuando existe un crecimiento de las poblaciones, éstas empiezan a ejercer una mayor presión a los gobiernos centrales para manejar sus recursos. En el caso de Puerto López, este manifiesto se dio en la Parroquia Puerto López, perteneciente al cantón Jipijapa, en el año de 1994, incidiendo así en su cantonización.

En segundo lugar, tanto el Parque Nacional Machalilla como el cantón Puerto López tienen dos jurisdicciones diferentes. Una obedece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y la otra a la Ley de Régimen Municipal. En las entrevistas realizadas, se notaron discrepancias entre las autoridades entrevistadas. Por ejemplo, la autoridad máxima del PNM manifestaba que sí hay trabajos conjuntos entre el PNM y el cantón; pero por otro lado, en la entrevista al abogado Carlos Gencon, él comentaba que no percibía trabajos conjuntos ni tampoco veía autoridades del PNM que fueran constantemente al Municipio.

Otro aspecto principal era obtener información sobre la existencia de problemas geográficos espaciales en relación al PNM y al cantón. La autoridad municipal señalaba que el PNM y el cantón son dos entes completamente diferentes en el aspecto jurídico-legal y que por eso, trabajan independientemente. Así mismo, también el Director del PNM afirmó que el cantón y el PNM son dos elementos jurídicos diferentes, delimitados y marcados por políticas diferentes. Pero, por otro lado, comentó que puede haber problemas con el crecimiento de la población en relación a los límites del PNM con el transcurso del tiempo. Finalmente, un elemento que se ha de tener en cuenta y que los dos encuestados señalaron es que el Municipio de Puerto López realmente maneja menos del 40%

de su territorio cantonal, incluyendo las áreas de amortiguamiento del PNM. El resto del territorio es manejado por el PNM. En las áreas de amortiguamiento del PNM, se encuentran las tres ciudades más grandes del cantón: Puerto López, Machalilla y Salango. Esto significa que las áreas de amortiguamiento del PNM no son manejadas ni protegidas por las autoridades del PNM, sino por el Municipio. Si se une este hecho con que el territorio del cantón que maneja el Municipio no es muy grande, nos podemos encontrar que no muy a futuro las autoridades del Municipio den prioridad al crecimiento de las ciudades sin tener en cuenta la invasión de las fronteras del PNM por parte de sus pobladores. Esto supondría un incremento del riesgo de destrucción del ecosistema existente en el PNM.

Finalmente, se ha de mencionar que el Municipio está debilitado económicamente ya que su recaudación de impuestos no es muy elevada porque gran parte del cantón está ocupado por el PNM, el cual utiliza sus fondos para su reinversión y aporte estatal. Además, los poblados que sí pertenecen 100% al cantón pero que están dentro del PNM, no pagan impuestos al Municipio debido a que los protege una ley de comunas, lo cual disminuye la recaudación de impuestos para el Municipio. Finalmente, la falta de oportunidades de trabajo para los pobladores del cantón conlleva a que éstos siempre tengan que sacar recursos del PNM para su sustento y por eso, el PNM padece problemas como la deforestación y la tala de árboles.

## **CAPÍTULO III ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA BÁSICA Y TEMÁTICA**

### **3.1. Metodología para la elaboración del mapa base**

La elaboración del mapa base se realizó obteniendo las coberturas vectoriales del año 2005 del I.G.M por medio de varias instituciones como la SENPLADES o el Parque Nacional Machalilla. Todas estas coberturas vectoriales están a una escala 1:50000 y fueron sometidas a un proceso de edición de información para obtener el límite del cantón, los principales centros poblados, las vías de comunicación, los ríos más importantes y las curvas de nivel, lo que todo en conjunto nos da el mapa base.

Para la elaboración del mapa base del PNM, fue necesario obtener más coberturas vectoriales del año 2005 como las del límite del área marina así como las de la zona de amortiguamiento y las del límite del PNM. Para el Parque, también se editó la información de los principales ríos, centros poblados y vías de comunicación obteniendo de esta manera, el mapa base del PNM. En el anexo 1, se encuentra el mapa base del cantón y en el 2, el mapa base del PNM.

### **3.2. Metodología para la elaboración de la cartografía temática**

#### **3.2.1. Análisis y selección de imágenes satelitales**

Las fuentes consultadas han sido el Ministerio del Ambiente, el Clirsen y las páginas web de la Universidad de Maryland y del Globis. Del Ministerio del Ambiente, se obtuvo la cartografía base 1:50000 con los límites del cantón y del PNM. También del departamento del Ministerio, Socio Bosque, se adquirió las imágenes satelitales ASTER del año 2007. Finalmente, de las páginas web de la Universidad de Maryland y del Globis se descargó la información de la imagen LANDSAT ETM7 del 2000. Escogimos estos años ya que el cantón fue creado en el año de 1994 y no se pudo obtener imágenes de nuestra zona de estudio, de antes del 2000.

Un factor muy importante que no es un paso metodológico pero que se ha de tener en cuenta a la hora de recolectar información satelital es el clima ya que éste incide en la recolección de las mismas. A continuación vamos a hacer una breve reseña del clima del Ecuador para demostrar los efectos que tiene en nuestra zona de estudio, los cuales serán reflejados en las imágenes satelitales.

El clima en la Costa del Ecuador está caracterizado por una época seca y una lluviosa. Regularmente, los meses de enero a junio se considera la época lluviosa, y de julio a diciembre la época seca. Éstas características pueden variar por diferentes circunstancias como por ejemplo el calentamiento global, el fenómeno del Niño y la Niña o también por características particulares de microclimas, como es el caso de Puerto López.

En el cantón Puerto López, el clima es un factor fundamental para la interpretación de las imágenes satelitales, debido a que la información obtenida varía de acuerdo a la fecha de cuando fueron obtenidas las imágenes. El clima del cantón no corresponde a lo que generalmente ocurre en la mayoría de la Costa del Litoral, ya que el cantón está marcado por un microclima que tiene las siguientes características<sup>25</sup>:

- ✓ Los meses de enero, febrero, marzo y abril corresponden a la época lluviosa.
- ✓ Mayo y junio corresponden a meses de la época seca.
- ✓ Existe una época de garúa correspondiente a los meses de julio, agosto y septiembre. Ésta época está caracterizada por una pequeña llovizna que cae constantemente durante todo el día. Así, los factores climáticos como la humedad o la temperatura son menores a los de la época lluviosa, pero también influyen en las radiometrías de las imágenes satelitales.
- ✓ Finalmente, los meses de octubre a diciembre están caracterizados por ser los meses más secos del año.

Todas las características climáticas de cada uno de los meses del año señaladas anteriormente, pueden variar por fenómenos climáticos extraordinarios, además de acentuarse o atenuarse según el año. Lastimosamente, no se pudo

---

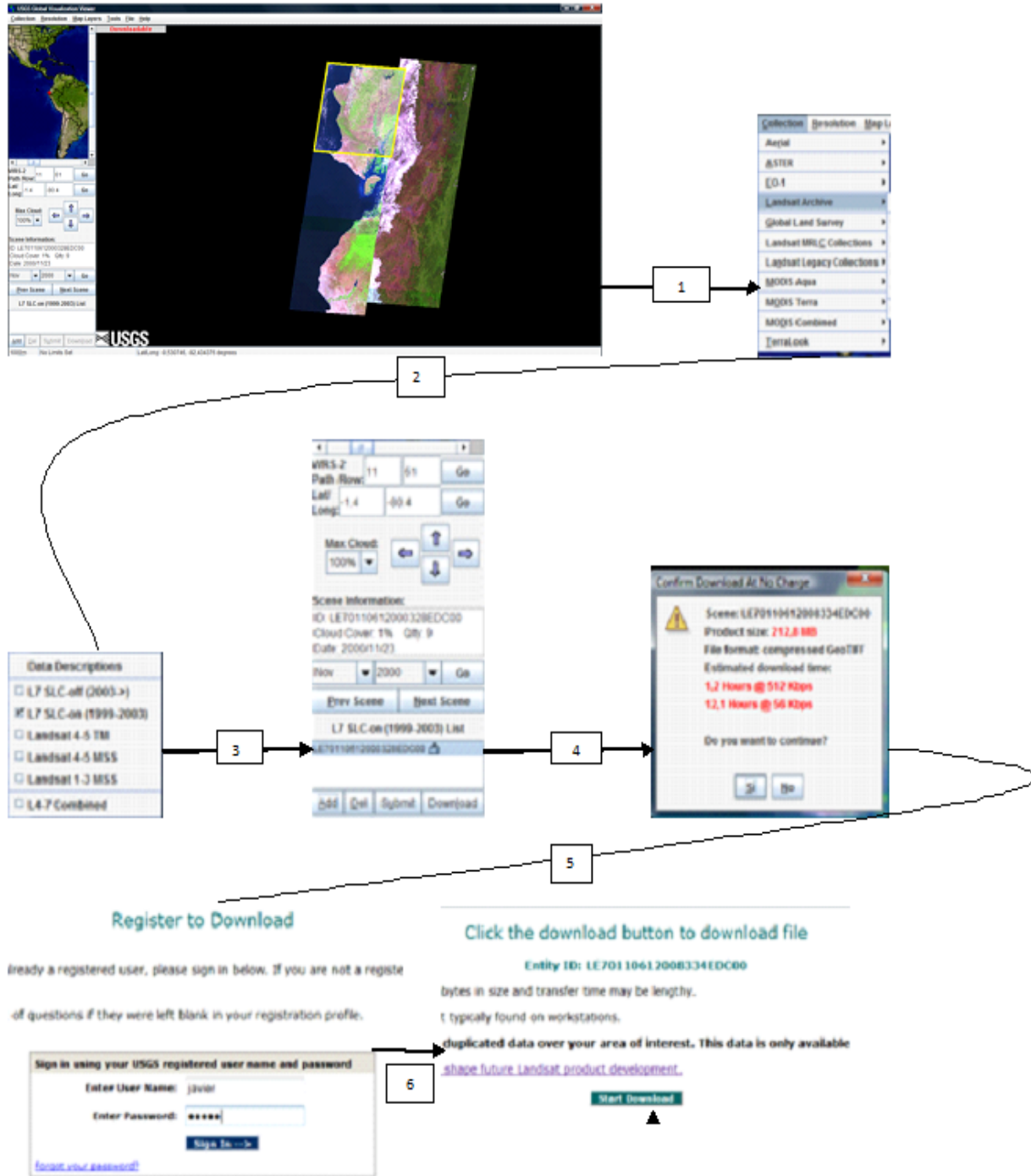
<sup>25</sup> Entrevista a los guías de la Comunidad de Agua Blanca

comprobar la información teórica climática del cantón a través de las estaciones meteorológicas cercanas debido a la falta de tiempo en la visita de campo. Se intentó hablar con el Director del PNM en Puerto López para obtener más información climática, pero ese día el Presidente Rafael Correa visitaba la Isla de Salango y todas las autoridades del Parque tenían que asistir al evento. A pesar de esto, se sabe que el clima del cantón sigue una misma tendencia cada año, incluso cuando se producen pequeñas variaciones en el inicio y finalización de las diferentes épocas. Además, hay que agregar que el clima sí varía sustancialmente cuando ha habido catástrofes naturales relacionadas con el fenómeno del Niño (aumento de la precipitación), por ejemplo 1982-1983 y 1997, y la Niña (período de sequía).

### **3.2.2. Metodología para bajar imágenes satelitales de portales gratuitos**

A continuación, se presenta una imagen de la metodología para obtener imágenes de la página web del Globis:

## IMAGEN 2 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA OBTENER IMÁGENES DEL GLOBIS



Fuente: Globis  
Elaborador por: Javier Espinel

Primeramente, nos encontramos con la ventana de visualización del Globis que nos muestra el barrido del satélite según el sensor que hayamos escogido. En esta vista se puede escoger la imagen satelital, tal y como se ve en el cuadro, la cual está marcada de azul.

Paso 1: En la pestaña "Collections", se puede escoger diferentes tipos de sensores, como ASTER, LANDSAT ETM7, LANDSAT TM, etc. Aquí está recopilada la información por años y fechas.

Paso 2: Se muestra como se escogió la imagen LANDSAT ETM7 en el catálogo de datos del 1999 al 2003.

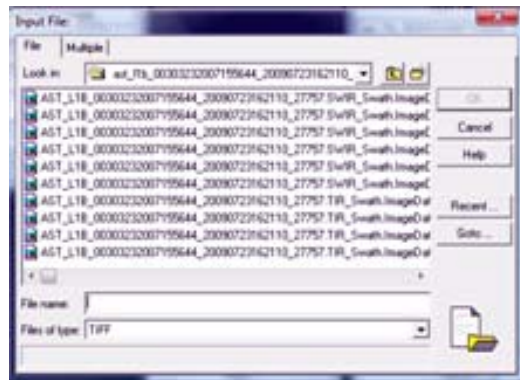
Paso 3: En este paso tenemos que agregar la información que hemos seleccionado en la ventana de la imagen. Además de esta barra de herramientas, se puede seleccionar imágenes gratuitas y nos indicará si es que éstas tienen algún costo monetario.

Paso 4: Esta ventana nos dice el peso de la imagen y cuánto tiempo demorará en bajarse.

Paso 5: La ventana nos pide el registro de cuenta del Globis para lo cual tenemos que dar nuestros datos personales y crear una cuenta.

Paso 6: Esta última ventana nos permite bajar el documento.

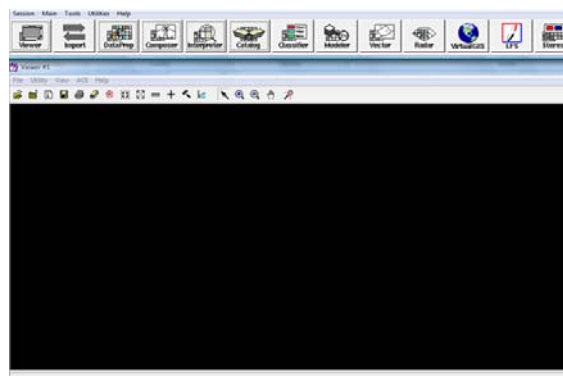
Al final obtenemos como resultado todas las bandas de la imagen en archivo \*TIFF que pueden ser ya extraídas por el programa ERDAS o ARCGIS:



### 3.2.3. Familiarización con el software ERDAS

Este programa es uno de los más utilizados en todo el mundo en lo que se refiere a tratamiento de imágenes satelitales y también de fotografías aéreas. Este software tiene la capacidad de procesar la información obtenida de satélites, para diferentes usos o tipos de estudios. ERDAS cuenta con una serie de herramientas que nos permiten analizar nuestro objeto de estudios de forma más práctica a través de compilaciones y combinaciones de las firmas espectrales obtenidas de los sensores.

A continuación, se van a detallar las funciones de las pestañas principales de ERDAS. Primero, mostramos una imagen general de la pantalla:





La primera herramienta es el “Viewer” que funciona como visor de las imágenes trabajadas o que se van a trabajar. Nos permite abrir diferentes tipos de formatos como por ejemplo \*TIFF, \*JPG, GRID o \*IMG. El “Viewer” nos permite visualizar una gran cantidad de formatos, característica particular del ERDAS porque con él podemos trabajar en una gran variedad de formatos. Además podemos realizar aquí, a través del “Band Combinations”, combinaciones de bandas.



El programa ERDAS tiene la particularidad de trabajar en formato \*IMG y la herramienta “Import” nos permite transformar cualquier formato en imagen para facilitar el trabajo en el software.



“DataPrep” tiene muchas funciones, entre las que destacan por su importancia y las cuales hemos utilizado más en el trabajo, la reproyección de imágenes que nos permite cambiar el tipo de proyección de la imagen satelital, unión y creación de mosaicos y realización de correcciones geométricas (proceso de ajuste de un vector hacia la imagen satelital).



“Composer” nos sirve para componer mapas extraídos de la información satelital así como la edición e impresión de los mismos.



Esta herramienta nos permite hacer mejoramientos espaciales y radiométricos, correcciones topográficas, entre otras funciones. “Interpreter” también se utiliza para hacer la compilación de bandas espectrales y cortar y modificar nuestra área de estudio.



El “Catalog” es una base de datos que nos permite obtener información de los sensores como por ejemplo fechas, tipo de proyección, latitud, longitud y rango de dinámica.



Para el estudio, se utilizó el “Classifier” para la elaboración de la clasificación no supervisada y supervisada. También tiene funciones de edición de información satelital que nos permite clasificar, de acuerdo a las firmas espectrales, diferentes áreas de interés.



“Modeler” es una herramienta muy importante ya que nos permite establecer modelos matemáticos basados en algoritmos. ERDAS tiene una gran capacidad de realizar una variedad de modelos que ya se encuentran establecidos en el programa, por ejemplo el cálculo del NDVI o matrices de correlación basados en la estadística.



Esta herramienta nos correlaciona la información vectorial con los rasters. También transforma y cambia esta información.



“Radar” sirve para el trabajo de imágenes radar que tienen una longitud de onda diferente a los sensores utilizados en este estudio.



Es un implemento de ayuda del software ERDAS con el que podemos hacer actualizaciones, recolecciones de información y aplicación de las extensiones.



“LPS” es una extensión del programa ERDAS que realiza la interpretación de fotografías aéreas. La herramienta es un programa fotogramétrico que ocorrectifica y georeferencia las fotos. También se puede realizar modelos de elevación digital del terreno.



“Stereo” está ligado al “LPS” ya que también tiene funciones estereoscópicas que nos permiten ver los objetos en 3D del traslape obtenido de las fotografías aéreas, para poder interpretar diferentes fenómenos en las mismas.

### **3.2.4. Esquema de seguimiento para la edición de las imágenes satelitales a través de procesos sistemáticos**

Una vez obtenida la información satelital, ésta es sometida a un proceso de edición para marcar nuestra área de estudio y poder tener la información exacta del problema de ocupación del territorio del cantón en relación al PNM. Para realizar la edición de las imágenes se han seguido tres procesos principales:

Paso 1 → Las bandas obtenidas de ambos sensores se las somete a un proceso de compilación el cual es fundamental, ya que de éste inicia el análisis de la información satelital. Para ello tenemos que ir a la pestaña "Interpreter". Una vez realizado el proceso, se puede hacer la combinación de bandas espectrales de acuerdo al tipo de estudio que se va a realizar.

Paso 2 → En el caso de ASTER, debido a que el tamaño de las imágenes del sensor es menor al de las de LANDSAT ETM7, fue necesario realizar un mosaico para obtener nuestra área de estudio a través del "DataPrep".

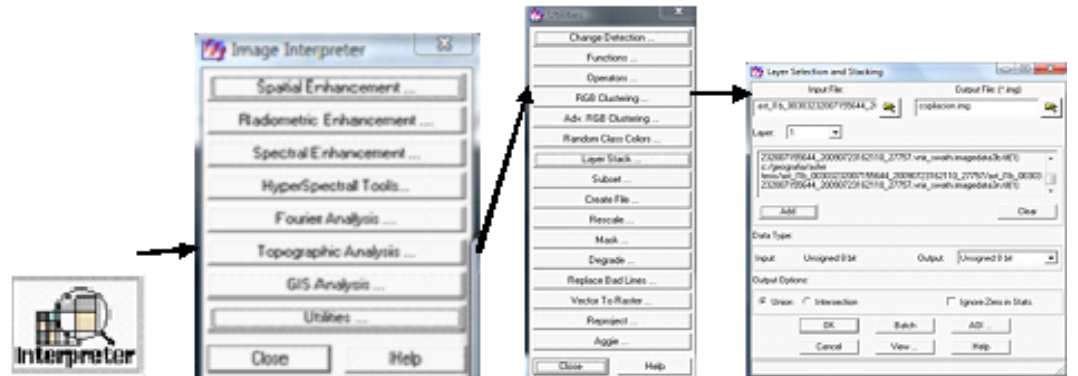
Paso 3 → El recorte de imágenes, a través del "DataPrep", se lo realiza con información obtenida del cantón, para obtener exactamente la misma superficie de éste. Con éste proceso se puede facilitar la rapidez de los procesos sistemáticos del programa ERDAS.

Paso 4 → Se obtienen las imágenes resultantes.

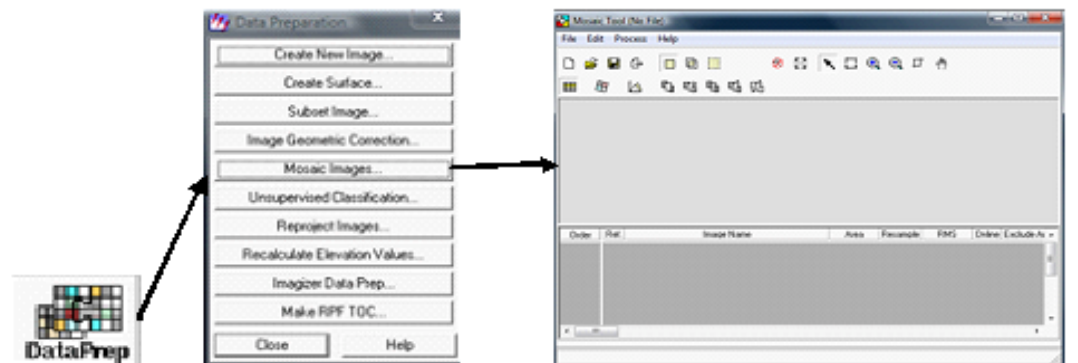
A continuación se presenta el proceso a seguir descrito anteriormente, a través de las pestañas del software ERDAS:

**IMAGEN 3**  
**PROCESO DE COMPILACIÓN DE BANDAS PARA DISCRIMINAR LA COBERTURA VEGETAL Y EL USO DEL SUELO**

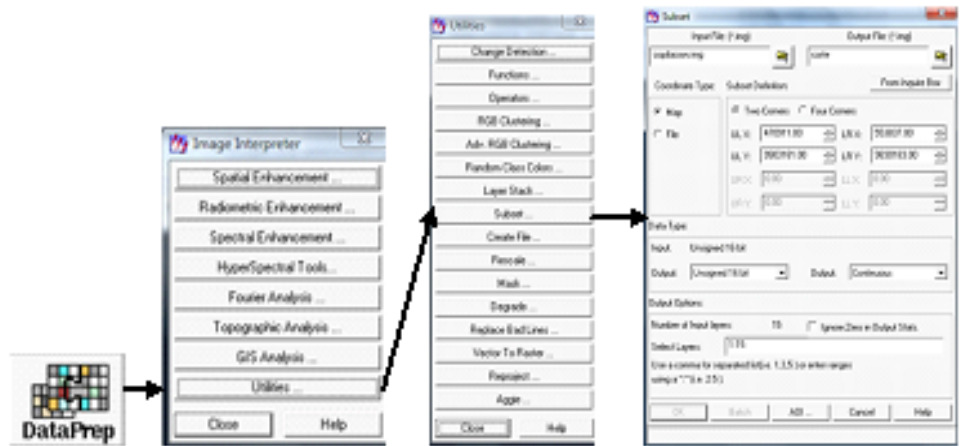
Paso 1



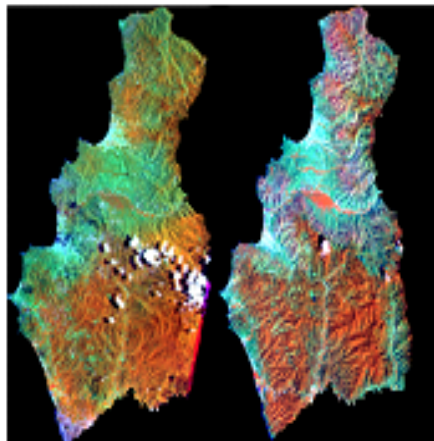
Paso 2



Paso 3



Paso 4



### **3.2.5. Análisis visual de imágenes seleccionadas**

Se han seleccionado dos imágenes ASTER 2007 del 23 de Marzo del 2007 y una imagen LANDSAT ETM7 del 23 de Noviembre del 2000. Debido a los siete años de diferencia, podemos realizar un análisis visual multitemporal en el que se observan las variaciones ocurridas durante este período. En el apartado anterior, paso 4, se muestran las imágenes ASTER y LANDSAT ETM7 seleccionadas.

La imagen ASTER tiene una falta de información al sur del cantón ya que las imágenes donadas por Socio Bosque no cubrían ese sector. Se observa en la parte este del cantón una variedad de nubes y sombras de nubes que avanzan hasta la ciudad de Puerto López, así como en el sur del cantón.

La imagen LANDSAT ETM7 es una imagen casi perfecta donde sólo se observa una nube y su sombra. Se visualiza también, en forma muy clara, las diferentes firmas espectrales de la vegetación así como las firmas de centros poblados.

## CAPÍTULO IV PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES SATELITALES

### 4.1. Introducción al procesamiento digital de imágenes

El procesamiento de las imágenes satelitales se realiza a través de los programas Sistema de Información Geográfica (SIG), ARCGIS, ERDAS y otros. ERDAS es un programa de sensores remotos que sirve para poder hacer análisis de la información satelital. Así, se pueden hacer análisis históricos de las imágenes, teniendo en cuenta la fecha, día y hora exacta en las que fueron tomadas. En nuestro caso, para el cantón de Puerto López, utilizamos una imagen del sensor LANDSAT ETM7 que fue capturada el día 23 de noviembre del 2000 correspondiente a los meses secos del año. Así es como figura en el metadato:

#### LANDSAT ETM7

SPACECRAFT\_ID = "Landsat7"

SENSOR\_ID = "ETM+"

ACQUISITION\_DATE = 2000-11-23

Época seca en el cantón Puerto López

Calidad Landsat ETM

END\_GROUP = ORTHO\_PRODUCT\_METADATA

GROUP = L1G\_PRODUCT\_METADATA

BAND\_COMBINATION = "123456678"

En el caso del sensor ASTER, tenemos 2 imágenes que han sido unificadas para obtener el cantón. Fueron captadas el 23 de Marzo del 2007, correspondiente a la época lluviosa.

#### ASTER

Imagen del norte del cantón Puerto López

2007-03-23"

15:56:44.7150000"

2007-03-23T 15:55:22Z"

Imagen del sur del cantón Puerto López, época lluviosa

TIMEOFDAY

NUM\_VAL = 1

VALUE = "15:56:53.5710000"

END\_OBJECT = TIMEOFDAY

OBJECT = CALENDARDATE

NUM\_VAL = 1

VALUE = "2007-03-23"

END\_OBJECT = CALENDARDATE

Calidad de la imagen

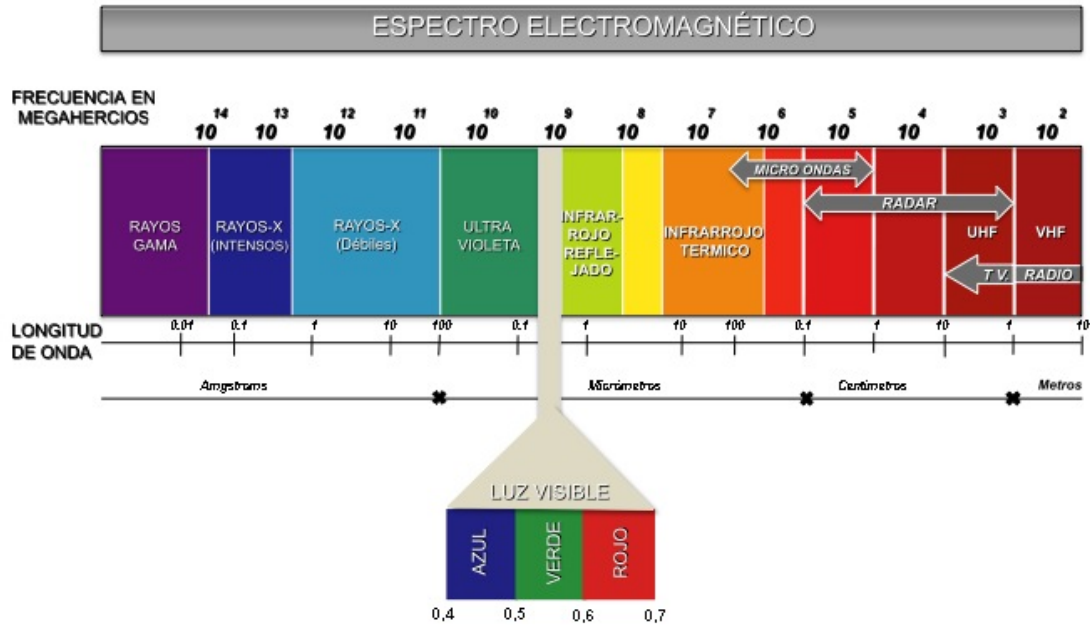
VALUE =

"AST\_L1B\_00303232007155653\_20090723161720\_23485.hdf"

En resumen, toda esta información fue obtenida del Metadato que es un componente esencial de la imagen satelital para su análisis. Nos informa de datos importantes como por ejemplo día, hora, fecha de la imagen; sobre datos de calidad de la imagen para su interpretación; también nos da información detallada de cada una de las bandas y su combinación de bandas para ambos satélites, datos de longitud de onda de las bandas, valores máximos y mínimos de los píxeles; finalmente, el Metadato nos puede dar inclusive, la dirección donde se encuentra el sol en el momento de haber sido captada la imagen, para saber así, la dirección de las sombras en los modelos digitales de terreno o en los modelos de sombras.

Una vez que se obtienen las imágenes LANDSAT ETM7 del 2000 y ASTER del 2007, se procede a hacer una organización de éstas. Para ello hay que tener en cuenta las características de ambos sensores, como su rango espectral y cantidad de bandas. Para entender este proceso es necesario dar una caracterización de las imágenes. En el cuadro 1 y 2 de la página 46, se pueden observar las características de las imágenes LANDSAT ETM7: el número de bandas, el rango espectral, la zona del espectro electromagnético y la resolución en el terreno. A continuación, se presenta el espectro electromagnético donde hay una caracterización de las diferentes longitudes de onda:

## IMAGEN 4 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



Fuente: Chuvieco Salinero, Emilio, 2006  
Elaboración: Javier Espinel

Cualquier cuerpo capaz de irradiar energía tiene una longitud de ondas o frecuencia cuyos valores son continuos. Estas bandas de longitudes de ondas captadas por los sensores de los satélites contienen rangos espectrales que nos dan información sobre una específica zona del espectro. En nuestro caso particular, describiremos las bandas espectrales que generalmente se utilizan para analizar la imagen satelital<sup>26</sup>:

- Espectro visible: su rango es de 0,4 a 0,7 $\mu\text{m}$ ; este es el rango con el que el ser humano puede percibir con sus ojos.

<sup>26</sup> CHUVIECO, Emilio, *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*, Editorial Ariel, S.A., Barcelona, Septiembre de 2006, pp 44-50

- Infrarojo cercano: denominado como Infrarojo Próximo o fotográfico, puesto que se lo puede detectar a través de emulsiones especiales como el bromuro de plata. Su principal importancia es el poder discriminar la cobertura vegetal y la humedad, por ejemplo las cámaras fotogramétricas a diferencia de las convencionales, recolectan información del espectro visible y del infrarojo cercano. Su rango es de 0,7 a 1,3  $\mu\text{m}$ .
- Infrarojo medio: tiene un rango de 1,3 a 8  $\mu\text{m}$ . Está dividido en varias bandas: la primera de 1,3 y 2,5  $\mu\text{m}$  que nos ayuda a establecer el contenido de agua; y la segunda es entorno a 2,7  $\mu\text{m}$  y permite la detección de los cuerpos que emiten altas temperaturas como volcanes y en incendios forestales, bastante utilizada en la zona mediterránea de España, Portugal, Grecia e Italia.
- Infrarojo lejano o térmico (IRT): con rango de 8 a 14  $\mu\text{m}$ . El IRT nos permite detectar el calor que emana de la superficie terrestre.
- Micro-ondas: son las bandas espectrales más largas medidas en centímetros o metros, a diferencia de las anteriores que, por ser más cortas, se miden en micrones. Esta banda es de gran interés ya que su energía es transparente a las nubes<sup>27</sup>.

#### **4.2. Caracterización de las imágenes LANDSAT ETM 7 y ASTER seleccionadas**

A continuación tenemos dos cuadros con las características de las bandas para los dos satélites utilizados en este análisis:

---

<sup>27</sup> Id., pp 44

**CUADRO 1  
CARACTERÍSTICAS DE LAS BANDAS LANDSAT ETM7**

Banda Número	Rango Espectral (u)	Zona del Espectro	Resolución en el Terreno (m)
1	0.45-0.515	Visible – azul	30
2	0.525-0.605	Visible – verde	30
3	0.63-0.690	Visible – rojo	30
4	0.75-0.90	Infrarrojo Próximo(Visible)	30
5	1.55-1.75	Infrarrojo Lejano	30
6	10.40-12.5	Térmico Lejano	60
7	2.09-2.35	Térmico Próximo	30
Pancromáticas	0.52-0.90	Prácticamente todo el visible	15

Fuente: El Satélite Landsat. Universidad de Valladolid  
Elaborado por: Javier Espinel

Así mismo, en el cuadro número 2 tenemos las características de las imágenes ASTER:

**CUADRO 2  
CARACTERÍSTICAS DE LAS BANDAS ASTER**

Canales espectrales	Rango espectral	Resolución espacial	Rango de dinámica	Extras
1 (Visible Verde)	0.520 a 0.600um	15m	8 bit	El Infrarrojo Cercano tiene 2 bandas (3B y 3N) las cuales son imágenes que tienen un par estereoscópico con el que se pueden generar modelos digitales de terreno.  Órbita: 705km, 10:30am descending node, Sun-synchronous  Swath=60x 60 km
2 (Visible Rojo)	0.630 a 0.690um	15m	8 bit	
3 (Infrarrojo Cercano)	0.760 a 0.860um	15m	8 bit	
4 (SWIR) Infrarrojo lejano o de onda corta, reflexión de luz solar y de emisión de la superficie terrestre y permite percibir la humedad de los suelos	1.60 a 1.70um	30m	8 bit	
5 (SWIR) Térmico próximo	2.145 a 2.185um	30m	8 bit	
6 (SWIR) Térmico próximo	2.185 a 2.225um	30m	8 bit	
7 (SWIR) Térmico próximo	2.235 a 2.285um	30m	8 bit	
8 (SWIR)	2.295 a 2.365um	30m	8 bit	

Térmico próximo				
9 (SWIR)	2.36 a 2.43um	30m	8 bit	
10 (TIR) Infrarojo térmico. Detección del calor de la cubierta terrestre	8.125 a 8.475um	90m	12 bit	
11 (TIR) Infrarojo térmico	8.475 a 8.825um	90m	12 bit	
12 (TIR) Infrarojo térmico	8.925 a 9.275um	90m	12 bit	
13 (TIR) Térmico lejano	10.25 a 10.95um	90m	12 bit	
14 (TIR) Térmico lejano	10.95 a 11.65um	90m	12 bit	

Fuente: MAH, Abdullah, *Mapping surface cover types using ASTER data*, [www.gisdevelopment.net/.../rs/techrs0023.htm](http://www.gisdevelopment.net/.../rs/techrs0023.htm), acceso: 14 de junio 2010, 07h00

Elaborado por: Javier Espinel

Observando los cuadros 1 y 2, podemos ver las diferencias entre ambos sensores. En el caso del satélite LANDSAT ETM7, éste tiene 7 bandas y 1 banda pancromática mientras que el ASTER tiene 14, por lo tanto, debido a la longitud de onda que ocupa dentro del espectro electromagnético, el satélite ASTER tiene mayor campo espectral; está diseñado para una mayor obtención de datos, para diferentes tipos de análisis dependiendo del uso de sus bandas. En cuanto a la resolución espacial, hay muchas diferencias: el LANDSAT ETM7 tiene siempre la misma resolución de terreno de 30m, a excepción del pancromático que es de 15m. Por otro lado, las bandas espectrales del satélite ASTER son mucho más complejas: la resolución espacial de las primeras tres bandas son de 15m, las siguientes seis bandas (denominadas SWIR) de 30m y las últimas cinco (denominadas TIR) de 90m. Con estas observaciones, queda claro que la resolución del ASTER es superior, lo que nos permite trabajar con más detalle con las primeras tres bandas. Las imágenes LANDSAT ETM7 y ASTER se encuentran georeferenciadas, lo cual facilita el proceso digital.

Es importante tener en cuenta que el tamaño es diferente, en el caso de LANDSAT ETM7 se realizó un corte de la imagen para obtener nuestra área de estudio. Por otro lado, con ASTER, debido a que las imágenes son mucho más

pequeñas, fue necesario realizar un mosaico de dos imágenes para obtener nuestra área de estudio. Una vez realizado este proceso, se efectuó la respectiva unión o compilación de bandas con el programa ERDAS, para poder analizar las bandas, ya que unidas éstas, nos dan colores obtenidos de los sensores.



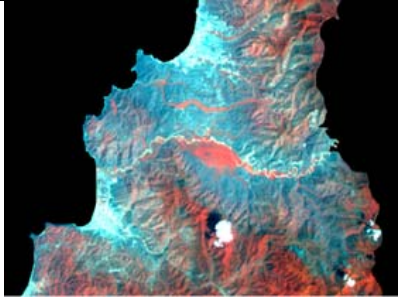
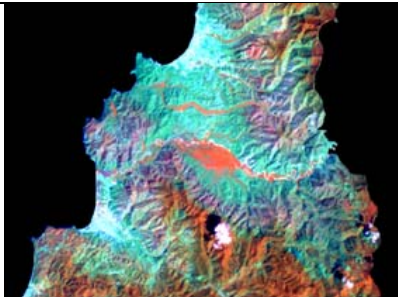
En el caso de LANDSAT ETM7, se ejecutó una compilación de las 7 bandas. Con ASTER, se hizo dos compilaciones de bandas para el análisis; la primera de la banda 1, 2 y 3 y la segunda compilación, de la banda 1 a la 9. Con estas compilaciones se pudo buscar la mejor combinación de bandas, que permitió obtener los mejores resultados para obtener la mejor discriminación de la cobertura vegetal y realizar el análisis multitemporal.

#### **4.3. Combinación de bandas multiespectrales para evaluar mejor la discriminación de la cobertura vegetal y el uso del suelo del cantón**

Dentro del programa ERDAS hay una opción llamada “Raster”/”Band Combination” donde se puede experimentar con las bandas para obtener la mejor diferenciación, en este caso particular, de la cobertura vegetal. En este caso, se escogieron combinaciones de bandas típicas en LANDSAT ETM7 que nos permitieran discriminar objetos, sin relacionar la longitud de onda entre LANDSAT ETM7 y ASTER; debido a que tienen longitudes de ondas diferentes, las cuales vamos a relacionarlas más adelante.

Éste es una parte experimental de la investigación, de percepción óptica donde se obtuvieron los siguientes resultados:

**CUADRO 3  
COMBINACIONES DE BANDAS ESPECTRALES, SATELITE  
LANDSAT ETM 7**

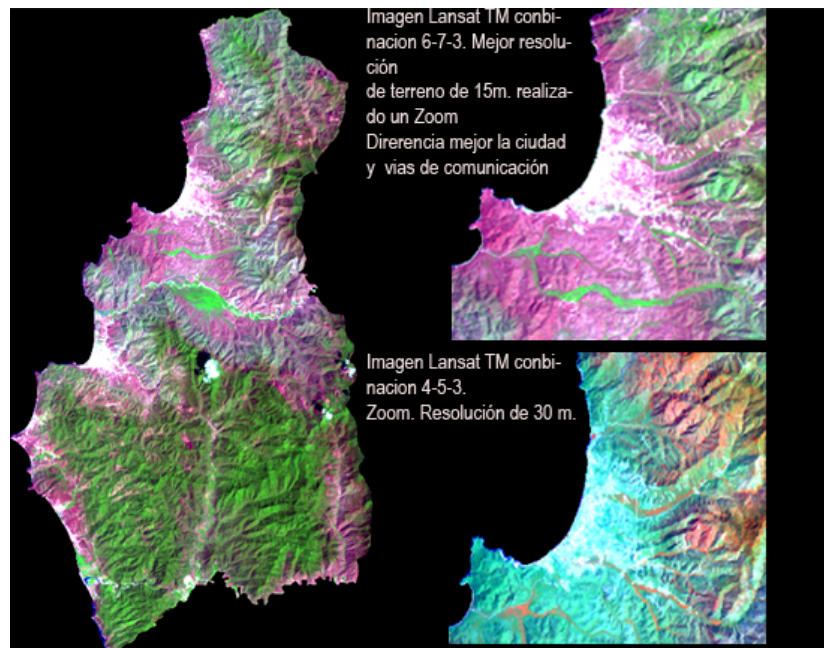
	<p>Combinación de bandas 3 2 1</p> <p>La combinación permite una buena diferenciación de la ciudad, una aceptable diferenciación de vías de comunicación, no aparecen muchos colores que diferencian la cobertura vegetal y cultivos; además, la imagen se ve bastante oscura. Ésta combinación fue encontrada en un documento de la Universidad de Distrital Francisco José de Caldas.</p>
	<p>Combinación de bandas 5 4 3</p> <p>Ésta es una de las combinaciones de bandas utilizadas por el Clirsen para el análisis de vegetación. Hay una buena diferenciación de los tipos de cobertura vegetal, así como de ciudades y cultivos, pero no de las vías de comunicación, sólo las principales se pueden observar y con una resolución baja. Ésta combinación es bastante parecida a la combinación 4 5 3, que veremos más adelante.</p>
	<p>Combinación de bandas 4 2 1</p> <p>Hay una buena diferenciación de la cobertura vegetal, además de la ciudad, vías de comunicación, ríos y cultivos. No tiene tanta gama de colores para la cobertura vegetal como la combinación 4 5 3 y 5 4 3, pero también nos permite obtener una imagen clara del área de estudio.</p>
	<p>Combinación de bandas 4 5 3</p> <p>La combinación 4 5 3 es la más usada en los estudios de percepción remota, por las instituciones, en los estudios de la cobertura vegetal. Por ejemplo, en el Ecuador ésta ha sido muy utilizada por el Clirsen. En ella se puede observar una buena diferenciación entre la ciudad, cultivos y tipos de cobertura vegetal. Para éste último ítem, utiliza una mayor gama de colores. No se diferencia mucho las vías de comunicación y se podría decir que en una resolución media, se podría diferenciar el agua.</p>

Fuente: Clirsen  
Elaborado por: Javier Espinel

Por último, la combinación 6 7 3 es una particularidad diferente ya que en esta, se agrega una banda pancromática en la compilación de bandas la cual tiene características diferentes de resolución del terreno de 15 metros y su zona del espectro esta principalmente en el visible. Con esta combinación de bandas se puede mejorar las características de definición de una imagen, esto quiere decir que debido a su resolución nos permite hacer un análisis más detallado del terreno, permitiéndonos diferenciar mejor los centros poblados y vías de comunicación así como un mayor detalle de las diferencias de la cobertura vegetal.

Esta combinación de bandas 6 7 3 del LANDSAT ETM7, no sirvió para relacionar la longitud de onda entre ASTER y LANDSAT ETM7, debido a que las imágenes ASTER no tienen una banda pancromática que corresponda exactamente a la longitud de onda del LANDSAT ETM7. Por esto, esta combinación de bandas es muy buena para análisis de la vegetación, pero en nuestro caso no la utilizamos debido a la diferencia de longitud de onda de ambos sensores.

### IMAGEN 5 CANTÓN PUERTO LÓPEZ, COMBINACIÓN DE BANDAS 6 7 3 Y ZOOM COMPARATIVO ENTRE LAS COMBINACIONES 6 7 3 Y 4 5 3



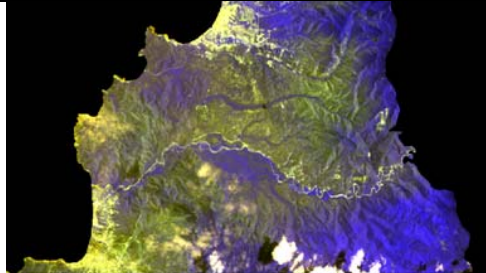

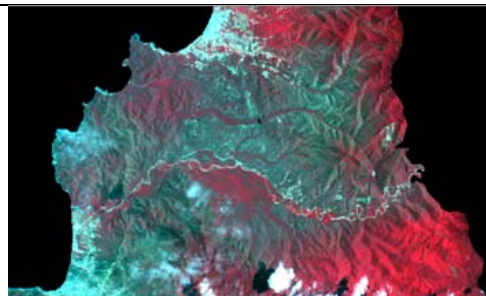
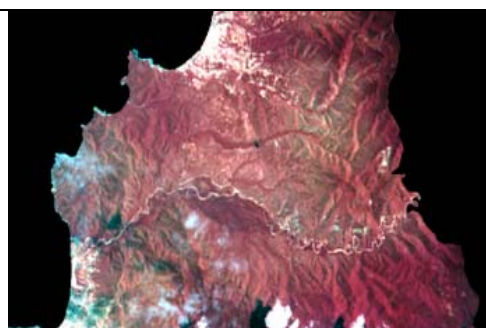
Fuente: Clirsen  
Elaborado por: Javier Espinel

Las imágenes generadas por el satélite LANDSAT ETM7 son muy utilizadas en el mundo de la geografía y muchos expertos usan métodos ya establecidos para la cobertura vegetal. Se puede decir que las imágenes de éste satélite ya han sido ampliamente investigadas.

Por lo explicado anteriormente sobre la combinación de bandas 6 7 3, la mejor combinación de bandas que se encontró para este estudio fue la del 5 4 3, ya que para el caso del cantón, permite una mejor discriminación de cobertura vegetal y, a la vez, este tipo de combinación se puede relacionar muy bien con la longitud de onda de las imágenes ASTER. También se realizaron otras combinaciones pero no se obtuvieron tan buenos resultados como los mostrados anteriormente.

En cuanto a la combinación de bandas del satélite ASTER, debido a su gran número de bandas, su análisis es más complejo. En el caso de la investigación de la percepción visual de las imágenes relacionadas al Infrarojo Cercano, el Visible Verde y el Visible Rojo, hechas en esta parte de la tesis, no se relacionó la longitud de onda entre ASTER y LANDSAT ETM7, encontrando los siguientes resultados, que pueden servir como un marco de referencia para estudios posteriores para la realización de análisis de imágenes ASTER:

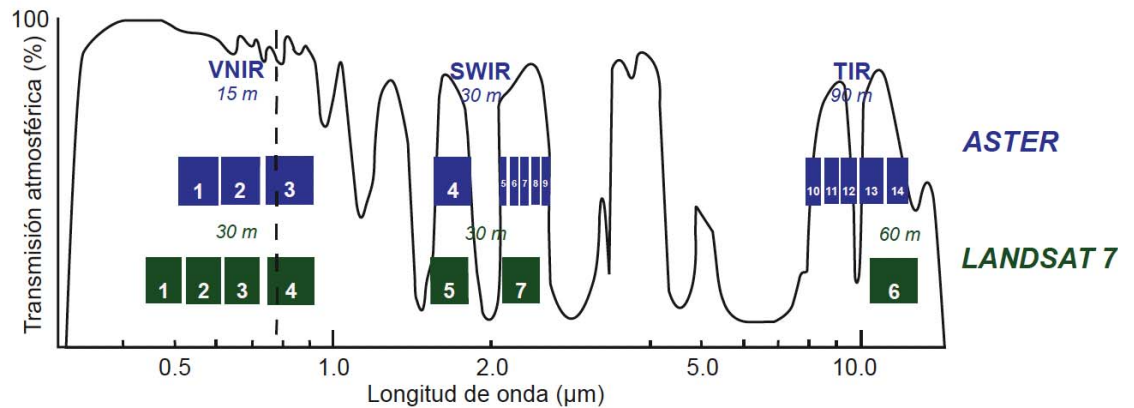
**CUADRO 4**  
**ANÁLISIS DE LA BANDA INFRARROJA CERCANA, VISIBLE VERDE Y VISIBLE ROJA DEL SENSOR ASTER**

	<p>Combinación de bandas 1 2 4</p> <p>Esta imagen tiene tonalidades de las firmas espectrales de verde y azul para la cobertura vegetal y para los centros poblados de verde más clara. No parece muy bueno para la percepción visual ya que se pueden confundir tonos de verde de las nubes con la ciudad.</p>
	<p>Combinación de bandas 2 4 1</p> <p>Tonalidades lila y verde de las firmas espectrales para la cobertura vegetal. La ciudad y los cultivos tienen un color rosado a lila y la misma tonalidad para las carreteras.</p>
	<p>Combinación de bandas 4 2 1</p> <p>Tonalidades de color rojo y verde de las firmas espectrales para la cobertura vegetal. Para los centros poblados tiene tonalidades de color celeste. Hay una buena diferenciación de los cultivos, carreteras, vías principales, ríos, pero no para zonas rocosas como los acantilados.</p>
	<p>Combinación de bandas 5 2 1 a la 8 2 1</p> <p>Las firmas espectrales de esta imagen son de tonalidades café rojiza y blanco para las ciudades y carreteras. Se distinguen bien las sombras de nubes y las nubes; colores café intenso para otras firmas espectrales de la vegetación. También se experimentó con las combinaciones de bandas 6 2 1, 7 2 1 y 8 2 1 que corresponden a la banda 6 del LANDSAT ETM7 la banda térmica, donde se observa el vapor de agua.</p>

Elaborado por: Javier Espinel

#### 4.3.1. Comparación de bandas espectrales resultantes de las imágenes LANDSAT ETM7 y ASTER para la mejor discriminación de la cobertura vegetal

**IMAGEN 6**  
**COMPARACIÓN DE LONGITUD DE ONDA DEL SATELITE LANDSAT ETM7 Y ASTER**



Fuente: SELBY, Richard, *Creating Digital Elevation Models and Orthoimages from ASTER Imagery*, [www.pcigeomatics.com/support\\_center/.../grsg\\_aster\\_article.pdf](http://www.pcigeomatics.com/support_center/.../grsg_aster_article.pdf), acceso: 12 de julio 2010, 10h00

Elaboración: Javier Espinel

En la imagen anterior, se comparan los sensores LANDSAT ETM 7 y ASTER mediante su longitud de onda, la cual puede corresponder a diferentes o similares longitudes de onda. Además, nos indica con bastante exactitud que bandas son.

Se observa que la longitud de onda que recibe el satélite ASTER es mayor a LANDSAT ETM7 debido a sus 14 bandas, pero el número de bandas no influye en el espacio que ocupan en el rango del espectro electromagnético.

Podemos establecer que el espectro visible es diferente en ambos sensores y el satélite LANDSAT ETM 7 tiene mayor longitud de onda.

La banda 4 del sensor ASTER es bastante similar a la 5 del sensor LANDSAT ETM7, según el espacio que ocupan de la longitud de onda.

La banda 6 del sensor LANDSAT ETM 7 corresponde aproximadamente a la longitud de onda de las bandas 5, 6, 7, 8 del sensor ASTER.

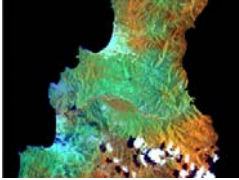
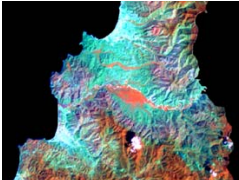
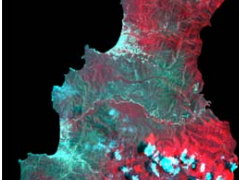
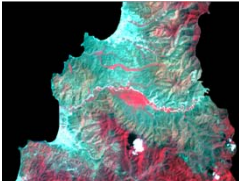

La banda 7 del sensor LANDSAT ETM 7 ocupa gran parte de la longitud de las bandas 13 y 14 del ASTER.


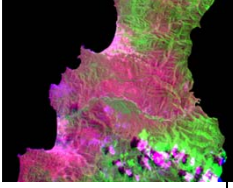
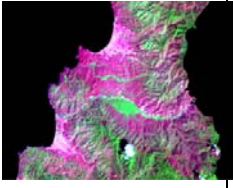
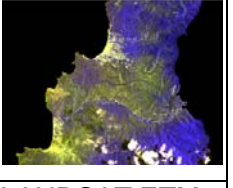
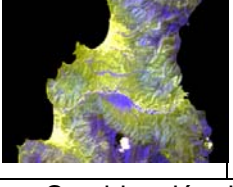
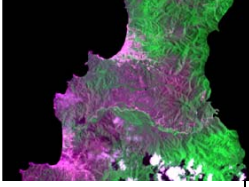
Las bandas 10, 11, 12 correspondientes al TIR del satélite ASTER no corresponde a ninguna banda del satélite LANDSAT ETM 7.

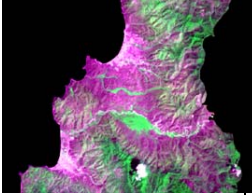
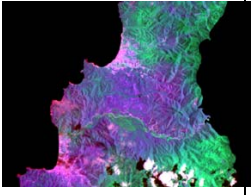
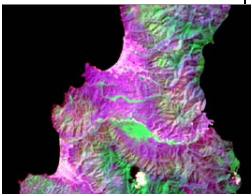


Tomando en cuenta la longitud de onda de ambos sensores, podemos hacer un análisis de relación de ambos sensores encontrando así, la combinación de bandas más lógica de ambos sensores que nos ayudó a averiguar si existía o no un problema de ocupación espacial del territorio entre el PNM y el cantón Puerto López.

A continuación, se realizó el análisis de ambos sensores, para el cual se tuvo que tomar en cuenta que, debido a que el sensor del satélite ASTER tiene 2 bandas estereoscópicas correspondientes al infrarrojo cercano y, que al haber realizado la compilación de bandas se incluyó a ambas, la banda infrarrojo cercano corresponde a las bandas 3 y 4 de la compilación de bandas realizada en el programa ERDAS, obteniendo los siguientes resultados:

**CUADRO 5  
COMPARACIÓN DE LONGITUD DE ONDA DE LOS SENSORES  
LANDSAT ETM7 Y ASTER**

Combinación de bandas de vegetación para ASTER 4 5 2 y para LANDSAT 4 5 3	
<p align="center">ASTER</p> 	<p>Esta combinación de bandas estaría en relación a lo que corresponde a la vegetación para ambos sensores se observan bastante parecidas las firmas espectrales, las tonalidades de colores son parecidas tanto en las ciudades colores celestes y los bosques con vegetación pronunciada de un color café rojizo.</p>
<p align="center">LANDSAT ETM7</p> 	
Combinación de bandas de vegetación para ASTER 3 2 1 y para LANDSAT 4 3 2	
<p align="center">ASTER</p> 	<p>Esta combinación de bandas nos da una marcada diferencia en cuanto a la ciudad con colores celestes fuertes con los diferentes tipos de bosques con colores rojizos. En esta combinación también se pueden diferenciar carreteras, realizando un zoom más a detalle.</p>
<p align="center">LANDSAT ETM7</p> 	
Combinación de bandas de vegetación para ASTER 5 4 2 y para LANDSAT 5 4 3	
<p align="center">ASTER</p> 	<p>Esta combinación es útil para estudios de vegetación y es ampliamente utilizada en el sector maderero para manejo y control de pestes.</p> <p>Como la TM451, esta combinación da al usuario, una gran cantidad de información y de contraste de color. Vegetación saludable</p>

<p>LANDSAT ETM7</p> 	<p>aparece verde brillante y suelos son lila. Mientras TM742 incluye la banda 7 con información litológica, esta contiene la banda 5 con información agrícola.</p>
<p>Combinación de bandas de vegetación para ASTER 7 3 1 y para LANDSAT 6 4 2</p>	
<p>ASTER</p> 	<p>Esta combinación es bastante parecida a las combinaciones de bandas 4 5 3 y 5 4 3 del LANDSAT ETM7 debido a los colores rojos y verdes. Establece una marcada diferenciación de las firmas espectrales de la vegetación seca y de la húmeda. Ésta última se distingue con colores verdes, mientras que la seca lo hace con colores rojizos. Los centros poblados están en tonalidades blancas y rosadas. También las nubes son de colores blancos y rojizos.</p>
<p>LANDSAT ETM7</p> 	<p>Esta combinación es bastante parecida a las combinaciones de bandas 4 5 3 y 5 4 3 del LANDSAT ETM7 debido a los colores rojos y verdes. Establece una marcada diferenciación de las firmas espectrales de la vegetación seca y de la húmeda. Ésta última se distingue con colores verdes, mientras que la seca lo hace con colores rojizos. Los centros poblados están en tonalidades blancas y rosadas. También las nubes son de colores blancos y rojizos.</p>
<p>Combinación de bandas de vegetación para ASTER 1 2 4 y para LANDSAT 2 3 4</p>	
<p>ASTER</p> 	<p>Combinación de azul y verde para las firmas espectrales de la vegetación; y para los centros poblados, acantilados y ríos tonalidades blancas y amarillas.</p>
<p>LANDSAT ETM7</p> 	<p>Combinación de azul y verde para las firmas espectrales de la vegetación; y para los centros poblados, acantilados y ríos tonalidades blancas y amarillas.</p>
<p>Combinación de bandas de vegetación para ASTER 2 4 1 y para LANDSAT 3 4 2</p>	
<p>ASTER</p> 	<p>Color falso de RGB. Las firmas espectrales para la vegetación son de color verde y lila; y para los centros poblados tonalidades blancas y rosadas.</p>

<p>LANDSAT ETM7</p> 	
<p>Combinación de bandas de vegetación para ASTER 2 4 5 y para LANDSAT 3 4 5</p>	
<p>ASTER</p> 	<p>Combinación de azul, verde y rojo. Las firmas espectrales de la vegetación correspondiente a bosque seco, se identifican con el color azul y lila. Para las partes con vegetación más húmeda, destaca el color verde. Tanto para los centros poblados como para las zonas muy secas, se distinguen los</p>
<p>LANDSAT ETM7</p> 	<p>colores entre blanco y rojo.</p>
<p>Imágenes resultantes del análisis para la realización del mapa del uso actual del suelo para ASTER 5 4 2 y LANDSAT 5 4 3</p>	
<p>ASTER</p> 	<p>Esta será la combinación de bandas que se utilizara, para la realización de mapa de uso del suelo con esta combinación de Bandas utilizando, para Aster 5-4-2 mezclas de la bandas correspondientes al infrarojo lejano, infrarojo cercano y visible rojo.</p>
<p>LANDSAT ETM7</p> 	<p>Landsat EMT7 la combinación 5-4-3, correspondiente al infrarojo lejano, infrarojo medio y visible rojo, que son comparables en la longitud de onda y también marcan una buena diferencia en cuanto a las firmas espectrales tanto de la vegetación como los asentamientos urbano lo que facilita la elaboración de el mapa de uso del suelo al realizar el proceso de recogimiento de muestras.</p>

Fuente: Clirsen  
Elaborado por: Javier Espinel

#### 4.4. Aplicación de índices de vegetación como aporte a la clasificación supervisada

El uso de imágenes satelitales para definir un índice de vegetación es bastante complejo y sistemático ya que en este, interactúan procesos automáticos que están en relación con uno o varios softwares y también con la interpretación visual que realiza el intérprete.

El cálculo del índice de vegetación es una operación matemática que nos permite diferenciar la radiación de donde hay cobertura vegetal y donde no, con valores correspondientes generalmente de 1 y 0. El 1 corresponde a los valores que representan a la vegetación y 0 a los valores que no hay cobertura vegetal. El índice de vegetación es realizado mediante un algoritmo, que es el resultado de la siguiente fórmula<sup>28</sup>:

$$\text{NDVI} = [(\text{Infrarrojo cercano} - \text{Visible}) / (\text{Infrarrojo cercano} + \text{Visible})]$$

Que corresponde a los siguientes algoritmos:

$$\text{LANDSAT ETM7 NDVI} = (\text{Banda 4} - \text{Banda 3}) / (\text{Banda 4} + \text{Banda 3})$$

Donde las bandas corresponden a las siguientes longitudes de ondas:

$$\text{LANDSAT ETM7 NDVI} = [(\text{Infrarrojo cercano} - \text{Visible rojo}) / (\text{Infrarrojo cercano} + \text{Visible rojo})]$$

Y el algoritmo para ASTER:

$$\text{ASTER NDVI} = [(\text{Banda 3} - \text{Banda 1}) / (\text{Banda 3} + \text{Banda 1})]$$

---

<sup>28</sup> CHUVIECO, Emilio, *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*, Editorial Ariel, S.A., Barcelona, Septiembre de 2006, pp 327-329

Donde las bandas corresponden a las siguientes longitudes de ondas:

$$\text{ASTER NDVI} = [(\text{Infrarrojo cercano} - \text{Visible verde}) / (\text{Infrarrojo cercano} + \text{Visible verde})]$$

Pero además, el NDVI puede ser tratado a través del programa ERDAS, que nos permite hacer una diferenciación de colores del NDVI y además clasificar las imágenes. Los diferentes colores que se pueden extraer del NDVI es debido a que ERDAS hace un NDVI clasificando el rango de dinámica de 8 bits, o sea que clasifica las imágenes en 255 tonos de grises entre los cuales, al hacer un análisis de la diferencias encontradas, se puede observar diferentes estratos que se los puede dividir como tipos de vegetación diferentes debido a su diferente reflectancia.

A causa de la resolución temporal, la imagen LANDSAT ETM7 es de la fecha 2000 11 23 y la ASTER es correspondiente a la fecha de 2007 03 23, o sea hay una diferencia del cálculo del NDVI de ambos sensores de 6 años y 4 meses. Por tanto, el resultado de las imágenes es diferente ya que las radiaciones o valores de radiancia captadas por el sensor de la cobertura vegetal, en diferentes épocas del año, y tomando en cuenta que el clima en el cantón Puerto López obedece a un microclima mencionado anteriormente, las fechas corresponden a en el caso del sensor LANDSAT ETM7 a la época seca en el litoral y en el caso del sensor ASTER a la época lluviosa. Por lo tanto, los resultados del NDVI variaran notablemente. Otro factor que influye en la obtención de resultados diferentes es la resolución de terreno debido a que el sensor LANDSAT ETM7 tiene 30 metros de resolución y ASTER 15 m. Estas diferentes resoluciones del tamaño del píxel de los sensores, hace que en nuestro caso, el sensor ASTER nos dé una mayor resolución de terreno.

Existe una diferencia de coordenadas entre las imágenes LANDSAT ETM7 y ASTER: la primera está en la coordenada WGS84, zona 17 Norte y las segundas en la WGS84, zona 17 Sur. A causa de esto, se tuvo que hacer una corrección de las proyecciones, a través de la realización de un cambio de coordenadas que nos permitiera tener la misma información en un mismo rango. Se estableció como

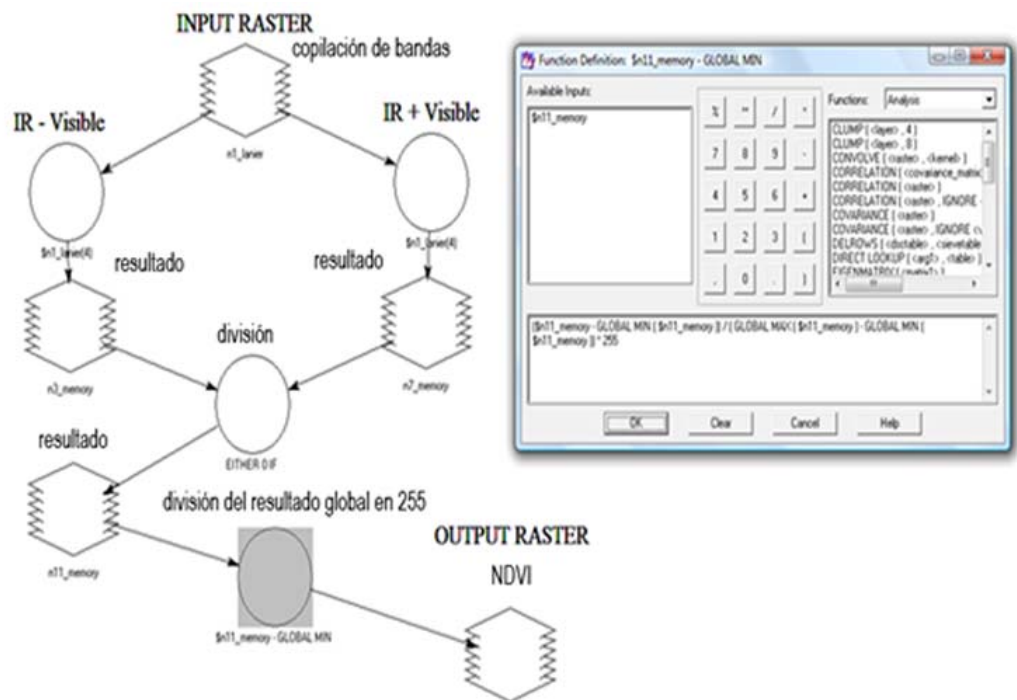
sistema de coordenadas WGS84, zona 17 Sur, ya que la mayoría de la información obtenida está en este sistema, lo cual facilita el proceso. El tamaño de las imágenes fue corregida con un vector del cantón Puerto López, obtenido del SENPLADES, que tiene el mismo sistema de coordenadas.

A pesar de que las imágenes se encontraban en el mismo sistema de coordenadas, el tamaño era diferente entre sí. Así que se tuvo que cambiar también el sistema de coordenadas X e Y de la imagen LANDSAT ETM7 al mismo sistema de coordenadas X e Y de las imágenes ASTER.

Utilizando las bandas mencionadas anteriormente en la fórmula del cálculo del NDVI, se calcula el algoritmo del NDVI o Índice de Vegetación para las imágenes ASTER y LANDSAT ETM7. Posteriormente, se procede a realizar un análisis del resultado obtenido como NDVI en el programa ERDAS que consiste en: Primeramente, se tiene que poner color a las imágenes a través de una herramienta llamada "Pseudo Color" que nos permite clasificar el NDVI en diferentes colores. El programa asocia las radiaciones captadas clasificándolas, en nuestro caso, en cuatro colores. Una vez obtenidos los colores, es necesario transformar el raster en vector para poder cuantificar las áreas de superficie mediante la herramienta "Spatial Analyst" del programa ARCGIS. Cuando se obtiene el vector, se hace una clasificación no supervisada del mismo para la realización del mapa temático. La clasificación no supervisada se basa en asociación de píxeles o niveles digitales de nuestra área de estudio, de los píxeles obtenidos del NDVI. Según su similitud espectral, son agrupados y clasificados. Aquí, se han clasificado los NDVI resultantes, para ambos sensores, en cuatro clases de vigorosidad de vegetación: muy alta vigorosidad, muy vigorosa, vigorosa y baja vigorosidad. El criterio de esta clasificación está determinado por la visita a la Comunidad de Agua Blanca, donde se habló con los guías acerca de la vegetación en relación con la altitud. Y, según sus conocimientos de las características de la vegetación, clasificaron la vegetación en cuatro clases según la altitud en que se encuentran: de 0 a 199 metros – bosque seco, de 200 a 299 metros – bosque de transición, de 300 a 400 metros - bosque húmedo y de más de 400 metros – bosque muy húmedo. Esta clasificación fue una guía para realizar la leyenda del NDVI.

Todo esto es posible debido a que el programa ERDAS nos permite dividir el índice de vegetación hasta en 255 tonalidades de grises. El usuario del programa puede dividir estas 255 tonalidades de grises según su interés de estudio ya que éstas son divisibles por si mismo número, de una manera automática, mediante una clasificación no supervisada. En este caso, se decidió dividir las tonalidades en cuatro clases. Estos porcentajes de asociación de píxeles varían según como ha clasificado el programa cuando se representan en el mapa. Todo este proceso del programa ERDAS está representado en la siguiente imagen:

**IMAGEN 7**  
**CÁLCULO DEL NDVI Y MODELO SISTEMÁTICO DEL PROGRAMA ERDAS**



Elaborado por: Javier Espinel

A continuación, se explica el proceso sistemático del NDVI a través del programa ERDAS:

Este es un proceso automático que realiza el programa ERDAS para los sensores SPOT XS y XI, NOAA AVHRR, LANDSAT TM y LANDSAT MSS. Para los sensores que no muestra el programa de forma automática, como el caso del ASTER, es necesario hacer una compilación e introducirla en base al modelo mostrado anteriormente, tomando en cuenta que el algoritmo sea realizado en las bandas que corresponde al NDVI para ASTER.

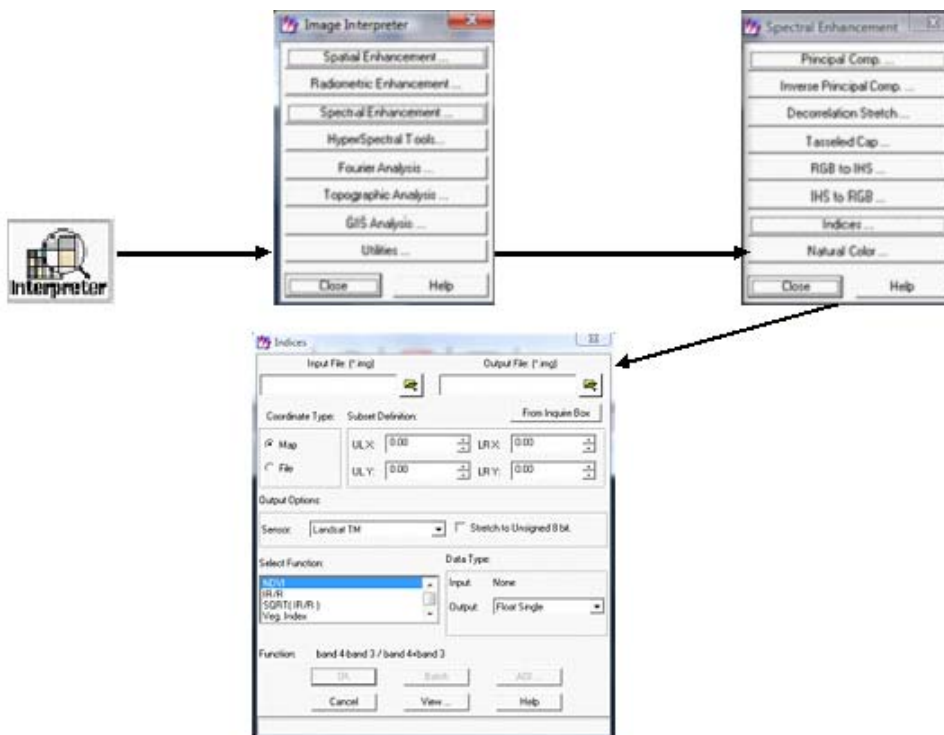
En el caso de LANDSAT ETM7, fue necesario comparar la longitud de onda de LANDSAT TM para ver que la operación resultante fuese el NDVI. En el cuadro posterior se observa que la longitud de la banda 3 es igual en ambos sensores y en la banda 4 hay una pequeña diferencia, lo que significa que el resultado será positivo en el caso del sensor LANDSAT ETM7 debido a las longitudes de onda tan similares.

**CUADRO 6  
COMPARACIÓN DE LONGITUD DE ONDA DEL SENSOR LANDSAT  
ETM7 CON EL LANDSAT TM**

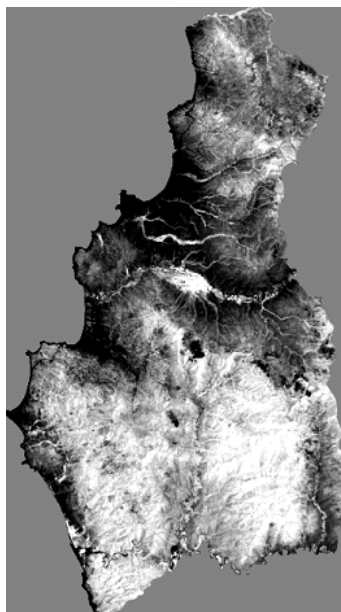
Bandas	Landsat ETM7	Landsat TM
3	0.63 – 0.69	0.63 – 0.69
4	0.78 – 0.90	0.76 – 0.90

Se hace un click en la ventana “Interpreter”, donde se escoge la opción “Spectral Enhancement”; cuando se ha desplegado, vamos a la pestaña de índices y aquí se despliega una ventana donde tenemos la entrada y la salida de información y la opción de escoger diferentes tipos de algoritmos, como por ejemplo el NDVI y buscar para que sensor.

**IMAGEN 8**  
**REALIZACIÓN DEL NDVI EN EL PROGRAMA ERDAS**



**IMAGEN 9**  
**RESULTADO DEL PROCESO DE CÁLCULO DEL NDVI EN EL PROGRAMA ERDAS**



Una vez obtenido el NDVI, éste se puede transformar en vector a través de ARCGIS, con el que se puede hacer una clasificación no supervisada de las superficies escogidas.

La clasificación no supervisada no es más que un proceso automático que realiza el programa ERDAS, agrupando los píxeles de una imagen según su similitud espectral. Para esto, es necesario saber que este proceso sistemático no contiene ningún conocimiento previo temático, sólo es una valoración automática.

Al realizar el NDVI y compararlo con el factor altitudinal y los centros poblados, se obtuvo los siguientes resultados para el satélite LANDSAT ETM7:

- Los centros poblados, así como la cobertura vegetal de baja vigorosidad, no se diferencian ya que este es un cálculo sólo de vegetación. Se puede deducir aquí, que las ciudades principales y la mayoría de comunas se asientan donde hay poca vigorosidad de la vegetación, así como poca altitud.
- En la vegetación vigorosa, se observa que hay centros poblados pero en menor cantidad y que no hay ciudades grandes, donde las alturas son mayores que en la vigorosidad baja.
- En la vegetación muy vigorosa, no se encuentran centros poblados; su altitud varía constantemente, es como una transición de la vegetación vigorosa y la vegetación altamente vigorosa. La superficie clasificada es menor que las otras.
- La vegetación muy alta vigorosidad posee una gran superficie. También se encuentra aquí la mayor altitud, de hasta 800m. Se observan muy pocos centros poblados.

Utilizando el NDVI y comparándolo con el factor altitudinal y los centros poblados, se obtuvo los siguientes resultados para el satélite ASTER:

- Vegetación poco vigorosa donde están las ciudades principales, así como las comunas, que se asientan donde hay baja vigorosidad de la vegetación y poca altitud.
- En la vegetación vigorosa, varía la altitud; generalmente es más alta que en la vegetación poco vigorosa. No hay muchos centros poblados.
- En la vegetación muy vigorosa tampoco hay centros poblados. La altitud es similar a la de la vegetación poco vigorosa.
- En la vegetación muy alta vigorosidad hay una superficie mucho mayor. Hay algunos centros poblados y también hay una mayor altitud que en las anteriores.

El cálculo del NDVI es una herramienta que nos aporta información sobre la cobertura vegetal, lo que se utilizó más adelante para la clasificación supervisada y que nos ayudó para diferenciar los diferentes tipos de bosque y cambios de la vegetación para una mejor selección de áreas clasificadas.

En los anexos 3 y 4, se encuentra la elaboración de los mapas del NDVI de LANDSAT ETM7 y ASTER; ambos clasificados en cuatro tipos de vigorosidad de vegetación.

#### **4.5. Reconocimiento en el campo de patrones espectrales, realización de modelos de terreno y recolección de puntos GPS como aporte a la clasificación supervisada para definir las asociaciones de cobertura vegetal**

*Visita a la Comunidad de Agua Blanca y al Valle del río Buena Vista*

La Comunidad de Agua Blanca se ubica a 12 Km. norte de Puerto López, dentro de la Parroquia de Machalilla, en la frontera con la Parroquia de Puerto López. Además, también forma parte del PNM.

Consta como el mejor preservado y más grande ejemplo de asentamiento urbano precolombino en el Ecuador. En la actualidad, la comunidad es de interés arqueológico, contando con un museo donde se exhiben restos de la cultura manteña encontrados en el sitio.

Está caracterizada por el bosque seco pero el sistema de drenaje del río Buena Vista se extiende desde los cerros, cubiertos con el bosque húmedo, hasta la laguna del estuario. En éste valle habitan muchas especies de aves y es común descubrir iguanas entre los grandes árboles. Además, pequeñas granjas con plantaciones de plátanos, se encuentran antes de llegar a la laguna de agua azufrada, alimentada por montañas volcánicas lejanas<sup>29</sup>.

*Entrevista a Paul Martínez, Presidente de la Comuna Agua Blanca*

Qué tipos de árboles que se encuentran al sur de la Comunidad de Agua Blanca en la cordillera Chongón Colonche?

Existen diferentes tipos de vegetación según la altitud:

#### De 0 a 199 metros de altitud

El arbusto predominante de la zona es el Muyuyo, un arbusto caracterizado por un fruto de color blanco que generalmente es usado por estudiantes como pegamento para manualidades en la escuela o para fijar el cabello.

Otro tipo de arbusto es el Frutillo, Perlillo y el Jaboncillo, este último utilizado para lavar la ropa por los habitantes de la comunidad local.

Además, en la observación visual en el terreno, se pudo observar árboles que son símbolo del bosque seco como el Palo Santo, el Ceibo y el Algarrobo, siendo éste último el predominante en la zona.

---

<sup>29</sup> MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, *Actualización del diagnóstico del Parque Nacional Machalilla*, Ministerio del Ambiente, Quito, Diciembre 2007, pp 126 y 132

### De 200 a 299 metros de altitud

Hay un bosque, denominado por los guías, de transición donde las especies dominantes cambian notablemente. Así, nos encontramos con los siguientes árboles maderables y no maderables:

- ✓ Bálsamo
- ✓ San Sebastián
- ✓ Madero Negro
- ✓ Seca
- ✓ Cabo de hacha

### De 300 metros a 400 metros de altitud

En esta altitud ya hay un cambio notable de la vegetación, donde ya no es el Algarrobo o el Muyuyo las especies dominantes. Es muy difícil establecer especies dominantes, pero aparecen especies arbóreas maderables que son muy conocidas por los habitantes del sector.

Árboles que se encuentran en esta zona:

- ✓ Ébano
- ✓ San Sebastián
- ✓ Cascol
- ✓ Guasmo
- ✓ Pitajaya
- ✓ Clavo
- ✓ Rialito
- ✓ Barbasco
- ✓ Yuachapeli

### Más de 400 metros de altitud

A partir de los 400 metros de altitud, la vegetación varía notablemente y lo que los guías comentaron fue que ahí es donde empieza el bosque húmedo. Además, la zona tiene altitudes de más de 800m, donde la vegetación se

caracteriza por su gran variedad de especies. En este tipo de bosque la humedad es otro factor importante ya que esta cambia notablemente.

Especies maderables con esta altitud:

- ✓ Cedro
- ✓ Laurel
- ✓ María
- ✓ San Francisco
- ✓ Tillo
- ✓ Matapalo
- ✓ Colorado
- ✓ Caña Guadúa
- ✓ Caimito
- ✓ Macillo
- ✓ Guayacán
- ✓ Castaño

La mayoría de estos árboles son maderables como el Guayacán, el Cedro, Macillo o San Francisco, los cuales alcanzan un valor muy elevado en el mercado, por lo que existe un interés por parte de los pobladores en extraer los tipos de madera, causando así deforestación. La deforestación es uno de los principales problemas del PNM.

### Puntos GPS

Para la comprobación de los ítems críticos de nuestro estudio, como el crecimiento del cantón en relación con el PNM y el comportamiento de la vegetación, se decidió tomar puntos GPS para la georeferenciación de las áreas. Para este análisis, utilizamos un GPS de la marca Magellan, modelo Meridian, el cual fue cedido por la Universidad Católica.

Los GPS son instrumentos sofisticados de alta precisión que nos permiten tomar datos de un satélite, pudiendo extraer puntos (que son coordenadas geográficas), trazar rutas de navegación, así como medir las alturas y ubicarnos

con la brújula. Para nuestro estudio, programamos el sistema de coordenadas WGS 84 ya que es el sistema utilizado en todo el trabajo. Decidimos tomar waypoints y no hacer rutas geográficas ya que hoy en día, existen programas que nos permiten hacer estas rutas desde los puntos waypoints tomados. Además, para comprobar los límites geográficos de las ciudades colindantes al PNM era necesario tomar estos puntos con alta precisión, a través de la captura de waypoints.

Se midieron las ciudades Machalilla y Puerto López, con un presupuesto de 20\$, 10\$ por cada ciudad, gastado en el alquiler de dos taximotos; estos nos llevaron de norte a sur y de este a oeste de los límites de ambas ciudades. Se escogieron estas dos ciudades porque se encuentran dentro del área de amortiguamiento del PNM, según la observación realizada a través de las imágenes satelitales. Se veía que las ciudades estaban muy cerca o incluso dentro del PNM. Los puntos GPS nos ayudaron a comprobar ésta hipótesis de la tesis.

También, se pudo comprobar que las ciudades tienen distintas funciones. En el caso de Puerto López, esta es la ciudad principal donde están centralizadas las instituciones como el Municipio del Cantón, el Parque Nacional Machalilla así como también todas las agencias turísticas que hacen recorridos a la Isla de Plata, Salango y, por supuesto, la observación de las ballenas.

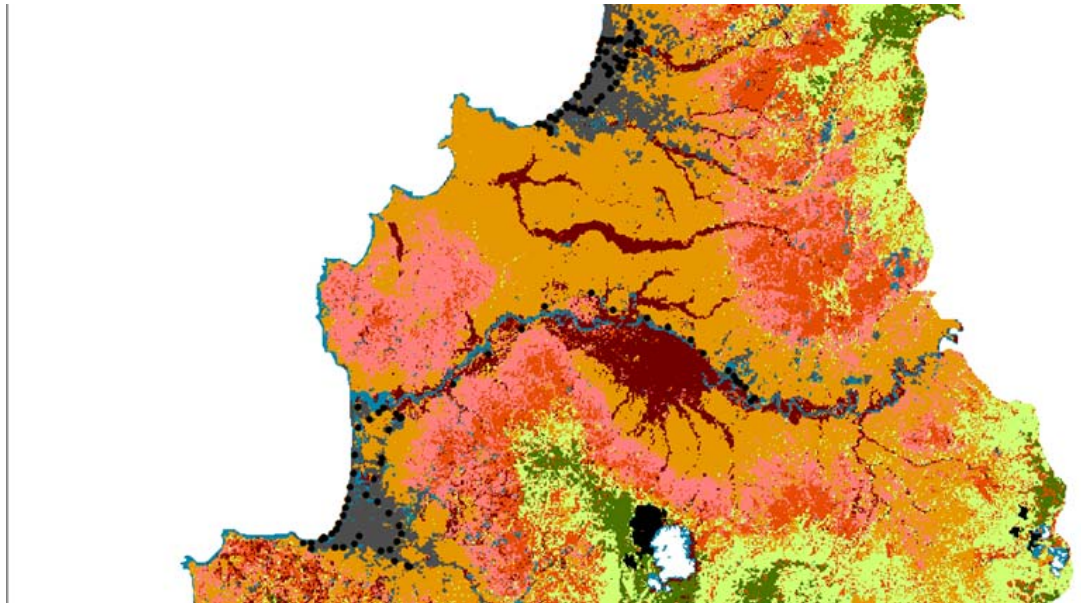
Otra parte de la población se dedica exclusivamente a la pesca artesanal ya que no se encontró sembríos en la ciudad de Puerto López. Los sembríos de maíz y de sandía, que son los principales de la zona, se encuentran más adentro, hacia el este del cantón, en las comunidades de El Pital, El Bálsamo y El Tamarindo.

La ciudad de Machalilla tiene una población que se dedica exclusivamente a la pesca debido a que la infraestructura hotelera es casi inexistente y tampoco existe actividad agrícola. Dentro de los grupos de pescadores, hay un grupo que no son exactamente pescadores si no descabezadores de sardinas. Tal ingreso sirve para el sustento de las familias en esta ciudad. Generalmente, las sardinas son descabezas y puestas en tachos equivalentes de 6 a 8 libras de pescado que

son vendidas a las empresas atuneras, para ser enlatadas por un valor de 60 a 80 centavos, mientras que las cabezas se ponen en otros tachos, las cuales son vendidas para hacerlas balanceados de pescado que sirve para alimentación de pollos de engorde en las granjas avícolas.

A parte de las dos ciudades, también se escogieron tres rutas del área para analizar la vegetación para después realizar la asociación de cobertura vegetal en la clasificación supervisada. La primera ruta se realizó con el alquiler por 5\$ de un mototaxi, desde la ciudad de Machalilla hasta la Comunidad de Agua Blanca dentro del PNM. Se vio que la vegetación iba variando a medida que nos adentrábamos en la Comunidad. Los primeros kilómetros, observamos mayoritariamente Muyuyo y Algarrobos. Más adelante, la vegetación iba variando y pudimos ver árboles como Ceibo y Palo Santo. Dentro ya de la comunidad, se realizó una entrevista a sus guías que nos detallaron la vegetación del área. En la siguiente imagen, se puede observar la ruta que realizamos y los puntos GPS recolectados:

**IMAGEN 10**  
**RECORRIDO A LA COMUNIDAD DE AGUA BLANCA PARA**  
**RECOLECCIÓN DE PUNTOS GPS**



La segunda ruta se realizó desde la ciudad de Puerto López hasta la comunidad de Guale, cogiendo la vía principal de la Ruta del Sol. Se pasó por los siguientes poblados: Salango, Rio Chico, Puerto Rico, Las Tunas y Ayampe. En este recorrido hubo problemas con el GPS debido a las condiciones climáticas, ya que el mes de Julio pertenece a la época de garúa en el cantón y estaba bastante nublado. Lastimosamente, los waypoints que cogimos de toda esta zona no se pudieron grabar en el GPS porque el satélite, aparentemente, no tenía señal, a excepción de la comunidad de Guale que sí hubo señal y se grabó el waypoint. Pero sí que se hicieron anotaciones de la zona, de las que se puede decir que la vegetación va cambiando a medida que la altura va variando. En este recorrido, se encontró que el bosque seco continúa por todos los poblados cercanos al mar hasta Ayampe porque el carretero fue trazado por ahí. Aquí, se pueden observar también que hay pequeños cambios en la vegetación debido a la influencia antrópica de los poblados de Puerto Rico y sus alrededores. Ahí se han construido grandes hoteles con bastante conciencia ecológica. También, ya se pueden observar al sur de Salango, que hay pequeños sembríos como sandía, banano y pastizales.

A partir de Ayampe, la carretera que va en dirección a la Provincia de Santa Elena, empieza a subir por las estribaciones de la cordillera de Chongón Colonche, y la vegetación empieza a variar. En esta zona, se pudo observar una vegetación mucho más tupida, en alturas que oscilaban entre los 80 y 160 metros, donde la Hoja de Cade y Caña Guadúa era la vegetación predominante.

Finalmente, una vez que llegamos a la comunidad de Guale, se pudo observar una pequeña población de agricultores que sembraban cítricos y también había bastante Caña Guadúa. Este recorrido fue realizado con el alquiler de una moto, que tuvo un costo de 15 dólares por dos horas y media.

En el anexo 5, está un mapa de visualización del recorrido realizado en el área de estudio, de las especies predominantes y de la asociación de especies arbóreas.

## Visualizaciones en 3D y Modelos de Digitalización del Terreno

En este estudio, se utilizó Modelos Digitales de Terrenos, instrumento que sirvió para tener una optimización escénica del área de estudio.

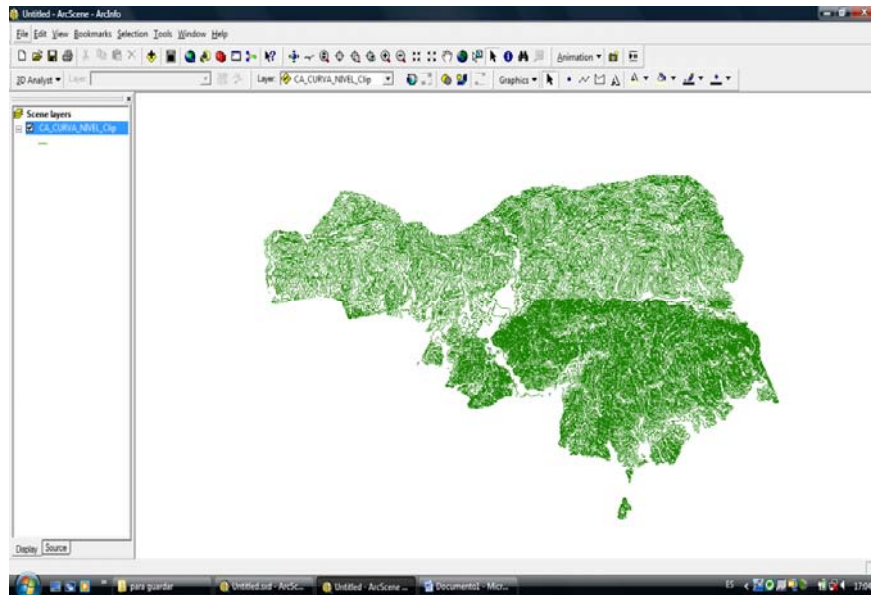
A través de este instrumento, pudimos interpretar las imágenes satelitales a través de su forma, permitiéndonos realizar un mapa del área en tres dimensiones. Este mapa nos permitió tener una mejor idea del terreno y del comportamiento de la vegetación en relación con la altura.

Este proceso complejo se lo realizó a través de un componente del ARCGIS llamado arcscena, que consiste en el uso de una digitalización en 3D, o sea, el modelo de terreno. Además de puntos de coordenadas, contendrá también datos de altura. Aquí se detalla la realización del mismo.

Existen varios métodos para la realización de un modelo digital, tanto para fotografías aéreas como imágenes satelitales. En esto caso, usamos el programa ARCGIS el cual tiene diferentes componentes que funcionan independientemente, como es el caso de ArcScene con el que se pueden observar objetos en 3D a diferencia del ArcMap.

Para empezar con nuestra metodología, fue necesario tener una digitalización en 3D, para lo que usamos un Shapefile con datos vectoriales, donde lo más importante son los valores de altura. En este caso en concreto utilizamos las curvas de nivel del cantón Puerto López que contienen los datos de altura:

## IMAGEN 11 CURVAS DE NIVEL DEL CANTÓN PUERTO LÓPEZ 1:50000

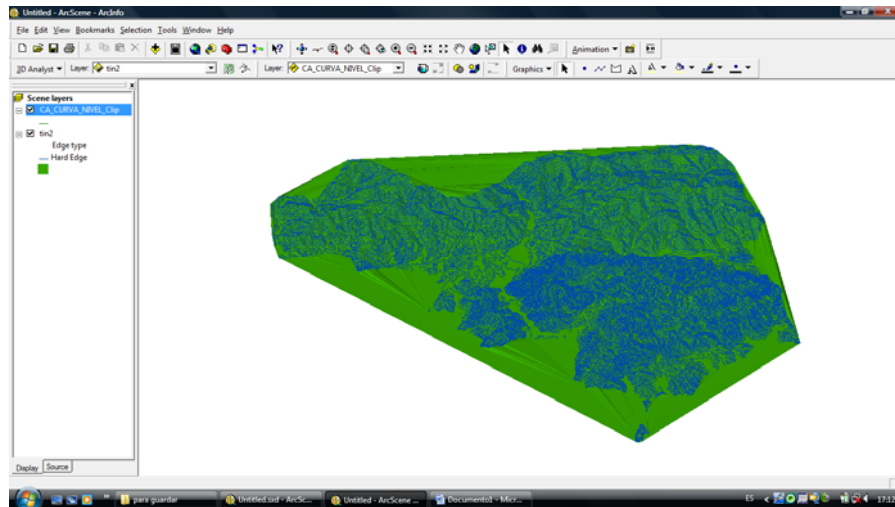


Dentro del componente ArcScene, en la pestaña “Tools” hay una herramienta llamada “3D Analyst” que debe ser activada para el procedimiento anterior.

Se debe crear un TIN a partir del 3D Analyst. El Terramodel TIN permite hacer correcciones en el Modelo de terreno, pero hay que convertirlo en otros modelos (\*.img) en el caso de querer trabajar con él en ARCGIS.

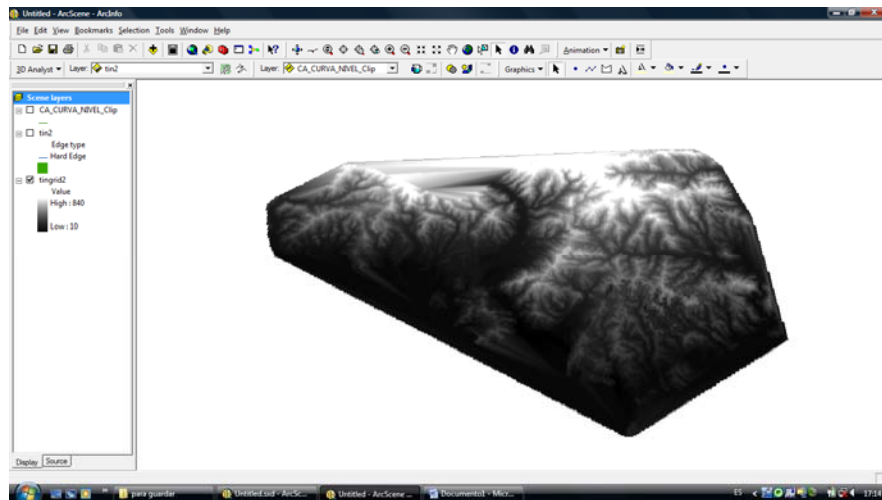
El TIN realiza una triangulación de las curvas de nivel, cogiendo el punto medio de las mismas dando como resultado un modelo de terreno parecido a la realidad, por supuesto con un rango de error.

## IMAGEN 12 CREACIÓN DE UN TIN A TRAVÉS DE LAS CURVAS DE NIVEL



Después de haber realizado el TIN, éste se debe convertir a Raster con la herramienta “3D Analyst”:

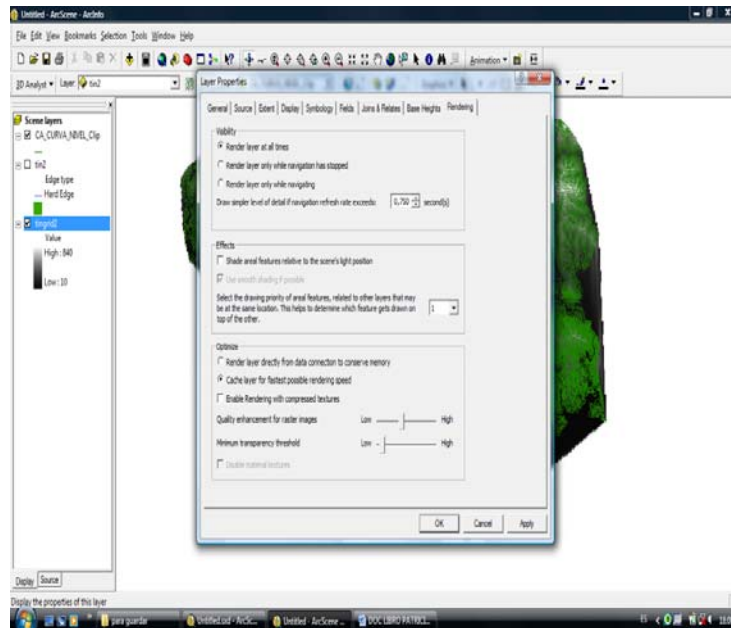
## IMAGEN 13 OBTENCIÓN DE UN TINGRID O MODELO DE PUNTOS DE NUBES



El resultado que obtenemos es un tingrid que es un modelo de grises con valores de elevación.

Ahora procederemos a hacer un modelo 3D exagerando las alturas de las curvas de nivel y sobreponiéndolas a la imagen TIN:

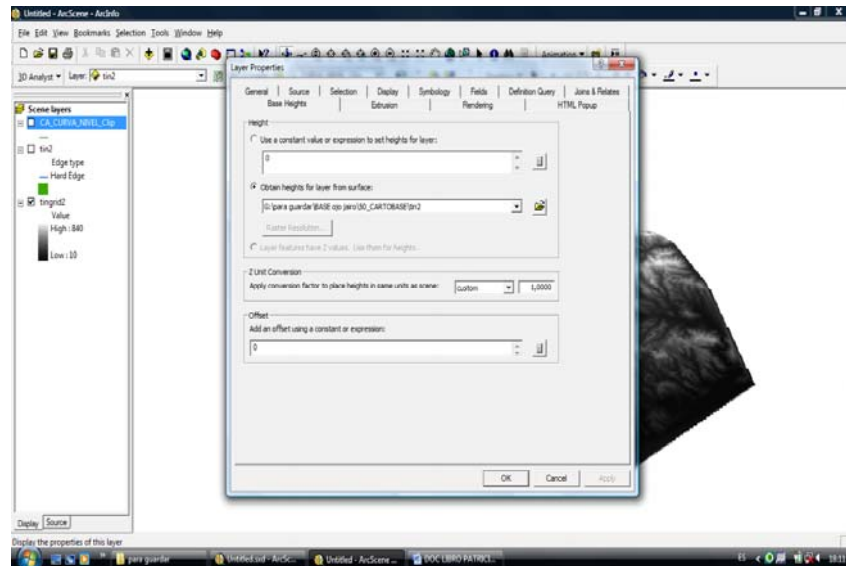
## IMAGEN 14 LEVANTAMIENTO DE UN MODELO 3D



Si se quiere crear sombras del sol, se debe utilizar “Rendering”/”Shade areal features”

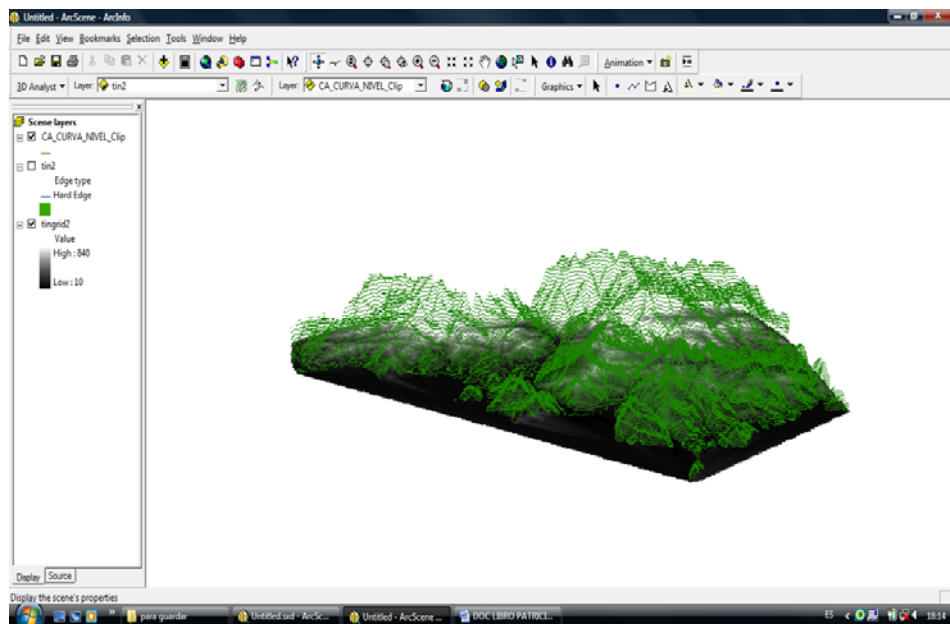
Para unir ambas imágenes e indicar la altura para los objetos en general, se debe ir a la pestaña “Base Heights”, especificar la altura del objeto y hacer click en la superficie existente:

**IMAGEN 15**  
**EXAGERACIÓN DE LA ALTITUD DEL ÁREA DE ESTUDIO**



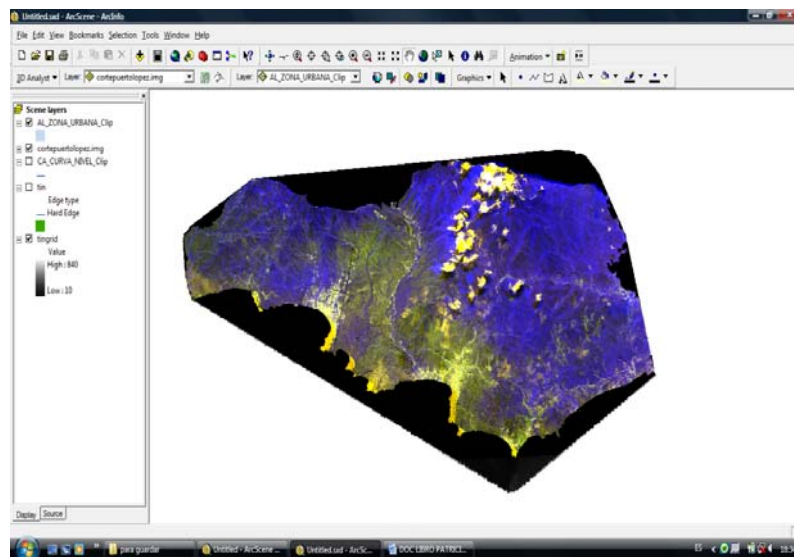
Se va a la pestaña “View”, y realizamos una exageración de la altura, que podemos escoger en “Scene Properties”/”Vertical exaggeration” por ejemplo 5 y obtenemos la siguiente imagen:

**IMAGEN 16**  
**VISUALIZACIÓN DE LA ALTURA EN 3D**



También podemos agregar a nuestro modelo el archivo con la imagen satelital y sobreponerla en el TIN. De esta forma, podemos observar el relieve de nuestra área de estudio con una exageración visual, pero a la vez, bastante analítica:

### IMAGEN 17 UNIÓN DE LA ALTITUD CON LA IMAGEN SATELITAL




Así mismo, en el ArcScene, en la pestaña " 3D Analyst" se puede crear un Hillshade a través de las curvas de nivel, obteniendo de esta manera un modelo de terreno.

Todos estos procesos nos permiten reconocer y analizar el área de estudio con mayor detalle y así poder observar la realidad terrestre de una forma digital semejante a la realidad, objeto de estudio de la geografía.

Los modelos de terreno en este caso nos ayudaron para la facilitación visual de la zona de estudio así como para hacer una corrección topográfica, a través del programa ERDAS, para borrar sombras de los relieves en la imagen satelital y así poder saber que las muestras que se escogen al hacer la clasificación corresponden a la misma firma espectral o a otra.

La corrección topográfica es un proceso que se lo puede realizar en el programa ERDAS. No es más que información que contiene el Metadato de la imagen de ambos sensores, que nos dice a cuantos grados se encontraba el satélite en relación a la dirección del sol, en el momento en que este hizo el barrido para captar la información. Esta información se denomina, dentro del metadato, SOLAR AZIMUTH ANGLE y SOLAR ELEVATION ANGLE. Con los ángulos de elevación solar se puede realizar una corrección topográfica que, además de dejar en un plano la imagen, también puede quitar las sombras de los relieves que distorsionan la firma espectral. Este proceso nos facilita en todo lo que pueda constituir una confusión visual, recogiendo así mucho mejor las muestras para cada firma.



El proceso en ERDAS se lo realiza utilizando la herramienta , con la que se abre una pestaña llamada "Topographic Analysis". De ahí, se selecciona otra pestaña, "Topographic Normalize", la cual abre una ventana donde se deben introducir los datos del SOLAR AZIMUTH ANGLE y SOLAR ELEVATION ANGLE que están en el metadato. Además, se tiene que especificar en el apartado "Input DEM File" el modelo en 3D realizado anteriormente. El programa despliega una nueva imagen corregida topográficamente y sin sombras de relieve.

Con esta imagen resultante, se mejora el proceso de la clasificación supervisada ya que nos permite discriminar mejor los objetos.

### IMAGEN 17 CORRECCIÓN TOPOGRÁFICA DEL SENSOR ASTER

**Sin corrección**



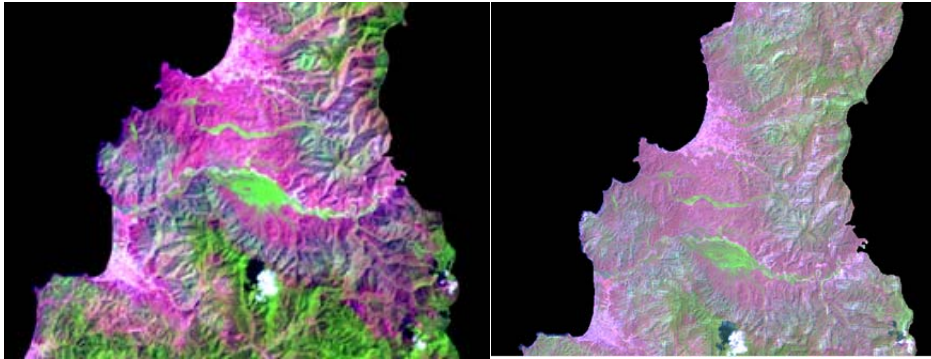
**Con corrección**



## IMAGEN 18 CORRECCIÓN TOPOGRÁFICA DEL SENSOR LANDSAT ETM7

Sin corrección

Con corrección



Fuente: PARIS, Jack F., *Correct for Terrain Induced Radiance Effects*,  
[www.microimages.com/documentation/TechGuides/71TERCOR.pdf](http://www.microimages.com/documentation/TechGuides/71TERCOR.pdf)  
Elaborado por: Javier Espinel

En los anexos 6, 7 y 8 se pueden ver modelos de terreno en 3D con las respectivas combinaciones de bandas para la clasificación supervisada. También se encuentra un modelo de terreno en 3D del uso actual del suelo.

### 4.6. Clasificación digital multitemporal (2000-2007) y generación de mapas de cobertura vegetal y uso del suelo

El análisis multitemporal es una herramienta de la teledetección que nos permite realizar análisis de la superficie terrestre en periodos de tiempo distintos y a su vez, mediante el análisis, se puede elaborar cartografía temática como por ejemplo de diferentes tipos de cobertura vegetal, uso urbano, cuerpos de agua, etc.

El análisis multitemporal realizado está basado en la relación que existe entre dos o más imágenes correspondientes a diferentes períodos de tiempo. Se procede a manipular las imágenes para poder analizarlas mediante el uso de programas de información geográfica (SIG). Para la elaboración de cartografía temática, es necesario realizar un análisis histórico de las fechas de las imágenes, tomando en cuenta que las imágenes sean comparables. El óptimo sería tener dos

imágenes que correspondan a la misma época del año, para que la vegetación sea captada con un rango parecido de variación, debido a que los sensores captan radiaciones. Esto implica que las radiaciones captadas en el caso de la vegetación, cambian según el periodo del año en que las imágenes son captadas. La radiancia es un factor fundamental para el análisis de la cobertura vegetal; características como la edad de las plantas, la cantidad de humedad, resolución del terreno de ambos sensores influirán en los resultados obtenidos.

Un segundo factor que influye en el análisis multitemporal, es que las imágenes han de estar georeferenciadas con gran nivel de detalle, de manera que exista un rango de error mínimo y se ajuste más a la realidad. En caso de trabajar con vectores, es necesario realizar un ajuste geométrico para poder relacionar éstos con las imágenes; ya que si no están ajustados con una gran precisión, la variabilidad espacial puede ser muy grave. Por ejemplo en nuestro caso, georeferenciamos nuestras imágenes a un mismo sistema de coordenadas; en el caso de LANDSAT ETM7, las imágenes vienen georeferenciadas WGS84 en la zona 17 Norte; y en el caso del ASTER, en WGS84 en la zona 17 Sur. Ya que la mayoría de la información está en la zona 17 Sur, se utilizó ésta para tener menor problema al trabajar con el mismo sistema de coordenadas.

Una tercera acción necesaria a realizarse son los ajustes radiométricos. Estos ajustes tienen relación con los ND (Niveles Digitales), los cuales pueden ser manipulados para obtener mejores resultados del análisis de las imágenes. Durante nuestro análisis, en la medida de lo posible, hemos tratado de hacer la mejor relación y ajuste de los ND, que existe entre ambos sensores para la realización de la cartografía temática.

Finalmente, otro factor que se ha de tener en cuenta es el metadato, es decir, información sobre la imagen satelital, tipo de sensor, longitud de onda, fecha cuando fue tomada la imagen, bandas espectrales, estándar de calidad de la imagen, etc.

### *Clasificación supervisada*

La clasificación supervisada está basada, en nuestro caso, en el reconocimiento de firmas espectrales correspondientes a la cobertura vegetal en relación con las superficies urbanas que han sido establecidas a priori a través de la leyenda. El procedimiento de agrupación de píxeles de una imagen corresponde a la similitud espectral y al nivel de detalle<sup>30</sup>. El programa ERDAS realiza una agrupación de los píxeles a través de la recolección de muestras espectrales con el módulo "Classifier" y activando la herramienta "Signature Editor". Estas muestras tienen que ser homogéneas, pero al mismo tiempo incluir variedad espectral de cada clase temática. Para ello, se ha de tener en cuenta que cada clase que se ha tomado como muestra, corresponda a una clase temática que ya haya sido analizada anteriormente a través de mapas o estudios existentes. El tamaño de las muestras debe corresponder a los píxeles, multiplicando el número de bandas por el valor de 10; esto significa que para el satélite LANDSAT ETM7, el tamaño de muestra es de 60 píxeles y para ASTER es de 90 píxeles<sup>31</sup>.

La clasificación realizada recogió muestras, tanto para el sensor LANDSAT ETM7 (año 2000) y ASTER (año 2007), de los diferentes tipos de cobertura vegetal, así como también de las firmas espectrales a mucho detalle. Este proceso de recolección se hizo a través del análisis visual de las imágenes. Se fue cogiendo clusters de cada una de las unidades que se podían diferenciar correspondientes de los centros urbanos para poder obtener el crecimiento urbano del cantón en relación a la cobertura vegetal.

Una vez obtenidos los dos mapas de uso del suelo, se pudo realizar el análisis multitemporal entre ambos sensores, comparando así las superficies de

---

<sup>30</sup> UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, *Proyecto curricular ingeniería topográfica, asignatura percepción remota: Proyecto final - Guía 1, 2 y 3 – ERDAS*, [http://fotogrametriadigital.wikispaces.com/file/view/PROYECTO\\_ERDAS\\_GUIA2.pdf](http://fotogrametriadigital.wikispaces.com/file/view/PROYECTO_ERDAS_GUIA2.pdf), acceso: 11 de julio 2010, 18h00, pp 4-13

<sup>31</sup> MINISTERIO DEL AMBIENTE, *Procesamiento Digital de Imágenes Landsat*, Ministerio del Ambiente, Quito, 2010, pp 25, 26


cambio en los últimos siete años y ver si estas superficies de cambio representan una amenaza para el PNM.

En los anexos 9 y 10, se presentan los mapas de uso actual del suelo del satélite LANDSAT ETM7 y ASTER.

### *Proceso para la realización de la clasificación supervisada*

Se realizó el proceso de la clasificación supervisada a través de la siguiente metodología<sup>32</sup>:

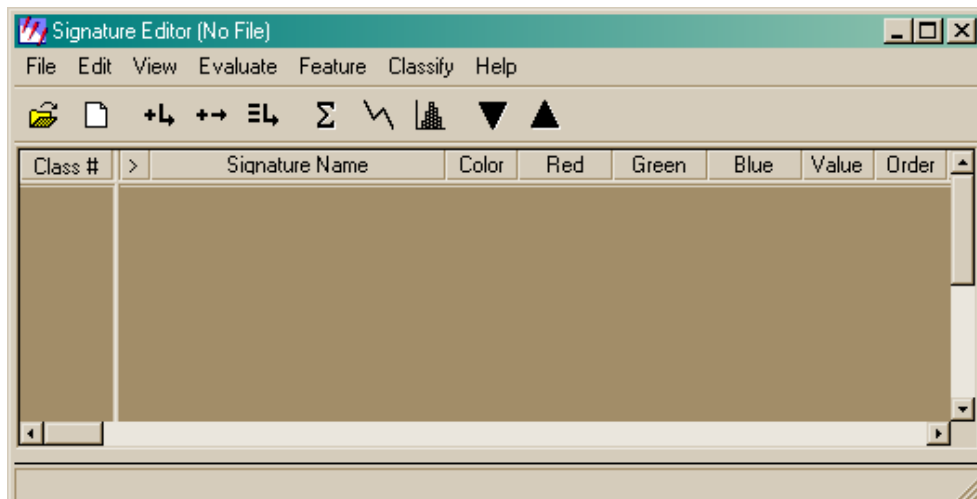


En primer lugar, utilizando la opción , de la cual se selecciona la opción “Signature Editor”, se pueden almacenar las distintas categorías que se van a seleccionar.

Aquí se representa el Menú de clasificación de ERDAS y la herramienta “Signature Editor”:


---

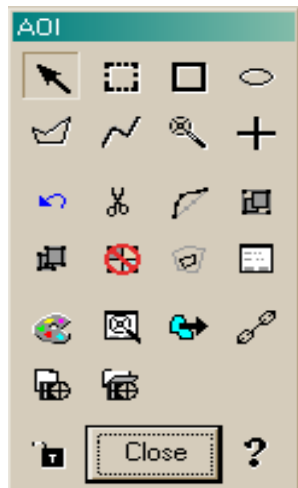
<sup>32</sup> UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, *Proyecto curricular ingeniería topográfica, asignatura percepción remota: Proyecto final - Guía 1, 2 y 3 – ERDAS*, [http://fotogrametriadigital.wikispaces.com/file/view/PROYECTO\\_ERDAS\\_GUIA2.pdf](http://fotogrametriadigital.wikispaces.com/file/view/PROYECTO_ERDAS_GUIA2.pdf), acceso: 11 de julio 2010, 18h00, pp 4 - 13




Para este proceso tenemos que tener las imágenes desplegadas, con nuestra respectiva combinación de bandas, que en nuestro caso fue la 5 4 3 para LANDSAT ETM7 y la 5 4 2 para las imágenes ASTER. Estas combinaciones nos permitieron discriminar mejor los distintos tipos de coberturas mostrados en la escena.



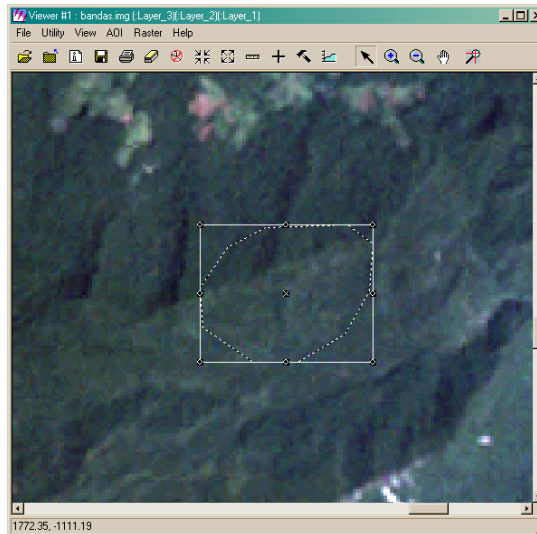
Una vez realizado este proceso, en  se despliega la ventana de herramientas de ERDAS donde existen varias maneras de escoger las aéreas de interés de la imagen:



Para nuestro estudio se escogió la herramienta de polígono irregular, que nos permite coger muestras de forma más eficiente .

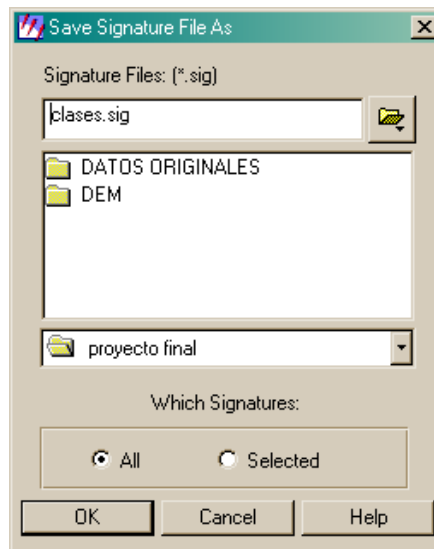
Entonces, procedemos a tomar muestras de los distintos tipos de cobertura vegetal así como también de los centros poblados, nubes, sombra de nubes y cuerpos de agua.

En la siguiente imagen se ve como la herramienta de polígono irregular selecciona nuestra área de interés que, generalmente, tiene que ser homogénea y en el "Signature Editor" se pone un nombre a cada clase temática seleccionada. Una vez guardada cada clase con su respectivo nombre, la imagen puede ser manipulada a través de la selección de más muestras que correspondan al mismo tipo de clase seleccionada o para corregir errores en las mismas, según las necesidades del usuario. Además, el programa ERDAS nos permite cambiar y manipular el color de las áreas seleccionadas según nuestro criterio.



El siguiente paso consiste en guardar las muestras obtenidas a través de la pestaña "Save Signature Editor", donde se guarda las muestras en un formato \*.sig y que después será extraído para realizar la clasificación supervisada de las muestras. Uniendo este archivo \*.sig con el resultado de la combinación de bandas nos permite obtener una imagen la cual es la clasificación supervisada.

Esta es la ventana para guardar las muestras:



Finalmente, se presenta el proceso de la realización de la clasificación supervisada:

Paso 1: Escoger pestaña para la clasificación supervisada.

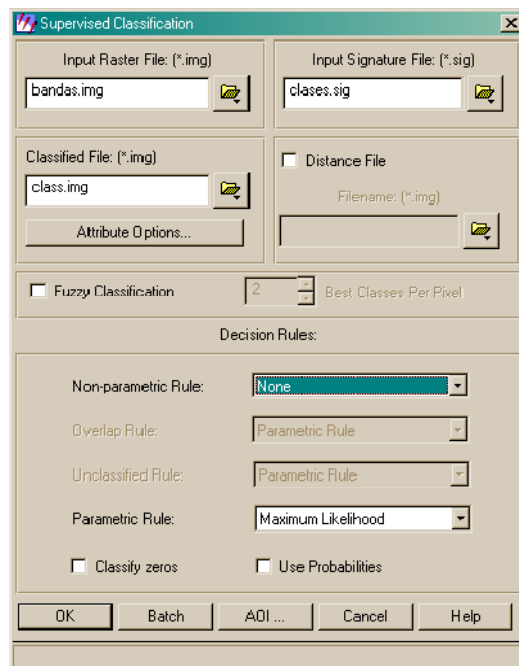


Paso 2: Escoger la pestaña "Signature Editor".



Paso 3:

En esta ventana se elige la compilación de bandas además de la recolección de muestras y, en la parte inferior, se crea un archivo con otro nombre que será el resultado de la clasificación de la imagen en formato \*img:



Hay que tomar en cuenta que la imagen resultante también se le puede realizar cambios para mejorar la clasificación, hasta obtener el resultado deseado. Además, el producto final en formato \*.img, se lo puede transformar en vector en el programa ARCGIS, con el que se puede realizar cambios de colores de las áreas obtenidas y editar.

Este proceso de clasificación visual de recolección de muestras, se realizó de forma experimental escogiendo un número de 5 a 10 muestras para las unidades homogéneas, donde había seguridad de que un área correspondía a la misma cobertura vegetal. Pero también, para discriminar los cuerpos de agua y centros poblados que generalmente ocupan menos superficie que los bosques, fueron necesarias más muestras, entre 10 a 20 para poder discriminarlas.

Esto nos dio como resultado los mapas de uso del suelo tanto para la imagen LANDSAT ETM7 año 2000, como para ASTER año 2007. De esta manera pudimos observar los cambios que han ocurrido en los últimos 7 años.

## **CAPÍTULO V ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

### **5.1. Superficies de cambio**

En este apartado analizaremos las superficies de cambio entre las imágenes de los sensores LANDSAT ETM7 y ASTER, entre los años 2000-2007.

Primeramente, se ha realizado los mapas de uso actual del suelo de ambas fechas para cada sensor, a través del programa ERDAS mediante una clasificación supervisada visual, con una combinación de bandas de 5 4 3 para LANDSAT ETM7 y 5 4 2 para ASTER, ya que éstas combinaciones de bandas nos permiten diferenciar el crecimiento urbano del cantón con bastante claridad. De esta manera, se ha obtenido las superficies de cambio tal y como se observan en los mapas de los anexos 7 y 8.

A partir de estos dos mapas, se han realizado cálculos estadísticos para determinar el crecimiento urbano del cantón, basados en la clasificación obtenida con el software ERDAS transformando las hectáreas en porcentajes. Se decidió cuantificar el crecimiento urbano ya que este es más preciso que calcular el crecimiento de los cultivos durante los últimos siete años, debido al tamaño de las parcelas, ya que no hay grandes extensiones de cultivo sino pequeñas parcelas de consumo interno que, debido a la resolución de los sensores, no se observan muy claramente. Con estos cálculos se pretende demostrar si el crecimiento urbano del cantón está afectando a las áreas naturales del PNM. A continuación se presentan los datos estadísticos de las superficies obtenidas a través de la clasificación supervisada:

**CUADRO 7**

<b>CLASIFICACIÓN DE UNIDADES DE SUPERFICIE DE USO DEL SUELO DEL SATELITE LANDSAT AÑO 2000</b>		
UNIDADES DE CLASIFICACIÓN	%	HA
BOSQUE 1	18,78	8080,34
BOSQUE 2	4,97	2142,29
BOSQUE 3	4,73	2036,438
BOSQUE 4	20,68	8899,48
BOSQUE 5	30,39	13077,25
BOSQUE 6	15,23	6553,26
AGUA	2,16	932,587
NUBES	0,21	90,3833
SOMBRA DE NUBE	0,23	100,476
<b>URBANO-RURAL</b>	<b>2,57</b>	<b>1105,96</b>
TOTAL	100	42935

**CUADRO 8**

<b>CLASIFICACIÓN DE UNIDADES DE SUPERFICIE DE USO DEL SUELO DEL SATELITE ASTER AÑO 2007</b>		
UNIDADES DE CLASIFICACIÓN	%	HA
BOSQUE 1	13,1	5627,38
BOSQUE 2	10,97	4716,28
BOSQUE 3	5,37	2307,67
BOSQUE 4	13,41	5758,61
BOSQUE 5	18,88	8107,23
BOSQUE 6	17,09	7341,039
AGUA	2,53	1088,84
NUBES	5,96	2562,864
SOMBRA DE NUBE	1,25	540,459
<b>URBANO-RURAL</b>	<b>6,68</b>	<b>2868,73</b>
ÁREA SIN CALCULAR	4,69	2015,89
TOTAL	100	42935

El crecimiento urbano en el cantón durante el período del 2000 al 2007 fue de 1.763 ha. Esto significa que el crecimiento urbano con respecto al año 2000, fue más del 50%. En cuanto a las superficies totales de bosque se obtuvieron los siguientes resultados:

**CUADRO 9**

<b>CLASIFICACIÓN DE UNIDADES DE SUPERFICIE DE USO DEL SUELO DEL SATELITE LANDSAT AÑO 2000</b>		
UNIDADES DE CLASIFICACIÓN	%	HA
BOSQUE 1	18,78	8080,34
BOSQUE 2	4,97	2142,29
BOSQUE-CULTIVOS 3	4,73	2036,438
BOSQUE 4	20,68	8899,48
BOSQUE 5	30,39	13077,25
BOSQUE-CULTIVOS 6	15,23	6553,26
NUBES	0,21	90,3833
SOMBRA DE NUBE	0,23	100,476
<b>TOTAL</b>	<b>95,22</b>	<b>40979,9173</b>
<b>TOTAL SIN NUBES NI SOMBRAS DE NUBES</b>	<b>94,78</b>	<b>40789,058</b>

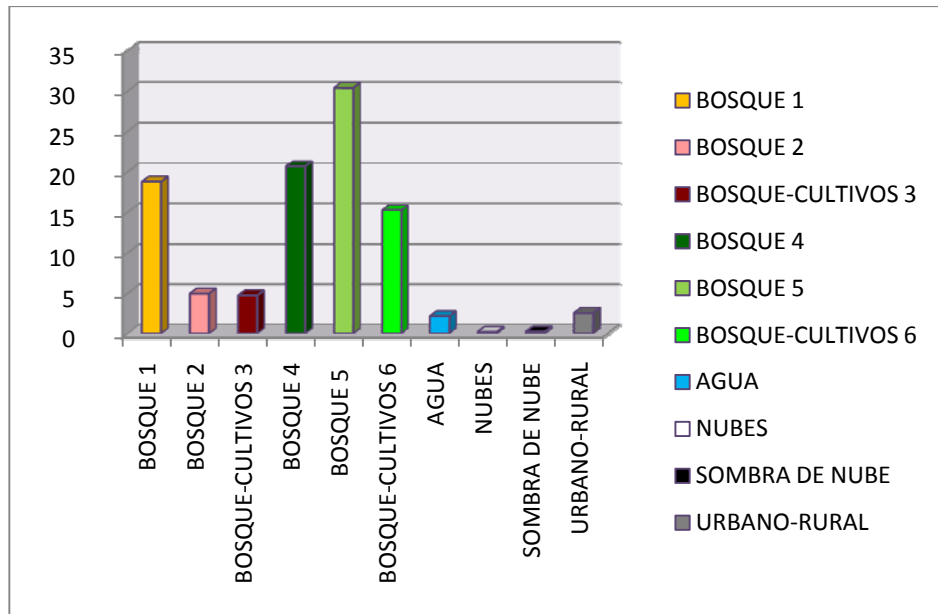
**CUADRO 10**

<b>CLASIFICACIÓN DE UNIDADES DE SUPERFICIE DE USO DEL SUELO DEL SATELITE ASTER AÑO 2007</b>		
UNIDADES DE CLASIFICACIÓN	%	HA
BOSQUE 1	13,1	5627,38
BOSQUE-CULTIVOS 2	10,97	4716,28
BOSQUE-CULTIVOS 3	5,37	2307,67
BOSQUE 4	13,41	5758,61
BOSQUE 5	18,88	8107,23
BOSQUE 6	17,09	7341,039
NUBES	5,96	2562,864
SOMBRA DE NUBE	1,25	540,459
ÁREA SIN CALCULAR	4,69	2015,89
<b>TOTAL</b>	<b>90,72</b>	<b>38977,422</b>
<b>TOTAL SIN NUBES NI SOMBRAS DE NUBES</b>	<b>83,51</b>	<b>35874,099</b>

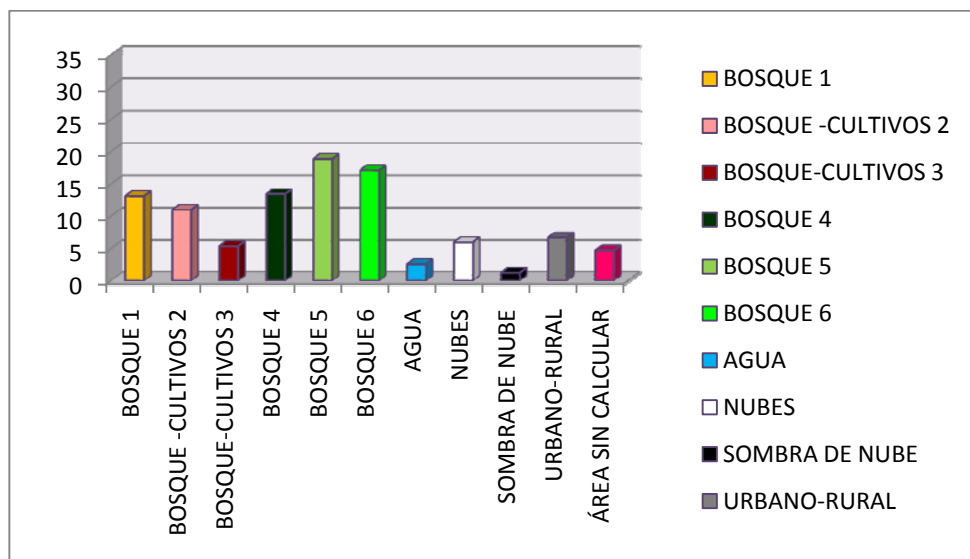
En los cuadros anteriores, se decidió sumar todas las superficies de bosque del año 2000 y 2007 respectivamente, sin tomar en cuenta el uso urbano para cuantificar la superficie de cambio total que ha habido en el cantón en los últimos siete años, para obtener la reducción del bosque en relación al crecimiento urbano. En el año 2000, había 40.979,91 ha de bosque. Esta cantidad se redujo para el 2007 en 38.977,42 ha, dándonos una pérdida total de 2.002,49 ha de bosque. En este cálculo tampoco se tomó en cuenta el agua ya que no es una superficie de bosque.

Por último, se presentan los gráficos estadísticos de las superficies de cambio del satélite LANDSAT ETM7 (año 2000) y ASTER (año 2007):

**GRÁFICO 1**  
**LANDSAT ETM7 AÑO 2000: CLASIFICACIÓN DE LAS SUPERFICIES DEL MAPA DEL USO DEL SUELO EN %**



**GRÁFICO 2**  
**ASTER AÑO 2007: CLASIFICACIÓN DE LAS SUPERFICIES DEL MAPA DEL USO DEL SUELO EN %**



#### Interpretación de los gráficos:

- Bosque 1: Se observa una mayor cantidad de este tipo de bosque en un 5,68%, en la imagen LANDSAT ETM7 del año 2000.
- Bosque 2: Zona mayor en la imagen ASTER año 2007, en un 6%.
- Bosque 3: Cantidad un poco mayor del bosque 3, 0,64%, en la imagen ASTER año 2007.
- Bosque 4: Bosque mayor, en un 7,27%, en la imagen LANDSAT ETM7 año 2000.
- Bosque 5: Bosque mucho mayor en la imagen LANDSAT ETM7 año 2000, de un 11,51%.
- Bosque 6: Diferentes firmas espectrales encontradas en los dos sensores que no son posibles de relacionar debido a que las imágenes corresponden a diferentes épocas del año. Además, se refleja una gran superficie de bosque en la imagen ASTER 2007, que no existía en el año 2000.
- Nubes: Más problemas debido a la mayor presencia de nubes en la imagen ASTER año 2007, en comparación a la del LANDSAT ETM7 año 2000: un 5,96% de la imagen ASTER en comparación a 0,21% de la imagen LANDSAT ETM7.
- Sombras de nubes: Mayor cantidad de problemas debido a la mayor presencia de sombras de nubes en la imagen ASTER año 2007, en comparación a la del LANDSAT ETM7 año 2000; una diferencia de 1,02%.
- Agua: Pequeñísimo incremento, del 0,37%, de agua en la imagen ASTER año 2007, en relación a la imagen LANDSAT ETM7 año 2000.
- Zonas urbanas: Incremento de 4,11% en la imagen ASTER año 2007, en relación a la imagen LANDSAT ETM7 año 2000.
- Área sin determinar: de esta área, lastimosamente, no se pudo obtener información del satélite ASTER año 2007.

Para la clasificación de las diversas coberturas vegetales presentadas en los gráficos anteriores, se realizó una asociación utilizando el nombre nativo que

los pobladores utilizan en la zona. En la medida de lo posible, para las 6 clases de cobertura vegetal que se escogió con anterioridad, se puso un peso de predominancia para los tipos de bosque en donde era evidente que había especies tanto arbustivas como arbóreas. Por ejemplo, para los bosques 1, 2 y 3, donde es evidente después de la visita de campo que hay una especie predominante arbórea como el Algarrobo, se puso a esta clase en la leyenda temática, como la primera; y al Muyuyo segundo como especie arbustiva dominante y así sucesivamente en la realización de la ponderación.

Para los bosques 4, 5 y 6 donde no era posible poner una especie predominante, debido a la gran cantidad de especies, se puso el nombre de especies arbóreas que son bastante conocidas y que tienen también importancia en la zona.

En los cuadros 11 y 12 se muestra la elaboración de la leyenda temática para ambos sensores:

**CUADRO 11  
LEYENDA TEMÁTICA LANDSAT ETM7**

<b>ELABORACIÓN DE LA LEYENDA TEMÁTICA PARA LANDSAT ETM7</b>		
<b>LEYENDA</b>	<b>UNIDADES DE CLASIFICACIÓN</b>	<b>ASOCIACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS</b>
	BOSQUE 1	Algarrobo, Ceibo, Palo Santo, Cactus, Muyuyo, Perlillo y Jaboncillo
	BOSQUE 2	Algarrobo, Ceibo y Muyuyo
	BOSQUE-CULTIVOS 3	Algarrobo, Cultivos de Plátano- Maíz-Sandía y Muyuyo
	BOSQUE 4	Cedro, Laurel , María, San Francisco, Tillo, Mata Palo y Colorado
	BOSQUE 5	Ébano, San Sebastián, Cascol, Guasmo, Pitajaya, Clavo y Rialito
	BOSQUE-CULTIVOS 6	Bálsamo, Seca, San Sebastián, Madero Seco y Cabo de Hacha

**CUADRO 12  
LEYENDA TEMÁTICA ASTER**

<b>ELABORACIÓN DE LA LEYENDA TEMÁTICA PARA ASTER</b>		
<b>LEYENDA</b>	<b>UNIDADES DE CLASIFICACIÓN</b>	<b>ASOCIACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS</b>
	BOSQUE 1	Algarrobo, Ceibo, Palo Santo, Cactus, Muyuyo, Perlillo y Jaboncillo
	BOSQUE 2	Algarrobo, Ceibo y Muyuyo
	BOSQUE-CULTIVOS 3	Algarrobo, Cultivos de Plátano- Maíz-Sandía y Muyuyo
	BOSQUE 4	Cedro, Laurel , María, San Francisco, Tillo, Mata Palo y Colorado
	BOSQUE 5	Ébano, San Sebastián, Cascol, Guasmo, Pitajaya, Clavo y Rialito
	BOSQUE-CULTIVOS 6	Algarrobo, Muyuyo, Bálsamo, Seca, San Sebastián, Madero Seco y Cabo de Hacha

Este trabajo fue realizado a través del conocimiento obtenido de la salida de campo, consultando a los guías de la Comunidad de Agua Blanca, los cuales realizan constantemente, incursiones para turistas dentro de la zona de estudio. Estos guías tienen un enorme conocimiento sobre los diferentes usos que tienen los diversos árboles y plantas del área. Generalmente, ellos utilizan el nombre nativo del árbol, arbusto o planta y no el nombre científico. Por esto, se decidió hacer la leyenda del mapa basada en sus conocimientos locales ya que estos son conocidos por la mayoría de los habitantes que habitan el cantón Puerto López. Con todo este procedimiento, se realizó la leyenda del mapa de los diferentes tipos de bosques clasificados.

**5.2. Conflicto legal demostrable a través de la clasificación de imágenes satelitales, entre la división política administrativa del cantón Puerto López y la delimitación del Parque Nacional Machalilla**

A través de las imágenes satelitales se observó un problema principal correspondiente a la ciudad de Machalilla, donde la superficie de esta ya no sólo está ocupando el área de amortiguamiento del PNM, sino que cierta superficie de la ciudad ya se encuentra dentro de las inmediaciones del PNM. Este hecho ya ocurría en el año 2000 y no ha aumentado mucho para el 2007 debido a que la ciudad de Machalilla ha tenido un crecimiento menor que Puerto López en los

últimos siete años. Aquí se observa un cambio de uso del suelo del PNM, de bosque a uso urbano. El porcentaje total de crecimiento del cantón del año 2000 al 2007 es de 4,11%, correspondiente a 1.763 ha. En los anexos 11 y 12 se ve el conflicto relacionado con este crecimiento y su respectivo cambio de uso del suelo: de uso de bosque a uso urbano, donde se puede ver una invasión al PNM, tanto en el año 2000 como en el 2007. Además, se presentan mapas, con un zoom, del crecimiento de la ciudad de Puerto López.

Otro de los problemas es el gran crecimiento que tiene la ciudad de Puerto López, la cual ya se encuentra en la zona fronteriza del PNM para la imagen satelital del 2007, hecho que no ocurría en el 2000. En el 2000, Puerto López constaba de 208.000 ha., siendo incluso más pequeña que Machalilla con 285.000 ha. En cambio, para el año 2007, Puerto López ya había experimentado un fuerte crecimiento, pasando a tener así 523.000 ha., más del doble de extensión con la que contaba en el 2000. En cambio, para el 2007, Machalilla había crecido, pero en una menor proporción que Puerto López; constando de 335.000 ha. Este crecimiento tan elevado de Puerto López, observado en las imágenes satelitales, está en conexión con la creación del cantón Puerto López, ya que ésta ciudad centraliza toda la infraestructura turística y hotelera, además de todos los órganos de gobierno.

Por último, en la imagen ASTER año 2007, se observa una invasión de la zona urbana de la ciudad de Machalilla al PNM. Esta invasión es de 55,26 ha. de cambio de uso de suelo de bosque a uso urbano. Esta área es crítica porque se evidencia el problema de crecimiento del cantón hacia el PNM.

### **5.3. Perspectiva futura**

En tan sólo siete años se ha comprobado que la superficie urbana ha crecido 1.763 ha que corresponde a más del 50% del área que ocupaba en el año 2000. Haciendo una perspectiva futura, es lógico pensar que el crecimiento urbano seguirá una tendencia superior al de estos siete últimos años, ya que siempre el crecimiento urbano del país tiende al alza, hecho que seguramente se demostrará

en la realización del censo de este año. Esto supondrá que los problemas jurídico-legales entre el cantón y el PNM también aumentarán si no se establecen unas disposiciones claras en torno al uso del suelo del cantón. Además, es evidente que a mayor población hay más luchas por obtener beneficios de los recursos naturales agudizando los problemas que ya existen, como la extracción de madera o la apropiación indebida de la tierra, degradando así el área protegida.

## **CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

Algunas ciudades grandes como Quito tienen municipios bastante organizados y que disponen de ordenanzas que regulan el uso del suelo. En el caso del cantón Puerto López, no existen, lastimosamente, tales ordenanzas cosa que dificulta el crecimiento ordenado del cantón así como el crecimiento urbano dentro de los límites del PNM. Si esto se produce sin una regulación específica, también es más difícil imponer sanciones.

Actualmente, el Municipio de Puerto López está haciendo estudios sobre el crecimiento de la ciudad de Puerto López, el cual se sabe que es hacia el noreste; y en los próximos meses, se realizará el estudio de crecimiento de la ciudad de Machalilla. Hasta la actualidad, no se ha realizado una ordenanza municipal sobre el uso del suelo y otra sobre la relación de la dotación de servicios para la población. De acuerdo a la información recibida del Departamento de Planificación del Municipio, en el futuro se piensa realizar una ordenanza municipal acerca del uso del suelo. La ausencia de esta ordenanza crea un conflicto ya que no se establecen los parámetros exactos acerca de dónde van a extraer los recursos para sostener el crecimiento de la población en el cantón. Este hecho hace que sea necesaria una mayor dotación de servicios básicos.

Los artículos de los marcos legales, tanto del PNM como del cantón Puerto López, no se contradicen ya que el PNM funciona con una legislación de régimen ambiental y el cantón Puerto López con la ley de régimen municipal de gobierno autónomo. A través de las entrevistas realizadas a las diferentes entidades de gobierno, se llegó a la conclusión de que las autoridades del PNM no visualizan el crecimiento del cantón como un problema, ya que según ellos, el PNM es completamente independiente del cantón. Por otro lado, el Municipio de Puerto López es consciente de que gran parte del cantón está ocupado por el territorio del PNM y saben que éste es un limitante a la hora de realizar nuevos proyectos en los cuales se tengan que utilizar mayor cantidad de recursos naturales. Su misión es velar por el bienestar de los ciudadanos dotándoles de mayor cantidad de

servicios básicos como agua potable, alcantarillado, luz eléctrica, etc. Por parte del Consejo Provincial, saben que la creación del cantón Puerto López obedece a intereses político-administrativos para centralizar el turismo e independizarse del cantón Jipijapa. También se piensa que un mayor crecimiento del cantón traería como consecuencia problemas como la deforestación, la desertificación, la ocupación del territorio del PNM y cambios del uso del suelo; ya que a mayor población, mayor es la lucha por los recursos.

Aunque en el párrafo anterior se ha señalado que no existe contradicción entre las jurisdicciones del cantón y el PNM, sí que nos encontramos con una serie de controversias entre diferentes normativas y la realidad. El Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) establece que los gobiernos seccionales y, por tanto, los municipios, han de tener ordenanzas sobre el uso del suelo, cosa que aún no sucede en el cantón Puerto López. Por otra parte, según las políticas del Estado ecuatoriano sobre la planificación física del cantón y sus áreas urbanas y rurales, sí se ha realizado el plan de desarrollo físico cantonal y de desarrollo urbano, pero lastimosamente éste aún no está concluido. Por último, según la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, está prohibido ocupar las tierras del patrimonio de áreas naturales del Estado, alterar o dañar la demarcación de las unidades de manejo u ocasionar deterioro de los recursos naturales en ellas existentes. En los análisis científicos realizados en este trabajo, ha quedado más que demostrado que ésta ley está siendo infringida, a causa de que existe un uso urbano dentro del PNM. Además, la Constitución de Montecristi también habla al respecto, acerca de un modelo de desarrollo sustentable y ambientalmente equilibrado, teniendo en cuenta a las generaciones futuras. Esto también está siendo violado, ya que la invasión de las áreas del PNM supone una destrucción de un bien común que afecta a todos los ecuatorianos.

El proceso metodológico utilizado con las imágenes satelitales, como por ejemplo mezclas de bandas espectrales, índices de vegetación y las clasificaciones, fueron poderosas herramientas para discriminar de forma efectiva el uso del suelo, el cual fue convalidado con la verdad de tierra. El proceso permitió tener una clara diferenciación espectral, principalmente de la vegetación arbórea y arbustiva que caracteriza a la formación vegetal predominante en la

zona: el bosque seco tropical y el húmedo tropical. Con esto, se logró tener una clara apreciación del conflicto del crecimiento urbano dentro del PNM, es decir calcular la vegetación que ha sido deforestada para permitir este crecimiento.

El uso de algoritmos de procesamiento de imágenes también fue necesario, primero, para conocer a ciencia cierta los elementos que condicionan la reflectancia de la vegetación y, segundo, para adentrarse en el conocimiento y el manejo de softwares específicos como ERDAS y ARCGIS, los cuales, de forma individual, tienen sus potencialidades y limitantes. Únicamente con el trabajo realizado, se puede concluir que ERDAS es mucho mejor para trabajar con raster y que ARCGIS es fuerte para la edición de vectores. Así, considerando que yo fui aprendiendo durante el proceso, en este trabajo hay elementos claves para el manejo de éstos dos softwares aplicados para los sensores LANDSAT ETM7 y ASTER, ya que en el país, la mayoría de los estudios de este tipo han sido realizados con el sensor LANDSAT pero no con el sensor ASTER. Este último tiene un mayor rango de longitud de onda y un mayor número de bandas y por lo tanto, todos los procesos aplicados a este sensor, como la clasificación supervisada y el cálculo del NDVI, fueron analizados de forma individual.

Las imágenes satelitales también tienen sus ventajas y desventajas, por ejemplo en la resolución de terreno, es mejor la de ASTER que la de LANDSAT ETM7 debido a que la primera tiene una resolución de 15 metros y la segunda de 30 metros. Esto causa que haya una mejor visualización a detalle de la imagen ASTER. Una desventaja fue trabajar con dos tipos de sensores diferentes ya que, a pesar de que se comparó la longitud de onda y obteniendo resultados bastante buenos, la respuesta espectral de ambos es un poco diferente. Otro factor que condicionó la clasificación supervisada fue las nubes y sombras de nubes ya que se pierde información dependiendo del tamaño de las mismas. Tampoco se pudo obtener información para completar la imagen ASTER del cantón debido a su alto costo monetario. Pero, el mayor factor limitante para la realización de la clasificación supervisada fue el clima, ya que las respuestas de las firmas espectrales de las imágenes variaban debido a la cantidad de humedad según la época del año que fueron captadas. Finalmente, en nuestro caso, para la cuantificación de los centros urbanos, la respuesta espectral de los centros

poblados era muy diferente que la de la vegetación, por lo tanto se pudo cuantificar las áreas urbanas obteniendo resultados positivos de las superficies de cambio y su crecimiento sucedido en los últimos siete años.

El cálculo del NDVI realizado en este trabajo, fue un elemento de aporte sustancial para poder entender el comportamiento de la vegetación en el área de estudio. También sirvió como marco referente al momento de hacer la clasificación supervisada, ya que nos daba una idea clara de importantes áreas donde había diferencia de la vigorosidad de la vegetación. De este modo, se pudo realizar una mejor clasificación de la cobertura vegetal, estando seguros de que las áreas escogidas pertenecían definitivamente a diferentes tipos de bosque.

Utilizando las curvas de nivel 1:50000 obtenidas a través de la coberturas vectoriales del I.G.M, se hizo un levantamiento del cantón en tres dimensiones que nos sirvió para observar el área de estudio más acorde con la realidad. El factor altitudinal nos sirvió de aporte para usar el conocimiento de los guías, los cuales nos describieron los cambios de la vegetación de acuerdo a la altura y así poder mejorar la asociación de la cobertura vegetal del mapa del uso del suelo. Creo que este método es bueno, ya que nos permitió comparar la información de dos dimensiones con la de tres y así obtener un mayor grado de realidad al analizar la información. A parte, de la creación de un modelo de tres dimensiones, también se realizó una corrección topográfica a partir del modelo 3D. Con este proceso pudimos quitar las sombras de la imagen satelital a partir de la información que se encontraba en el metadato de la imagen, de a cuantos grados se encontraba el sol en relación al barrido del satélite en el momento que fue captada la imagen. Esta información fue introducida en el software ERDAS obteniendo una corrección topográfica, es decir, una imagen sin sombras de las montañas o relieves. Esta nueva imagen nos ayudó a clasificar mejor las firmas espectrales utilizadas en el análisis visual.

En este tipo de trabajo fue indispensable un reconocimiento de campo para poder corroborar lo que la teoría y las firmas de las imágenes satelitales indicaban. En mi caso, me fue de gran ayuda utilizar un GPS para recoger los waypoints y así reconocer las firmas espectrales pertenecientes a los centros urbanos y de la

cobertura vegetal. Así mismo, también fue de suma importancia las entrevistas y conversaciones con algunos de los responsables de instituciones públicas locales para poder entender mejor tanto la parte legal como el funcionamiento de las instituciones. En el caso de las entrevistas realizadas a los guías de la Comunidad de Agua Blanca sobre el tema de las especies vegetales, tanto arbustivas como arbóreas predominantes de la zona, este conocimiento sirvió para realizar la asociación de la cobertura vegetal y así la leyenda del mapa de uso del suelo. Se ha de reconocer que el apoyo de los guías fue fundamental. Todos estos conocimientos fueron utilizados para poder analizar mejor la problemática y poder elaborar el mapa del uso actual del suelo. También hay que agregar que ciertas asociaciones correspondientes a los tipos de bosques 4, 5 y 6, debido a su gran variedad de especies, era muy difícil marcar unas especies como predominantes. Entonces, se optó por poner simplemente especies maderables bastante conocidas en el sector por su importancia como especies endémicas de la zona.

Todas las herramientas, procesos, algoritmos, softwares, GPS, etc. que se han utilizado para el análisis de los sensores LANDSAT ETM7 y ASTER pueden servir como una guía de ayuda para posteriores estudios de diferentes sensores satelitales.

Actualmente, el cantón Puerto López tiene una superficie de 42.935 ha, según la información obtenida de la Secretaría Nacional de Planificación (SENPLADES). En este trabajo también se cuantificó la superficie total del cantón, restándole a ésta la superficie que correspondía al PNM; esto nos dio como resultado que el cantón tiene 17.435 ha, menos del 50% de la superficie total del cantón. A esto, también hay que agregar que gran parte de este territorio (17.435 ha) se encuentra dentro del área de amortiguamiento del PNM. El crecimiento urbano del cantón durante el período 2000-2007 fue de 1.763 ha. Este crecimiento en relación a toda la superficie del cantón, no es significativo, pero si se toma en cuenta que este crecimiento se ha producido mayoritariamente hacia las áreas de amortiguamiento del PNM, entonces sí que el crecimiento es significativo. El crecimiento se ha dado, mayormente, en las tres ciudades más grandes: Puerto López, Machalilla y Salango. Las tres se encuentran dentro de las áreas de amortiguamiento del PNM e inclusive parte de Machalilla ya está dentro del PNM.

Con esto se quiere recalcar que el crecimiento urbano en este cantón, incide directamente con las áreas del PNM; y a futuro, seguramente, este problema se irá agravando con el crecimiento poblacional de las ciudades. En esta tesis se ha comprobado que sí existe un problema geográfico-espacial entre el PNM y el cantón, ya que los centros urbanos están invadiendo los dos kilómetros lineales de zona de amortiguamiento del PNM. Además, se identificó también, que ya hay centros urbanos que están dentro del área que constituye el Parque.

La creación de un parque nacional o de cualquier otra área protegida es un elemento que condiciona el uso del territorio ya que, contrariamente a lo que se piensa del sentido de protección, se establecen sobre el área muchos intereses políticos y económicos, como en nuestro caso el turismo y la creación del cantón Puerto López. Esto ha provocado que muchos pobladores de las comunidades cercanas migren hacia las ciudades más grandes del cantón. Por otro lado, la implementación de infraestructura turística obliga a las ciudades de dotarse de mayor cantidad de servicios básicos y lúdicos. Todos estos hechos implican una aceleración en el cambio del uso del territorio.

Con este estudio se pudieron aplicar los conocimientos aprendidos durante toda la carrera de Geografía, ya que se utilizaron conocimientos de la ciencia como la teledetección, manejos de sistemas de información geográfica, geología, geomorfología, legislación ambiental, cartografía, etc.

## **6.2. Recomendaciones**

El uso de software como ERDAS o ARCGIS para el análisis de imágenes satelitales es altamente recomendable porque son herramientas efectivas que nos permiten cuantificar, analizar y relacionar fenómenos geográficos-espaciales que a simple vista no son detectables.

Es necesario que las autoridades tanto del PNM como las del Municipio de Puerto López trabajen más en conjunto, tomando en cuenta, que no deberían

trabajar el uno independiente del otro ya que el territorio está completamente relacionado entre sí.

Se deberían hacer más estudios sobre el crecimiento del cantón en relación a sitios estratégicos donde éste pueda afectar a zonas fronterizas del PNM. También es necesario que el Parque mejore los hitos de frontera ya que en la ciudad de Machalilla, al hacer la observación de campo, no se detectó ningún sitio donde hubiera una delimitación especificando donde comienza el PNM y termina el cantón.

Se tendría que implementar una ordenanza de uso del suelo, no sólo en el sentido de avalúo de los predios y de catastro, sino una ordenanza que justifique el uso de los suelos en función de la dotación de servicios básicos del cantón. Actualmente esta ordenanza no existe y por tanto, hay un vacío estructural legal sobre el uso del suelo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Libros**

CHUVIECO, Emilio, *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*, Editorial Ariel, S.A., Barcelona, Septiembre de 2006.

ERDAS INC., *Manual ERDAS*, ERDAS INC., 1997-2001.

FUNDACIÓN NATURA, *Parque Nacional Machalilla. Dinámicas migratorias y sus efectos en el uso de los recursos naturales*, Fundación Natura, Quito, Noviembre 2000.

FUNDACIÓN NATURA, *El Parque Nacional Machalilla: Un parque en peligro. Resultados Preliminares del Programa de Monitoreo Socio-Ambiental 1998-2000*, Fundación Natura, Quito, Julio 2002.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, *Actualización del diagnóstico del Parque Nacional Machalilla*, Ministerio del Ambiente, Quito, Diciembre 2007.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, *Plan Gerencial del Parque Nacional Machalilla, 2008-2010. Proyecto GEF: Ecuador Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP-GEF)*, Ministerio del Ambiente, Quito, 2007.

MINISTERIO DEL AMBIENTE, *Procesamiento Digital de Imágenes Landsat*, Ministerio del Ambiente, Quito, 2010.

### **Web**

ALONSO, Ignacio y HERRERO Elicer, *El satélite Landsat: Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite Landsat*,

<http://www.cartesia.org/data/apuntes/teledeteccion/landsat-analisis-visual.pdf>

BRUNER, Aaron, NAUGHTON-TREVES, Lisa y GULLISON, Ted, *Manejo de ocho áreas protegidas del Ecuador*,

<http://ecosynapsis.net/RANPAold/Contenido/MainPages/preAmac/articulosPDF/country%20report%20Ec%201%20oct%20Spanish.pdf>

COSTAS Y BOSQUES SOSTENIBLES, USAID *Estudio de Factibilidad de Corredores de Conservación*,  
<http://www.ambiente.gob.ec/userfiles/3797/file/Estudio%20de%20Factibilidad%20Corredores%20de%20consevaci%C3%B3n.pdf>

MAH, Abdullah, *Mapping surface cover types using ASTER data*,  
[www.gisdevelopment.net/.../rs/techrs0023.htm](http://www.gisdevelopment.net/.../rs/techrs0023.htm)

MINISTERIO DEL AMBIENTE, *Evaluación Ambiental Estratégica del Turismo Costero*, [www.ambiente.gob.ec/userfiles/4402/EAE%20Puerto%20Lopez\(1\).pdf](http://www.ambiente.gob.ec/userfiles/4402/EAE%20Puerto%20Lopez(1).pdf)

PARIS, Jack F., *Correct for Terrain Induced Radiance Effects*,  
[www.microimages.com/documentation/TechGuides/71TERCOR.pdf](http://www.microimages.com/documentation/TechGuides/71TERCOR.pdf)

SÁNCHEZ, Orlando, KVIST, Lars Peter y AGUIRRE Zhofre, *Bosques secos en Ecuador y sus plantas útiles*,  
<http://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2012.pdf>

SÁNCHEZ, Orlando, KVIST, Lars Peter y AGUIRRE Zhofre, *Bosques secos en Ecuador y su diversidad*,  
<http://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2012.pdf>

SELBY, Richard, *Creating Digital Elevation Models and Orthoimages from ASTER Imagery*, [www.pcigeomatics.com/support\\_center/.../grsg\\_aster\\_article.pdf](http://www.pcigeomatics.com/support_center/.../grsg_aster_article.pdf)

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, *Proyecto curricular ingeniería topográfica, asignatura percepción remota: Proyecto final - Guía 1, 2 y 3 – ERDAS*, [fotogrametriadigital.wikispaces.com/.../PROYECTO\\_ERDAS\\_GUIA1.pdf](http://fotogrametriadigital.wikispaces.com/.../PROYECTO_ERDAS_GUIA1.pdf)

[www.ambiente.gob.ec](http://www.ambiente.gob.ec) *Ministerio del Ambiente*

[www.clirsen.com](http://www.clirsen.com) Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos.

[glcf.umiacs.umd.edu](http://glcf.umiacs.umd.edu) *Universidad de Maryland – GLCS Global Land Cover Facility*

[www.municipio-pl.com](http://www.municipio-pl.com) *Municipio de Puerto López*

[www.rs-geoimage.com](http://www.rs-geoimage.com) *Remote Sensing Geoimage SAC*

[www.senplades.gov.ec](http://www.senplades.gov.ec) *SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación)*

[www.siise.gov.ec](http://www.siise.gov.ec) *Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador*

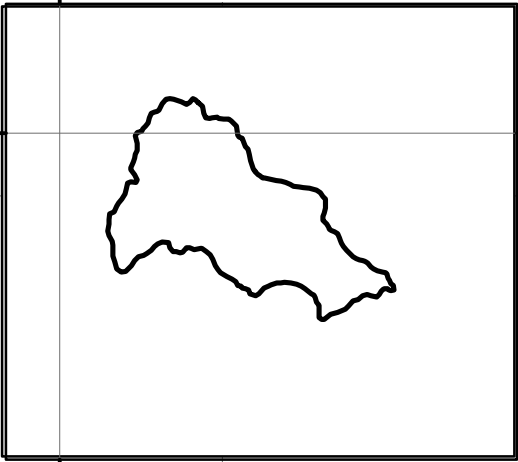
[www.usgs.gov](http://www.usgs.gov) *U.S. Geological Survey*

## **ANEXOS**

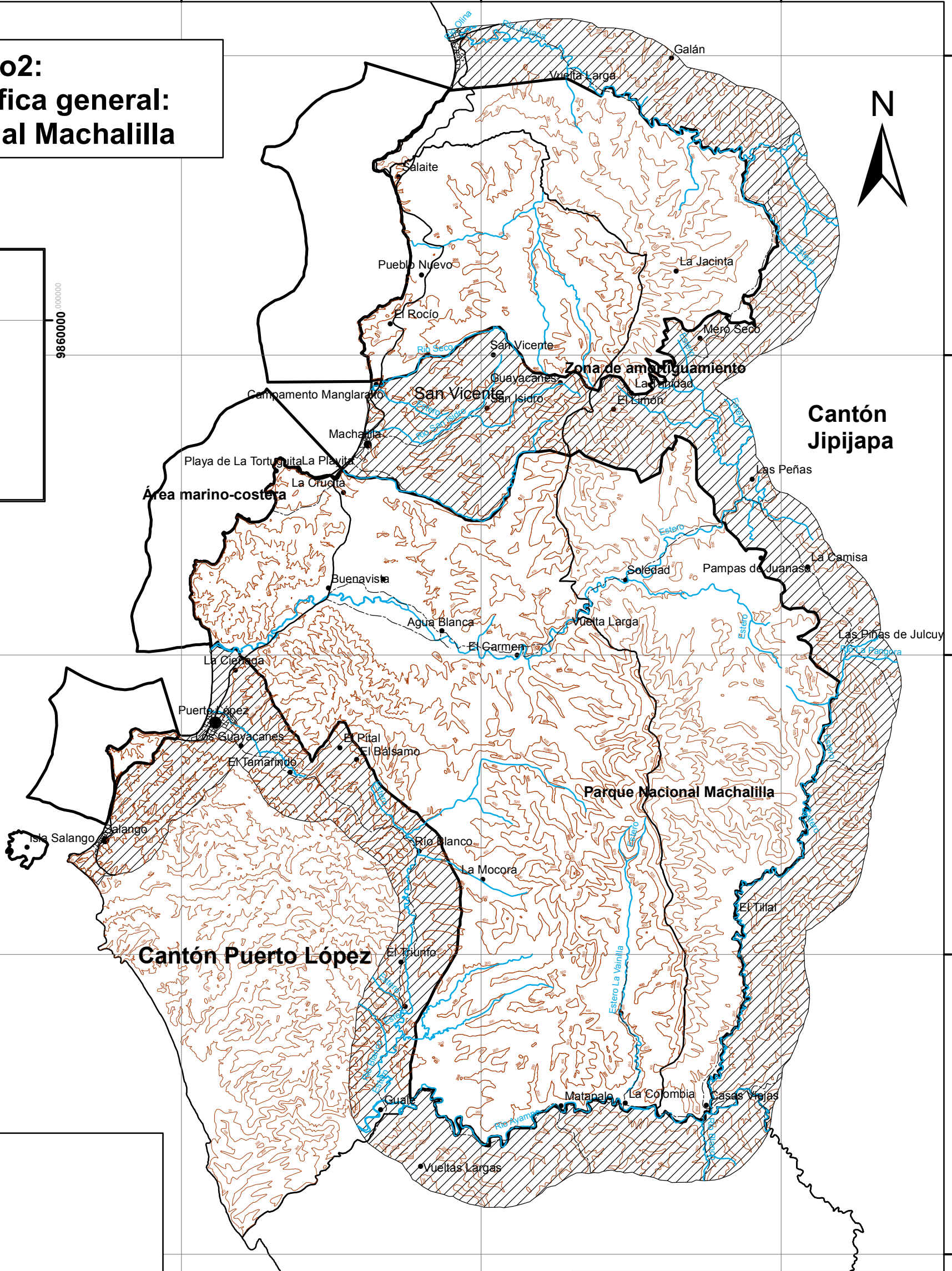


# Anexo2: Base cartográfica general: Parque Nacional Machalilla

## Isla de la Plata



Océano Pacífico

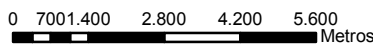


### Simbología

- Cabecera cantonal
- Cabecera parroquial
- Centros poblados
- Carretera principal
- - - Carretera sin pavimentar angosta
- Ríos principales
- Curvas de nivel
- Límite del Parque Nacional Machalilla
- Límite cantonal
- ▨ Zona de amortiguamiento

### Cantón Santa Elena

Escala: 1:1400



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Escuela de Ciencias Geográficas

Base cartográfica general del Parque Nacional Machalilla

Fuente:  
Cobertura digital 1:50.000  
(I.G.M)

Elaborado por:  
Javier Espinel Molina

Datum - Elipsoide: WGS 1984  
Zona 17 Sur

Revisado por:  
Ing. Patricio Solís

Escala de trabajo:  
1: 50.000  
Escala de impresión:  
1: 140.000

Fecha:  
Octubre del 2010



# Anexo 4: Mapa de vigorosidad de vegetación o NDVI: Cantón Puerto López año 2007

## LEYENDA

### Vigorosidad de la vegetación

- Poco vigoroso
- Vigoroso
- Muy vigoroso
- Muy alta vigorosidad

### Área sin información RGB

- Red: Band\_1
- Green: Band\_2
- Blue: Band\_3



Oceano Pacifico

Cantón Jipijapa

Cantón Santa Elena

## Simbología

- Cabecera cantonal
- Cabecera parroquial
- Centros poblados
- Carretera principal
- Carretera sin pavimentar angosta
- Rios principales
- Curvas de nivel
- Límite cantonal

Escala: 1:1000

0 500 1.000 2.000 3.000 4.000 Metros

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Escuela de Ciencias Geográficas

Mapa de vigorosidad de vegetación o NDVI

Fuente:  
ASTER  
Año: 2007

Elaborado por:  
Javier Espinel Molina

Datum - Elipsoide: WGS 1984  
Zona 17 Sur

Revisado por:  
Ing. Patricio Solis

Escala de trabajo:  
15 x 15 m resolución  
Escala de impresión:  
1: 100.000

Fecha:  
Octubre del 2010

518000 000000

527000 000000

536000 000000

9846000 000000

9846000 000000

9837000 000000

9837000 000000

9828000 000000

9828000 000000

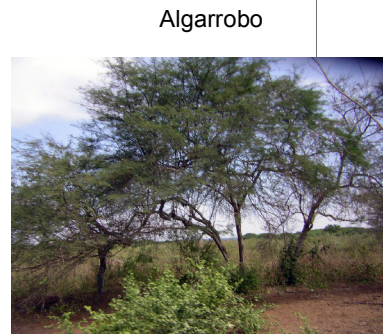
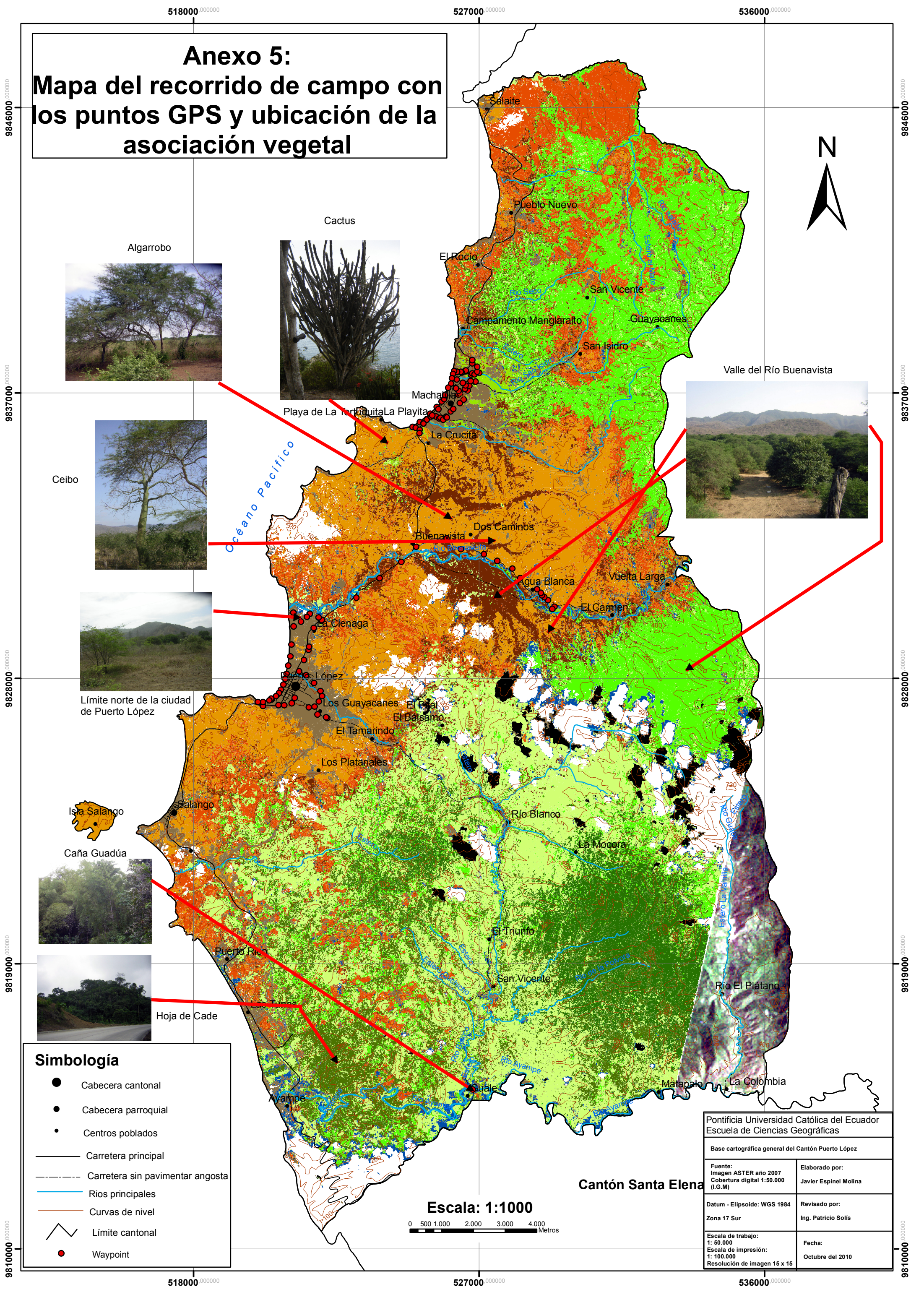
9819000 000000

9819000 000000

9810000 000000

9810000 000000

# Anexo 5: Mapa del recorrido de campo con los puntos GPS y ubicación de la asociación vegetal



**Simbología**

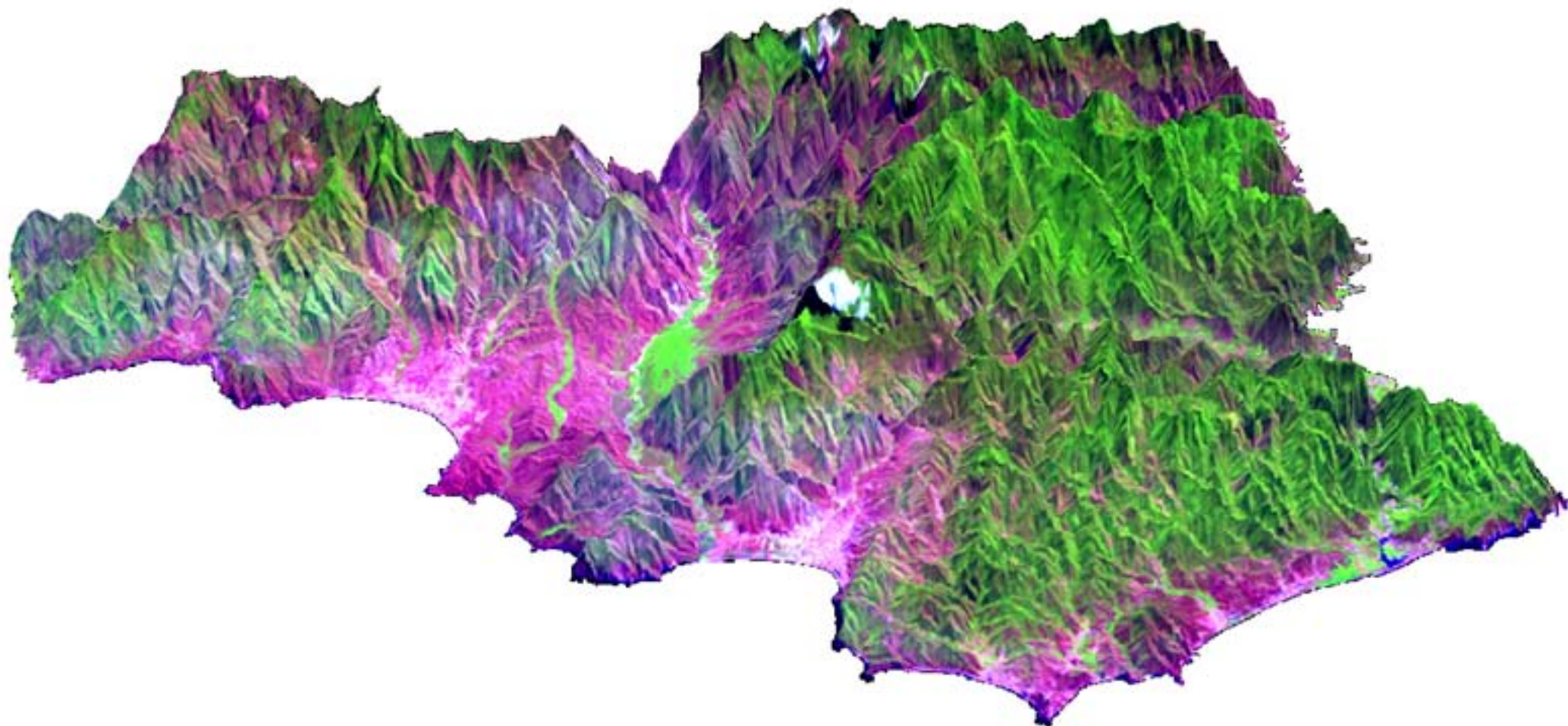
- Cabecera cantonal
- Cabecera parroquial
- Centros poblados
- Carretera principal
- - - Carretera sin pavimentar angosta
- Rios principales
- Curvas de nivel
- Límite cantonal
- Waypoint

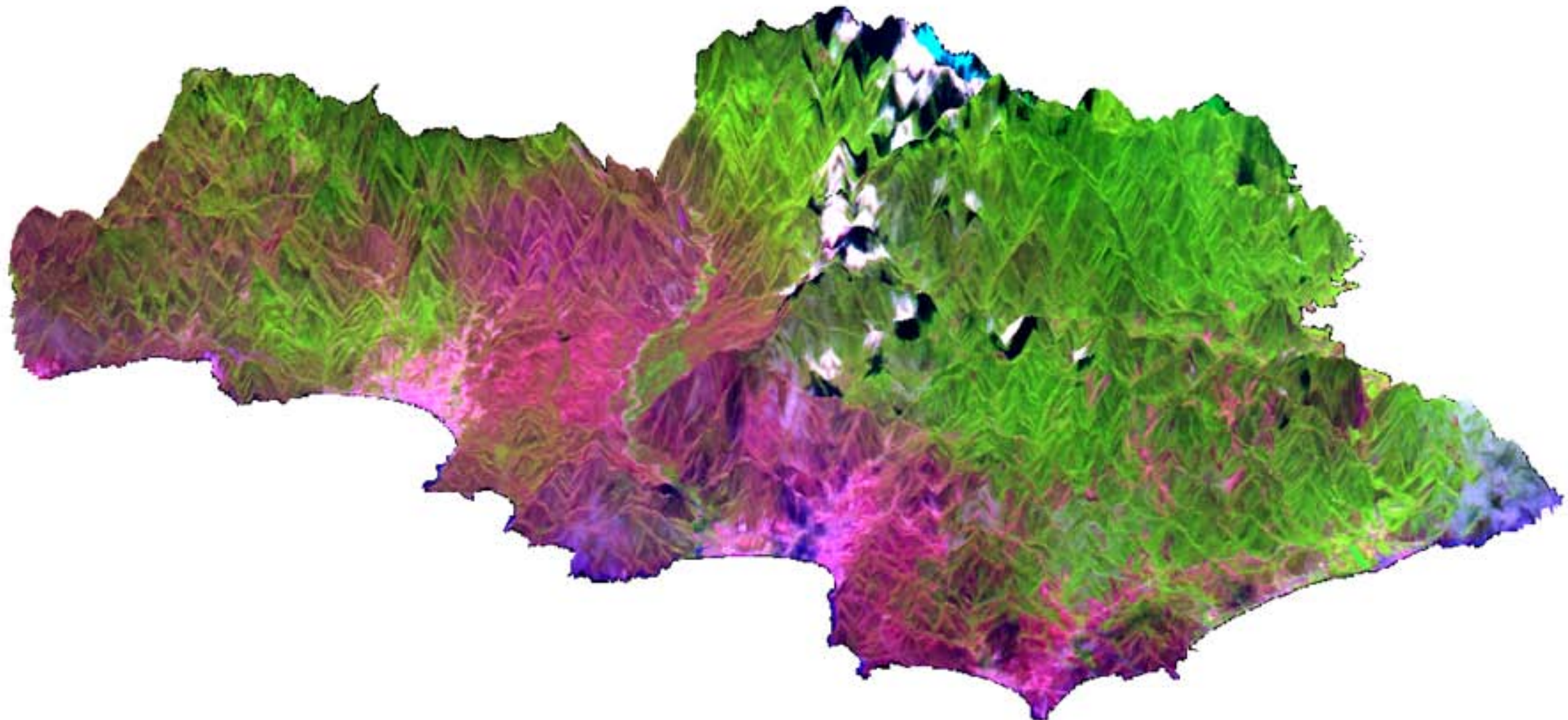
**Escala: 1:1000**  
0 500 1.000 2.000 3.000 4.000 Metros

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Escuela de Ciencias Geográficas	
Base cartográfica general del Cantón Puerto López	
Fuente: Imagen ASTER año 2007 Cobertura digital 1:50.000 (I.G.M)	Elaborado por: Javier Espinel Molina
Datum - Elipsoide: WGS 1984 Zona 17 Sur	Revisado por: Ing. Patricio Solís
Escala de trabajo: 1: 50.000 Escala de impresión: 1: 100.000 Resolución de imagen 15 x 15	Fecha: Octubre del 2010

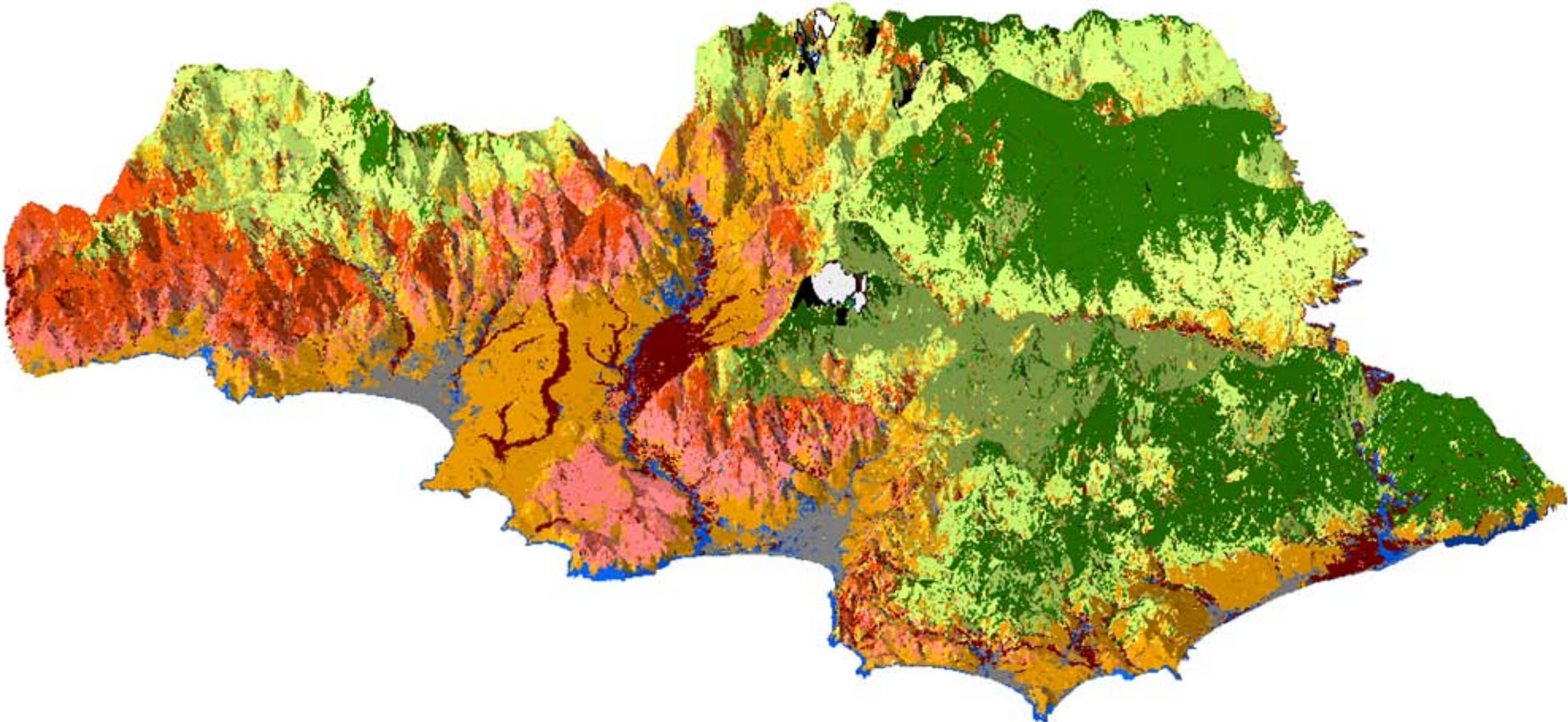
**Cantón Santa Elena**

ANEXO 6: Imagen LANDSAT ETM7 2000 Modelo de Terreno en Tres Dimensiones Combinación 5 4 3



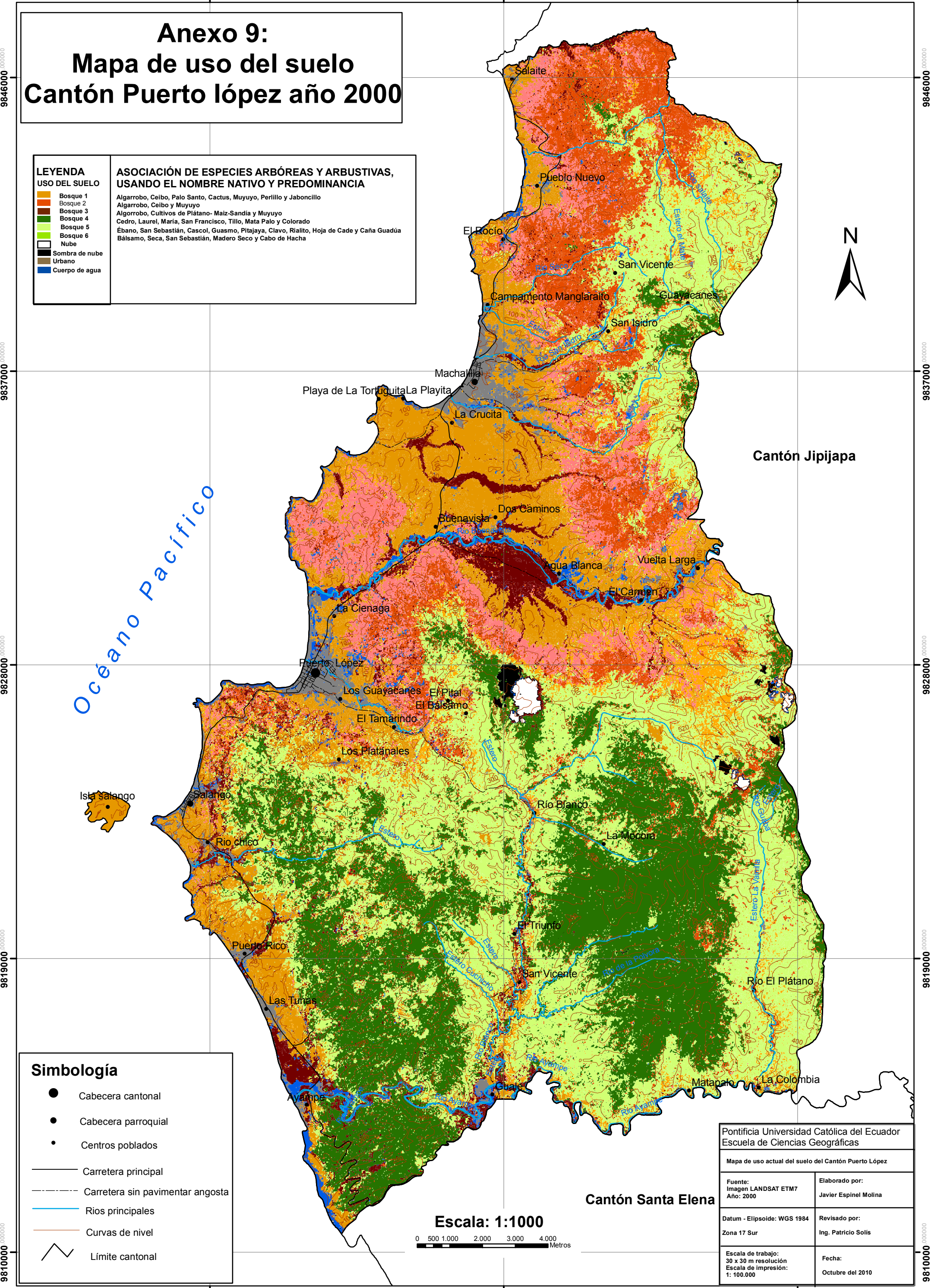


ANEXO 8: Vector de la imagen LANDSAT ETM Modelo de Terreno en Tres Dimensiones Uso del suelo

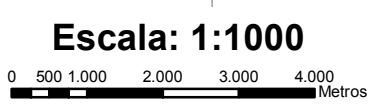


# Anexo 9: Mapa de uso del suelo Cantón Puerto López año 2000

LEYENDA USO DEL SUELO	ASOCIACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS, USANDO EL NOMBRE NATIVO Y PREDOMINANCIA
Bosque 1	Algarrobo, Ceibo, Palo Santo, Cactus, Muyuyo, Perillo y Jaboncillo
Bosque 2	Algarrobo, Ceibo y Muyuyo
Bosque 3	Algarrobo, Cultivos de Plátano- Maiz-Sandia y Muyuyo
Bosque 4	Cedro, Laurel, María, San Francisco, Tillo, Mata Palo y Colorado
Bosque 5	Ébano, San Sebastián, Cascol, Guasmo, Pitajaya, Clavo, Rialito, Hoja de Cade y Caña Guadúa
Bosque 6	Bálsamo, Seca, San Sebastián, Madero Seco y Cabo de Hacha
Nube	
Sombra de nube	
Urbano	
Cuerpo de agua	



Simbología	
●	Cabecera cantonal
●	Cabecera parroquial
•	Centros poblados
—	Carretera principal
- - -	Carretera sin pavimentar angosta
—	Ríos principales
—	Curvas de nivel
—	Límite cantonal



Pontificia Universidad Católica del Ecuador Escuela de Ciencias Geográficas	
Mapa de uso actual del suelo del Cantón Puerto López	
Fuente: Imagen LANDSAT ETM7 Año: 2000	Elaborado por: Javier Espinel Molina
Datum - Elipsoide: WGS 1984 Zona 17 Sur	Revisado por: Ing. Patricio Solís
Escala de trabajo: 30 x 30 m resolución Escala de impresión: 1: 100.000	Fecha: Octubre del 2010

518000 000000      527000 000000      536000 000000

9846000 000000      9837000 000000      9828000 000000      9819000 000000      9810000 000000

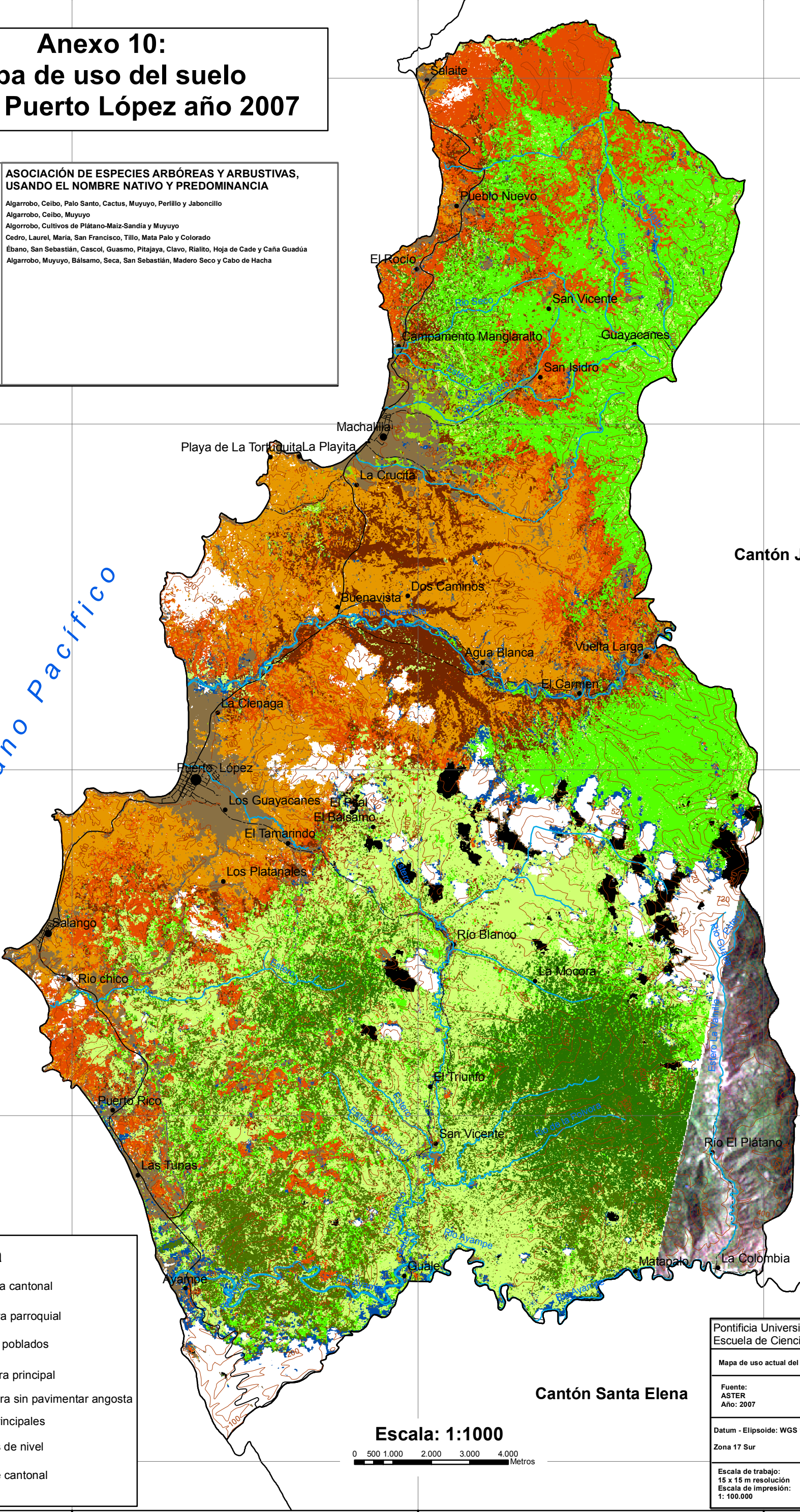
# Anexo 10: Mapa de uso del suelo Cantón Puerto López año 2007

LEYENDA	
<b>USO DEL SUELO</b>	
	Bosque 1
	Bosque 2
	Bosque 3
	Bosque 4
	Bosque 5
	Bosque 6
	Nube
	Sombra de nube
	Urbano
	Cuerpo de agua
<b>Área sin información RGB</b>	
	Red: Band_1
	Green: Band_2
	Blue: Band_3

ASOCIACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS, USANDO EL NOMBRE NATIVO Y PREDOMINANCIA	
	Algarrobo, Ceibo, Palo Santo, Cactus, Muyuyo, Perillito y Jaboncillo
	Algarrobo, Ceibo, Muyuyo
	Algarrobo, Cultivos de Plátano-Maiz-Sandía y Muyuyo
	Cedro, Laurel, María, San Francisco, Tillo, Mata Palo y Colorado
	Ébano, San Sebastián, Cascol, Guasmo, Pitajaya, Clavo, Rialito, Hoja de Cade y Caña Guadúa
	Algarrobo, Muyuyo, Bálsamo, Seca, San Sebastián, Madero Seco y Cabo de Hacha



Océano Pacífico



Simbología	
	Cabecera cantonal
	Cabecera parroquial
	Centros poblados
	Carretera principal
	Carretera sin pavimentar angosta
	Ríos principales
	Curvas de nivel
	Límite cantonal

**Escala: 1:1000**

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Escuela de Ciencias Geográficas	
Mapa de uso actual del suelo cantón Puerto López	
Fuente: ASTER Año: 2007	Elaborado por: Javier Espinel Molina
Datum - Elipsoide: WGS 1984 Zona 17 Sur	Revisado por: Ing. Patricio Solís
Escala de trabajo: 15 x 15 m resolución Escala de impresión: 1: 100.000	Fecha: Octubre del 2010

518000 000000 527000 0000 536000 000000

9846000 000000 9846000 000000

9837000 000000 9837000 000000

9828000 000000 9828000 000000

9819000 000000 9819000 000000

9810000 000000 9810000 000000

518000 000000 527000 000000 536000 000000

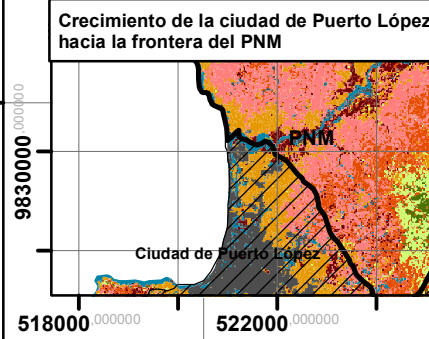
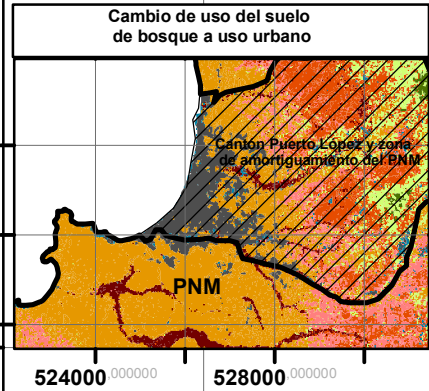
# Anexo 11: Conflicto de uso del suelo entre el Parque Nacional Machalilla y el Cantón Puerto López año 2000

## LEYENDA

- USO DEL SUELO**
- Bosque 1
  - Bosque 2
  - Bosque 3
  - Bosque 4
  - Bosque 5
  - Bosque 6
  - Nube
  - Sombra de nube
  - Urbano
  - Cuerpo de agua

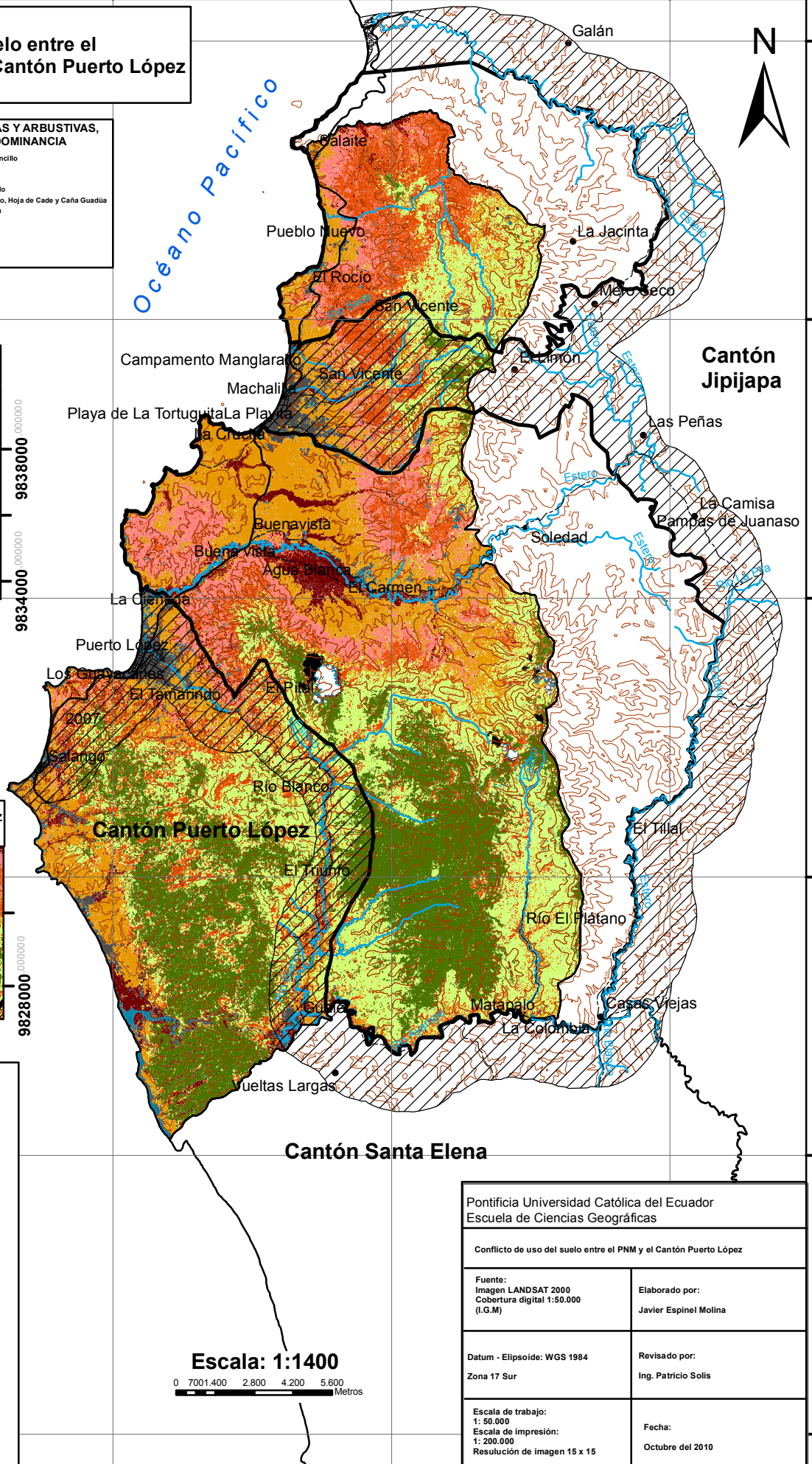
## ASOCIACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS, USANDO EL NOMBRE NATIVO Y PREDOMINANCIA

- Algarrobo, Ceibo, Palo Santo, Cactus, Muyuyo, Perillo y Jaboncillo
- Algarrobo, Ceibo y Muyuyo
- Algarrobo, Cultivos de Plátano-Maíz-Sandia y Muyuyo
- Cedro, Laurel, María, San Francisco, Tillo, Mata palo y Colorado
- Ebano, San Sebastián, Cascol, Guasmo, Pitajaya, Clavo, Rialito, Hoja de Cade y Caña Guadúa
- Bálsamo, Seca, San Sebastián, Madero Seco y Cabo de Hacha



### Simbología

- Cabecera cantonal
- Cabecera parroquial
- Centros poblados
- Carretera principal
- Carretera sin pavimentar angosta
- Rios principales
- Curvas de nivel
- Límite del Parque Nacional Machalilla
- Límite Cantonal
- Zona de amortiguamiento

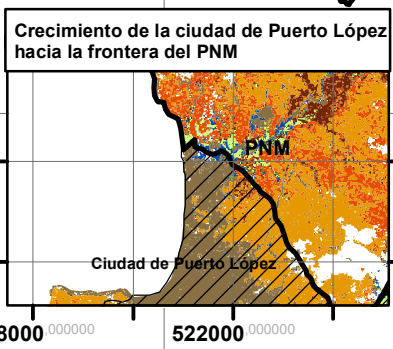
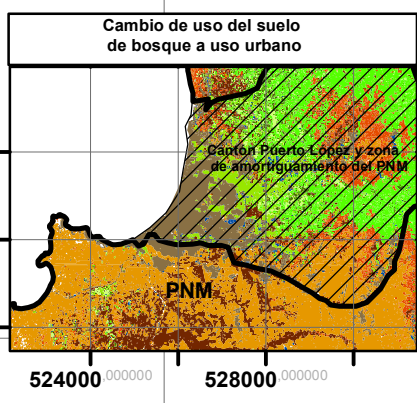


**Escala: 1:1400**  
0 700 1.400 2.800 4.200 5.600 Metros

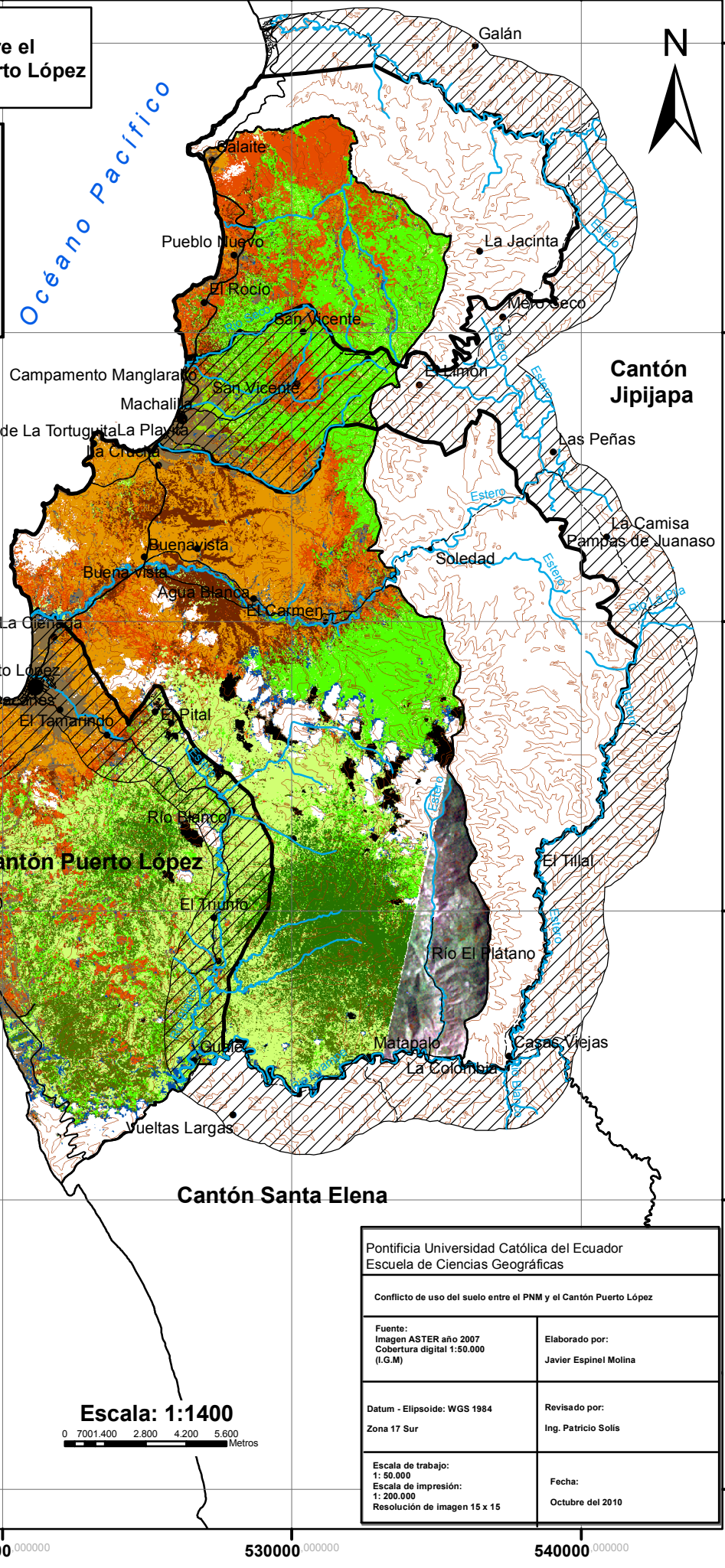
Pontificia Universidad Católica del Ecuador Escuela de Ciencias Geográficas	
Conflicto de uso del suelo entre el PNM y el Cantón Puerto López	
Fuente: Imagen LANDSAT 2000 Cobertura digital 1:50.000 (I.G.M)	Elaborado por: Javier Espinel Molina
Datum - Elipsoide: WGS 1984 Zona 17 Sur	Revisado por: Ing. Patricio Solís
Escala de trabajo: 1: 50.000 Escala de impresión: 1: 200.000 Resolución de imagen 15 x 15	Fecha: Octubre del 2010

**Anexo 12:  
Mapa de conflicto de uso del suelo entre el  
Parque Nacional Machalilla y el Cantón Puerto López  
año 2007**

LEYENDA USO DEL SUELO	ASOCIACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS, USANDO EL NOMBRE NATIVO Y PREDOMINANCIA
Bosque 1	Algarrobo, Ceibo, Palo Santo, Cactus, Muyuyo, Perillito y Jaboncillo
Bosque 2	Algarrobo, Ceibo, Muyuyo
Bosque 3	Algarrobo, Cultivos de Plátano-Maíz-Sandia y Muyuyo
Bosque 4	Cedro, Laurel, Maria, San Francisco, Tilo, Mata Palo y Colorado
Bosque 5	Ébano, San Sebastián, Cascol, Guasmo, Pitajaya, Clavo, Rialito, Hoja de Cade y Caña Guadúa
Bosque 6	Algarrobo, Muyuyo, Bálsamo, Seca, San Sebastián, Madero Seco y Cabo de Hacha
Nube	
Sombra de nube	
Urbano	
Cuerpo de agua	
Área sin información RGB	
Red: Band_1	
Green: Band_2	
Blue: Band_3	



Simbología	
●	Cabecera cantonal
●	Cabecera parroquial
●	Centros poblados
—	Carretera principal
- - -	Carretera sin pavimentar angosta
—	Rios principales
—	Curvas de nivel
—	Límite del Parque Nacional Machalilla
—	Límite Cantonal
▨	Zona de amortiguamiento



**Escala: 1:1400**  
0 7001.400 2.800 4.200 5.600 Metros

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Escuela de Ciencias Geográficas	
Conflicto de uso del suelo entre el PNM y el Cantón Puerto López	
Fuente: Imagen ASTER año 2007 Cobertura digital 1:50.000 (I.G.M)	Elaborado por: Javier Espinel Molina
Datum - Elipsoide: WGS 1984 Zona 17 Sur	Revisado por: Ing. Patricio Solís
Escala de trabajo: 1: 50.000 Escala de impresión: 1: 200.000 Resolución de imagen 15 x 15	Fecha: Octubre del 2010