

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



**“MAPA DE LA COBERTURA VEGETAL DEL VOLCÁN CHAPARRASTIQUE, DEPARTAMENTO
DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

MERLYN YANETH ROSALES GONZALEZ

OSCAR LEONEL BENAVIDES MARTINEZ

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADOS EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, DICIEMBRE DE 2013.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



**“MAPA DE LA COBERTURA VEGETAL DEL VOLCÁN CHAPARRASTIQUE, DEPARTAMENTO
DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

MERLYN YANETH ROSALES GONZALEZ

OSCAR LEONEL BENAVIDES MARTINEZ

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADOS EN BIOLOGÍA

ASESORES:

LIC. CARLOS AUGUSTO SALAZAR _____

MSc. LASTENIA HELVECIA DE FLINT _____

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, DICIEMBRE DE 2013.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

RECTOR

DRA. ANA LETICIA DE AMAYA

SECRETARIA GENERAL

LIC. FRANCISCO CRUZ LETONA

FISCAL GENERAL

M.Sc. MARTIN ENRIQUE GUERRA CACERES

DECANO FACULTAD CIENCIAS NATURALES

Y MATEMÁTICA

LIC. RODOLFO FERNANDO MEJIVAR

DIRECTOR ESCUELA DE BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, DICIEMBRE 2013.

INDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Pagina N°
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iii
DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO.....	2
2.1 Cobertura vegetal y la actividad humana.....	2
2.2. Sistemas de información geográficos.....	3
2.3. Referencia Geográfica	4
2.4.Covertura Vegetal	5
2.5. Las comunidades vegetales.	5
2.6. Clasificación y cartografía de la vegetación.....	6
2.7. Sistemas de Clasificación.....	7
2.7.1. Revisión Global de los sistemas de clasificación.	28
III. METODOLOGÍA.....	34
3.1. Ubicación geográfica del area de estudio.	34
3.2. Características generales del área de estudio.	35
3.2.1. Factores Climáticos.....	36
3.2.3. Aspectos socioeconómicos.	37
3.3. Desarrollo metodológico.....	37
3.3.1. Georreferenciación de la imagen satelital.....	37
3.3.3. Identificación de las diferentes formaciones vegetales presentes.	43

3.3.4. Clasificación de la cobertura vegetal mediante unidades de vegetación.....	46
3.3.5. Estimación de la cantidad de vegetacion en km ² de la cobertura vegetal presente en las unidades de vegetación.....	50
3.3.6. Creación de productos cartográficos.....	50
IV. RESULTADOS.....	51
4.1. Unidades de vegetación encontradas en el área de estudio del volcán Chaparrastique de San Miguel.....	51
4.2. Caracterización de las unidades de vegetación	55
V. DISCUSIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	63
VI. CONCLUSIONES	66
VII. RECOMENDACIONES.....	68
VIII. BIBLIOGRAFIA	69
ANEXOS	

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS.

Dedicamos este triunfo primero a DIOS, a nuestros padres por su sacrificio, apoyo incondicional, consejos, por creer siempre en nosotros y por darnos la motivación que necesitamos para salir adelante a pesar de las adversidades.

A nuestra hija Grecia Milena Benavides Rosales quien ha sido nuestra más grande inspiración para salir adelante, y ser el motor de nuestras vidas.

A nuestras hermanas por su amor, comprensión, por creer siempre en nosotros y apoyarnos en cada momento importante de nuestras vidas, gracias.

Agradecemos a nuestros asesores y jurados por brindarnos sus conocimientos, experiencia, tiempo e información para la realización de nuestro trabajo de graduación.

MERLYN YANETH ROSALES GONZALES

OSCAR LEONEL BENAVIDES MARTINEZ

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Página N°
1. Identificación de la vegetación en El Salvador vista como un conjunto de formas por (Lötschert, 1953).....	8
2. Clasificación en Formas de la Vegetación (Läuer, 1954)	10
3. Clasificación en Zonas de Vegetación (Lötschert, 1955).....	12
4. Zonas Climáticas y su Distribución en El Salvador (Guierloff-Emden, 1959).....	14
5. Clasificación de la Vegetación en cinco Zonas de vida (Holdridge, 1965).....	15
6. Clasificación en formaciones forestales de tierras bajas y altas; y formaciones no forestales (Daugherty, 1973).....	17
7. Clasificación en Comunidades Vegetales o Tipos de Vegetación (Flores 1977).....	18
8. Códigos y definición para cada una de las 17 formaciones vegetales encontradas En El Salvador (Ventura y Villacorta 2000).....	23
9. Códigos y definición para las formaciones vegetales encontradas en El Salvador, Actualización 2010 por Dr. Ir. Daan Vreugdenhil.....	26
10. Puntos de referencia para establecer perímetro del área de investigación.....	38
11. Puntos de verificación y levantamiento de datos Fisionómicos-Ecológicos.....	48
12. Unidades de vegetación encontradas en el área de estudio del volcán Chaparrastique de San Miguel utilizando la clasificación UNESCO 2010.....	51

INDICE DE FIGURAS

Figura Nº	Página Nº
1. Mapa de vegetación para El Salvador, según Lötschert, 1953.....	7
2. Mapa de la distribución de la cobertura vegetal de El Salvador Laüer (1954).....	9
3. Mapa de la distribución de la vegetación de El Salvador, (Lötschert en 1955).....	11
4. Mapa de zonas climáticas de El Salvador elaborado por H.G. Gierloff-Emdem (1959)..	13
5. Mapa de vegetación natural de ecosistemas terrestres y acuáticos (Ventura y Villacorta, 2000).....	22
6. Mapa de los ecosistemas de El Salvador, Actualización 2010 por Dr. Ir. Daan Vreugdenhil.....	25
7. Ubicación del volcán Chaparrastique de San Miguel; Departamento de San Miguel, El Salvador (CNR, 2010).....	34
8. Cabeceras municipales que forman parte de las laderas del sitio de estudio en el volcán Chaparrastique de San Miguel, tomado de Google Earth.....	35
9. Puntos de referencia para establecer perímetro del área de estudio en el volcán Chaparrastique de San Miguel.....	38

10. Captura de pantalla del proceso de obtención de recuadros.....	39
11. Proceso de obtención de recuadros y fusión de imágenes.....	40
12. Georreferenciación de las imágenes satelitales de Google Eart en el programa ArcView 3.2 con ayuda del modulo agregado SantiTools.....	41
13. Georreferenciación de imagen en ArcView GIS 3.2.....	42
14. Comandos para la clasificación no supervisada en ERDAS Imagine 8.6.....	43
15. Comandos para habilitar la selección de aéreas de entrenamiento.....	44
16. Editor de firmas en el cual se puede asignar valores a los conjuntos identificados en la clasificación no supervisada.....	45
17. Comandos para la clasificación supervisada en ERDAS Imagine 8.6.....	46
18. Grafica de Pastel representado las unidades de vegetación encontradas en el volcán Chaparrastique de San Miguel, utilizando la clasificación UNESCO.....	53
19. Layout final representando las unidades de vegetación en un mapa de Vegetación del volcán Chaparrastique de San Miguel.....	54
20. Herbáceas colonizando roca volcánica.....	55
21. Especie de la Familia Agavaceae, típica de formación de Páramo.....	56

22. <i>Piper marginatum</i> , presente en Bosque Tropical Semidecídúo Latifoliado, submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido IA3b (1).....	57
23. Izquierda: especies <i>Enterolobium cyclocarpum</i> “Conacaste negro”, Derecha: especie <i>Acacia hindsii</i> “iscanal” presentes en Bosque Tropical Decídúo Latifoliado, submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido IA3b (1).....	58
24. Sistemas productivos antropogénicos, estructuras agropecuarias: cultivo de Café (<i>Coffea arabica</i>) de sombra presente en el Volcán Chaparrastique de San Miguel.....	59
25. Sistemas Productivos Antropogénicos, estructura agropecuaria: cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>) presente en el Volcán Chaparrastique de San Miguel.....	60
26. Vista panorámica del volcán Chaparrastique de San Miguel tomada desde sendero en el Municipio de Placitas.....	61
27. Carretera que conduce a los municipios de San Rafael Oriente – San Jorge Departamento de San Miguel.....	62

RESUMEN

El mapa de la cobertura vegetal del volcán Chaparrastique de San Miguel 2012 se realizó con el propósito de describir las diferentes unidades de vegetación que la constituyen, se identificaron cuatro unidades de vegetación, utilizando el sistema de clasificación (UNESCO, 2010); Las cuales del total del área estudiada corresponden a: 1) Bosque Tropical Semidecíduo Latifoliado, submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido (4.42%) con código: IA3b(1); 2) Bosque Tropical Decíduo latifoliado de tierras bajas, bien drenado, secundario y/o intervenido (9.70%) código: IB1a(1); 3) Flujo de lava con escasa vegetación (7.65%) código: VIAd; 4) Pradera o páramo altimontano(1.74%) código: VC2b.

Se identificaron también unidades especiales o Sistemas Productivos Antropogénicos (SPA), que corresponden al 70.60% del área total de estudio; en esta clasificación se incluyen las zonas de cultivo o mezcla de sistemas productivos como: cultivo de maíz, frijol, maicillo, árboles frutales, hortalizas y el cafetal como cultivo permanente. El área urbanizada constituye (5.89%) del total estudiado.

El uso de nuevas fuentes de imágenes satelitales y nuevos procedimientos permitió delimitar con mayor exactitud las formaciones vegetales, encontrando grandes diferencias respecto a mapas realizados en años anteriores. Así mismo se encontró una clara regeneración o evolución de la vegetación en ciertas zonas, al compararlo con al mapa de Ventura y Villacorta (2000).

El mapa de la cobertura vegetal del volcán Chaparrastique de San Miguel es un precedente mas, que servirá para ordenamiento, planificación, monitoreo y manejo de la zona en estudio, y se recomienda más investigaciones de este tipo con el propósito de generar un Sistema de Mapeo Nacional de Vegetación en El Salvador.

I. INTRODUCCIÓN

En El Salvador, gran cantidad de cobertura vegetal se pierde cada año, esto debido a que el uso de la tierra está cambiando y siendo utilizada como zonas industriales, habitacionales o de cultivo. La deforestación total del país es de un promedio de 4.500 hectáreas al año, lo que ha provocado un nivel de reducción de los bosques naturales, que en la actualidad cubren apenas el 1.87% del suelo en todo el territorio Nacional, teniendo ya un grave impacto en el medio ambiente (Ruiz, 2010).

Particularmente la cobertura vegetal del Volcán Chaparrastique, ha sido afectada por la demanda de tierras para zonas de cultivos, ganadería, lotificaciones, ligado a una falta de gestión ambiental, la falta de un ordenamiento territorial; factores que han propiciado un aumento en el deterioro de la cobertura vegetal.

Los Sistemas De información Geográfica (SIG) hoy en día permiten realizar estudios y diagnósticos del estado de la cobertura vegetal mediante el análisis de imágenes satelitales de gran resolución (Landsat TM, Google Earth, Bing Maps), utilizando software especializado (ERDAS, ARVIEW), y apoyándose también en un sistema validado de clasificación de la cobertura vegetal con la cual se obtiene una base de datos que permiten el análisis del estado de la cobertura vegetal, en un momento determinado y para poder efectuar monitoreos posteriores.

La finalidad de esta investigación fue describir la cobertura vegetal del volcán Chaparrastique de San Miguel, mediante la georeferenciación de imágenes satelitales de Google Earth 2009, y su clasificación bajo el Sistema de Cartografía de la vegetación de la UNESCO 2010, con la cual se generaron productos cartográficos sistematizados, que se espera sirvan a las autoridades pertinentes de precedente para el ordenamiento, planificación, monitoreo y manejo de la zona estudiada.

II. MARCO TEORICO

2.1 Cobertura vegetal y la actividad humana.

La historia humana ha conocido por lo menos dos grandes revoluciones agrarias: la Revolución Neolítica y la Revolución Industrial (Siglo XIX): la primera transformó al cazador en agricultor, viendo como las sociedades se lanzaron al asalto del mundo vegetal; y la segunda lo aparejó con una profunda mutación en las técnicas agrícolas para transformarlo, domesticarlo y finalmente labrar nuevos paisajes que fueran productivos; pero los puntos establecidos para dichos cambios siguieron dependiendo fundamentalmente de la vegetación y de los recursos que esta encierra, lo cual aceleró el proceso de disminución de amplios espacios de vegetación (Ventura y Villacorta, 2000).

En El Salvador una gran cantidad de cobertura vegetal se pierde cada año, esto debido a que el uso en la tenencia de la tierra está cambiando y siendo utilizada como zonas industriales, habitacionales o de cultivo. La deforestación total del país tiene un promedio de 4.500 hectáreas al año, lo que ha provocado un nivel de reducción de los bosques naturales, que en la actualidad cubren apenas el 1.87% del suelo en todo el territorio Nacional, teniendo ya un grave impacto en el medio ambiente (Ruiz, 2010).

Según Ventura y Villacorta (2000), el volcán Chaparrastique de San Miguel, se encuentra predominado principalmente en su cobertura por zonas de cultivos permanentes (cafetales), roca desnuda, lava, bancos de arena y en menor proporción áreas de escasa vegetación sobre rocas, peñascos y coladas volcánicas (sucesión primaria).

2.2. Sistemas de información geográficos.

Los sistemas de información geográficos (SIG), son considerados como un conjunto formado por diferentes subsistemas o componentes, que actúan entre sí, y que se refieren a cada una de las etapas por las que circula la información; comúnmente llamados subsistemas son: etapa de ingreso de la información, almacenamiento, despliegue, análisis y etapa final que es la representación de un producto (FAO, 2006).

Los SIG, cuentan con elementos indispensables, con participación en cada una de las etapas antes mencionadas; ellos son: las bases de datos, el software, hardware y el recurso humano, siendo este último elemento, al que se le ha dado la mayor importancia en el desarrollo de este tipo de sistemas, ya que de él depende en gran medida la plenitud del análisis espacial, la cual es la característica más importante que poseen los SIG.

Un SIG almacena la información en temas que pueden enlazarse geográficamente, este concepto simple pero altamente poderoso y versátil ha probado ser crítico en la resolución de muchos problemas que van desde el rastreo registrando los detalles de la aplicación de planificación hasta el modelamiento de la circulación atmosférica global (FAO, 2006).

Para la FAO (2006), los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas que se requieren para almacenar, analizar y desplegar información geográfica. Entre programas más comunes en los SIG están: ArcView GIS, ILWIS, Erdas.

Los componentes más importantes de un SIG son los datos, estos deben ser geográficos y tabulares que pueden colectarse en terreno o bien adquirirlos a quien implementa el sistema de información. El SIG integra los datos espaciales con otros recursos y puede incluso utilizar la base de datos más común para organizar, mantener y manejar los datos espaciales y toda la información geográfica (FAO, 2006).

2.3. Referencia Geográfica

Para crear referencias geográficas explícitas (múltiples ubicaciones) a partir de referencias implícitas (descripciones tales como direcciones) se utiliza un proceso automatizado llamado decodificación. Estas referencias geográficas permiten localizar elementos en la superficie terrestre para ser analizados, por ejemplo, bosques o eventos tales como un terremoto; los sistemas de información geográfica trabajan con dos tipos fundamentales de modelos geográficos, el "modelo vector" y el "modelo raster" (FAO, 2006).

En el modelo vector, la información de puntos, líneas y polígonos es codificada y almacenada como una colección de coordenadas (x, y). La ubicación de un elemento punto, puede ser descrito como una simple coordenada (x, y); los elementos lineales como caminos y ríos, pueden ser almacenados como una colección de coordenadas de puntos; los elementos poligonales, como territorios de venta o cuencas de ríos, pueden guardarse como loops cerrados de las coordenadas. El modelo vectorial es extremadamente útil para describir elementos discretos.

El modelo raster ha evolucionado para modelar elementos continuos, una imagen raster está integrada por una colección de celdas (grillas) más bien como una cartografía o foto escaneada. Tanto los modelos raster como los vectoriales poseen ventajas y desventajas propias para el almacenamiento de datos geográficos, Los SIG modernos tienen la capacidad de manejar ambos modelos (FAO, 2006).

Los mapas tienen un lugar especial en un SIG, El proceso de hacer mapas es mucho más flexible que aproximaciones tradicionales cartográficas, manuales o automáticas, se inicia con la creación de bases de datos, y pueden digitalizarse mapas en papel y traducirse esta información a computadora-compatible y luego al SIG, la base de datos cartográfica basada en el SIG, puede ser continua y libre de escala, los productos cartográficos pueden crearse centrados en cualquier localidad, a cualquier escala y mostrando información seleccionada simbolizada efectivamente para destacar características específicas (Di Leo, 2002).

Con los SIG es posible realizar un mapeo de la vegetación de una región determinada, asignando polígonos digitales a las diferentes tipos de vegetación observados.

2.4. Cobertura Vegetal

Se puede definir cobertura vegetal a la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasa con diferentes características fisiológicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales; al realizar una clasificación de la cobertura vegetal, se incluyen la cobertura vegetal con intervención humana (Martínez *et al.*, 2006).

El uso de la terminología a aplicar en la clasificación de la cobertura vegetal es otro de los factores por discutir y determinar para su aplicación, debido a que existen una gran cantidad de clasificaciones para nombrar los diferentes tipos de vegetación estas clasificaciones se encuentran a nivel nacional, regional y mundial (Ceballos, 2001).

Para la clasificación de cobertura vegetal existe a nivel nacional e internacional un rango muy amplio de metodologías y criterios que son productos de diversos intereses u objetivos, y variadas posiciones filosóficas y epistemológicas. Frente a esta multiplicidad se ha generado algunos intentos de homologar y concertar sistemas (Olander y Segura, 1994).

2.5. Las comunidades vegetales.

Una comunidad de plantas puede ser definida como un conjunto de especies vegetales creciendo juntas en un lugar concreto que muestran una asociación o afinidad entre ellas. La idea de asociación es muy importante e implica que ciertas especies se encuentran creciendo juntas en unas localidades y ambientes determinados con mayor frecuencia de lo que sería esperable por puro azar. La mayoría de los ambientes en el

mundo sustentan ciertas especies asociadas que pueden, por tanto, ser caracterizadas como una comunidad vegetal (Alcaraz, 2010).

2.6. Clasificación y cartografía de la vegetación.

Para Alcaraz (2010), la clasificación y cartografía de la vegetación se fundamenta en los siguientes pilares:

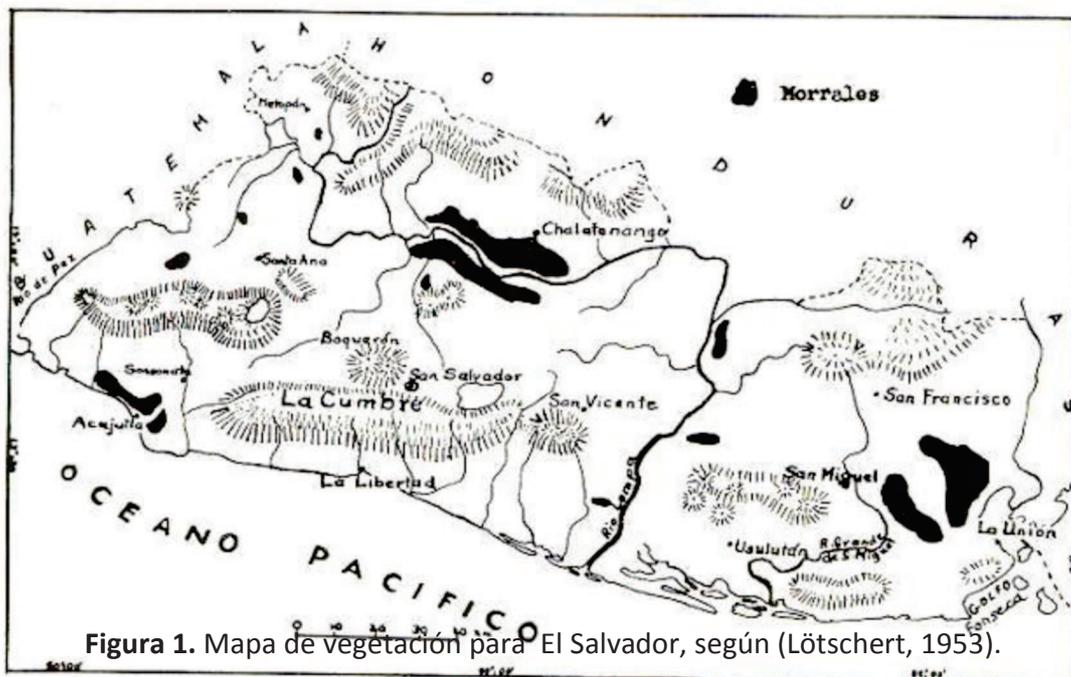
1. La vegetación es un objeto real, tangible, expresado en manchas reconocibles. Es un fenómeno real y puede ser estudiada.
2. Las diferencias entre las manchas de vegetación en términos de estructura, textura (composición florística) así como en términos de las características ambientales del hábitat en que se encuentra la vegetación, hace posible la clasificación de la vegetación; en otras palabras: podemos clasificar las manchas de vegetación en tipos de de vegetación.
3. La clasificación es una manera muy efectiva para simplificar la complejidad de la vegetación.
4. Los grados de diferencia entre los tipos de vegetación hacen posible construir un sistema jerárquico, que comprende una serie de tipos vegetación y su agrupación. El sistema jerárquico es otra forma efectiva de ver propiedades emergentes e importantes de los principales patrones de distribución de la vegetación.
5. La estructura y dinamismo de la vegetación es un resultado de las propiedades de sus poblaciones de plantas y de sus respuestas a la naturaleza, y el dinamismo del medio ambiente, pueden ayudar a su clasificación y cartografía (axioma vegetación–medio ambiente). En otras palabras: las condiciones ambientales determinan (junto con las propiedades de la vegetación misma) la complejidad de la vegetación.
6. Las manchas de vegetación se dan en el espacio, por lo tanto pueden ser cartografiadas en modelos espaciales; es decir, la complejidad de la vegetación puede ser recogida en un mapa.

2.7. Sistemas de Clasificación.

Tanto en la región Centroamericana como al interior de cada país, existen grandes vacíos en el conocimiento de la estructura y dinámica de la cobertura vegetal natural; así como en la clasificación de las comunidades vegetales; razón por la cual, no existe una propuesta clara para la toma de decisiones en la ejecución de proyectos conjuntos que ayuden al rescate de tan preciado recurso a través de una adecuada conservación y aprovechamiento sostenible de la cobertura vegetal (Ventura y Villacorta, 2000).

En cuanto a sistemas de clasificación de vegetación que existentes en El Salvador, Ventura y Villacorta, (2000). Reportan en sentido cronológico los estudios realizados desde la década de los cincuenta en el salvador:

- Lötsher (1953), elaboró la Clasificación de la Vegetación, utilizando zonas climáticas como un Conjunto de diez formas de vegetación y desarrolló el Mapa de Vegetación para El Salvador.



Cuadro 1. Identificación de la vegetación en El Salvador vista como un conjunto de formas por (Lötshert, 1953).

ZONA – MSNM	FORMAS Y DISTRIBUCIÓN
Tropical Húmeda Alta o Tierra Alta. (Mayor de 1600 a 1800).	<p>a. Bosques Nublados o nebulosos. Son regiones ricas en especies de las familias Hymenofiláceas, Bromeliáceas, Liliáceas, Smilacáceas y helechos arborescentes. Se Distribuye en la cordillera fronteriza con Honduras y en los volcanes excepto el de San Miguel.</p>
Tropical árida alta o Tierra Templada. (Mayor de 700 a 1000)	<p>a. Pinar. En volcán Tecapa y Alegría. Presencia de <i>Pinus oocarpa</i> y bien representada la familia Melastomaceae.</p> <p>b. Encinar. En alturas de los 1000 a 1900 msnm. Sustituido casi en su totalidad para cultivo de café. Colinas de Jucuaran y Volcán de Conchagua.</p> <p>d. Páramo. Presente en el volcán de Santa Ana, aunque en un tiempo existió en los volcanes de San Miguel y San Salvador.</p>
	<p>a. Costa acantilada. En Acajutla, El Cuco y La Libertad.</p> <p>b. Playa Ubicada sobre 2 o 3 terraplenes costeros.</p> <p>c. Manglar.</p> <p>d. Bosques Húmedos de los terrenos bajos. Existe en pocos lugares. Cerca del Puerto EL Triunfo, Hda. San Antonio en Sonsonate, al este de La Libertad, Valle del Río Lempa.</p> <p>b, c y d. Ubicados cerca de la costa.</p> <p>e. Bosque Secos que pierden el Follaje. Cubre la mayor parte del territorio nacional. Regiones del lago de Guija, cerca de la costa.</p> <p>f. Sabana. Región del Divisadero, San Andrés, Llanuras de Ahuachapán, del Río Lempa, Aguilares, Acajutla, San Miguel y La Unión.</p>

- (Läuer, 1954).Desarrollo la Clasificación de la Vegetación, utilizando zonas climáticas y la caracterizó como Formas de vegetación y elaboró el mapa de la distribución de la cobertura vegetal de El Salvador.

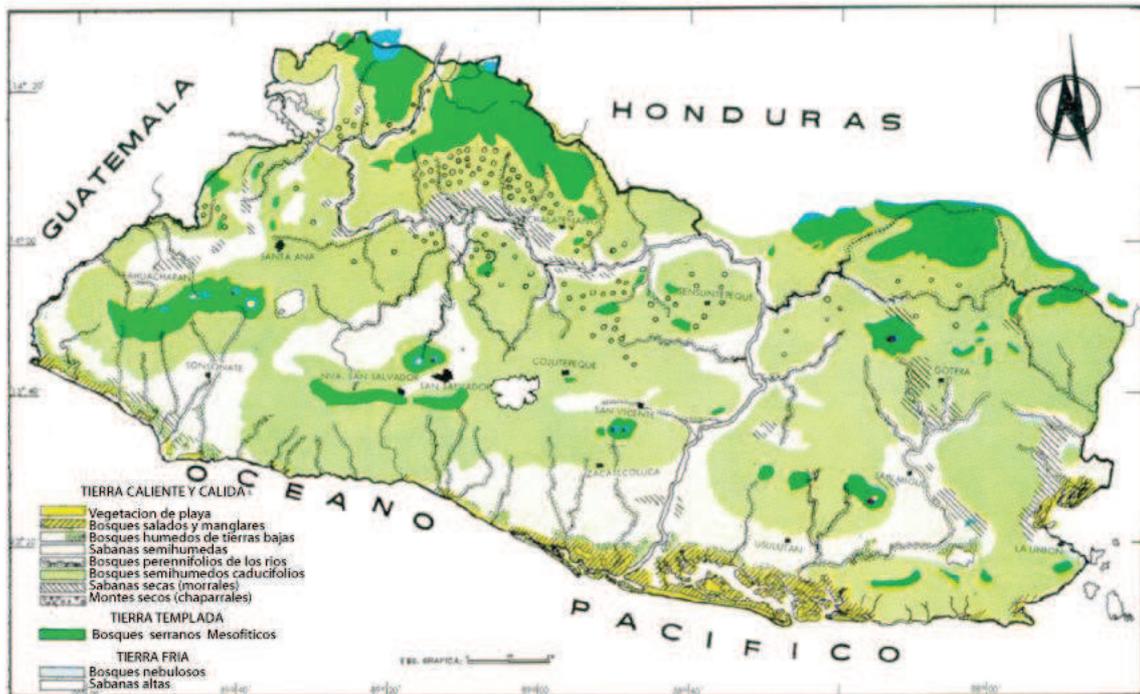


Figura 2. Mapa de la distribución de la cobertura vegetal de El Salvador (Läuer, 1954).

Cuadro 2. Clasificación en Formas de la Vegetación (Läuer, 1954).

Zona Climática	Forma de la Vegetación
<p>Tierra Caliente y Cálida 0 – 800 (1000) msnm</p>	<p>1. Vegetación de la Costa: 1.a. Vegetación de Playa 1. b. Bosques Salados (Manglares), explotados por la madera.</p> <p>2. Bosques Húmedos de los Terrenos Bajos: En las Planicies de la Costa y En los valles anchos de los ríos. (Casi toda sustituida para algodóneras, potreros y milpas).</p> <p>3. Sabanas Semihúmedas, Bosques Perennifolios de los Ríos o Bosque de Galería. (Se presenta en los paisajes ligeramente ondulados y suavemente ascendentes, especialmente los del Sur de la Cadena Costera, sustituido por cultivos diversos).</p> <p>4. Bosques Semihúmedos Caducifolios. Cubren la mayor parte del país. En las proximidades del Lago de Güija se encuentra un resto virgen de este bosque.</p> <p>5. Sabanas Secas (Morrales). Es una variación entre la sabana semihúmeda y del bosque semihúmedo. Talados para potreros.</p> <p>6. Montes Secos (Chaparrales). Formación de monte bajo y se desarrolla en suelos pobres al norte o noroeste del territorio nacional, talados para potreros.</p>
<p>Tierra Templada 800 (1000) 1800 (2000)</p>	<p>Bosques Serranos Mesofíticos. (Encinares y Pinares). Al norte de Metapán se encuentra Montecristo, Sierra de Apaneca y la Cumbre.</p>
<p>Tierra Fría 1800 (2000) msnm</p>	<p>a. Bosques Nebulosos. Casi todos los picos de las montañas. Grandes árboles de <i>Quercus spp.</i>, cubiertos con muchas epifitas.</p> <p>b. Sabanas Altas. Sobre los conos volcánicos (Santa Ana y San Miguel), se desarrollan principalmente por <i>Agaves</i>, arbustos de <i>Myrica mexicana</i> y de Ericáceas.</p>

- (Lötschert ,1955), utilizando las zonas climáticas, elaboró la Clasificación de la cobertura vegetal de El Salvador y la Clasificó en Tipos de Vegetación y a la vez elaboró el mapa de la distribución de la vegetación a nivel nacional.

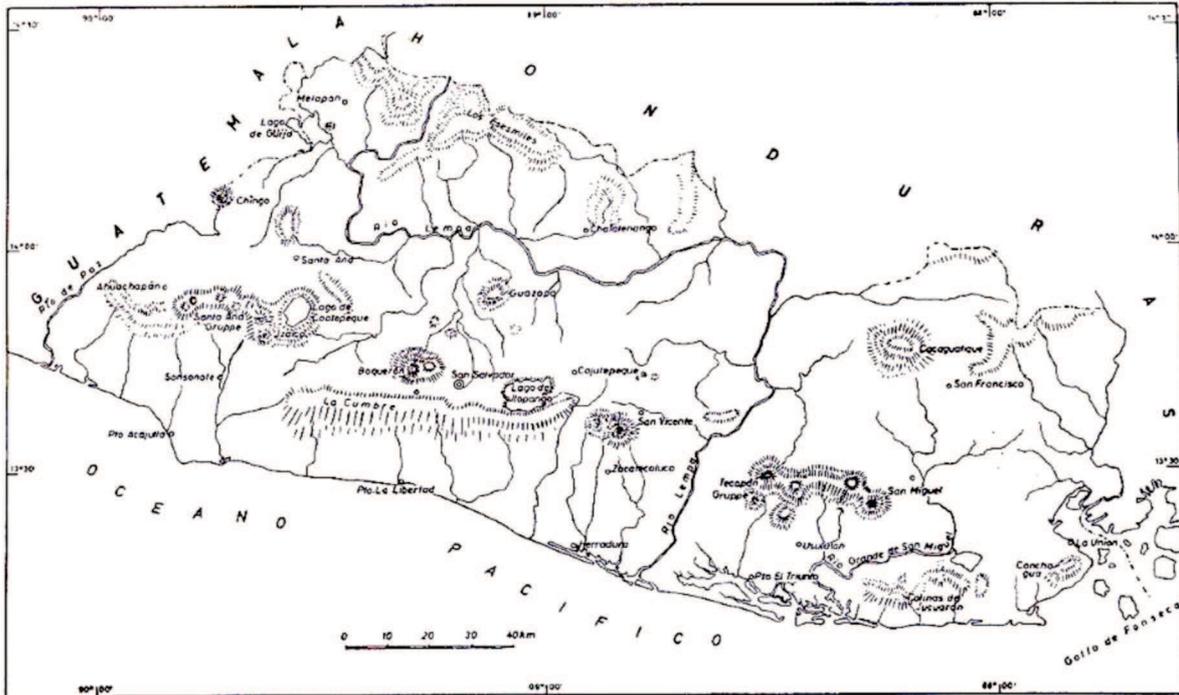


Figura 3. Mapa de la distribución de la vegetación de El Salvador (Lötschert, 1955).

Cuadro 3. Clasificación en Zonas de Vegetación (Lötschert, 1955).

ZONA DE VEGETACIÓN	MSNM	TIPOS DE VEGETACION
Zona Tropical Árida Baja	0 a 800 (1000)	Vegetación de Playa, Formación de Manglares, Bosques Húmedo –Caliente de los Terrenos Bajos, Bosques Pantanosos, incluyendo lagos, lagunas, zanjas de agua y pantanos, Bosques Secos Caducifolios, Bosques Semihúmedos Caducifolios: Barrancos, Sotos de <i>Curatella</i> , Sabana de morros, Sotos de “izcanal”.
Zona Tropical Árida Alta	800 (1000) a 1800 (2000)	Encinares (falda encinal, robledal). Pinares (ocotal), Cafetales Formaciones Secundarias de Arbustos.
Zona Tropical Húmeda Alta	1800 (2000)	Bosques Nebulosos, Arbustos de Ericáceas esquilados por el viento.
Unidades Especiales	----- -----	Asociaciones de Campos de lava , Ausoles, Paredones de los barrancos, Playas , Manglares.
Unidades Antropogénicas	----- -----	Plantaciones de café, Formaciones secundarias de arbustos, la cual cubre a veces áreas muy considerables.

- (Gierloff-Emdem, 1959). Basándose en datos estadísticos preliminares y sus propias observaciones de campo en los sitios visitados acerca de la distribución de la cobertura vegetal, publicó una clasificación climática y elaboró un mapa de zonas climáticas (relacionó temperatura con altura sobre el nivel del mar) en el que estableció al menos 7 diferentes comunidades vegetales asociadas a dichas zonas climáticas.

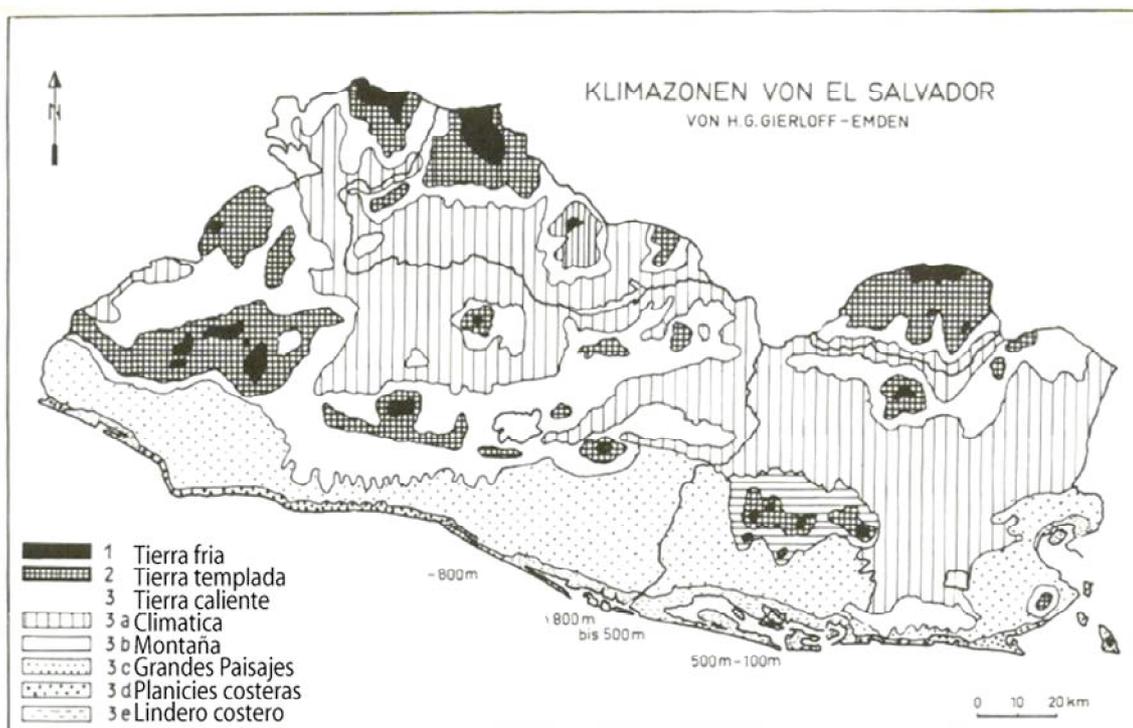


Figura 4. Mapa de zonas climáticas de El Salvador (Gierloff-Emdem, 1959).

Cuadro 4. Zonas Climáticas y su Distribución en El Salvador (Guierloff-Emden, 1959).

ZONA CLIMATICA	MSNM	DISTRIBUCIÓN EN EL SALVADOR
1. Tierra fría *	Más de 1800	Partes altas y serranías, cimas de los volcanes de más de 1600 msnm; y que a mas de 1800m se observan heladas.
2. Tierra Templada*	1800 a 800	Límite inferior de la altura de las zonas Tropicales, acá se encuentran las zonas cafetaleras más importantes de El Salvador.
3. Tierra Caliente		Se dividen seis sub-zonas.
3a. Climática	< 800	Todas las Montañas de elevación mediana y mesetas
3b. Montañas	de 800 a 500	Grandes paisajes de valles fluviales y de colinas del interior.
3c. Grandes paisajes	de 500 a 100	Por carecer de elevaciones las planicies costeras forman una
3d. Planicies costeras	< de 100	Región aparte que carece de vientos locales y a esto se debe el elevado calor ambiental. Todas las zonas de playa.
3e. Lindero costero	de 3 a 0	Sitio húmedo caliente propiamente subtropical.

* Las Zonas Climáticas 1 y 2 cubren el 17% del Territorio Nacional.

- (Holdridge, 1965).Desarrolló la clasificación de la vegetación de El Salvador en zonas de vida ecológicas y elaboró el mapa ecológico.

Cuadro 5. Clasificación de la Vegetación en cinco Zonas de vida (Holdridge, 1965).

Zonas de Vida	Descripción
Bosque Tropical Seco (bs-T)	Vegetación arbórea alrededor de los lagos de Guija y Metapán, sobre colina de lava de San Diego. 17640 ha. (0.8%).En esta área existe un remanente de bosque natural debido a que se desarrollo sobre lava volcánica. <i>Carica mexicana, Omphalea oleiphera, Cnidoscolus sp. Talisia olivaeformis, Myriospermun frutecen, Clorophora tinctoria, Plumeria rubra, Calycophyllum candidissimum, Tonduzia longifolia, Ceiba aesculifolia..</i>
Bosque Húmedo Tropical (bh-T) 450-700 msnm	Dos áreas: una entre Sonsonate y La Libertad; y otra al norte de San Francisco Gotera en la cuenca del Río Torola. Zonas con pendientes pronunciadas. 64890 ha (3.9%). En su origen debió ser un bosque impresionante. <i>Swietenia macrophylla, Cedrela salvadorensis, Ceiba pentandra, Myroxylon balsamun, Hymenaea courbaril, Tabebuia guayacán.</i>
Bosque Húmedo Subtropical (Caliente) (bh-T) 500-700 msnm	Esta es la principal zona de vida de El Salvador. 1,811.880 ha (85.6 %). Vegetación clímax disturbada en Nancuchiname, Parque Deininger, orillas del Río Lempa, asociación edáfica-húmedo de manglares en la Bahía de Jiquilisco. <i>Ceiba</i>

	<p><i>pentandra, Tabebuia rosea, Cedela fisilis, Lonchocarpus rugosus, Genipa caruto, Sapindus saponaria Hura crepitans, Trichilia glabra, Enterolobium cyclocarpum, Albizia adinocephala, Cecropia peltata, Acrocomia vinifera, Andira inermis, Simaruba glauca, entre otras.</i></p>
<p>Bosque muy Húmedo Subtropical (bmh-ST) 1000-1200 msnm</p>	<p>Zona inmediata superior al (bh-T) con 170,280 ha (8.1%). Se encuentra tanto en la cadena Volcánica central y en la cordillera del norte. En la práctica sustituida por cultivo de café. <i>Corton reflexifolius, Piscidia grandifolia y Alchornia latifolia.</i></p>
<p>Bosque muy Húmedo Montano Bajo (bnh-MB). 2000 msnm</p>	<p>Zona de Sabanetas, La Palma, Montecristo, El Pital, las partes altas de los volcanes de San Miguel, San Vicente, San Salvador y Santa Ana. 33750 ha (1.6%). <i>Cornus densiflora, Quercus sp., Podocarpus oleifolius, Beilschmedia sp., Brunellia sp., Drymis sp.,</i> helechos arborescentes. Presencia de muchas epifitas.</p>

- (Daugherty,1973).Basándose en el desconocimiento de la naturaleza y distribución precisa de la vegetación en los ecosistemas no perturbados de selvas o bosques originales en El Salvador a groso modo estableció que la vegetación presente en selvas y bosques se pueden agrupar en seis clases principales, divididas en formaciones forestales de tierras altas y bajas; además incluye en la vegetación original dos tipos no forestales con extensiones restringidas a la vegetación que coloniza las playas y los arbustos de cumbres borrascosas; no sin antes aclarar que en sus orígenes el territorio nacional estaba cubierto por varios tipos de selvas y bosques.

Cuadro 6. Clasificación en formaciones forestales de tierras bajas y altas; y formaciones no forestales (Daugherty, 1973).

Formaciones Forestales de Tierras Bajas	Formaciones Forestales de Tierras Altas	Formaciones no Forestales
1. Manglar o Bosque Salado	1. Asociación <i>Pinus-Quercus</i>	1. Vegetación que coloniza las playas
2. Selva perennifolia	2. Bosque Nebuloso	2. Arbustos de cumbres Ventarrosas
3. Selva baja Caducifolia.		
4. Selva de Galería		

- (Flores, 1977). Utilizando la nomenclatura de (Hernández Xolocotzy, 1968) y revisada por el mismo en el año de 1985, estableció tipos de vegetación y determinó 13 Comunidades Vegetales y las respectivas especies vegetales que las tipifican.

Cuadro 7. Clasificación en Comunidades Vegetales o Tipos de Vegetación (Flores, 1977).

COMUNIDADES VEGETALES (TIPOS DE VEGETACIÓN)	CARACTERISTICAS Y ESPECIES TÍPICAS.
1. Vegetación de Duna Costera (Vegetación de playa) 0-3 msnm	Considerables extensiones de formaciones de playa arenosas tipos terraplenes, constituyen el hábitat para la vegetación que bordea los esteros, bocanas, manglares y parte de tierra abierta hacia el continente Territorial. Cubre 2000 ha. Especies típicas: <i>Uniola pittieri</i> , <i>Joubea pilosa</i> , <i>Cenchrus equinatus</i> , <i>Ipomoea pescaprae</i> , <i>Heliotropium curassavicum</i> , <i>Calotropis gigantea</i> , <i>Caesalpinia crista</i> , <i>Pithecellobium dulce</i> .
2. Vegetación de Manglar 0 msnm	Bosque relativamente extenso debido a la gran cantidad de ríos y riachuelos que desembocan en el mar, los cuales aunque no sean caudalosos propician la formación de esteros, barras y bocanas, en las cuales hay mezcla de agua dulce y salada. También permiten tener un suelo fangoso lo que propicia el establecimiento de este tipo de vegetación. Las áreas mayores de Manglar se ubican en las desembocaduras en los Ríos Grande de San Miguel, Lempa, Guascoran, Cara Sucia y San Diego. Cubren una extensión de 27,582 ha. Especies típicas: <i>Ryzophora mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Avicenia nitida</i> , <i>Avicennia bicolor</i> , <i>Conocarpus erectus</i> y <i>Acrostichum aureum</i> .
3. Vegetación de	Comunidad con vegetación halofita, Caducifolia y constituye la

<p>Ecotono (Irilar) 3 a 5 msnm</p>	<p>zona de transición entre la vegetación de playa y los manglares, entre Selva baja Caducifolia y Selva Mediana Subcaducifolia. Cubre 3,873 ha <i>Coccoloba floribunda</i>, <i>Caesalpinia cristata</i>, <i>Mucuna andreana</i> y <i>Mucuna pruriens</i>. Estas especies hacen casi impenetrable este tipo de vegetación.</p>
<p>4. Vegetación de Palmar 3 a 700 msnm</p>	<p>Comunidad formada por: “palmas”, “huiscoyol” , casi siempre asociadas con selvas mediana Subcaducifolia, tanto las que bordean a ríos (bosques de galería) como los de las costas y las alturas de los volcanes. Especies representativas son <i>Brahea salvadorensis</i> e <i>Hyparrhenia rufa</i> y algunos <i>Ficus</i>. Esta vegetación es abundante en los alrededores del Golfo de Fonseca, Bahía de Jíquilisco, Estero de Jaltepeque, El Pimental y la Barra de Santiago. Esta comunidad cubre aproximadamente 6,070 ha.</p>
<p>5. Tular y Carrizal Sin altura definida</p>	<p>Comunidad vegetal formada por especies herbáceas que se desarrollan sobre terrenos pantanosos o lagunetas de poca profundidad en la periferia de lagunas. Son abundantes Especies del género <i>Thypha</i>, <i>Cyperus</i>, <i>Nymphaea</i>, <i>Eichornia</i>, algunas Aráceas y Gramíneas. Abunda en las Cañadas de la costa, los Pantanos de Ateos y Zapotitán y la Laguna El Jocotal, Lago de Guija, y la Laguna Limpia en Amatecampo. Cubre aproximadamente 1000 ha.</p>
<p>6.Selva Baja Caducifolia 800 a 900 msnm</p>	<p>Esta comunidad se caracteriza por que la mayoría de sus especies (80 %) pierden sus hojas durante el período más seco de la época seca (enero y febrero). Ocupa la mayor parte del Territorio nacional; colinda con Sabanas de Morro y Selva Mediana Subcaducifolia. Cubre una extensión de 1084 ha.</p>

	Presenta un solo estrato arbóreo formado por especímenes de 10 a 20 m de altura y un estrato bajo o herbáceo. <i>Acacia, Lysiloma, Diphisa, Annona, Apeiba, Bursera, Pitecolobium, Enterolobium, Ceiba, Cordia, Triplatis, Sapindus, Cochlospermun</i> , entre otras.
7.Selva Mediana Subcaducifolia	Sin altura definida. En esta comunidad el 50 a 75% de los árboles del estrato alto pierden las hojas en el mes mas seco de la época sin lluvia. 6,3323 ha. Cubre suelos aluviales y se extiende en parte de las cuencas hidrográficas hasta las planicies hasta la planicie costera.
8. Bosque de Encinos 900 a 1800 msnm	Llamados encinares pueden estar en asocio con <i>Pinus</i> y <i>Liquidambar</i> . Esta comunidad cubre una extensión de 206,847 ha en Monte Cristo, La Palma, Volcán de San Vicente y Cerro Verde. Por la afinidad climática con la Selva mediana Perennifolia y Subcaducifolia es frecuente encontrar es estas dos ultimas comunidades encinos.
9. Selva Media Perennifolia Bosque Caducifolio, Bosque Desiduo Templado,Bosque Desiduo de Montaña). 1000 a 2500 msnm	Comunidad vegetal ubicada en las cima de las montañas y sierras (8,500 has.); Cordilleras del Bosque Nebuloso, Norte (Trifinio y los Esesmiles. En la Cadena Volcánica Central (Volcán de San Vicente, Cerro verde y Volcán de Santa Ana. Comunidad vegetal más antigua de El Salvador, se caracteriza por presentar tres estratos: Un superior, con árboles que alcanzan de 15 a 40 m de altura (<i>Quercus, Magnolia, Alnus, Persea, Erytroxylon, y Nectandra</i> entre otros); Un estrato medio o bajo con helechos arborescentes, árboles y arbustos que van desde los 5 a 20 m de altura. Aquí, se incluyen también algunas palmeras. El estrato herbáceo inferior, formado por gramíneas, bromelias terrestres y rupícolas (saxícolas), piperáceas,

	Orquídeas y abundantes musgos. También hay un alto epifitismo y muchas lianas.
10. Sabana de Morros Sin altura definida	El carácter principal de esta comunidad es el estar formada por un estrato herbáceo con gramíneas como <i>Hyparrhenia ruffa</i> y <i>Andropogon spp.</i> ; con pocos árboles, principalmente Del género <i>Crescentia</i> , además se observa un gran epifitismo de orquídeas y cactáceas. Cubre extensiones considerables en San Miguel, Morazán y La Unión. 5,8276 ha.
11. Chaparral Sin altura definida	Una comunidad caracterizada por la presencia de pequeños arboles de <i>Curatella</i> , <i>Psidium spp.</i> , <i>Byrsonima crassifolia</i> y <i>Karwinskia calderonii</i> . Se le encuentra en sectores de San Vicente, Cabañas y Chalatenango.
12. Vegetación Secundaria Sin altura definida	Este tipo de vegetación reemplaza a través de la Regeneración Natural a las comunidades originales. Es la más abundante en términos de cobertura vegetal, tanto a nivel regional como Local. Los representantes típicos son de las familias Piperaceae, Moraceae, Urticaceae, Boraginaceae, entre otras. 2, 000.000.
13. Form. Acuáticas Sin altura definida	Vegetación dentro de los cuerpos de agua marinos y continentales.

- El mapa de vegetación natural y ecosistemas acuáticos (Ventura y Villacorta, 2000). Utilizando imágenes satelitales LANDSAT TM y aplicando la clasificación internacional y cartografía de la vegetación de la UNESCO, 1973.



REPUBLICA DE EL SALVADOR

MAPA DE VEGETACION DE ECOSISTEMAS TERRESTRES Y ACUATICOS

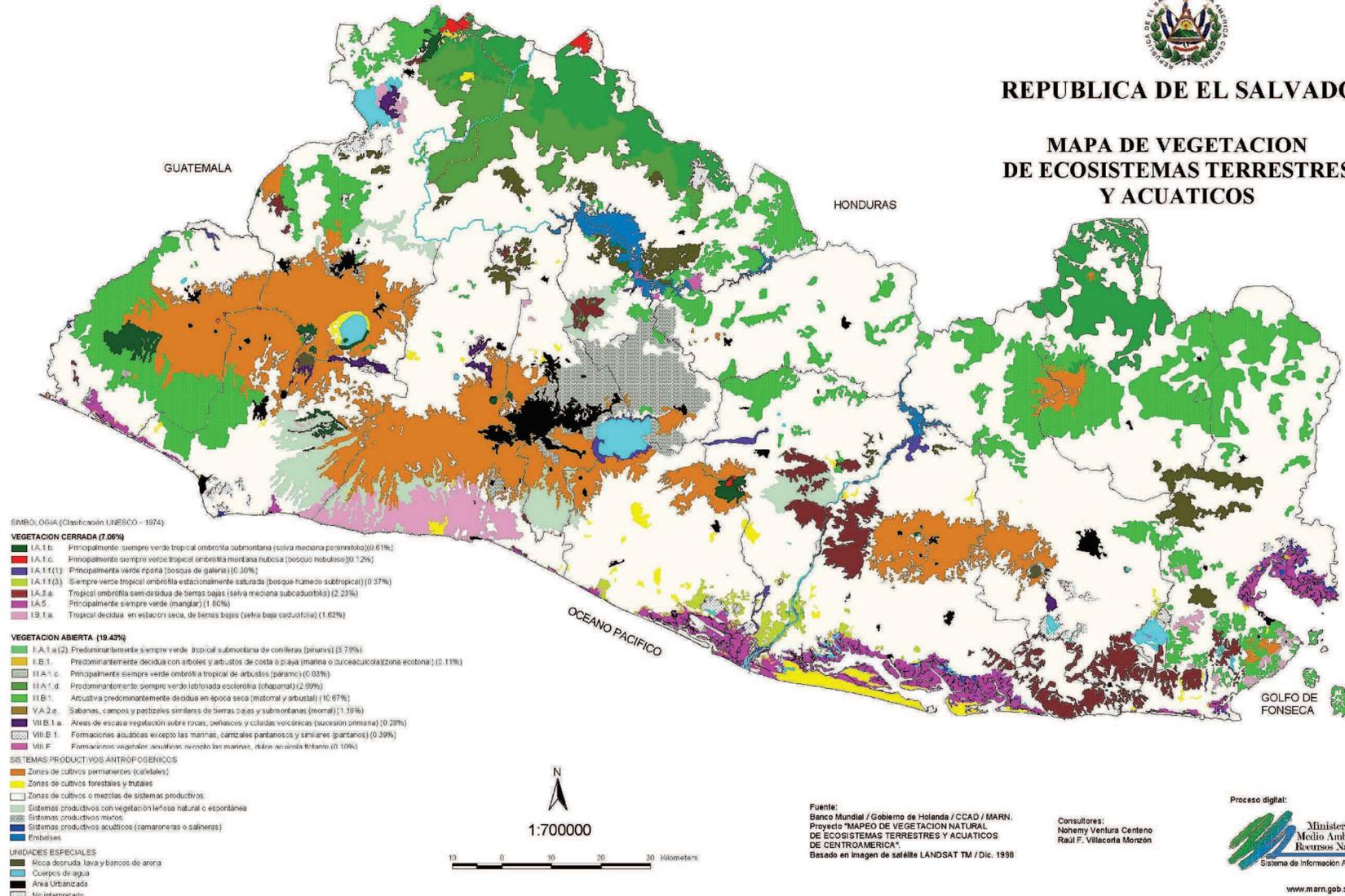


Figura 5. Mapa de vegetación natural de ecosistemas terrestres y acuáticos (Ventura y Villacorta ,2000).

Cuadro 8. Códigos y definición para cada una de las 17 formaciones vegetales encontradas en El Salvador (Ventura y Villacorta ,2000).

Nº	CÓDIGO	DEFINICIÓN POR FORMACION VEGETAL
1	I.A.1.b.	Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila submontana.
2	I.A.1.c.	Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila montana nubosa.
3	I.A.1.f. (1).	Vegetación cerrada principalmente siempre verde Riparia.
4	I.A.1.f.(3)	Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrófila estacionalmente Saturada.
5	I.A.3.a.	Vegetación cerrada tropical ombrófila semidecdua de tierras bajas.
6	I.A.4.	Vegetación cerrada principalmente siempre verde, Manglar.
7	I.B.1.a.	Vegetación cerrada tropical decidua en estación seca de tierras bajas.
8	II.A.1.a.(2)	Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontana de coníferas.
9	II.B.1	Vegetación abierta predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa o playa (Marina ó dulceacuícola) (Zona Ecotonal).
10	III.A.1.c.	Vegetación Abierta Principalmente Siempre Verde Ombrófila Tropical De Arbustos (Paramo).
11	III.A.1.d.	Vegetación abierta predominantemente siempre verde latifoliada Esclerófila (Chaparral).
12	III.B.1.	Vegetación Arbustiva predominantemente Decidua en época seca. (Matorral y Arbustal).
13	V.A.2.a.	Sabanas, campos y pastos similares, tropicales de tierras bajas y submontanas (Morrales).

14	VII.B.1.a.	Áreas de escasa vegetación sobre rocas, peñascos y coladas volcánicas (Sucesión primaria).
15	VII.C.1.	Áreas de escasa vegetación en acumulaciones arenosas (Dunas costeras del litoral).
16	VIII.B.1.	Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares.
17	VIII.E.	Formaciones acuáticas excepto las marinas, dulceacuícola flotante.
		OTRAS CATEGORIAS ASIGNADAS EN EL MAPA NACIONAL
18		Zonas de Cultivos Permanentes (Cafetales)
19		Zonas de Cultivos Forestales y/o Frutales
20		Zonas con cultivos, pastos y otros usos
21		Cuerpos de Agua
24		Acuicultura
25		Área Urbanizada
26		No Verificado
27		Roca desnuda, lava y bancos de arena.
28		Vegetación secundaria

- Actualmente la referencia más reciente es El mapa de los ecosistemas de El Salvador actualización 2010, del MARN equipo liderado por Dr. Ir. Daan Vreugdenhil, el cual esta basado en imágenes satelitales LANDSAT TM, apoyado en el análisis de imágenes de Google earth y aplicando la clasificación internacional y cartografía de la vegetación de la UNESCO, 2010.



Mapa de Ecosistemas de El Salvador. Actualización 2010

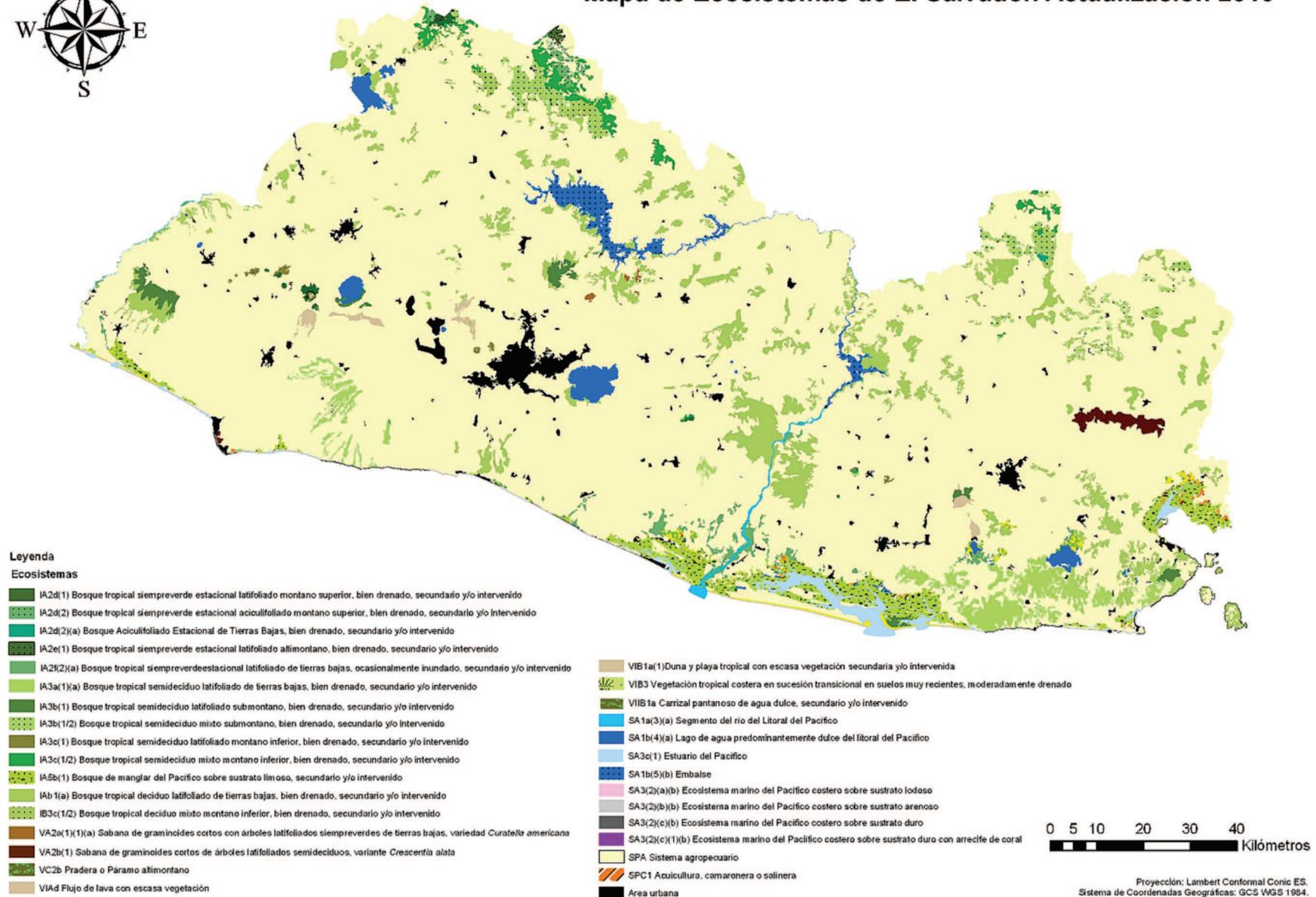


Figura 6. Mapa de los ecosistemas de El Salvador (Vreugdenhil, 2010).

Cuadro 9. Códigos y definición para las formaciones vegetales encontradas en El Salvador (Vreugdenhil, 2010).

Nº	CÓDIGO	DEFINICIÓN POR FORMACION VEGETAL
1	IA2d(1)	Bosque Tropical Siempre verde estacional latifoliado montano superior, bien drenado, secundario y/o intervenido.
2	IA2d(2)	Bosque Tropical Siempre verde estacional Aciculifoliado montano superior, bien drenado, secundario y/o intervenido.
3	IA2d(2)(a)	Bosque Aciculifoliado Estacional de Tierras Bajas, bien drenado, secundario y/o intervenido.
4	IA2e(1)	Bosque Tropical Siempre verde estacional latifoliado altimontano, bien drenado, secundario y/o intervenido.
5	IA2f(2)(a)	Bosque Tropical Siempre verde estacional latifoliado de tierras bajas, ocasionalmente inundado, secundario y/o intervenido.
6	IA3a(1)(a)	Bosque Tropical semideciduo latifoliado de tierras bajas, bien drenado, secundario y/o intervenido.
7	IA3b(1)	Bosque tropical semidecídúo latifoliado, submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido.
8	IA3b(1/2)	Bosque tropical semideciduo mixto submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido.
9	IA3c(1)	Bosque Tropical Semideciduo latifoliado Montano Inferior, bien drenado, secundario y/o intervenido.
10	IA3c(1/2)	Bosque tropical semideciduo mixto montano inferior, bien drenado, secundario y/o intervenido.
11	IA5b(1)	Bosque de manglar del Pacífico sobre sustrato limoso, secundario y/o intervenido.
12	IB1a(1)	Bosque tropical deciduo latifoliado de tierras bajas, bien drenado, secundario y/o intervenido.
13	IB3c(1/2)	Bosque tropical deciduo mixto montano inferior bien drenado secundario y o intervenido.

14	VA2a(1)(1)(a)	Sabana de gramínoles cortos con árboles Latifoliados Siempreverdes de Tierras Bajas, bien drenado, variante <i>Curatella Americana</i> , secundario y/o intervenido.
15	VA2b(1)	Sabana de gramínoles cortos de árboles latifoliados semi-decíduos, variante <i>Crescentia alata</i> .
16	VC2b	Pradera o "páramo", altimontano
17	VIAd	Flujo de lava con escasa vegetación
18	VIB1a(1)	Duna y playa tropical con escasa vegetación, secundaria y/o intervenida.
19	VIB3a	Vegetación tropical costera en sucesión transicional en suelos muy recientes, moderadamente drenado.
20	VIIb1a	Carrizal pantanoso de agua dulce, secundario y/o intervenido.
21	SA1a(3)(a)	Segmento del río del litoral del Pacífico.
22	SA1b(4)(a)	Laguna de agua predominantemente dulce del litoral del Pacífico.
23	SA3(2)(a)(b)	Embalse
24	SA1c(1)	Estuario del Pacífico
25	SA3(2)(b)(b)	Ecosistema marino del Pacífico costero sobre sustrato arenoso.
26	SA3(2)(c)(b)	Ecosistema marino del Pacífico costero sobre sustrato duro.
27	SA3(2)(c)(1)(b)	Ecosistema marino del Pacífico costero sobre sustrato duro con arrecife de coral.
28	SA3(1)b	Ecosistema pelágico del Pacífico.

2.7.1. Revisión Global de los sistemas de clasificación.

Vreugdenhil et al. (2003) describe varios esquemas que se han utilizado para describir y distinguir los ambientes naturales:

El Sistema de Zonas de Vida (Holdridge 1978): Este método asume que las clases de vegetación varían en función de ciertos gradientes climáticos y altitudinales; por lo tanto, cabe notar que el sistema de Holdridge es predictivo en lugar de descriptivo; Holdridge afirma que un sistema global de zonas de vida puede establecerse sobre la base de precipitación y temperatura, dicho sistema de clasificación utiliza el concepto “biotemperatura”, que toma en cuenta la gama de temperaturas óptimas para plantas; un segundo factor de temperatura que toma en cuenta es la disminución de la temperatura al incrementarse la elevación; un tercer factor es la evapotranspiración, para la que desarrolló su propia fórmula. Holdridge asoció luego un tipo de vegetación típica con las diferentes zonas de vida que había identificado con base en precipitación, biotemperatura, altitud y evapotranspiración. En una época en que las fotografías aéreas eran escasas (eran costosas, frecuentemente difíciles de obtener, y/o clasificadas militarmente), y las imágenes de satélite eran muy burdas y no estaban a la disposición del público, el método de zonas de vida de Holdridge proporcionó una clasificación oportuna basada en material disponible de mapas topográficos con líneas de elevación y mapas climáticos, aún estos últimos eran poco confiables, en estos días por las limitaciones en la recolección de datos. En esta época las estaciones meteorológicas eran escasas y en frecuentemente los datos eran poco confiables, especialmente en zonas rurales.

Las ecorregiones (Dinerstein, et al 1995). Representan una tipología de ambientes Naturales apropiadas para escalas continentales de alrededor de 1:5, 000,000 o mayores. La clasificación se había desarrollado en estudio del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y el Banco Mundial para establecer las prioridades de la conservación en América Latina y el Caribe; se define una ecorregión de la siguiente manera:

“Un conjunto geográficamente distintivo de comunidades naturales que comparten una gran mayoría de sus especies, dinámicas ecológicas, y condiciones ambientales similares, y cuyas interacciones ecológicas son críticas para su continuidad a largo plazo.”

Esta definición se asemeja a la definición de un ecosistema, pero difiere dramáticamente en relación a la escala a la cual está definida. Las ecorregiones de América Latina y del Caribe fueron mapeadas a una escala de alrededor de 1:10, 000,000; más tarde se explica que el método UNESCO usado para el Mapa de Ecosistemas de América Central no tiene limitaciones de escala. El problema del método desarrollado por Dinerstein et, all. (1995) Consiste que en ninguna parte define con base en cuales datos se debe identificar y poligonizar las condiciones ambientales; en esta época el acceso a imágenes de satélite era muy limitado y costoso, no existían mapas ecológicos de toda la región estudiada para poder mapear las dinámicas ecológicas y la confiabilidad de los mapas presentados en este estudio son cuestionables. Dinerstein et al. Explican que el método ha sido basado en consensos en talleres lo que significa que carece una base científica sólida. Además, con 21 ecorregiones para todo América Central, el número de las ecorregiones por país es tan bajo que en términos prácticos, no puede servir de base para determinar el grado de representatividad de sistemas de áreas naturales protegidas (Vreugdenhil et, all. 2003).

Los Sistemas de clasificación florística: Dependen de la composición de las especies o grupos de especies, en lugar de depender de los patrones fisionómicos de especies dominantes; los patrones de sucesión, los disturbios y la historia de las comunidades naturales pueden evaluarse en mayor detalle a través de la composición florística que a través de la fisionomía.

Las asociaciones de plantas que comparten especies diagnósticas se agrupan en unidades florísticas superiores llamadas alianzas, órdenes y clases; las “especies características” se basan en el concepto de la fidelidad, es decir, el grado en que una especie está limitada a una asociación definida; las especies características y otras de alta fidelidad, junto con ciertas consideraciones ecológicas y geográficas, ayudan a definir una asociación.

Vreugdenhil *et, al.* (2010). Analizó científicamente las mejores opciones para determinar la representación de especies en áreas protegidas. El informe concluyó que los métodos que se basan principalmente en colecciones, inventarios de especies y evaluaciones ecológicas rápidas, siempre son fuertemente predispuestos por una variedad de procesos y decisiones humanas como:

- Acceso (Los inventarios se benefician en áreas con disponibilidad de vías de Acceso)
- Cercanía a centros de investigación y residencias de taxónomos (En un radio de 10 – 20 km de centros las residencias de excelentes taxónomos se acumulan listas extraordinarias de especies.
- Las preferencias por sitios famosos (especialmente los observadores de aves) tienen afinidades a ciertas áreas de preferencia que siempre vuelven a ser estudiados y tales áreas acumulan listas de especies extensas.
- Las preferencias de taxas: especialmente taxas populares (aves, orquídeas) acumulan listas largas.

Este autor concluyó que “Ningún método taxonómico puede identificar todas las especies en un área y más difícilmente aún determinar la distribución de cada especie. Cualquier inventario representa una colección muy incompleta de observaciones influenciadas por prejuicios o preferencias. Tras un análisis extenso de la literatura mundial, se concluyó que ecosistemas definidos con base en criterios fisionómicos-ecológicos medibles sirven para la identificación de juegos de especies parcialmente distintas, sin la necesidad de conocerlas a todas; se argumentó que los ecosistemas basados en criterios medibles en el campo e identificables con sistemas de información geográfica en imágenes de satélite y fotos aéreas, pueden representar “juegos de especies”; los ecosistemas pueden ser clasificados en polígonos de forma razonablemente homogéneos. Cada polígono con ciertos parámetros distintos a los demás tiene condiciones ecológicas distintas.

2.7.2. El Sistema UNESCO de clasificación Fisionómico-Ecológico.

El sistema UNESCO describe las estructuras de las formaciones de la vegetación sobre la tierra y bajo el agua y sus coberturas, tal y como se observan en el campo, descritas como “formas de vida de plantas”. Esta clasificación es fundamentalmente un sistema de clasificación jerárquica de vegetación, independiente de especies; toma en cuenta factores ecológicos como la estructura (formaciones) de la vegetación, el clima, la elevación, las influencias humanas (como el pastoreo), los regímenes hídricos y ciertas estrategias de supervivencia (como la estacionalidad).

Las formaciones de vegetación son consideradas adaptaciones a condiciones ecológicas tales como condiciones distintas del clima, drenaje, fuego, pasto, etc. Según los autores, el sistema ha sido elaborado para una escala 1:1, 000,000, pero Vreugdenhil et al. (2003). Observaron que en realidad, el sistema no tiene límites de escala y se puede usar a escalas muy finas, dependiendo del detalle de las imágenes del área de estudio. Con base en fotos aéreas, una escala de 1:5000 es bien factible. En general un SIG no tiene una escala específico.

La clasificación de la UNESCO tiene un carácter fundamentalmente fisionómico estructural, con información ecológica suplementaria integrada en sus diferentes categorías y aplicable a la vegetación natural y seminatural. Aunque relativamente completa, está organizada de forma que permita la adición de nuevas categorías cuando sea conveniente; las unidades en esta clasificación, son unidades de vegetación e incluyen formaciones de mayor importancia y distribución, así como formaciones intervenidas. (UNESCO, 2010).

Los diferentes niveles de la jerarquía de clasificación UNESCO se distinguen por distintos símbolos:

I, II, etc = Clase de Formación

A, B, etc. = Subclase de Formación

1, 2, etc. = Grupo de Formación

a, b, etc = Formación

(1), (2), etc. = Sub-Formación

(a), (b), etc. = Subdivisiones adicionales.

De las 30 formaciones vegetales propuestas por UNESCO (1973), para la región centroamericana, Ventura y Villacorta (2000) identificaron 17 para El Salvador, y como agregado definieron 10 unidades especiales; siendo las siguientes las identificadas en la región del volcán Chaparrastique de San Miguel.

VII. B.1.a. Áreas de Escasa Vegetación, Rocas Peñascos y coladas Volcánicas.

Esta formación vegetal se caracteriza por presentar diferentes estadios de desarrollo, desde la presentación de roca desnuda o cubierta por líquenes costrosos, musgos, helechos, gramíneas, compuestas y leguminosas herbáceas; hasta presentar espacios cubiertos con arbustos y árboles de bajo porte. Especies con alturas promedio de 5 metros y representativas de esta formación vegetal son: *Cochlospermum vitifolium*, *Bursera simarouba*, *Pentas lanceolata*, *Cnidoscopus urens*, *Threma micrantha*, *Epiphyllum stricta*, *Bauhinia unguolata*, *Omphalea oleifera*. En estas áreas hay espacios cubiertos por grandes colchones de gramíneas, por un estrato arbustivo con dominio de Compuestas, Malpighiaceas Cactaceas y en otros se presentan arboles con promedio de 7 metros de

altura. Además se observan muchos insectos, razón por la cual también se observan muchas aves (Ventura y Villacorta, 2000).

III. A.1.c. Vegetación Abierta Principalmente Siempre Verde Tropical Ombrófila de arbustos achatados y Congestos (Páramo). Esta formación vegetal se caracteriza por presentar especies vegetales semi-esclerófilos de hojas anchas y suaves. Se caracteriza por presentar especies de la familia Ericaceae, Agavaceae, Onagraceae y Plantaginaceae. Se presenta un pequeño relicto en la cima del Volcán de Santa Ana; el cual a pesar de no tener la altura requerida para desarrollar una vegetación de Páramo es notorio la presencia de especies que tipifican dicha formación vegetal, tal es el caso de especies de la familia antes mencionada. Se considera que es interesante esta condición para el Volcán de Santa Ana y probablemente se encuentren sitios similares en otros volcanes, lo cual justifica una vez más la necesidad de continuar las verificaciones de campo.

Es importante mencionar que Lötschert en 1953, reportó que esta formación vegetal estuvo representada en El Salvador en sectores de los Volcanes de Santa Ana, San Salvador y San Miguel ubicado en los departamentos del mismo nombre (Ventura y Villacorta, 2000).

Otras categorías asignadas en el mapa Nacional por Ventura y Villacorta (2000) y que se encontraron en la zona del Volcán de San Miguel;

Sistemas Productivos Antropogénicos, Zonas de Cultivos Permanentes (Cafetales).

Zonas con cultivos, pastos y otros usos.

Roca desnuda, lava y bancos de arena.

Área Urbanizada.

III. METODOLOGÍA.

3.1. Ubicación geográfica del area de estudio.

El Volcán Chaparrastique conocido como volcán de San Miguel, se ubica en la región oriental de la Cordillera Volcánica de El Salvador, a 11 kilómetros al occidente de la ciudad de San Miguel (Figura 7), concretamente en las coordenadas: N13° 26' 2" y W88° 16' 9" (SNET, 2003).



Figura 7. Ubicación del volcán Chaparrastique de San Miguel; Departamento de San Miguel El Salvador (CNR, 2004).

Las laderas forman parte de las municipalidades de San Miguel (Figura. 8), Quelepa, Moncagua, Chinameca, San Jorge, San Rafael Oriente y El Tránsito, todas del Departamento de San Miguel (SNET, 2003).



Figura 8. Cabeceras municipales que forman parte de las laderas del sitio de estudio en el volcán Chaparrastique de San Miguel, tomado de Google Earth.

3.2. Características generales del área de estudio.

El edificio volcánico es asimétrico y constituye el único elemento significativo del relieve sobre una planicie de 100 metros de altitud media que lo rodea en sus laderas este, sur y oeste. En su flanco norte se interestratifica con el del cerro El Pacayal. En la parte más baja de las laderas pasa la carretera que une la Panamericana con la Litoral a través del municipio de San Jorge.

El software Google Earth revela que el volcán Chaparrastique de San Miguel es el tercer volcán más alto de El Salvador con una elevación de 2.100 m.s.n.m., 11.50 kilómetros de perímetro y un cráter circular con un diámetro de 800 metros. Sus laderas tienen una pendiente media superior al 40%, alcanzando hasta un 75% en las partes más altas y entre un 15 y 30 % en las zonas que conforman el pie del cono volcánico.

El volcán Chaparrastique de San Miguel está formado por diferentes capas de rocas volcánicas de composición basáltica. Se considera activo tanto por su actividad histórica como por su actividad actual. Se tiene conocimiento de al menos 26 erupciones durante los últimos 304 años; en el presente, cuenta con un alto nivel de actividad sísmica y emisión permanente de gases a través de fumarolas del cráter (SNET, 2003).

Desde la fundación de la ciudad de San Miguel, en 1530, el volcán Chaparrastique de San Miguel ha producido ocho flujos de lava a través de fisuras en las laderas del cono volcánico. La erupción más significativa ocurrió en 1762, cuando la lava se dirigió a la ciudad de San Miguel. La última actividad eruptiva con emisión de lava ocurrió en 1976 y la última explosión con lanzamiento de cenizas tuvo lugar el 16 de enero de 2002 (SNET, 2003).

3.2.1. Factores Climáticos.

A pesar de que el departamento de San Miguel es uno de los más cálidos del país, el volcán Chaparrastique cuenta con temperaturas bajas, promediándose anualmente con 25°C, una temperatura máxima de 35°C y una mínima de 20°C; una humedad relativa anual que varía, para la zona Oeste con 74%, y para la zona Este del volcán 66% de humedad relativa. La cantidad de luz solar media anual es de 7.5 horas/día, y una radiación solar media anual de 380 cal/cm² día. Cuenta con una precipitación promedio anual de 1,400 mm (SNET, 2006).

3.2.2. Vegetación.

La vegetación del volcán Chaparrastique se caracteriza por tener especies del estrato arbóreo, árboles medianos y arbustos en diferentes estadios de desarrollo desde la presentación de roca desnuda o cubierta por líquenes costrosos, musgos, helechos, gramíneas, compuestas y leguminosas herbáceas; hasta presentar espacios cubiertos con arbustos y árboles de bajo porte; especies con alturas promedio de 5 metros y

representadas por *Cochlospermum vitifolium*, *Bursera simarouba*, *Pentas lanceolata*, *Cnidoscopus urens*, *Threma micrantha*, *Bauhinia unguolata*, *Omphalea oleifera*. En estas áreas hay espacios cubiertos por grandes colchones de gramíneas, por un estrato arbustivo con dominio de compuestas, malpighiaceae, cactaceae y en otros se presentan arboles con promedio de 7 metros de altura (Ventura y Villacorta, 2000).

Entre los arboles de gran altura están: “conacaste” (*Enterolobium cyclocarpum*), “ojushte” (*Brosimum sp*), “cedro” (*Cedrela sp*), “amate”(Ficus sp), “ceiba”(Ceiba pentandra), también hay árboles frutales como: “nance” (*Byrsonima crassifolia*), “mango” (*Mangifera indica*), entre otros.

3.2.3. Aspectos socioeconómicos.

La Producción agrícola de la zona la constituyen principalmente el cultivo del café, frijol y maíz; también existe como actividad agraria la crianza de ganado bovino y porcino. En cuanto a la Industria y Comercio, la principal industria de la zona lo constituye la elaboración de productos del henequén, materiales para la construcción y el procesamiento del café. La actividad comercial es realizada en conjunto con las cabeceras municipales de San Miguel (CNR, 2004).

3.3. Desarrollo metodológico.

3.3.1. Georreferenciación de la imagen satelital.

Los límites perimetrales se establecieron en un radio de 5.75 kilómetros a partir del centro del cráter del volcán (Figura 9), distancia en la que se estimó que el gradiente de inclinación de las laderas era mínimo para considerarse parte del volcán; por lo que se tomaron cuatro puntos para establecer el perímetro del área de investigación correspondientes a los cuatro puntos cardinales, comprendidos en la tabla de referencias

geográficas perimetrales (Cuadro 10). De esta manera se cierra un polígono de 132.25 km² de área de estudio que corresponde al 100% del área del volcán.

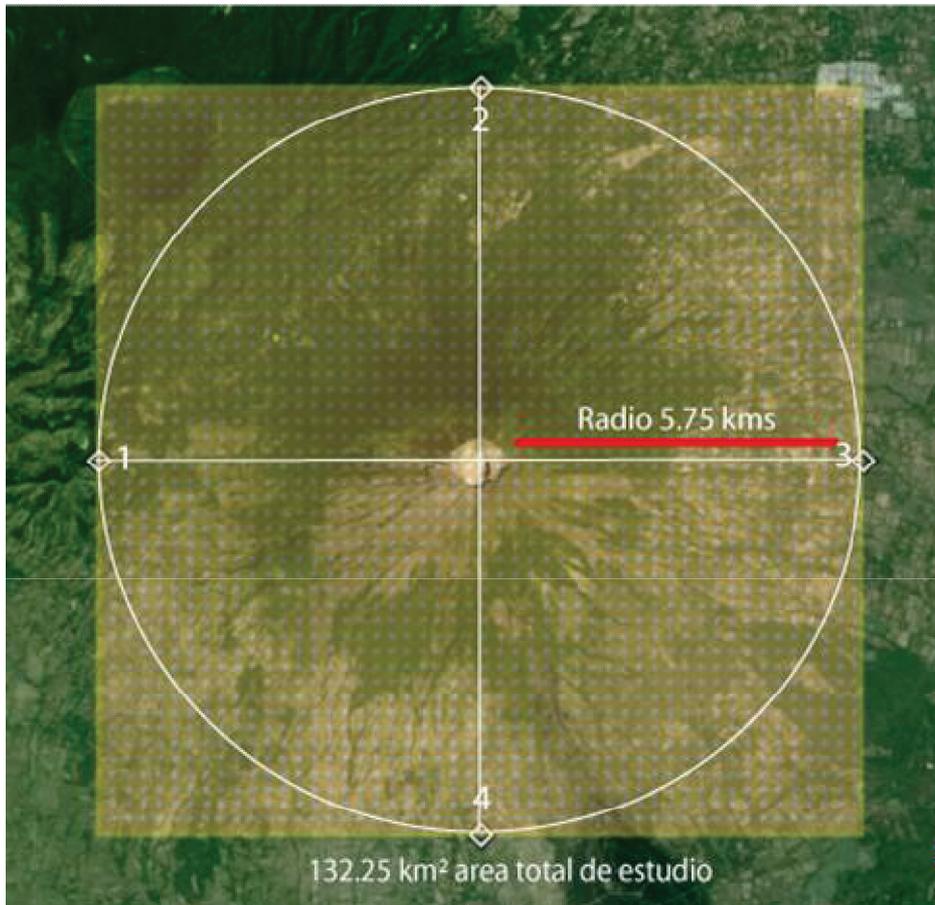


Figura 9. Puntos de referencia para establecer perímetro del área de estudio en el volcán Chaparrastique de San Miguel.

Cuadro 10: Puntos de referencia para establecer perímetro del área de investigación.

Punto de referencia	Latitud	Longitud
1	13°25'57.20"N	88°19'27.83"O
2	13°29'2.00"N	88°16'15.73"O
3	13°25'57.29"N	88°13'3.30"O
4	13°22'52.62"N	88°16'15.64"O

3.3.2. Interpretación de la Cobertura Vegetal.

La interpretación de la cobertura vegetal del área, se realizó con el procesamiento de imágenes basadas en satélite del programa Google Earth 5.2.1. de alta resolución, el cual incluyó imágenes satelitales actualizadas al 2009 para la zona de estudio; dichas imágenes se capturaron en recuadros de 5000 por 5000 metros, con el propósito de lograr una mayor resolución en cada recuadro.

Utilizando la plataforma del sitio <http://maps.google.es/> se posiciono el objetivo sobre el volcán, y mediante la opción “Enlazar” que genera un código HTML para insertar en sitio WEB, y se modifican los siguientes valores al código:

```
iframe width="5000" height="5000"
```



Copia este código HTML para incrustar el mapa en tu sitio web.

```
<iframe width="5000" height="5000" frameborder="0"
scrolling="no" marginheight="0" marginwidth="0"
src="https://maps.google.com.sv/maps/ms?msa=0&
amp;msid=205010535175081300372.0004e1996fe9
1297eb70d&amp;ie=UTF8&amp;t=h&
amp;ll=13.46257,-88.166351&
amp;spn=0.013043,0.013408&amp;z=19&
amp;output=embed"></iframe><br /><small>Ver <a
href="https://maps.google.com.sv/maps/ms?msa=0&
```

Figura 10. Captura de pantalla del proceso de obtención de recuadros.

Donde el valor numérico de Width y Height determinan el largo y ancho respectivamente de la proyección en pantalla. El nuevo código se ejecuto en un archivo *.HTML, y para poder ser capturado en un archivo multimedia *.png, se utilizo la extensión Screengrab 0.96.3 del navegador web Mozilla Firefox 16.0.2. Se realizó este procedimiento hasta completar cuatro escenas de alto tamaño y resolución que fueron fusionadas mediante el programa editor de imágenes Adobe Photoshop CS3, asegurando

un empalme a nivel de pixel en los recuadros. La imagen satelital resultante fue la materia prima para trabajar la digitalización.

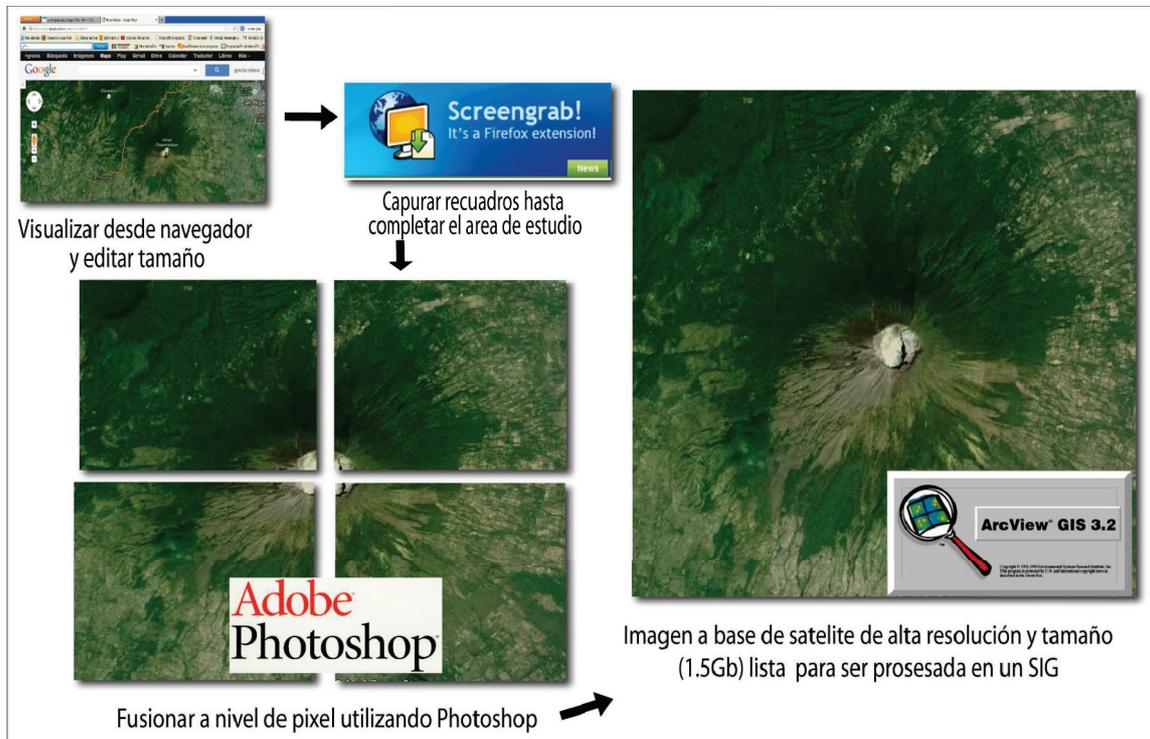


Figura 11. Proceso de obtención de recuadros y fusión de imágenes.

El proceso de georeferenciación de la imagen satelital se realizo mediante el método de “imagen a imagen”, a partir de escenas ortocorregidas existentes, de fechas anteriores, con la extensión Santitools del programa ArcView 3.2, se introdujeron 5 puntos de control para la imagen satelital, mediante el menú “ST Warp” en donde:

- Set From View: se seleccionan los puntos control de proyecciones ortocorregidas.
- Set To View: se busca de manera visual el mismo punto en la imagen a georeferenciar.

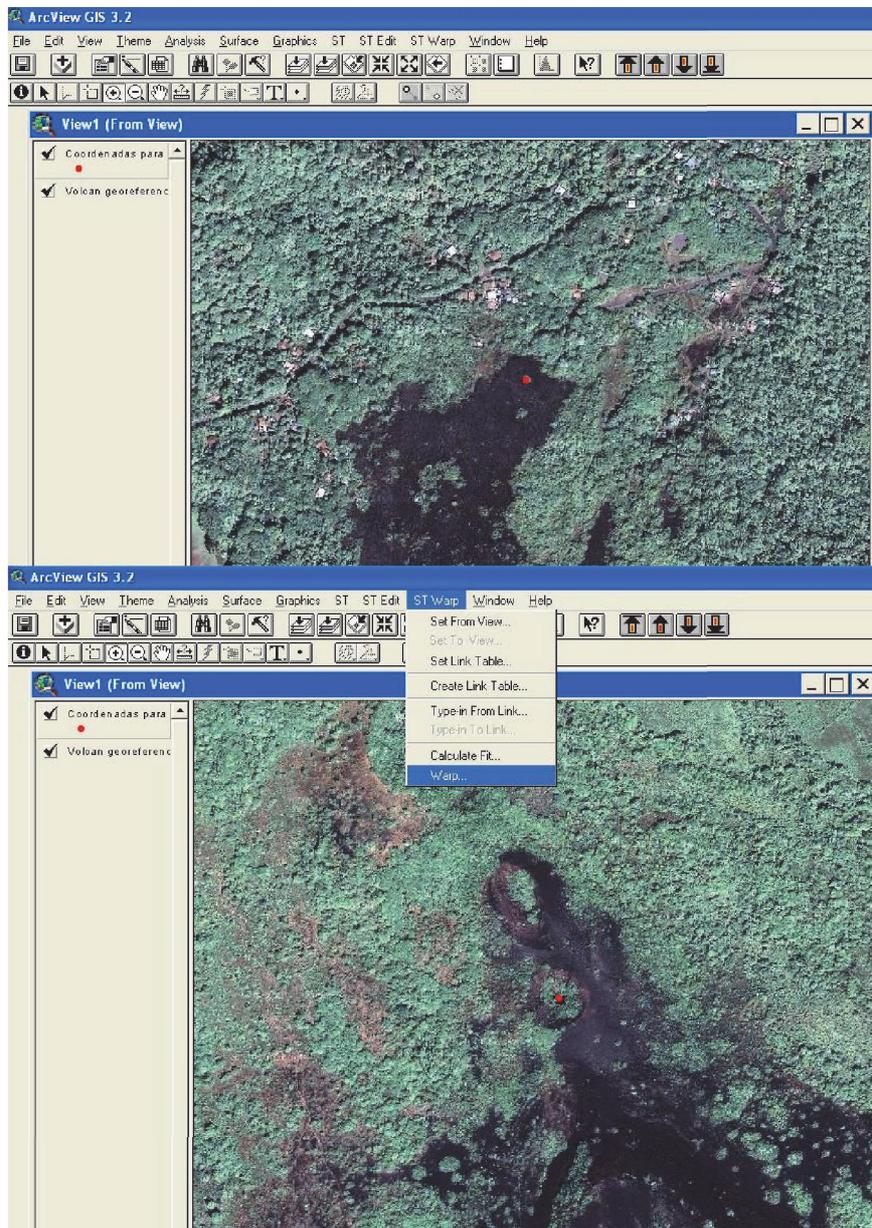


Figura 12. Georreferenciación de las imágenes satelitales de Google Earth en el programa ArcView 3.2 con ayuda del modulo agregado SantiTools.

Se creó una tabla de vínculos mediante el menú “ST Warp/Create link Table” en donde se almacenaron automáticamente las coordenadas señaladas en los puntos, y para completar la georeferenciación menú “ST Warp/Warp y automáticamente se genero en

ArcView una imagen georeferenciada en sistema de coordenadas Lambert la cual se guarda en formato IMG.

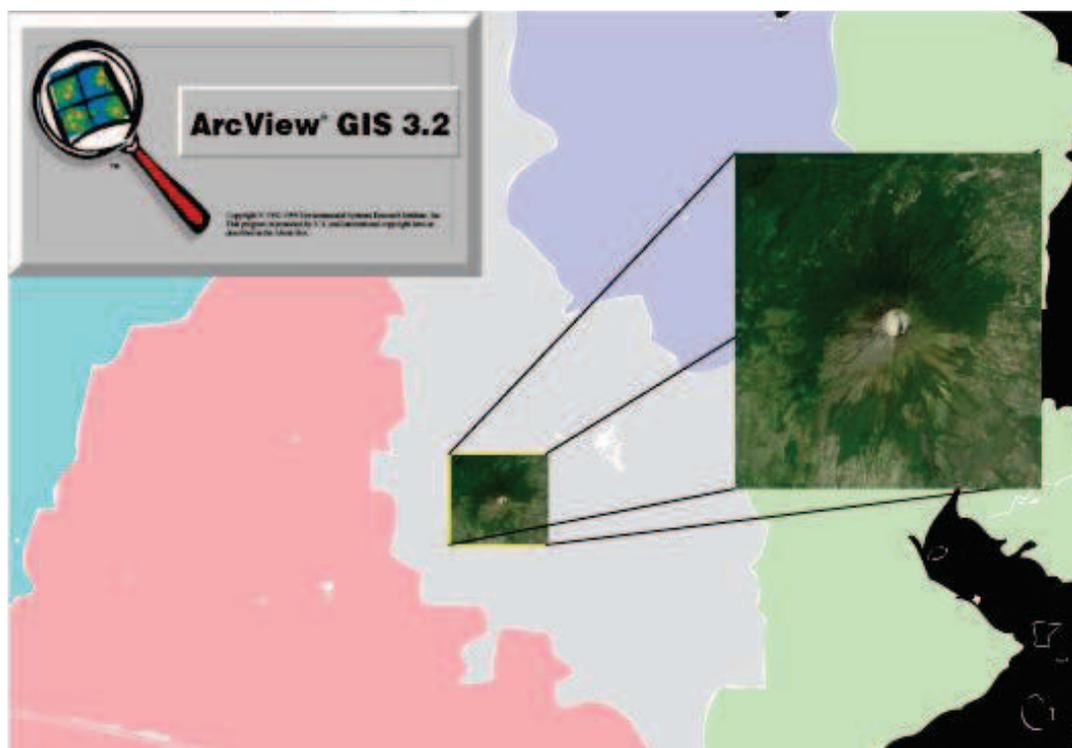


Figura 13. Georreferenciación de imagen en ArcView GIS 3.2

Con ello se garantizó un buen empalme entre cada una de ellas y continuidad de la cobertura vegetal para la totalidad del volcán, con un error planimétrico promedio de 10 metros en la imagen. Sin embargo fue necesaria la comprobación de la georeferenciación en el campo, para ello se realizaron visitas al sitio de estudio y se georeferenciaron con un GPS marca Garmin modelo eTrex, puntos de referencia que posteriormente fueron verificados en el SIG.

3.3.3. Identificación de las diferentes formaciones vegetales presentes.

La clasificación digital de imágenes de satélites, se basó en la identificación y agrupamiento de valores visuales, mediante el programa ArcView 3.2. Se utilizaron las imágenes satelitales de Google Earth 2009, posteriormente se trabajaron las imágenes en el programa ERDAS Imagine 8.6. Debido a su capacidad para procesar datos geospaciales en modelo raster; en donde se obtuvo el rango de valores digitales que identificaron a cada categoría y que se encontraron almacenados en cada píxel de la imagen.

Para la identificación de las formaciones vegetales se permitió que el software ERDAS Imagine 8.6 identificara y discriminara los componentes del mapa satelital (Clasificación no supervisada), mediante el menú "Classifier/Unsupervised Classification" en donde:

- Input Raster File (*.img): se introduce ubicación y nombre de la imagen satelital
- Output Cluster Layer Filename (*.img): se le asigna nombre al nuevo archivo de imagen clasificado.
- Output Signature Set Filename (*.sig): se le asigna nombre a la base de datos que contendrá la información de la clasificación.

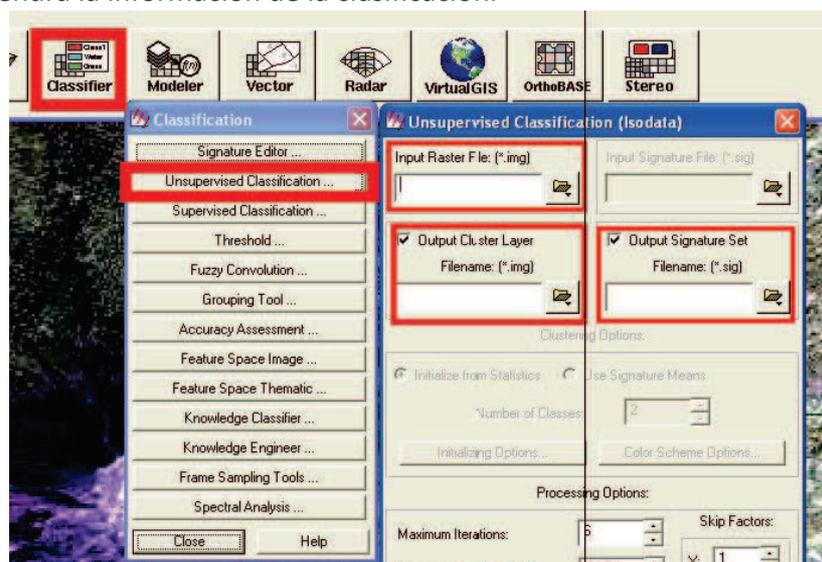


Figura 14. Comandos para la clasificación no supervisada en ERDAS Imagine 8.6

Esta clasificación automática se baso en las diferencias de los valores en los pixeles de la imagen previamente georreferenciada y preparada en un modelo raster; para zonas con incertidumbre o secciones con ruido de imagen se seleccionaron muestras de píxeles, a manera de instruir al software en la identificación correcta; este proceso se denomina selección de áreas de entrenamiento; y se ejecuto mediante el menú “Classifier/Signature Editor” de Erdas Imagine 8.6, de la siguiente manera.

Teniendo en pantalla abierto el archivo que contiene la imagen satelital a la que se ejecuto la clasificación no supervisada, se despliega la ventana de herramientas de edición raster en el menú “Raster/Tools...”, la cual dispone de una variedad de herramientas para generar polígonos, con las cuales se selecciona una muestra de una determinada formación vegetal identificada visualmente, seguido de esto en el menú principal se despliega “Classifier/Signature Editor”; una vez abierta la ventada del editor de firmas se abre el archivo “*.sig” que se genero en la clasificación no supervisada, en el cual se despliega una base de datos en las que se agrupan las formaciones vegetales teóricas que identifico el software. Desde ahí se selecciona el icono “Add Signature” para agregar los valores contenidos en los pixeles del polígono que recién se creo.

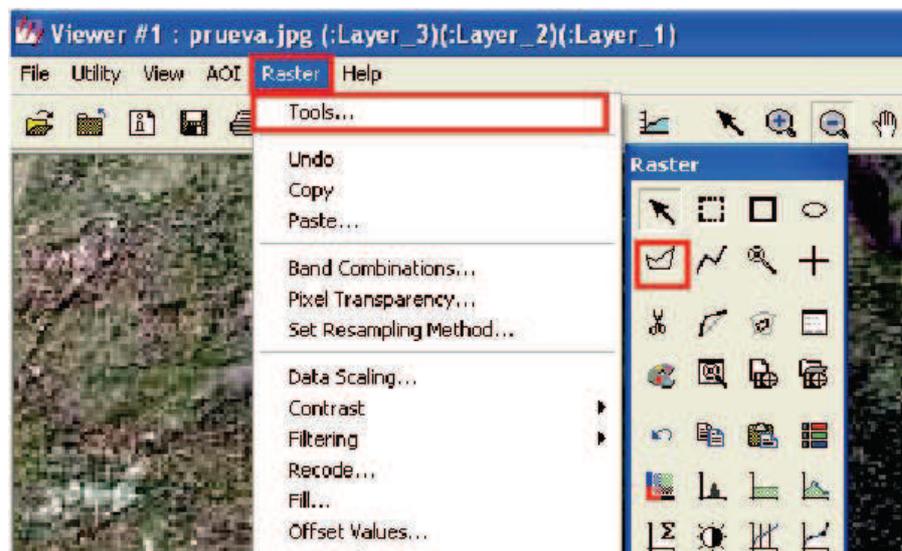


Figura 15. Comandos para habilitar la selección de aéreas de entrenamiento.

Se realizó el proceso de generar nuevos polígonos de muestra y adicionarlos al editor de firmas hasta completar el muestreo de todas las formaciones vegetales

encontradas visualmente. Auxiliados también por la función de “Agrupar” en el editor de firmas para congregarse varias muestras de un mismo tipo de formación vegetal; de esta manera se enriqueció más la base de datos de las aéreas de entrenamiento.

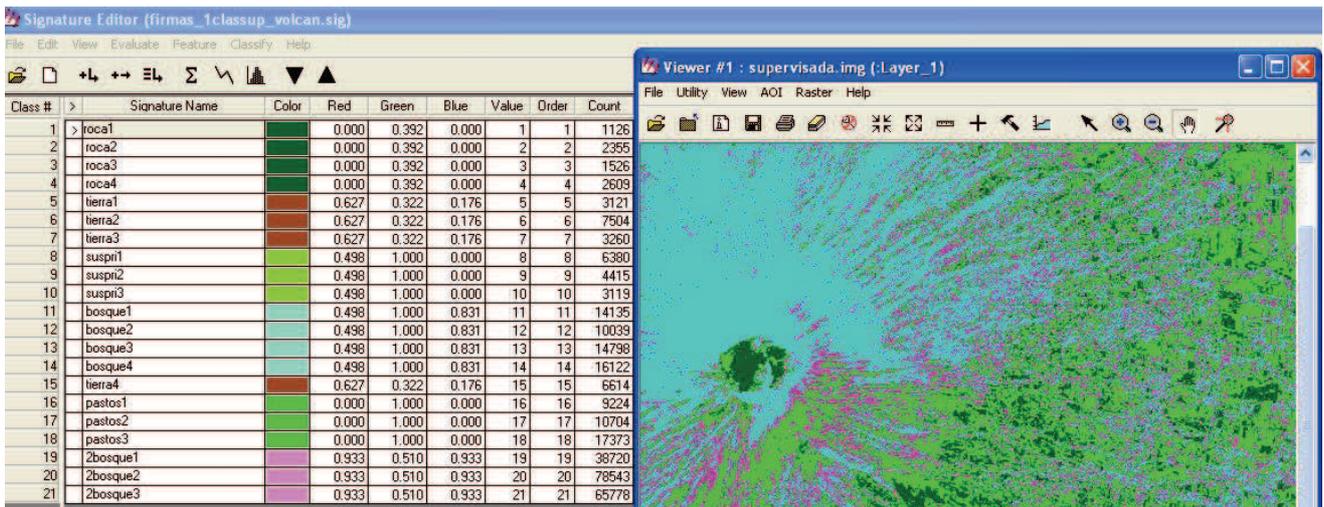


Figura 16. Editor de firmas en el cual se puede asignar valores a los conjuntos identificados en la clasificación no supervisada.

A partir de estas muestras se calcularon los valores digitales medios y componentes de Cobertura Vegetal. Este método es conocido como clasificación supervisada. (INSAT, 2006), y se realizó de la siguiente manera:

Desde el menú “Classification/Supervised Classification” se abrió la ventana donde:

- Input Raster File *.img: Se agregó la dirección de la imagen resultante de la clasificación no supervisada.
- Input Signature File *.sig: Se agregó la dirección del archivo de firmas al que se le agregaron las áreas de entrenamiento.
- Classified File *.img: Se le asigna nombre y dirección al archivo de imagen que resulta de la clasificación supervisada.

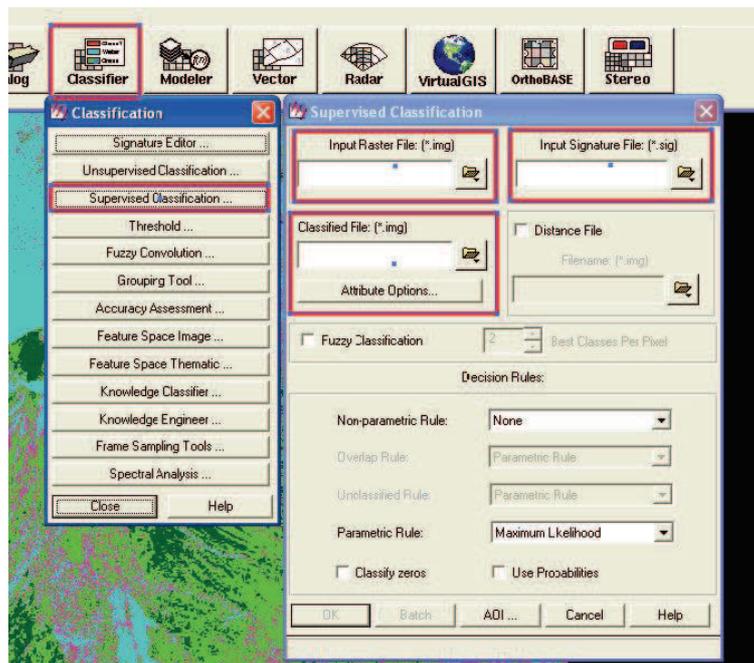


Figura 17. Comandos para la clasificación supervisada en ERDAS Imagine 8.6

Igual como el Mapa de la vegetación de El Salvador del 2010, la digitación del mapa del volcán Chaparrastique de San Miguel ha sido realizado visualmente en pantalla, en base a clasificaciones de ERDAS IMAGINE 8.6 y GOOGLE EARTH 2009; un proceso que para el mapeo de ecosistemas es el método mas detallado.

3.3.4. Clasificación de la cobertura vegetal mediante unidades de vegetación.

Hoy en día, la verificación de mapas fisionómicos está basada en dos métodos independientes, verificación al campo y verificación en Google Earth, que muestra árboles y arbustos a nivel de detalle de sus coronas individuales.

Para la clasificación de la vegetación se utilizó el sistema propuesto por la UNESCO (2010); que propone 30 tipos de formaciones vegetales para la región Centroamericana, subformaciones y otras subdivisiones específicas a regiones tropicales; se respetó la simbología de vegetación, leyenda técnica, colores y parámetros cartográficos del sistema.

Este sistema es el más actualizado y utilizado en la región centroamericana por los proyectos del CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.) y el Banco Mundial en estudios de diversidad biológica y biogeografía, por lo tanto es el más completo y compatible al momento de compararlo con otros resultados en la región.

En la clasificación de la vegetación UNESCO, las unidades de vegetación de diferente rango o jerarquía están representadas de la siguiente forma:

I, II, etc.= CLASES DE FORMACIÓN

A, B, etc.= SUBCLASES DE FORMACIÓN

1, 2, etc.= GRUPOS DE FORMACIÓN

A, b, etc.= Formación

(1), (2), etc.= Subformación

(a), (b) etc.=Otras subdivisiones

Previamente identificados y agrupados en un mapa los polígonos de los grupos resultantes de la clasificación de píxeles, se procedió a asignar a cada una de ellas una categoría del sistema de clasificación de la UNESCO; para ello se extrajeron del mapa las ubicaciones geográficas que permitieron la verificación en el campo.

En la fase de campo, se realizaron 3 visitas al sitio de estudio, las primeras dos visitas realizadas el 26 de mayo y el 11 de agosto del año 2012, sirvieron para completar dos rutas de verificación de características fisiológicas y ecológicas de puntos geográficos (ver cuadro 11); dichos puntos fueron escogidos de manera directa en del mapa resultante en la clasificación supervisada del software ERDAS, por ser ubicaciones que representan formaciones vegetales de diferente apariencia en el mapa.

Cuadro 11. Puntos de verificación y levantamiento de datos Fisionómicos-Ecológicos

Ruta	Punto de verificación	Latitud	Longitud
26/5/2012	1	13°28'44.66"N	88°16'2.72"O
	2	13°28'5.38"N	88°16'53.64"O
	3	13°27'36.38"N	88°17'1.60"O
	4	13°27'1.46"N	88°16'52.38"O
	5	13°26'52.93"N	88°18'7.13"O
	6	13°26'26.30"N	88°18'39.76"O
	7	13°25'50.64"N	88°18'48.13"O
	8	13°25'4.89"N	88°18'9.79"O
11/8/2012	9	13°23'21.00"N	88°15'23.95"O
	10	13°23'30.55"N	88°15'40.62"O
	11	13°23'50.09"N	88°15'44.53"O
	12	13°24'35.09"N	88°14'23.65"O
	13	13°24'39.18"N	88°14'51.53"O
	14	13°24'51.82"N	88°15'2.40"O

Estando en cada una de las diferentes formaciones identificadas en el mapa, se tomaron apuntes de las características fisionómicas, morfología de la hoja/planta, separadores ecológicos físicos como el drenaje, flujo de agua, elevación, además del nivel de intervención humana; estos datos se indexaron en hojas de registro (ver anexo 6) que sirvieron de insumo junto con las descripciones propuestas en el mapa de vegetación de Ventura y Villacorta (2000) y de la actualización del mismo en el 2010, para poder asignar la categoría correspondiente a cada formación presente.

Cuando se encontraron dos o más formaciones que compartían características de una categoría del sistema, se agregaron como unidades especiales, asignándoseles rangos de sub-formaciones, u otra sub-división tal como se indica en el sistema de clasificación para la adición de nuevas categorías.

Para corroborar el nivel de error en la delimitación y asignación de áreas de vegetación, se trazo una cuadrícula 8x8 en el área de estudio con el fin de obtener mediante números al azar, las coordenadas de 8 puntos (10% del área total); los cuales se verificarían en una tercera visita el día 19 de octubre del 2012 acompañados de agentes de la PNC y equipo asesor de la investigación. Estos puntos fueron comparados con las coordenadas tomadas en el campo al mismo tiempo que se corroboraba la ya asignada categoría del sistema UNESCO en dichas ubicaciones geográficas. (Anexo 7 y 8)

A la igualdad o discrepancia de coordenadas geográficas tomadas en el SIG y en el campo, se le aplico el estadístico no paramétrico de Chi-cuadrado χ^2 ; a través del chi-cuadrado se comprueba de forma afirmativa que la distribución de las frecuencias observadas en las unidades de vegetación no difiere significativamente en relación a la distribución de las unidades de vegetación de la frecuencia que deberíamos esperar (Sampieri 2006).

La fórmula que da el estadístico es la siguiente:

$$\chi^2 = \frac{\sum(O - E)^2}{E}$$

O = Frecuencia Observada

E= Frecuencia Esperada

El valor obtenido de Chi-cuadrado χ^2 se comparo con el chi-cuadrado crítico de la tabla de valores críticos; tomando en cuenta que:

Grados de libertad (GL): Se define como (Número de columnas -1) (Número de filas -1).

Nivel de significación (P): Denominado nivel de confianza, se refiere a la probabilidad de que los resultados observados se deban al azar. Este valor usualmente es el 5% o 10%. Lo que indicará que si se toma $P=0.05$, solo en un 5% de las veces en que se realice la medición, el resultado obtenido podría deberse al azar. Lo contrario sería decir que existe un nivel de confianza del 95% que el resultado es real y no debido a la casualidad. (Sampieri et. all. 2006)

Si χ^2 observado es mayor que el χ^2 crítico entonces, se afirmaría que existe una asociación, estadísticamente significativa entre la frecuencia observadas con las coordenadas del mapa.

3.3.5. Estimación de la cantidad de vegetación en km² de la cobertura vegetal presente en las unidades de vegetación.

Para la estimación del área de vegetación presente en las unidades de vegetación previamente seleccionadas, se utilizó la herramienta del módulo agregado XTools del programa ArcView 3.2, el cual permitió mediante el menú "*XTools/ Calculate Area, Perimeter, Length, Acres, Hectares*" el cálculo del área en hectáreas o kilómetros cuadrados del mapa digitalizado, al adicionar un perímetro a cada unidad de vegetación. El software evaluó los polígonos digitales que conformaban la cobertura vegetal y calculó el área de cada unidad, la cual dio una estimación de la cantidad de vegetación.

3.3.6. Creación de productos cartográficos.

Los procesos anteriormente descritos de georreferenciación, clasificación, y proyección de la cobertura vegetal del Volcán Chaparrastique de San Miguel, dieron como resultado un sistema de información dinámica y versátil capaz de proyectarse a diferentes escalas, mediante las herramientas del menú "*View/Layout...*" de ArcView 3.2. Se crearon como productos finales mapas de vegetación impresos y proyecciones digitales; que aportaran información de utilidad para los procesos de ordenamiento, monitoreo y manejo de recursos naturales del Volcán.

IV. RESULTADOS

Debido a la amplia resolución espacial de las imágenes satelitales fue posible poligonizar unidades de vegetación de menor dimensión semejantes al tamaño de una casa, lo que permitió resultados precisos y confiables sobre la estimación de cantidades y tipos de vegetación presentes en el volcán Chaparrastique de San Miguel.

4.1. Unidades de vegetación encontradas en el área de estudio del volcán Chaparrastique de San Miguel.

La cobertura vegetal del volcán Chaparrastique de San Miguel esta compuesta principalmente por zonas de cultivo o mezcla de sistemas productivos antropogénicos, que representan el 70.60% del área total de estudio; de la cual se derivan en diferentes unidades de tipos de cultivos y aplicaciones del suelo.

En cuanto a unidades de vegetación naturales o poco intervenidos, fue posible distinguir 4 tipos de formaciones vegetales descritos por la UNESCO de los cuales ya hay registro previo de ocurrencia en zonas volcánica de El Salvador, por Ventura y Villacorta en el 2000, así como también por Vreugdenhil, 2010; los cuales corresponden a flujo de lava con escasa vegetación con 7.65%, Pradera o Páramo Altimontano con 1.74%, Bosque Tropical Semideciduo Latifoliado, Submontano, bien drenado secundario y/o intervenido con 4.42%, Bosque Tropical Deciduo Latifoliado de Tierras Bajas, Secundario y/o Intervenido con 9.70%; del área total de estudio. Unidades especiales como áreas urbanizadas ocupan un 5.89% del área de estudio.

Cuadro 12: Unidades de vegetación encontradas en el área de estudio del volcán Chaparrastique de San Miguel utilizando la clasificación UNESCO 2010.

	Código UNESCO	Ecosistema	Área km ²	Hectáreas	% área total
Ecosistemas Naturales	IA3b(1)	Bosque tropical semidecídulo latifoliado, submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido IA3b (1).	5.88	588	4.42
	IB1a(1)	Bosque tropical decídulo latifoliado de tierras bajas, bien drenado, secundario y/o intervenido	12.87	1286	9.70
	VIAd	Flujo de lava con escasa vegetación	10.14	1014	7.65
	VC2b	Pradera o paramo altimontano	2.31	231	1.74
Sistemas productivos antropogénicos	SPA	Zonas de cultivo o mezcla de sistemas productivos	93.73	9373	70.60
Unidades especiales	U1	Área Urbanizada	7.81	781	5.89
Total área de estudio			132.77	1327	100,00

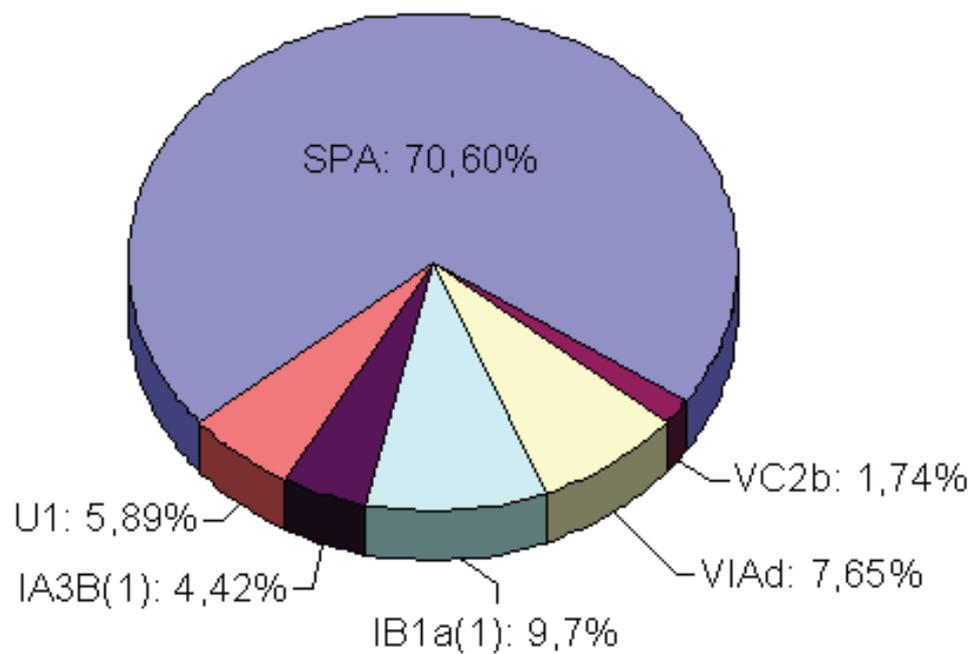


Figura 18. Grafica de Pastel representado las unidades de vegetación encontradas en el volcán Chaparrastique de San Miguel, utilizando la clasificación UNESCO.

MAPA DE VEGETACIÓN DEL VOLCAN CHAPARRASTIQUE DE SAN MIGUEL

2012

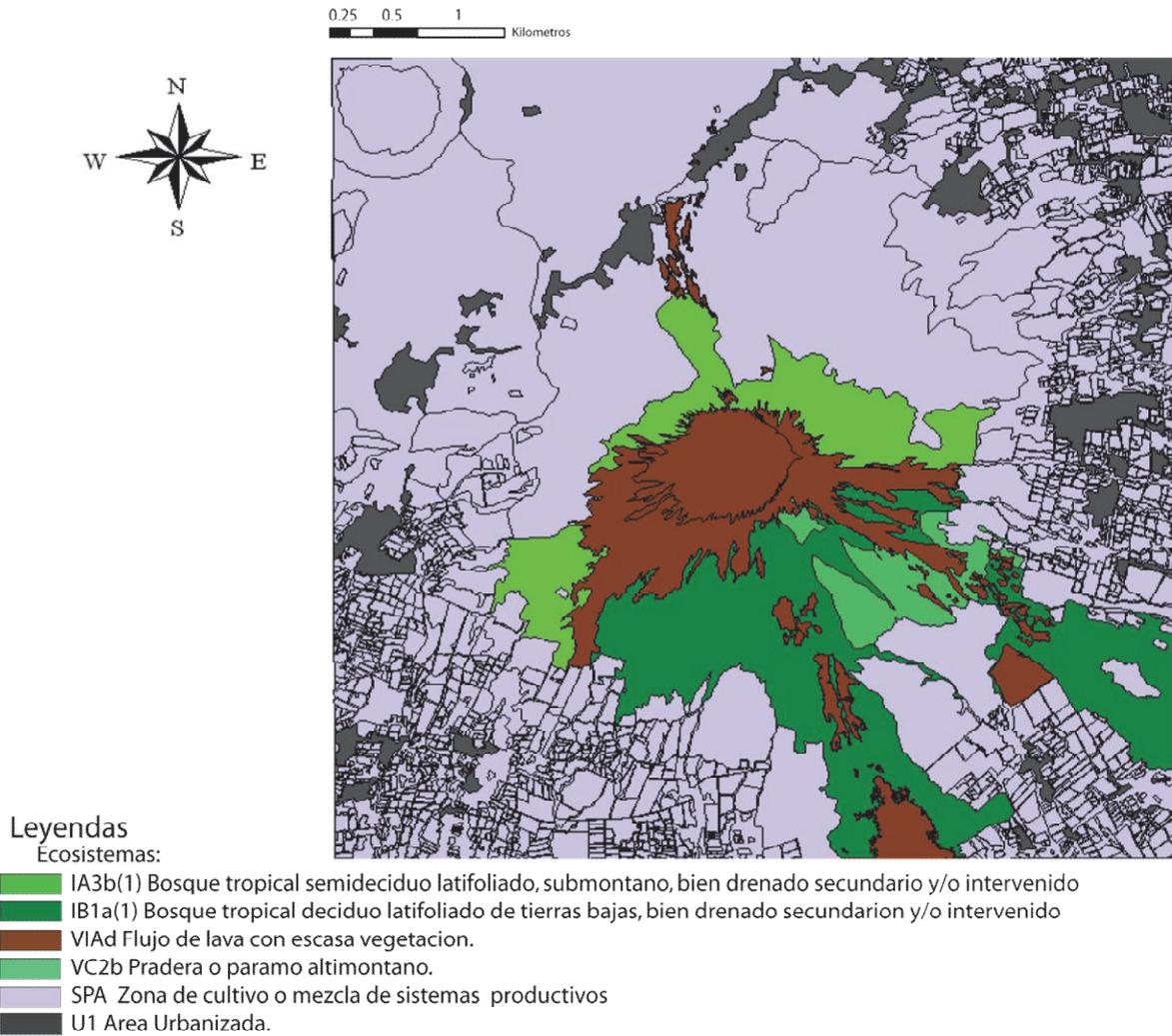


Figura 19. Layout final representando las unidades de vegetación en un mapa de Vegetación del volcán Chaparrastique de San Miguel

4.2. Caracterización de las unidades de vegetación

- **Flujo de lava con escasa vegetación (VIAd)**

Está presente en el Volcán Chaparrastique de San Miguel desde los 1700 msnm formando un perímetro al cráter del volcán con un área de 10.14 km², y ocupando 7.65% del área total de estudio; su aspecto está determinado por un suelo mineral raso, por peñascos y rocas volcánicas. Están presentes líquenes costrosos que se adhieren a las rocas, también hay presencia de musgos, helechos y gramíneas principalmente; arbustos dispersos de pequeño y mediano tamaño. Se observan distribuidos en la zona norte y sur del cono volcánico como rasgo de erupciones pasadas y muestra de proceso de sucesión primaria.



Figura 20. Herbáceas colonizando roca volcánica

- **Pradera o paramo altimontano (VC2b)**

Se visualizaron pequeñas áreas en el costado oeste del volcán hasta los 1700 msnm, ocupando un área de 2.31 km², que equivale al 1.74% del área total de estudio.

Dominado principalmente por gramíneas dispersas, arbustos leñosos de baja altura, con presencia de especies de la familia Agavaceae, que poseen hojas coráceas perennifolias, y que resisten temperaturas bajas y fuertes vientos; el nivel de intervención humana es casi mínimo, no encontrando cercas, caminos o señales de pastoreo y cultivos que indiquen alteraciones a la vegetación natural.



Figura 21. Especie de la Familia Agavaceae, típica de formación de Páramo.

- **Bosque Tropical Semidecídúo Latifoliado, Submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido IA3b (1).**

En volcán Chaparrastique de San miguel ocupa actualmente un área de 5.88 km², y un 4.42% del área total de estudio, se caracteriza por la presencia de arbustos de media altura, aunque también se encuentran especies arbóreas que permanecen con hojas la mayor parte del tiempo, a pesar de que la mayor parte de especies de árboles presentes cambian su follaje al menos una vez al año. Algunas de las especies son perennifolias como: *Brosimum alicastrum* (ujushte). Otra de las especies arbóreas encontradas es el duraznillo (*Aphananthe monoica*)

Hay abundancia de *Piper marginatum*, especie típica de lugares húmedos; también hay algunas orquídeas y arbustos comunes como *Hirtella racemosa*.



Figura 22. *Piper marginatum*, presente en Bosque Tropical Semidecídúo Latifoliado, submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido IA3b (1).

- **Bosque Tropical Deciduo Latifoliado de Tierras bajas, bien drenado, Secundario y/o intervenido IB1a (1).**

Este tipo de vegetación está representado en el volcán Chaparrastique de San Miguel por 12.87 Km², y con un 9.70% del área total de estudio; este bosque es de tipo secundario, y se observó en fase inicial de regeneración, se encuentran especies pioneras de las familias Leguminosae como: quebracho (*Lysiloma divaricata*), carbón (*Mimosa tenuiflora*), conacaste blanco (*Albizia niopoides*), conacaste negro (*Enterolobium cyclocarpum*), espino blanco (*Acacia cornígera*), izcanal, (*A. farnesiana*).

Asimismo, abundan árboles de otras familias como las Boragináceas, laurél, *Cordia alliodora*. Hay poca abundancia de epifitas como orquídeas y bromelias, que presentan grandes adaptaciones a la desecación y la intensa radiación como hojas correosas.



Figura 23. Izquierda: especie *Enterolobium cyclocarpum* “Conacaste negro”, Derecha: especie *Acacia hindsii* “iscanal” presentes en Bosque Tropical Deciduo Latifoliado, submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido IA3b (1).

Sistemas productivos antropogénicos. (SPA)

En el volcán Chaparrastique de San Miguel los SPA constituyen 93.73 Km² siendo el mayor porcentaje del área de estudio con un 70.60%, dentro de esta clasificación se incluyen las zonas de cultivos forestales y frutales; cultivos de café, maíz, frijol, henequén que dentro del área de estudio se consideran los más abundantes, zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos, sistemas productivos mixtos. Representada en toda la periferia al cono volcánico principalmente en zonas planas de inclinación menor a 25 grados.



Figura 24. Sistemas productivos antropogénicos, estructuras agropecuarias: cultivo de Café (*Coffea arabica*) de sombra presente en el Volcán Chaparrastique de San Miguel.



Figura 25. Sistemas Productivos Antropogénicos, estructura agropecuaria: cultivo de maíz (*Zea mays*) presente en el Volcán Chaparrastique de San Miguel.

- **Área urbanizada. (UI)**

En el volcán de San Miguel, ocupa 7.81 Km² y un 5.89% del área total de estudio y se caracteriza por estar conformada por conjuntos de unidades habitacionales y estructuras agrupadas en manzanas, las cuales están delimitadas por calles y carreteras.



Figura 26. Vista panorámica del volcán Chaparrastique de San Miguel tomada desde sendero en el Municipio de Placitas.



Figura 27. Carretera que conduce a los municipios de San Rafael Oriente – San Jorge Departamento de San Miguel.

V. DISCUSIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

Con el mapa de vegetación realizado en el volcán Chaparrastique, se obtuvieron mejores resultados en cuanto a la resolución espacial y la distribución de las formaciones vegetales que en el año 2000, esto se debe principalmente a limitar el estudio a una pequeña parte de la que se trabajó en ese entonces; lo cual también brindó mejor exactitud al momento de calcular el área en km² y por consiguiente asignar porcentajes de distribución a las diferentes formaciones vegetales.

A diferencia del equipo Ventura y Villacorta (2000), que utilizaron imágenes satelitales Landsat TM, en este trabajo se contó con la ventaja de la nueva herramienta en sistemas de información geográfica Google Earth, la cual permitió entrar en detalles al momento de poligonizar y asignar categorías de formación vegetal, esto debido a la alto nivel de resolución de las imágenes satelitales de Google, pixeles 15 por 15 metros. En contraste a los 120 metros por pixel de una Landsat.

En el 2000 las imágenes satelitales Landsat TM eran la mejor opción para un trabajo a nivel nacional, ya que cada imagen de este tipo está compuesta por diferentes bandas que son fácilmente reconocibles por el programa Erdas Imagine al momento de realizar una clasificación no supervisada, y así el programa discrimina los componentes de la imagen y poligoniza el mapa de acuerdo a las diferencias de pixel; pero no así para el presente mapa regional, ya que de haber utilizado la misma fuente de imagen satelital posiblemente se hubiese llegado a los mismos resultados y a una pobre resolución espacial que hubiese dificultado la interpretación y el reconocimiento de nuevas formaciones vegetales.

Las imágenes satelitales de Google Earth están disponibles desde el 2005 y desde entonces se actualiza periódicamente teniendo hasta la fecha no menos de 6 referencias para la zona del volcán Chaparrastique de San Miguel.

Por otro lado, la amplia resolución de las imágenes de Google Earth dificultaron trabajar en conjunto con el software Erdas Imagine, ya que la imagen contaba con tantos elementos diferentes ajenos a la vegetación como casas, carreteras hasta la misma sombras de arboles, generando demasiados polígonos diferentes que dificultaban la interpretación y disolución de polígonos innecesarios. Fenómeno que es conocido en SIG como Ruido de imagen.

En cuanto a las formaciones vegetales encontradas en el presente mapa de vegetación del volcán Chaparrastique de San Miguel se concuerda con Ventura y Villacorta (2000) en las formaciones Flujo de lava con escasa vegetación VIAd y Pradera o paramo altimontano VC2b.

VIAd es la formación mas evidente al observar una imagen satelital por su claro contraste de color y textura, por ello su identificación no presento dificultad al momento de delimitar su área. A diferencia de Ventura y Villacorta (2000) el cráter del volcán Chaparrastique se incluyo dentro de esta formación y no como unidad especial catalogada como Roca Desnuda; ya que fue evidente observar la sucesión primaria que acompañaba esta zona del volcán, y por tanto cumplió con las características dadas por la UNESCO

Lötschert en 1953, reportó que la formación de Páramo estaba representada en el Volcán de San Miguel, Ventura y Villacorta (2000), recomendaron continuar las verificaciones en campo para poder concluir la ocurrencia de paramo en la zona. Apoyados en las imágenes satelitales de alta resolución se pudieron distinguir tres zonas en el lado Este del volcán cuya descripción fisionómica de la vegetación corresponde a la formación VC2b de Pradera o paramo altimontano de la UNESCO.

Los sistemas productivos antropogénicos SPA representan el 70.59% de la totalidad del mapa, esto se debe principalmente a que aglomeran todas las actividades

de uso de la tierra para fines agropecuario, aunque podrían estas sub unidades expresarse en el mapa como tales, resulta mas practico para la interpretación del mapa no confundir mas agregando sub categorías como frutales, pastizales, cultivo de maíz, etc.

Para el caso de los cafetales, por definición entran en SPA, ya que aunque tengan características de vegetación natural, no deja de ser vegetación con alto grado de intervención humana con propósitos agrícolas.

La versatilidad de los Sistemas de Información Geográfica SIG permite mostrar estas sub categorías del archivo Shape en caso de necesitar interpretarlas individualmente. Respecto a la distribución en mapa, es evidente la ocurrencia de SPA en toda la periferia del volcán principalmente en las zonas planas o con un índice de inclinación menor a 25 grados; fue posible identificar y poligonizar individualmente cada parcela por lo que un inventario de distribución político de parcelas de cultivo se puede derivar del presente SIG.

La representación de Bosque tropical semidecídúo latifoliado, submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido IA3b (1), al igual que Bosque tropical deciduo latifoliado de tierras bajas, bien drenado, secundario y/o intervenido IB1a (1) están registrados por Ventura y Villacorta (2000), para el salvador; no así para la zona del volcán de San Miguel. La actualización de Vreugdenhil *et, all.* (2010) del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) revela la ocurrencia de estas dos formaciones vegetales en el cono volcánico, por lo que la interpretación de estas formaciones esta apoyado en dichos registros.

El resultado de la prueba estadística X^2 demuestra que la delimitación y asignación de unidades de vegetación tiene un nivel de error inferior al 0.05 por lo cual la congruencia de la georeferenciación del mapa en el SIG es estadísticamente aceptable.

VI. CONCLUSIONES

Los Sistemas de Información Geográficos SIG son herramientas fundamentales en los estudios biológicos, que deben ir de la mano con la metodología de investigación para respaldar procedimientos o resultados de estudios de campo, le permite al biólogo entender mejor el entorno de estudio y planificar de mejor manera el muestreo en la investigación, generando nuevos conocimientos y a la vez que aportando información a una base de datos SIG que deben servir de consulta interactiva a futuras investigaciones.

Para realizar un mapeo de la vegetación a escala local, municipal o incluso departamental, las imágenes satelitales de Google actualmente son la base más confiable para trabajar, en función de su disponibilidad y fácil acceso; en comparación a imágenes satelitales LANDSAT TM de gran tamaño y escala que se utilizan en trabajos de gran extensión.

Las herramientas de SIG ERDAS IMAGINE 8.6 resulta poco útil al momento de realizar la clasificación supervisada y no supervisada de una imagen de Google ya que la alta resolución y la baja escala representa un inconveniente en el procesamiento de la información contenida en cada pixel, lo que provoca que el sistema colapse o arroje una poligonización defectuosa. La digitación manual visualmente en pantalla fue el método más efectivo para realizar la poligonización de las formaciones vegetales.

En cuanto a la vegetación del volcán Chaparrastique de San Miguel, se concluye que esta ha tenido una evolución en los últimos 10 años, al tomar como referencia el Mapa Nacional de Vegetación de Ventura y Villacorta (2000), específicamente en la formación que anteriormente se clasificaba como roca desnuda, ahora entra en la formación vegetal VIAd Flujo de lava con escasa vegetación, por la sucesión primaria que se distingue en la zona. Al igual que VC2b.Pradera o Páramo altimontano del cual se cuestionaba su ocurrencia en el 2000 para el volcán Chaparrastique de San Miguel, con el actual mapa se afirma su presencia.

Ayudados en los resultados de Vreugdenhil *et, all.* (2010) y en las descripciones de campo se reportan dos nuevas formaciones vegetales para el volcán Chaparrastique de San Miguel: Bosque Tropical Semidecídúo Latifoliado, Submontano, bien Drenado, Secundario y/o Intervenido IA3b (1), al igual que Bosque Tropical Deciduo Latifoliado de Tierras Bajas, bien Drenado, Secundario y/o Intervenido IB1a (1).

La intervención antropogénica en la zona del volcán se ve reflejada al totalizar el área de los sistemas productivos y el área urbanizada, con un 63,76% del área total de estudio se demuestra el alto grado de intervención humana, dicho dato es un precedente para futuras actualizaciones del mapa regional en busca de signos de deterioro de la vegetación natural.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda la incorporación de Sistemas de Información Geográfica SIG a las investigaciones biológicas de campo; y el uso de imágenes satelitales de Google Earth para realizar mapas de vegetación, biológicos, de muestreos de campo, etc. Por su versatilidad y fácil acceso.

Es importante hacer uso de versiones de Software más actualizadas, ya que en SIG constantemente aparecen nuevas herramientas que facilitan el procesamiento de datos.

Utilizar el SIG resultante de esta investigación para el análisis, ordenamiento, planificación, monitoreo y manejo de la zona en estudio. Y se recomienda realizar más investigaciones de este tipo con el propósito de generar un sistema nacional de mapeo detallado de la vegetación.

Se recomienda que se desarrollen programas de Educación ambiental con los pobladores para la conservación de la vegetación natural del volcán Chaparrastique de San Miguel; y que se realicen mas estudios y se de seguimiento a los ya existentes en el lugar para mantener la información actualizada de la cobertura vegetal presente.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO, M. y M. DIAZ, 1994. Descripción de la vegetación arbórea nativa y naturalizada en peligro de extinción de la zona caliente Del municipio de San Miguel, departamento de San Miguel El Salvador. Tesis Licenciatura. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. 268 pp.
- ALCARAZ, F. 2010. Fundamentos de la clasificación de la vegetación. Manual de Geobotánica. Tema 12. Universidad de Murcia. España. 14 pp.
- CANARIAS, 2009. Líneas de investigación 3D. Las Palmas de Gran Canaria. España [Disponible en: <http://www.canarias3d.es/>].
- CEBALLOS, M. 2001. Protocolo para el desarrollo de la Evaluación Ecológica Rápida (EER) del Área Natural Protegida San Diego-La Barra y Parque Nacional Montecristo. 10 pp.
- CNR, 2004. Centro Nacional de Registros, Monografía departamento de San Miguel y sus municipios. Instituto Geográfico Nacional. Gerencia de Geografía. Departamento de Geografía. San Salvador. El Salvador. 150pp.
- Di Leo, N. 2002. Gabinete de teledetección y sistemas de información geográfica. Universidad de Rosario. Facultad de Ciencias Agrarias. Buenos Aires Argentina. [Disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/mdt/GTS/Zonaedu/Zonaedu.htm>]

FAO, 2003. La mujer en la agricultura, medio ambiente y producción rural El Salvador. Servicio de género y desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación.

_____, 2006. Sistema de información geográfica (SIG) en salud animal. Organización De las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [Disponible en: ao.org/es/prioridades/transfron/sig/salud].

INSAT, 2006. Mapa de cobertura vegetal y cuerpos de agua del departamento de Cundinamarca escala 1:100,000. Tecnologías en sistemas de información geográfica satelital. Cundinamarca. Colombia. 42 pp.

LAGOS, J. 1987. Compendio de botánica sistemática. Tercera edición. Ministerio de Cultura y comunicaciones. Vice ministerio de comunicaciones. Dirección de publicaciones e impresos. San Salvador. El Salvador. 317pp.

LIZZI, J.; GARBULSKY M. ; GOLLUSCIO, R. Y DEREGIBUS, A. 2007. Mapeo indirecto de la vegetación de sierra de la ventana, provincia de Buenos Aires Argentina. ntina de Ecología, Cátedra de Forrajicultura. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Ciudad de Buenos Aires Argentina. 230 pp.

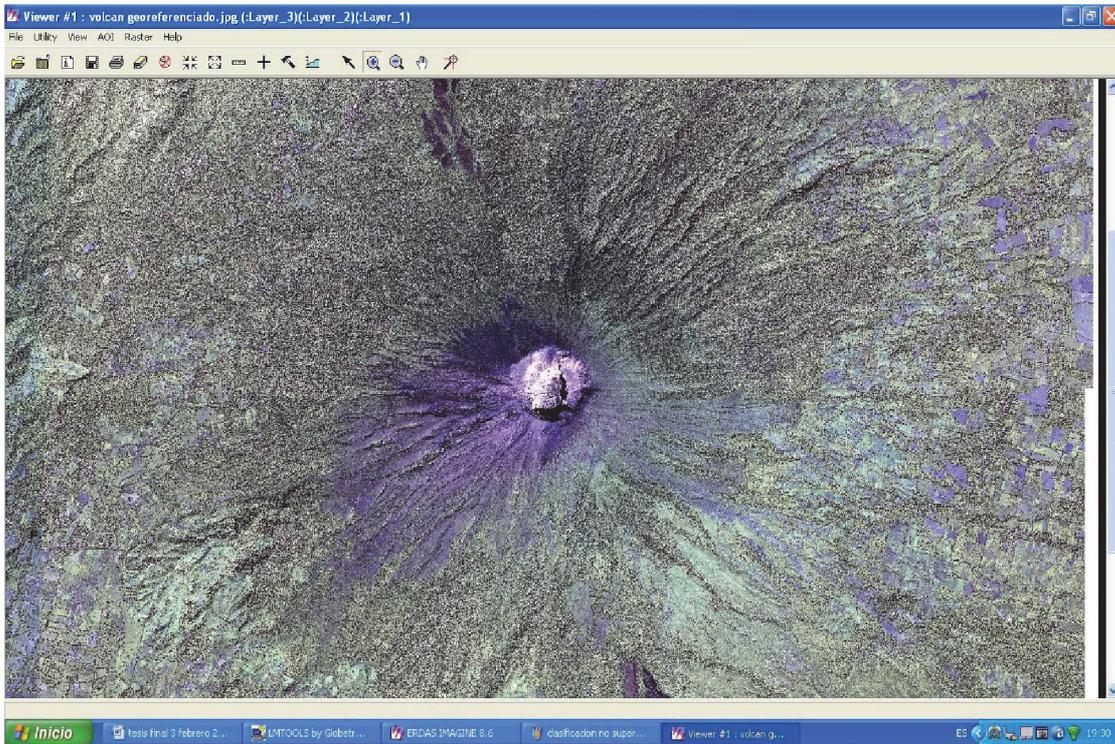
MARTINEZ, R.; CALDERON, M.; CAMACHO, N. y MONTOYA, A. 2006. Informe del Programa de Vigilancia de la Cobertura Vegetal Región Oriental de la Cuenca del Canal. Convenio de Cooperación ANAM – ACP Monitoreo de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Panamá. 130 pp.

- MUÑOZ, P. 2003. Analista 3D para ArcView 3.2. Manual de la extensión Analista 3D para Arc View 3.2 [Disponible en línea: <http://www.scribd.com/doc/5560218/Analista-3D-para-ArcView-32>]
- OLANDER, J. y P. SEGURA, 1994. Estudio de ecosistemas y cobertura vegetal con base en imágenes de radar SAR-1 de la cuenca baja del río Anchicaya, costa pacífica colombiana. Fundación Heredia Verde. Cali, Colombia. 17pp.
- SAMPIERI, R.; C. FERNANDEZ, Y BAPTISTA, P. 2006. Metodología de la investigación. 4ª edición. Editorial McGraw-hill Interamericana. México D.F. 850pp.
- SNET, 2003. Memoria Técnica del Mapa de Escenarios de Amenaza del Volcán de San Miguel. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. El Salvador.
- _____, 2006. Sistemas de referencia territorial. Galería de mapas climáticos. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. El Salvador.
- UNESCO, 1973. International Classification and Mapping of Vegetation, (Ecology Conservation) UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. París. Francia.
- UNESCO, 2010. Tentative Physiognomic-Ecological Classification of Plant Formations of the Earth. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris. France.
- VENTURA, N; R. VILLACORTA, 2000. Mapeo de vegetación natural de los ecosistemas Terrestres y acuáticos de Centro América. Capítulo El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador El Salvador. 128 pp.

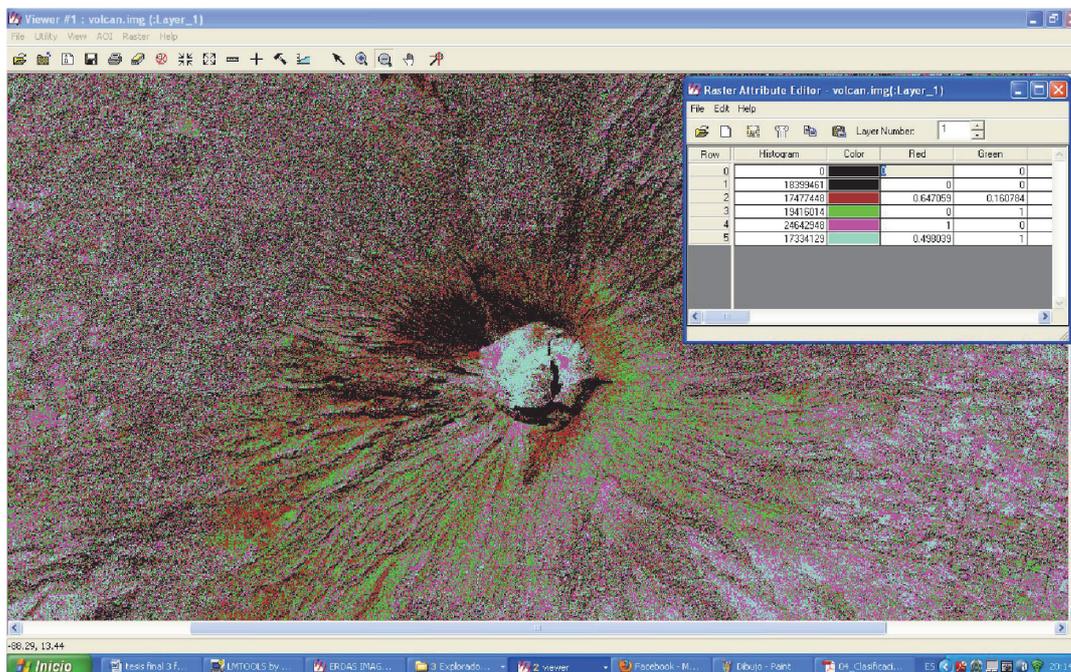
VREUGDENHILL, D. *et, all.* 2010. Mapa de los ecosistemas de El Salvador,
Actualización 2010. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN.
Documento de la Serie del Estudio de Racionalización y Priorización del Sistema
de Áreas Naturales Protegidas de la República de El Salvador.

RUIZ, S. 2010. Composición y distribución de plantas vasculares epífitas en la cuenca de la
laguna Caldera, San Juan Opico, La Libertad, El Salvador. Facultad de Ciencias
Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador.

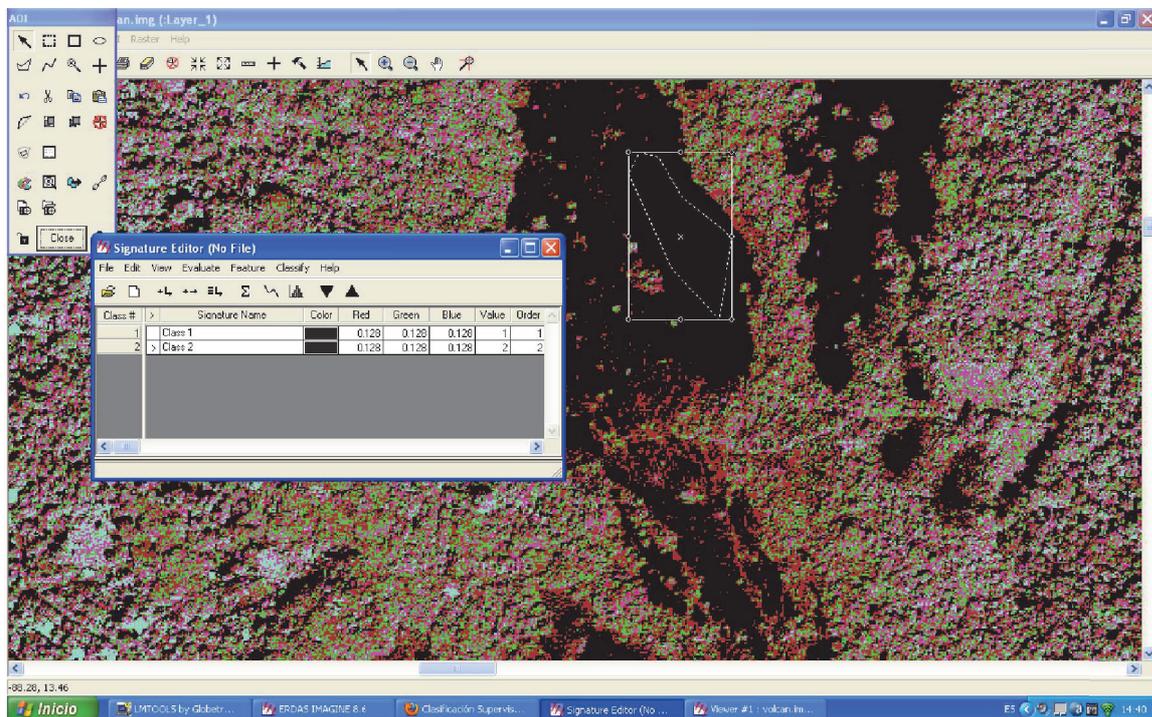
ANEXOS



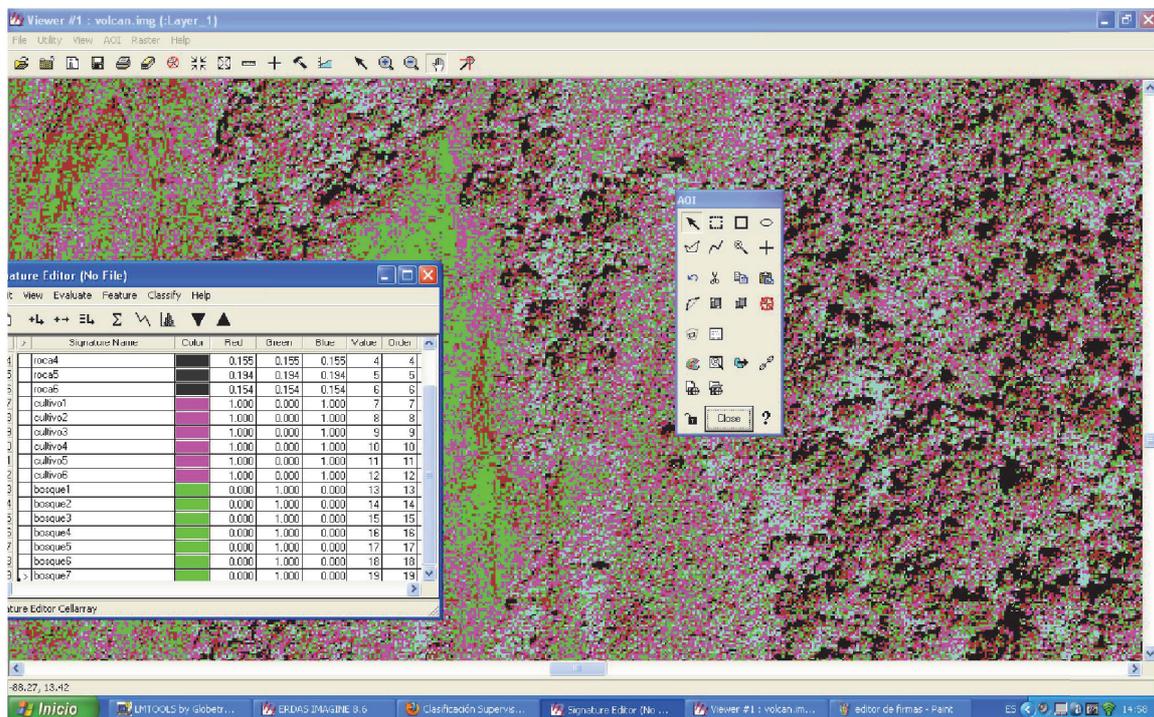
Anexo 1. Imagen Satelital previa a la clasificación no supervisada del programa Erdas.



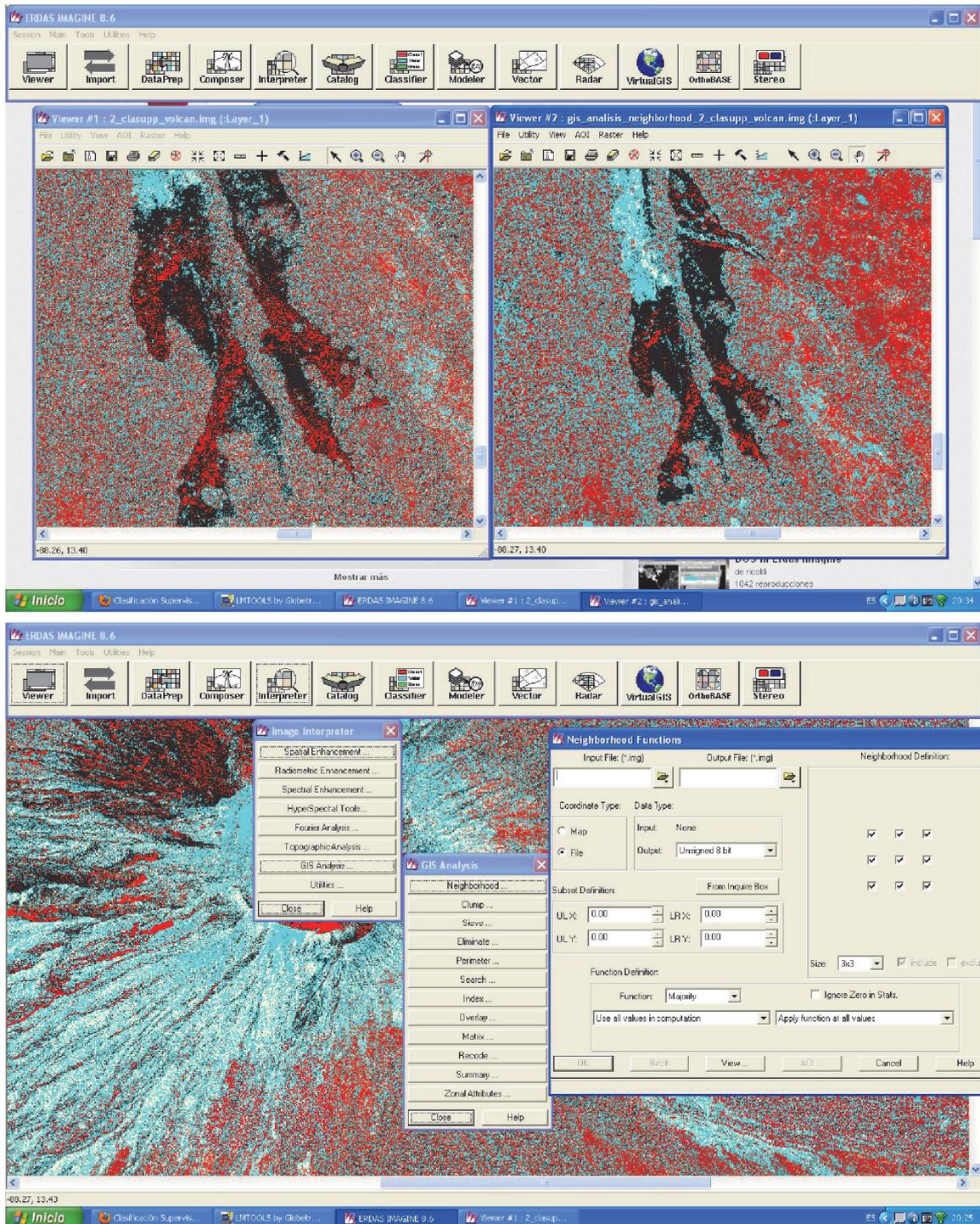
Anexo 2. Imagen satelital luego de la clasificación supervisada agrupando la clasificación de Pixeles en 6 categorías.



Anexo 3. Editor de firmas en el programa Erdas; se le indica al sistema que grupos pertenecen a una misma clasificación para que el discrimine y categorize la clasificación supervisada.



Anexo 4. Imagen satelital luego de haber realizado las clasificaciones supervisada y no supervisada



Anexo 5. (Arriba) Diferencia visual entre los procesos de clasificación supervisada y no supervisada. (Abajo) Proceso de poligonización automática de Erdas a partir del modelo raster clasificado.

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: LAT _____ LONG _____ REFERENCIA N _____

FECHA _____ HORA _____ TEMPERATURA AMBIENTE _____ HUM. _____

DRENAJE _____ FLUJO DE AGUA _____

DECLIVIDAD _____ USO Y TIPO DE SUELO _____

TIPO DE INTERVENCIÓN HUMANA _____

HERBACEAS:

ALTIMA PROMEDIO DE HERBACEAS: _____

ESPECIES REPRESENTATIVAS: _____

MORFOLOGÍA HOJA PLANTA: _____

OBSERVACIONES: _____

ARBUSTOS:

ALTIMA PROMEDIO DE ARBUSTOS: _____

DISTANCIA ENTRE ARBUSTOS: _____

ESPECIES REPRESENTATIVAS: _____

MORFOLOGÍA HOJA PLANTA: _____

OBSERVACIONES: _____

ARBÓLES:

ALTIMA PROMEDIO DE ARBÓLES: _____

DISTANCIA ENTRE ARBÓLES: _____

ESPECIES REPRESENTATIVAS: _____

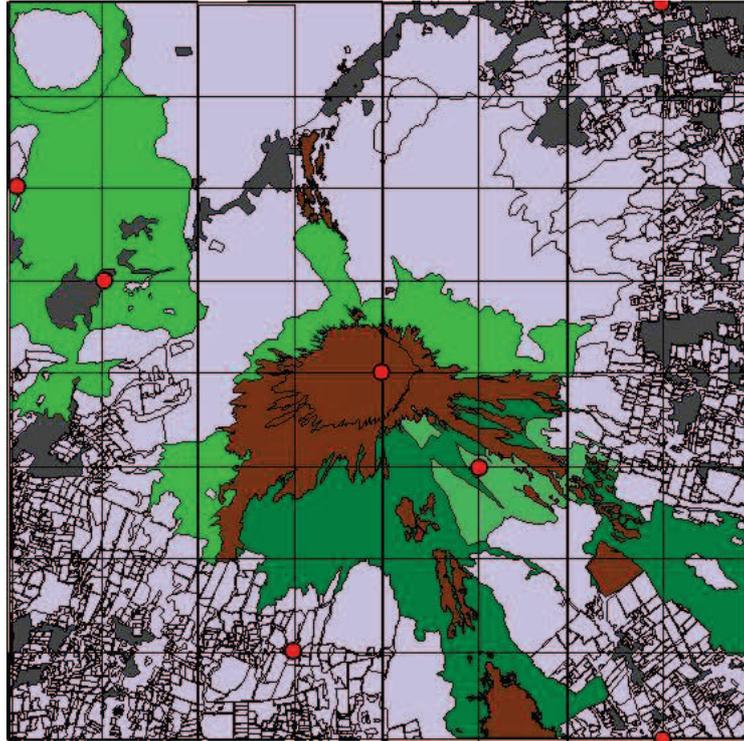
MORFOLOGÍA HOJA PLANTA: _____

OBSERVACIONES: _____

Anexo 6. Hoja de recolección de datos utilizada en las visitas de campo.

Punto de Referencia	Latitud	Longitud	Tipo de vegetación Encontrado
1	13°27'19.6"N	88°17'32.3" O	Sistemas Productivos Antropogénicos (SPA)
2	13°27'57.1"N	88°16'45.7" O	Sistemas Productivos Antropogénicos (SPA)
3	13°26'39.2"N	88°18'47.2" O	Área Urbanizada (U1)
4	13°27'05.1"N	88°19'31.9" O	Bosque tropical semidecídúo latifoliado submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido IA3b(1)
5	13°25'5.39"N	88°15'29.41" O	Pradera o Páramo Altimontano (VC2b)
6	13°25'52.82"N	88°16'16.76" O	Flujo de Lava con Escasa Vegetación (VIAd)

Anexo 7. Puntos de verificación en el Volcán Chaparrastique San Miguel



Anexo 8. Puntos de verificación en el Volcán Chaparrastique San Miguel

“MAPA DE LA COBERTURA VEGETAL DEL VOLCÁN CHAPARRASTIQUE, DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR”.

Merlyn Rosales, Oscar Benavides

Autores: myrg_yaneth@gmail.com, leobenavides@hotmail.com

RESUMEN

El mapa de la cobertura vegetal del volcán Chaparrastique de San Miguel se realizó con el propósito de describir las diferentes unidades de vegetación presentes en el volcán, mediante la elaboración de un mapa temático; utilizando el sistema validado de clasificación de la UNESCO, 2010; los límites perimetrales para la zona de estudio del volcán Chaparrastique se establecieron en un radio de 5.75 kilómetros a partir del centro del cráter del volcán; para el análisis y recolección de datos se apoyo en el procesamiento de imágenes del volcán basadas en satélites del programa Google Earth 5.2.1 de alta resolución; la identificación de las diferentes formaciones vegetales presentes en el volcán se realizó mediante la clasificación digital de imágenes; basado en el agrupamiento de valores visuales mediante el programa ArcView 3.2, posteriormente se trabajaron las imágenes en el programa ERDAS Imagine 8.6. Las etapas descritas dieron a conocer que el volcán Chaparrastique de San Miguel presenta cuatro tipos de ecosistemas naturales: 1) Bosque Tropical Semidecidual Latifoliado, submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido con 4.42% del área total de estudio código: IA3b(1); 2) Bosque Tropical Deciduo latifoliado de tierras bajas, bien drenado, secundario o intervenido con 9.70% código: IB1a(1); 3) Flujo de lava con escasa vegetación con 7.65% código: VIAd; 4) Pradera o páramo altimontano con 1.74% código: VC2b. y como agregados especiales se encontraron: Sistemas Productivos Antropogénicos (SPA), con 70.60% y área urbanizada (UI) con 5.89%. El mapa de vegetación del volcán Chaparrastique de San Miguel queda como precedente que servirá para el ordenamiento, planificación, monitoreo y manejo de la zona en estudio, y se recomienda más investigaciones de este tipo con el propósito de generar un Sistema de Mapeo Nacional de en El Salvador Vegetación.

Palabras clave: mapa de vegetación, volcán Chaparrastique, UNESCO, 2010, georreferenciación.

ABSTRACT

The land cover map of San Miguel Chaparrastique volcano was performed with the purpose of describing the different vegetation units present in the volcano, through the development of a thematic map, using a validated classification system of UNESCO, 2010; perimeter boundaries for the study area of the volcano Chaparrastique settled within 5.75 miles from the center of the crater; for analysis and data collection used the Google Earth program 5.2.1 High resolution image processing volcano satellite-based program; the identification of different plant communities on the volcano was performed by digital image classification; based on visual clustering values using ArcView 3.2 software, the images are worked on ERDAS Imagine 8.6 software. The results described that the San Miguel Chaparrastique volcano presents four types of natural ecosystems: 1) Tropical Semideciduous Broadleaf Forest, submontane, well drained, secondary and / or involved with 4.42% of the total study area code: IA3b (1); 2) Tropical Deciduous broadleaf forest, well drained, secondary or 9.70% intervened lowlands code: IB1a (1); 3) lava flow sparsely vegetated with 7.65% code: Viad; 4) Meadow and montane moorland with 1.74% code: VC2b. and special aggregates were found: Anthropogenic Prolific Systems (SPA), with 70.60% and urbanized area (UI) with 5.89%. The vegetation map of San Miguel Chaparrastique volcano is to serve as a precedent for the management, planning, monitoring and management of the study area, and more research of this type is recommended in order to generate a System in National Mapping The vegetation Salvador.

Keywords: vegetation map, Chaparrastique, UNESCO, 2010, georeferencing, volcano.

INTRODUCCIÓN

En El Salvador una gran cantidad de cobertura vegetal se pierde cada año, esto debido a que el uso de la tierra está cambiando y siendo utilizada como zonas industriales, habitacionales o de cultivo, esto sumado a la falta de ordenamiento territorial y una gestión ambiental, lo que ha provocado una acelerada deforestación y una reducción de la cobertura vegetal; particularmente la cobertura vegetal del volcán Chaparrastique de San Miguel se ve afectada por dichos factores perdiendo en muchas zonas del volcán la tipificación de bosque.

Actualmente, existen herramientas de gran utilidad y versatilidad para poder realizar estudios y diagnósticos del estado de la cobertura vegetal, estos son llamados los SIG (Sistemas de Información Geográficos) que mediante el análisis de imágenes satelitales de gran resolución (Landsat TM, Google Earth, Bing Maps) y utilizando software especializado (ERDAS, ARVIEW), y apoyándose también en un sistema validado de clasificación de la cobertura vegetal con la cual se obtiene una base de datos que permiten el análisis del estado de la cobertura vegetal.

La finalidad de esta investigación fue describir la cobertura vegetal del volcán Chaparrastique de San Miguel, mediante la georeferenciación de imágenes satelitales de Google Earth 2009, y su clasificación bajo el Sistema de Cartografía de la vegetación de la UNESCO 2010, con la cual se generaron productos cartográficos sistematizados, que servirán de precedente para el ordenamiento, planificación, monitoreo y manejo de la zona estudiada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El volcán Chaparrastique de San Miguel, se ubica en la región oriental de la Cordillera Volcánica de El Salvador, a 11 kilómetros al occidente de la ciudad de San Miguel, concretamente en las coordenadas: N13° 26' 2" y W88° 16' 9" sus laderas forman parte de las municipalidades de San

Miguel, Quelepa, Moncagua, Chinameca, San Jorge, San Rafael Oriente y El Tránsito, todas del Departamento de San Miguel. El Volcán Chaparrastique de San Miguel es el tercer volcán más alto de El Salvador con una elevación de 2.100 m.s.n.m., 11.50 kilómetros de perímetro y un cráter circular con un diámetro de 800 metros. Sus laderas tienen una pendiente media superior al 40%, alcanzando hasta un 75% en las partes más altas y entre un 15 y 30 % en las zonas que conforman el pie del cono volcánico (Google Earth, 2009). La temperatura promedio anual es de 35°C máxima y 20°C mínima, Cuenta con una precipitación promedio anual de 1,400 mm (SNET, 2006).

Los límites perimetrales del sitio de estudio se establecieron en un radio de 5.75 kilómetros a partir del centro del cráter del volcán (Figura 1), distancia en la que se estimó que el gradiente de inclinación de las laderas era mínimo para considerarse parte del volcán; por lo que se tomaron cuatro puntos para establecer el perímetro del área de investigación correspondientes a los cuatro puntos cardinales, comprendidos en la tabla de referencias geográficas perimetrales (Cuadro 1). De esta manera se cierra un polígono de 132.25 km² de área de estudio que corresponde al 100% del área del volcán.

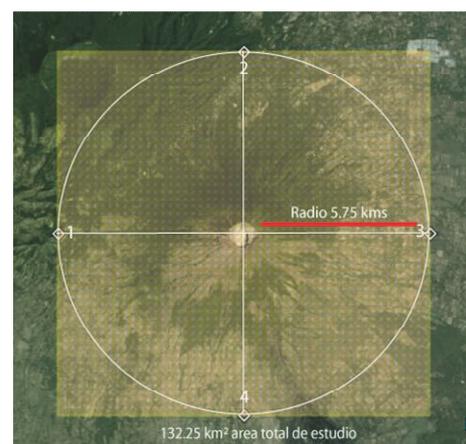


Figura 1: Puntos de referencia para establecer perímetro del área de estudio en el volcán Chaparrastique de San Miguel (Google Earth, 2010).

Cuadro 1: Puntos de referencia para establecer perímetro del área de investigación.

Punto de referencia	Latitud	Longitud
1	13°25'57.20"N	88°19'27.83" O
2	13°29'2.00"N	88°16'15.73" O
3	13°25'57.29"N	88°13'3.30" O
4	13°22'52.62"N	88°16'15.64" O

Determinados los puntos de referencia para establecer el perímetro del área de estudio se realizó la interpretación de la cobertura vegetal del área, la cual se apoyo en el procesamiento de imágenes basadas en satelitales del programa Google Earth 5.2.1. de alta resolución, el cual se incluyó imágenes satelitales actualizadas al 2009 para la zona de estudio; dichas imágenes se capturaron en recuadros de 5000 por 5000 metros, con el propósito de lograr una mayor resolución en cada recuadro. Utilizando la plataforma del sitio <http://maps.google.es/> se posiciono el objetivo sobre el volcán, y mediante la opción "Enlazar" que genera un código HTML para insertar en sitio WEB, se determina y modificaron los siguientes valores al código: `iframe width="5000" height="5000"`. Donde el valor numérico de Width y Height determinan el largo y ancho de la proyección en pantalla. El nuevo código se ejecuto en un archivo *.HTML, y para poder ser capturado en un archivo multimedia *.png, se utilizo la extensión Screengrab 0.96.3 del navegador web Mozilla Firefox 16.0.2. Se realizo este procedimiento hasta completar cuatro escenas de alto tamaño y resolución que fueron fusionadas mediante el programa editor de imágenes Adobe Photoshop CS3, asegurando un empalme a nivel de pixel en los recuadros. La imagen satelital resultante fue la materia prima para trabajar la digitalización (figura 3).



Figura 2: Proceso de obtención de recuadros y fusión de imágenes.

Para la clasificación de la vegetación se utilizó el sistema propuesto por la UNESCO (2010); que propone 30 tipos de formaciones vegetales para la región Centroamericana, subformaciones y otras subdivisiones específicas a regiones tropicales; se respetó la simbología de vegetación, leyenda técnica, colores y parámetros cartográficos del sistema.

En la clasificación de la vegetación UNESCO, las unidades de vegetación de diferente rango o jerarquía están representadas de la siguiente forma:

- I, II, etc.= CLASES DE FORMACIÓN
- A, B, etc.= SUBCLASES DE FORMACIÓN
- 1, 2, etc.= GRUPOS DE FORMACIÓN
- A, b, etc.= Formación
- (1), (2), etc.= Subformación
- (a), (b) etc.=Otras subdivisiones.

En la fase de campo, se realizaron 3 visitas al sitio de estudio, las primeras dos visitas realizadas el 26 de mayo y el 11 de agosto del año 2012, sirvieron para completar dos rutas de verificación de características fisiológicas y ecológicas de puntos geográficos. Estando en cada una de las diferentes formaciones identificadas en el mapa, se tomaron apuntes de las características fisionómicas, morfología de la hoja/planta, separadores ecológicos físicos como el drenaje, flujo de agua, elevación, además del nivel de intervención humana.

Para corroborar el nivel de error en la delimitación y asignación de áreas de vegetación, se trazo una cuadrícula 8x8 en el área de estudio con el fin de obtener

mediante números al azar, las coordenadas de 8 puntos (10% del área total); los cuales se verificarían en una tercera visita el día 19 de octubre del 2012

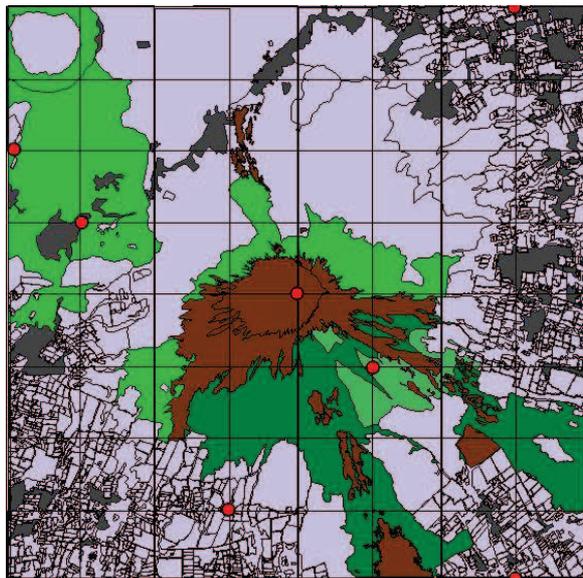


Figura 3. Puntos de verificación en el Volcán Chaparrastique San Miguel.

Para la estimación del área de vegetación presente en las unidades de vegetación previamente seleccionadas, se utilizó las herramientas del módulo agregado XTools del programa ArcView 3.2, el cual permitió mediante el menú "XTools/Calculate Area, Perimeter, Length, Acres, Hectares" el cálculo del área en hectáreas o kilómetros cuadrados del mapa digitalizado, al adicionar un perímetro a cada unidad de vegetación.

RESULTADOS

La cobertura vegetal del volcán Chaparrastique de San Miguel está compuesta principalmente por zonas de cultivo o mezcla de sistemas productivos antropogénicos, que representan el 70.60% del área total de estudio. En cuanto a unidades de vegetación naturales o poco intervenidas, fue posible distinguir 4 tipos de formaciones vegetales descritos por la UNESCO.

Flujo de lava con escasa vegetación (VIAd)

Está presente desde los 1700 msnm formando un perímetro al cráter del volcán con un área de 10.14 km², y ocupando 7.65%

del área total de estudio; su aspecto está determinado por un suelo mineral raso, por peñascos y rocas volcánicas.

Pradera o paramo altimontano (VC2b)

Se visualizaron pequeñas áreas en el costado oeste del volcán hasta los 1700 msnm, ocupando un área de 2.31 km², que equivale al 1.74% del área total de estudio. Dominado principalmente por gramíneas dispersas, arbustos leñosos de baja altura, con presencia de especies de la familia Agavaceae.

Bosque Tropical Semidecídulo Latifoliado, Submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido IA3b (1).

Ocupa un área de 5.88 km², y un 4.42% del área total de estudio, se caracteriza por la presencia de arbustos de media altura, aunque también se encuentran especies arbóreas que permanecen con hojas la mayor parte del tiempo.

Bosque Tropical Deciduo Latifoliado de Tierras bajas, bien drenado, Secundario y/o intervenido IB1a (1).

Este tipo de vegetación está representado por 12.87 Km², y con un 9.70% del área total de estudio; este bosque es de tipo secundario, y se observó en fase inicial de regeneración, se encuentran especies pioneras de las familias Leguminosae. Asimismo, abundan árboles de otras familias como las Boragináceas.

Sistemas productivos antropogénicos. (SPA)

En el volcán Chaparrastique de San Miguel los SPA constituyen 93.73 Km² siendo el mayor porcentaje del área de estudio con un 70.60%, dentro de esta clasificación se incluyen las zonas de cultivos forestales y frutales; cultivos de café, maíz, frijol, henequén que dentro del área de estudio se consideran los más abundantes.

Área urbanizada. (UI)

En el volcán de San Miguel, ocupa 7.81 Km² y un 5.89% del área total de estudio y se caracteriza por estar conformada por conjuntos de unidades habitacionales y estructuras agrupadas en manzanas, las cuales están delimitadas por calles y carreteras.

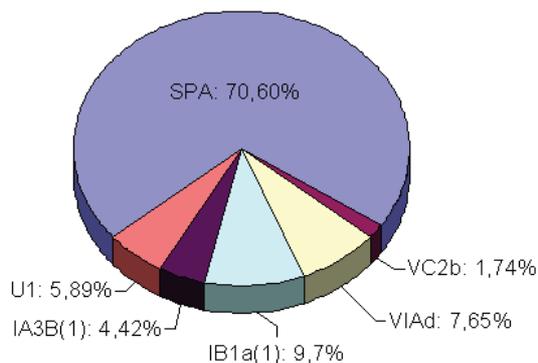


Figura 4. Grafica de Pastel representado las unidades de vegetación encontradas

Mapa de Ecosistemas del volcan Chaparrastique de San Miguel. 2012

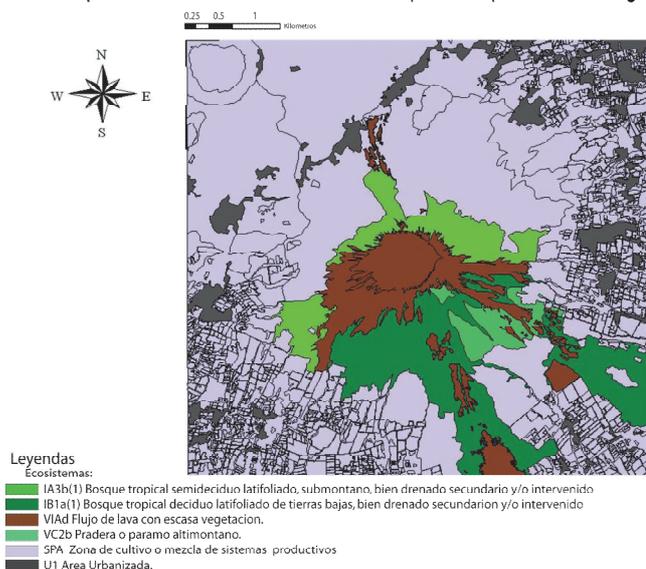


Figura 5. Layout final representando las unidades de vegetación en un mapa de Vegetación

DISCUSIÓN

A diferencia del equipo Ventura y Villacorta (2000), que utilizaron imágenes satelitales Landsat TM, en este trabajo se contó con la ventaja de la nueva herramienta en sistemas de información geográfica Google Earth, la cual permitió entrar en

detalles al momento de poligonizar y asignar categorías de formación vegetal, esto debido al alto nivel de resolución de las imágenes.

Se concuerda con Ventura y Villacorta (2000) en las formaciones Flujo de lava con escasa vegetación VIAd y Pradera o paramo altimontano VC2b.

La representación de Bosque tropical semideciduo latifoliado, submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido IA3b (1), al igual que Bosque tropical deciduo latifoliado de tierras bajas, bien drenado, secundario y/o intervenido IB1a (1) están registrados por Ventura y Villacorta (2000), para el salvador; no así para la zona del volcán de San Miguel. La actualización de Vreugdenhil *et, all.* (2010) del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) revela la ocurrencia de estas dos formaciones vegetales en el cono volcánico, por lo que la interpretación de estas formaciones esta apoyado en dichos registros.

Los sistemas productivos antropogénicos SPA representan el 70.59% de la totalidad del mapa, esto se debe principalmente a que aglomeran todas las actividades de uso de la tierra para fines agropecuario, aunque podrían estas sub unidades expresarse en el mapa como tales, resulta mas practico para la interpretación del mapa no confundir mas agregando sub categorías como frutales, pastizales, cultivo de maíz, etc.

BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO, M. y M. DIAZ, 1994. Descripción de la vegetación arbórea nativa y naturalizada en peligro de extinción de la zona caliente Del municipio de San Miguel, departamento de San Miguel El Salvador. Tesis Licenciatura. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. 268 pp.
- ALCARAZ, F. 2010. Fundamentos de la

- clasificación de la vegetación. Manual de Geobotánica. Tema 12. Universidad de Murcia. España. 14.
- CANARIAS, 2009. Líneas de investigación 3D. Las Palmas de Gran Canaria. España.
- CEBALLOS, M. 2001. Protocolo para el desarrollo de la Evaluación Ecológica Rápida (EER) del Área Natural Protegida San Diego-La Barra y Parque Nacional Montecristo. 10 pp.
- CNR, 2004. Centro Nacional de Registros, Monografía departamento de San Miguel y sus municipios. Instituto Geográfico Nacional. Gerencia de Geografía. Departamento de Geografía. San Salvador. El Salvador.
- Di Leo, N. 2002. Gabinete de teledetección y sistemas de información geográfica. Universidad de Rosario. Facultad de Ciencias Agrarias. Buenos Aires Argentina.
- FAO, 2003. La mujer en la agricultura, medio ambiente y producción rural El Salvador. Servicio de género y desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación.
- _____, 2006. Sistema de información geográfica (SIG) en salud animal. Organización De las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [Disponible en: ao.org/es/prioridades/transfron/sig/salud].
- INSAT, 2006. Mapa de cobertura vegetal y cuerpos de agua del departamento de Cundinamarca escala 1:100,000. Tecnologías en sistemas de información geográfica satelital. Cundinamarca. Colombia. 42 pp.
- LAGOS, J. 1987. Compendio de botánica sistemática. Tercera edición. Ministerio de Cultura y comunicaciones. Vice ministerio de comunicaciones. Dirección de publicaciones e impresos. San Salvador. El Salvador. 317pp.
- LIZZI, J.; GARBULSKY M. ; GOLLUSCIO, R. Y DEREGIBUS, A. 2007. Mapeo indirecto de la vegetación de sierra de la ventana, provincia de Buenos Aires Argentina. ntina de Ecología, Cátedra de Forrajicultura. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Ciudad de Buenos Aires Argentina. 230 pp.
- MARTINEZ, R.; CALDERON, M.; CAMACHO, N. y MONTOYA, A. 2006. Informe del Programa de Vigilancia de la Cobertura Vegetal Región Oriental de la Cuenca del Canal. Convenio de Cooperación ANAM – ACP Monitoreo de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Panamá. 130 pp.
- MUÑOZ, P. 2003. Analista 3D para ArcView 3.2. Manual de la extensión Analista 3D para Arc View 3.2
- OLANDER, J. y P. SEGURA, 1994. Estudio de ecosistemas y cobertura vegetal con base en imágenes de radar SAR-1 de la cuenca baja del rio Anchicaya, costa pacífica colombiana. Fundación Heredia Verde. Cali, Colombia. 17pp.
- SAMPIERI, R.; C. FERNANDEZ, Y BAPTISTA, P. 2006. Metodología de la investigación. 4ª edición. Editorial McGraw-hill Interamericana. México D.F. 850pp.
- SNET, 2003. Memoria Técnica del Mapa de Escenarios de Amenaza del Volcán de San Miguel. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. El Salvador.
- _____, 2006. Sistemas de referencia territorial. Galería de mapas climáticos. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. El Salvador.
- UNESCO, 1973. International Classification and Mapping of Vegetation, (Ecology Conservation) UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. París. Francia.
- UNESCO, 2010. Tentative Physiognomic-Ecological Classification of Plant Formations of the Earth. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris. France.

- VENTURA, N; R. VILLACORTA, 2000. Mapeo de vegetación natural de los ecosistemas Terrestres y acuáticos de Centro América. Capítulo El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador El Salvador. 128 pp.
- VREUGDENHILL, D. *et, all.* 2010. Mapa de los ecosistemas de El Salvador, Actualización 2010. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN. Documento de la Serie del Estudio de Racionalización y Priorización del Sistema de Áreas Naturales Protegidas de la República de El Salvador.
- RUIZ, S. 2010. Composición y distribución de plantas vasculares epífitas en la cuenca de la laguna Caldera, San Juan Opico, La Libertad, El Salvador. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador.