



ESTUDIO DE LA BIODIVERSIDAD VEGETAL Y TOPOGRÁFICA, CASO DE ESTUDIO, FINCA MUROCOMBA, VALENCIA, ECUADOR

MSc. José Luis Muñoz Marcillo¹,

Docente contratado de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Ambientales.

PhD. Jhon Alejandro Boza Valle²,

Docente titular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Empresariales.

MSc. Oscar Fabian Moncayo Carreño³,

Docente contratado de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Empresariales.

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

José Luis Muñoz Marcillo, Jhon Alejandro Boza Valle y Oscar Fabian Moncayo Carreño (2016): "Estudio de la biodiversidad vegetal y topográfica, caso de estudio, finca Murocomba, Valencia, Ecuador", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (noviembre 2016). En línea:

<http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/11/biodiversidad.html>

RESUMEN

La presente investigación se ha centrado en el análisis y evaluación de la Biodiversidad en relación a la cobertura boscosa nativa existente en la finca Murocomba propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el sector nor-oriental del cantón Valencia, perteneciente a la provincia de Los Ríos. Para efectos de esta investigación se aplicaron técnicas de medida forestal a través del establecimiento in situ de parcelas de monitoreo permanentes ubicadas de manera aleatoria en la superficie total de la finca en

¹ José Luis Muñoz Marcillo, Ingeniero Forestal de la UTEQ, Diplomado en Geomática de la Pontificia Universidad Católica de Chile – Chile, Especialista en Sistema de Información Geográfica de la Universidad de Sevilla – España, Máster en Geografía de la Universidad de Chile, 09-94450976, jmunoz@uteq.edu.ec, joluimu@uteq.edu.ec

² Jhon Alejandro Boza Valle, Economista graduado en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Ecuador, cuenta con tres diplomados superiores: Gerencia de Marketing, Planeamiento Estratégico de la Administración Financiera y Diseños Pedagógicos Universitarios en Ecuador; dos Especialidades en Elaboración de Proyectos Financieros y Gerencia de Proyectos, en Ecuador; dos Maestrías, en Costos y Administración Financiera y en Dirección de Empresas en Ecuador; Doctor en Ciencias Económicas de la Universidad de La Habana-Cuba, jboza@uteq.edu.ec

³ Oscar Fabian Moncayo Carreño, Ingeniero en Gestión Empresarial Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Máster en Dirección de Empresas en Ecuador en la Universidad Autónoma Regional de Los Andes UNIANDES, omoncayo@uteq.edu.ec

estudio, este procedimiento permitió determinar el estado actual de la vegetación boscosa del área de estudio. La aplicación de técnicas de percepción remota y teledetección a imágenes de satélite multiespectral landsat ETM de la zona de estudio ocupó un apartado importante en el desarrollo del presente trabajo que permitió el diagnóstico de la realidad físico-natural de la zona de estudio. Finalmente, se integró al presente trabajo el modelamiento de la superficie de la finca Murocomba a partir de la inclusión de modelos digitales del terreno globales de gran precisión como el ASTER GDEM, que junto a la acción de importantes herramientas y metodologías de análisis espacial de reconocidas plataformas de Sistemas de Información Geográficas (SIG) aseguraron el óptimo análisis geoestadístico de la topografía del sector.

Palabras Claves: Biodiversidad, Mesura forestal, SIG, Percepción Remota y Teledetección, Modelamiento, ASTER GDEM.

STUDY OF PLANT BIODIVERSITY AND TOPOGRAPHY, CASE OF STUDY, LAND MUROCOMBA, VALENCIA, ECUADOR

ABSTRACT

This research has focused on the analysis and evaluation of biodiversity in relation to the existing native forest cover Murocomba farm ownership Quevedo State Technical University, located in north-eastern sector of the canton Valencia, belonging to the province Los Rios. For purposes of this research were applied restraint techniques by establishing forest site of permanent monitoring plots located randomly in the total area of the farm under study, this procedure allowed us to determine the current status of forest vegetation area study. The application of remote sensing techniques and satellite remote sensing multispectral images landsat ETM of the study area occupied an important section in the development of this work allowed the diagnosis of natural physical reality of the study area. Finally, this study was integrated to the modeling of the farm area Murocomba from the inclusion of digital terrain models overall precision as the ASTER GDEM, which together with the action of important tools and spatial analysis methodologies recognized platforms Geographic Information Systems (GIS) ensured optimal geostatistical analysis of the topography of the area.

Keywords: Biodiversity, Measure forest plots Monitoring, Remote Sensing and Remote Sensing, Modeling, ASTER GDEM.

1. Introducción

Según la FAO. 1999, se calcula que la pérdida mundial de bosques y selvas asciende a más de 16.1 millones de Ha por año, de los cuales 15.2 millones se encuentran en zonas tropicales. El Ecuador es uno de los países con mayor diversidad del continente y del mundo, en flora cuenta con 25.000 especies distribuidas en las distintas regiones del país. A nivel mundial ocupa el tercer lugar en número de anfibios, el cuarto en aves y reptiles, el quinto en monos y el sexto en mamíferos.

La provincia de Los Ríos productora de maderas finas, ha sufrido un largo proceso de destrucción de los bosques naturales, tanto que los ubicados en esta zona son los últimos reductos de bosque nativo que nos queda en la provincia. El latifundio y el monocultivo se han impuesto y sigue expandiéndose en líneas como el banano, palma africana, teca, melina, balsa, caña guadua y cultivos de ciclo corto. Existe una falta de política de conservación de los recursos naturales en donde el gobierno a través de sus diferentes instancias brinde la oportunidad de fuentes alternativas de vida a los pobladores para que no consideren al bosque y al árbol como única fuente de hacer dinero rápido, sin mirar las consecuencias que su destrucción produce al poner en peligro nuestra propia supervivencia. (CARRERE, 1999).

Los bosques protectores han sido creados para la protección de la biodiversidad, conservación de las cuencas hidrográficas, prevención y control de la erosión, y como un recurso para la recreación. En nuestro medio, la explotación irracional de los bosques, localizados en áreas de topografía accidentada, baja calidad de suelo y áreas con pendientes demasiado pronunciadas, obliga a tomar de manera urgente medidas para contrarrestar los efectos negativos que se producen en dichas zonas.

La presente investigación se centra en la determinación de la Biodiversidad presente en la finca Murucumba propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo para lo cual se estudiará la cobertura vegetal mediante el análisis estructural del bosque nativo existente en el área según lo manifestado por (Betancourt, 1975).

La información resultante de la presente investigación aportará dentro del establecimiento de futuros planes de manejo de la zona basados en las características del bosque nativo, considerando que se estima que en el área de influencia de nuestra zona de estudio existen unas 6000 hectáreas de bosque primario, las cuales se encuentran en peligro permanente por la incursión de los explotadores de madera, siendo además uno de los pocos remanentes de bosque húmedo premontano bajo existente en las estribaciones de la cordillera occidental en la provincia de los Ríos, constituyéndose además en un laboratorio genético de especies vegetales de valiosa importancia económica y ecológica.

2. Metodología

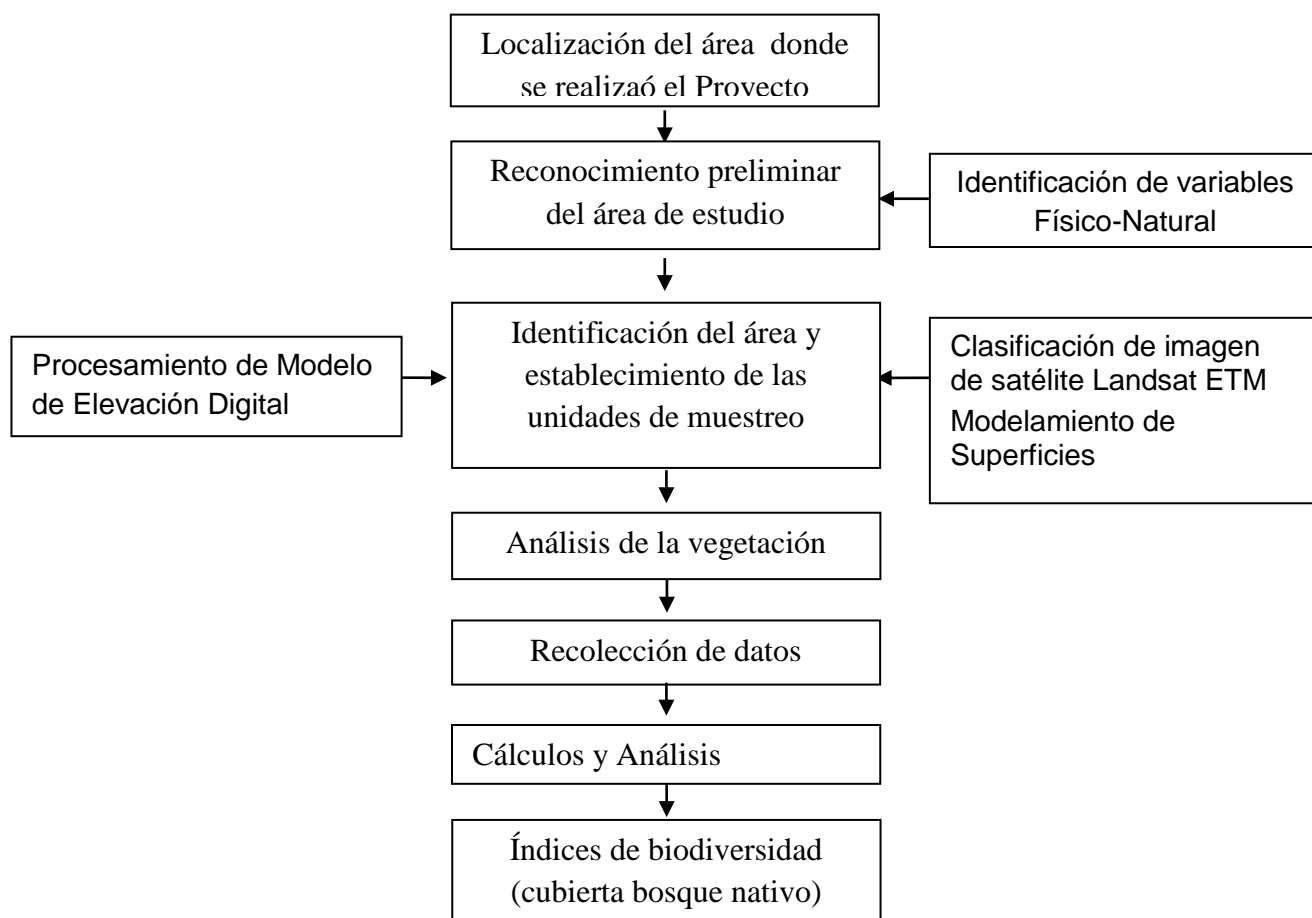


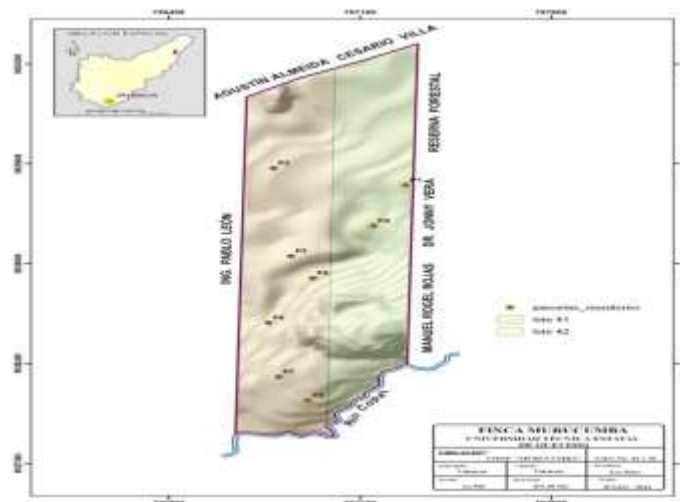
Figura 1. Esquema Metodológico

Fuente: Elaboración propia

2.1 Localización del Proyecto

El proyecto de investigación se realizó en la finca Murucumba de propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en la parroquia Valencia del cantón del mismo nombre. El cantón Valencia se encuentra localizada en la zona nor-oriental de la provincia de Los Ríos. Se ubica en la zona tropical entre los 80 m.s.n.m y 2.200 m.s.n.m, está conformada por la parroquia Valencia. El predio está localizado en las coordenadas 79°8'15" de longitud Oeste y 0°38'45" de latitud Sur, tiene una superficie total de 115, 30 ha, (Fig. 2).

Figura 2. Área de estudio con puntos geográficos de muestreo

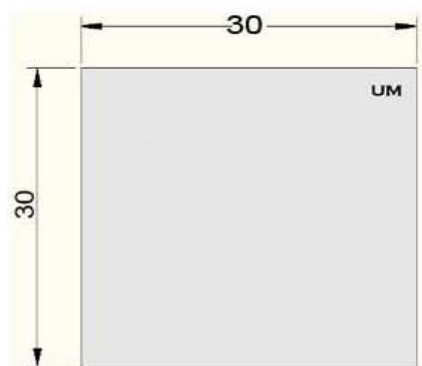


Fuente: Elaboración propia

2.2 Identificación del área y establecimiento de las unidades de muestreo.

Las UM fueron de las siguientes dimensiones: 30 m x 30 (900 m²) m, en las cuales se muestrearon todas las especies forestales con un diámetro mayor a 7,5 cm. Se utilizó cinta plástica para evitar perturbar la estructura del bosque nativo, (Fig. 3).

Figura 3. Diseño de unidad de muestreo



Fuente: Elaboración propia

2.3 Análisis de la vegetación

Una vez obtenido los datos en campo y con la respectiva identificación de las especies por parte de Ingenieros Forestales de la Facultad de Ciencias Ambientales, se determinó la

frecuencia relativa de las especies, así como las variables dasométricas de altura y circunferencia por dominancia dentro del total de la población de árboles.

Para cada caso se emplearon las siguientes formulas:

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Número de individuos de la especie}}{\text{Número de individuos de la población especie}} \times 100$$

Dominancia por altura

= Especie con mayor circunferencia dentro de cada parcela

Dominancia por circunferencia

= Especie con mayor circunferencia dentro de cada parcela

2.4 Clasificaciones temáticas de imágenes de satélite multiespectrales

Históricamente el concepto clasificación digital de imágenes ha sido tratado como la discriminación de elementos con la ayuda de un sistema computacional y basándose solamente en las características espectrales de los elementos. Sin embargo en el último tiempo se han agregado otro tipo de características de ellos, tales como su comportamiento temporal, el relieve y el ambiente que los acompañan así como el tipo de distribución espacial que ellos presentan.

Dentro de las técnicas relacionadas con el tema, existe la clasificación sin supervisión y la supervisada. La primera es automática, en donde el sistema genera categorías basado exclusivamente en la agrupación de valores espectrales, mientras que la segunda permite que un especialista entregue información de algunos sectores de la imagen para que el sistema busque, en el resto de ella, zonas en donde existen las mismas características de la información entregada. También el tipo de clasificación puede ser “dura” o moderada.

Índice Normalizado de las Diferencias Vegetacionales (NDVI)

A decir de ALONSO et al. (1996), el NDVI permite conocer sectores con gran densidad vegetal (valores cercanos a 1), otros de menor densidad (cifras en-torno a 0) y sectores con nieve o agua (valores cercanos a -1). Es importante señalar que éste índice vegetal permite diferenciar las conductas espectrales entre la vegetación vigorosa, bajo vigor, muerta y de suelo desnudo; realizando un cociente entre la diferencia de las bandas del Rojo R y del Infrarrojo Cercano IRC y la sumatoria de ambas (CHUVIECO, 2008), quien también indica que un aspecto de interés que posee este índice es que fluctúa entre valores

conocidos, facilitando notablemente su interpretación. De allí que el NDVI permite la identificación de la erosión presente en función de la vegetación, entregando una base cuantitativa para la clasificación de rangos de densidad.

Tabla 1: Rangos de cobertura vegetal para el área de estudio

Rango	Densidad Vegetal %	Intensidad Vegetal	Valores NDVI Reclasificados
1	< 10%	Extremadamente baja	Entre -1 y -0,8
2	10% - 25%	Baja	Entre -0,8 y -0,5
3	26% - 50%	Moderadamente baja	Entre -0,5 y -0
4	51% - 75%	Moderadamente alta	Entre 0 y -0,5
5	76% - 90%	Alta	Entre 0,5 y 0,8
6	> 90%	Extremadamente alta	Entre 0,8 y 1

Fuente: MARKER *et al.*, (2001)

2.5 Modelamiento de Superficies

2.5.1 Modelos Digitales

Los modelos digitales están codificados en cifras, lo que permite su tratamiento informático. Los modelos digitales son, por tanto, modelos simbólicos y para construirlos es necesario un proceso de codificación de la información, que permite una representación virtual manejable por medios informáticos.

2.5.2 Modelo digital de terreno (MDT)

Estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, ejemplo: la temperatura, altitud, la presión atmosférica, etc.

Específicamente, cuando la variable a representar es la altura del terreno se denomina Modelo Digital de Elevación o MDE. Los MDT son modelos simbólicos, debido a que

establecen relaciones de correspondencia con el objeto real mediante algoritmos o formalismos matemáticos que son tratados mediante programas informáticos.

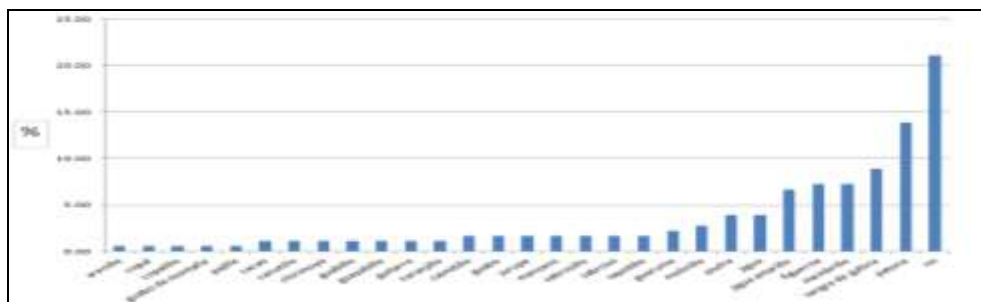
Los MDT, son estructuras de datos, no son sólo acumulaciones de cifras, sino que deben tener una estructura interna con la cual deben interpretarse dichos datos. Los MDT representan distribuciones espaciales de variables, lo que acota su uso a fenómenos geográficos. Son ampliamente utilizados en las aplicaciones geomáticas. La variable a representar debe ser cuantitativa y continua.

3. Resultados y Discusión

3.1 Frecuencia relativa de especies forestales

La frecuencia relativa por especie que se obtuvo en la población de 180 individuos distribuidos en las 8 parcelas de monitoreo fue la que se describe en la figura 4 y tabla 2.

Figura 4: Frecuencia relativa de especies forestales de finca Murocumba



Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Registro total de especies forestales en parcelas de monitoreo

# ÁRBOL	Nombre común	%	Nombre científico
1	arenillo	0.56	Erisma uncinatum
7	azufre	3.89	Symponia globulifera
2	cacao	1.11	Theobroma subincanum
3	caimitillo	1.67	Pouteria caimito (Ruiz y Pav)
2	canutillo	1.11	-
2	chirimoyo	1.11	Schefflera diplodactyla
1	copal	0.56	Dacryodes peruviana
1	copalillo	0.56	-
13	figueroa	7.22	Carapa guianensis
2	guabillo	1.11	Inga marginata
3	guabo	1.67	Inga lallensis Sproce ex benth
1	guabo de montaña	0.56	Inga sp.2

4	guarumo	2.22	Cecropia sp
2	guayabillo	1.11	Terminalia oblonga
2	guitarro	1.11	Simarouba amara Aubl
7	jigua	3.89	Nectandra laevis
12	jigua amarillo	6.67	Ocotea oblonga (Meisn) Mez
3	jurupe	1.67	-
3	manzano	1.67	Chrysophyllum auratum
13	membrillo	7.22	Grias neuberthii
5	molinillo	2.78	Cordia spp.
2	naranjillo	1.11	Aspidosperma sp.
38	nn	21.11	nn
1	pajilla	0.56	-
25	patona	13.89	Iriartea deltoidea Ruiz & Pav
3	sabrosillo	1.67	-
3	sabroso	1.67	Eschweilera
16	sangre de gallina	8.89	Otoba glycyarpa
3	sapotillo	1.67	Matisia
180			

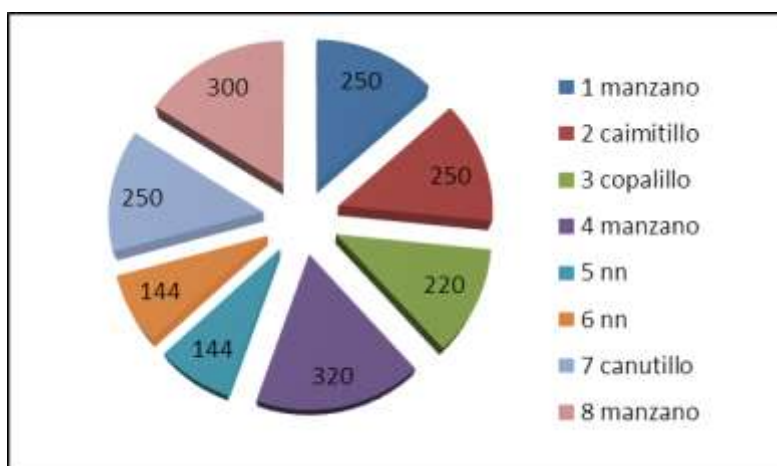
- Nombre científico no encontrado

Fuente: Elaboración propia

3.2 Dominancia por variables dasométricas de altura y circunferencia.

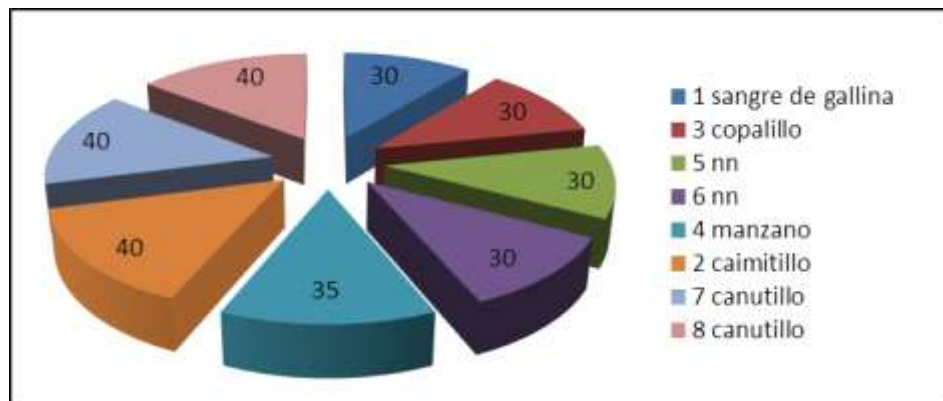
El análisis de las variables dasométricas de la circunferencia y la altura de las especies forestales nos muestra a los individuos del bosque que se imponen por su absoluta dominancia, tal como se muestra en las Figuras 5 y 6.

Figura 5. Distribución de dominancia por circunferencia (cm)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Distribución de dominancia por altura (m)

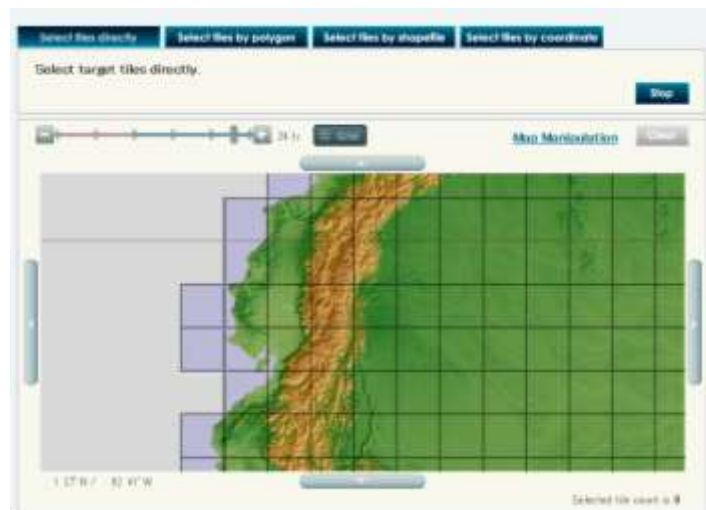


Fuente. Elaboración propia

3.3 Modelamiento de Superficies

El análisis de la superficie de la finca Murocomba se lo realizó a partir del Modelo de Elevación Digital (ASTER GDEM) de 30 metros de resolución obtenido del servidor del Proyecto Mundial de Superficie desarrollado por el Servicio de Geología de los Estados Unidos y el gobierno de Japón, (Fig. 7).

Figura 7. ASTER GDEM para Ecuador



Fuente. <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/>

Para mejorar la resolución del ASTER GDEM de 30 metros de resolución a un MDE de 10 metros de resolución se empleó el GIS TNTMIPS obteniendo una mejora notable en la resolución del Modelo Altitudinal. (Fig. 8 y 9).



Figuras 8 y 9. ASTER GDEM de 30 m, DEM de 10 m obtenido con TNT MIPS

Fuente. Elaboración propia a partir de ASTER GDEM y TNT MIPS

A partir del Modelo de Elevación Digital (MDE) de 10 metros de resolución se obtuvieron curvas de nivel para la finca Murocomba con ese mismo intervalo de distancia. (Fig. 10 y Tabla 3).

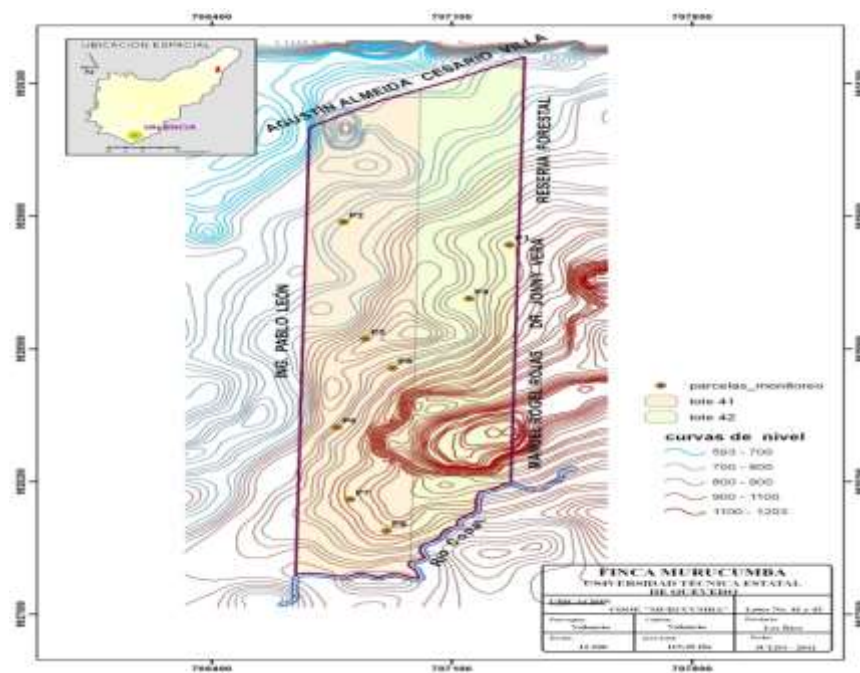


Figura 10. Mapa de curvas de nivel de finca Murocomba

Fuente. Elaboración propia a partir de ASTER GDEM y TNT MIPS

Tabla 3. Distribución de pendientes por clases

Altitud (msnm)	Área (has)	%
667 a 750	23.09	15.37
750 a 850	56.03	37.30
850 a 1000	47.01	31.30
1000 a 1100	16.94	11.28
1100 a 1208	7.14	4.75
Total	150.21	100.00

Fuente. Elaboración propia

El Modelamiento de superficies con el GIS ArcGis 9.3 a partir del MDE con una resolución de 10 metros permitió modelar las pendientes existentes en el área de estudio así como su distribución cualitativa y cuantitativa. (Fig. 11 y Tabla 4).

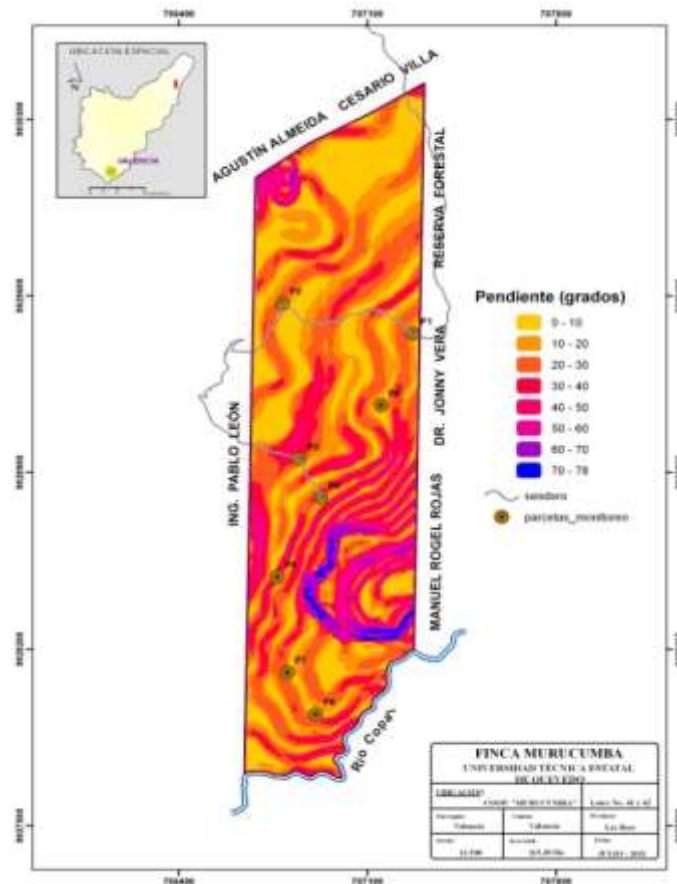


Figura 11. Mapa de pendientes de finca Murocomba

Fuente. Elaboración propia a partir de ASTER GDEM y ArcGis

Tabla 4. Distribución de pendientes por clases

PENDIENTE (grados)	SUPERFICIE (ha)	%
0 a 10	36.41	24.24
10 a 20	35.91	23.91
20 a 30	38.09	25.36
30 a 40	20.64	13.74
40 a 50	10.06	6.70
50 a 60	4.83	3.22
60 a 70	3.19	2.12
70 a 78	1.08	0.72
Total	150.21	100.00

Fuente. Elaboración propia

A partir del DEM con 10 metros de resolución y el procesamiento en el GIS ArcGis se obtuvo una importante vista en 3d del relieve del área de estudio, donde destacan las

parcelas de monitoreo establecidas y el sendero levantados con ayuda de un Georeceptor. (Fig. 12).

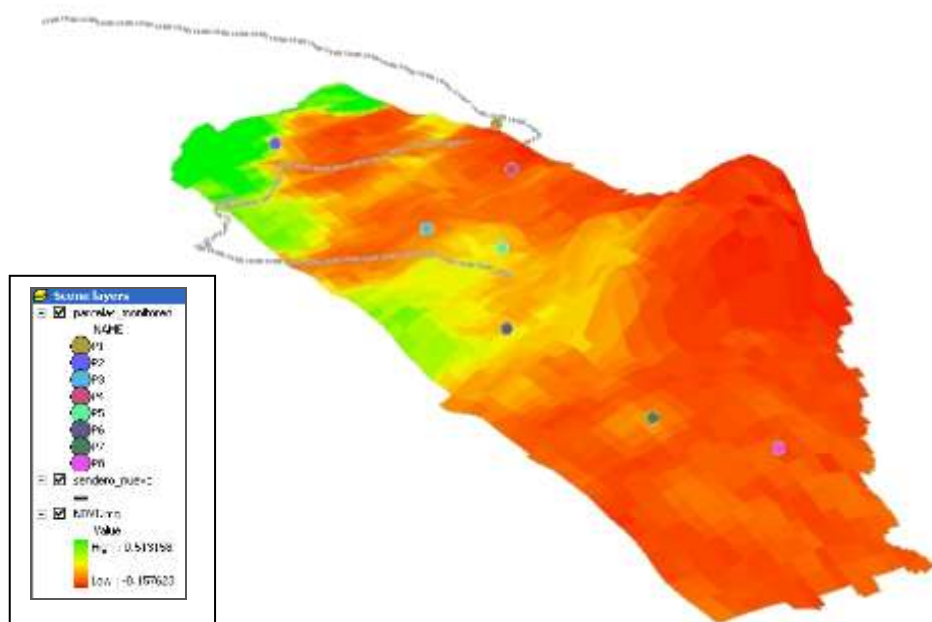
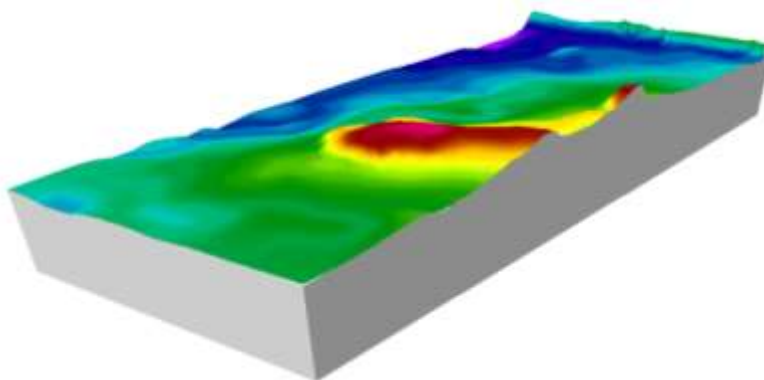


Figura 12. Vista NE en 3d de relieve de área de estudio

Fuente. Elaboración propia a partir de ASTER GDEM y ArcGis

La modelación de la superficie de la finca Murocomba empleando el GIS TNT MIPS permitió obtener una vista en 3 dimensiones del relieve del área de estudio, desde donde se pueden apreciar los rasgos altitudinales sobresalientes de esta importante variable física natural. (Fig. 13).

Figura 13: Vista NW en 3d de relieve de área de estudio

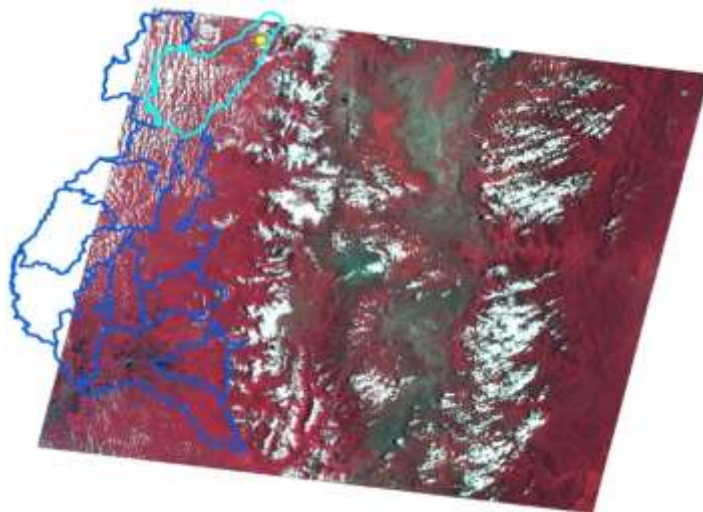


Fuente. Elaboración propia a partir de ASTER GDEM y TNTMIPS

3.4 Percepción Remota y Teledetección

El análisis de la cobertura boscosa de la finca Murocomba, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo se realizó a partir de la Imagen Landsat Multiespectral más actualizada correspondiente al año 2005. (Fig. 14).

Figura 14. Imagen pseudocolor la zona de estudio



Fuente. Elaboración propia a partir de Imagen Landsat ETM

La clasificación supervisada de la imagen de satélite Landsat ETM permitió verificar la existencia de vegetación arbustiva en la finca Murocomba de acuerdo a Il recorrido que sirvió para establecer las parcelas de monitoreo previamente establecidas (Fig. 15).

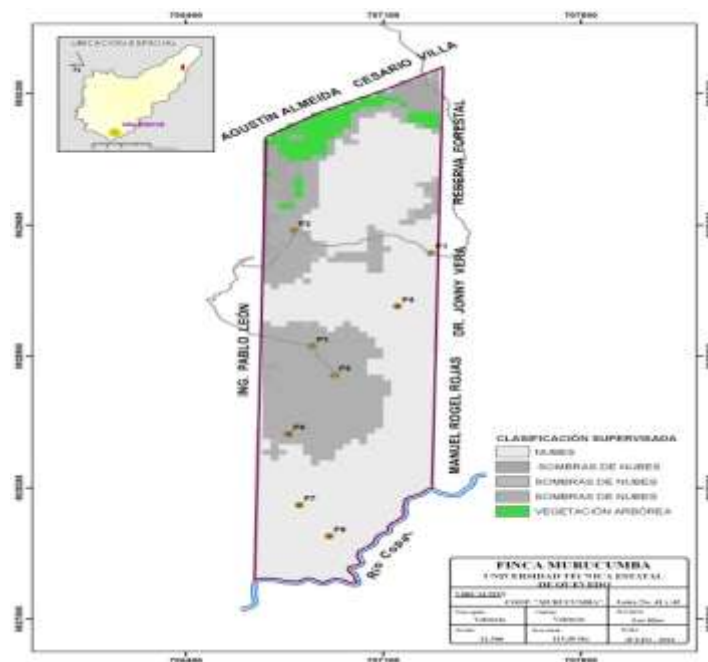


Figura 15. Clasificación supervisada de Imagen Landsat ETM

Fuente. Elaboración propia a partir de Imagen Landsat ETM e Idrisi Taiga

Los resultados de la clasificación supervisada de la imagen Landsat ETM se complementan con la aplicación del Índice Normalizado de las Diferencias Vegetacionales (NDVI) al área de estudio, como se aprecia en la Fig. 16 y Tabla 5.

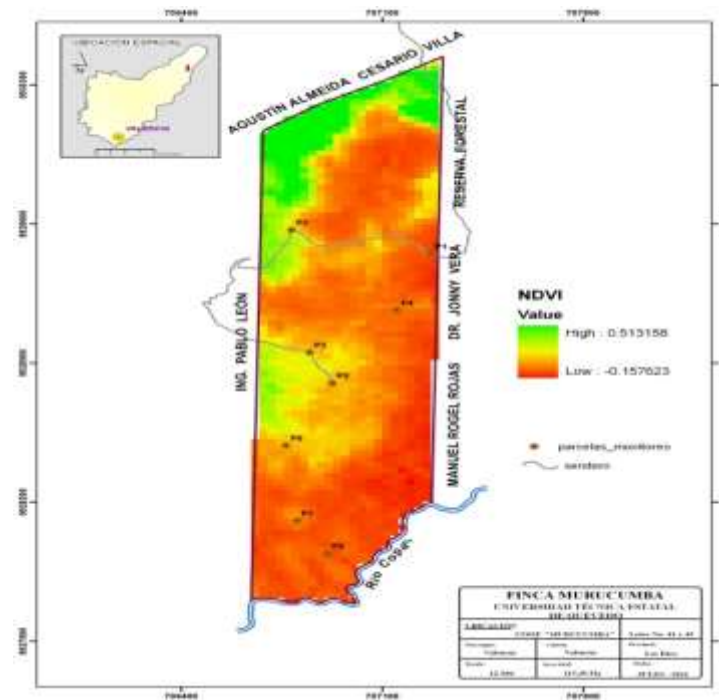


Figura 16. NDVI de la zona de estudio

Fuente. Elaboración propia a partir de Imagen Landsat ETM e Idrisi Andes

Tabla 5. Distribución de pendientes por clases

Rango	Densidad Vegetal %	Intensidad Vegetal	Valores NDVI Reclasificados	Superficie (ha)
3	26% - 50%	Moderadamente baja	Entre -0,5 y -0	116.04
4	51% - 75%	Moderadamente alta	Entre 0 y -0,5	32.4

Fuente. Elaboración propia

4. Conclusiones

- ✓ Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) tanto de aplicación horizontal (ArcGis) como vertical (Idrisi Taiga) han probado ser importantes herramientas de análisis geográfico en la modelación de la realidad físico natural. No obstante de

esta importante premisa, resulta vital validar la información obtenida por los SIG mediante la comparación con la información real existente en el campo.

- ✓ El análisis de las parcelas de muestreo establecidas en el área de estudio determinó que la especie forestal con dominio en la frecuencia relativa fue la especie nn con un 21,11% mientras que las especies forestales con menor presencia con un 0,56% del valor relativo correspondió a las especies arenillo, copal, copalillo, guabo de montaña y pajilla.
- ✓ La revisión por variables dasométricas determinó que la especie dominante en lo referente a la circunferencia del total de parcelas de muestreo establecidas en la finca Murocomba fue el manzano de la parcela 4 con un valor de 320 cm mientras que la de menor valor en circunferencia fueron especies nn encontradas en las parcelas 5 y 6 con un valor de 144 cm. En lo referente a la altura de las especies forestales analizadas, la especie con dominancia en esta variable fueron el caimitillo y canutillo correspondiente a las parcelas 2, 7 y 8 respectivamente.
- ✓ El Modelamiento de la superficie del área de estudio por su variable topográfica de altitud del suelo determinó que la gradiente altitudinal de la finca Murocomba se encuentra entre los 667 msnm a los 1208 msnm, siendo la clase altitudinal de entre los 750 a los 1100 msnm quienes abarcan el 68% de la superficie total en estudio. En lo concerniente a la variable topográfica de la pendiente del terreno se determinó que esta variable va de los 0 grados a los 78 grados, siendo las clases comprendidas entre los 0 grados hasta los 30 grados las que se dominan el escenario con un 73,51 de la superficie total del área estudiada.
- ✓ La clasificación supervisada de la imagen Landsat ETM de la zona de estudio permitió comprobar la existencia de vegetación forestal en el bosque de la finca Murocomba a través de la comparación de los valores de los resultados de los clúster automatizados de software Idrisi Taiga con la información recogida en campo. De manera complementaria los valores obtenidos en el Índice Normalizado de las diferencias vegetacionales (NDVI) mostró que la clase Moderadamente baja domina la superficie de estudio en 116.04 has, esto debido a la presencia de nubosidad permanente en la zona. Al inferir con las 32,40 has que obtuvieron un valor Moderadamente alto en la distribución vegetal, acompañado de un 51% a 75%

de densidad vegetal, se concluye en esta parte del análisis que en la realidad un 90% de la finca Murocomba debería tener una intensidad vegetal Moderadamente alta a alta.

5. Bibliografía

- Alonso C., Moreno V. Análisis Multitemporal de Imágenes LANSAT TM en la Cartografía de las Masas de Hielo y Nieve Aplicada a la Modelización Hidrológica. Revista Teledetección N° 7. España, 1996.12 p.
- Betancourt, B. 1983. Silvicultura Especial de Árboles Maderables Tropicales, Habana, CU. p. 31-33.
- Calderon, A. Marco. La situación actual de los bosques del litoral. Diario “El Telégrafo”. X, 3. 1993.
- Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreos en bosque natural tropical: guía para el establecimiento y medición. Turrialba, CR. CATIE; No. 42. P. 2-19 (Serie técnica. Manual Técnico).
- Carrere, R. 1999. Deforestación y monocultivos forestales en el Ecuador: Las venas siguen abiertas (en línea). Consultado 25 nov. 2010. Disponible en <http://www.wrm.org.uy/paises/Ecuador/venas.html>
- Chuvieco, E. Teledetección Ambiental. La Observación de la Tierra desde el Espacio. Tercera edición. Ediciones Ariel. Barcelona, España. 2008. 587p.
- Farías M. Manual Laboratorio de Percepción Remota. Software Idrisi versión ANDES, 2008.
- Govea, L., Jaramillo, H., Ratti, V. 1976. Análisis Estructural del Bosque Mutile. Tesis Ing. For. Esmeraldas, Ecuador. Universidad Técnica Luis Vargas Torres. 133 p.
- MÄRKER, M., S. MORETTI & G. RODOLFI. Assesment of water erosion processes and dynamics in semi – arid regions of Southern Africa (Kwazulu/Natal, RSA, and Swaziland) using the Erosion Response Units concept (ERU). Geografía Física e Dinámica Cuaternaria, 24: 71-83. 2001
- Microimages, TNTmips, 2011.

- Troya, F., Jiménez, N. 1995. Análisis Estructural del Bosque Húmedo Tropical existente en la Estación Experimental Tropical Pichilingue. Tesis Ing. For. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Vargas, M. 2002. Ecología y Biodiversidad del Ecuador. Quito, EC. 231 p.