

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diagnóstico de la Cobertura Vegetal de la Cuenca Hidrográfica  
del Río California - Valdivia”

**TESINA DE SEMINARIO**

Previo a la Obtención del Título de:

**INGENIEROS AGROPECUARIOS**

Presentada por:

Mauricio Sebastián Mena Aspiazu

Pedro Aurelio Wong Coronel

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

Año: 2011

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por otorgarnos el don máspreciado que es la vida y las personas con las cuales compartimos el día a día, a nuestro director de Tesis M.Sc. Edwin Jiménez, Phd. Paul Herrera, Fausto Maldonado y al Laboratorio de Teledetección remota de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la ESPOL, en especial a los ingenieros Edison Navarrete Cuesta y Carlos Martillo Bustamante por su invaluable ayuda.

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesina de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Mauricio Mena Aspiazu

---

Pedro Wong Coronel

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Francisco Andrade S.  
**DECANO DE LA FIMCP**  
**PRESIDENTE**

---

M.Sc. Edwin Jiménez R.  
**DIRECTOR**

---

Dr. Paúl Herrera S.  
**VOCAL**



# RESUMEN

El objetivo de este estudio fue realizar un diagnóstico de la cobertura vegetal de la cuenca del Rio California – Valdivia mediante la aplicación de estudios de índices florísticos e interpretación de imágenes satelitales Landsat, para lo cual se establecieron unidades de campo de 400 metros cuadrados ubicados dentro de la zona de influencia de la cuenca, de donde se extrajeron datos como CAP, ALTURA, ANCHO DE COPA, se cuantificó la regeneración y se identificó las especies con esos datos de campo se obtuvieron los índices de ABUNDANCIA, IVI, IVF, SHANNON y JACCARD. Complementado con un análisis de laboratorio de los índices normalizados de vegetación (NDVI) con el uso de las bandas roja e infrarroja cercanas de 7 años que abarcan las últimas dos décadas, generando una información multitemporal del estado de la cuenca.

Los resultados obtenidos muestran las especies con mayor y menor presencia dentro del bosque indicándonos que existe una explotación selectiva del área forestal de la cuenca, producto del uso del recurso sin un proceso de sostenibilidad ya que las especies corresponden a un tipo de bosque secundario, es necesario la implementación de un plan de manejo de la cuenca.

## ANTECEDENTE

En 1979 la Dra. Flor de María Valverde en el libro publicado “Cubierta vegetal de la península de Santa Elena” en la página 73 hace referencia a la vegetación observada en la comuna Valdivia reportando: “Sus actuales cultivos nos indican que existe un sector semihumedo en el que se aprecia *Guadua angustifolia*, *Carludovica palmada*, *Tabebuia* *Chrisantha*.

En cerro Verde su suelo es una terraza fluvial casi plana donde encontramos vegetación natural integrada por *Pilocereus tweedianus*, *Monvillea meritima*, *Bursera graveolens*, *Jacquinia pubescens*, *Capparis angulata* y algunas Bromeliaceas del genero *Tillandsia*.

El camino a Loma Alta tiene el mismo tipo de suelo, pero la terraza fluvial es casi plana , existe un bosque natural que al momento de nuestra observación está siendo talado con fines agrícolas, aquí encontramos *Geoffroea spinosa*, *Caesalpinia corimbosa*, *Jacquinia pubescens*, *Maytenus octogona*, *Rhipsalis macrantha*, *Tabebuia chrysantha*, *Pilocereus tweedianus*, *Armatocereus*

cartwrightianus, Rhannus sp., Capparis angulata, Opuntia melanosperma, Monvillea marítima, Cordia lutea y epífitos Bromelios y helechos.

En el camino de Valdivia a San Pedro en mesetas ligeramente onduladas existen bosques de Cactaceas: Monvillea marítima, Pilocereus tweedianus que alcanzan más de 8 m. de altura, Rhipsalis macrantha.

Con el mismo tipo de mesetas es el sector denominado Playa Bruja en cuyo bosque predomina Opuntia melanosperma, Hylocereus pitjaya.

En otra meseta ligeramente ondulada encontramos Jacquinia pubescens, Croton rivinaifolium, Ziziphus thirsiflora, Ipomoea carnea, Maytenus octogona, Capparis linaefolia, Acacia tortuosa.”

En 1991 la Dra. Flor de María Valverde en el libro publicado “Estado actual de la vegetación natural de la cordillera Chongón - Colonche” en la página 337 hace referencia a la vegetación observada en la comuna Valdivia reportando: “La reserva corresponde a un Bosque Seco Pre Montano, por estar sobre los 300 m.s.n.m. Algunos lugares tienen alto grado de intervención, se ha talado, quemado y cultivado Saboya y toquilla; sin embargo, existe todavía una vegetación remanente valiosa tanto en la

cordillera de Vacas Muertas como en los cerros La Torre y Azul, en este último lugar, el guayacán de montaña *Tabebuia chrysantha* ssp. *Chrysantha* es esporádico. Entre la vegetación arborescente más conspicua tenemos: el Figueroa *Carapa guianensis*, el palo de sangre *Dialianthera* sp. *Maria Calophyllum* sp., palo de ajo *Gallesia integrifolia*, rabo de pava *Erythroxylon patens*, el molinillo *Quararibea grandifolia*, el piñuelo *Duguetia peruviana*, el ebano *Ziziphus thirsiflora*, el cascol *Caesalpinia paipái* y otros...

Las elevaciones del sector Noroeste con vientos cuya dirección es opuesta a la observada en la parte baja, forma espesas neblinas sobre la cadena de cerros, su origen no definido, puede ser de la barrera andina o vientos del océano desviados por la masa montañosa. Este bosque de neblina se los ha observado en los cerros: Culebra, La Torre y Azul; su inaccesibilidad ha sido propicia para la conservación, formación y regenerantes y germinación, alberga la riqueza y la reserva genética maderera de la cordillera; sus árboles albergan a musgos epifitos que absorberán la humedad ambiental. Por otro lado, la humedad del suelo durante todo el año es ocasionada por las diarias garuas de Mayo a Noviembre que se unen a la temporada invernal.

Cabe mencionar la gran correlación entre la precipitación y la diversidad de especies.

La extracción de las maderas de este bosque pre montano se la realiza por accidentados caminos o la cuenca de los ríos invernales como el Culebra y San José.”

En el 2009 un estudio de la estructura de la vegetación y crecimiento de árboles en el Bosque de Garúa realizado por los egresados de Ingeniería Agropecuaria de la ESPOL Eder Herrera y Fausto Maldonado en el que evaluaron la estructura de la vegetación y crecimiento de árboles en el Bosque de Garúa se determino la diversidad de especies forestales presentes en el bosque de transición, la abundancia de las especies inventariadas en bosque de transición, el peso ecológico de las especies en el bosque de transición y compararon por medio de la prueba de t y coeficiente Jaccard los resultados del bosque de transición con el bosque de garúa ubicadas en el bosque protector Loma Alta.

Concluyeron con 508 identificaciones para árboles, palmas y arbustos en las seis unidades de muestreo, las cuales pertenecen a 63 especies identificadas por nombre vulgar, de las cuales 2 no poseen nombre vernáculo, la especie más abundante es chala con 77 individuos, seguida por membrillo con 44 individuos y guaba con 38 individuos y 51 especies con menos de 10 individuos, las especies con mayor peso ecológico en los valores de IVI son: chala 88.55 y palmito 37.54 en los estratos alto y medio

respectivamente; en los valores de IVF fueron chala 74.05 y molinillo 30.43 en los estratos alto y medio respectivamente, La t calculada fue de 3.78 con grados de libertad de 1079.55 en comparación con la t tabulada fue de 1.6449 lo que nos indica que ambos sistemas son diferentes y esto es corroborado con el coeficiente Jaccard de 32.56.

Con estos antecedentes de treinta años de estudios previos realizados a la zona concuerda con la conclusión de la Dra. Flor de María Valverde hace casi ya veinte años: “el bosque como entidad ecológica y económica ha sido relegado a segundo término. La deforestación en los sectores Sur y centro no solo ha eliminado su actual y futura fuente de materia prima sino que también ha alterado las condiciones del suelo forestal, sombra, microbiota, fuentes de material genético y hasta los animales dependientes de estas comunidades. Muchos de los sectores destruidos o semidestruídos son extremadamente especializados por su paisaje natural. Somos testigos de la pérdida de muchas especies vegetales y variedades maderables de gran calidad debido a la tala selectiva en este sector considerado hasta hace pocos años como el más rico y representante de los Bosques secos tropicales del Litoral”.

En 1983 en el libro “Mapa bioclimático y ecológico del Ecuador” de Luis Cañadas en su página 90 reporta lo siguiente: “Esto parece indicar, que las condiciones microclimáticas que predominan dentro de este tipo de bosque,

es el que mantiene la formación boscosa, en un ciclo cerrado entre clima y vegetación. Es evidente que las condiciones climáticas en todos sus parámetros son diferentes bajo cubierta forestal, que bajo una cubierta de gramíneas (sabanas), que son típicas de estas formaciones. Esto explicaría la razón del cambio abrupto del clima cuando desaparece el bosque, para ser sustituido por ecosistemas más simples (cultivos). Esta modificación es irreversible y solo puede rehacerse mediante inversiones muy altas, ya que las condiciones adecuadas para la regeneración natural del bosque han desaparecido con la selva”.

Por lo anteriormente recopilado es evidente que este es un sistema boscoso muy frágil, en el cual existe una gran presión inducida por el hombre para explotar sus recursos que estarían rompiendo el equilibrio ecológico del ecosistema de la cuenca al no permitir que este se recupere a la misma velocidad de lo que es explotada, esta alteración resultaría en un decrecimiento de los volúmenes de agua que son recolectados por el bosque con su sola presencia.

# **OBJETIVOS**

## **Objetivo principal**

Realizar un diagnóstico del estado de la cobertura vegetal de la cuenca del Río California – Valdivia.

## **Objetivos específicos**

Determinar mediante índices de biodiversidad el estado actual de la composición florística de la cuenca del Río California - Valdivia.

Cuantificar la cobertura vegetal de la cuenca del Río California – Valdivia mediante un estudio multitemporal con el apoyo de imágenes satelitales.



## ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN.....	II
ANTECEDENTE.....	III
OBJETIVOS.....	IX
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
ÍNDICE DE MAPAS.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	6
1. CUENCAS HIDROGRAFICAS.....	6
1.1. Concepto de cuenca hidrográfica.....	6
1.2. Componentes.....	10
1.2.1. Componente Biológico.....	10
1.2.2. Componente Físico.....	10
1.2.3. Componente Socio-económico.....	10
1.3. Partes de la Cuenca Hidrográfica.....	11
1.3.1. Cuenca Alta. ....	11
1.3.2. Cuenca Media. ....	11
1.3.3. Cuenca Baja. ....	11
1.4. Tipos de Cuencas. ....	12
1.4.1. Exorreicas. ....	12
1.4.2. Endorreicas. ....	12
1.5. Elementos de la Cuenca. ....	12
1.5.1. Divisoria de aguas. ....	12
1.5.2. Río Principal. ....	13
1.5.2.1. El curso superior.....	14
1.5.2.2. El curso medio.....	14
1.5.2.3. El curso inferior.....	14
1.5.3. Afluentes.....	16
1.5.4. Relieve.....	16
1.5.5. Las obras humanas.....	16
1.6. Cordillera Chongón – Colonche.....	17
1.7. Cuenca Hidrográfica del río Valdivia. ....	17
1.8. Bosque protector “Loma alta” ....	19
CAPÍTULO 2.....	20
2. COBERTURA VEGETAL.....	20
2.1. Generalidades.....	20
2.1.1. El Bosque Primario.....	22
2.1.2. Bosque Secundario.....	23
2.1.3. Fases en la sucesión del Bosque Secundario.....	25

2.2. Los bosques en el Ecuador.....	30
2.3. Algunos parámetros para medir la vegetación.....	32
2.3.1. Diseño de muestreo.....	32
2.3.2. Muestreo sistemático.....	32
2.3.3. Cuadrantes.....	33
2.3.4. Altura.....	34
2.3.5. Diámetro.....	35
2.3.6. Densidad.....	36
2.3.7. Frecuencia.....	36
2.3.8. Cobertura.....	37
2.3.9. Área Basal.....	37
2.4. Índices para evaluar la vegetación.....	38
2.4.1. Índice de Shannon-Wiener.....	40
2.4.2. Índice de Similaridad.....	40
2.4.3. Índice de Sorensen.....	41
2.4.4. Índice de Jaccard.....	41
2.4.5. Índice de valor de importancia.....	41
2.5. Diagramas de perfil.....	42
2.6. Posición social de los árboles.....	43
CAPÍTULO 3.....	45
3. Los receptores remotos en la medición de la cobertura vegetal.....	45
3.1.1. Que es un GPS? .....	45
3.2. La teledetección remota.....	45
3.2.1. Proceso de la teledetección.....	47
3.2.2. Altura de teledetección.....	49
3.2.3. Espectro electromagnético y teledetección.....	51
3.2.3.1. Espectro electromagnético.....	51
3.2.3.2. Características.....	51
3.2.3.3. Las ondas electromagnéticas.....	51
3.2.3.4. Radiaciones electromagnéticas.....	52
3.2.4. Interacción de la radiación electromagnética con la atmósfera.....	53
3.2.4.1. Dispersión.....	54
3.2.4.2. Absorción.....	55
3.2.5. Interacciones de la radiación con la materia.....	55
3.2.6. Interacción radiación electromagnética-materia.....	58
3.2.7. Concepto de imagen satelital.....	61
3.2.8. Composición de colores en las imágenes digitales.....	64
3.2.9. Generación de imágenes en falso color.....	66
3.2.10. Resolución de las imágenes satelitales.....	67
3.2.11. Procesamiento digital de las imágenes satélite... ..	71
3.2.11.1. Efectuar correcciones.....	72
3.2.11.2. Filtrado.....	73
3.2.11.3. Operaciones con imágenes digitales.....	73

3.2.12. Interpretación de imágenes satélite multiespectrales.....	74
3.3. Propiedades ópticas espectrales de la vegetación.....	76
3.3.1. Respuesta espectral de los pigmentos, espectro visible.....	76
3.3.2. Respuesta en el infrarrojo cercano (NIR).....	77
3.3.3. Efecto de diferencias en la estructura foliar.....	77
3.3.4. Respuesta en el infrarrojo medio (SWIR).....	78
3.3.5. Efecto del contenido de humedad foliar.....	78
3.4. Índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI).....	79
3.4.1. Definición.....	79
3.4.2. Rango de valores.....	81
CAPÍTULO 4.....	82
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	82
4.1. Análisis de cobertura.....	82
4.2. Herramientas y materiales.....	82
4.3. Ubicación.....	84
4.4. Estratificación.....	85
4.5. Elaboración del mapa base.....	86
4.6. Muestreo.....	87
4.7. Montaje de las unidades.....	88
4.8. Disposición final de una unidad.....	90
4.9. Establecimiento de las parcelas según fechas y coordenadas.....	91
4.10. Identificación de especies.....	92
4.11. Tabulación de los resultados.....	92
4.12. Análisis de la imagen satelital.....	95
4.13. Búsqueda de imagen.....	95
4.14. Análisis de imagen.....	101
CAPÍTULO 5.....	110
5. RESULTADOS Y DISCUSION.....	110
5.1 UNIDADES. (IVI & IVF) Y SHANNON.....	117
5.2 SUBUNIDADES (IVI & IVF) Y SHANNON.....	135
5.3 REGENERACION .....	153
5.4 JACCARD.....	159
5.5 ANALISIS SATELITAL.....	164
5.5.1. 1990.....	173
5.5.2. 2000.....	176
5.5.3. 2002.....	179
5.5.4. 2003.....	183
5.5.5. 2007.....	185
5.5.6. 2008.....	188
5.5.7. 2010.....	191
CAPÍTULO 6.....	194

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	194
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pagina
FIGURA 4.1 Unidad diseño tomado de Valdez et Al.....	90
FIGURA 4.2 Representación de bandas 1, 2 y 3 en color verdadero.....	102
FIGURA 4.3 Representación de bandas 2, 3 y 4 en falso color...	103
FIGURA 5.1 Vista horizontal UNIDAD BRAMONA 1.....	111
FIGURA 5.2 Vista horizontal UNIDAD BRAMONA 2.....	112
FIGURA 5.3 Vista horizontal UNIDAD HUACA 1.....	113
FIGURA 5.4 Vista horizontal UNIDAD HUACA 2.....	114
FIGURA 5.5 Vista horizontal UNIDAD PONGA 1.....	115
FIGURA 5.6 Vista horizontal UNIDAD PONGA 2.....	116
FIGURA 5.7 Vista horizontal UNIDAD BRAMONA 1.....	119
FIGURA 5.8 Vista vertical UNIDAD BRAMONA 1.....	120
FIGURA 5.9 Vista horizontal UNIDAD BRAMONA 2.....	121
FIGURA 5.10 Vista vertical UNIDAD BRAMONA 2.....	122
FIGURA 5.11 Vista horizontal UNIDAD HUACA 1.....	125
FIGURA 5.12 Vista vertical UNIDAD HUACA 1.....	126
FIGURA 5.13 Vista horizontal UNIDAD HUACA 2.....	127
FIGURA 5.14 Vista vertical UNIDAD HUACA 2.....	128
FIGURA 5.15 Vista horizontal UNIDAD PONGA 1.....	131
FIGURA 5.16 Vista vertical UNIDAD PONGA 1.....	132
FIGURA 5.17 Vista horizontal UNIDAD PONGA 2.....	133
FIGURA 5.18 Vista vertical UNIDAD PONGA 2.....	134
FIGURA 5.19 Vista horizontal SUBUNIDAD BRAMONA 1.....	137
FIGURA 5.20 Vista vertical SUBUNIDAD BRAMONA 1.....	138
FIGURA 5.21 Vista horizontal SUBUNIDAD BRAMONA 2.....	139
FIGURA 5.22 Vista vertical SUBUNIDAD BRAMONA 2.....	140
FIGURA 5.23 Vista horizontal SUBUNIDAD HUACA 1.....	143
FIGURA 5.24 Vista vertical SUBUNIDAD HUACA 1.....	144
FIGURA 5.25 Vista horizontal SUBUNIDAD HUACA 2.....	145
FIGURA 5.26 Vista vertical SUBUNIDAD HUACA 2.....	146
FIGURA 5.27 Vista horizontal SUBUNIDAD PONGA 1.....	149
FIGURA 5.28 Vista vertical SUBUNIDAD PONGA 1.....	150
FIGURA 5.29 Vista horizontal SUBUNIDAD PONGA 2.....	151
FIGURA 5.30 Vista vertical SUBUNIDAD PONGA 2.....	152
GRÁFICA 5.1 Comportamiento de la cobertura según el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI).....	167
GRÁFICA 5.2 Análisis multitemporal del bosque de la cuenca del río California – Valdivia.....	172

GRÁFICA 5.3 Análisis multitemporal de los matorrales, pastizales y cultivos de la cuenca del río California – Valdivia.....	172
--	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pagina
TABLA 4.1 Coordenadas satelitales de las parcelas dadas en sistema de coordenadas UTM WGS 84 17S.....	91
TABLA 4.2 Procedimiento de la toma de datos en campo.....	92
TABLA 4.3 Clasificación aplicada al índice Shannon.....	94
TABLA 4.4 Escenas LANDSAT 7 utilizadas.....	96
TABLA 4.5 Características satélite LANDSAT 7.....	98
TABLA 4.6 Características de las bandas espectrales LANDSAT 7....	98
TABLA 4.7 Longitud de onda de las bandas espectrales LANDSAT 7.	101
TABLA 5.1 Abundancia, IVI & IVF y SHANNON sector BRAMONA.....	117
TABLA 5.2 Abundancia, IVI & IVF y SHANNON sector HUACA.....	123
TABLA 5.3 Abundancia, IVI & IVF y SHANNON UNIDAD sector PONGA	129
TABLA 5.4 Abundancia, IVI & IVF Y SHANNON SUBUNIDAD sector BRAMONA.....	135
TABLA 5.5 Abundancia, IVI & IVF Y SHANNON SUBUNIDAD sector HUACA.....	141
TABLA 5.6 Abundancia, IVI & IVF y SHANNON SUBUNIDAD sector PONGA.....	147
TABLA 5.7 REGENERACION UNIDAD BRAMONA 1.....	153
TABLA 5.8 REGENERACION DE LA UNIDAD BRAMONA 2.....	154
TABLA 5.9 REGENERACION DE LA UNIDAD HUACA 1.....	155
TABLA 5.10 REGENERACION DE LA UNIDAD HUACA 2.....	156
TABLA 5.11 REGENERACION DE LA UNIDAD PONGA 1.....	157
TABLA 5.12 REGENERACION DE LA UNIDAD PONGA 2.....	158
TABLA 5.13 RESULTADOS ÍNDICE JACCARD ENTRE UNIDADES Y SECTORES.....	159
TABLA 5.14 RESULTADOS INDICE JACCARD ENTRE UNIDAD, SUBUNIDADES Y REGENERACION DE LA UNIDAD BRAMONA 1....	161
TABLA 5.15 RESULTADOS INDICE JACCARD ENTRE UNIDAD, SUBUNIDADES Y REGENERACION DE LA UNIDAD BRAMONA 2....	161
TABLA 5.16 RESULTADOS INDICE JACCARD ENTRE UNIDAD, SUBUNIDADES Y REGENERACION DE LA UNIDAD HUACA 1.....	162
TABLA 5.17 RESULTADOS INDICE JACCARD ENTRE UNIDAD, SUBUNIDADES Y REGENERACION DE LA UNIDAD HUACA 2.....	162
TABLA 5.18 RESULTADOS INDICE JACCARD ENTRE UNIDAD, SUBUNIDADES Y REGENERACION DE LA UNIDAD PONGA 1.....	163
TABLA 5.19 RESULTADOS INDICE JACCARD ENTRE UNIDAD, SUBUNIDADES Y REGENERACION DE LA UNIDAD PONGA 2.....	163

TABLA 5.20 RESULTADO DEL ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL ÍNDICE NORMALIZADO DE VEGETACIÓN.....	166
TABLA 5.21 RESULTADO DEL ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL.....	171
TABLA 5.22 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DE 1990.....	175
TABLA 5.23 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DEL 2000.....	178
TABLA 5.24 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DEL 2002.....	181
TABLA 5.25 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DEL 2003.....	184
TABLA 5.26 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DEL 2007.....	187
TABLA 5.27 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DEL 2008.....	190
TABLA 5.28 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DEL 2010.....	193



## ÍNDICE DE MAPAS

	Página
MAPA 4.1 Imagen de la cuenca tomada del Google Earth.....	84
MAPA 4.2 Mapa base de la cuenca.....	86
MAPA 4.3 Mapas de la cuenca media y cuenca alta vista del Google Earth.....	87
MAPA 4.4 Imagen descartada de MARZO 2010.....	97
MAPA 4.5 Imagen descartada de JULIO 2010.....	97
MAPA 4.6 Imagen escena LANDSAT 7 composición bandas 4-3-2 color verdadero.....	102
MAPA 4.7 Imagen composición bandas 4-3-2 en falso color.....	104
MAPA 4.8 Escena procesada luego del cálculo del NDVI.....	105
MAPA 4.9 Escena NDVI procesada mediante clasificación no supervisada.....	106
MAPA 4.10 Conversión de la escena raster a vectorial.....	107
MAPA 4.11 Mapa de la cobertura vegetal luego de los análisis clasificatorios realizados.....	109
MAPA 5.1 COMPOSICION 4-3-2 IMAGEN LANSAT 5 de 1990.....	173
MAPA 5.2 ÁREAS DE COBERTURA NDVI DE 1990.....	174
MAPA 5.3 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DE 1990.....	175
MAPA 5.4 COMPOSICION 4-3-2 IMAGEN LANDSAT 7 del 2000.....	176
MAPA 5.5 ÁREAS DE COBERTURAS NDVI DEL 2000.....	177
MAPA 5.6 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DEL 2000.....	178
MAPA 5.7 COMPOSICIÓN 4-3-2 IMAGEN LANDSAT 7 DEL 2002.....	179
MAPA 5.8 ÁREAS DE COBERTURAS NDVI DEL 2002.....	180
MAPA 5.9 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DEL 2002.....	181
MAPA 5.10 COMPOSICIÓN 4-3-2 IMAGEN LANDSAT 7 DEL 2003.....	182
MAPA 5.11 ÁREAS DE COBERTURAS NDVI DEL 2003.....	183
MAPA 5.12 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DEL 2003.....	184
MAPA 5.13 COMPOSICIÓN 4-3-2 IMAGEN SLC-OFF LANDSAT 7 DEL 2007.....	185
MAPA 5.14 ÁREAS DE COBERTURAS NDVI DEL 2007.....	186
MAPA 5.15 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DEL 2007.....	187

MAPA 5.16 COMPOSICIÓN 4-3-2 IMAGEN SLC-OFF LANDSAT 7 DEL 2008.....	188
MAPA 5.17 ÁREAS DE COBERTURAS NDVI DEL 2008.....	189
MAPA 5.18 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DEL 2008.....	190
MAPA 5.19 COMPOSICIÓN 4-3-2 IMAGEN SLC-OFF LANDSAT 7 DEL 2010.....	191
MAPA 5.20 ÁREAS DE COBERTURAS NDVI DEL 2010.....	192
MAPA 5.21 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DEL 2010.....	193

# INTRODUCCIÓN

Las cuencas son áreas naturales que recolectan y almacenan el agua que utilizamos, esto hace que en muchos casos se produzcan conflictos sobre cuál es el uso adecuado que debe darse a cada territorio. Estos conflictos se pueden resolver con una adecuada ordenación del territorio dándole una visión global de las funciones que deben ser cumplidas por uno u otro ecosistema y la única manera es abordando el problema como subsistemas dentro del sistema social y ecológico en el que se integran y no independientemente. Por eso, la preservación de las cuencas hidrográficas es un factor importantísimo para el desarrollo integral de nuestra vida. Son necesarias para dar apoyo al hábitat de plantas y animales, proporcionan agua potable para las personas y la vida silvestre. (6)

Todos los seres vivos necesitan un ambiente adecuado para su correcto desarrollo. Normalmente se es consciente de los recursos necesarios para la vida del ser humano cuando estos escasean y es entonces cuando se decide proteger ese recurso para mantenerlo, llegando a ponerle un precio y limitaciones para su uso.

La destrucción de los bosques no se puede interpretar como indicador de creación de riqueza, debido a la venta de la madera, sino como una pérdida de riqueza, al destruir un recurso natural renovable que correctamente gestionado hubiese proporcionado madera y otros beneficios de forma indefinida. (21)

Cuando se elimina la cobertura vegetal natural de una cuenca hidrográfica, se producirá lo siguiente: en las próximas lluvias fuertes sucederán inundaciones en su parte baja, con pérdidas económicas y de vidas humanas valorables muy por encima de los beneficios económicos que se tuvieron de la extracción de la madera.

El estudio de cuencas hidrográficas es una herramienta muy importante para comprender y evaluar el equilibrio existente entre el medio ambiente y el ser humano que lo habita, en ella confluyen otras ciencias como las meteorológicas, geológicas, botánicas, geográficas-espaciales y sociológicas. (6)

Existen perturbaciones como los incendios y las talas controladas que causan un perjuicio a corto plazo, pero la eliminación controlada de biomasa puede evitar la propagación de incendios catastróficos de gran extensión que ayudaran a la preservación de la cuenca, la cuenca hidrográfica del río

California-Valdivia, se encuentra en un estado de perturbación debido a la acción antrópica (conjunto de procesos de degradación del relieve y del subsuelo causado por la acción del hombre) particularmente sobre el suelo y la cobertura vegetal.

La pérdida de la cobertura vegetal es uno de los eventos más impactantes a nivel global, pues no solo altera el ciclo hidrológico sino que produce serios problemas de erosión, salinización, pérdida de productividad primaria y disminución de la capacidad de infiltración de agua para la recarga de acuíferos. Aunados al impacto negativo que estos cambios generan, la pérdida de recursos y de fertilidad de los suelos así como la merma en la productividad de los ecosistemas conducen a la espiral de pobreza-degradación ambiental. Por un lado, la carencia de medios económicos conduce a los dueños de los recursos a seguir impactando los ecosistemas naturales, y por otro les impide capitalizarse para mejorar sus sistemas productivos actuales fortaleciendo así el proceso de desertificación. (10)

Las poblaciones y las comunidades son evolutivas, debido a ello se adaptan, leves variaciones pueden producir grandes cambios ambientales convirtiéndose en aún más impredecibles, el presente trabajo es un punto de

partida ya que el ecosistema podría cambiar, por lo tanto tiene que ser actualizado en el futuro.

La presencia de las plantas en cualquier región del mundo es clave para el ciclo hidrológico en aspectos como almacenamiento de agua, liberación durante la evapotranspiración y condensación del punto de rocío, así como en el balance de radiación y energético y en la dinámica de los vientos. Todos estos elementos en interacción contribuyen al clima de una región. Sin embargo, este complicado y frágil esquema que se da en la naturaleza ha sido afectado por el hombre al modificar el uso de suelo por el desarrollo de grandes ciudades. (10)

En América del Sur la pérdida de los bosques nublados, especialmente por la conversión de tierras forestales en tierras agrícolas– ha alterado el ciclo hidrológico y exacerbado los daños producidos por corrimientos de tierras y crecidas en épocas del fenómeno de El Niño. (20)

La expansión de la frontera agrícola, la tala inmoderada de árboles, la inercia del desarrollo y la suma de las diversas actividades humanas han sido las causas de la deforestación de más de 120,000 km<sup>2</sup> anuales en las dos últimas décadas; en contraste, solo se ha recuperado una décima parte de

esta superficie por regeneración natural y labores de reforestación (FAO 2000). (10)

A medida que los bosques de la costa occidental del Ecuador fueron talados, particularmente el de la Península de Santa Elena y Golfo de Guayaquil, la lluvia fue disminuyendo en la zona. (2)

Un suelo con cobertura vegetal tendrá un patrón de absorción de radiación y reflexión de ondas cortas y largas diferente que un suelo erosionado y sin agua, lo que le conferirá un color y una respuesta espectral distinta. Esta modificación se manifiesta en un calor sensible mucho mayor que el latente. (10)

El presente estudio es parte de un diagnóstico que engloba otros componentes, se complementó en su análisis con datos analizados espacialmente, mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) los cuales servirán en conjunto para elaborar en lo posterior un adecuado diseño de conservación de los recursos de la cuenca estudiada que logre el consenso de las partes involucradas.

# **CAPÍTULO 1**

## **1. CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

### **1.1. CONCEPTO DE CUENCA HIDROGRÁFICA**

Se entiende por cuenca hidrográfica, cuenca de drenaje o cuenca imbrífera al espacio delimitado por la unión de todas las cabeceras que forman el río principal o el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica está delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas, y con miras al futuro las cuencas hidrográficas se perfilan como las unidades de división funcionales con más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua. (3)

Diferencias entre Cuenca Hidrográfica y Cuenca Hidrológica:



- Cuenca Hidrográfica: delimitaciones de terreno definidas a partir de la divisoria de aguas. Se refiere exclusivamente a las aguas superficiales
- Cuenca Hidrológica: es lo mismo que la cuenca hidrográfica pero sumando las aguas subterráneas (acuíferos).

El agua al llegar al suelo se moverá tanto vertical como horizontalmente, de acuerdo con las características físico-químicas del mismo; verticalmente alcanzará la zona enraizada con lo cual proveerá a las plantas no solo con agua sino también con nutrientes, y continuará su curso hasta encontrar el nivel freático, con lo que se compensará al manto acuífero de la extracción que realiza el hombre. Tal balance es muy importante para este tan demandado recurso no renovable (Anuraga, Ruiz, Mohan Kumarc, Sekharc y Leijnsea 2006). (10)

Una vez que el agua y los nutrimentos entren al vegetal, los vasos de conducción se encargarán de llevarlos a las estructuras aéreas, en contra de un gradiente de presión regulado por el cierre y la apertura de estomas. El vegetal conservará parte del agua y nutrimentos, y el resto saldrá en forma de vapor proporcionando agua a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración. El agua que sale permitirá la

regulación de la temperatura tanto del vegetal como de la atmósfera. (Tapia Silva, Wehrmannb, Henzeb y Modelb 2006). (10)

El funcionamiento de una cuenca se basa en los principios del ciclo del agua y sus relaciones con suelos y aguas. Por eso, hablar de cuenca hidrográfica es hablar del comportamiento del agua. (6)

En la naturaleza existen dos fuentes de agua hacia la atmósfera: La evaporación de superficies de agua, como son los mares, ríos y lagos; y la evaporación de suelos cubiertos con vegetación. (6)

En este último caso, la evaporación de agua del suelo y la transpiración de las plantas envían simultáneamente el vapor de agua hacia la atmósfera. Una vez en la atmósfera, el vapor regresa a la tierra en forma de lluvias. Las lluvias, que varían en intensidad de acuerdo al lugar y época del año, alimentan la red de drenajes de la cuenca. Aún cuando no siempre llueve por igual sobre toda la extensión de la cuenca, observamos que el cauce principal presenta variaciones que son el reflejo de las lluvias ocurridas en las subcuencas. (6)

En las zonas lluviosas, el bosque es la formación vegetal que ofrece mejor defensa del suelo contra la erosión, ya que las hojas de los árboles detienen el impacto de las gotas de lluvia y ayudan a almacenar temporalmente el agua, regulando los caudales de los ríos. A esta intercepción de la lluvia por la capa vegetal, le sigue un proceso de infiltración del agua hacia dentro del suelo. Este proceso de infiltración forma las corrientes o ríos subterráneos, que ayudan a mantener la humedad del suelo y proveen de agua a los ríos superficiales durante el verano. (6)

Sin embargo, no toda el agua de lluvia se filtra hacia el subsuelo, pues llegado cierto momento la tierra se satura de agua, dando paso a la escorrentía, el agua fluye por la superficie de la tierra hacia los cauces de los ríos, aumentando su volumen a medida que llega el agua de las partes más lejanas. (6)

Si en la cuenca no existe vegetación suficiente para frenar la velocidad de las aguas de escorrentía, la fuerza de esta agua tiende a provocar desbordamientos e inundaciones en los ríos y procesos de erosión que destruyen los suelos agrícolas de la zona. (6)

El ciclo del agua termina donde empezó, es decir, con la transpiración de agua por las plantas que habitan los bosques y la evaporación del agua del suelo y de los ríos que forman la cuenca hidrográfica. (6)

## **1.2. COMPONENTES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA**

### **1.2.1. Componente Biológico**

Los bosques, los cultivos y en general los vegetales conforman la flora, constituyendo junto con la fauna el componente biológico. La vegetación que cubre la cuenca hidrográfica está compuesta por bosques primarios y secundarios. (4)

### **1.2.2. Componente Físico**

El agua, el suelo, el subsuelo, y el aire constituyen el componente físico de la cuenca hidrográfica, presenta desde su parte más alta hasta su base, un relieve inclinado y cortados por quebradas. Los suelos que se encuentran en el área son variados, en la parte alta los suelos están relacionados con bosques naturales, estos mantienen humedad y tienen una fertilidad natural media. (4)

### **1.2.3. Componente Socio económico**

Son las comunidades que habitan en la cuenca, las que aprovechan y transforman los recursos naturales para su beneficio, construyen obras de infraestructura, de servicio y de producción, los cuales elevan el nivel de vida de los habitantes. (4)

### **1.3. PARTES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA**

Las cuencas hidrográficas se clasifican en tres partes, ver ANEXO 1:

#### **1.3.1. Cuenca alta (cuenca de recepción)**

Corresponde a la zona donde nace el río, el cual se desplaza por una gran pendiente. (3)

#### **1.3.2. Cuenca media (canal de desagüe)**

Es la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión. (3)

#### **1.3.3. Cuenca baja (Cono de deyección)**

Es la parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección. (3)

## **1.4 TIPOS DE CUENCAS**

Existen tres tipos de cuenca que se clasifican según su sistema de drenaje, ver ANEXO 2:

### **1.4.1. Exorreicas**

Drenan sus aguas al mar o al océano. (3)

### **1.4.2. Endorreicas**

Desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen salida fluvial al mar. (3)

### **1.4.3. Arréicas**

Las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje. (3)

## **1.5. ELEMENTOS DE LA CUENCA**

En una cuenca identificamos los siguientes elementos:

### **1.5.1. Divisoria de aguas**

La divisoria de aguas o *divortium aquarum* es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre una cuenca hidrográfica y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos. Otro término utilizado para esta línea se denomina *parteaguas*. (3)

El *divortium aquarum* o línea divisoria de vertientes, es la línea que separa a dos o más cuencas vecinas. Es la divisoria de aguas, utilizada como límite entre dos espacios geográficos o cuencas hidrográficas. (3)

### **1.5.2. El río principal**

El río principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud o mayor área de drenaje. Tanto el concepto de río principal como el de nacimiento del río son arbitrarios, como también lo es la distinción entre río principal y afluente. Sin embargo, la mayoría de cuencas de drenaje presentan un río principal bien definido desde la desembocadura hasta cerca de la divisoria de aguas. El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura. (3)

En el curso de un río distinguimos tres partes:

#### **1.5.2.1. El curso superior**

Ubicado en lo más elevado del relieve, en donde la erosión de las aguas del río es vertical. Su resultado: la profundización del cauce. (3)

#### **1.5.2.2. El curso medio**

En donde el río empieza a zigzaguear, ensanchando el valle. (3)

#### **1.5.2.3. El curso inferior**

Situado en las partes más bajas de la cuenca. Allí, el caudal del río pierde fuerza y los materiales sólidos que lleva se sedimentan, formando las llanuras aluviales o valles. (3)

Otros términos importantes a distinguir en un río son:

- **Cauce**

Cauce o lecho (Del lat. calix, -icis, tubo de conducción.)  
m. Lecho de los ríos y arroyos. Conducto descubierto o acequia por donde corren las aguas para riegos u otros usos. (3)



- **Thalweg**

Línea que une los puntos de mayor profundidad a lo largo de un curso de agua. (3)

- **Margen derecha**

Mirando río abajo, la margen que se encuentra a la derecha. (3)

- **Margen izquierda**

Mirando río abajo, la margen que se encuentra a la izquierda. (3)

- **Aguas abajo**

Con relación a una sección de un curso de agua, sea principal o afluente, se dice que un punto está aguas abajo, si se sitúa después de la sección considerada, avanzando en el sentido de la corriente. (3)

- **Aguas arriba**

Es el contrario de la definición anterior. (3)

### **1.5.3. Los afluentes**

Son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca. (3)

### **1.5.4. El relieve de la cuenca**

El relieve de una cuenca consta de los valles principales y secundarios, con las formas de relieve mayores y menores y la red fluvial que conforma una cuenca. Está formado por las montañas y sus flancos; por las quebradas o torrentes, valles y mesetas. (3)

### **1.5.5. Las obras humanas**

Las obras construidas por el ser humano, también denominadas intervenciones antropogénicas, que se observan en la cuenca suelen ser viviendas, ciudades, campos de cultivo, obras para riego y energía y vías de comunicación. El factor humano es siempre el causante de muchos desastres dentro de la cuenca, ya que se sobreexplota la cuenca quitándole recursos o «desnudándola» de vegetación y trayendo inundaciones en las partes bajas. (3)

## **1.6. CORDILLERA CHONGON COLONCHE**

La cordillera Chongón-Colonche recorre 95 kilómetros de la costa ecuatoriana en sentido este-oeste y la forman un cinturón de cerros que se extienden desde el oeste de Guayaquil. Dentro de esta cordillera se encuentran el Bosque Protector Chongón-Colonche, ver ANEXO 3. (1)

El Bosque Protector presenta bosque húmedo de garúa en la parte alta de la cordillera y bosques más secos hacia las laderas de la misma. En la zona de la vertiente occidental de la cordillera Chongón-Colonche y en zonas de bosque húmedo tropical no se encuentran bosques maduros debido al alto grado de intervención humana. (2)

## **1.7. CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO CALIFORNIA – VALDIVIA**

La cuenca del río California-Valdivia forma parte de la zona norte de la Península de Santa Elena. Dentro de esta cuenca se han incluido los pequeños esteros que existen desde San Pedro, Ayangué, al río Grande.

El río Valdivia nace de los cerros Sombrero, Guachineas y La Torre, con el nombre de California y fluye de norte a sur en su parte alta, para luego

hacerlo de este a oeste, siguiendo un valle estrecho hasta su desembocadura.

El río tiene un recorrido aproximado de 28 kilómetros de los cuales los primeros 8 kilómetros tienen dirección norte a sur para luego torcer al oeste, la pendiente es sumamente fuerte y corre encerrado entre montañas en su parte alta.

No tiene valles grandes y las pequeñas zonas planas se encuentran después de Loma Alta. El río corre ciñéndose por la margen izquierda a la montaña dejando los pequeños valles en la margen derecha. Es un río permanente, con escurrimientos mayores en la época de lluvias de Enero a Mayo; desde Julio a Noviembre se presentan "garúas" que hacen que el río permanezca con un caudal no despreciable. Su pendiente y la forma de la cuenca hacen que el drenaje de la misma sea rápido. (2)

### **1.8. BOSQUE PROTECTOR “LOMA ALTA”**

El Bosque Protector “Comuna Loma Alta” es declarado mediante Acuerdo Ministerial No. 202 del 5 de junio de 1987 y publicado en el Registro Oficial No. 710 del 18 de junio de 1987.

Se encuentra al oeste del Ecuador, en la provincia de Santa Elena, posee una superficie de 2863,43 hectáreas.

Se localiza en las parroquias de Manglaralto y Colonche del cantón Santa Elena. (1)

# **CAPÍTULO 2**

## **2. COBERTURA VEGETAL**

La cobertura vegetal es la parte de la superficie del terreno que está bajo alguna forma vegetal. La cobertura arbórea es la superficie que queda bajo el dosel de los árboles. (14)

### **2.1 GENERALIDADES**

La determinación de la cobertura está ligada a la variable suelos, siendo necesario aclarar tres conceptos: la Tierra, la Cobertura y el Uso; estos términos tradicionalmente se han interpretado de acuerdo con los intereses de cada disciplina técnica que los aborda. (16)

Según la Corporación Autónoma Regional del Cauca (2003), “la cobertura de la tierra comprende todos los elementos que se encuentran sobre la superficie terrestre ya sean naturales o creados por el hombre; es decir la cobertura puede derivarse de ambientes naturales producto de la evolución ecológica o artificiales creados y mantenidos por el hombre”. (16)

En este sentido, el “Uso de la tierra” es una expresión que se puede emplear el hombre para referirse a los diferentes tipos de cobertura “para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales.....” (Corporación Autónoma Regional del Cauca, 2003), necesidades que se desarrollan en el contexto de una organización ecosistémica más concreta que se le puede denominar “Paisaje” “enunciado que expresa la integralidad de la interacción espacio-temporal de los factores formadores de los ecosistemas tanto bióticos, como físicos y/o antrópicos.....”(INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (1994). (16)

Esta síntesis visible del ecosistema “Paisaje”, se compone de dos parte básicas: la morfología de la superficie terrestre o “GEOFORMA” y aquello que lo recubre, la “COBERTURA”, que puede tomar muchas formas según el área analizada como cobertura vegetal, agua, suelo desnudo, entre otra gama de elementos típicos de las cuencas hidrográficas. (16)

Los bosques son formaciones dominadas por árboles que forman una corona más o menos bien definida, constituyendo un dosel de al menos 5 metros de altura. (18)

### 2.1.1. Bosques Primarios

Son bosques vírgenes o formaciones vegetales poco alteradas por disturbios naturales o antropogénicos. De acuerdo a la variedad ambiental existe una amplia gama de tipos de bosque con diferente estructura y composición. En regiones tropicales, la riqueza en especies es alta y el mismo tipo de bosque puede tener cientos de especies arbóreas (Budowski, 1985, citado por Arroyo, 2000). La abundancia de la mayoría de especies es baja y la mezcla de especies es intensiva, no sólo en el área (horizontalmente) sino también en los estratos (verticalmente) (Dulhoste, 2002). (19)

En ambientes homogéneos, las mezclas y estructuras de los rodales varían en superficies pequeñas. Se observa una alta heterogeneidad de las dimensiones de los árboles (diámetro y altura) en pequeñas superficies. En el estrato superior predominan los árboles gruesos, mientras que los delgados son escasos. Esta forma de vida o estrategia estructural es característica especial de las especies pioneras longevas, como por ejemplo la *Swietenia macrophylla*, las nómadas como *Eucalyptus* y las oportunistas como *Cecropia* (Lamprecht, 1990, citado por Arroyo, 2000). (19)



### **2.1.2. Bosques Secundarios**

Son comunidades vegetales que abarcan los estadios de una sucesión, desde el bosque inicial que se forma en una superficie abierta natural o antropogénica, hasta su fin, excluyendo el desarrollo de un bosque primario. En la práctica, el término de bosque secundario se refiere a los estadios tempranos de sucesión, porque los bosques secundarios viejos son generalmente difíciles de distinguir de un bosque primario. La opinión generalizada de que los bosques secundarios son menos naturales que los bosques primarios no es correcta, cuando las causas de su origen no son antropogénicas y la sucesión ocurre sin perturbaciones. La composición y las estructuras de estas comunidades no sólo dependen del medio ambiente, sino también de la edad y de ellas mismas y varían con el avance de la sucesión (Lamprech, 1990; Finegan, 1992, citados por Arroyo, 2000). En general, los bosques jóvenes tienen una estructura más simple y son mucho más pobres en especies que los bosques primarios del mismo ambiente. Tanto la composición y la estructura de un bosque secundario cambian con el paso del tiempo (Finegan, 1992, citado por Arroyo, 2000). (19)

En realidad, un bosque tropical está compuesto por comunidades vegetales en diferentes estados de desarrollo. La mayoría de los claros en los bosques tropicales son causados por la caída de uno o más árboles viejos que forman el dosel superior, que al caer pueden tumbar a varios árboles vecinos. Existen claros por derrumbes, vientos fuertes, la muerte o lesión de un árbol individual o el despeje por parte del hombre. La frecuencia de la caída de árboles o la frecuencia de la formación de claros puede brindar una evidencia indirecta de la importancia de los claros para la regeneración de las especies, porque al quedar espacio libre y gracias al aporte de semillas de los árboles circundantes, los espacios se llenan inmediatamente de plántulas heliófitas y tienen un rápido crecimiento en altura y experimentan una competencia por la cual llegan en pocos años a alcanzar el dosel superior del bosque; las especies tolerantes a la falta de luz crecen en forma más lenta y se les conoce como esciófitas (Morales, 1990, citado por Arroyo, 2000). (19)

La caracterización de la vegetación y su clasificación como diferentes comunidades vegetales se basa en la composición florística y características estructurales tales como diversidad,

altura, frecuencia, dominancia, abundancia y área basal de las especies constituyentes. (19)

### **2.1.3. Fases en la sucesión del bosque secundario.**

Las líneas generales el proceso de la sucesión secundaria atraviesa las siguientes etapas (Wijdeven et al. 1994): Inmediatamente después de una perturbación hay una carrera para el crecimiento en condiciones de baja competencia por el espacio y los recursos. En este momento, la composición de especies depende de los propágulos presentes (dispersados de algún sitio o del banco de semillas) y de la reproducción vegetativa de las plantas supervivientes. A partir de ahí las condiciones de competencia aumentan y la recuperación se relantece. Asimismo los primeros ocupantes facilitan, inhiben o restringen la colonización de nuevas especies. Durante la sucesión hay un progresivo desarrollo del suelo, un aumento de los contenidos orgánicos a igual que de la altura y densidad de la vegetación; pequeñas especies de corta duración (secundarias) son sustituidas por especies mayores de larga duración (primarias o climáticas). Pasamos de un sistema de poca diversidad a otro con una alta riqueza de especies vegetales. (7)

Hay muchas publicaciones científicas que proponen modelos que interpretan la sucesión en el bosque tropical desde un punto de vista más pragmático, distinguiendo distintas fases con características más o menos homogéneas, que forman el proceso (Budowsky 1965, Whitmore 1983, Gómez-Pompa & Vázquez-Yanes 1985, Lamprecht 1990, Gómez-Pompa et al. 1991). Todos ellos son relativamente similares, pero tampoco en este caso hay un consenso global. Para este trabajo tomaremos como punto de referencia el modelo propuesto por Finegan (1992) que se enmarca en los neotrópicos. (7)

El modelo de Finegan describe de modo sencillo las primeras décadas de la sucesión secundaria después de una talarasa del bosque o en tierras agrícolas abandonadas o degradadas con fuentes adecuadas de semillas, características estas comunes en muchos de los lugares donde actualmente se asientan los bosques secundarios. Las primeras tres etapas de la sucesión están respectivamente dominadas por hierbas y arbustos, seguidos por árboles heliófitos efímeros (pioneros de ciclo corto) y estos por árboles heliófitos durables (especies secundarias tardías o pioneras de ciclo largo). Este último grupo ecológico consiste casi exclusivamente en especies utilizables y

debe ser el centro de atención para propósitos de manejo, como más adelante se explica. Los tres grupos mencionados se establecen en o cerca del principio de la sucesión; la sucesión ocurre porque cada grupo crece, madura y declina más rápidamente que el que le sigue. La tercera etapa de la sucesión protagonizada por árboles heliófitos, dura hasta que empiezan a ser reemplazados por especies más tolerantes a la sombra (esciófitas). Dado que estas especies secundarias tardías alcanzan típicamente la madurez a los 100 años, esta tercera etapa puede durar más de un siglo. El bosque de esta tercera fase se diferencia del bosque maduro por la composición de especies dominantes. (7)

Dada la intolerancia a la sombra y las escasas aperturas de dosel, ninguna de las especies de estos grupos se regenera continuamente en el bosque sucesional; así cada grupo se desarrolla como una población aproximadamente coetánea. La sucesión y el tipo de perturbación. Sucesiones en suelos degradados, bajo regímenes de quemadas constantes o en sitios aislados de fuentes de semillas pueden demostrar una desviación considerable del modelo expuesto anteriormente (Whitmore 1983, Nepstad et al. 1991, Gómez-Pompa et al.

1991, de Graaf 1991, Finegan 1992). Con una degradación importante del suelo, pérdidas en el banco de semillas y la aparición de nuevos hábitats "innaturales", el proceso de la sucesión sigue otros patrones y puede conllevar el establecimiento de comunidades herbáceas que dificultan o incluso impiden irreversiblemente la recuperación de la vegetación original de un modo natural. Esta es la razón que puede explicar la presencia de sabanas en lugares propios de bosques húmedos o secos (Whitmore 1983, Gómez-Pompa & Vázquez-Yanes 1985, de Graaf 1991). Poorter y Bongers (1993) caracterizan las perturbaciones según el tamaño, la frecuencia y la distribución espacial. La frecuencia por ejemplo, puede ser tan elevada que el proceso sucesional sea frenado reiterativamente y nunca se llega al climax potencial. Por otro lado, la distribución espacial de los claros en relación a la distancia de los recursos de semillas potenciales, determina si estos sitios pueden ser recolonizados de modo eficaz. Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes (1985) hacen otra caracterización de las perturbaciones según: la magnitud, extensión e historia del área afectada y las condiciones ambientales durante la perturbación. (7)

Resumiendo, la sucesión o regeneración puede seguir diversas rutas en función de:

- La severidad (grado de perturbación de la vegetación) sincronía (en relación a la disponibilidad de semillas) y la escala (tamaño del área afectada) de la perturbación.
  
- La naturaleza de la zona perturbada (proximidad al bosque primario/recurso de semillas, árboles remanentes, forma y medioambiente de la zona).
  
- Disponibilidad de semillas (regeneración avanzada, rebrote, banco de semillas, inmigración de semillas).
  
- Diferente vigor de las especies (régimen de crecimiento, características de competitividad, tolerancia al estrés, adaptación).

## 2.2. Los Bosques en el Ecuador

En el Ecuador existen 14 tipos de bosque, definidos por una combinación de criterios ambientales, hídricos, bióticos y topográficos. Estos bosques tienen por lo general más de un estrato, el número de estratos disminuye con la elevación. (Sierra *et al.* 1999). (18)

Estos son:

1. Bosque siempreverde de tierras bajas.
2. Bosque siempreverde inundable de tierras bajas.
3. Bosque siempreverde de tierras bajas inundable por
4. aguas blancas.
5. Bosque siempreverde de tierras bajas inundable por
6. aguas negras.
7. Bosque inundable de palmas de tierras bajas.
8. Bosque siempreverde piemontano
9. Bosque siempreverde montano bajo.
10. Bosque siempreverde montano alto.
11. Bosque de neblina montano y montano bajo.
12. Bosque semideciduo de tierras bajas.
13. Bosque semideciduo piemontano.
14. Bosque deciduo de tierras bajas.



Los bosques de la cordillera Chongón-Colonche no han sido diferenciados en las clasificaciones ecológicas del país, nominando a este macizo como bosque seco tropical o bosque semideciduo premontano (Cañadas 1983, Sierra 1996). (18)

Los datos preliminares del aporte considerable de la garúa a las partes altas de esta cordillera ( $\geq 400$  m.s.n.m.) (Becker 1996) y las especies de plantas vasculares de la presente flora permiten determinar la existencia de un bosque húmedo, en donde la composición florística es similar a la de los bosques húmedos de las estribaciones de la cordillera de los Andes. (18)

Este bosque debe de ser clasificado como bosque tropical húmedo de garúa, caracterizado en los meses de Octubre a mayo por temperaturas en el día de hasta  $36^{\circ}$  C y  $18^{\circ}$  C en las noches de junio a septiembre, con una precipitación vertical aproximada de 1200 mm. de diciembre a marzo y 1100 mm. de precipitación horizontal (garúa) desde Junio hasta Septiembre. Es un ecosistema frágil e indispensable de conservar, alberga especies de la bioregión del Choco (Plan de Manejo del bosque protector cordillera Chongón Colonche, Fundación Natura 2004), contrarresta el impacto de las corrientes marinas tierra adentro y cumple

con la función de captación de agua, principalmente la de garua en las partes altas. Ver ANEXO 4.

### **2.3. Algunos parámetros para medir la vegetación**

#### **2.3.1. Diseño de muestreo**

Para que un muestreo sea lo suficientemente representativo y confiable, debe estar bien diseñado. Esto quiere decir que la muestra a tomarse debe considerar la mayor variabilidad existente en toda una población estadística. La representatividad está dada por el número de réplicas a tomarse en cuenta y por el conocimiento de los factores que pueden influir en una determinada variable. (15)

#### **2.3.2. Muestreo sistemático**

Consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales en un patrón regular en toda la zona de estudio. Este tipo de muestreo permite detectar variaciones espaciales en la comunidad. (15)

Sin embargo, no se puede tener una estimación exacta de la precisión de la media de la variable considerada. El muestreo sistemático puede realizarse a partir de un punto determinado al azar, del cual se establece una cierta medida para medir los subsiguientes puntos. Este

tipo de muestreo, a diferencia del muestreo aleatorio, se puede planificar en el mismo lugar donde se realizará el estudio y la aplicación del diseño es más rápida. (15)

### **2.3.3. Cuadrantes**

El método de los cuadrantes es una de las formas más comunes de muestreo de vegetación. (15)

Los cuadrantes hacen muestreos más homogéneos y tienen menos impacto de borde en comparación a los transectos. El método consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas. Por su facilidad de determinar la cobertura de especies, los cuadrantes eran muy utilizados para muestrear la vegetación de sabanas y vegetación herbácea. (15)

Hoy en día, los cuadrantes pueden ser utilizados para muestrear cualquier clase de plantas. (15)

El tamaño del cuadrante está inversamente relacionado con la facilidad y velocidad de muestreo. (15)

El tamaño del cuadrante, también, depende de la forma de vida y de la densidad de los individuos. Para muestrear vegetación herbácea, el tamaño del cuadrante puede ser de 1 m<sup>2</sup> (1x1m.); el mismo tamaño se utiliza para muestrear las plántulas de especies arbóreas. (15)

Para muestrear bejucos o arbustos, el tamaño puede ser de 4 m<sup>2</sup> (2x2 m) o 16 m<sup>2</sup> (4x4 m.). Para árboles (mayor a 10 cm. DAP), los cuadrantes pueden ser de 25 m<sup>2</sup> (5x5) o 100 m<sup>2</sup> (10x10). El tamaño de los cuadrantes depende de la densidad de las plantas a medirse; para refinar el tamaño adecuado, es necesario realizar pre-muestreos, ya que de no ser así, habrán muchas parcelas con ausencia de individuos o, al contrario, se tendrán cuadrantes en los que se utilizará mucho tiempo. (15)

#### **2.3.4. Altura**

La altura es uno de los principales parámetros que se miden en una vegetación o una especie. La altura se mide de acuerdo al interés que se tenga y puede ser de forma cualitativa o cuantitativa. Generalmente, cuando se quiere una mayor precisión de medición de la altura se utiliza mayor tiempo, en cambio, cuando se estima sin tomar cierta precisión esta medición puede ser muy rápida. Para acelerar el tiempo de medición y evitar que éste sea un impedimento

se han inventado muchos instrumentos. La regla telescópica es uno de los instrumentos exactos aunque puede medirse máximo hasta los ocho metros de altura. El hipsómetro Christen, el nivel de Abney o clisímetro, el hipsómetro Blume-Leiss, la pistola Haga y el clinómetro Suunto (Romahn de la Vega et al., 1994) son instrumentos mucho más precisos y se pueden usar para medir cualquier altura. (15)

### **2.3.5. Diámetro**

El diámetro del tronco de un árbol es uno de los parámetros de mayor uso para estudios de ecología vegetal. El diámetro consiste en determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos en que toca toda la circunferencia (Romahn de la Vega et al., 1994). Esta medida sirve, a su vez, para medir el área basal y el volumen del tronco de los árboles. También, mediante el diámetro es posible medir el crecimiento de las plantas, haciendo medidas repetidas cada determinado tiempo. El diámetro de los árboles se mide a una altura de 1.3 metros de la superficie del suelo (DAP=diámetro a la altura del pecho) utilizando una cinta diamétrica. También, es posible medir el diámetro con una forcípula o con una cinta métrica. La forcípula mide el diámetro directamente, mientras que la cinta métrica mide el perímetro, a partir del cual se puede calcular el diámetro. (15)

Es usual hacer medidas repetidas del diámetro a través del tiempo, especialmente cuando se tienen instaladas parcelas permanentes de medición. En estos casos, es muy importante marcar exactamente el lugar donde se midió y se debe realizar con pintura al aceite de buena calidad. (15)

También, es mejor hacer mediciones repetidas en la misma época de cada año, ya que los árboles tienen incrementos distintos según la época. (15)

#### **2.3.6. Densidad**

La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas. (15)

#### **2.3.7. Frecuencia**

La frecuencia se define como la probabilidad de encontrar un atributo (por ejemplo una especie) en una unidad muestral y se mide en porcentaje. (15)

En otras palabras, este porcentaje se refiere a la proporción de veces que se mide en las unidades muestrales en relación a la cantidad total de unidades muestrales. (15)

### **2.3.8. Cobertura**

La cobertura ha sido utilizada para medir la abundancia de especies cuando la estimación de la densidad es muy difícil, pero principalmente la cobertura sirve para determinar la dominancia de especies o formas de vida (Matteucci y Colma,1982). La cobertura es muy usada con especies que crecen vegetativamente, como por ejemplo los pastos y algunos arbustos.

### **2.3.9. Área basal**

El área basal es una medida que sirve para estimar el volumen de especies arbóreas o arbustivas.

Por definición, el área basal es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco de un árbol a una determinada altura del suelo (Matteucci y Colma, 1982). En árboles, este parámetro se mide obteniendo el diámetro o el perímetro a la altura del pecho (DAP a una altura de 1.3 metros). En arbustos u otras plantas, que se ramifican desde la base, el diámetro o perímetro se toma a la altura del suelo.

La estimación del área basal se usa generalmente en los estudios forestales, puesto que con otros parámetros, como la densidad y

altura, brindan un estimado del rendimiento maderable de un determinado lugar. (15)

Para facilitar el cálculo del área basal, utilizando el diámetro, ésta es equivalente a  $0.7854 \cdot D^2$ . (15)

Cuando se conoce la circunferencia (C) de un tronco, el área basal se puede calcular de la siguiente forma:  $AB = C^2/\pi/4$ . (15)

#### **2.4. Índices para Evaluar la Vegetación**

Los índices han sido y siguen siendo muy útiles para medir la vegetación. (15)

Si bien muchos investigadores opinan que los índices comprimen demasiado la información, además de tener poco significado, en muchos casos son el único medio para analizar los datos de vegetación. Los índices que se mencionan en este libro son los más utilizados en el análisis comparativo y descriptivo de la vegetación. (15)



## **La riqueza de especies y la diversidad de especies**

La riqueza se refiere al número de especies pertenecientes a un determinado grupo (plantas, animales, bacterias, hongos, mamíferos, árboles, etc.) existentes en una determinada área. En cambio, la diversidad de especies, en su definición, considera tanto al número de especies, como también al número de individuos (abundancia) de cada especie existente en un determinado lugar. (15)

En la actualidad, estos índices son criticados porque comprimen mucha información que puede ser más útil si se analiza de manera diferente. A pesar de ello, los estudios florísticos y ecológicos recientes los utilizan como una herramienta para comparar la diversidad de especies, ya sea entre tipos de hábitat, tipos de bosque, etc. Normalmente, los índices de diversidad se aplican dentro de las formas de vida (por ejemplo, diversidad de árboles, hierbas, etc.) o dentro de estratos (por ejemplo, diversidad en los estratos superiores, en el sotobosque, etc.). A una escala mayor, no es posible calcular índices de diversidad, ya que aparte de conocer las especies, es necesario conocer la abundancia de cada una de éstas. (15)

Los índices de diversidad son aquellos que describen lo diverso que puede ser un determinado lugar, considerando el número de especies (riqueza) y el número de individuos de cada especie. (15)

Existen más de 20 índices de diversidad, cada uno con sus ventajas y desventajas. En este libro solo se mencionan los índices más importantes. (15)

#### **2.4.1. Índice de Shannon-Wiener.**

Es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad de especies de plantas de un determinado hábitat.

Para utilizar este índice, el muestreo debe ser aleatorio y todas las especies de una comunidad vegetal deben estar presentes en la muestra.

El índice de Shannon-Wiener se puede calcular ya sea con el logaritmo natural ( $\ln$ ) o con el logaritmo con base 10 ( $\lg_{10}$ ), pero, al momento de interpretar y escribir los informes, es importante recordar y especificar el tipo de logaritmo utilizado.

#### **2.4.2. Índices de similaridad**

Los coeficientes de similitud han sido muy utilizados, especialmente para comparar comunidades con atributos similares (diversidad Beta).

Sin embargo, también son útiles para otro tipo de comparaciones, por ejemplo, para comparar las comunidades de plantas de estaciones diferentes o micrositios con distintos grados de perturbación (por ejemplo: bosque perturbado vs. bosque poco perturbado). Los índices de similitud pueden ser calculados en base a datos cualitativos (presencia/ausencia) o datos cuantitativos (abundancia).

#### **2.4.3. Índice de Sorensen.**

Este índice es el más utilizado para el análisis de comunidades y permite comparar dos comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas.

#### **2.4.4. Índice de Jaccard .**

Otro índice que utiliza datos cualitativos. Este índice es muy similar al de Sorensen.

#### **2.4.5. El índice de valor de importancia**

Es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente, en base a tres parámetros principales:

Dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), densidad y frecuencia. El índice de valor de importancia (I.V.I.) es la suma de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. El I.V.I. es un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros utilizados individualmente.

Para obtener el I.V.I., es necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100.

Por lo tanto, la suma total de los valores del I.V.I. debe ser igual a 300.

## **2.5. Los diagramas de perfil**

Son descripciones estrictamente fisonómico-estructurales que describen comunidades vegetales de flora poco conocida (Matteuci y

Colma, 1982). Los diagramas de perfil representan fotografías del perfil de una vegetación, sea de forma horizontal o vertical.

La estructura vertical se refiere a la disposición de las plantas de acuerdo a sus formas de vida en los diferentes estratos de la comunidad vegetal. La estructura horizontal se refiere a la cobertura del estrato leñoso sobre el suelo (Matéuci y Colma, 1982). La estructura vertical y horizontal son fácilmente visualizadas en diagramas gráficos. El levantamiento se puede efectuar a partir de cualquier clase diamétrica o altura y generalmente, se describe la forma y proyección de la copa en el suelo.

## **2.6. Posición social de los árboles**

De acuerdo a la ubicación que a través de la competencia en el bosque logran los diversos árboles con respecto a sus semejantes, se ha adoptado un criterio para clasificar los árboles. Este sistema funciona según su "posición social" dentro de la comunidad arbórea.

(12)

Es una clasificación simplificada y muy general, pero permite establecer diferencias:

- **Árboles dominantes**

Son los de mayor altura y diámetro cuyas copas se ubican en el nivel más alto del dosel.

- **Árboles codominantes**

Presentan menor desarrollo que los anteriores, formando sus copas el nivel medio del dosel.

- **Árboles intermedios**

Sus copas se extienden hacia adentro del follaje, tienen dimensiones menores a los dos anteriores.

- **Árboles oprimidos**

Se encuentran debajo del dosel del bosque.

- **Árboles suprimidos**

Son los que están en vías de extinción y los muertos.

# CAPÍTULO 3

## 3. LOS RECEPTORES REMOTOS EN LA MEDICIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL.

### 3.1. ¿Qué es un GPS?

Un GPS es un sistema de radio-navegación basado en los satélites, donde el receptor GPS determina su posición geográfica X, Y y Z midiendo su distancia a los diferentes satélites. Hay 24 satélites de GPS operativos que están circulando alrededor de la tierra en diferentes órbitas y todos transmiten su posición espacial. Determinando el horario de los diferentes satélites, que se corresponde con la distancia, se obtiene la posición geográfica. El error en la estimación de posiciones de campo es del orden de unos pocos metros, dependiendo de la calidad del receptor. (13)

### 3.2. La teledetección remota

La teledetección o percepción remota es una disciplina científica que integra un amplio conjunto de conocimientos y tecnologías utilizadas para

la observación, el análisis, la interpretación de fenómenos terrestres y planetarios.

Sus principales fuentes de información son las medidas y las imágenes obtenidas con la ayuda de plataformas aéreas y espaciales.

Como su nombre indica, la teledetección supone la adquisición de información a distancia, sin contacto directo con el objeto estudiado.

La adquisición de información a distancia implica la existencia de un flujo de información entre el objeto observado y el captador. El portador de esta información es la radiación electromagnética, esta puede ser emitida por el objeto o proceder de otro cuerpo y haber sido reflejada por este. Todos los cuerpos (planetas, seres vivos, objetos inanimados) emiten radiación electromagnética; la cantidad y tipo de esta radiación emitida depende fundamentalmente de su temperatura.

El principal emisor de radiación en el sistema solar es el propio Sol cuya radiación, reflejada por la Tierra y los objetos situados en ella, es la más comúnmente utilizada en teledetección y es la que nos permite ver los objetos situados a nuestro alrededor. Otra opción es que el sistema captador incorpore un emisor de radiación (Radar) cuyo reflejo en la



superficie del planeta objeto de estudio lo recoge el propio captador. Ver ANEXO 47.

El objetivo fundamental de la teledetección es el de analizar las características de la radiación que abandona la superficie terrestre, y que es captada posteriormente por un sensor situado en un satélite. El análisis de estos datos, permite determinar qué elementos y factores ambientales las han producido. (11)

### **3.2.1. Proceso de la Teledetección**

El principio de base de la teledetección es similar al de la visión. La teledetección es el resultado de la interacción entre tres elementos fundamentales: una fuente de energía, un objetivo o escena y un captador o sensor.

La fuente de energía es la que "ilumina" el objetivo emitiendo una onda electromagnética (flujo de fotones). También es posible medir el calor que se desprende de la superficie del objetivo (infrarrojo térmico). En este caso el propio objetivo es la fuente de energía (aunque se trata de energía solar almacenada y reemitida).

El objetivo o escena es la porción de la superficie terrestre observada por el satélite. Su dimensión varia, en función de la resolución del captador, de unos pocos km<sup>2</sup> a algunos miles de km<sup>2</sup>.

El captador o sensor de teledetección mide la energía solar (es decir la radiación electromagnética) reflejada por el objetivo. El captador puede encontrarse en un satélite o en un avión, sobrevolando el objetivo a una altura de pocos centenares de metros hasta distancias de 36000 kilómetros en el caso de los satélites meteorológicos.

Los captadores embarcados en los satélites miden la radiación electromagnética reflejada y posteriormente reenvían esta información a la Tierra mediante un emisor. En la Tierra una red de estaciones de recepción se encarga de recibir y almacenar estos datos.

Cuando la fuente de energía es el Sol, y el captador solo mide la radiación reflejada, se conoce como teledetección pasiva. Esta modalidad de teledetección solo es operativa durante las horas diurnas. Por la noche o cuando hay nubes que se interponen no es posible realizar observaciones.

La observación de las regiones tropicales no es fácil con esta modalidad de teledetección, a causa de la frecuente presencia de densas coberturas de nubes en estas zonas. Asimismo son difíciles de observar las regiones polares durante los periodos invernales, debido a la reducida iluminación solar que reciben.

En los casos que el mismo satélite lleva una fuente emisora de energía (radar) que envía hacia el objetivo y mide el eco producido se le denomina teledetección activa. El radar atraviesa la cobertura de nubes lo que facilita la obtención de imágenes independientemente de las condiciones meteorológicas, tanto de día como de noche.

Aunque las imágenes de radar son más difíciles de analizar, complementan los datos de la teledetección pasiva y ofrecen información adicional sobre otros aspectos como la topografía del terreno. (11)

### **3.2.2. Alturas de Teledetección**

La teledetección puede hacerse a distintas alturas y mediante diferentes plataformas.

El área de la superficie terrestre escaneada, está en función de la altura de exploración. Cuanto más lejos esté el sistema de teledetección, mayor será la superficie cubierta, de forma inversa, cuanto más cerca estemos de la superficie menor será el área analizada.

- Nivel I: Agrupa los instrumentos que operan desde el nivel del suelo hasta los aviones de gran altitud.
- Nivel II: Incluye los dispositivos ubicados en ingenios de órbita baja (Trasbordador espacial, estación orbital) hasta los satélites de observación de órbitas polares hasta 1000 km).
- Nivel III: Son los satélites de observación meteorológica situados en órbita geoestacionaria a casi 36.000 Km de la Tierra. (11)

### **3.2.3. Espectro electromagnético y Teledetección**

#### **3.2.3.1. Espectro electromagnético**

La radiación electromagnética comprende una amplia variedad de frecuencias o de longitudes de onda que abarcan desde los rayos gamma a las ondas de radio. Todas estas emisiones constituyen el denominado espectro electromagnético.

#### **3.2.3.2. Características**

Las ondas electromagnéticas son todas semejantes (independientemente de cómo se generen) y sólo se diferencian en su longitud de onda y frecuencia. La luz es una onda electromagnética.

Las radiaciones electromagnéticas se propagan en el vacío a la velocidad de la luz.

#### **3.2.3.3. Las ondas electromagnéticas**

Cuando la radiación electromagnética incide sobre la superficie de un cuerpo, una parte es reflejada y el resto transmitida.

La intensidad de las ondas electromagnéticas disminuye con el cuadrado de la distancia.

#### **3.2.3.4. Radiaciones electromagnéticas**

En teledetección aeroespacial, se mide la cantidad de radiación electromagnética reenviada por una porción de superficie terrestre.

Las películas fotográficas solo pueden registrar las longitudes de onda del espectro visible e infrarrojo.

Los instrumentos de los satélites de teledetección son sensibles a un rango más amplio de frecuencias que el espectro visible. El rango de longitudes de onda que pueden captar, va desde el ultravioleta, hasta las zonas infrarrojas, térmicas y las microondas.

Las radiaciones más utilizadas en teledetección son:

- **Las microondas**

Las microondas, también llamadas hiperfrecuencias, se usan en los sensores radar. Se generan mediante unos dispositivos electrónicos llamados magnetrones, parecidos a los que hay en los hornos microondas domésticos.

- **La radiación infrarroja**

Los cuerpos calientes emiten radiación infrarroja, propiedad que tiene muchas aplicaciones en teledetección, medicina y astronomía. La zona infrarroja del espectro, se subdivide en tres regiones: infrarrojo cercano, medio y lejano o térmico.

- **El espectro visible**

La luz es la parte visible del espectro electromagnético. La sensibilidad espectral del ojo humano es muy estrecha y se subdivide en seis intervalos que definen los colores básicos: rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta.

- **La radiación ultravioleta**

La radiación ultravioleta es la componente principal de la radiación solar. (11)

### **3.2.4. Interacción de la radiación electromagnética con la Atmósfera**

En el espacio exterior no hay pérdida de radiación por interferencia con ningún medio material, sólo se produce el fenómeno de atenuación debida a la ley del cuadrado de la distancia.

Los gases y partículas de la atmósfera terrestre interactúan con los flujos de radiación recibidos del Sol y con los emitidos o reflejados por la superficie terrestre. Los principales efectos de la atmósfera terrestre sobre la radiación incidente son:

#### **3.2.4.1. Dispersión**

Es la difusión de la radiación producida por las partículas presentes en la atmósfera. Se distinguen dos tipos principales:

- Dispersión Rayleigh cuando la radiación interactúa con moléculas atmosféricas y otras partículas pequeñas cuyo diámetro es menor que la longitud de onda de la radiación incidente. Las longitudes de onda más cortas tienden a ser más afectadas por esta modalidad de dispersión, que las longitudes de onda más largas. El color azul del cielo es un ejemplo de este tipo de dispersión.
- Dispersión Mie tiene lugar cuando las partículas que interactúan con la radiación son de mayor diámetro, por ejemplo vapor de agua y partículas de polvo. Esta radiación tiende a influir más sobre las longitudes de onda más largas. Las puestas de sol rojizas son un ejemplo de dispersión Mie.



#### **3.2.4.2. Absorción**

En contraste con la dispersión, la absorción resulta en una pérdida efectiva de energía en la atmósfera. La absorción se produce en longitudes de onda determinadas. El vapor de agua, el dióxido de carbono y el ozono son los principales elementos que absorben la radiación solar. Los rangos de longitudes de onda en los cuales la atmósfera es particularmente transparente se los denomina ventanas atmosféricas.

Los efectos de la atmósfera sobre la radiación electromagnética varían por diferentes factores entre los que destacan: las diferencias de recorrido, la intensidad de la señal emitida, la longitud de onda y con las condiciones atmosféricas del momento de la observación. (11)

#### **3.2.5. Interacciones de la radiación con la materia**

Todos los objetos de la superficie terrestre reciben radiación emitida por otros cuerpos, fundamentalmente del Sol.

En función de las características del objeto material la radiación, puede seguir tres caminos:

**Reflejarse**

La radiación es reenviada de vuelta al espacio

**Absorberse**

La radiación pasa a incrementar la energía del objeto

**Transmitirse**

La radiación se transmite hacia abajo a otros objetos

La reflectancia o albedo de una superficie se mide por la relación entre la radiación incidente y la reflejada. Cuanto más reflectante es un material mayor es su valor de albedo. El albedo anual promedio de la Tierra, incluyendo la atmósfera, es del 34%. El 75% del albedo terrestre está causado por la reflexión de las nubes.

En teledetección se trabaja normalmente con la reflectancia relativa, y se mide comparando la radiación reflejada por el objeto con la que refleja un papel blanco (considerado una superficie reflectante perfecta) en idénticas condiciones de iluminación. El hecho de utilizar la reflectancia relativa en lugar de la absoluta, hace que el resultado no dependa de factores

ambientales tales como la cantidad de luz recibida (muy variable en función de la hora de captación), la latitud, la orientación...

Hay que tener en consideración que un radiómetro mide la cantidad de energía que le llega procedente de una determinada zona de la superficie terrestre, que varía en función de la distancia y del ángulo de captación.

La proporción de energía reflejada, absorbida y transmitida varía para los distintos componentes del terreno, dependiendo del tipo de material y de su condición. Estas propiedades específicas de cada cuerpo se aprovechan en teledetección para establecer mecanismos de identificación de los distintos elementos geográficos en su ambiente.

Gracias a las medidas de reflexión, absorción y emisión de energía radiante de los distintos tipos de superficies en el espectro visible y infrarrojo, los científicos pueden calcular las firmas o firmas espectrales para los distintos tipos de paisajes y cubiertas vegetales de la Tierra.

El conocimiento de la signatura espectral de una zona de la superficie terrestre, facilita mucho la tarea creación de mapas de vegetación y de usos del suelo. Estos mapas de usos del suelo, son instrumentos muy útiles para la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales. (11)

### **3.2.6. Interacción radiación electromagnética – materia**

#### **Comportamientos y firmas espectrales**

El análisis e interpretación de las imágenes de satélite exige conocimientos interdisciplinarios. Una sólida base de física y en especial de radiometría es necesaria para poder entender las imágenes de teledetección.

Todos los elementos geográficos (bosques, cultivos, ríos, lagos, edificios, etc.) transforman de forma diferenciada la radiación electromagnética que reciben del Sol.

Cada tipo de objeto presenta a un nivel de respuesta específico en términos de:

% radiación reflejada + % absorbida + % transmitida,

La variación de la reflectancia en función de la longitud de onda se la denomina firma o signatura espectral.

La firma espectral es pues la medida cuantitativa de las propiedades espectrales de un objeto en una o varias bandas espectrales. También se la conoce como comportamiento espectral, concepto que incluye la variabilidad temporal de las firmas espectrales, así como su variación en función de las condiciones meteorológicas, de las estaciones del año, y de las condiciones de iluminación. (11)

### **Respuesta espectral del agua y de la nieve**

La respuesta espectral del agua depende principalmente de su pureza y de la presencia de partículas en suspensión (aluviones, algas...). El agua pura tiene unas excelentes propiedades en cuanto a transmisión de la radiación electromagnética en el espectro visible y de absorción en el infrarrojo. En cambio la reflectancia presenta un pico en el verde que va reduciéndose hasta el infrarrojo. Esta falta de reflectividad en el infrarrojo es clave para distinguir entre áreas de tierra y agua tanto en costas o lagos como en ríos. Al

incrementarse la profundidad del agua la reflectancia desciende, en cualquier longitud de onda.

Cuando el agua presenta turbidez, las consecuencias sobre la respuesta espectral van a depender del tipo de partículas en suspensión. Si se trata de fitoplancton, aparecen importantes alteraciones en el verde (aumenta) y en el azul (disminuye).

La reflectividad de la nieve es mucho mayor que la del agua en todas las longitudes de onda, pudiendo incluso saturar los sensores. (11)

### **Comportamiento espectral de la vegetación**

La cubierta vegetal es un medio heterogéneo compuesto de hojas, tallos, troncos, suelos, agua... elementos todos ellos que presentan sus respuestas espectrales respectivas. Además hay que tener en consideración que las plantas son seres vivos sujetos a cambios estacionales, climáticos e incluso a enfermedades y que estos cambios afectan a su reflectividad. Por estas razones el estudio del comportamiento espectral de la vegetación es muy complejo.

La vegetación sana tiene una reflectividad baja en el visible aunque con un pico en el color verde debido a la clorofila. La reflectividad de la vegetación es muy alta en el infrarrojo próximo debido a la escasa absorción de energía por parte de las plantas en esta banda. En el infrarrojo medio hay una disminución especialmente importante en aquellas longitudes de onda en las que el agua de la planta absorbe la energía.

La vegetación enferma presenta una disminución de la reflectividad en las bandas infrarrojas y un incremento en el rojo y azul.

Se observa también que la reflectividad de una planta depende de su contenido en agua. Cuando el contenido de agua aumenta disminuye la reflectividad ya que aumenta la absorción de radiación por parte del agua contenida en la planta. (11)

### **3.2.7. Concepto de imagen satelital.**

Una imagen satélite está compuesta por una matriz de puntos elementales (píxeles) generados por los captadores de los instrumentos de teledetección. Estos sensores miden la

radiación reflejada por unidad de superficie para unas longitudes de onda determinadas (bandas).

Una imagen digital puede ser obtenida por diferentes medios, ya sea por medio de un fotosensor electrónico pasivo o bien mediante el eco producido por una emisión de radar.

Aunque la imagen se parece a una fotografía de tonos continuos, en realidad está compuesta por una matriz de valores discretos que son los elementos de la imagen o píxeles. Esta representación puede ser definida por colores o diferentes niveles de gris.

Es importante distinguir entre imagen digital y fotografía. Las imágenes digitales, se generan por un captador electrónico y su carácter digital permite el procesamiento informático, lo cual amplifica enormemente las posibilidades de análisis y tratamiento. Las fotografías se obtienen mediante películas fotográficas y procesos de revelado químico de las mismas. Directamente una fotografía no es susceptible de tratamiento informático, para ello primero se la debe convertir en imagen digital mediante un escáner. (11)



### **Definición de píxel**

El término 'píxel' proviene de la contracción de las palabras inglesas '*picture*' y '*element*' es decir 'elemento de imagen'. Un píxel representa la unidad elemental mínima de información de una imagen digital. Por extensión se utiliza (inadecuadamente) para referirnos a cada uno de los fotosensores que integran el sensor electrónico de una cámara digital o de un captador de satélite. Este uso resulta incorrecto porque son varios minúsculos fotosensores los que contribuyen a la información contenida en un píxel de la imagen. Por tanto, para evitar confusiones, hay que tener siempre presente si nos referimos a "píxeles del sensor" o a "píxeles de la imagen digital".

La intensidad de cada píxel corresponde al brillo promedio o "radiancia" medida electrónicamente sobre el área del terreno que corresponde a cada píxel. Normalmente un píxel contiene información en un rango de 128 o 256 valores de gris por lo que se puede tener así una imagen monocroma.

Por convención, las medidas más intensas están codificadas en blanco y las más débiles en negro. Esta codificación genera una gama degradada de grises, mediante este mecanismo se generan las imágenes satélite. (11)

### **3.2.8. Composición de colores en las imágenes digitales**

Los datos captados por los satélites de teledetección se registran en diferentes bandas del espectro electromagnético.

Cada banda de un sensor multiespectral, es una imagen monocroma que podemos ver en escala de grises con una paleta de 256 tonos. Cada píxel de estas imágenes puede tener un valor que oscila entre negro (valor 0) y blanco (valor 256).

(11)

#### **Representación en color de imágenes satélite**

La visualización de las imágenes de teledetección es mejor cuando se tiene una representación en colores, ya que el ojo humano percibe mejor las diferencias de color que los niveles de gris.

Para poder ver las imágenes de teledetección en colores, se hace una combinación de tres bandas, que recibe el nombre de imagen de color compuesta. Las imágenes de las distintas bandas se pueden combinar entre ellas para producir una imagen en color real o en falso color en función de las bandas

escogidas. Esto se hace asignando a cada uno de los canales (RGB) de la pantalla de ordenador, una banda en particular.

El máximo número de canales que podemos ver simultáneamente en una pantalla es de tres y la apariencia de colores dependerá de las bandas espectrales concretas que asignemos a los canales rojo, verde y azul del monitor. (11)

### **Imágenes compuestas en color natural**

Las imágenes compuestas en color natural o real son combinaciones de las bandas 1 (azul) , 2 (verde) y 3 (rojo) que coinciden aproximadamente con la gama visual del ojo humano, por lo que se parecen bastante a lo que esperaríamos ver en una fotografía normal en color. Las imágenes de color real tienden a presentar un bajo contraste y un aspecto algo borroso. Ello es debido a que la luz azul es más afectada que las demás por la dispersión atmosférica.

Otras combinaciones de bandas distintas, generan imágenes en falso color. La naturaleza de los objetos que se quieren investigar, determina la selección de las tres bandas a combinar. (11)

### **3.2.9. Generación de imágenes en falso color**

Las diferentes bandas espectrales captadas por los sensores electrónicos de un satélite de teledetección, pueden combinarse para generar imágenes coloreadas que mejoran la visualización de determinadas escenas. (11)

#### **Imágenes compuestas en falso color**

El ojo humano puede ver muchos más detalles en las imágenes en color que en blanco y negro. Incluso se pueden apreciar más detalles en una imagen de color falso que en otra equivalente en color natural o verdadero.

En el procesado de imágenes de satélite, se generan a menudo imágenes en falsos colores porque incrementan la percepción de determinados detalles de la superficie. Una imagen en falso color es una representación artificial de una imagen multiespectral.

En algunas aplicaciones de teledetección, puede ser útil asociar las clases de cobertura del suelo con colores familiares, por ejemplo, la hierba con el verde. En otros casos, se prefieren los

colores contrastados para resaltar objetos de interés en el fondo.

La codificación que se emplea en las imágenes multibanda, se basa en la numeración de las bandas que integran dicha imagen, siguiendo el orden específico de rojo, verde y azul. De esta manera, una imagen que use la banda 7 para el rojo, la banda 4 para el verde, y la banda 2 para el azul se la designa como: 7,4,2. (11)

### **Imágenes en pseudocolor**

A diferencia de las imágenes en falso color que están compuestas por la información de tres bandas diferentes, las imágenes en pseudocolor consisten en imágenes monocromas en las que se ha substituido la escala de grises por una tabla o paleta de colores (11)

## **3.2.10. Resolución de las imágenes satelitales**

### **Resolución: concepto y tipos**

El número de píxeles que integran un sensor de satélite o de cámara digital, definen su poder de resolución. Es decir la

capacidad de discernir objetos o detalles de un determinado tamaño en las imágenes captadas. A mayor número de píxeles por unidad de superficie, mayor resolución del fotosensor, pero también mayor es el volumen del archivo informático generado. Es lo que se denomina resolución espacial y constituye uno de los tipos de resolución que definen a las imágenes satélite.

Una imagen de satélite se caracteriza por los siguientes modalidades de resolución:

- resolución espacial
- resolución espectral
- resolución radiométrica
- resolución temporal.

### **Resolución espacial**

Este concepto designa al objeto más pequeño que se puede distinguir en la imagen. Está determinada por el tamaño del píxel, medido en metros sobre el terreno, esto depende de la altura del sensor con respecto a la Tierra, el ángulo de visión, la velocidad de escaneado y las características ópticas del sensor.

Por ejemplo las imágenes Landsat TM, tienen una resolución espacial de 30x30 m en las bandas 1,2,3,4, 5 y 7 y de 120 x 120m. en la 6 (térmica). El sensor SPOT - HRV tiene una resolución de 10x10m., mientras que los satélites meteorológicos como NOAA, el píxel representa un tamaño desde 500 a 1100m. de lado.

### **Resolución espectral**

Consiste en el número de canales espectrales (y su ancho de banda) que es capaz de captar un sensor. Por ejemplo SPOT tiene una resolución espectral de 3, Landsat de 7. Los nuevos sensores, llamados también espectrómetros o hiperespectrales llegan a tener hasta 256 canales con un ancho de banda muy estrecho para poder separar de forma precisa distintos objetos por su comportamiento espectral.

### **Resolución radiométrica**

Se la llama a veces también resolución dinámica, y se refiere a la cantidad de niveles de gris en que se divide la radiación recibida para ser almacenada y procesada posteriormente. Esto depende del conversor analógico digital usado.

Así por ejemplo Landsat MSS tiene una resolución espectral de  $2^6= 64$  niveles de gris en el canal 6, y Landsat MSS en las bandas 4 a 7 de  $2^7= 128$  niveles de gris, mientras que en Landsat TM es de  $2^8 = 256$ . Esto significa que tenemos una mejor resolución dinámica en el TM y podemos distinguir mejor las pequeñas diferencias de radiación.

### **Resolución temporal**

Es la frecuencia de paso del satélite por una mismo punto de la superficie terrestre. Es decir cada cuanto tiempo pasa el satélite por la misma zona de la Tierra. Este tipo de resolución depende básicamente de las características de la órbita.

El ciclo de repetición de los Landsat-1 al Landsat -3 era de 17 días. A partir del Landsat 4 en 1984 el ciclo de repetición se redujo a 15 días. SPOT permite un ciclo de repetición de entre 3 y 26 días. (11)



### **3.2.11. Procesamiento digital de las imágenes satélite**

El propósito del procesamiento digital de imágenes, es el de resaltar elementos que son difíciles de percibir o no se pueden distinguir directamente en una imagen.

En el procesamiento digital de imágenes, normalmente se utilizan varias bandas espectrales de un mismo satélite. Por ejemplo Landsat TM tiene 7 y SPOT tiene 3.

Pero también se puede trabajar en modo multisensor o multitemporal de modo que el número de bandas puede ser mucho mayor. Por ejemplo, pueden integrarse datos obtenidos por distintos satélites, de una misma zona.

Cuando se trabaja en modo multibanda se pueden perseguir diferentes objetivos. Por ejemplo: extraer información que sólo puede verse combinando 2 o más bandas espectrales, o reducir la cantidad de datos eliminando la información redundante.

El procesamiento de imágenes digitales requiere software especializado.

Las funciones básicas de los programas de procesamiento digital de imágenes se pueden resumir en:

- Efectuar composiciones de color RGB a partir de la combinación de imágenes monocromas.
- Generación de histogramas para conocer las características espectrales de las imágenes tratadas.

(11)

#### **3.2.11.1. Efectuar correcciones**

Las imágenes de satélite están sometidas a una serie de interferencias o de errores durante su recepción, que perturban la información que quiere analizarse:

Fallos en los sensores, generan píxeles incorrectos (corrección radiométrica).

Alteraciones en el movimiento del satélite y el mecanismo de captación y los sensores, generan distorsiones en la imagen global (corrección geométrica).

Interferencias de la atmósfera, que alteran de forma sistemática los valores de los píxeles (corrección atmosférica).

### **3.2.11.2. Filtrado**

Son métodos para resaltar o suprimir, de forma selectiva, la información contenida en una imagen para destacar algunos de sus elementos, o también para ocultar valores anómalos.

### **3.2.11.3. Operaciones con imágenes digitales**

Se trata de hacer transformaciones simples en las imágenes, aplicando las operaciones matemáticas básicas. Para ello se requiere un mínimo de 2 imágenes de bandas distintas.

Los tipos de operaciones son:

- **Sumas**

La suma de 2 o más bandas espectrales se usa para reducir el ruido propio de la imagen.

- **Diferencias**

Se usan básicamente para detectar cambios, por ejemplo imágenes tomadas en distintas fechas.

- **Cocientes**

Los cocientes sirven para detectar o acentuar algunas características especiales, como el contenido de hierro en rocas o la vegetación. También se usan para atenuar la influencia del relieve.

### **3.2.12. Interpretación de imágenes satélite multiespectrales**

Los captadores a bordo del satélite LANDSAT recogen datos en 7 bandas del espectro electromagnético. Los distintos elementos de la superficie terrestre pueden destacarse usando combinaciones apropiadas de estas bandas.

Es muy útil contrastar los datos procedentes de las diferentes bandas del espectro electromagnético para analizar los componentes de la superficie terrestre, gracias a la propiedad que se denomina *signatura* o *firma espectral*. (11)

#### **Análisis multiespectral por combinación de bandas.**

Las bandas concretas que se emplean en las combinaciones de tres bandas se suelen identificar dándoles números de banda para rojo, verde y azul en un orden específico. De esta manera,

una imagen que use la banda siete para el rojo, la banda cuatro para el verde y la banda dos para el azul se designaría 7,4,2

Con esta combinación espectral la cubierta vegetal aparece claramente diferenciada del resto de elementos.

- Análisis combinando las bandas 4,3,2

Esta composición de bandas, muestra los bosques en rojo y las zonas cultivadas en distintos tonos de rojo y rosa. Las carreteras se ven como líneas de color rosa claro.

Los lagos y el mar son de color azul oscuro.

- Análisis combinando las bandas 5,4,2

En esta imagen compuesta por las bandas 5, 4 y 2, los bosques aparecen en color verde, las zonas cultivadas en distintos tonos verde y las zonas edificadas en varios tonos grises y rosados. Además, se ven las carreteras como líneas oscuras. Los lagos aparecen en color negro.

- Análisis de la imagen en color real (bandas 3,2,1)

Las imágenes compuestas en color real o verdadero tienen un aspecto similar a lo que esperaríamos ver en una fotografía normal, ya que la combinación de colores se aproxima a la percepción del ojo humano. Las imágenes de color real tienden a presentar un bajo contraste y un aspecto algo borroso. Ello es debido a que la luz azul (Banda 1) es más sensible que las de otros anchos de banda al efecto de dispersión de la atmósfera.

### **3.3. Propiedades ópticas espectrales de la vegetación**

#### **3.3.1. Respuesta espectral de los pigmentos, espectro visible**

En la porción visible del espectro, la absorción, transmisión y reflectancia de luz depende fundamentalmente de los pigmentos presentes en los tejidos vegetales, entre los cuales el más abundante es, normalmente, la clorofila.

La clorofila absorbe mucha más luz azul y roja que verde, la cual es reflejada con el doble de intensidad. Así, una planta verde refleja alrededor del 5% de la luz azul, el 20% de la luz verde, y el 8% de la luz roja.

Evidentemente, conforme la clorofila de una hoja se pierde, ya sea por senescencia, enfermedad, o degradación consecuencia del estrés o falta de nutrientes, la luz en la porción visible del espectro es reflejada con más intensidad, hasta conformar una curva de reflectancia típica de pastos secos, en la que éstos se ven más brillantes que la vegetación viva.

### **3.3.2. Respuesta en el infrarrojo cercano (NIR)**

La porción infrarroja del espectro, sin embargo, debe sus propiedades ópticas a la estructura celular, y no a la presencia de pigmentos. Entre los  $.75 \mu\text{m}$  y los  $1,25 \mu\text{m}$  la luz casi no es absorbida en absoluto, de modo que es reflejada y transmitida en proporciones similares (alrededor del 50% de cada una). En otros términos, las hojas de la vegetación verde actúan, en el infrarrojo cercano, como un espejo semi-plateado.

### **3.3.3. Efectos de diferencias en la estructura foliar**

En general, y ante condiciones de hidratación similares, las hojas de dicotiledóneas reflejan alrededor de un 5% más de la luz incidente que las hojas de las monocotiledóneas, presumiblemente por el mayor ordenamiento del mesófilo en empalizada de las primeras (el mesófilo esponjoso, y el de las

dicotiledóneas es más isotrópico o desordenado, lo que contribuye a la dispersión). Lamentablemente esta diferencia es frecuentemente insuficiente, por si sola, para permitir distinguir cultivos entre sí, como en el caso de la soja y el maíz, aunque en condiciones óptimas pueda serlo. Cabe destacar, sin embargo, que las diferencias de reflectancia en el visible son nulas.

#### **3.3.4. Respuesta en el infrarrojo medio (SWIR)**

En el infrarrojo medio, o de onda corta, la respuesta está fuertemente influenciada por el contenido de agua. Esta tiene tres picos de absorción ubicados alrededor de 1,4  $\mu\text{m}$ , 1,9  $\mu\text{m}$ , 2,7  $\mu\text{m}$  (la más importante) de importancia creciente, de modo que el grado de hidratación de los tejidos vegetales influyen fuertemente en la cantidad de luz reflejada en esta porción del espectro, condición que se manifiesta aditivamente a medida que aumenta la cantidad de capas de hojas, o el IAL (Índice de área foliar).

#### **3.3.5. Efecto del contenido de humedad foliar**

Es importante notar que la curva de reflectancia de la vegetación cambia significativamente conforme ésta se seca. Pequeñas pérdidas de agua afectan principalmente la reflectancia en el infrarrojo de onda corta, pero si la pérdida se agrava, lo cual



afecta el contenido de clorofila en las hojas, toda la curva sufre alteraciones importantes, y aumenta la reflectancia a lo largo de todo el espectro.

En la porción del espectro visible, la reflectancia en el rojo aumenta más rápidamente que en el azul, motivo por el cual el ojo humano percibe un amarillamiento en la vegetación que se seca. (11)

### **3.4. Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI)**

#### **3.4.1. DEFINICIÓN**

Se han desarrollado diversas técnicas para estudiar cualitativa y cuantitativamente el estado de la vegetación a partir de medidas espectrales obtenidas por satélites.

Con el fin de reducir el número de dimensiones propias de las medidas multiespectrales a una sola dimensión, se han definido los Índices de vegetación. Los índices de vegetación son combinaciones de bandas espectrales, cuya función es realzar la contribución de la vegetación en función de la respuesta espectral de una superficie y atenuar la de otros factores como suelo, iluminación, atmósfera, etc.

Todos los organismos fotosintéticos contienen uno o más pigmentos capaces de absorber la radiación visible que iniciaría las reacciones fotoquímicas y fotosintéticas. Dos bandas del espectro, la azul y la roja muestran la cantidad de energía absorbida por las plantas; en contraste, la banda del infrarrojo cercano (región invisible para el ojo humano) actúa justo de forma inversa. La mayor absorción del rojo y azul, junto con la fuerte reflexión del infrarrojo cercano es la diferencia espectral de la respuesta de toda la vegetación, y ha sido usado durante mucho tiempo como forma de diferenciación de las superficies con y sin vegetación.

La vegetación verde y vigorosa refleja mucho menos en la banda visible roja (banda 1), región de absorción de la clorofila, que en la banda cercana infrarroja (banda 2), región de alta reflectancia del componente celulósico. Cuando la vegetación sufre stress, los valores de la banda 1 aumentan y los de la banda 2 decrecen. Estas propiedades llevaron a definir varios índices de vegetación basados en operaciones algebraicas entre las bandas 1 y 2. Uno de los algoritmos más conocidos es el del llamado Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI, en inglés) que se define como: (5)

$$\text{NDVI} = (\text{banda 2} - \text{banda 1}) / (\text{banda 2} + \text{banda 1}). \text{ Ver ANEXO 6.}$$

### **3.4.2. RANGO DE VALORES**

El intervalo de valores obtenido del NDVI, varía entre (-1) y el (+1). Sólo los valores positivos corresponden a zonas de vegetación. Los valores negativos, generados por una mayor reflectancia en el visible que en el infrarrojo, pertenecen a nubes, nieve, agua, zonas de suelo desnudo y rocas. El valor del NDVI puede variar en función del uso de suelo, estación fenológica, situación hídrica del territorio y ambiente climático de la zona. Estas propiedades hacen que el NDVI se haya constituido en una valiosísima herramienta para la evaluación de cubiertas vegetales, así como para estudiar la clasificación y dinámica vegetal y sus aspectos fenológicos. (5)

# CAPÍTULO 4

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Análisis de cobertura

Un análisis de cobertura consiste en la medición de una porción de bosque relativamente pequeña en relación a la extensión total del mismo con el objetivo de determinar sus características dasométricas (altura, diámetro, densidad, etc.). Los datos obtenidos se procesan para determinar el estado actual y potenciar las actividades de manejo en la cuenca.

### 4.2. Herramientas y materiales

Los materiales y equipos utilizados en la investigación fueron:

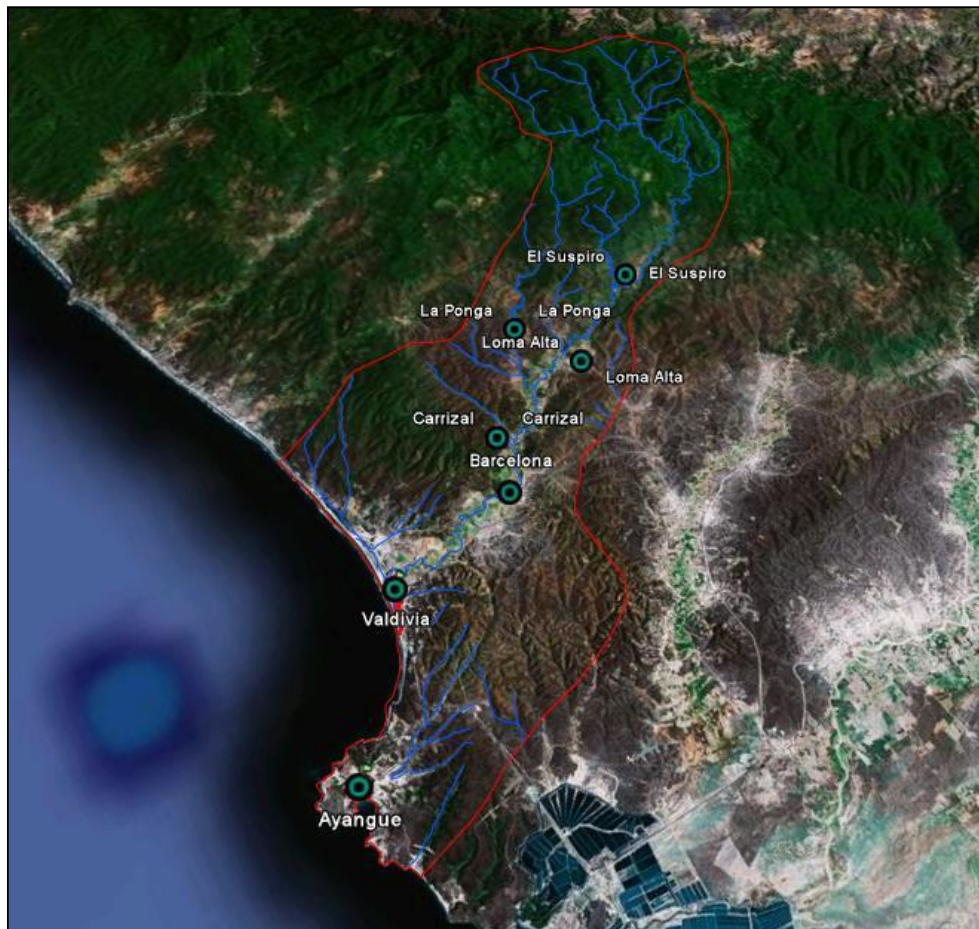
- **GPS:** Se utilizó un Garmin modelo 400.
- **Machete:** Se lo utilizó para elaborar las balizas.
- **Cinta métrica.** Se la utilizó para medir distancias lineales en metros.

- **Cinta para demarcación.**
- **Pinturas roja y azul.**
- **Brocha.**
- **Pincel.**
- **Libreta de apuntes**
- **Cámara fotográfica digital.**
- **Computadora.**
- **Google Earth.** (software)
- **Autocad 2009.** (software)
- **ArcGIS 9.3.** (software)
- **ENVY 4.7.** (software)

- **Imágenes satelitales**

### 4.3. Ubicación

Se ubicó la superficie a estudiar utilizando la herramienta de Google Earth:



MAPA 4.1 Imagen de la cuenca tomada del Google Earth.

#### **4.4. Estratificación**

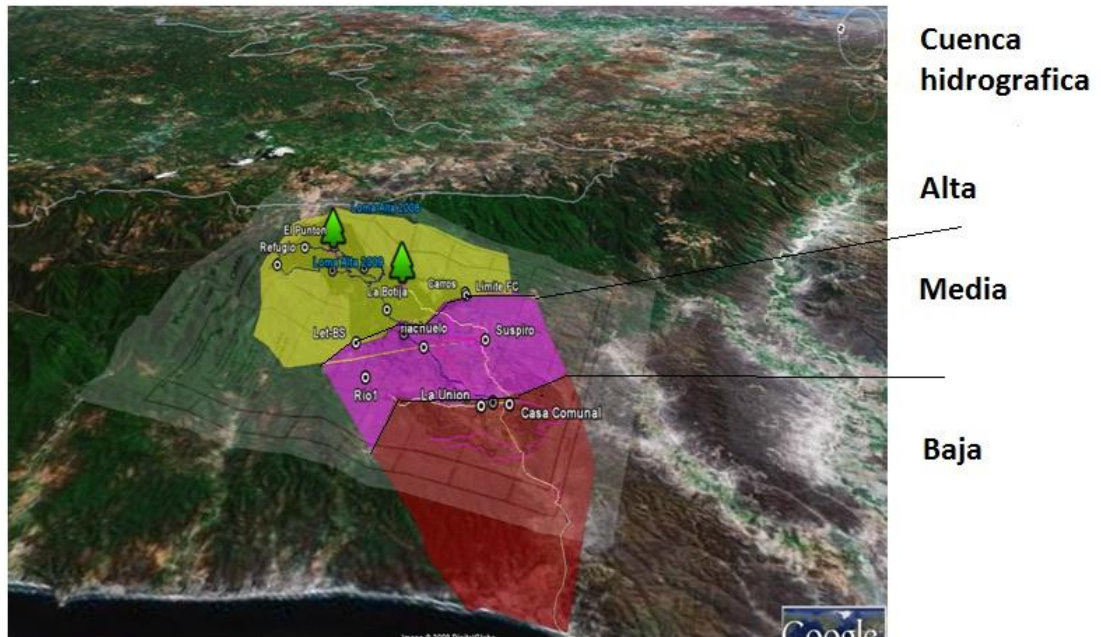
Se dividió la cuenca utilizando los mapas temáticos para ArcGis correspondientes a la cuenca basados en altimetría y al recorrido previo de reconocimiento de la cobertura a la zona para realizar el trabajo de recopilación de datos de la siguiente manera:

- Cuenca alta: Información no publicada de 12 unidades establecidas por los egresados Eder Herrera & Fausto Maldonado a noviembre del 2009 y reconfirmadas a enero del 2010.
- Cuenca media: Establecimiento de 6 unidades en la cuenca media
- Cuenca baja: Georeferenciar puntos para análisis en laboratorio.

Ver ANEXOS 50 y 51.

#### 4.5. Elaboración del mapa base

Utilizamos el mapa que se encuentra en los archivos del Proyecto para el desarrollo de la Península de Santa Elena en la ESPOL:



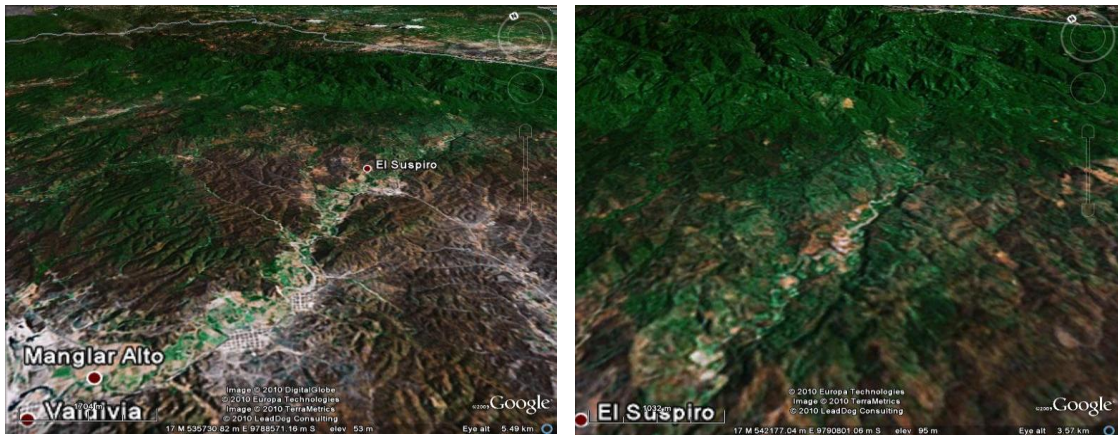
MAPA 4.2 Mapa base de la cuenca.



#### 4.6. Muestreo

Esto se aplicó luego del recorrido de la zona con los guías del sector, y personal técnico del proyecto Península el 9 de enero del 2010, aplicándose un plan de muestreo sistemático de toma de datos con cuadrantes.

Estableciéndose 6 a razón de una unidad diaria apoyadas con imágenes de Google Earth:



MAPA 4.3 Mapas de la cuenca media y cuenca alta vista del Google Earth.

#### 4.7. Montaje de las unidades

En el establecimiento de las unidades se consideró los siguientes puntos:

- Localización del área con las siguientes características:
  - Identificar unidades heterogéneas de vegetación identificando claramente árboles de diferentes familias y tamaños.
  - No recorrida por personas o animales ajenos al bosque.
  - Separada unos 100 metros del cauce del río.
  - Área dentro de una topografía poco accidentada.
  
- Georeferenciar el sitio escogido con el GPS.
  
- Elaborar balizas con ramas de árboles de especies más comunes localizados fuera del área de muestreo.
  
- Con la cinta métrica recorrer en 90 grados a la posición de la primera baliza implantada 20 metros por cada lado y cerrar el perímetro con la cinta de demarcación.

- Debido a la topografía y espesura herbácea se debe avanzar priorizando la línea recta eliminando ramas que puedan desviar la trayectoria de la periferia de la cinta demarcadora.
- Corregir el perímetro de la parcela siempre en función de la localización de la primera baliza colocada, luego de esto ya tenemos establecida la UM.
- Dividir el cuadrante en 4 partes iguales, de modo que cada área contenga 100 metros cuadrados a la que se proceda a nombrar de la siguiente manera: SUBUM 1, SUBUM 2, SUBUM 3 y SUBUM 4, manteniendo el mismo orden para todas las UMS.
- A cada SUBUM se le marca un punto medio equidistante 5 metros por cada lado, estableciendo el punto medio de la SUBUM, esta labor se la realiza en las 4 SUBUMs.
- Localizado el punto medio en la SUBUM se marca un cuadrante de 2 X 2 metros a los cuales se los denomina CUADROS en ellos se mide la REGENERACIÓN para lo cual se procede a la identificación de los árboles en desarrollo y a la medida de su altura.

- En las SUBUMs se enumeran los árboles menores a 23.5 centímetros de CAP con pintura azul, se mide la altura de los árboles y su posición.
- Todos los árboles de la UM con CAP mayores a 23.5 centímetros se enumeran con pintura roja, se mide la altura y la copa del árbol tomando en cuenta su orientación y posición.

#### 4.8. Disposición final de una unidad.



FIGURA 4.1 Unidad diseño tomado de Valdez et Al.

Se observa la UM de 400 metros cuadrados (20 metros x 20 metros), 4 subunidades de 100 metros cuadrados cada una (10 metros x 10 metros) y 4 Cuadros de 4 metros cuadrados cada una (2 metros x 2 metros).

Ver ANEXOS 7 al 11 fotografías que documentan el establecimiento de una unidad en campo.

#### 4.9. Establecimiento de las parcelas según fechas y coordenadas

TABLA 4.1 Coordenadas satelitales de las parcelas dadas en sistema de coordenadas UTM WGS 84 17S.

FECHA	NOMBRE	COORDENADA X	COORDENADA Y	COORDENADA Z
16/ENERO/2010	BRAMONA 1	0545679	9792964	162
17/ENERO/2010	HUACA 1	0543412	9792770	151
23/ENERO/2010	LA PONGA 1	0539268	9792241	109
24/ENERO/2010	LA HUACA 2	0542935	9792626	156
30/ENERO/2010	LA PONGA 2	0538557	9792087	95
31/ENERO/2010	BRAMONA 2	0545314	9792624	161

Ver ANEXO 48.

#### 4.10. Identificación de especies

Se tomaron muestras de hojas, flores o frutos de los árboles enumerados para su respectiva identificación taxonómica, para la cual se tuvo la valiosa ayuda de los guías de la zona y la cooperación del Herbario de la Universidad de Loja.

#### 4.11. Tabulación de los resultados

Los datos obtenidos en campo se trasladaron a tablas de Excel para su posterior análisis, según se enumera a continuación:

TABLA 4.2 Procedimiento de la toma de datos en campo.

	<b>C.A.P.</b>	<b>COPA</b>	<b>ALTURA</b>
<b>UNIDAD</b>	≥ 23.5 cm.	Visual	Visual
<b>SUBUNIDAD</b>	< 23.5 cm.		Visual
<b>CUADROS</b>			Cinta

Se utilizaron las siguientes fórmulas para el procesamiento de la información:

$$\text{Área Basal} = \frac{\text{DIAMETRO}^2}{4}$$

$$\text{Densidad Relativa} = \frac{\text{Total de individuos de todas las especies}}{\text{Total área muestreada}}$$

$$\text{Dominancia Relativa} = \frac{\text{Área Basal de la especie} \times 100}{\text{Área Basal de todas las especies}}$$

$$\text{Frecuencia Relativa} = \frac{\text{Número de cuadrantes en que esta la especie} \times 100}{\text{Número total de cuadrantes evaluados}}$$

Se calcularon los Índices de importancia (IVI) y de Valor Florístico (IVF) de la siguiente manera:

$$\text{IVI} = \text{Densidad Relativa} + \text{Dominancia Relativa} + \text{Frecuencia Relativa}$$

$$\text{IVF} = \text{Diámetro relativo a la altura de pecho} + \text{altura relativa} + \text{cobertura relativa}$$

### **Índice de similitud Jaccard**

Se basa en la presencia o ausencia entre el número de especies comunes para dos áreas o comunidades vegetales y el número total de especies.

$$\text{Coeficiente de Jaccard} = C / (A + B - C)$$

Se calcula dividiendo el número de especies encontradas en las dos muestras (C) por el número encontrado en sólo una muestra o los otros (A + B) y, a continuación, multiplicando por 100.

### Índice de diversidad Shannon-Wiener

Refleja la heterogeneidad de un ecosistema, basándose en la combinación de riqueza y equitatividad de especies:

$$\text{Índice de Shannon } H' = -\sum \text{abundancia relativa} * \ln(\text{abundancia relativa})$$

Para categorizar la diversidad elaboramos la siguiente tabla clasificatoria:

Tabla 4.3 Clasificación aplicada al índice Shannon.

<b>RESULTADO</b>	<b>CATEGORIA</b>
1 - 1.25	POCO DIVERSO
1.26 – 2.50	ALGO DIVERSO
2.51 – 3.75	MEDIANAMENTE DIVERSO
3.76 – 5.00	ALTAMENTE DIVERSO



#### **4.12. Análisis de la Imagen Satelital**

Una imagen LANDSAT 7 ETM+ está compuesta por 8 bandas espectrales que pueden ser combinadas de distintas formas para obtener variadas composiciones de color u opciones de procesamiento, se destaca la adición de una banda espectral (Banda Pancromática) con resolución de 15 metros.

También cuenta con mejoras en las características geométricas y radiométricas y una mayor resolución espacial de la banda térmica para 60 m. Estos avances tecnológicos permiten calificar al LANDSAT 7 como el satélite más interesante para la generación de imágenes con aplicaciones directas hasta una escala de 1:25.000, principalmente en áreas rurales o territorios de grandes extensiones.

#### **4.13. Búsqueda de imagen**

Las imágenes satelitales están disponibles en la siguiente WWW de la USGS Global Visualization Viewer:

<http://glovis.usgs.gov/>

Colección LANDSAT ARCHIVE L 4-7 COMBINED

LANDSAT 7 SLC-off: Es una falla en uno de los sensores que ocasiona que alrededor de un 22% de cualquier escena se pierda debido a la falta SLC. La ubicación precisa de las líneas de exploración que faltan variará de escena a escena, en el ANEXO 45 se observa claramente el efecto entre el SLC-on y el SLC- off. Esto sucedió el 31 de mayo del 2003 y puede resultar en una aparente falta de coincidencia de colores entre las escenas.

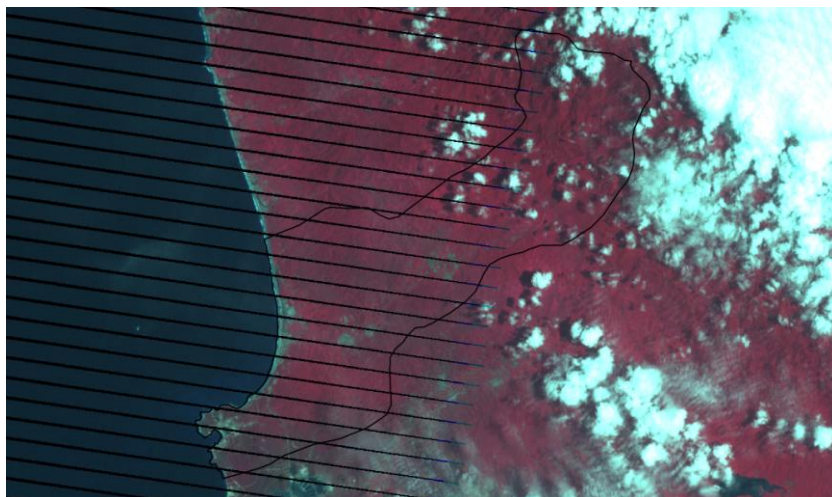
Resolución a 240 metros.

Se deben obtener imágenes libres de nubosidad de la zona a analizar, dentro del inventario de imágenes sin costo, para el análisis multitemporal se encontró escenas tomadas en las siguientes fechas:

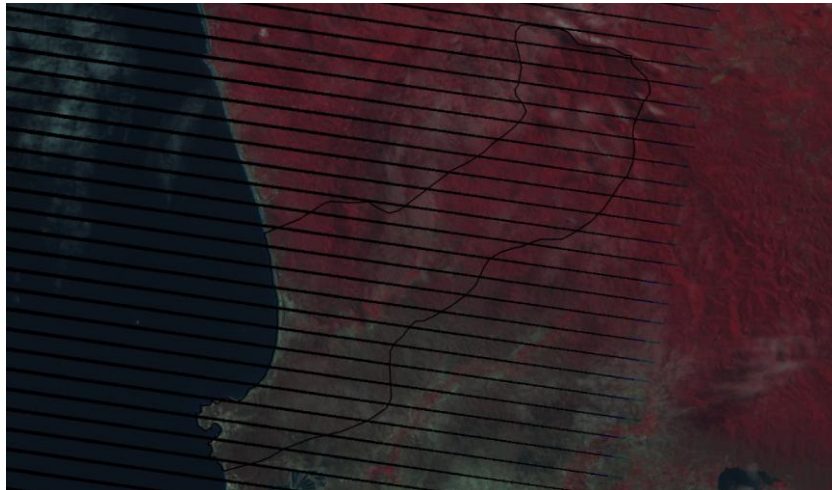
TABLA 4.4 Escenas LANDSAT 7 utilizadas.

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Día</b>
1990	FEBRERO	21
2000	NOVIEMBRE	23
2002	ENERO	13
2003	MAYO	08
2007	FEBRERO	28
2008	NOVIEMBRE	29
2010	OCTUBRE	02

## IMÁGENES DESCARTADAS



MAPA 4.4 Imagen descartada de MARZO 2010.



MAPA 4.5 Imagen descartada de JULIO 2010.

A esta adquisición se la denomina imagen en crudo o derivadas del proceso de fusión. Cada imagen cubre 185x185 Km (escena completa). Las características de las imágenes captadas por este satélite son:

TABLA 4.5 Características satélite LANDSAT 7.

Porción del espectro	Nro. de banda	Rango espectral ( $\mu\text{m}$ ) ETM+	Resolución espacial	Resolución radiométrica	Resolución temporal
Azul	1	0.45 - 0.52			
Verde	2	0.53 - 0.61			
Rojo	3	0.63 - 0.69	30 m		
IRC	4	0.78 - 0.9		8 bits	16 días
IRM	5	1.55 - 1.75			
IR-Térmico	6	10.4 - 12.5	60 m		
IRM	7	2.09 - 2.35	30 m		
Pancromático	8	0.52 - 0.9	15 m		

TABLA 4.6 Características de las bandas espectrales LANDSAT 7.

Procesamiento digital de imágenes por Raúl Eduardo Murillo Olvera, UAEM.

Banda 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta gran penetración en cuerpos de agua, con elevada transparencia, permitiendo estudios batialtimétricos.</li> <li>• Sufre absorción por la clorofila y pigmentos fotosintéticos auxiliares (carotenoides).</li> <li>• Presenta sensibilidad a columnas de humo originadas en fogatas o de actividades industriales.</li> </ul>
Banda 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta gran sensibilidad a la presencia de sedimentos en</li> </ul>

	<p>suspensión, posibilitando su análisis en términos cualitativos y cuantitativos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena presentación en cuerpos de agua.</li> </ul>
Banda 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La vegetación verde, densa y uniforme, presenta gran absorción, quedando oscura, permitiendo un buen contraste entre las áreas ocupadas con vegetación y aquellas sin vegetación.</li> <li>• Presenta buen contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal.</li> <li>• Permite el mapeado de drenajes y los cursos de los ríos en regiones con poca cobertura de áreas vegetales.</li> <li>• Es la banda más usada para delimitar manchas urbanas.</li> <li>• Permite la identificación de áreas agrícolas.</li> </ul>
Banda 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los cuerpos de agua absorben mucha energía en esta banda, permitiendo la cartografía de redes de drenaje y delimitación de los cuerpos de agua.</li> <li>• La vegetación verde, densa y uniforme, refleja mucha energía en esta banda, apareciendo en tonos claros en la imagen.</li> <li>• Presenta sensibilidad a la morfología del terreno, permitiendo la obtención de informaciones sobre geomorfología suelos y geología.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sirve para separar áreas ocupadas con pinos o eucaliptos.</li> <li>• Sirve para cartografiar áreas ocupadas con macrofilas acuáticas.</li> <li>• Permite la identificación de áreas agrícolas.</li> </ul>
Banda 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta sensibilidad al tenor de humedad de las plantas, sirviendo para observar el stress de la vegetación, causado por desequilibrio hídrico.</li> <li>• Esta banda sufre perturbaciones con los excesos de lluvia anteriores a la obtención de la imagen.</li> </ul>
Banda 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta sensibilidad a los fenómenos relativos a los contrastes térmicos, sirviendo para detectar propiedades térmicas de rocas, suelos y agua.</li> </ul>
Banda 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta sensibilidad a la morfología del terreno, permitiendo obtener informaciones sobre geomorfología y geología.</li> <li>• Esta banda sirve para identificar minerales con iones hidroxilos.</li> <li>• Potencialmente favorece la discriminación de productos de alteración hidrotermal.</li> </ul>

#### 4.14. Análisis de imagen.

Se realiza una composición 4-3-2, confirmando si las escenas reúnen las condiciones para realizar el análisis con el software para el tratamiento de imágenes geográficas ENVI 4.7. Mediante este proceso se asignan colores primarios a los canales que se necesitan evaluar, a este paso se lo denomina composición en falso color. Se emplean tres bandas RGB (R=Rojo, G=Verde y B=Azul). A la imagen adquirida en escala de grises se le asignan los colores como se muestra a continuación:

TABLA 4.7 Longitud de onda de las bandas espectrales LANDSAT 7.

Banda	Longitud de onda	Zona del espectro
1	0,45-0,52 $\mu\text{m}$	luz visible, azul
2	0,52-0,60 $\mu\text{m}$	luz visible, verde
3	0,63-0,69 $\mu\text{m}$	luz visible, roja
4	0,76-0,90 $\mu\text{m}$	<i>infrarrojo cercano</i>
5	1,55-1,75 $\mu\text{m}$	<i>infrarrojo medio</i>
6	10,4 -12,5 $\mu\text{m}$	<i>infrarrojo térmico</i>
7	2,08 -2,35 $\mu\text{m}$	<i>infrarrojo medio</i>

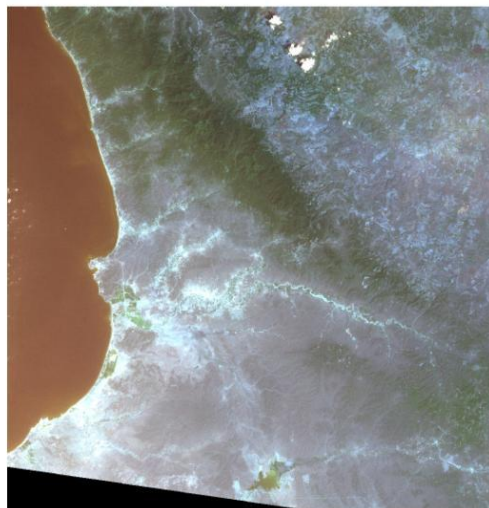
[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/a\\_multispec.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/a_multispec.htm)

Resultando una imagen en escala de grises a los que se les ha asignado colores reales:



FIGURA 4.2 Representación de bandas 1, 2 y 3 en color verdadero.

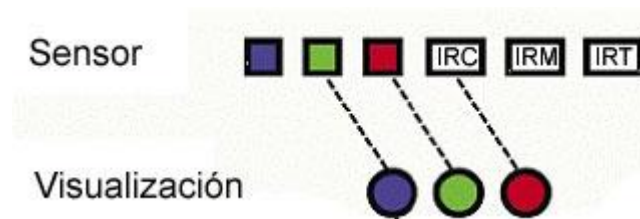
<http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/>



MAPA 4.6 Imagen escena LANDSAT 7 composición bandas 4-3-2 color verdadero.

Para el análisis inicial de la cobertura vegetal se requiere de una combinación en falso color RGB 432, de modo que se le asigna los colores de la siguiente manera:





**FIGURA 4.3** Representación de bandas 2, 3 y 4 en falso color.

<http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/>

Esto permite identificar lo siguiente:

**ROJO - MAGENTA:** Vegetación vigorosa, cultivos regados, bosques de caducifolias y cultivos herbáceos.

**ROSA:** Áreas vegetales menos densa, vegetación en crecimiento, praderas y áreas residenciales suburbanas con pequeños jardines y árboles.

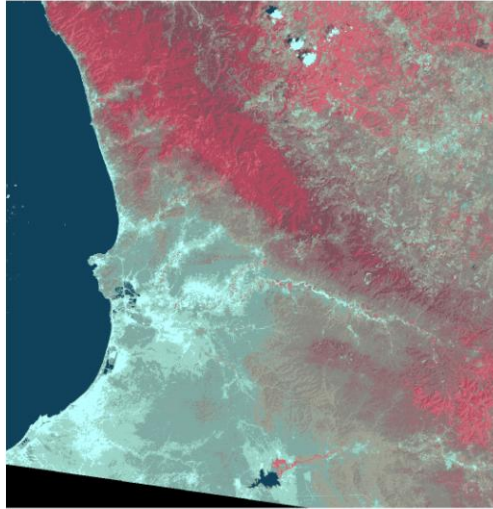
**BLANCO:** Áreas de escasa o nula vegetación pero de máxima reflectividad, nubes, arenas, depósitos salinos, canteras y suelos desnudos.

**AZUL OSCURO O NEGRO:** El agua, ríos, canales lagos y embalses.

**GRIS O AZUL METALICO:** Ciudades o áreas pobladas.

**MARRÓN:** Vegetación arbustiva, variable en función de la densidad y el tono.

**BEIGE – DORADO:** Zonas de transición, prados secos o matorrales.



MAPA 4.7 Imagen composición bandas 4-3-2 en falso color.

Escogidas las escenas adecuadas se procedió al análisis individual de la siguiente manera:

Para el análisis de cobertura vegetal mediante NDVI se utilizó la banda 4 que corresponden al infrarrojo cercano y la banda 3 que corresponde al rojo.

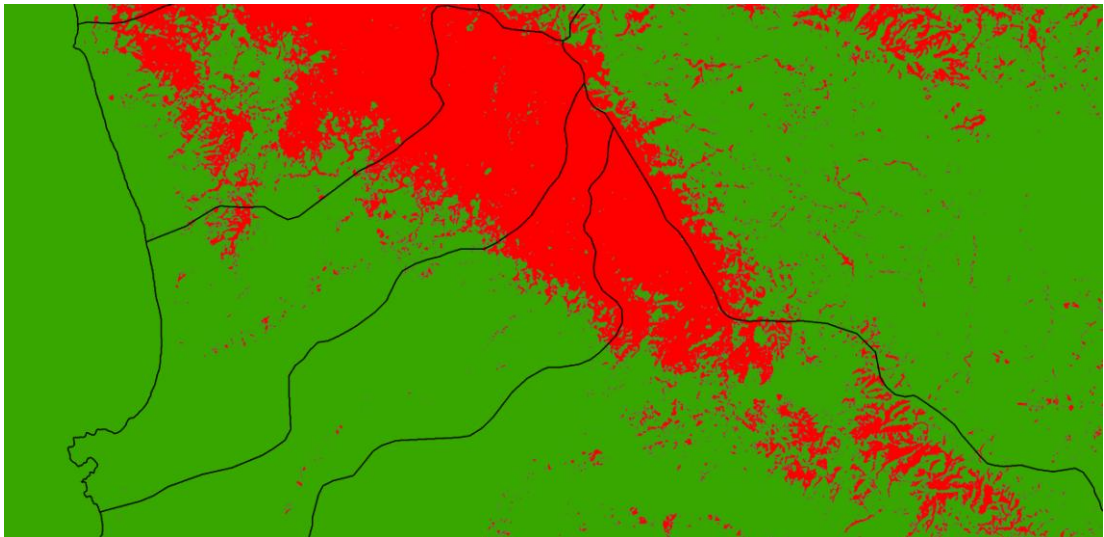
Mediante el Basic Tools se lleva la escena al sistema de coordenadas WGS 84 17S, esto se lo realizó con la opción Layer Stacking, luego esta composición se la almacenó con la opción Save File As GeoTIFF.

Se continuó el proceso con el software Arc Gis 9.3, procediendo a cargar las bandas roja e infrarroja en un nuevo mapa.

Con las bandas se procede a realizar el siguiente cálculo en la opción Raster Calculator del Spatial Analysis:

$$(BANDA 4 - BANDA 3) / (BANDA 4 + BANDA 3)$$

El resultado de este cálculo muestra la presencia y no presencia de cobertura vegetal pero no clasifica el tipo de coberturas ya que escoge los puntos extremos que son -1 y 1, este resultado es referencial para relacionar datos de campo.



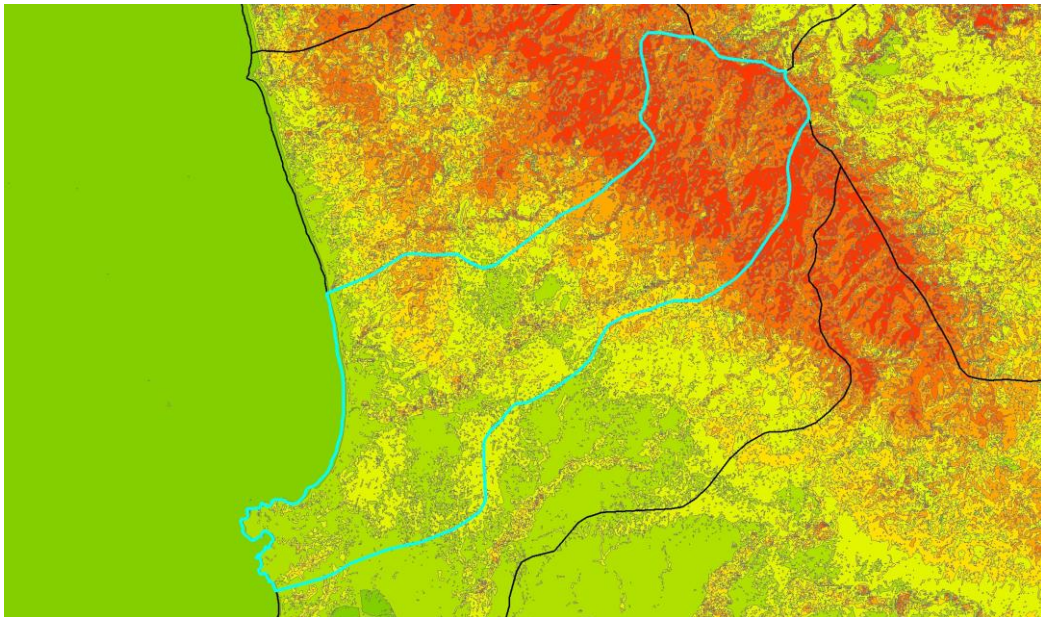
MAPA 4.8 Escena procesada luego del cálculo del NDVI

Para diferenciar la cobertura vegetal se realiza la siguiente operación con la opción Raster Calculator del Spatial Analysis:

$$\text{Float}(\text{BAND 4} - \text{BAND3})/\text{Float}(\text{BAND 4} + \text{BAND 3})$$

El resultado muestra los valores contenidos entre -1 y 1.

La herramienta Spatial Analysis Reclassify sirve para clasificar la imagen para lo cual previamente se decidió trabajar 10 clases no supervisadas.



MAPA 4.9 Escena NDVI procesada mediante clasificación no supervisada.

El siguiente paso es trasladar la imagen que está en formato raster a vectorial, el formato raster es una imagen pixel a pixel, cada pixel o celda esta designado en escala de grises y una imagen es la combinación de las celdas que origina tonos de grises en color falso, esto permite el análisis visual, para la interpretación de la gráfica se debe darle valores numéricos a las celdas, es decir vectorizar las celdas, asignando un valor numérico al polígono con la característica especificada, esto se lo realizó con la herramienta Spatial Analysis Convert Raster to Features.



MAPA 4.10 Conversión de la escena raster a vectorial.

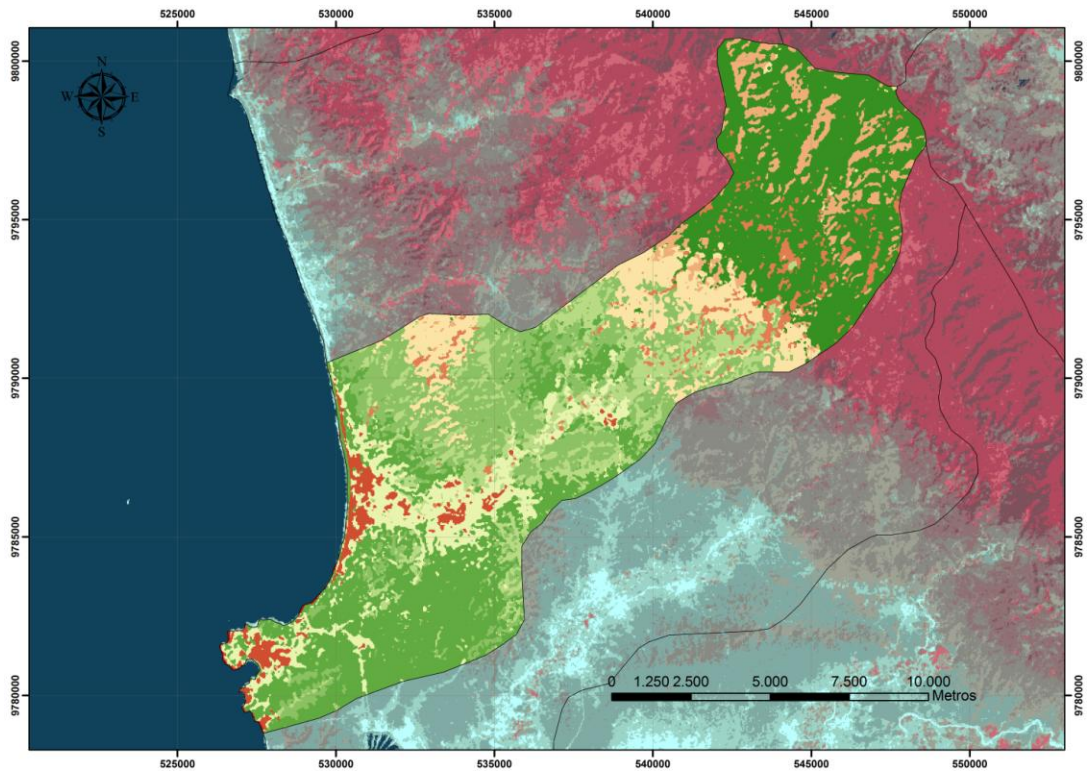
Como se observa la imagen está compuesta por polígonos en escala de grises, esto permite calcular las áreas de cada polígono que reúna las clases requeridas.

Pero al trabajar con la escena completa se incluyen datos de áreas no necesarias, se debe hacer un corte de la imagen del área a estudiar mediante el empleo de los shapes de SIG Ecuador Temático, se implanta la cuenca en estudio en formato UTM WGS 84 17S, con la opción CLIP de la herramienta Analisis Tools.

Esto originó un shape con los polígonos de la cuenca a estudiar pero sin clasificar, para clasificarla utilizamos la opción Dissolve del Analisis Tools, finalmente la reclasificamos en 8 clases (excluyendo el agua y valores no clasificables).

Esta información se la complementó con todo un trabajo de campo que consistió en recorrer áreas de interés tomando puntos referenciales con el GPS que permitió realizar el análisis técnico del área de estudio. Ver ANEXO 49.





MAPA 4.11 Mapa final de la cobertura vegetal luego de los análisis clasificatorios realizados.

Generado el mapa, se realizaron los cálculos que se muestran en el siguiente capítulo, la misma metodología se aplicó a cada escena de los años escogidos.

Ver ANEXOS 43, 44, 46.

# CAPÍTULO 5

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se analizan los datos obtenidos en campo y laboratorio:

En campo se enumeraron 891 árboles pertenecientes a 57 especies, 47 géneros y 14 familias. Ver ANEXO 42.

A continuación los diagramas de perfil de las UNIDADES incluidas las SUBUNIDADES vistas horizontalmente, en que se puede distinguir la intervención dentro de las áreas de bosque muestreadas; seguido se analizan la abundancia, índices IVI & IVF y SHANNON de las UNIDADES y SUBUNIDADES por sector con sus respectivos diagramas de perfil de las vistas horizontal y vertical, en REGENERACIÓN se analizó la abundancia de especies, luego se muestra el análisis de similitud de especies JACCARD y en el último subcapítulo se muestra el análisis hecho en laboratorio a las imágenes satelitales:



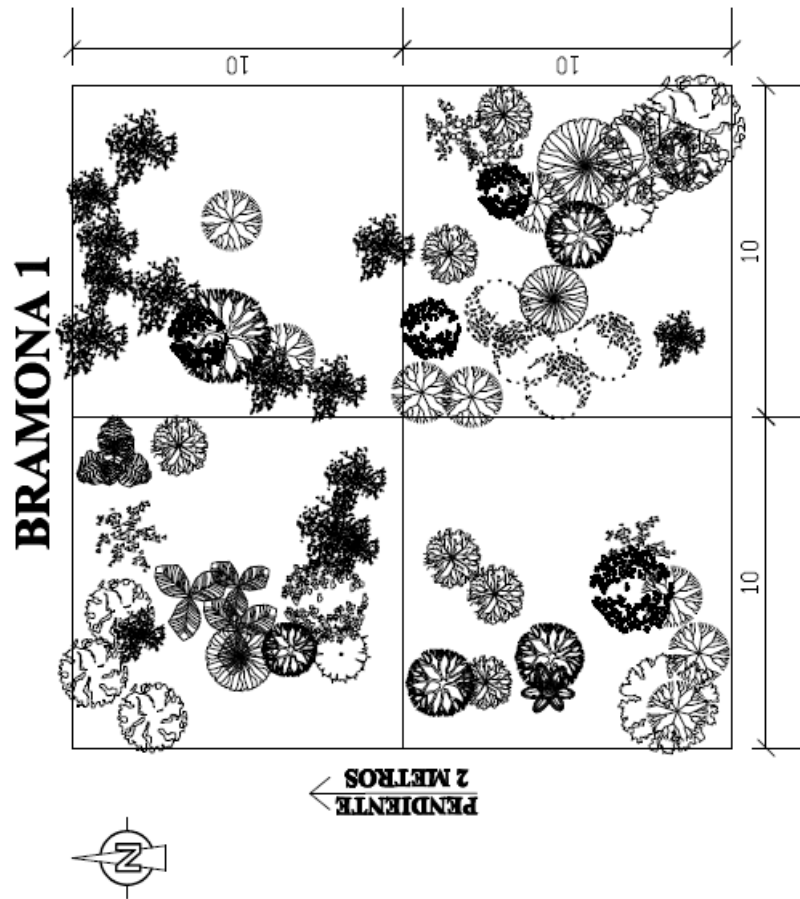


FIGURA 5.1 Vista horizontal UNIDAD BRAMONA 1.

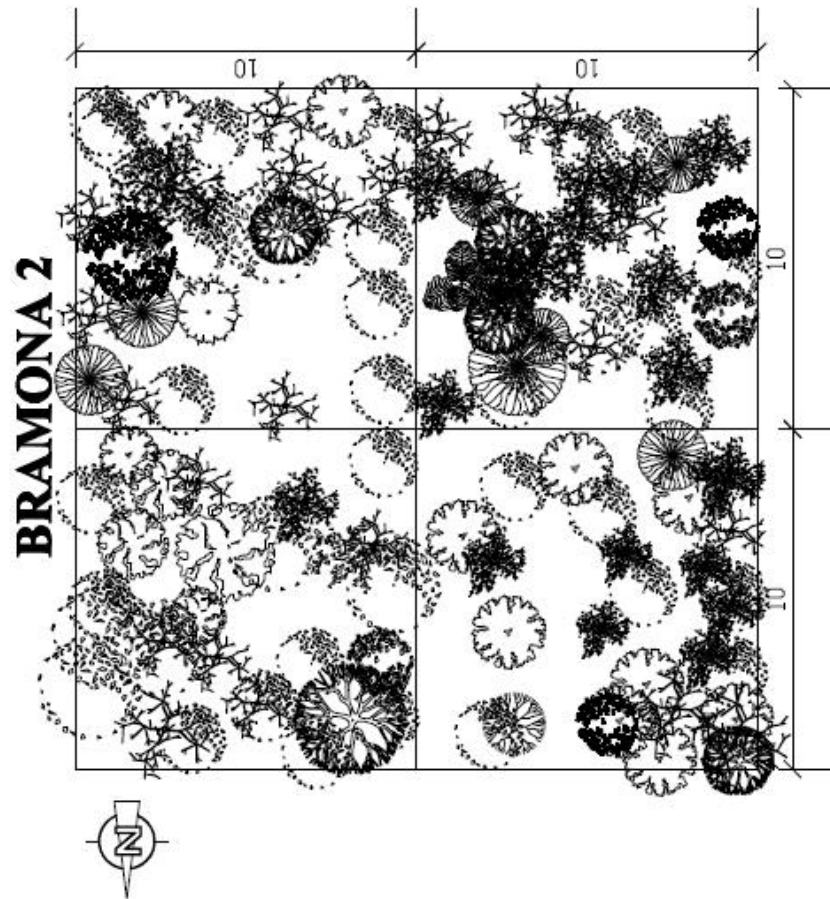


FIGURA 5.2 Vista horizontal UNIDAD BRAMONA 2.

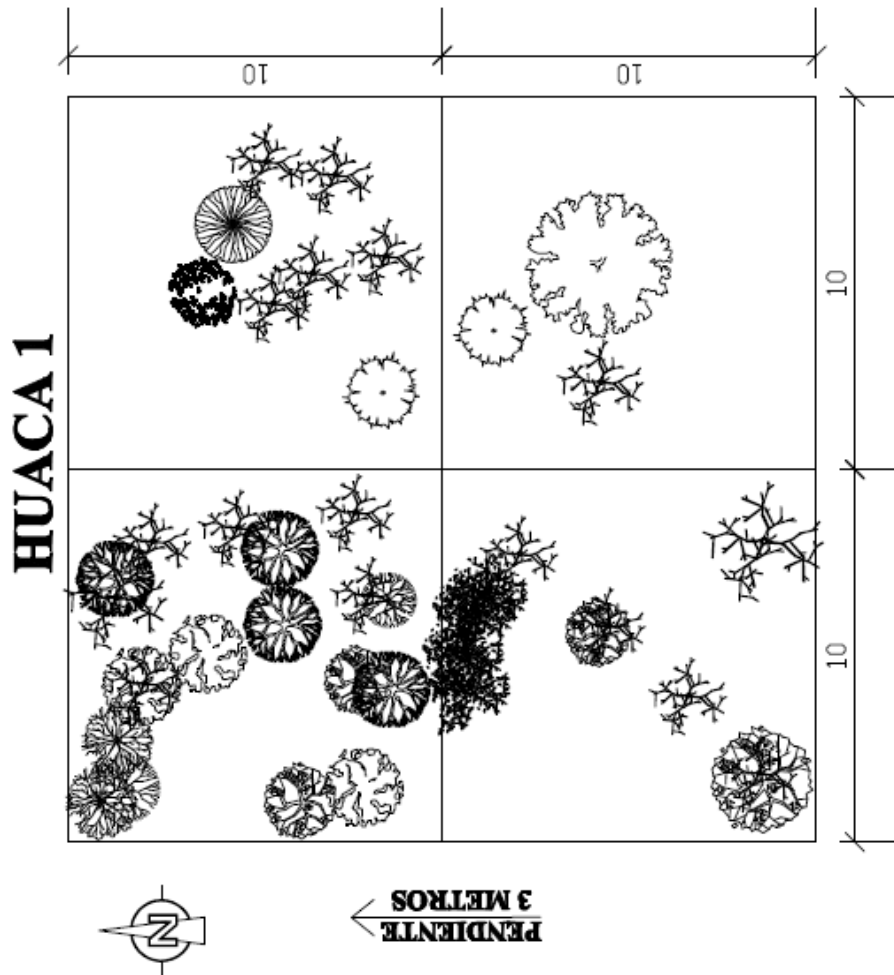


FIGURA 5.3 Vista horizontal UNIDAD HUACA 1.

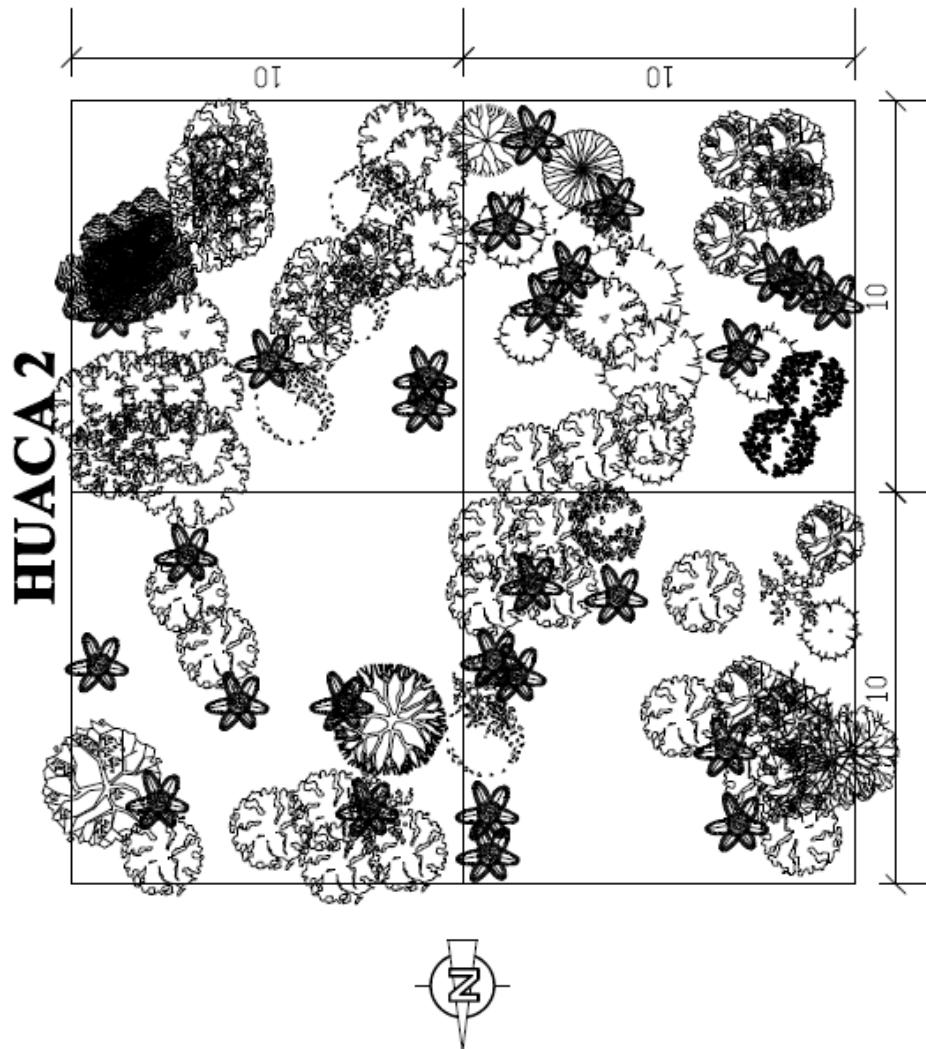


FIGURA 5.4 Vista horizontal UNIDAD HUACA 2.

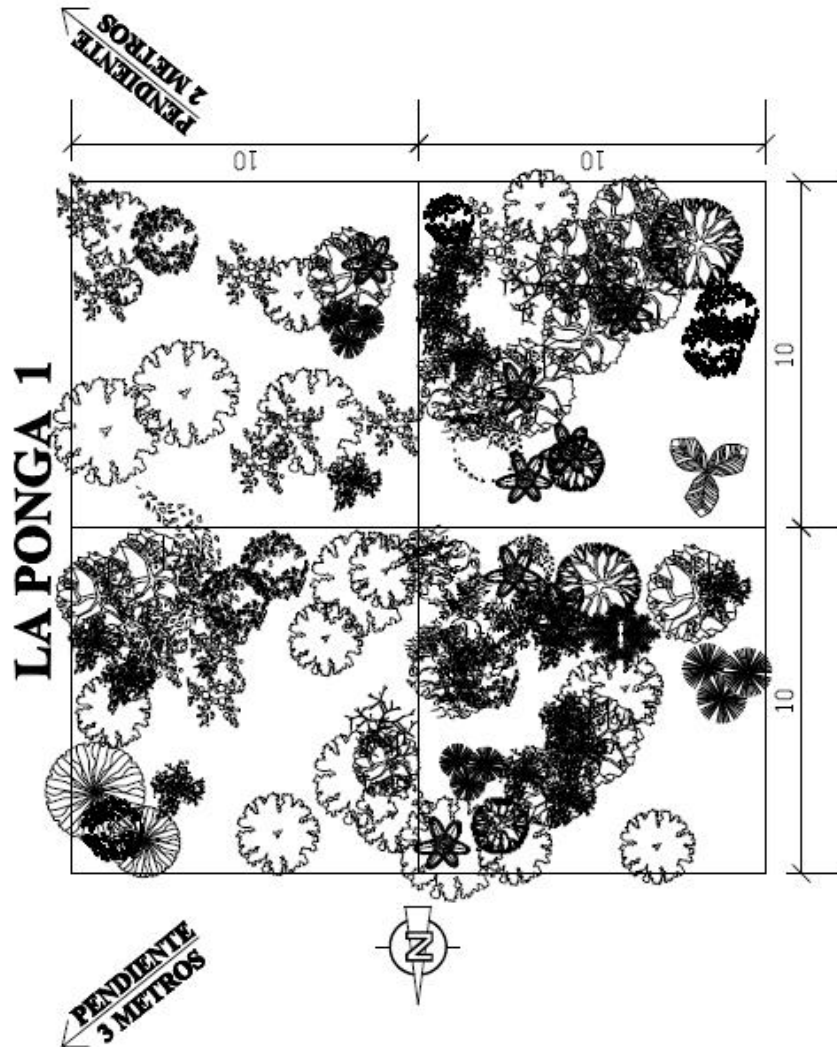


FIGURA 5.5 Vista horizontal UNIDAD PONGA 1.

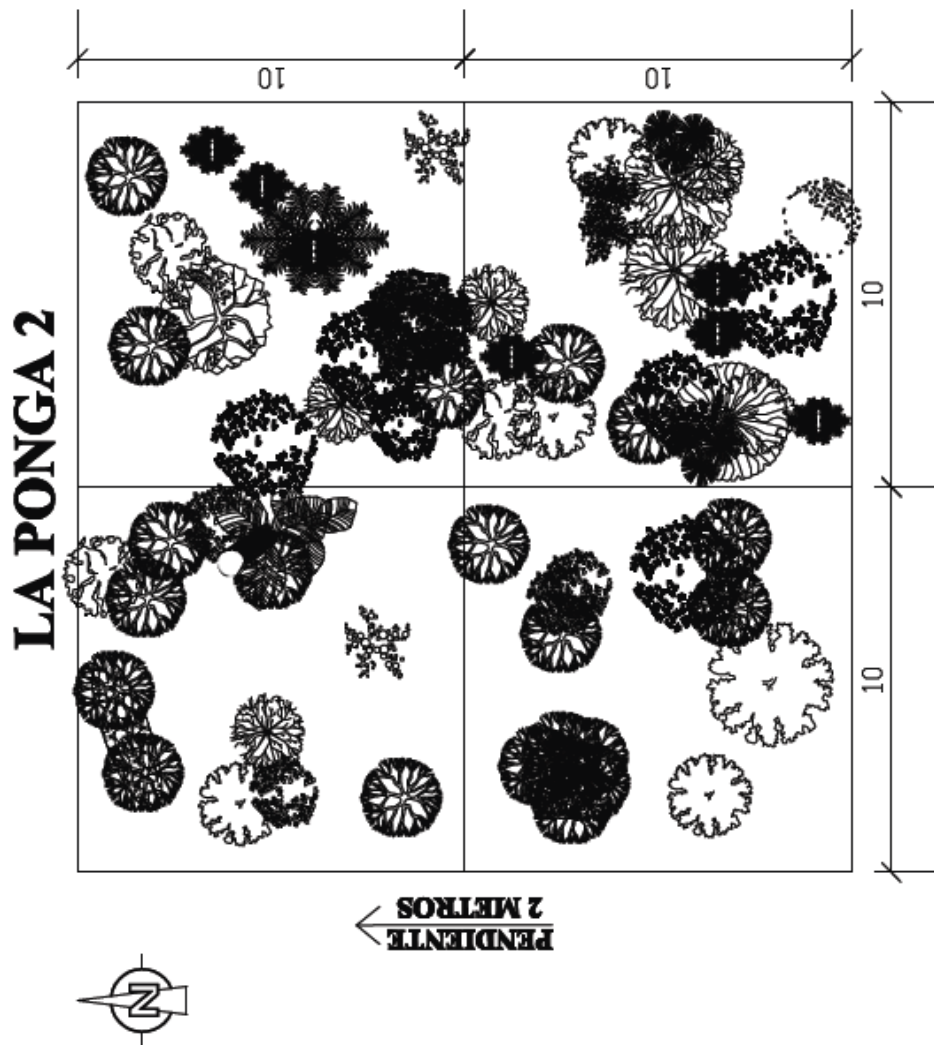


FIGURA 5.6 Vista horizontal UNIDAD PONGA 2.

## 5.1. UNIDADES (IVI & IVF) y SHANNON.

A continuación los resultados de la abundancia, IVI & IVF, SHANNON y los diagramas de perfil de las UNIDADES del sector BRAMONA:

Tabla 5.1 Abundancia, IVI & IVF y SHANNON sector

### BRAMONA

SECTOR BRAMONA	Abundancia	IVI	IVF	SHANNON
<b>BRAMONA 1</b>				
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	1	15,58191997	3,034575149	0,13241891
<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq. subsp. panamense	3	29,45391974	13,99795045	0,259930193
<i>Cordia collococca sandmark.</i>	1	11,99447027	3,25166983	0,13241891
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	1	9,989432239	2,803897752	0,13241891
<i>Ficus insipida</i> Willd.	1	16,04497394	4,20519834	0,13241891
<i>Ilex</i> sp.	1	9,232489526	2,171730363	0,13241891
<i>Inga acuminata</i> Benth.	2	25,03891183	10,989411	0,207075554
<i>Trichilia</i> sp.	1	28,62054492	5,494699119	0,13241891
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	1	9,016141536	1,459382095	0,13241891
<i>Vermonia baccharoides</i>	10	120,1207492	240,1002705	0,364778641
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. kellemanii (P. Wilson) Reynel	2	24,90644685	12,4912154	0,207075554
<b>11 especies</b>	<b>24</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>1,965792309</b>
<b>BRAMONA 2</b>				
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	9	69,2445601	152,86201	0,354349905
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	3	29,17747075	18,96759441	0,217990479
<i>Cedrela filillis</i>	1	7,472875531	1,771851317	0,105954775
<i>Cordia alliodora</i>	4	41,61711256	38,37607084	0,255783418
<i>Cordia collococca sandmark.</i>	2	21,29253415	8,640331351	0,169900629
<i>Ficus Insipida</i> Willd.	1	13,31653276	3,052284602	0,105954775
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	15,83138396	2,91499311	0,105954775
<i>Inga densiflora</i>	1	11,45582559	2,995933212	0,105954775
<i>Leucaena Trichodes</i> (jacq.) Benth	1	7,388580292	1,637462872	0,105954775
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	1	6,937276549	1,477430678	0,105954775
<i>Ruagea glabra</i> Triana & Planch	1	17,39799153	3,537857243	0,105954775
<i>Urera baccifera</i>	2	14,95565899	5,759400391	0,169900629
<i>Vermonia baccharoides</i>	6	43,91219723	58,00677997	0,309954199
<b>13 especies</b>	<b>33</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>2,219562681</b>

La UNIDAD BRAMONA 1 sumó 24 árboles de 11 especies, la especie Vermonia baccharoides representó el 41.66% del total de individuos de esta unidad, la especie con mayor valor de importancia (IVI) es la Vermonia baccharoides y la especie con mayor valor forestal (IVF) es la Vermonia baccharoides.

Esta unidad obtuvo el valor de 1.9658, según Shannon es algo diverso en especies.

Ver gráfica de abundancia en ANEXO 12.

La UNIDAD BRAMONA 2 sumó 33 árboles de 13 especies, la especie *Acalypha diversifolia Jacq.* con el 27.27% seguida de la *Vermonia baccharoides* con el 18.18%; la especie con mayor valor de importancia (IVI) es la *Acalypha diversifolia Jacq.*, seguida de la *Vermonia baccharoides* y la *Cordia alliodora*; la especie con mayor valor forestal (IVF) es la *Acalypha diversifolia Jacq.*, seguida por la *Vermonia baccharoides* y *Cordia alliodora*.

Se obtuvo un valor de 2.2195, según Shannon esta unidad es algo diversa en especies.

Ver gráfica de abundancia en ANEXO 13.



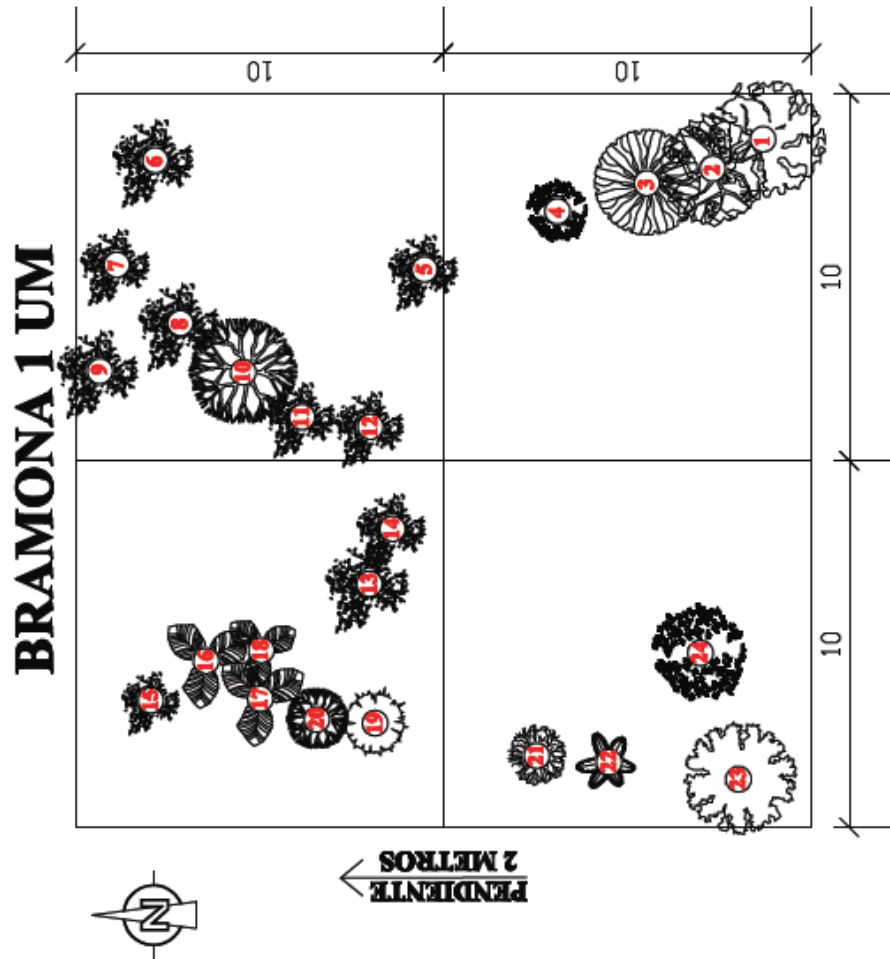


FIGURA 5.7 Vista horizontal UNIDAD BRAMONA 1.  
Se observó varios árboles de gran tamaño.

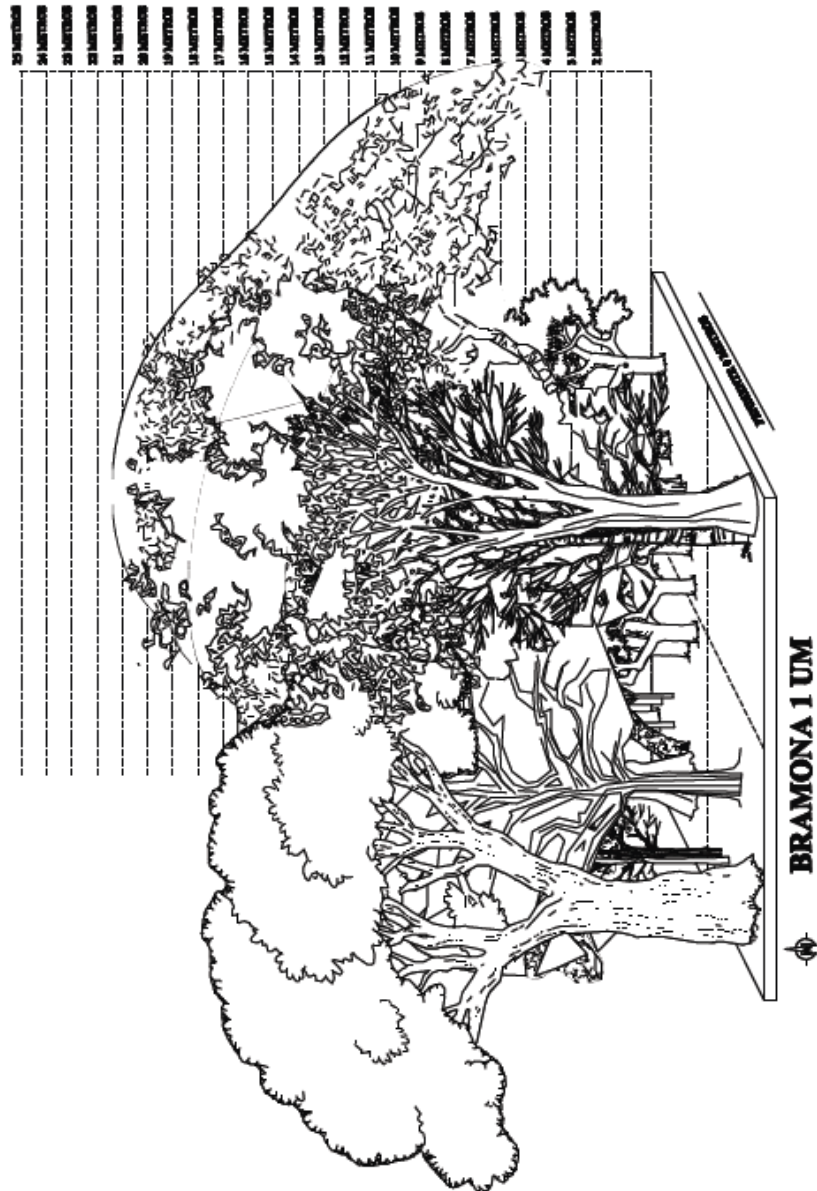


FIGURA 5.8 Vista vertical UNIDAD BRAMONA 1.  
Se observó las alturas y los diámetros de las copas de los árboles.

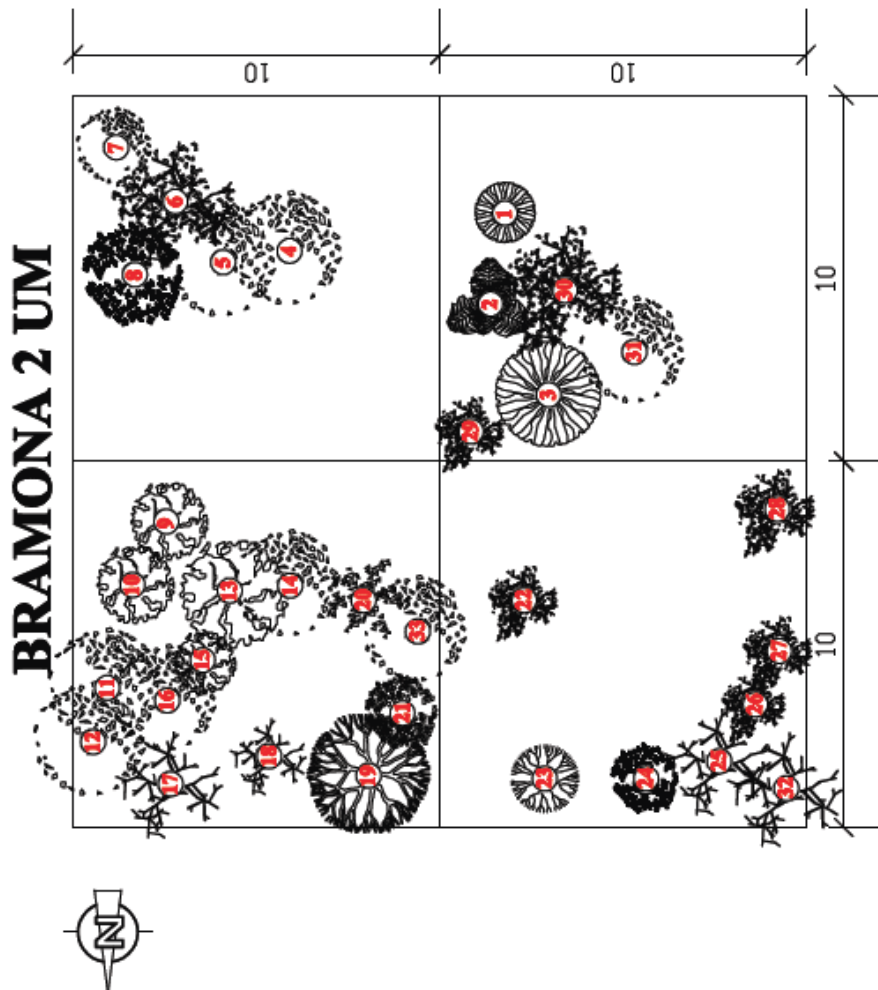


FIGURA 5.9 Vista horizontal UNIDAD BRAMONA 2.

Se observó tala en este sector del bosque.

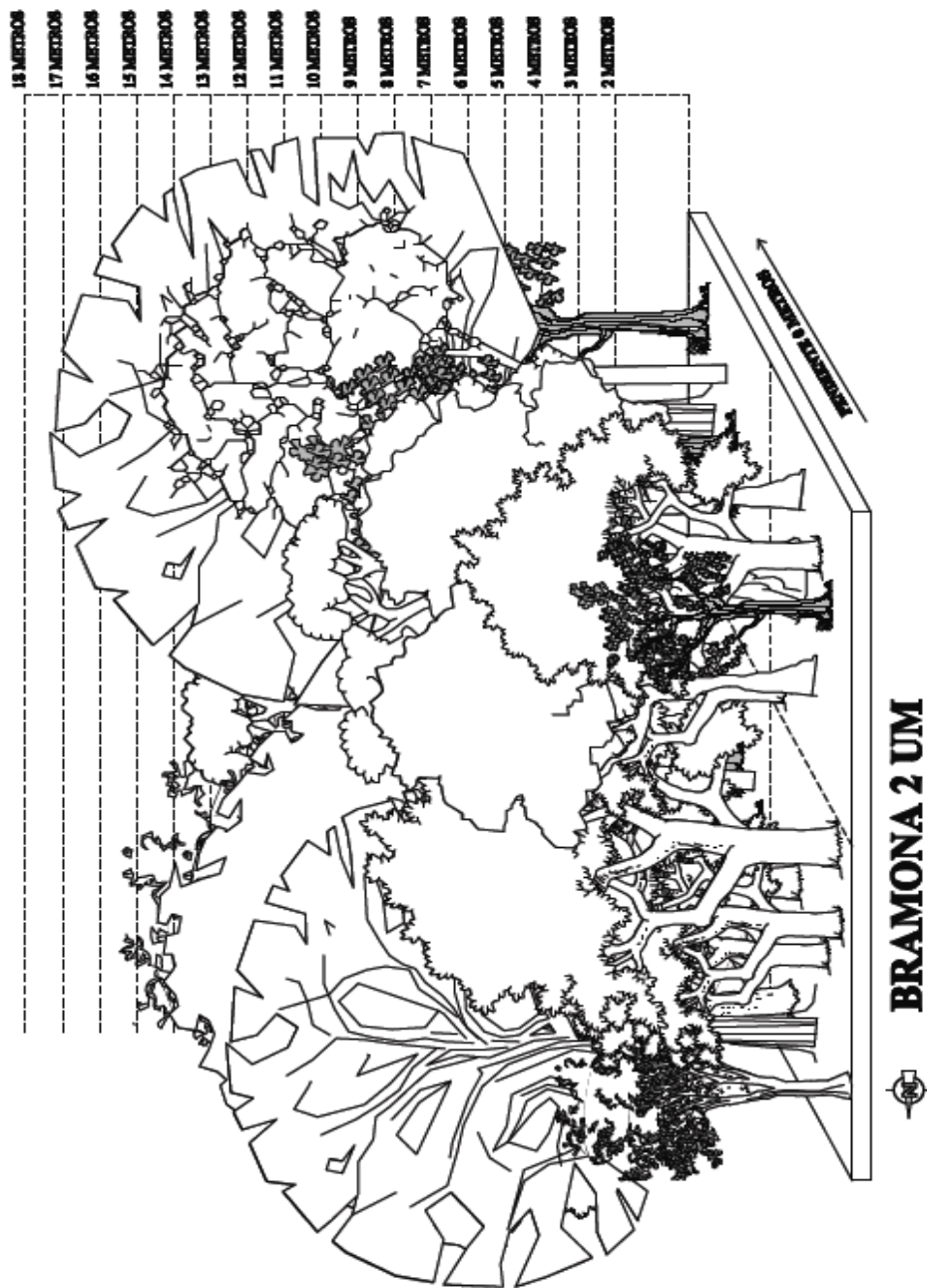


FIGURA 5.10 Vista vertical UNIDAD BRAMONA 2.

Se observó claros cubiertos por otros árboles.

A continuación los resultados de la abundancia, IVI & IVF, SHANNON y los diagramas de perfil de las UNIDADES del sector HUACA:

Tabla 5.2 Abundancia, IVI & IVF y SHANNON sector HUACA.

SECTOR HUACA	Abundancia	IVI	IVF	SHANNON
<b>HUACA 1</b>				
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	1	36,95180382	12,50725008	0,298626578
<i>Cedrela filillis</i>	1	45,39530242	18,38442018	0,298626578
<i>Cedrela odorata</i>	2	19,59769389	3,394058455	0,366204096
<i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz & Pav.) C. Mart.	2	45,53717965	11,44915784	0,366204096
<i>Cordia alliodora</i>	6	106,1782723	220,0215431	0
<i>Muntingia calabura</i>	2	46,33974787	34,24357035	0,366204096
<b>6 especies</b>	<b>14</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>1,977028341</b>
<b>HUACA 2</b>				
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	9	85,10328507	116,2127509	0,366204096
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	13,19681788	96,08251418	0,122068032
<i>Cassia fistula</i>	1	9,049701185	0,590089546	0,122068032
<i>Cordia alliodora</i>	1	14,24744813	2,043629682	0,122068032
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	3	33,85097546	15,60981741	0,244136064
<i>Cupania</i> sp.	1	13,45126739	1,867071014	0,122068032
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms.	1	15,98755449	2,474743733	0,122068032
<i>Ilex</i> sp.	6	66,59318031	55,26739837	0,334239422
<i>Pouteria</i> sp.	1	13,71118894	2,291276941	0,122068032
<i>Trichilia</i> sp.	2	22,91342303	5,021172821	0,192791829
<i>Vernonia baccharoides</i>	1	11,89515813	2,539535445	0,122068032
<b>11 especies</b>	<b>27</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>1,991847635</b>

La UNIDAD HUACA 1 sumó 14 árboles de 6 especies, la especie *Cordia alliodora* con el 42.85% del total de individuos de esta unidad; la especie con mayor valor de importancia (IVI) es la *Cordia alliodora* seguida de la *Muntingia Calabura* y la especie con mayor valor forestal (IVF) es la *Cordia alliodora* seguida de la *Muntingia calabura*.

Se obtuvo un valor de 1.977, según Shannon esta unidad es algo diversa en especies.

Ver gráfica de abundancia en ANEXO 14.

La UNIDAD HUACA 2 sumó 27 árboles de 11 especies, la especie *Bougainvillea peruviana* Blonpl. con el 33.33% y *Ilex sp.* con el 22.22%; la especie con mayor valor de importancia (IVI) es la *Bougainvillea peruviana* Blonpl. seguida de la *Ilex sp.* y *Croton rivinifolius* Kunth.; la especie con mayor valor forestal (IVF) es la *Bougainvillea peruviana* Blonpl. seguida de *Brosimum alicastrum* e *Ilex sp.*

Se obtuvo un valor de 1.9918, según Shannon esta unidad es algo diversa en especies.

Ver gráfica de abundancia en ANEXO 15.

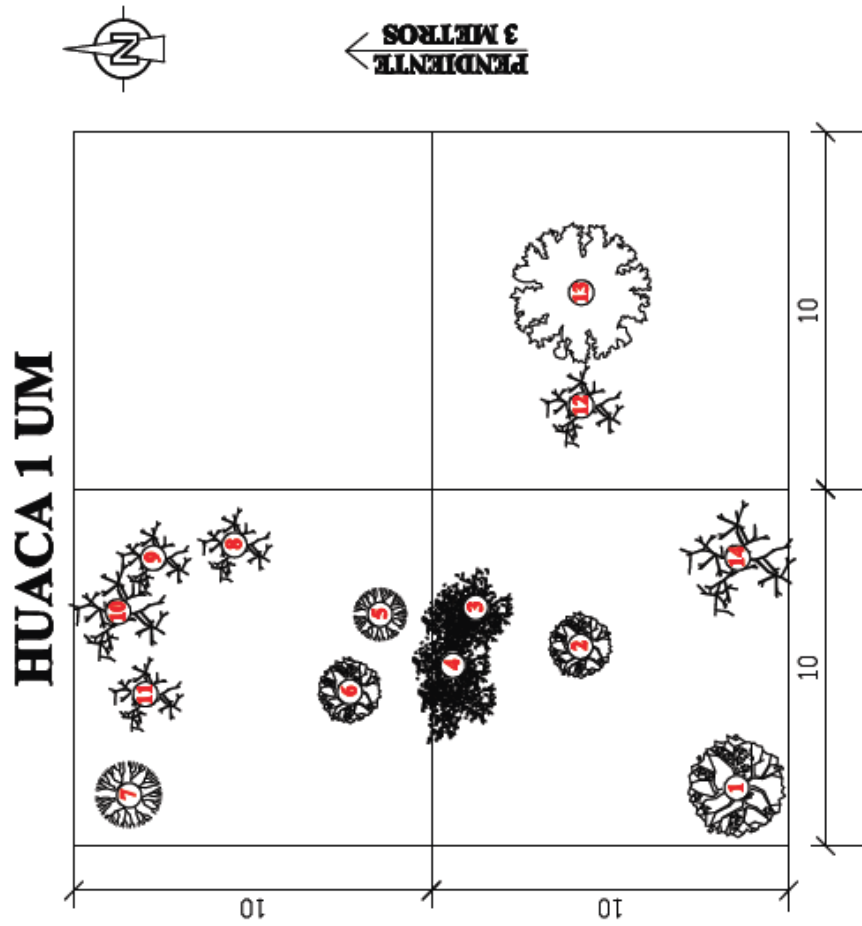


FIGURA 5.12 Vista horizontal UNIDAD HUACA 1.  
Esta área ha sido fuertemente talada.

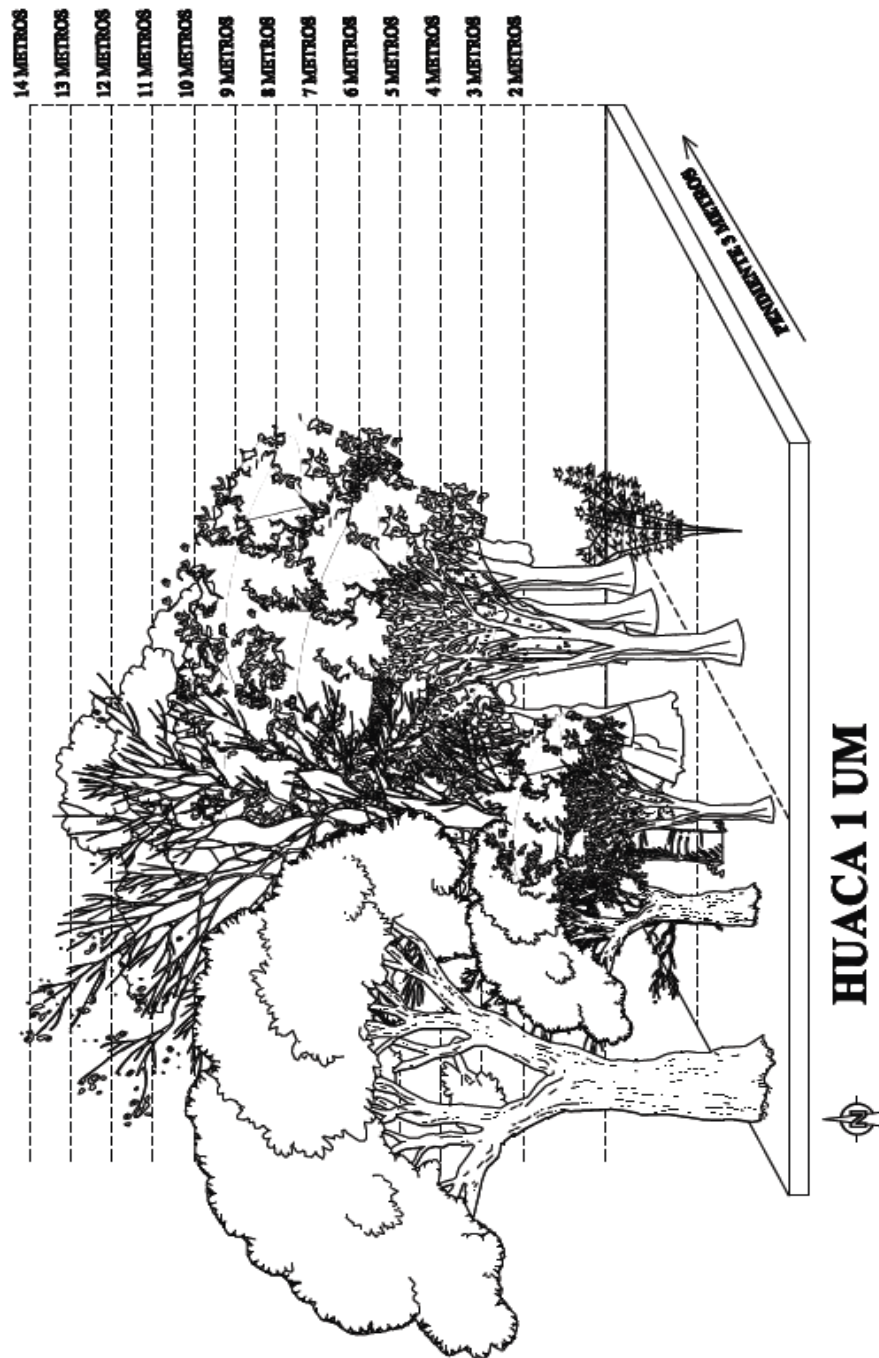


FIGURA 5.11 Vista vertical UNIDAD HUACA 1.  
Se observa claros dejados por árboles talados.



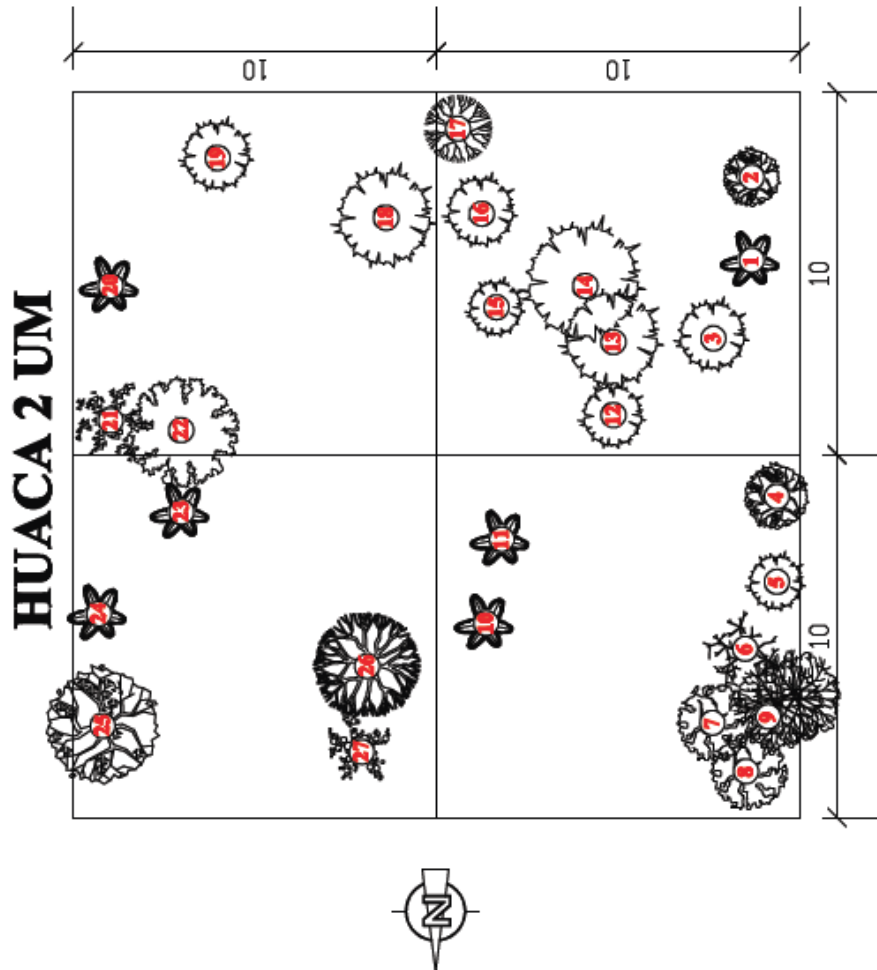


FIGURA 5.13 Vista horizontal UNIDAD HUACA 2.  
Esta zona es un área transitada por animales y personas.

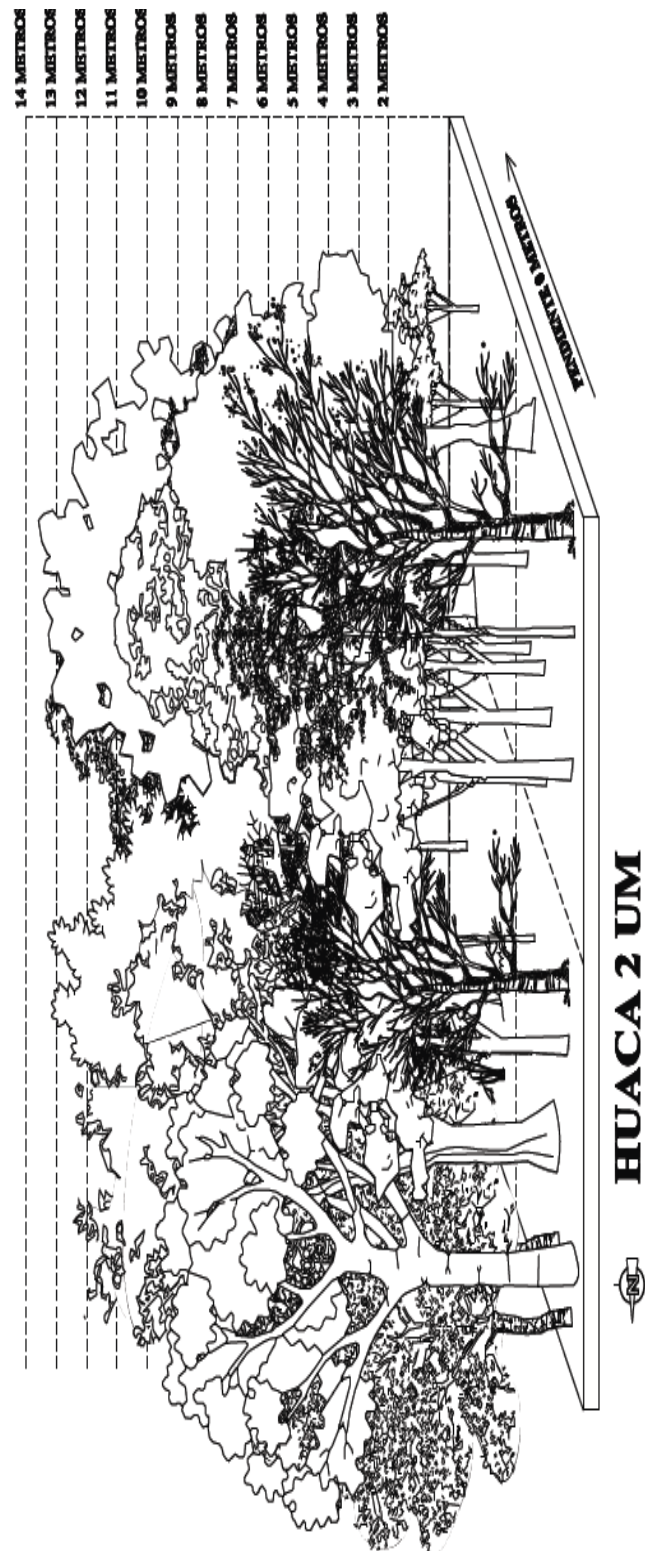


FIGURA 5.14 Vista vertical UNIDAD HUACA 2.  
Se observó restos de árboles talados.

A continuación los resultados de la abundancia, IVI & IVF, SHANNON y los diagramas de perfil de las UNIDADES del sector PONGA:

Tabla 5.3 Abundancia, IVI & IVF y SHANNON UNIDAD sector PONGA.

SECTOR PONGA	Abundancia	IVI	IVF	SHANNON
<b>PONGA 1</b>				
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	5	31,79597276	25,00450926	0,256601726
<i>Agonandra</i> sp.	1	6,602160224	1,321596946	0,090574928
<i>Cassia fistula</i>	1	5,956914685	0,802297103	0,090574928
<i>Cordia alliodora</i>	2	13,4754772	4,936934814	0,147337799
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	9	63,17185208	109,8063475	0,332856766
<i>Cynophalla</i> sp.	1	5,916586838	0,796093629	0,090574928
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	4	44,80005913	27,21368981	0,227051483
<i>Ilex</i> sp.	1	5,762956948	1,084391279	0,090574928
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	9,275320314	1,487612353	0,090574928
<i>Machaerium Millei</i> Standl.	2	13,26077943	4,516015868	0,147337799
<i>Pleurothyrium trianae</i> (Mez) Rohwer	1	13,29082157	2,256529544	0,090574928
<i>Pouteria</i> sp.	9	57,06467987	108,2056389	0,332856766
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	3	23,62840827	11,36845294	0,19133852
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel	1	5,99801068	1,199890009	0,090574928
<b>14 especies</b>	<b>41</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>2,26940536</b>
<b>PONGA 2</b>				
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	2	39,2450662	31,26169689	0,25177249
<i>Cordia collococca</i> sandmark.	1	26,56653851	16,20609404	0,166659608
<i>Cytherexylum</i> sp.	1	13,13192629	1,770154725	0,166659608
<i>Eriothryxylum</i> sp.	1	13,25590178	1,774599814	0,166659608
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	5	98,43886529	205,6207154	0,35993395
<i>Markea</i> sp.	1	14,89076874	4,369564713	0,166659608
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	2	27,19594728	7,590377564	0,25177249
<i>Pouteria</i> sp.	1	15,46516404	4,183672703	0,166659608
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	2	34,9871963	22,08458194	0,25177249
<i>Zizyphus thysiflora</i>	1	16,82262558	5,138542172	0,166659608
<b>10 especies</b>	<b>17</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>2,115209071</b>

La UNIDAD PONGA 1 contabilizó 41 árboles de 14 especies, la especie *Croton rivinifolius* Kunth. y *Pouteria* sp. con el 22.50% cada una del total de individuos de esta unidad; la especie con mayor valor de importancia (IVI) es la *Croton rivinifolius* Kunth. seguida de la *Pouteria* sp. y la *Guazuma ulmifolia* Lam.; la especie con mayor valor forestal (IVF) es la *Croton rivinifolius* Kunth. seguida por la *Pouteria* sp.

Se obtuvo un valor de 2.2694, según Shannon la unidad es algo diversa en especies.

Ver gráfica de abundancia en ANEXO 16.

En la UNIDAD PONGA 2 se contabilizó 17 árboles de 10 especies, la especie Guazuma ulmifolia Lam. con el 29.41% del total de individuos de esta unidad; la especie con mayor valor de importancia (IVI) es la Guazuma ulmifolia Lam., la especie con mayor valor forestal (IVF) es la Guazuma ulmifolia Lam.

Se obtuvo un valor de 2.1152, según Shannon la unidad es algo diversa en especies.

Ver gráfica de abundancia en ANEXO 17.

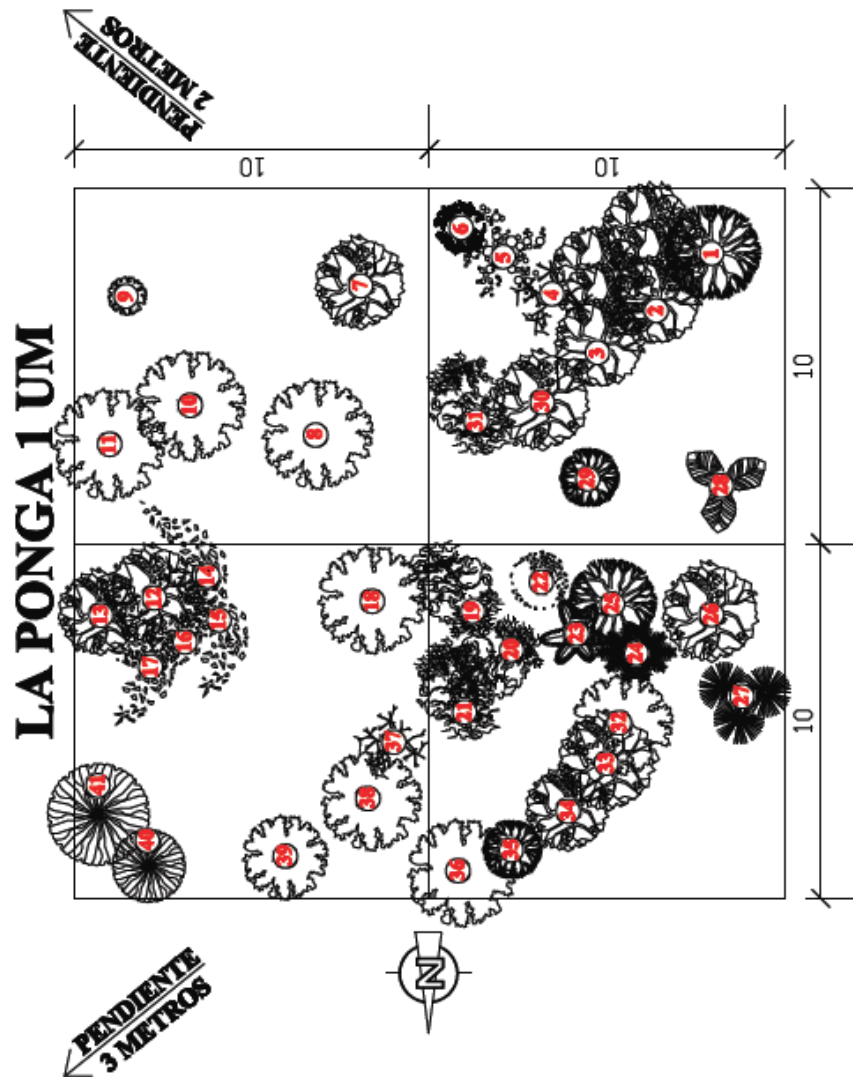


FIGURA 5.15 Vista horizontal UNIDAD PONGA 1.  
Se pudo observar que es un área muy irregular.

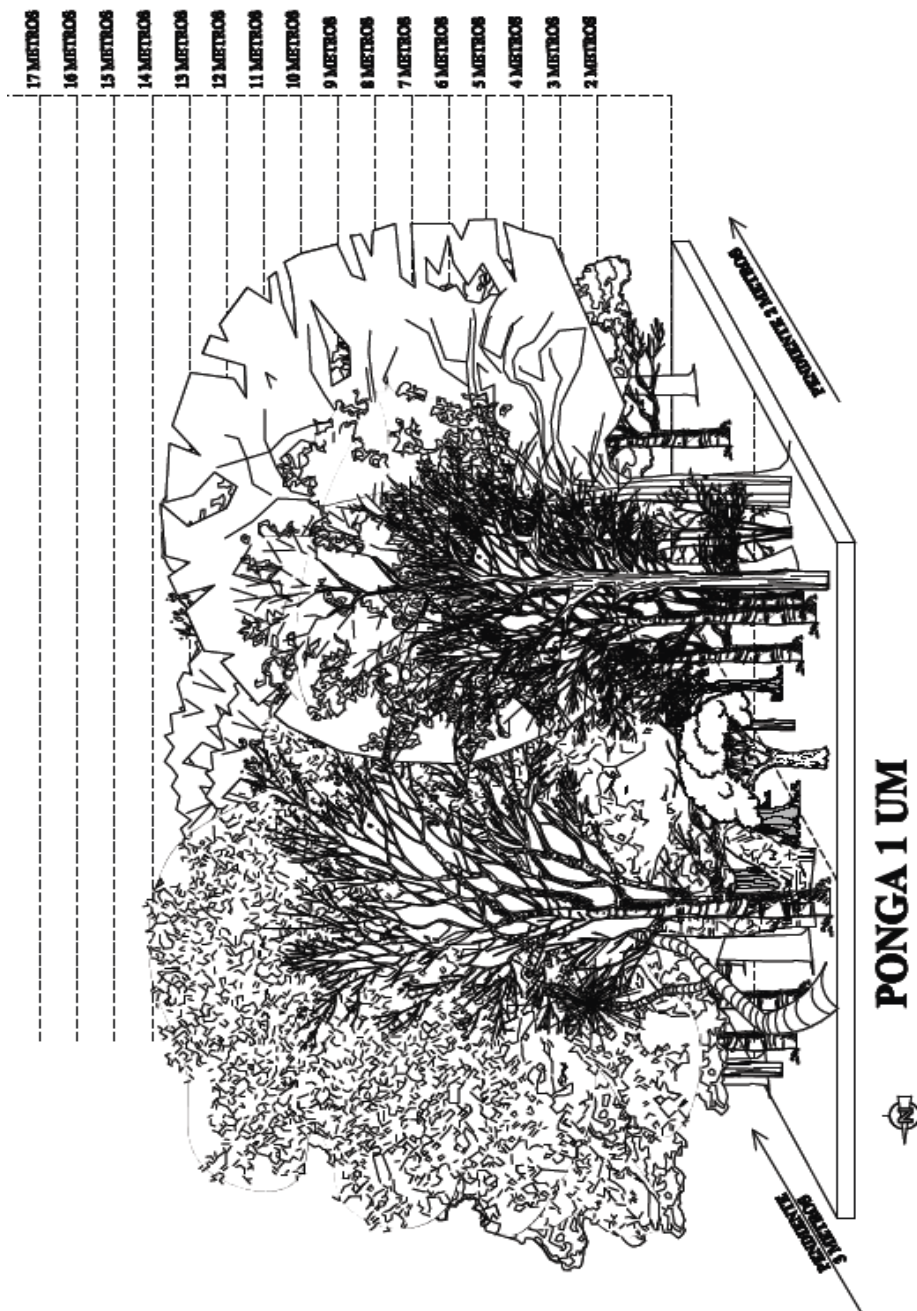


FIGURA 5.16 Vista vertical UNIDAD PONGA 1.  
Esta área del bosque es abundante en sucesión secundaria.

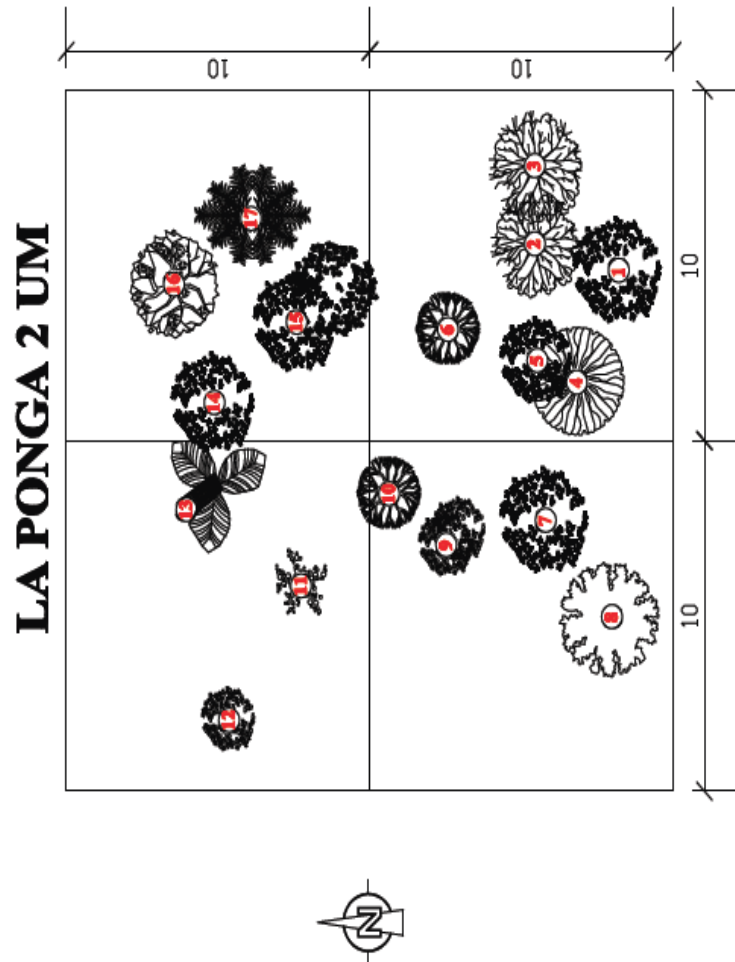


FIGURA 5.17 Vista horizontal UNIDAD PONGA 2.  
Esta es un área altamente intervenida.



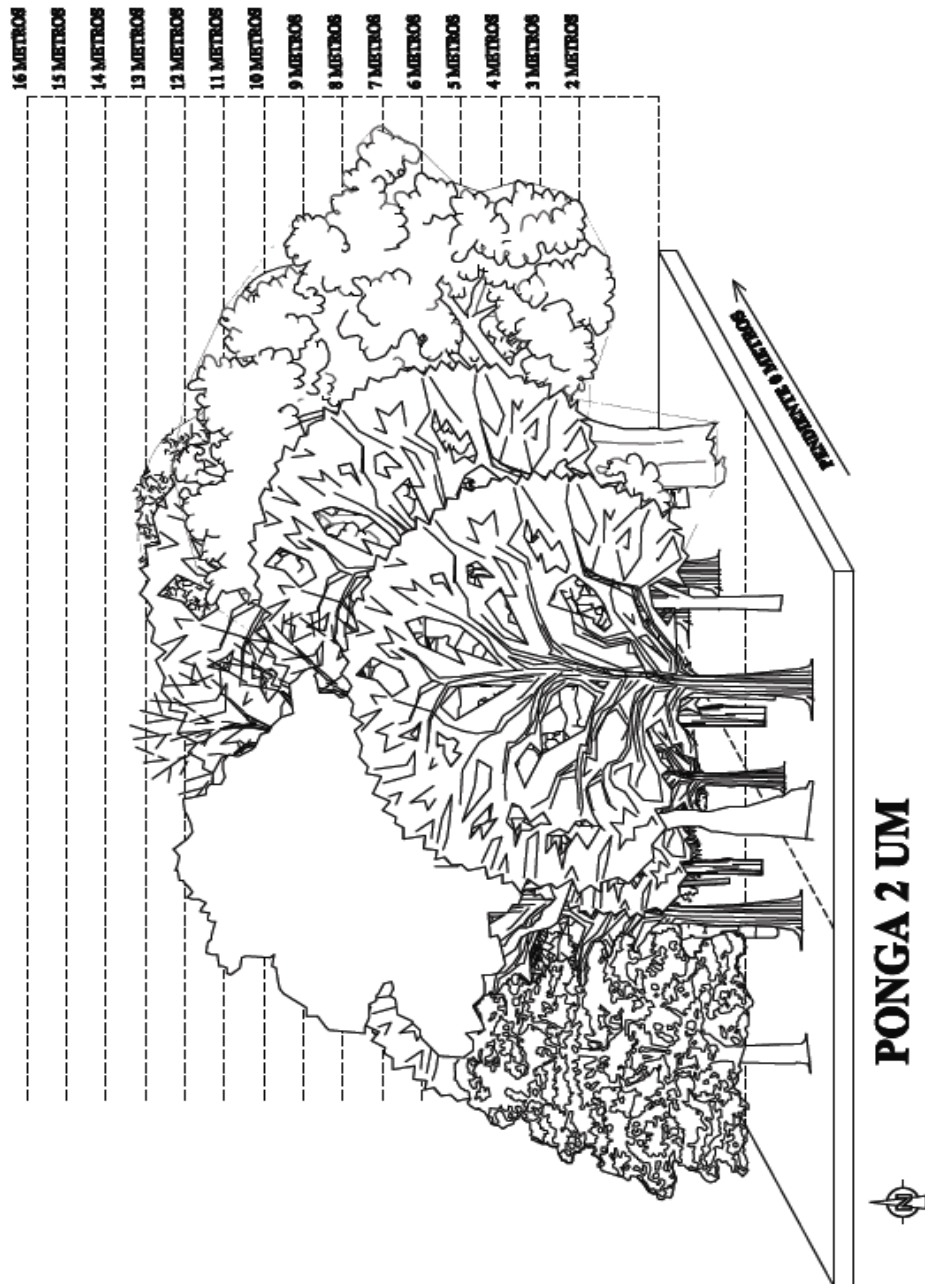


FIGURA 5.18 Vista vertical UNIDAD PONGA 2.  
 .La intervención en esta área es alta.



## 5.2. SUBUNIDADES (IVI & IVF) Y Shannon.

A continuación la abundancia, IVI & IVF, SHANNON y los diagramas de perfil de las SUBUNIDADES sector BRAMONA:

TABLA 5.4 Abundancia, IVI & IVF Y SHANNON SUBUNIDAD sector BRAMONA.

SECTOR BRAMONA	Abundancia	IVI	IVF	SHANNON
<b>BRAMONA 1</b>				
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	4	28,06847426	2,455784208	0,233565875
<i>Arbutus unedo</i> L.	5	36,07394879	3,959507147	0,263349197
<i>Arrabidaea</i> sp.	2	12,09642668	58,71650806	0,152328947
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	6,100742358	0,114399885	0,093937478
<i>Cassia fistula</i>	2	12,95790256	0,533866132	0,152328947
<i>Chrysoclamys macrophylla</i> pax.	5	36,76228903	98,5972235	0,263349197
<i>Clarisia racemosa</i>	2	14,4406016	0,668603775	0,152328947
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	1	7,652599604	0,184310927	0,093937478
<i>Cordia collococca</i> sandmark.	2	12,57669198	0,495732837	0,152328947
<i>Garcinia madruno</i> (kunth) Hammel	1	6,451936357	0,133466533	0,093937478
<i>Grias peruviana</i> Miers	1	8,59812191	0,216088673	0,093937478
<i>Inga densiflora</i>	2	15,45828377	0,699110411	0,152328947
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	1	7,481505091	0,177955377	0,093937478
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	2	21,87654922	1,116034438	0,152328947
<i>Urera baccifera</i>	3	30,28052388	2,318504345	0,197303797
<i>Vermonia baccharoides</i>	4	34,10504886	3,182859035	0,233565875
<i>Zanthoxylum nedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel	1	9,018354046	26,43004472	0,093937478
<b>17 especies</b>	<b>39</b>	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>2,668732491</b>
<b>BRAMONA 2</b>				
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	30	109,5713822	112,526048	0,367571956
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schlttdl.	8	28,06549002	7,870286453	0,222419738
<i>Cordia alliodora</i>	20	66,16759556	43,08347974	0,340451525
<i>Cordia collococca</i> sandmark.	5	19,96875412	3,089094549	0,166659608
<i>Erithroxylum</i> sp	1	2,863049187	15,11712392	0,052266485
<i>Inga densiflora</i>	1	3,259799862	0,125844451	0,052266485
<i>Matisia grandiflora</i> Little.	1	2,982704153	0,085070891	0,052266485
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	1	3,008146577	0,09670805	0,052266485
<i>Pouteria</i> sp.	11	40,58083187	15,70637376	0,26461548
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	3	9,951324879	1,030377947	0,118024905
<i>Vermonia baccharoides</i>	3	10,33617303	1,144166518	0,118024905
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel	1	3,244748527	0,125425731	0,052266485
<b>12 especies</b>	<b>85</b>	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>1,859100544</b>

La SUBUNIDAD BRAMONA 1 contabilizó 39 árboles de 17 especies, las especies *Chrysoclamys macrophylla* pax. y *Arbutus unedo* L., y cada una con el 12.82% del total de individuos de esta unidad; la especie con mayor valor de importancia (IVI) es la *Chrysoclamys macrophylla* pax., seguida de la *Arbutus unedo* L. y *Vermonia baccharoides*, la especie con mayor valor forestal (IVF) es la *Chrysoclamys macrophylla* pax.; seguida por *Arrabidaea* sp. Y *Zanthoxylum riedelianum* subsp. *Kellermanii*(P. Wilson) Reynel.

Se obtuvo una diversidad de 2.6687, según Shannon es medianamente diverso en especies.

Ver gráfica de abundancia en ANEXO 18.

En la SUBUNIDAD BRAMONA 2 se contabilizó 85 árboles de 12 especies, la especie *Acalypha diversifolia Jacq.* con el 35.29% seguida de la *Cordia alliodora* con el 23.53% del total de individuos de esta unidad; la especie con mayor valor de importancia (IVI) es la *Acalypha diversifolia Jacq.*, seguida de la *Cordia alliodora* y la *Pouteria sp.*; la especie con mayor valor forestal (IVF) es la *Acalypha diversifolia Jacq.*, seguida por *Cordia alliodora*.

Se obtuvo un valor de 1.8591, según Shannon es algo diverso en especies.

Ver gráfica de abundancia en ANEXO 19.

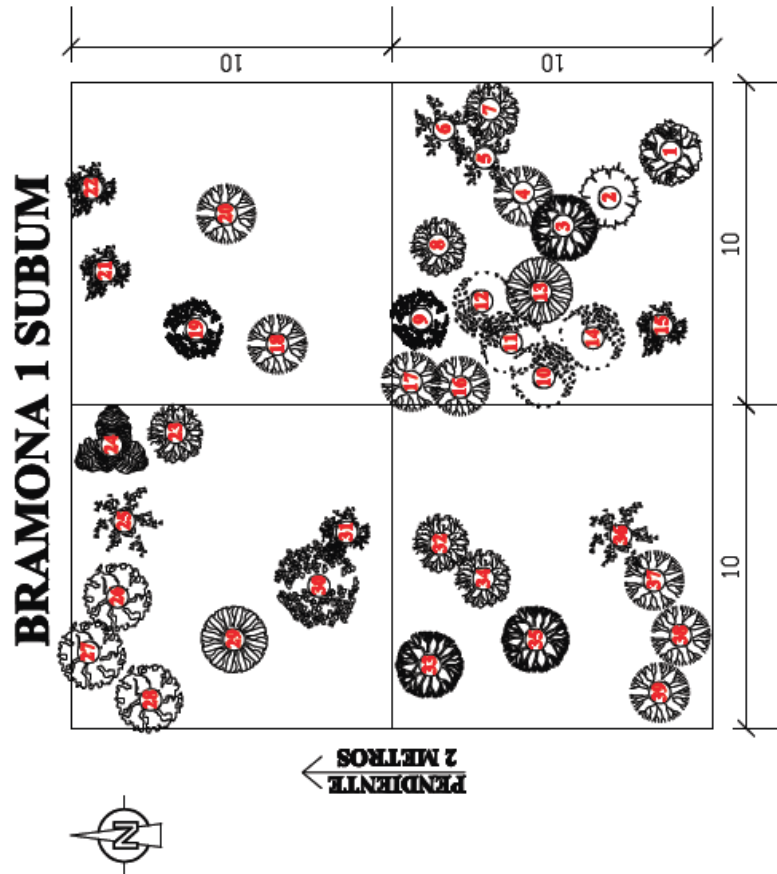


FIGURA 5.19 Vista horizontal SUBUNIDAD BRAMONA 1.  
Se observó la ubicación de cada árbol distinguiéndose árboles en sucesión.

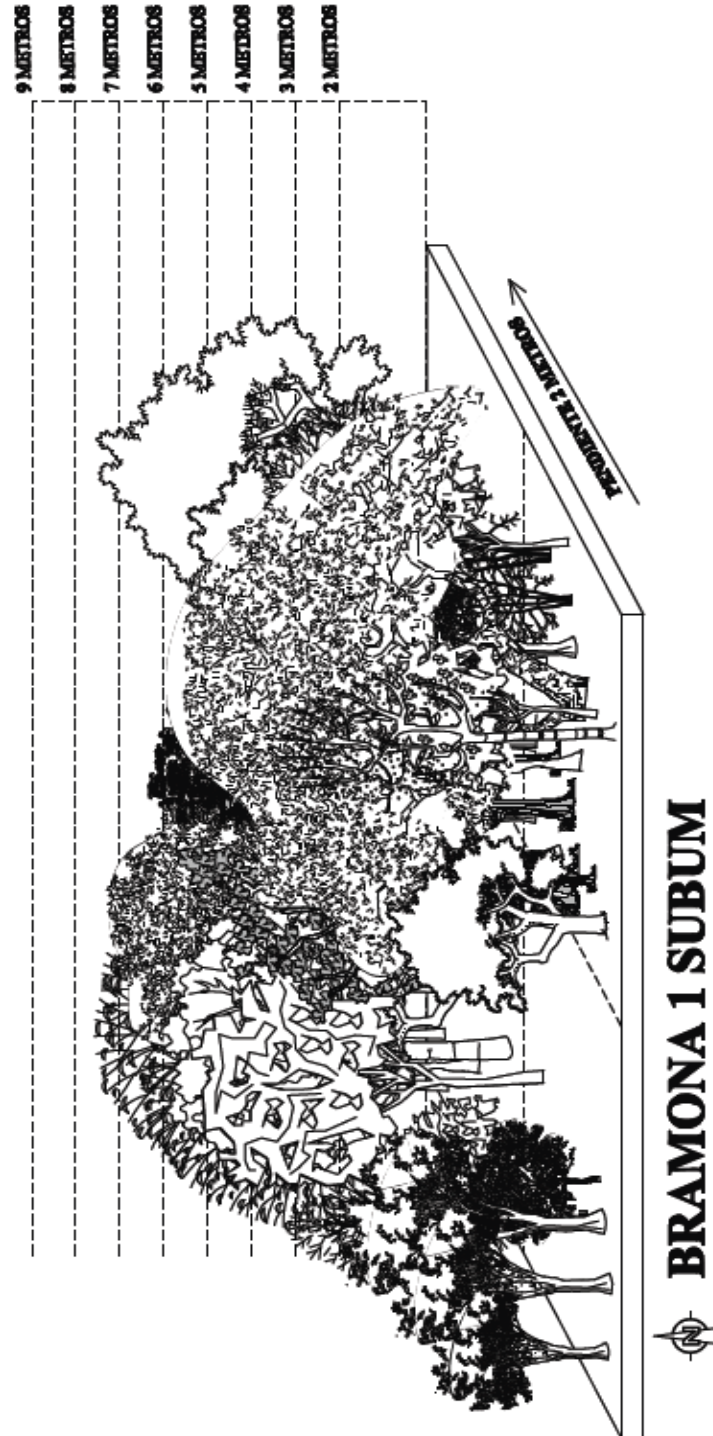


FIGURA 5.20 Vista vertical SUBUNIDAD BRAMONA 1.  
Alta sucesión al no tener la competencia de árboles talados.

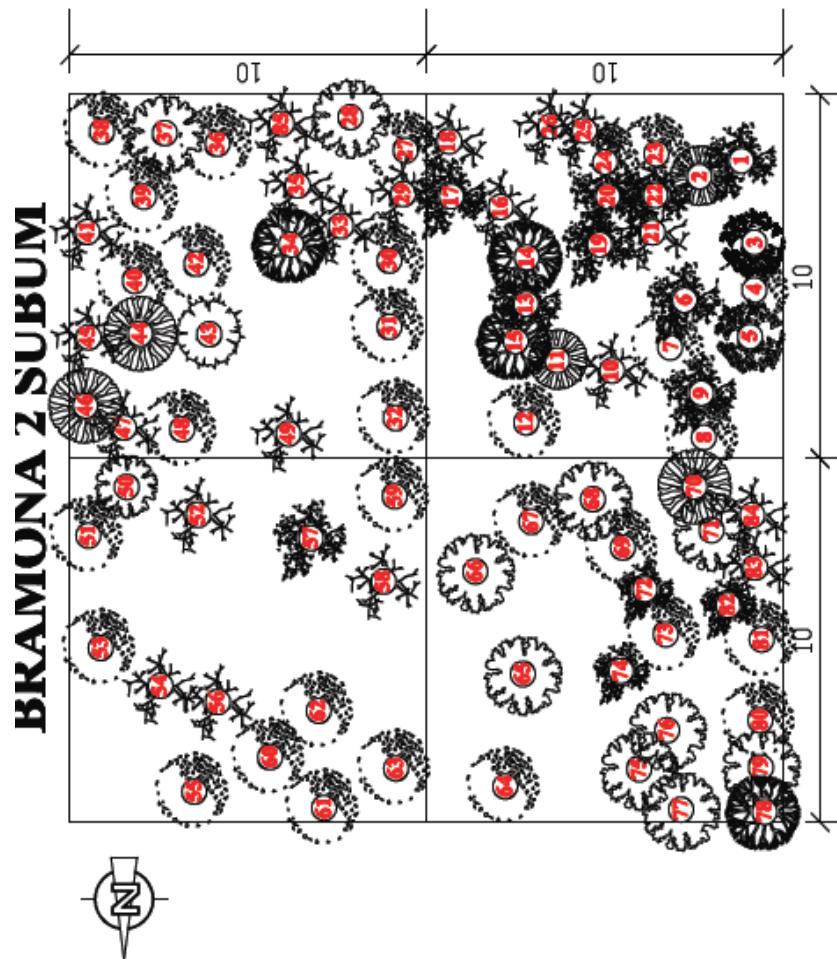


FIGURA 5.21 Vista horizontal SUBUNIDAD BRAMONA 2.  
Se observó gran cantidad de árboles en sucesión.

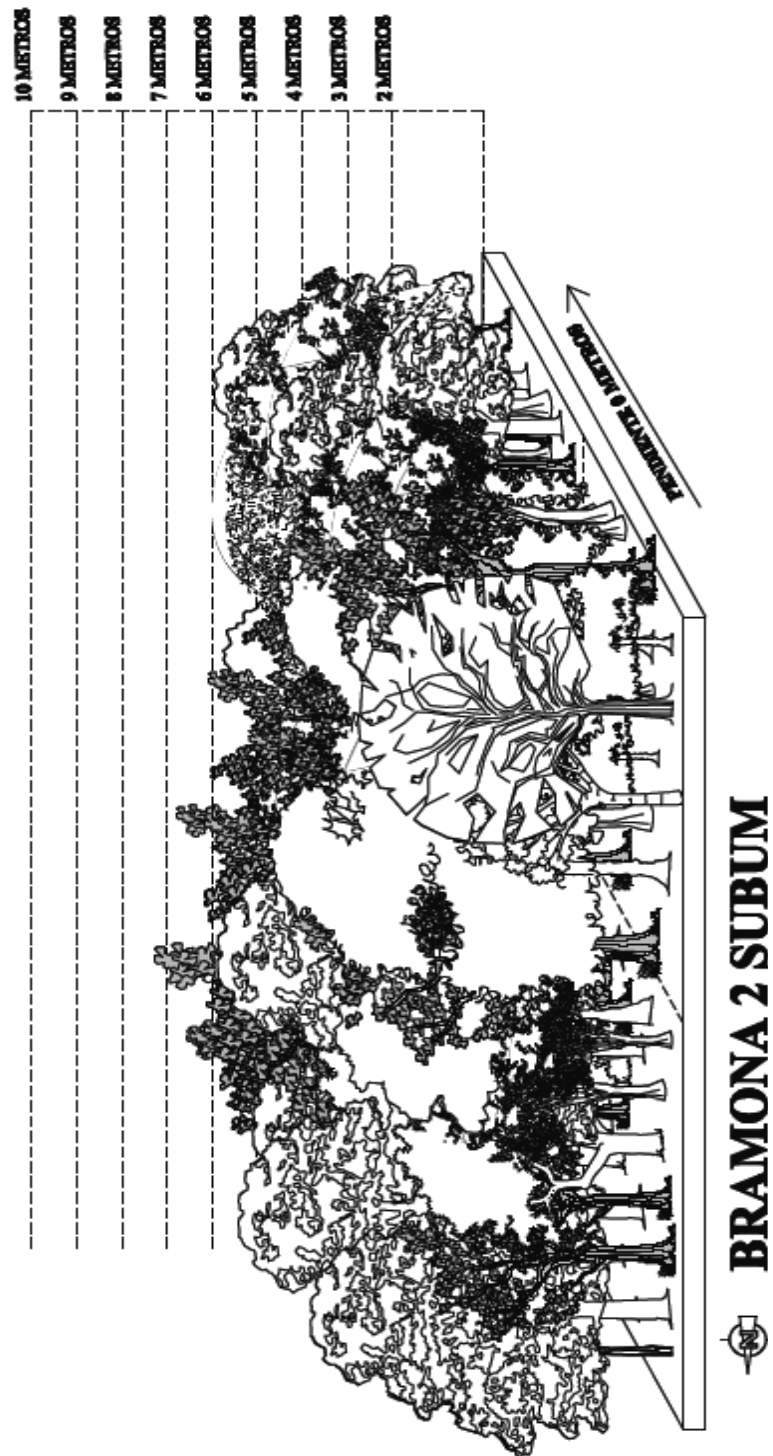


FIGURA 5.22 Vista vertical SUBUNIDAD BRAMONA 2.  
Se muestra como la sucesión repartida en toda la subunidad.

A continuación la abundancia, IVI & IVF Y SHANNON y los diagramas de perfil de las SUBUNIDADES sector HUACA:

TABLA 5.5 Abundancia, IVI & IVF Y SHANNON SUBUNIDAD sector HUACA.

SECTOR HUACA	Abundancia	IVI	IVF	SHANNON
<b>HUACA 1</b>				
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	2	24,56409416	6,696779996	0,202058292
<i>Cedrela</i> sp.	3	32,74979518	8,437163317	0,254431624
<i>Cordia alliodora</i>	12	145,3964717	173,2778713	0,352305204
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	1	14,31383473	1,248083978	0,128755033
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	18,57403463	2,275366271	0,128755033
<i>Prosopis juliflora</i>	2	22,69069856	3,572300311	0,202058292
<i>Urera baccifera</i>	1	10,1847179	0,642348722	0,128755033
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	2	21,55464526	3,078058734	0,202058292
<i>Vernonia baccharoides</i>	1	9,971707903	0,772027414	0,128755033
<b>9 especies</b>	<b>25</b>	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>1,727931835</b>
<b>HUACA 2</b>				
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	4	10,28143004	0,736987237	0,142700137
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	27	80,58275014	106,7329608	0,363718391
<i>Cassia fistula</i>	2	5,543330753	0,48056856	0,08746977
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	7	20,61520559	7,259854147	0,204175117
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	9	73,83619178	8,116077746	0,236210517
<i>Gallsia integrifolia</i> (Spreng.) Harms.	1	3,465732146	0,151934649	0,051794736
<i>Grias peruviana</i> Miers	1	2,670476997	0,139231707	0,051794736
<i>Ilex</i> sp.	21	61,62625177	59,3065466	0,344259558
<i>Inga acuminata</i> Benth.	2	6,982771076	0,69256549	0,08746977
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	1	2,736035666	0,112367513	0,051794736
<i>Pouteria</i> sp.	11	31,65982404	16,27090559	0,263034561
<b>11 especies</b>	<b>86</b>	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>1,884422029</b>

La SUBUNIDAD HUACA 1 sumó 25 árboles de 9 especies, la especie *Cordia alliodora* con el 48.00% del total de individuos de esta unidad; la especie con mayor valor de importancia (IVI) es la *Cordia alliodora* seguida de la *Cedrela* sp. y *Cecropia litoralis*; la especie con mayor valor forestal (IVF) es la *Cordia alliodora* seguida de la *Cedrela* sp. y *Cecropia litoralis*.

Se obtuvo un valor de 1.727, según Shannon esta subunidad es algo diversa en especies.



Ver gráfica de abundancia en ANEXO 20.

En la SUBUNIDAD HUACA 2 sumó 86 árboles de 11 especies, la especie *Bougainvillea peruviana* Blonpl. con el 31.39% y *Ilex sp.* Con el 24.41% del total de individuos de esta unidad respectivamente; la especie con mayor valor de importancia (IVI) es la *Bougainvillea peruviana* Blonpl. seguida de la *Croton rivinifolius* Kunth y la *Ilex sp.*; la especie con mayor valor forestal (IVF) es la *Bougainvillea peruviana* Blonpl.

Se obtuvo un valor de 1.8844, por lo que esta subunidad es algo diversa en especies según el índice de diversidad de Shannon.

Ver gráfica de abundancia en ANEXO 21.



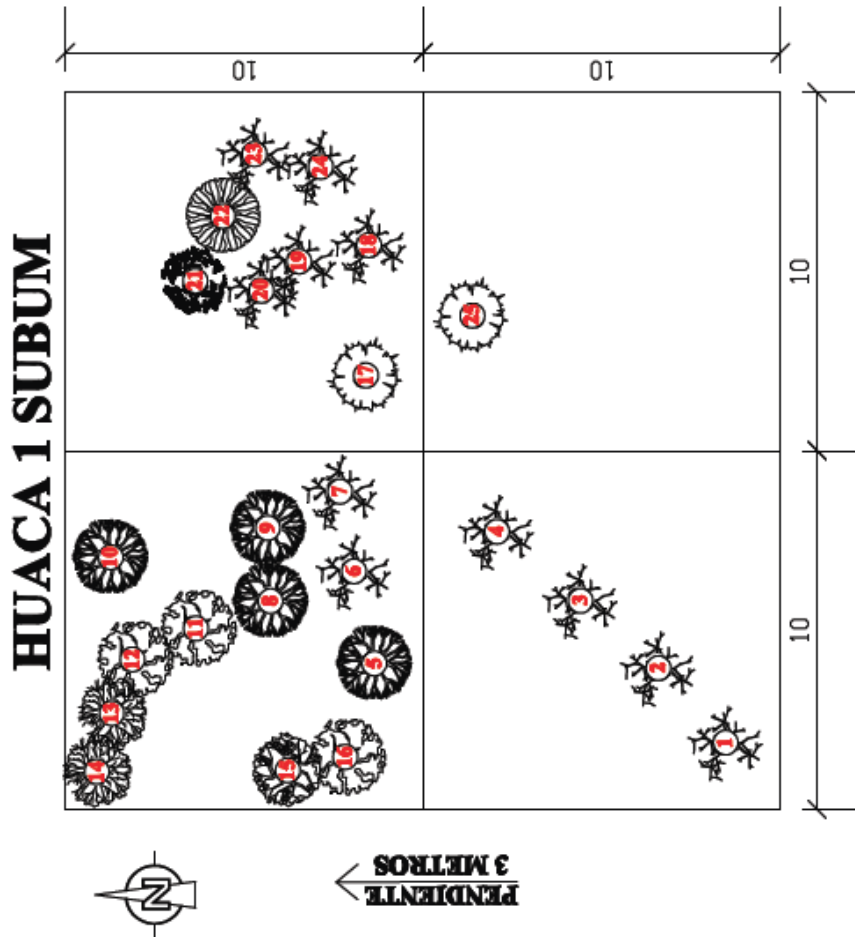


FIGURA 5.23 Vista horizontal SUBUNIDAD HUACA 1.  
Se observa un área despejada por la tala..

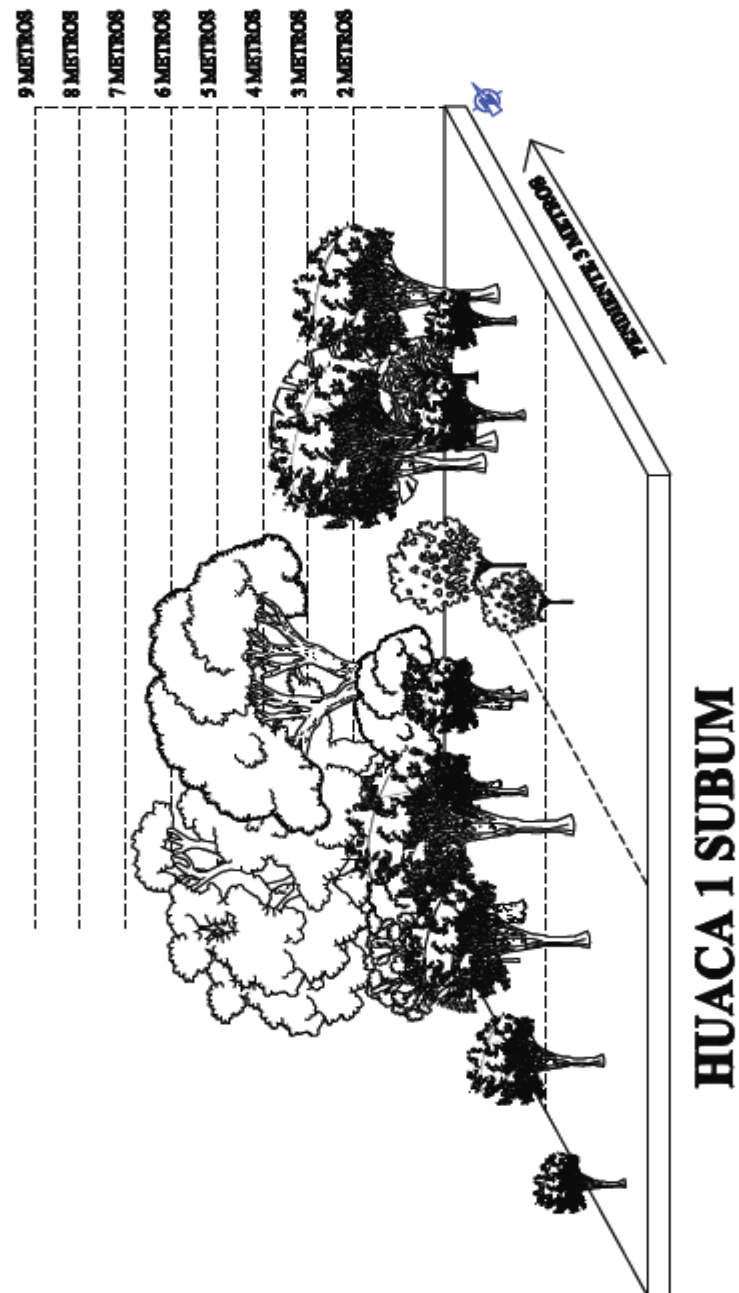


FIGURA 5.24 Vista vertical SUBUNIDAD HUACA 1.  
Se observó árboles en sucesión por la tala de uno o más árboles grandes que les dejaron claros.

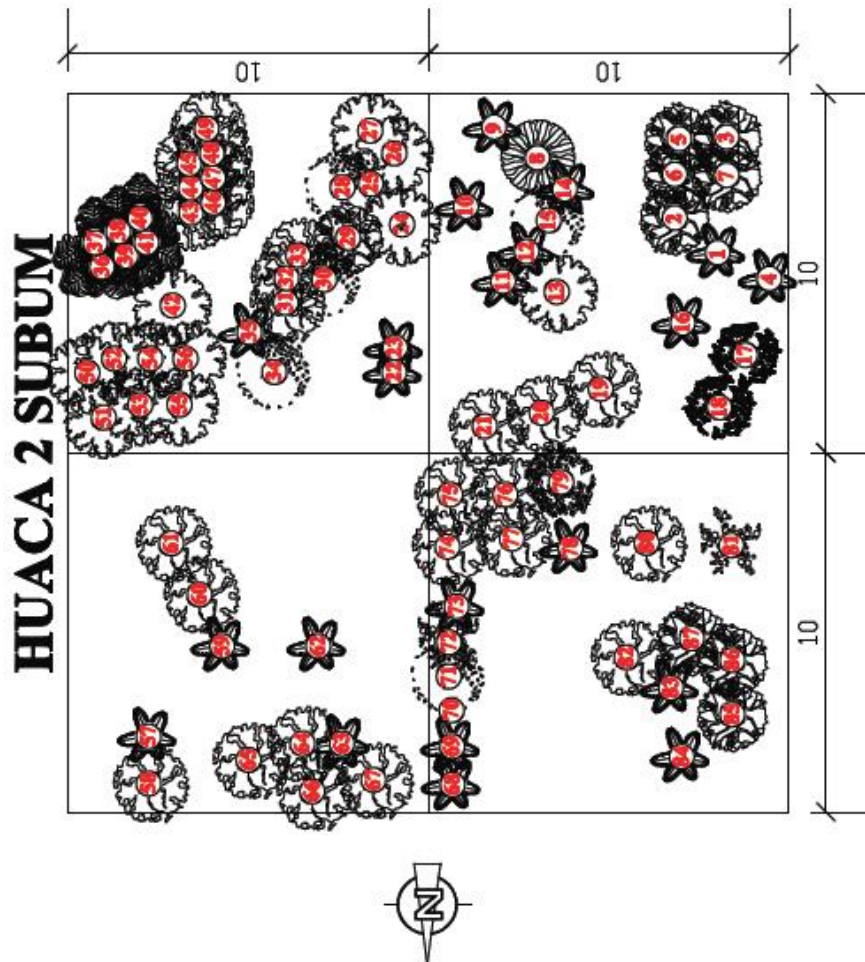


FIGURA 5.25 Vista horizontal SUBUNIDAD HUACA 2.  
En esta área el bosque mostró estar en sucesión producto de la tala.

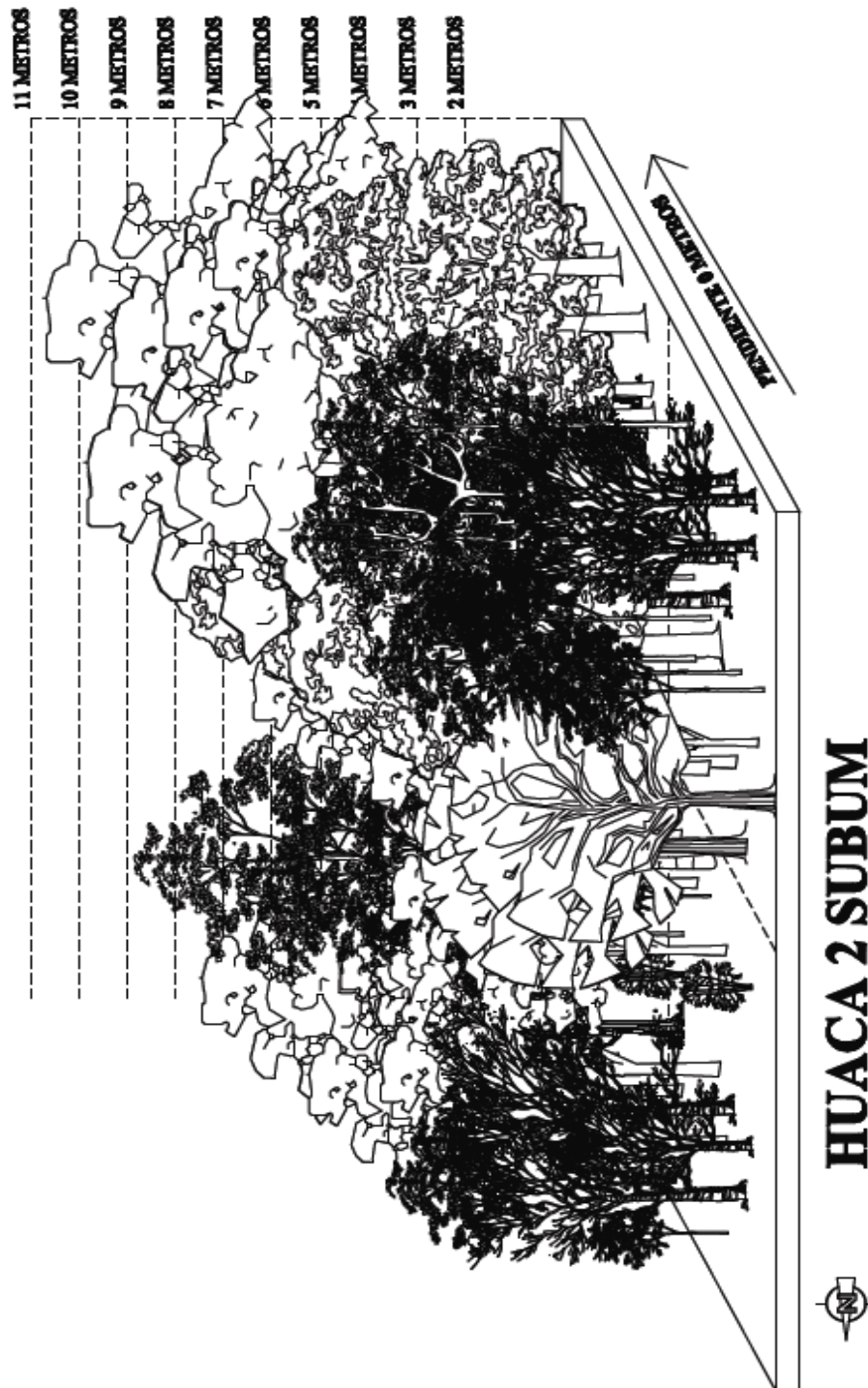


FIGURA 5.26 Vista vertical SUBUNIDAD HUACA 2.  
Esta área del bosque ha sido talada y existe un gran número de árboles en estado de sucesión.

A continuación la abundancia, IVI & IVF y SHANNON y los diagramas de perfil de las SUBUNIDADES sector PONGA:

TABLA 5.6 Abundancia, IVI & IVF y SHANNON SUBUNIDAD sector PONGA.

SECTOR PONGA	Abundancia	IVI	IVF	SHANNON
<b>PONGA 1</b>				
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	1	5,718944032	0,395037278	0,075985456
<i>Agonandra</i> sp.	1	4,957950008	1,683007607	0,075985456
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	9	47,79890144	0,387466077	0,303580236
<i>Cassia fistula</i>	15	98,85745396	25,44866004	0,358613515
<i>Cordia alliodora</i>	2	8,644682653	0,43303936	0,125311405
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	1	7,230362717	108,5282698	0,075985456
<i>Ficus</i> sp.	9	47,97782563	0,541816791	0,303580236
<i>Ilex</i> sp.	2	10,20982893	19,080565	0,125311405
<i>Inga acuminata</i> Benth.	1	6,491639848	1,125212214	0,075985456
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	4	22,88156411	6,274500282	0,197303797
<i>Pouteria</i> sp.	7	39,23084666	36,10242559	0,26994875
<b>11 especies</b>	<b>52</b>	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>1,987591168</b>
<b>PONGA 2</b>				
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	1	5,796312979	4,418815296	0,075985456
<i>Achatocarpus pubescens</i> C. H. Wright	2	10,48710241	6,084874413	0,125311405
<i>Agonandra</i> sp.	2	13,92458291	9,581539982	0,125311405
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	4	24,26954039	17,75281632	0,197303797
<i>Cassia fistula</i>	1	6,623267125	4,478074542	0,075985456
<i>Erithroxylum</i> sp.	1	6,26339776	4,313758507	0,075985456
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	1	6,7487707	4,532846553	0,075985456
<i>Markea</i> sp.	8	48,74406418	32,53355711	0,287969566
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	1	7,141922781	4,866081507	0,075985456
<i>Pouteria</i> sp.	5	35,09960413	24,45376021	0,225173635
<i>Rauvolfia</i> sp.	1	5,200431022	2,894057792	0,075985456
<i>Urera baccifera</i>	2	8,955837463	4,861594273	0,125311405
<i>Vernonia baccharoides</i>	3	17,75106182	11,28419087	0,16457489
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel	20	102,9941043	67,94403263	0,367504402
<b>14 especies</b>	<b>52</b>	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>2,074373242</b>

La SUBUNIDAD PONGA 1 sumó 52 árboles de 11 especies, la especie *Croton rivinifolius* Kunth. con el 28.84% y *Pouteria* sp. con *Cassia fistula* el 17.30% cada una del total de individuos de esta unidad; la especie con mayor valor de importancia (IVI) es la *Cassia fistula* seguida de la *Ficus* sp., la especie con mayor valor forestal (IVF) es la *Croton rivinifolius* Kunth. seguida de la *Pouteria* sp.

Se obtuvo un valor de 1.9875, según Shannon esta subunidad es algo diversa en especies.

Ver gráfica de abundancia en ANEXO 22.

En la SUBUNIDAD PONGA 2 sumó 52 árboles de 14 especies, la especie *Zanthoxylum riedelianum subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel* con el 62.50% del total de individuos de esta unidad; la especie con mayor valor de importancia (IVI) es la especie *Zanthoxylum riedelianum subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel*; la especie con mayor valor forestal (IVF) es la especie *Zanthoxylum riedelianum subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel*.

Se obtuvo un valor de 2.0743, resultando esta subunidad algo diversa en especies según el índice de diversidad de Shannon.

Ver gráfica de abundancia en ANEXO 23.

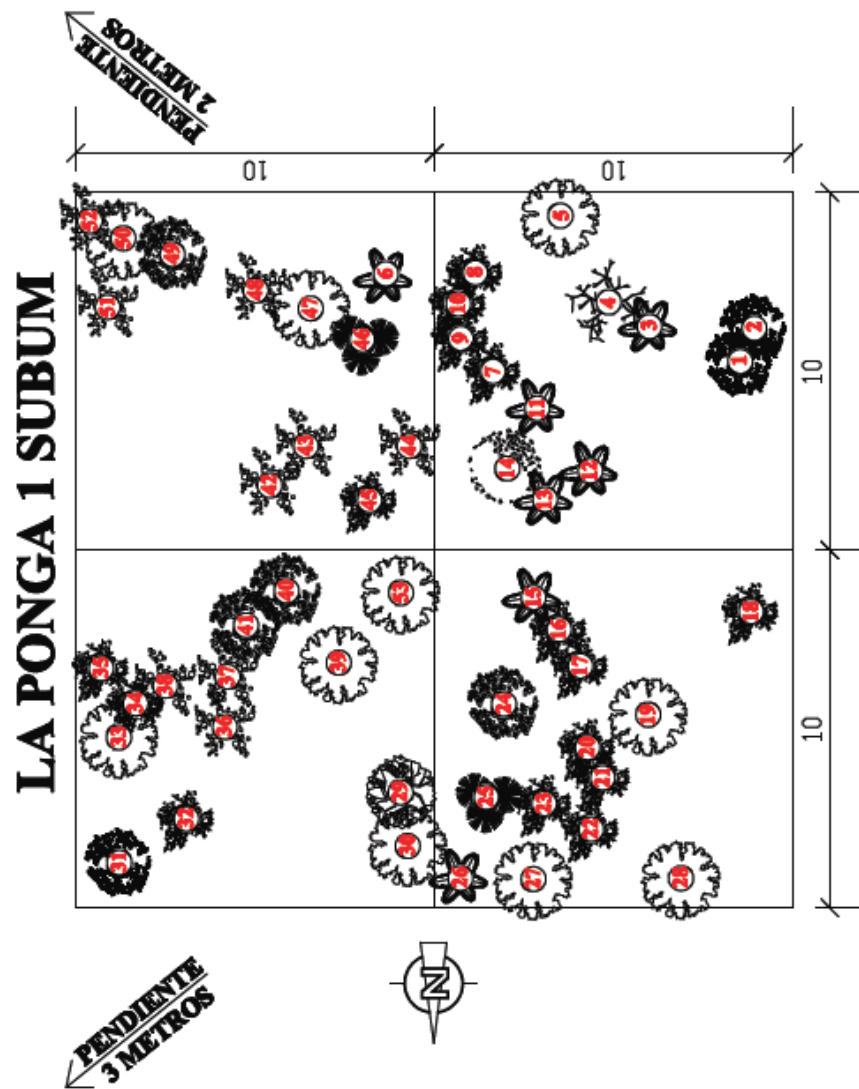


FIGURA 5.27 Vista horizontal SUBUNIDAD PONGA 1.  
Se observó regeneración en este estrato.



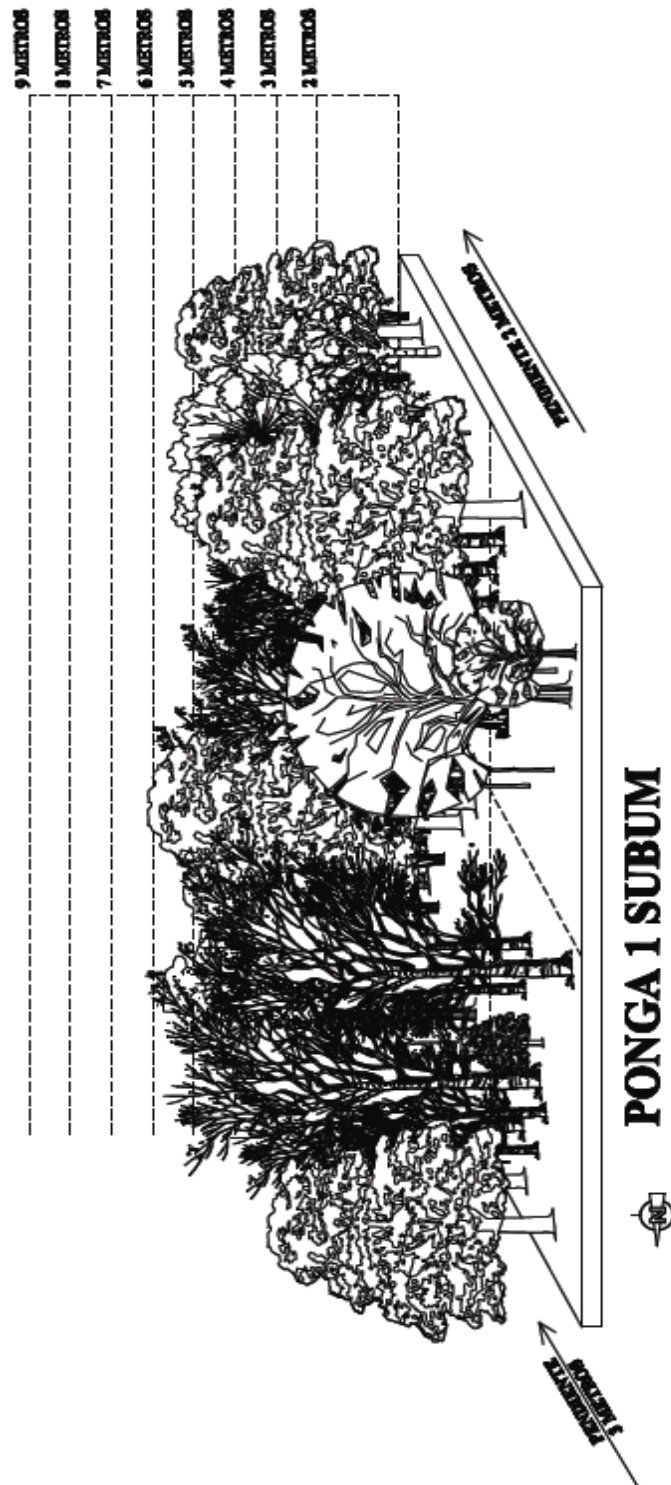


FIGURA 5.28 Vista vertical SUBUNIDAD PONGA 1.  
Se observó árboles en posición horizontal e inclinados.



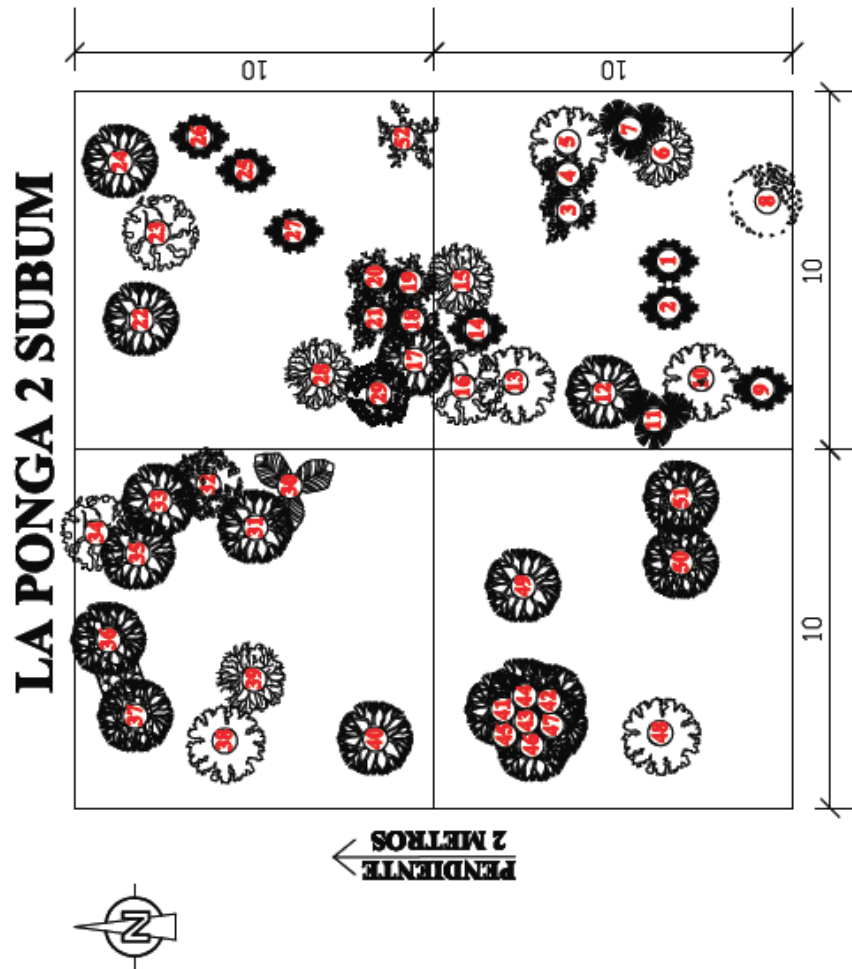


FIGURA 5.29 Vista horizontal SUBUNIDAD PONGA 2.  
Esta área se encuentra en proceso de regeneración natural.

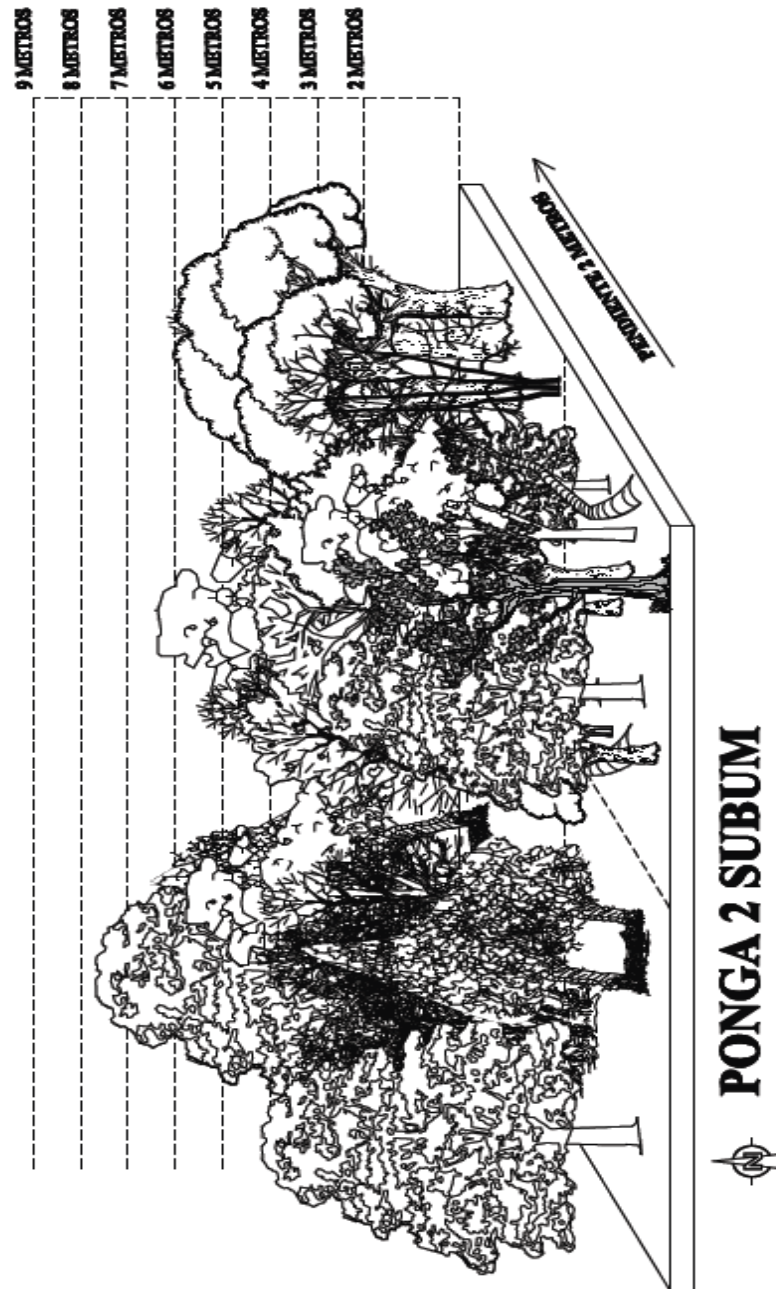


FIGURA 5.30 Vista vertical SUBUNIDAD PONGA 2.  
Área de bosque en recuperación con regeneración natural.

### 5.3. REGENERACIÓN

A continuación la REGENERACION BRAMONA 1:

TABLA 5.7 REGENERACIÓN UNIDAD BRAMONA 1.

BRAMONA 1	UNIDAD	SUBUNIDAD	CUADROS	TOTAL	%
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	0	4	0	4	5%
<i>Arbutus unedo</i> L.	0	5	0	5	6%
<i>Arrabidaea</i> sp.	0	2	0	2	2%
<i>Brosimum alicastrum</i>	0	1	0	1	1%
<i>Cassia fistula</i>	0	2	0	2	2%
<i>Cecropia litoralis</i> Sneh.	1	0	0	1	1%
<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq. subsp. panamense	3	5	1	9	11%
<i>Clarisia racemosa</i>	0	2	0	2	2%
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	0	1	0	1	1%
<i>coffea</i> sp.	0	0	6	6	7%
<i>Cordia alliodora</i>	0	0	1	1	1%
<i>Cordia collococca</i> sandmark.	1	2	0	3	4%
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	1	0	5	6	7%
<i>Ficus insipida</i> Willd.	1	0	0	1	1%
<i>Garcinia madruno</i> (kunth) Hammel	0	1	0	1	1%
<i>Grias peruviana</i> Miers	0	1	0	1	1%
<i>Inga densiflora</i>	0	2	0	2	2%
<i>Ilex</i> sp.	1	0	1	2	2%
<i>Inga acuminata</i> Benth.	2	0	5	7	8%
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	0	1	0	1	1%
<i>Trichilia</i> sp.	1	0	0	1	1%
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	1	2	2	5	6%
<i>Urera baccifera</i>	0	3	0	3	4%
<i>Vernonia baccharoides</i>	10	4	0	14	16%
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel	2	1	1	4	5%
11	24	39	22	85	100%

Se midieron 22 árboles de 10 especies, siendo abundante la *Chrysophyllum argenteum* Jacq. subsp. panamense, esta especie está presente en un 12.5% del estrato superior, 12.82% del estrato medio y 4.54% del estrato inferior, ocupando el 11% del total de árboles muestreados, la especie *Vernonia baccharoides*, con una abundancia del 41.66% en el estrato superior indicaría que no se estaría regenerando naturalmente dentro de los cuadros muestreados.

Ver gráfica de abundancia de los cuadros en ANEXO 24.

A continuación la REGENERACIÓN BRAMONA 2:

TABLA 5.8 REGENERACIÓN DE LA UNIDAD BRAMONA 2.

BRAMONA 2	UNIDAD	SUBUNIDAD	CUADROS	TOTAL	%
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	9	30	3	42	28%
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schlttdl.	0	8	1	9	6%
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	0	0	1	1	1%
<i>Brosimun alicastrum</i>	0	0	1	1	1%
<i>Cassia fistula</i>	0	0	1	1	1%
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	3	0	0	3	2%
<i>Cedrela fillis</i>	1	0	0	1	1%
<i>Cordia alliodora</i>	4	20	3	27	18%
<i>Cordia collococca</i> sandmark.	2	5	0	7	5%
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	0	0	2	2	1%
<i>Cupania</i> sp.	0	0	8	8	5%
<i>Erithroxylum</i> sp	0	1	1	2	1%
<i>Ficus insipida</i> Willd.	1	0	0	1	1%
<i>Inga acuminata</i> Benth.	0	0	1	1	1%
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	0	0	1	1%
<i>Inga densiflora</i>	1	1	1	3	2%
<i>Leucaena Trichodes</i> (jacq.) Benth	1	0	0	1	1%
<i>Matisia grandiflora</i> Little.	0	1	0	1	1%
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	0	1	0	1	1%
<i>Pouteria</i> sp.	0	11	1	12	8%
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	1	0	1	2	1%
<i>Ruagea glabra</i> Triana & Planch	1	0	0	1	1%
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	0	3	5	8	5%
<i>Urera baccifera</i>	2	0	0	2	1%
<i>Vernonia baccharoides</i>	6	3	3	12	8%
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel	0	1	0	1	1%
	33	85	33	151	100%

Se midieron 33 árboles de 15 especies, siendo las más abundante la especie *Acalypha diversifolia* Jacq., con el 28% del total de 151 árboles, se encuentra presente en un 27.27% del estrato superior, 35.29% del estrato medio y 9.09% del estrato inferior, seguida por la *Cordia alliodora*, con 23.52% de presencia en el estrato medio y 9.09% en el estrato inferior igualmente la especie *Vernonia baccharoides*, indicaría que, estas especies presentes dentro de los estratos superior, medio e inferior, esta unidad se está regenerando naturalmente.

Ver gráfica de abundancia dentro de los cuadros en ANEXO 25.

A continuación la REGENERACIÓN HUACA 1:

TABLA 5.9 REGENERACIÓN DE LA UNIDAD HUACA 1.

HUACA 1	UNIDAD	SUBUNIDAD	CUADROS	TOTAL	%
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schlttd.	0	0	1	1	2%
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	2	2	0	4	8%
<i>Cedrela agustifolia</i>	0	0	1	1	2%
<i>Cedrela fililllis</i>	2	0	0	2	4%
<i>Cedrela odorata</i>	1	0	0	1	2%
<i>Cedrela</i> sp.	0	3	0	3	6%
<i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz & Pav.) C. Mart.	1	0	1	2	4%
<i>Cordia alliodora</i>	6	12	6	24	47%
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	0	0	1	1	2%
<i>Grias peruviana</i> Miers	0	0	2	2	4%
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	0	1	0	1	2%
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	0	1	0	1	2%
<i>Muntingia calabura</i>	2	0	0	2	4%
<i>Prosopis juliflora</i>	0	2	0	2	4%
<i>Urera baccifera</i>	0	2	0	2	4%
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	0	1	1	2	4%
<i>Vernonia baccharoides</i>	0	1	1	2	4%
	14	23	14	51	100%

En los 4 cuadros se midieron 14 árboles representantes de 8 especies, siendo la más abundante la *Cordia alliodora*, presente en 42.85% del estrato superior, 52.17% del estrato medio y 42.85% del estrato inferior, con un total del 47% de los 51 árboles muestreados, indicando que es una especie que se regenera abundantemente en esta área del bosque secundario.

Ver gráfica de abundancia en los cuadros en ANEXO 26.

A continuación la REGENERACIÓN HUACA 2:

TABLA 5.10 REGENERACIÓN DE LA UNIDAD HUACA 2.

HUACA 2	UNIDAD	SUBUNIDAD	CUADROS	TOTAL	%
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	0	4	0	4	2%
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	9	27	11	47	28%
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	0	0	1	1%
<i>Cassia fistula</i>	1	2	0	3	2%
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	0	7	0	7	4%
<i>Cordia alliodora</i>	1	0	3	4	2%
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	3	9	26	38	22%
<i>Cupania</i> sp.	1	0	2	3	2%
<i>Galesia Integrifolia</i> (Spreng.) Harms.	1	1	0	2	1%
<i>Grias peruviana</i> Miers	0	1	0	1	1%
<i>Ilex</i> sp.	6	21	5	32	19%
<i>Inga acuminata</i> Benth.	0	2	0	2	1%
<i>Inga edulis</i>	0	0	1	1	1%
<i>Muntingia calabura</i>	0	0	1	1	1%
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	0	1	0	1	1%
<i>Pouteria</i> sp.	1	11	4	16	9%
<i>Prodosia nutans</i>	0	0	1	1	1%
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	0	0	1	1	1%
<i>Trichilia</i> sp.	2	0	0	2	1%
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	0	0	1	1	1%
<i>Vernonia baccharoides</i>	1	0	0	1	1%
	27	86	56	169	100%

Se midieron 56 árboles en los 4 cuadros identificándose 11 especies, siendo la más abundante la *Bougainvillea peruviana* Bonpl., presente en el 33.33% del estrato superior, 31.33% del estrato medio y 19.64% del estrato inferior, presente en el 28% del total de 169 árboles muestreados, es de destacar que la especie *Croton rivinifolius* Kunth, le sigue en un 22% presentando un significativo 46.42% en el estrato inferior pese a solo tener un 10.46% del estrato medio y un 11.11% en el estrato superior, ambas especies suman el 50% del total de árboles dentro del área muestreada.

Ver gráfica de abundancia en los cuadros en ANEXO 27.

A continuación la REGENERACION PONGA 1:

TABLA 5.11 REGENERACION DE LA UNIDAD PONGA 1.

PONGA 1	UNIDAD	SUBUNIDAD	CUADROS	TOTAL	%
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	5	1	0	6	4%
<i>Agonandra</i> sp.	1	2	0	3	2%
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	0	1	1	2	1%
<i>Cassia fistula</i>	1	9	0	10	7%
<i>Cordia alliodora</i>	2	1	4	7	5%
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	9	15	6	30	21%
<i>Cynophalla</i> sp.	1	0	0	1	1%
<i>Erithroxylum</i> sp	0	0	1	1	1%
<i>Ficus</i> sp.	0	1	1	2	1%
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	4	0	0	4	3%
<i>Ilex</i> sp.	1	7	11	19	13%
<i>Inga</i> sp.	0	0	1	1	1%
<i>Inga acuminata</i> Benth.	0	2	0	2	1%
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	0	0	1	1%
<i>Machaerium Millei</i> Standl.	2	0	6	8	6%
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	0	4	2	6	4%
<i>Pleurothyrium trianae</i> (Mez) Rohwer	1	0	0	1	1%
<i>Pouteria</i> sp.	9	9	14	32	23%
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	3	0	3	6	4%
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel	1	0	0	1	1%
	40	52	50	142	100%

Dentro de los 4 cuadros se midieron 50 árboles de 11 especies, siendo la más abundante la *Pouteria sp.*, presente en el 22.5% del estrato superior y 17.30% del estrato medio y 28% del estrato inferior, esto indicaría de que existe una buena regeneración natural dentro de esta área muestreada ya que está presente en el 23% de los 142 árboles muestreados, seguida de la especie *Croton rivinifolius Kunth.*, comparten el 44% del total de árboles muestreados, destaca la presencia de la especie *Ilex sp.* con el 22% en el estrato inferior, 13.46% del estrato medio y 2.5% en el estrato superior, indicando que el bosque en este sector estaría en proceso de cambio.

Ver gráfica de abundancia de los cuadros en ANEXO 28.

A continuación la REGENERACIÓN PONGA 2:

TABLA 5.12 REGENERACIÓN DE LA UNIDAD PONGA 2.

PONGA 2	UNIDAD	SUBUNIDAD	CUADROS	TOTAL	%
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	0	1	0	1	1%
<i>Achatocarpus pubescens</i> C. H. Wright	0	2	5	7	8%
<i>Agonandra</i> sp.	0	2	0	2	2%
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	2	4	9	15	16%
<i>Cassia fistula</i>	0	1	0	1	1%
<i>Cordia alliodora</i>	0	0	2	2	2%
<i>Cordia collococca</i> sandmark.	1	0	0	1	1%
<i>Cythrarexylum</i> sp.	1	0	0	1	1%
<i>Erithroxylum</i> sp.	1	1	1	3	3%
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	5	1	0	6	7%
<i>Markea</i> sp.	1	8	0	9	10%
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	2	1	0	3	3%
<i>Pouteria</i> sp.	1	5	4	10	11%
<i>Rauvolfia</i> sp.	0	1	1	2	2%
<i>Triplaris guayaquilensis</i>	2	0	0	2	2%
<i>Urea baccifera</i>	0	2	0	2	2%
<i>Vernonia baccharoides</i>	0	3	0	3	3%
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel	0	20	1	21	23%
<i>Zizyphus thysiflora</i>	1	0	0	1	1%
	17	52	23	92	100%

Se midieron 23 árboles de 7 especies, siendo la más abundante la *Bougainvillea peruviana* Bonpl., presente en el 11.76% del estrato superior, 7.69% del estrato medio y 39.13% del estrato inferior, la especie *Pouteria* sp. con el 17.39% de presencia en el estrato inferior pero en el 5.88% del estrato superior, la especie *Zanthoxylum riedelianum* subsp. *kellermanii* (P. Wilson) Reynel, presente en el 22.82% de los 92 árboles muestreados con el 98.94% presente dentro del estrato medio indicaría que es un área muy intervenida y cambiaría por la regeneración natural si el estrato superior fuera eliminado.

Ver gráfica de abundancia de los cuadros en ANEXO 29.



## 5.4. JACCARD

Realizados los cálculos entre unidades más subunidades del mismo sector y la sumatoria de las unidades más subunidades comparadas entre sectores y diferentes sectores se observó lo siguiente (en ANEXOS 30 AL 35 se presentan las tablas con los cálculos de similitud de las unidades establecidas):

Tabla 5.13 RESULTADOS ÍNDICE JACCARD ENTRE UNIDADES Y SECTORES.

<b>ANALISIS SECTORES</b>	<b>%</b>
JACCARD BRAMONA 1 -2	42%
JACCARD HUACA 1 - 2	15%
JACCARD PONGA 1 - 2	41%
JACCARD BRAMONA-HUACA	46%
JACCARD BRAMONA-PONGA	37%
JACCARD HUACA-PONGA	33%

Las UNIDADES Bramonas (1 y 2) con 235 individuos, presentaron una similitud del 42%.

Las UNIDADES Huacas (1 y 2) con 222 individuos, presentaron una similitud del 15%.

Las unidades Pongas (1 y 2) con 236 individuos, presentaron una similitud del 41%.

Las especies del sector Bramonas son las más similares ya que están dentro de un área de difícil acceso y constante humedad, lo contrario del sector la Huaca con topografía más regular y una menor humedad ambiental presentaron una menor similitud.

Destacamos una similitud del 46% entre sectores Bramona y Huaca, que son más cercanas.

El valor más bajo en similitud del 33% está entre los sectores Huaca y Ponga, estos debido a que presentan un mayor grado de intervención.

Luego realizamos el análisis dentro de cada unidad comparando la UNIDAD con las 4 SUBUNIDADES, la UNIDAD con la REGENERACIÓN y las 4 SUBUNIDADES con la REGENERACIÓN, los datos obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 5.14 RESULTADOS ÍNDICE JACCARD ENTRE UNIDAD, SUBUNIDADES Y REGENERACIÓN DE LA UNIDAD BRAMONA 1.

<b>ANALISIS JACCARD BRAMONA 1</b>	<b>%</b>
JACCARD UNIDAD - SUBUNIDAD	22%
JACCARD UNIDAD - REGENERACION	46%
JACCARD SUBUNIDAD - REGENERACION	14%

Los datos obtenidos indicaron que existe una alta presencia de especies del estrato superior en el inferior, siendo baja en similitud el estrato medio con el estrato inferior, en esta área la sucesión favorece al bosque primario pese a la intervención. Ver tablas en ANEXO 36.

Tabla 5.15 RESULTADOS ÍNDICE JACCARD ENTRE UNIDAD, SUBUNIDADES Y REGENERACIÓN DE LA UNIDAD BRAMONA 2.

<b>ANALISIS JACCARD BRAMONA 2</b>	<b>%</b>
JACCARD UNIDAD - SUBUNIDAD	25%
JACCARD UNIDAD - REGENERACION	33%
JACCARD SUBUNIDAD - REGENERACION	42%

En esta UNIDAD los resultados indicaron que entre el estrato medio y el estrato inferior las especies son más similares que entre el estrato superior e inferior, en esta área de bosque la sucesión estaría perdiendo su relación con los árboles originarios, mostrando una alta intervención con pérdida de bosque primario. Ver tablas en ANEXO 37.

Tabla 5.16 RESULTADOS ÍNDICE JACCARD ENTRE UNIDAD, SUBUNIDADES Y REGENERACIÓN DE LA UNIDAD HUACA 1.

<b>ANALISIS JACCARD HUACA 1</b>	<b>%</b>
JACCARD UNIDAD - SUBUNIDAD	15%
JACCARD UNIDAD - REGENERACION	17%
JACCARD SUBUNIDAD - REGENERACION	21%

En esta área el estrato inferior es similar al estrato medio y entre el estrato medio y superior la similitud es baja, indicando que esta zona ha sido fuertemente intervenida, la sucesión de los árboles del estrato medio y el bosque cambiaría en este sector de ser talado el estrato superior. Ver tablas en ANEXO 38.

Tabla 5.17 RESULTADOS ÍNDICE JACCARD ENTRE UNIDAD, SUBUNIDADES Y REGENERACIÓN DE LA UNIDAD HUACA 2.

<b>ANALISIS JACCARD HUACA 2</b>	<b>%</b>
JACCARD UNIDAD - SUBUNIDAD	38%
JACCARD UNIDAD - REGENERACION	38%
JACCARD SUBUNIDAD - REGENERACION	16%

En este sector la similitud entre el estrato superior con el estrato medio como entre el estrato superior con el inferior se igualan, mientras que el estrato medio con el inferior la similitud de los es baja. Esto nos indicaría que pese a la intervención esta área se estaría regenerando con especies del bosque primario. Ver tablas en ANEXO 39.

Tabla 5.18 RESULTADOS ÍNDICE JACCARD ENTRE UNIDAD, SUBUNIDADES Y REGENERACIÓN DE LA UNIDAD PONGA 1.

<b>ANALISIS JACCARD PONGA 1</b>	<b>%</b>
JACCARD UNIDAD - SUBUNIDAD	39%
JACCARD UNIDAD - REGENERACION	32%
JACCARD SUBUNIDAD - REGENERACION	38%

Esta área es la menos intervenida del sector, presentó una similitud entre todos los estratos indicando que la sucesión esta entre las especies encontradas en el estrato superior están en el estrato medio. Ver tablas en ANEXO 40.

Tabla 5.19 RESULTADOS ÍNDICE JACCARD ENTRE UNIDAD, SUBUNIDADES Y REGENERACIÓN DE LA UNIDAD PONGA 2.

<b>ANALISIS JACCARD PONGA 2</b>	<b>%</b>
JACCARD UNIDAD - SUBUNIDAD	33%
JACCARD UNIDAD - REGENERACION	13%
JACCARD SUBUNIDAD - REGENERACION	40%

Esta UNIDAD es una zona intervenida, con una alta similitud ente el estrato medio con el inferior mientras entre el estrato superior y el inferior la similitud es baja, indicando que el bosque secundario está en estado de sucesión con pérdida de bosque primario. Ver tablas en ANEXO 41.

## 5.5. ANÁLISIS SATELITAL

La imagen NDVI de 1990 al 21 de febrero fue obtenida de los archivos del satélite LANDSAT 5, mostró que 1.70 % de la cuenca hidrográfica carecía de cobertura vegetal.

La imagen del 2000 es una de las primeras escenas tomadas por los sensores del satélite LANDSAT 7, corresponde al 23 de noviembre, se observa un aumento del 64.03% de área sin cobertura vegetal que coincide con el área correspondiente a la cuenca baja también se observan manchones a lo largo del curso del río principal correspondiente a cultivos, también indicaría que esa temporada fue baja en precipitación vertical y horizontal y que la cobertura vegetal del bosque intervenido de la cuenca no recuperó su follaje.

En el 2002 la escena captada por el satélite LANDSAT 7 corresponde al 13 de enero, con algo de nubosidad como se puede observar claramente en la composición 4-3-2, según reportes de la estación meteorológica del CENAIM entre el 2001 y el 2002 sumaron 1000 mm. de pluviosidad vertical, incidiendo

la recuperación del 12.90% de la cobertura vegetal ya que el área sin la misma disminuyó al 52.83% de la cuenca, recuperando su cobertura.

La escena del 2003 fue tomada el 8 de mayo por el satélite LANDSAT 7, con algo de nubosidad en la parte sur de la cuenca, al final de la temporada de lluvia vertical muestra un área cubierta con cobertura del 96.36% de la cuenca.

La escena del 2007 fue la primera escena con pérdida de áreas por bandeamiento del satélite LANDSAT 7 del 10.25%, esto equivaldría a 1686.39 hectáreas de la cuenca, tomada el 28 de febrero del 2007 muestra algo de neblina en la parte alta en la composición 4-3-2 que no alteró el resultado como se puede observar en la imagen, con un 39.82% de la cuenca sin cobertura vegetal.

Para el 2008 la escena captada por el satélite LANDSAT 7 con una pérdida por bandeamiento del 9.85% equivalente a 1531.21 hectáreas de la cuenca tomada el 29 de noviembre al final de la época de garúa o precipitación horizontal que es característico en la zona observamos que el 86.83% de la cuenca consta con cobertura vegetal, es de incluir que en este año la

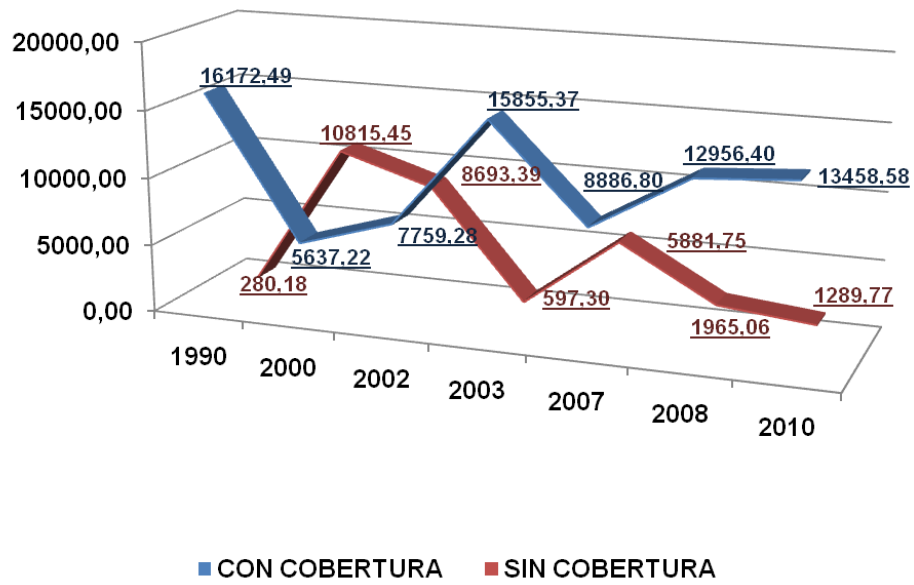
estación meteorológica del CENAIM localizada en San Pedro reportó una precipitación vertical cercana a los 500 mm. indicando que la sumatoria de aportes tanto vertical como horizontal colaboraron en la recuperación natural de la cobertura vegetal.

Finalmente la escena del satélite LANDSAT 7 del 2010 obtenida el 2 de octubre con pérdida del 10.35% por bandeamiento, mostró que el 91.25% de la cuenca con cobertura vegetal, acercándose a los datos obtenidos hace 20 años, en 1990.

TABLA 5.20 RESULTADO DEL ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL ÍNDICE NORMALIZADO DE VEGETACIÓN.

<b>RESULTADO NDVI</b>			
<b>AÑO</b>	<b>HECTÁREAS CON COBERTURA</b>	<b>HECTÁREAS SIN COBERTURA</b>	<b>TOTAL HECTÁREAS</b>
<b>1990</b>	16172,49	280,18	<b>16.452,67</b>
<b>2000</b>	5637,22	10815,45	<b>16.452,67</b>
<b>2002</b>	7759,28	8693,39	<b>16.452,67</b>
<b>2003</b>	15855,37	597,30	<b>16.452,67</b>
<b>2007</b>	8886,80	5881,75	<b>14.768,54</b>
<b>2008</b>	12956,40	1965,06	<b>14.921,46</b>
<b>2010</b>	13458,58	1289,77	<b>14.748,35</b>





GRAFICA 5.1 Comportamiento de la cobertura según el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI).

Con la imagen de 1990 de buena calidad y baja nubosidad se generó información de base, esta muestra que el 56.9% de la cobertura de la cuenca tenía cobertura vegetal lo que equivale a 9362.08 hectáreas, de ellas 280.18 hectáreas no presentó cobertura alguna. Es de resaltar como lo muestra la imagen de la composición 4-3-2 de la escena presencia de vegetación tanto en el flanco oriental como el noroccidental y suroccidental a la cuenca.

En la imagen del 2000, muestra que el área boscosa corresponde al 26.40% del total de la cuenca, indicando una pérdida del 30.49% de la misma en 10 años, producto de la intervención e incremento de la frontera agrícola.

En el 2002 se obtuvieron datos interesantes, el área boscosa se recuperaría en un 13.29%, alcanzando el 39.69% del área total de la cuenca, pero también que el área de pastizales y cultivos tuvo un aumento del 1.94%, correspondiente a 319 hectáreas de incremento de la frontera agrícola.

El 2003 con poca variación en relación a los datos del 2002, el área de bosque se situó en el 49% pero el área de cultivos se incrementó

a un 17.39% de la cuenca esto indica el crecimiento de la frontera agrícola.

Para el 2007 hubo un descenso del porcentaje de bosque poco perturbado del 17.66% distorsión dada a la presencia de neblina en esa parte de la cuenca, al ser datos obtenidos de un proceso de clasificación no supervisado estas alteraciones en la calidad de la escena así como la pérdida de parte de ella por bandeamiento originaría estos resultados, pero en otras áreas clasificadas muestra una relación con los datos obtenidos anteriormente, se observó un decrecimiento de las áreas de cultivos.

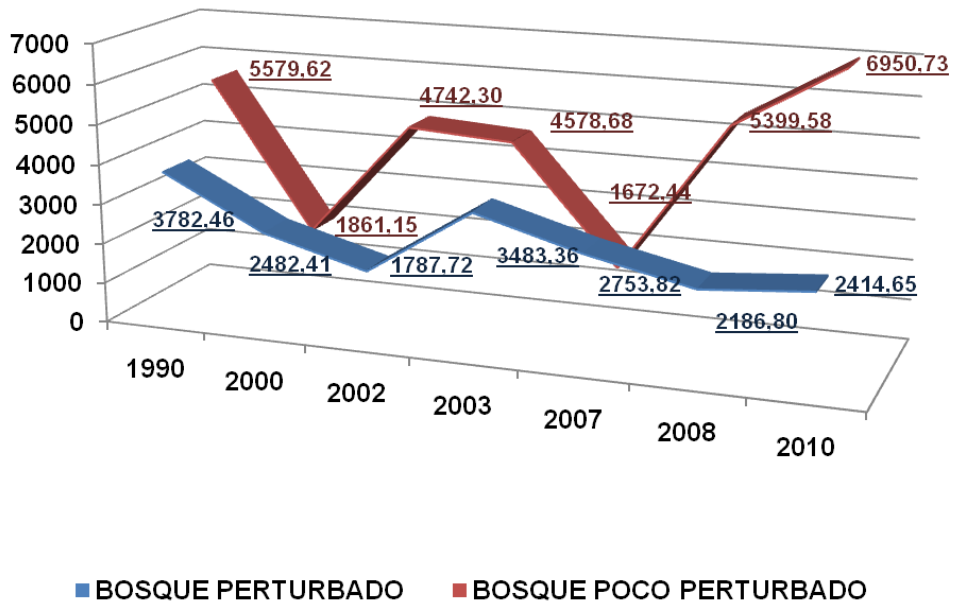
En el 2008 el área de bosque va en recuperación, alcanzando el 46.11% de la cuenca, notándose un restablecimiento de la cobertura dentro del bosque poco perturbado a niveles que datan 18 años antes, cercanos a los 33.91% de la cuenca lo que indicó de que la regeneración secundaria natural incrementó su cobertura ya que la zona perturbada decreció en referencia al año anterior. También se observó un incremento en el área de pastizales dentro de la cuenca.

El 2010, el 56.93% de la cuenca corresponde al área de bosques del cual el 74.21% está compuesto por bosque poco perturbado, producto de la recuperación de los árboles por regeneración natural, recalcando de que la pérdida de bandeamiento afecta por igual a toda la cuenca.

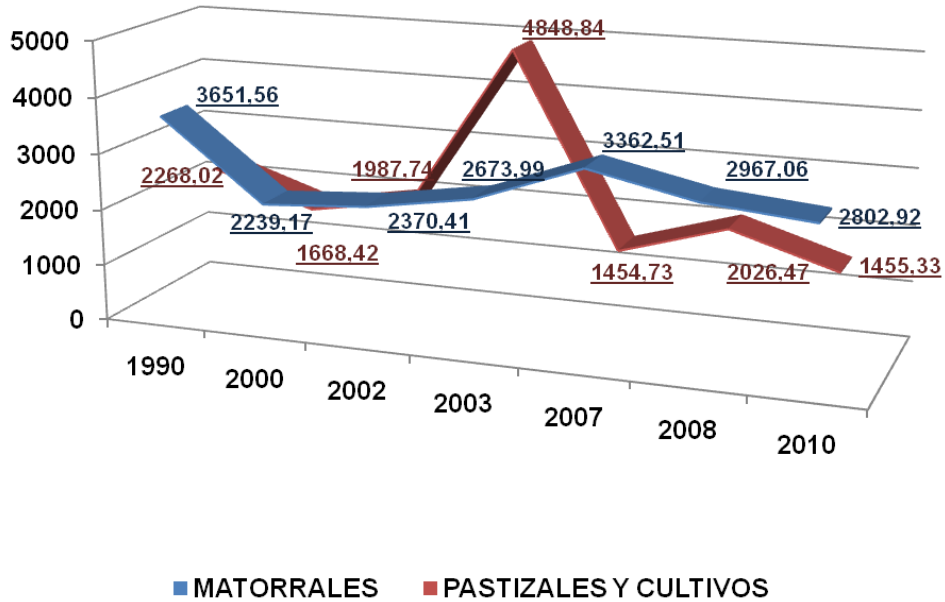
De acuerdo los resultados obtenidos del análisis multitemporal de las imágenes satelitales realizado se demuestra que esta cuenca hidrográfica en particular está siendo selectivamente talada porque se talan especies de interés comercial y cíclicamente ya que se espera que las especies que se recuperan mediante regeneración natural alcancen su valor comercial para ser taladas.

TABLA 5.21 RESULTADO DEL ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE  
LA COBERTURA VEGETAL.

<b>COBERTURA VEGETAL DE LA CUENCA HIDROGRAFICA CALIFORNIA-VALDIVIA</b>							
<b>CLASIFICACION NO SUPERVISADA</b>							
<b>CLASIFICACION</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2010</b>
ARENA	43,34	0,12	2,68	11,14	56,08	22,31	49,78
PLAYA	70,52	131,3	87,42	103,13	81,55	15,58	92,46
SUELO DESCUBIERTO	81,1	3694,55	1105,76	108,74	149,05	102,58	59,75
INTERVENCION	976,06	4375,55	4368,64	644,79	5236,83	2112,14	919,28
MATORRALES	3651,56	2239,17	2370,41	2673,99	3362,51	2967,06	2802,92
PASTIZALES Y CULTIVOS	2268,02	1668,42	1987,74	4848,84	1454,73	2026,47	1455,33
BOSQUE PERTURBADO	3782,46	2482,41	1787,72	3483,36	2753,82	2186,80	2414,65
BOSQUE POCO PERTURBADO	5579,62	1861,15	4742,30	4578,68	1672,44	5399,58	6950,73
<b>TOTAL HECTAREAS</b>	<b>16452,7</b>	<b>16452,7</b>	<b>16452,67</b>	<b>16452,67</b>	<b>14767,01</b>	<b>14832,50</b>	<b>14744,90</b>

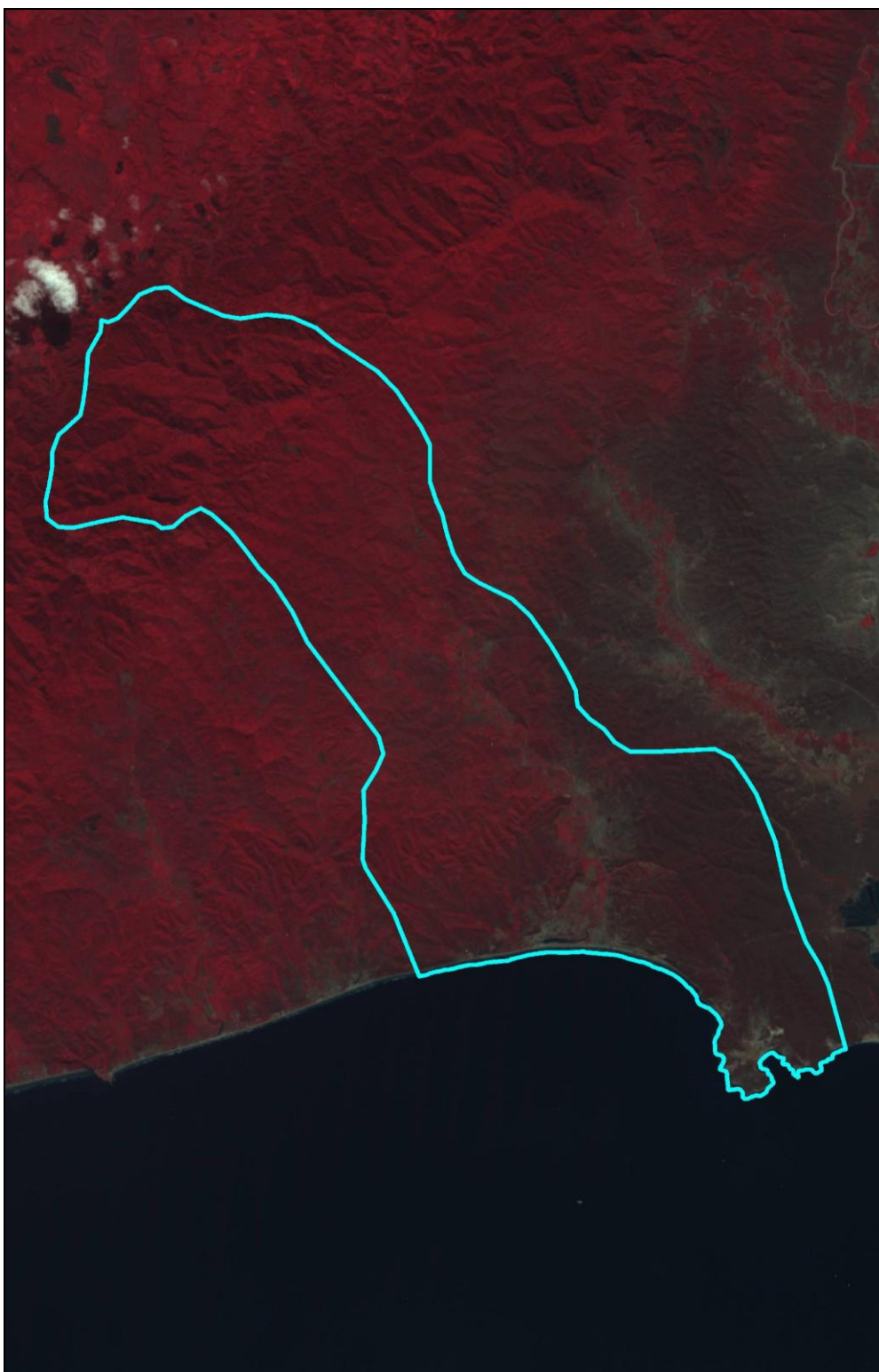


GRAFICA 5.2 Análisis multitemporal del bosque de la cuenca del río California – Valdivia.

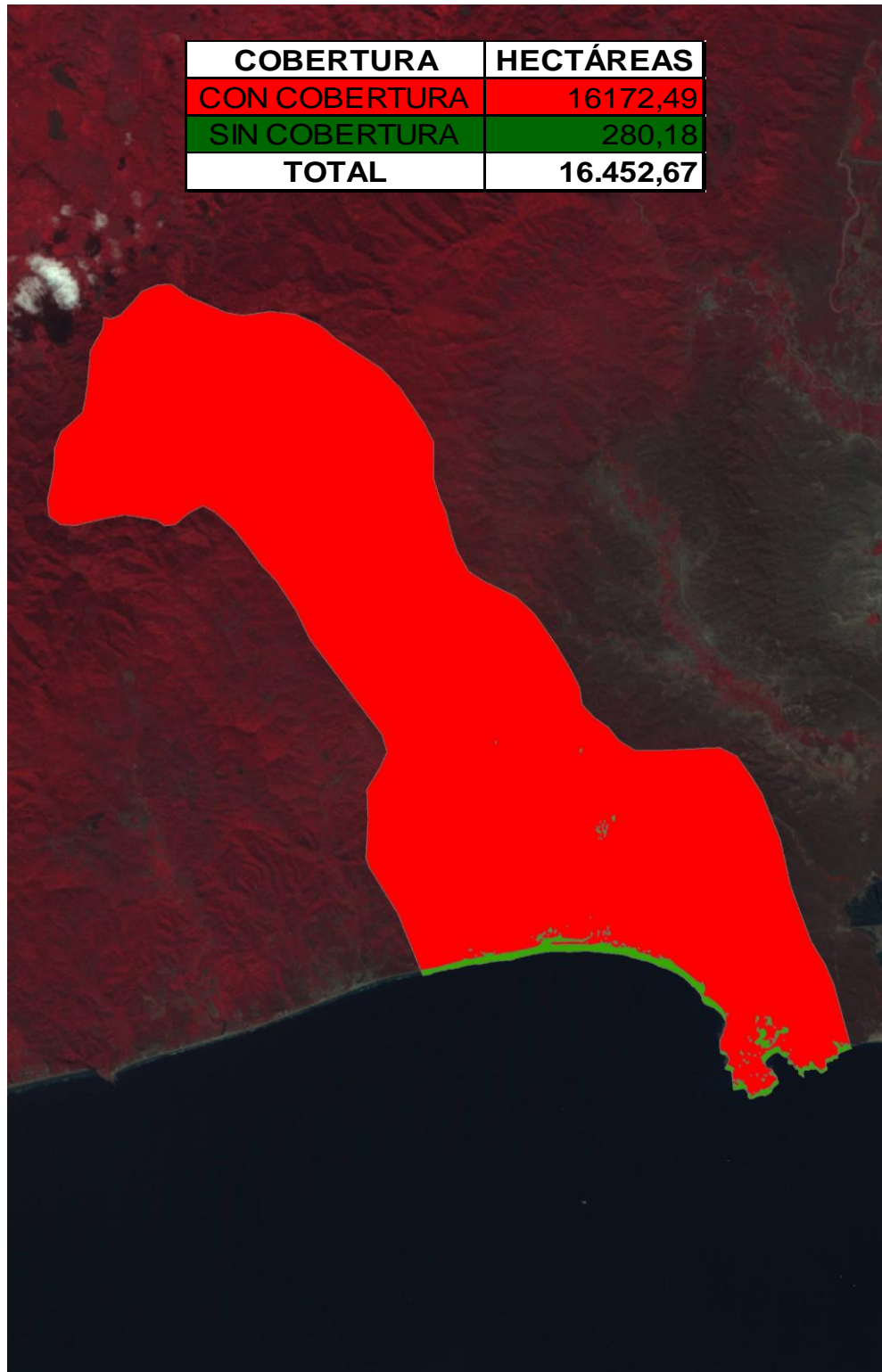


Grafica 5.3 Análisis multitemporal de los matorrales, pastizales y cultivos de la cuenca del río California – Valdivia.

## 5.5.1. 1990

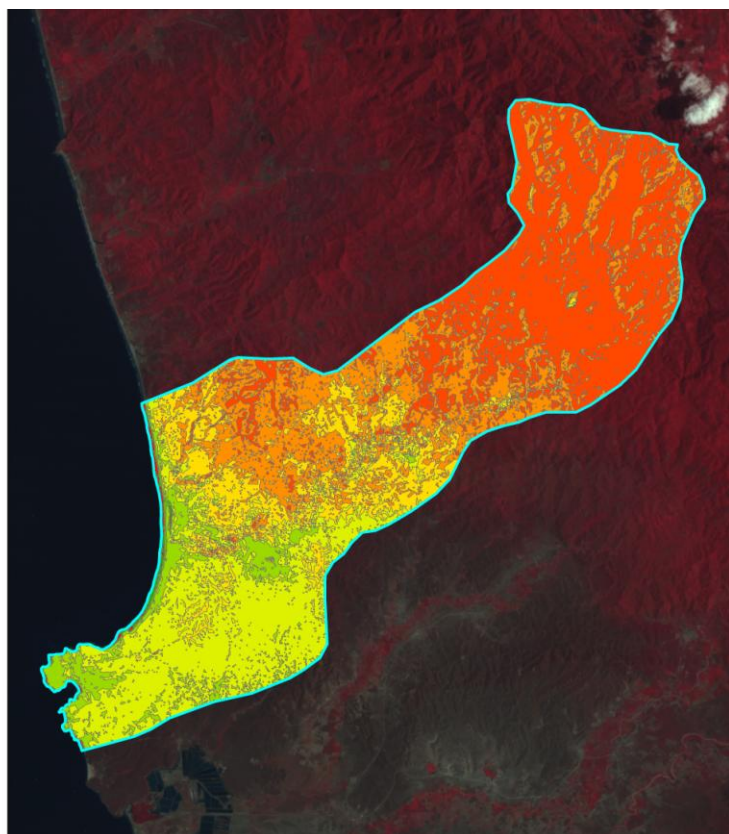


MAPA 5.1 COMPOSICIÓN 4-3-2 IMAGEN LANSAT 5 de 1990.



MAPA 5.2 ÁREAS DE COBERTURA NDVI DE 1990.





MAPA 5.3 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DE 1990.

TABLA 5.22 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DE 1990.

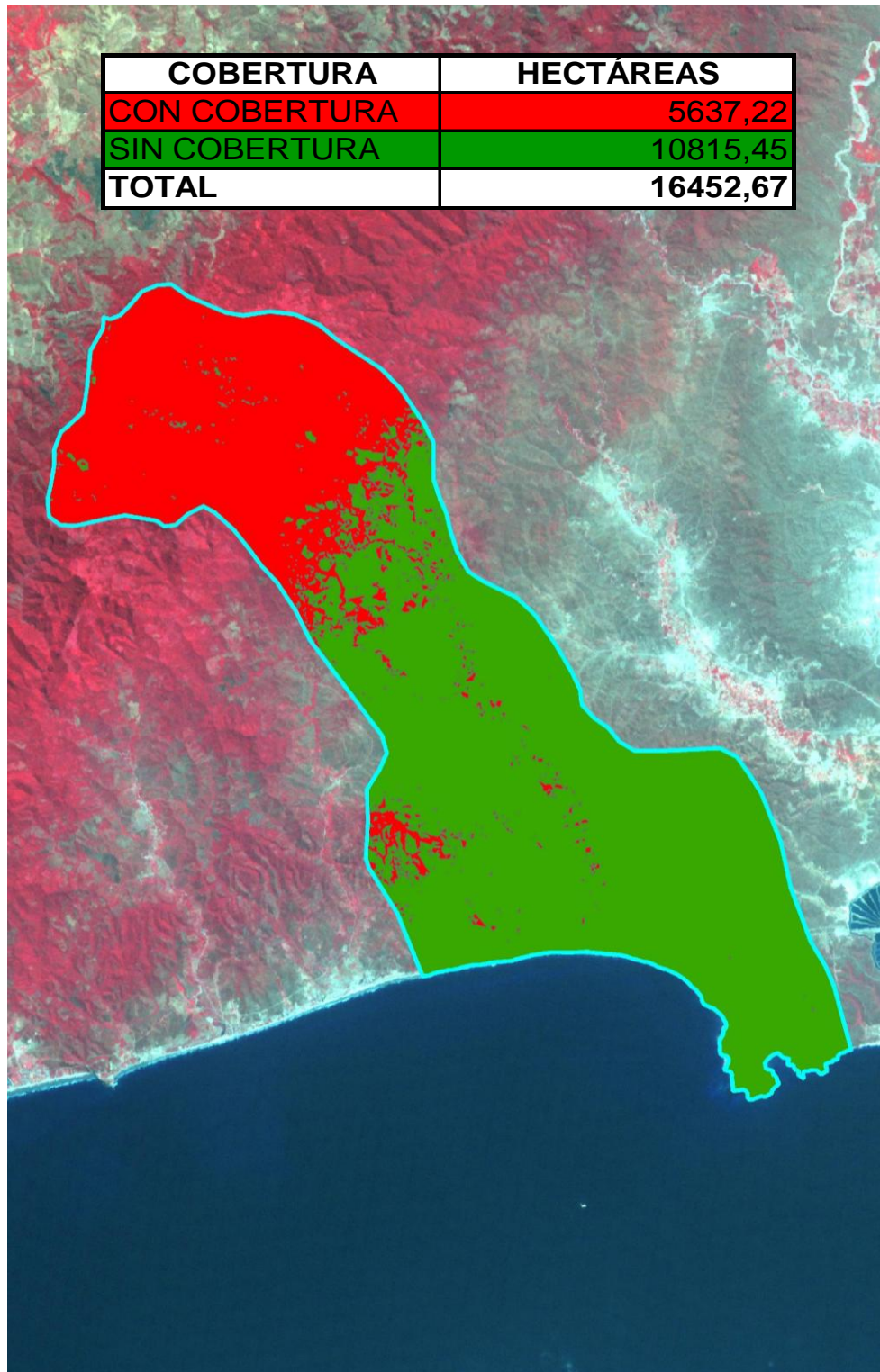
COBERTURA	HECTÁREAS	%
ARENA	43,34	0,26%
PLAYA	70,52	0,43%
SUELO DESCUBIERTO	81,10	0,49%
INTERVENCIÓN	976,06	5,93%
MATORRALES	3651,56	22,19%
PASTIZALES Y CULTIVOS	2268,02	13,79%
BOSQUE PERTURBADO	3782,46	22,99%
BOSQUE POCO PERTURBADO	5579,62	33,91%
<b>TOTAL</b>	<b>16452,67</b>	<b>100%</b>

## 5.5.2. 2000

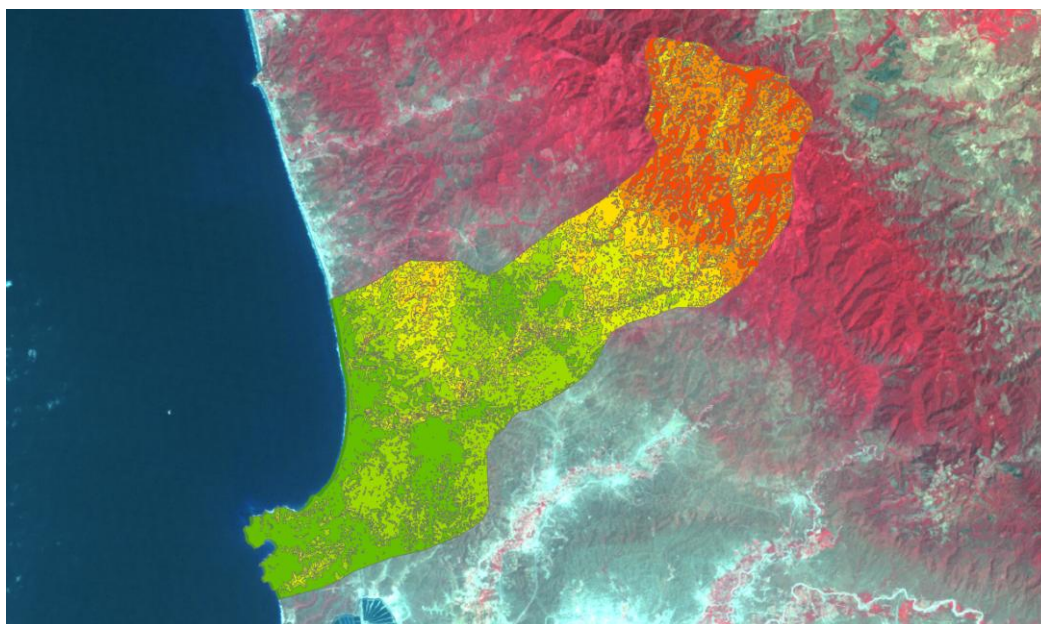


MAPA 5.4 COMPOSICIÓN 4-3-2 IMAGEN LANDSAT 7 del 2000.





MAPA 5.5 ÁREAS DE COBERTURAS NDVI DEL 2000.

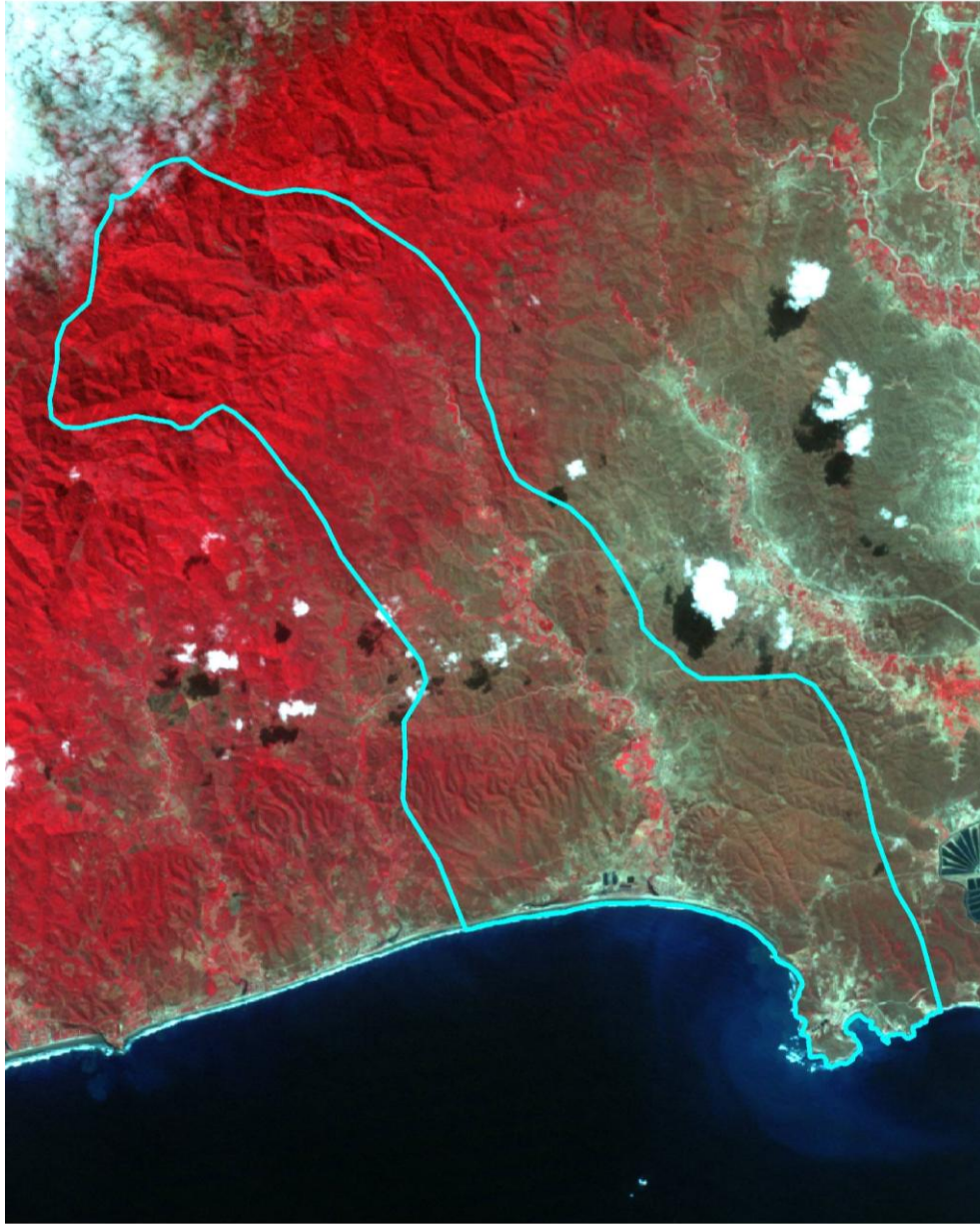


MAPA 5.6 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DEL 2000.

TABLA 5.23 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DEL 2000.

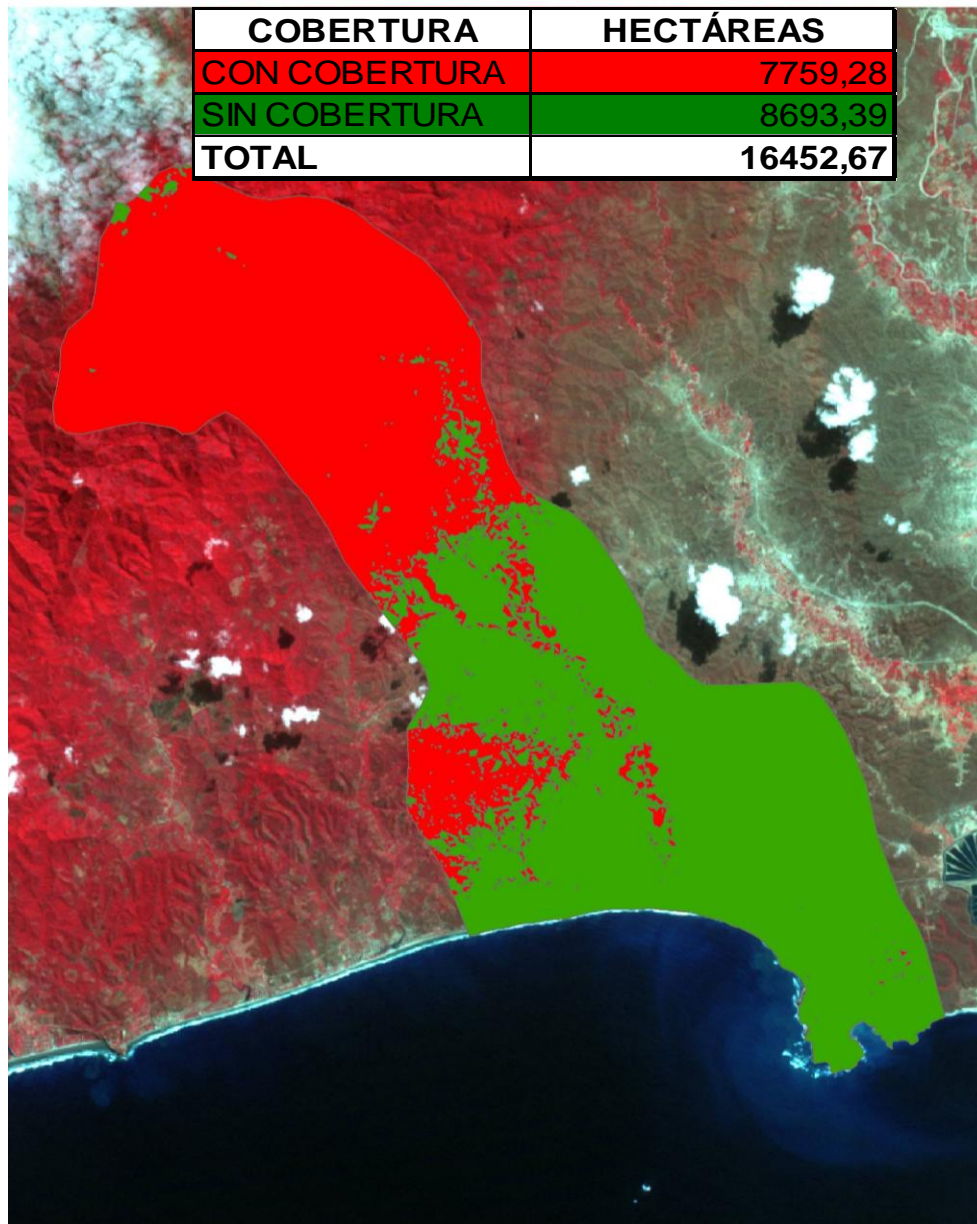
COBERTURA	HECTÁREAS	%
ARENA	0,12	0,00%
PLAYA	131,30	0,80%
SUELO DESCUBIERTO	3694,55	22,46%
INTERVENCIÓN	4375,55	26,59%
MATORRALES	2239,17	13,61%
PASTIZALES Y CULTIVOS	1668,42	10,14%
BOSQUE PERTURBADO	2482,41	15,09%
BOSQUE POCO PERTURBADO	1861,15	11,31%
<b>TOTAL</b>	<b>16452,67</b>	<b>100%</b>

## 5.5.3. 2002

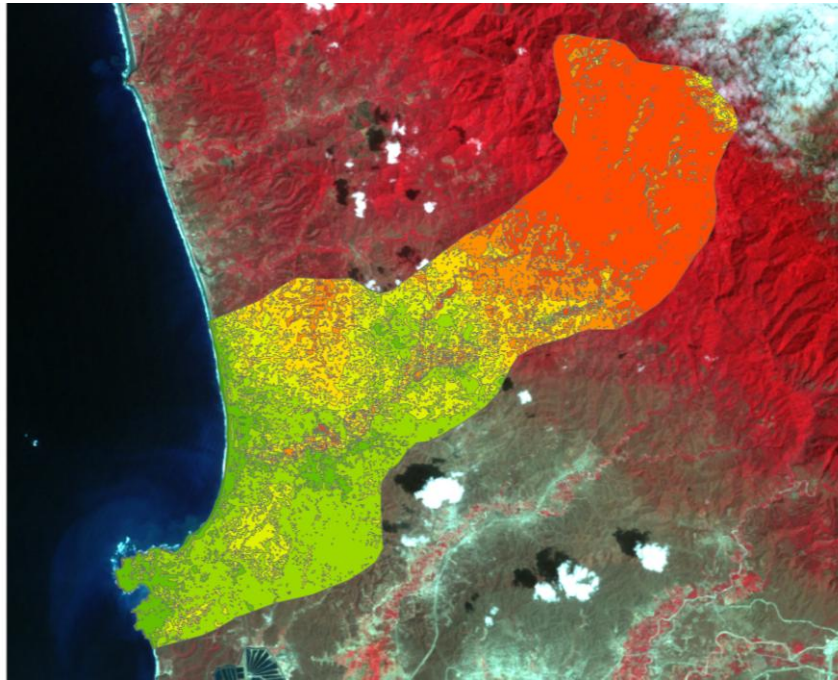


MAPA 5.7 COMPOSICIÓN 4-3-2 IMAGEN LANDSAT 7 DEL 2002.





MAPA 5.8 ÁREAS DE COBERTURAS NDVI DEL 2002.

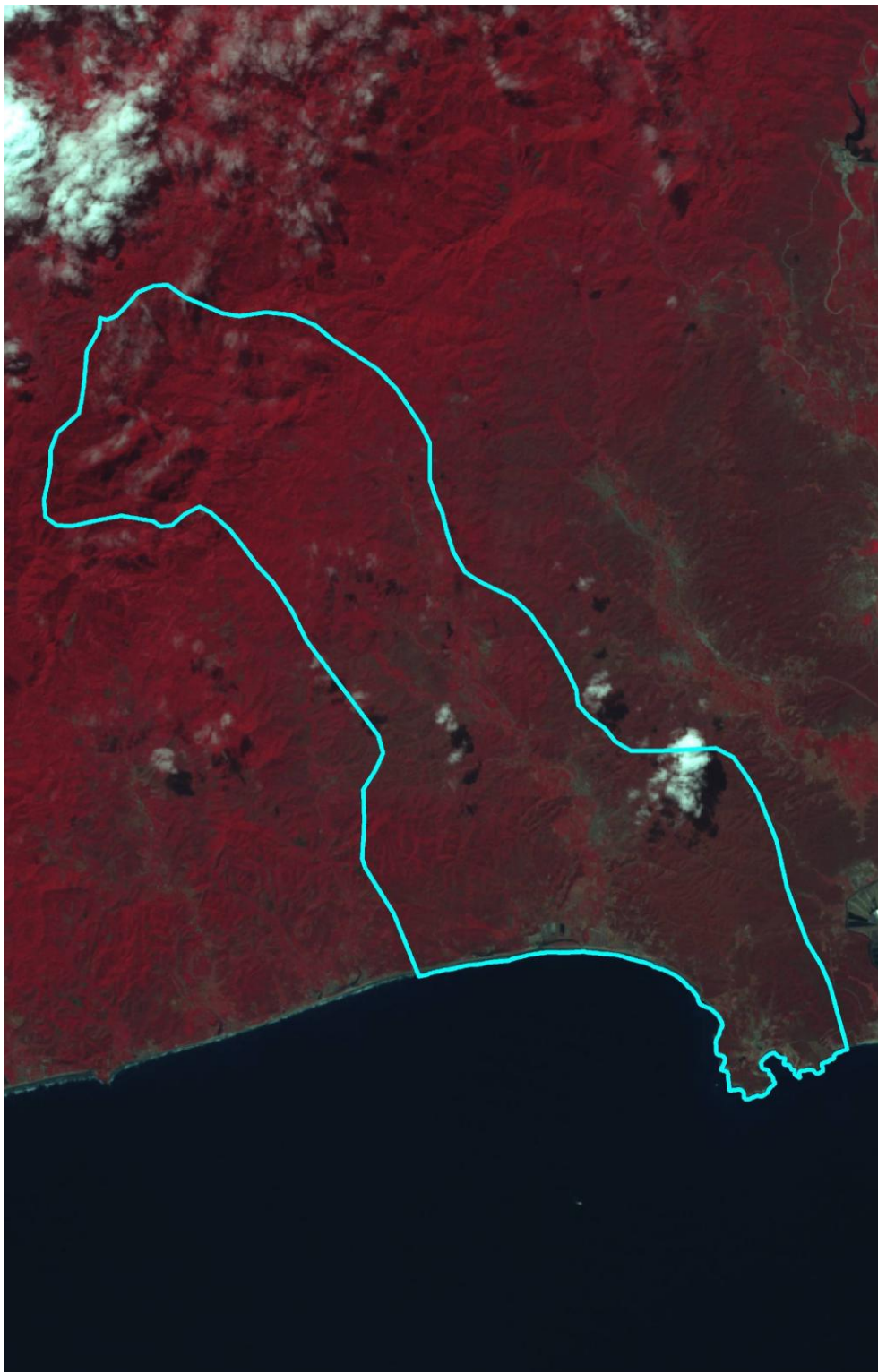


MAPA 5.9 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DEL 2002.

TABLA 5.24 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DEL 2002.

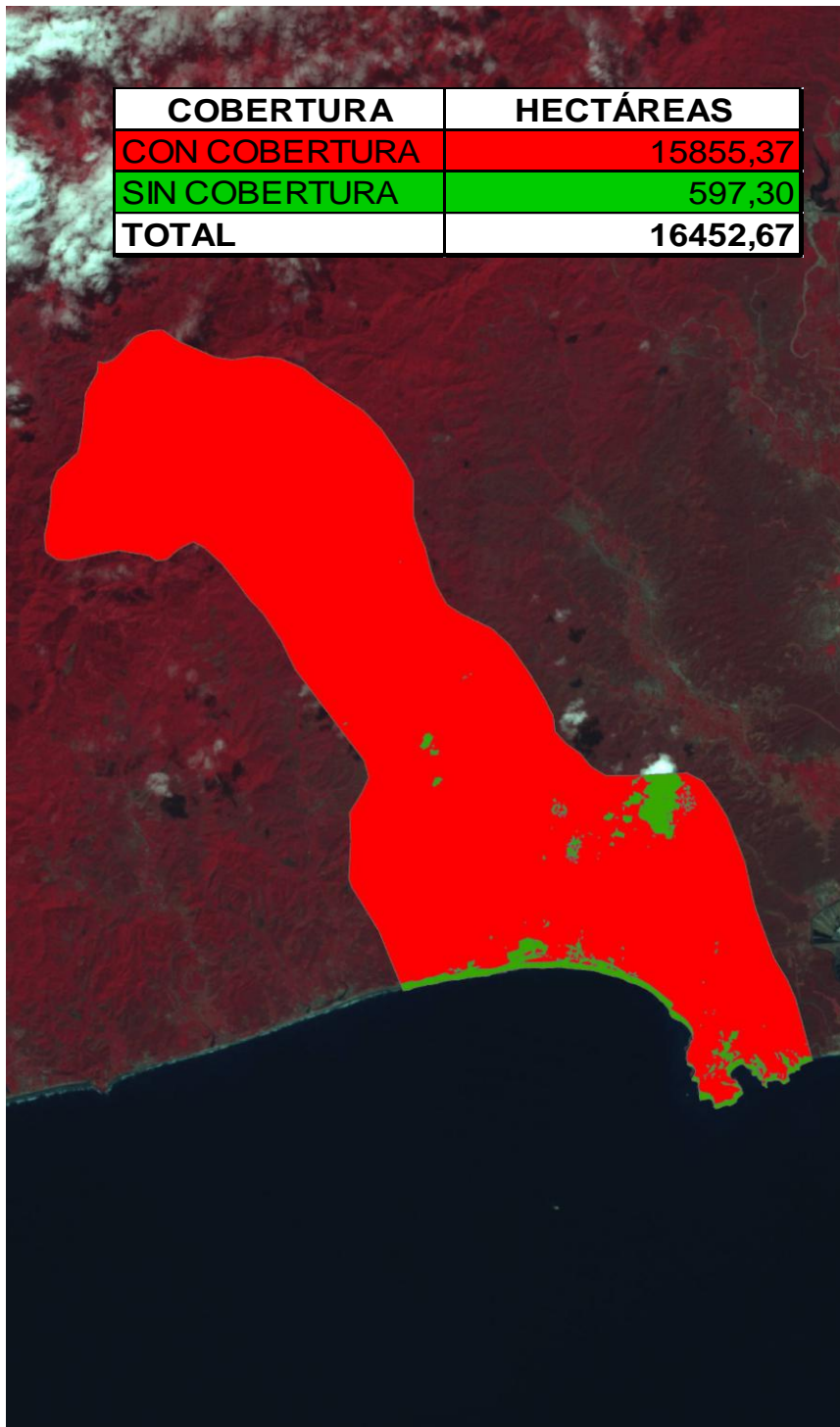
COBERTURA	HECTÁREAS	%
ARENA	2,68	0,02%
PLAYA	87,42	0,53%
SUELO DESCUBIERTO	1105,76	6,72%
INTERVENCIÓN	4368,64	26,55%
MATORRALES	2370,41	14,41%
PASTIZALES Y CULTIVOS	1987,74	12,08%
BOSQUE PERTURBADO	1787,72	10,87%
BOSQUE POCO PERTURBADO	4742,30	28,82%
<b>TOTAL</b>	<b>16452,67</b>	<b>100%</b>

## 5.5.4. 2003

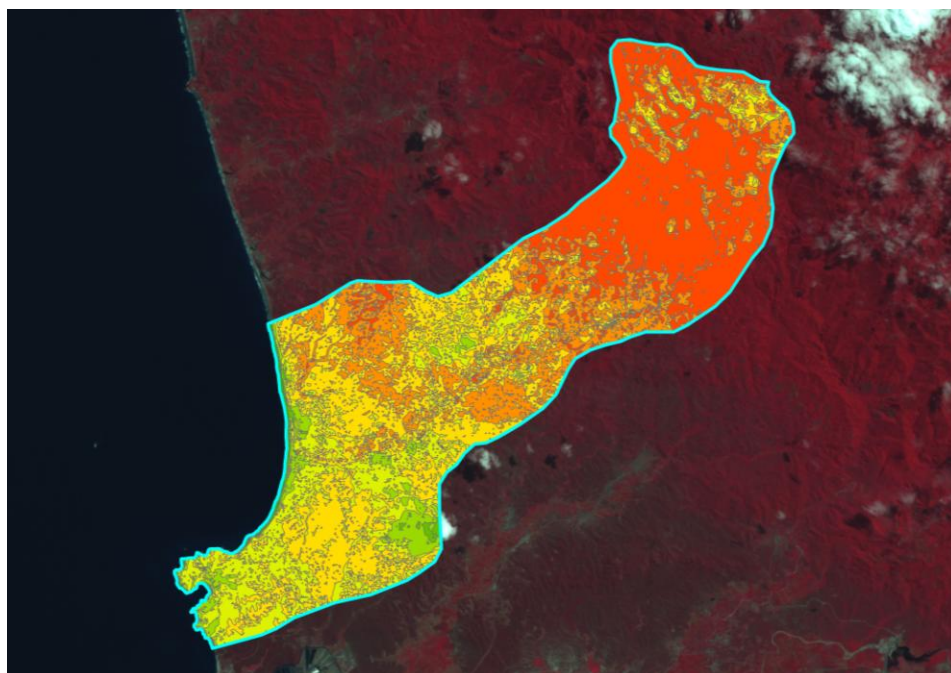


MAPA 5.10 COMPOSICIÓN 4-3-2 IMAGEN LANDSAT 7 DEL 2003.





MAPA 5.11 ÁREAS DE COBERTURAS NDVI DEL 2003.

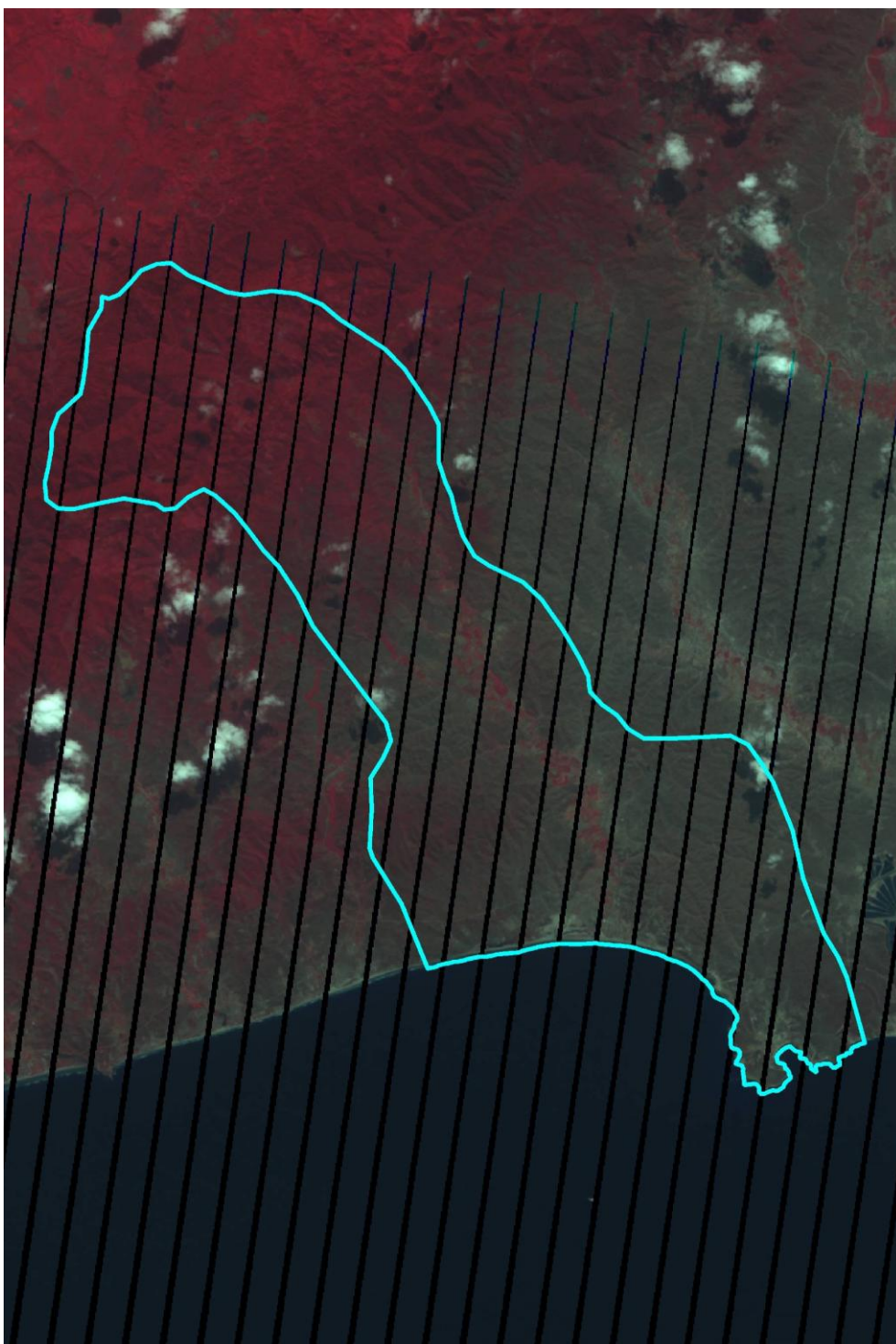


MAPA 5.12 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DEL 2003.

TABLA 5.25 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DEL 2003.

COBERTURA	HECTÁREAS	%
ARENA	11,14	0,07%
PLAYA	103,13	0,63%
SUELO DESCUBIERTO	108,74	0,66%
INTERVENCIÓN	644,79	3,92%
MATORRALES	2673,99	16,25%
PASTIZALES Y CICLO CORTO	4848,84	29,47%
BOSQUE PERTURBADO	3483,36	21,17%
BOSQUE POCO PERTURBADO	4578,68	27,83%
<b>TOTAL</b>	<b>16452,67</b>	<b>100%</b>

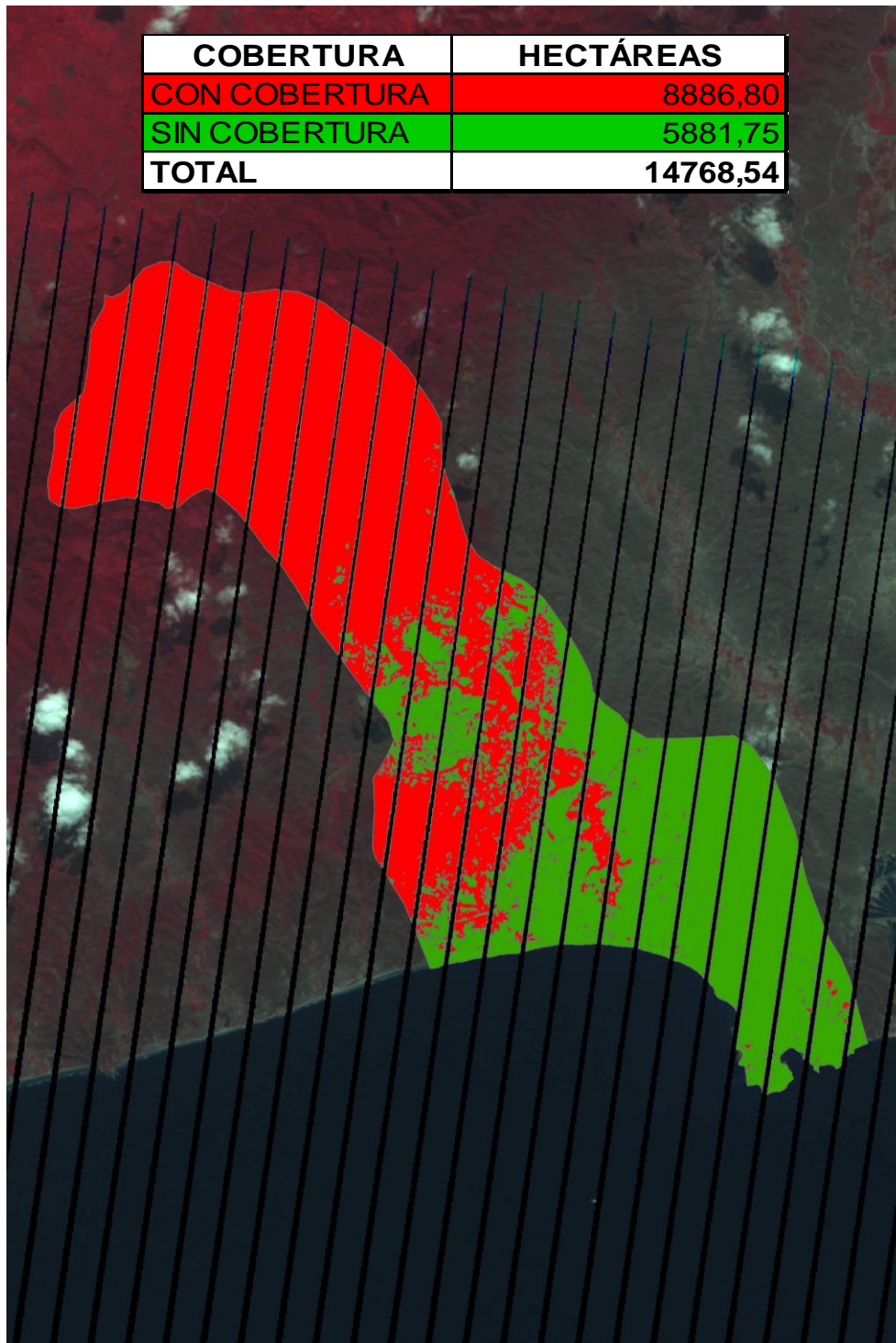
## 5.5.5. 2007



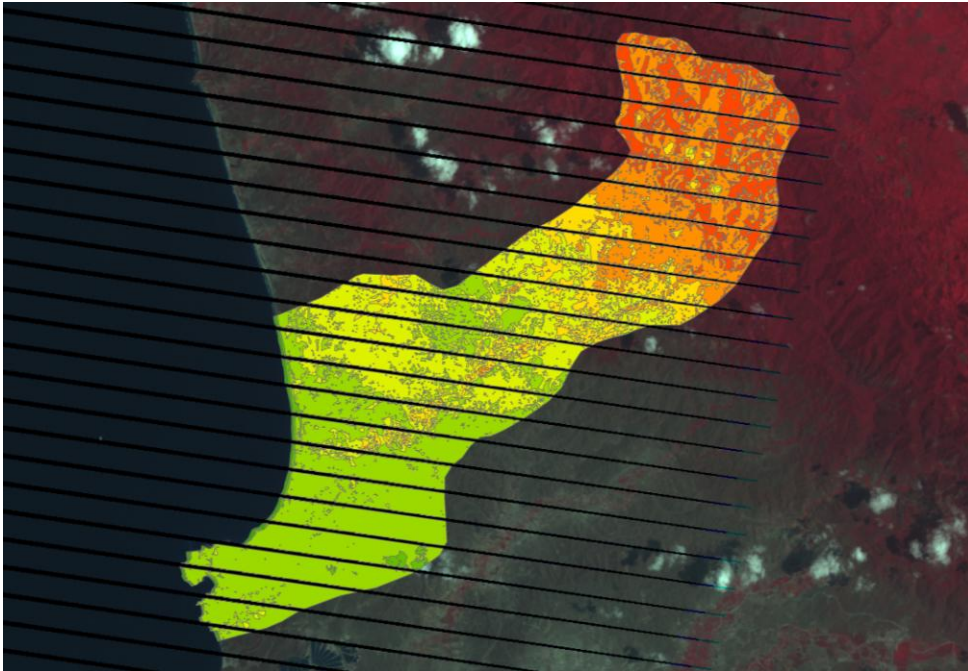
MAPA 5.13 COMPOSICIÓN 4-3-2 IMAGEN SLC-OFF LANDSAT 7

DEL 2007.





MAPA 5.14 ÁREAS DE COBERTURAS NDVI DEL 2007.

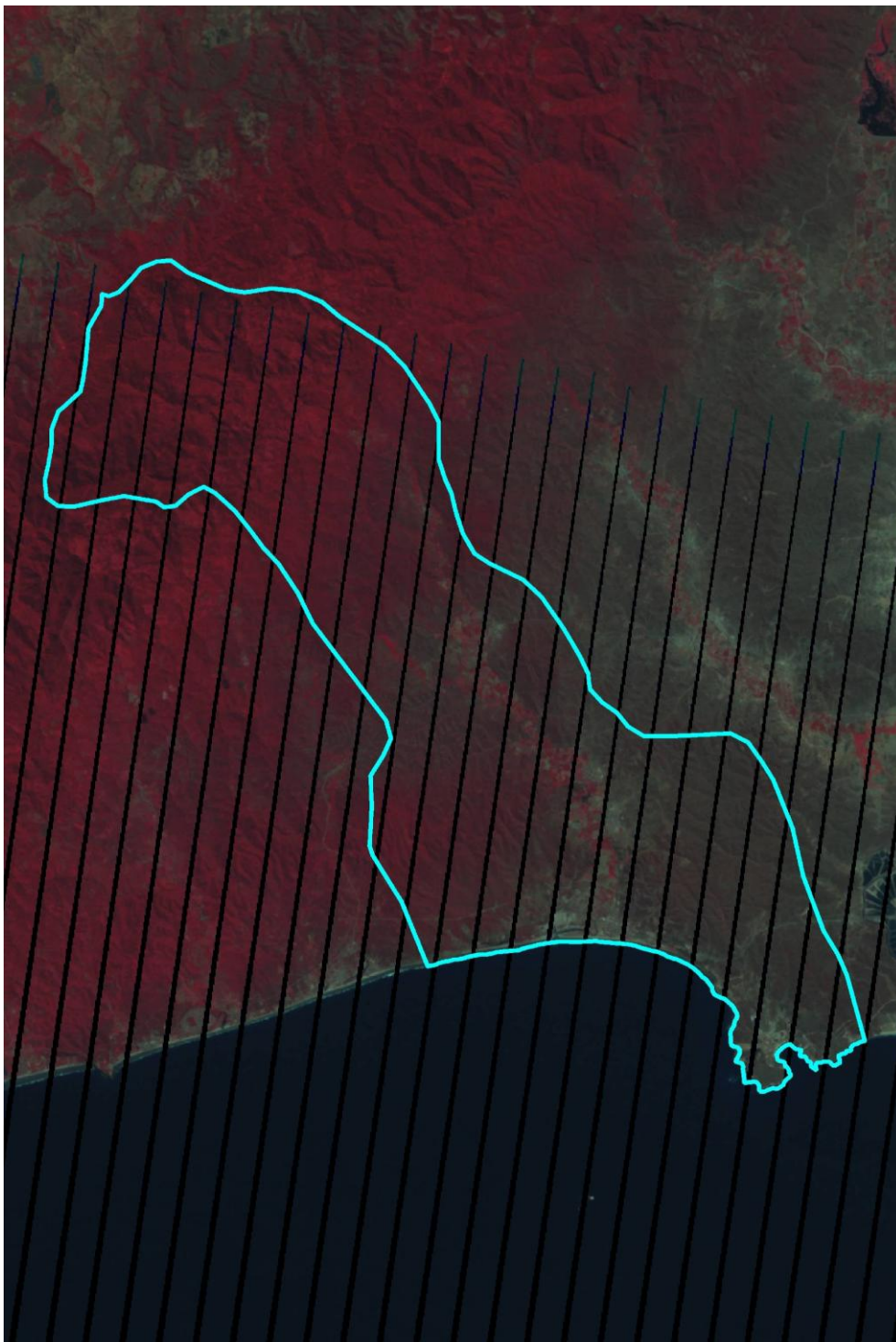


MAPA 5.15 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DEL 2007.

TABLA 5.26 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DEL 2007.

COBERTURA	HECTÁREAS	%
BANDEAMIENTO	1685,66	10,25%
ARENA	56,08	0,34%
PLAYA	81,55	0,50%
SUELO DESCUBIERTO	149,05	0,91%
INTERVENCIÓN	5236,83	31,83%
MATORRALES	3362,51	20,44%
PASTIZALES Y CULTIVOS	1454,73	8,84%
BOSQUE PERTURBADO	2753,82	16,74%
BOSQUE POCO PERTURBADO	1672,44	10,17%
<b>TOTAL</b>	<b>16452,67</b>	<b>100%</b>

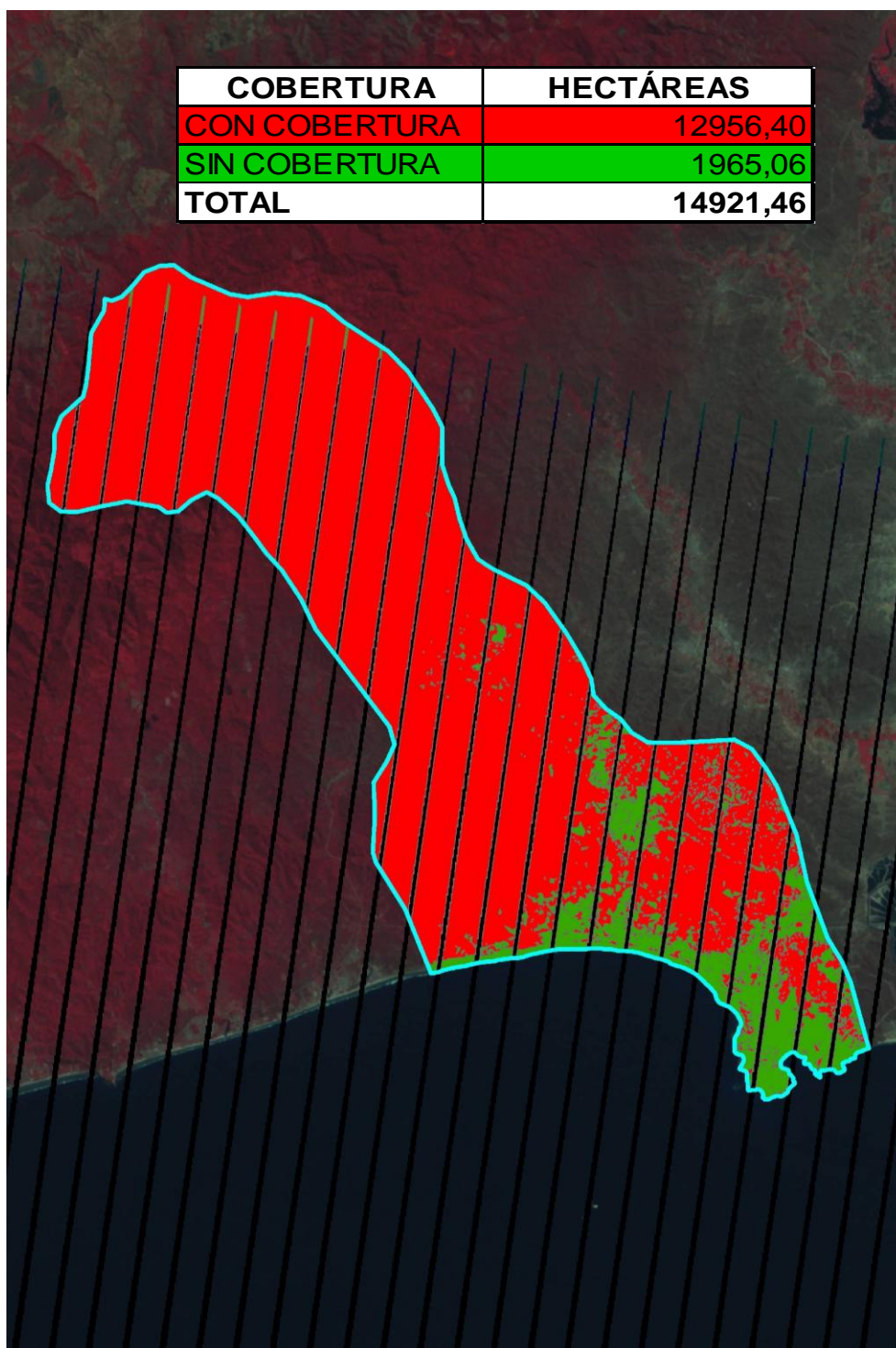
## 5.5.6. 2008



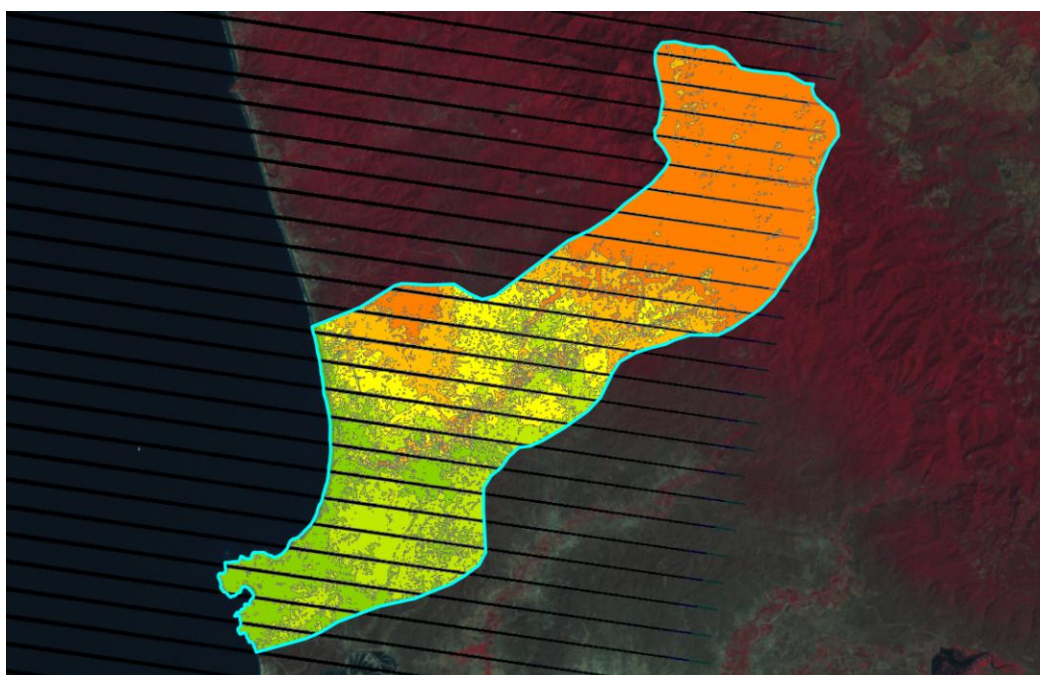
MAPA 5.16 COMPOSICIÓN 4-3-2 IMAGEN SLC-OFF LANDSAT 7

DEL 2008.





MAPA 5.17 ÁREAS DE COBERTURAS NDVI DEL 2008.



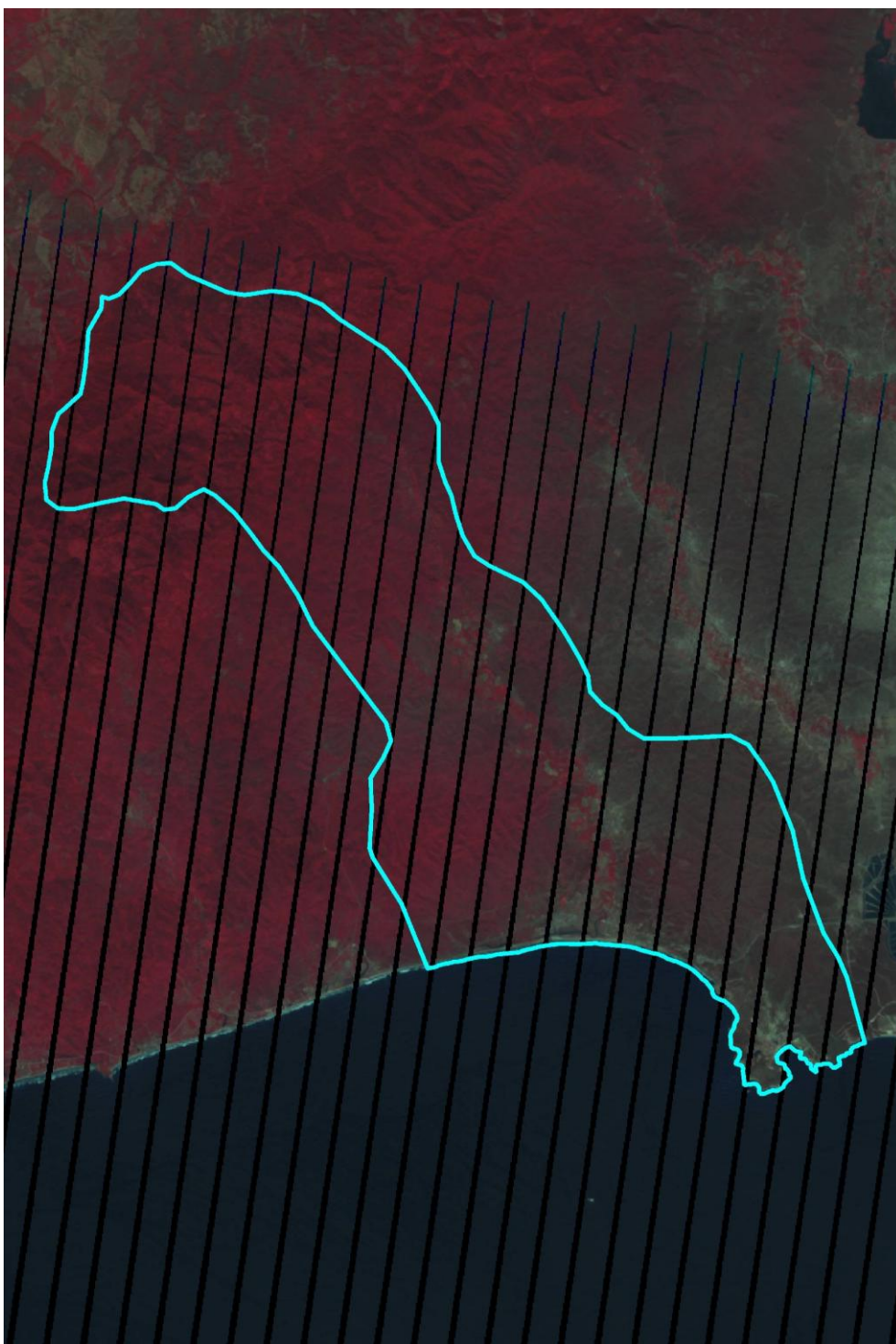
MAPA 5.18 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DEL 2008.

TABLA 5.27 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DEL 2008.

COBERTURA	HECTÁREAS	%
BANDEAMIENTO	1620,17	9,85%
ARENA	22,31	0,14%
PLAYA	15,58	0,09%
SUELO DESCUBIERTO	102,58	0,62%
INTERVENCIÓN	2112,14	12,84%
MATORRALES	2967,06	18,03%
PASTIZALES Y CULTIVOS	2026,47	12,32%
BOSQUE PERTURBADO	2186,80	13,29%
BOSQUE POCO PERTURBADO	5399,58	32,82%
<b>TOTAL</b>	<b>16452,67</b>	<b>100%</b>

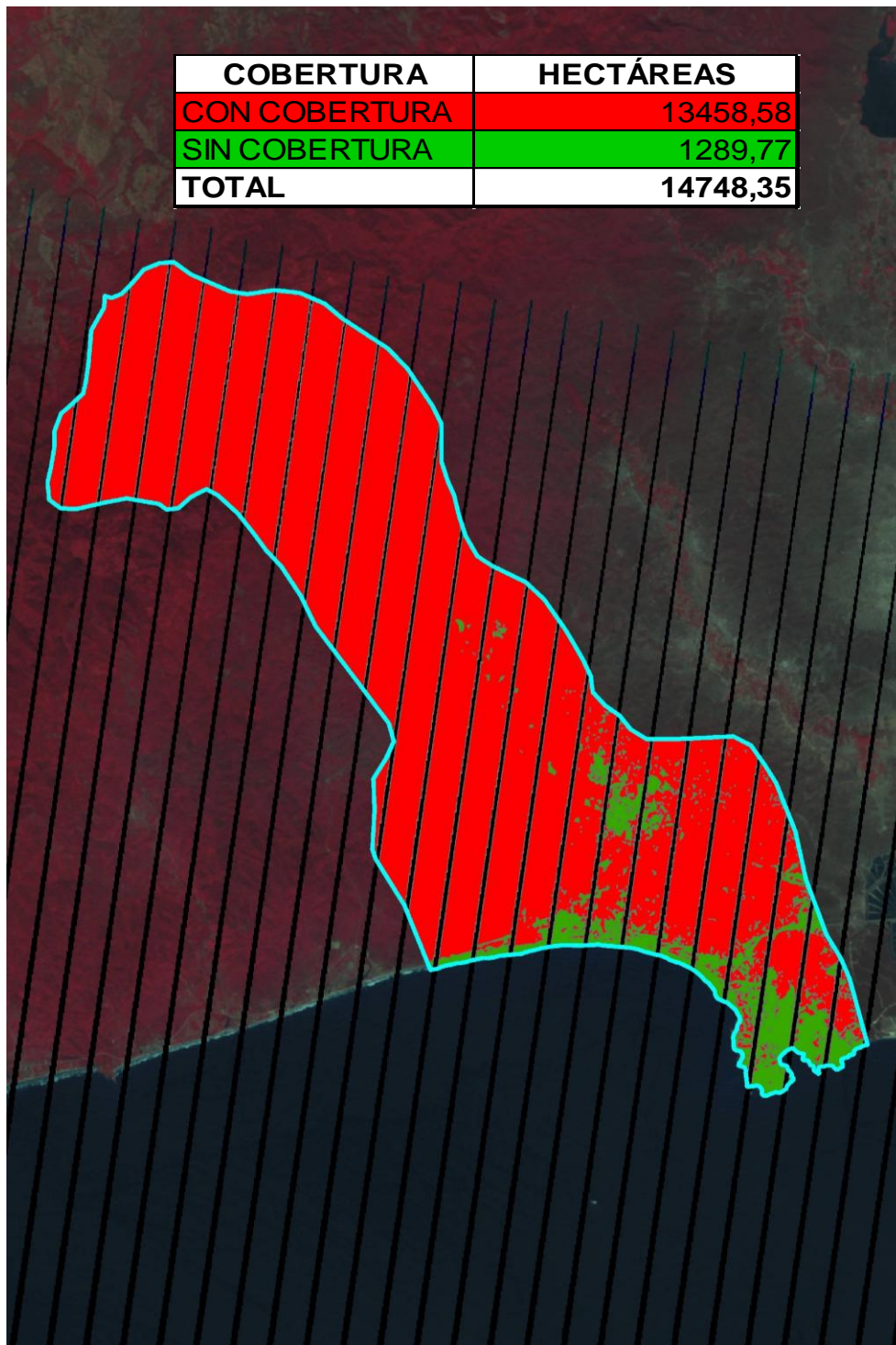


5.5.7. 2010

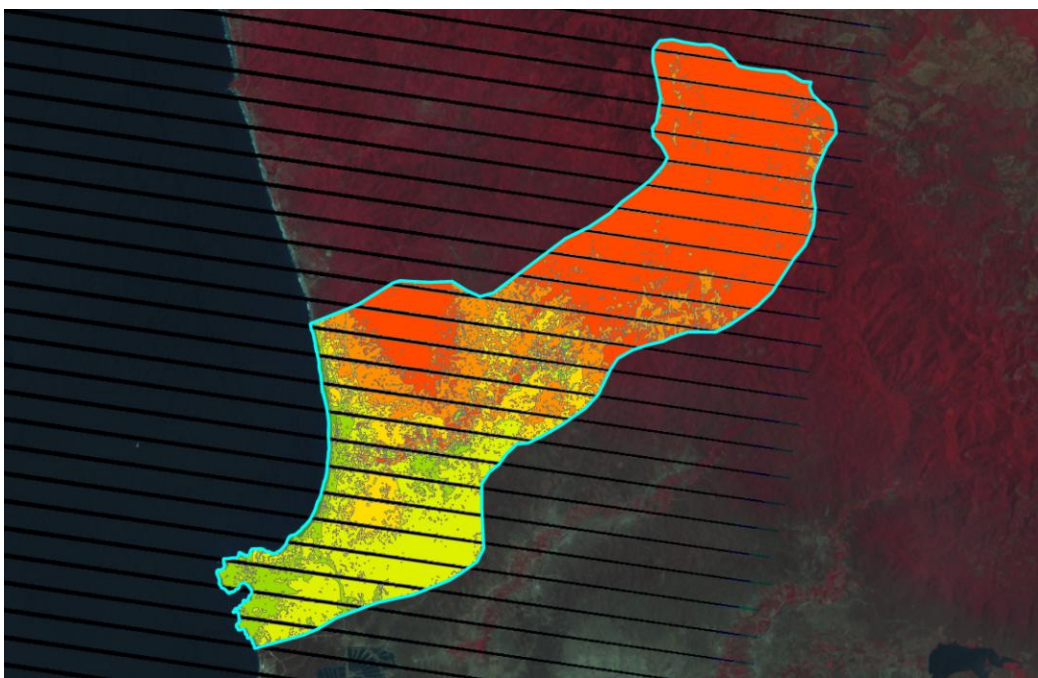


MAPA 5.19 COMPOSICIÓN 4-3-2 IMAGEN SLC-OFF LANDSAT 7

DEL 2010.



MAPA 5.20 ÁREAS DE COBERTURAS NDVI DEL 2010.



MAPA 5.21 COBERTURA VEGETAL CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DEL 2010.

TABLA 5.28 ÁREAS DE LA COBERTURA VEGETAL DEL 2010.

COBERTURA	HECTÁREAS	%
BANDEAMIENTO	1707,77	10,38%
ARENA	49,78	0,30%
PLAYA	92,46	0,56%
SUELO DESCUBIERTO	59,75	0,36%
INTERVENCIÓN	919,28	5,59%
MATORRALES	2802,92	17,04%
PASTIZALES Y CULTIVOS	1455,33	8,85%
BOSQUE PERTURBADO	2414,65	14,68%
BOSQUE POCO PERTURBADO	6950,73	42,25%
<b>TOTAL</b>	<b>16452,67</b>	<b>100%</b>

# CAPÍTULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- CONCLUSIONES:

1. En las UNIDADES las especies *Vernonia baccharioides* o Chilca y *Cordia alliodora* o Laurel son la más representativas y las especies *Agonandra sp.* o Chiquiñai y *Cynophalla sp.* o Orito son las menos representativas, dentro del estrato superior de esta área del bosque, algo diverso según el análisis SHANNON esto efecto de la intervención debido a la tala.
  
2. En las SUBUNIDADES las especies *Cordia alliodora* o Laurel, *Acalypha diversifolia Jacq.* o Bijama y *Bougainvillea peruviana Bonpl.* o Cabo de Lampa y *Pouteria sp.* o Colorada son las más representativas y *Matisia grandiflora Little.* o Molinillo es la menos representativa, dentro del estrato medio de esta área de bosque, algo diverso según el análisis SHANNON.

3. En las REGENERACIONES las especies Croton rivinifolius Kunth o Chala (20%), Pouteria sp. o Colorada (12%) y Bougainvillea peruviana Bonpl. o Colorado (11%) son las más abundantes; el 68.42% del Croton rivinifolius Kunth o Chala y el 50% de la Bougainvillea peruviana Bonpl. o Colorado se concentran en la UNIDAD HUACA 2, mientras que el 60.87% de la Pouteria sp. o Chala se concentra en la UNIDAD PONGA 1, destacando la especie Cordia alliodora o Laurel con un 10% de toda la población muestreada.
  
4. En las áreas donde confluyen los drenajes (HUACA) que alimentan al río principal se evidencia una mayor intervención y las áreas menos accesibles son las menos intervenidas (BRAMONA), datos corroborados por los índices de diversidad de Shannon y de similitud de Jaccard.
  
5. En el área de bosque correspondiente a la cuenca alta presentaría valores sobre el 50% de similitud y mayor diversidad, según el estudio reportado por Herrera y Maldonado.



6. El estudio multitemporal satelital nos indica de que esta cuenca está siendo selectiva y cíclicamente deforestada, mostrando una recuperación de las áreas de bosque poco perturbado y manteniendo las áreas de bosque perturbado.

- RECOMENDACIONES:

1. Detener la expansión de la frontera agropecuaria mejorando las prácticas agrícolas y ganaderas produciendo más en menos espacio con técnicas amigables al ambiente.
2. Desarrollar planes agroforestales y/o agrosilvopastoriles en base a aptitudes del suelo y disponibilidad de agua.
3. Generar estudios de valoración del bosque (agua, especies promisorias, ecoturismo).
4. Establecer un banco de semillas para poder reforestar las áreas intervenidas.
5. Implementar incentivos para los que conservan el bosque y sancionar a los que no lo conserven.

6. Fortalecer el manejo de las áreas de conservación mediante participación comunitaria.
7. Regularizar la tenencia de la tierra.
8. Impedir la tala que no respete normativas de aprovechamiento sustentable.
9. Socializar a la población sobre el valor de los bosques como ecosistemas proveedores de servicios.
10. Trabajar con las juntas de aguas para que se sumen a preservar el bosque recolector de este recurso antes, durante y después de su uso eso mejoraría la calidad y cantidad.
11. Invertir en un inventario actualizado de cultivos mediante una clasificación supervisada de imágenes satelitales hiperespectrales de mejor resolución que son de mayor precisión y demostrarían el estado real de la cuenca, estableciendo nuevas unidades de muestreo con respaldo en índices forestales que se sumen a las unidades ya establecidas.
12. Aplicar planes de recuperación de áreas descubiertas en proceso de degradación.

13. Almacenar el agua producida por el bosque con obras de ingeniería para mantener la humedad y sirva para épocas de escasez del recurso.
14. Educar a la población implementando centros de interpretación forestal que contribuyan en la preparación de guías forestales voluntarios.
15. Limitar el acceso de especies animales introducidas como caballos, burros, vacas y chivos que afectan la biodiversidad del bosque al impactar sobre su regeneración natural.



## BIBLIOGRAFÍA

(1) Bosque protector Chongón Colonche

[http://www.darwinnet.org/docs/lbas\\_RT/EC025.pdf](http://www.darwinnet.org/docs/lbas_RT/EC025.pdf)

(2) C. Bonifaz & X. Cornejo, 2004. Flora del bosque de Garua.

(3) Cuenca Hidrográfica.

[http://www.es.wikipedia.org/wiki/Cuenca\\_hidrogr%C3%A1fica](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica)

(4) Cuencas Hidrográficas.

[http://www.adeca.org.ni/museo\\_eco/indexhidrologia.htm](http://www.adeca.org.ni/museo_eco/indexhidrologia.htm)

(5) D. Miguel A. Bruña Guerra, Dña. Beatriz Gómez Tolón y D. Santiago Ormeño Villajos. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica (U.P.M.). Marzo de 1999. CARTOGRAFÍA DE SUELOS EN CASTILLA LA MANCHA A PARTIR DE IMAGENES DE SATELITE.

(6) Ecología, cuencas hidrográficas:

[http://www.eraecologica.org/revista\\_16/era\\_agricola\\_16.htm](http://www.eraecologica.org/revista_16/era_agricola_16.htm)

(7) Eduard Plana Bach. INTRODUCCIÓN A LA ECOLOGIA Y DINAMICA DEL BOSQUE TROPICAL, CURSO SOBRE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE BOSQUES TROPICALES, BLOQUE II GESTIÓN FORESTAL Y AGROFORESTERÍA EN LOS TRÓPICOS.

<http://www.puce.edu.ec/zoologia/vertebrados/personal/sburneo/cursos/ecologiaII/Bibliografia/2-4%20Ecologia%20y%20dinamica%20BHT.pdf>

(8) HERNANDEZ E. "Monitoreo y evaluación de proyectos de ordenación de cuencas" Facultad de Ciencias Forestales, Mérida, Venezuela, 1993.

(9) Ilán Adler, Gabriela Carmona y José Antonio Bojalil, 2008.  
MANUAL DE CAPTACIÓN DE AGUAS DE LLUVIA PARA CENTROS URBANOS.

(10) Irma Rosas Pérez, Gabriela Carranza Ortiz, Yolanda Nava Cruz y Alfonso Larqué Saavedra, 2005. La percepción sobre la conservación de la cobertura vegetal.

<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/508/percepcion.pdf>

- (11) Jordi Vivancos, Albert Llastarri, Mònica Grau, Daniel Vivancos. Introducción a la Teledetección. La Tierra a vista de satélite.

<http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/index.htm>

- (12) La esfera verde, Elizabeth Urquieta N., Jorge Salinas F., Nelly Herrera N., Susana Benedetti R., Claudia Santos S., Jorge Bizama A., Olga Patiño P., Pedro Llera Z. y Ana María Vliegenthart.

[http://www.laesferaverde.cl/ar\\_fdc.htm](http://www.laesferaverde.cl/ar_fdc.htm)

- (13) Leica Geosystems, 1999. Introducción al sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global),.

<http://www.udape.gov.bo/portalsig/ElementosSIG/que-esgps-leica.pdf>

- (14) THE GLOBE PROGRAM: <http://globe.gov/>  
<http://www.globe.unh.edu>
- (15) Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal, Bonifacio Mostacedo y Todd S. Fredericksen, Santa Cruz de la Sierra, 2000.  
[http://www.rmportal.net/library/content/libros/manual-de-metodos-basicos-de-muestreo-y-analisis-en-ecologia.pdf/at\\_download/file](http://www.rmportal.net/library/content/libros/manual-de-metodos-basicos-de-muestreo-y-analisis-en-ecologia.pdf/at_download/file)
- (16) Memorias del Primer Taller sobre Cobertura Vegetal, Clasificación y Cartografía – Proyecto SIG-PAFC y el INADE, Santafé de Bogotá. 1994. Plan de Ordenación y Manejo de la subcuenca hidrográfica del Río Sambingo Hato Viejo, afluente de la cuenca del río Patía, Guía Metodológica Guía Para La Formulación De Los Planes De Ordenación Y Manejo De Cuencas Hidrográficas Del Departamento Del Cauca, Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC, 2003.  
<http://www.crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/Rio%20Sambingo-Hatoviejo/flora.pdf>
- (17) MUÑOZ LUZURIAGA F. "Manejo de cuencas hidrográficas tropicales" CCE – L, Loja, Ecuador. 2007.

- (18) Priscilla Muriel M. 2008. Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador, La diversidad de ecosistemas en el Ecuador. <http://www.biologia.puce.edu.ec/imagesFTP/2882.Ecosistemas.pdf>
- (19) Roy Wilhen Fraatz López y Carlos Alberto Montúfar García, Zamorano, Honduras, Diciembre, 2007. Estudio florístico-estructural de una comunidad vegetal madura en el Macizo Montañoso Apagüiz-Apauptera, El Paraíso, Honduras. [http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis\\_infolib/2007/T2521.pdf](http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2007/T2521.pdf)
- (20) Unasylva, revista internacional de silvicultura e industrias forestales, editorial 229, vol. 58, 2007/4. <http://www.fao.org/docrep/010/a1598s/a1598s01.htm>
- (21) Valverde, F.M., Tazan, G., & Risso, C. 1979. Cubierta vegetal de la península de Santa Elena. University of Guayaquil Department of Botany, publication No. 2: 1-236. Guayaquil , Ecuador .
- (22) Valverde, F. M. 1991. Estado actual de la vegetación natural de la Cordillera Chongón Colonche. Instituto de Investigaciones

de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

- (23) VILLAVICENCIO-ENRÍQUEZ y VALDEZ HERNÁNDEZ, 2003.  
ANALISIS DE LA ESTRUCTURA ARBÓREA DEL SISTEMA  
AGROFORESTAL RUSTICANO DE CAFÉ EN SAN MIGUEL,  
VERACRUZ, MEXICO.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1



CUENCA HIDROGRAFICA, tomada de la guía para la elaboración de planes de manejo de microcuencas, comisión nacional de microcuencas – Proyecto Tacaná, San Marcos, Guatemala, 2009.

[http://www.marn.gob.gt/documentos/guias/Guia\\_Microcuenca/guia\\_html/1guia\\_microcuencas.html](http://www.marn.gob.gt/documentos/guias/Guia_Microcuenca/guia_html/1guia_microcuencas.html)



## ANEXO 2

# CUENCA

- Cuenca **endorreica**: punto de salida **dentro** de los límites de la cuenca
- Cuenca **exorreica**: punto de salida **fuera** de los límites de la cuenca



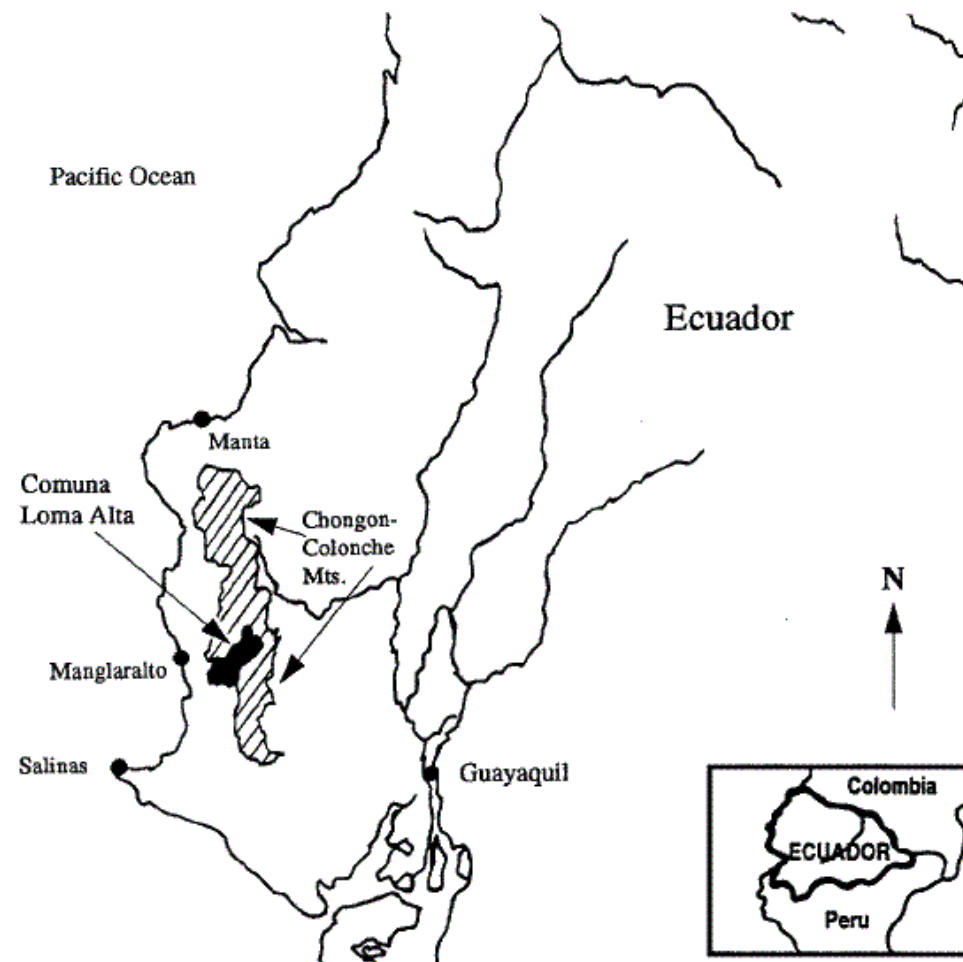
Cuenca endorreica



Cuenca exorreica

Figura 2.- Tomada de Fundamentos de hidrología de superficie, Francisco Javier Aparicio Mijares, 1992.

### ANEXO 3

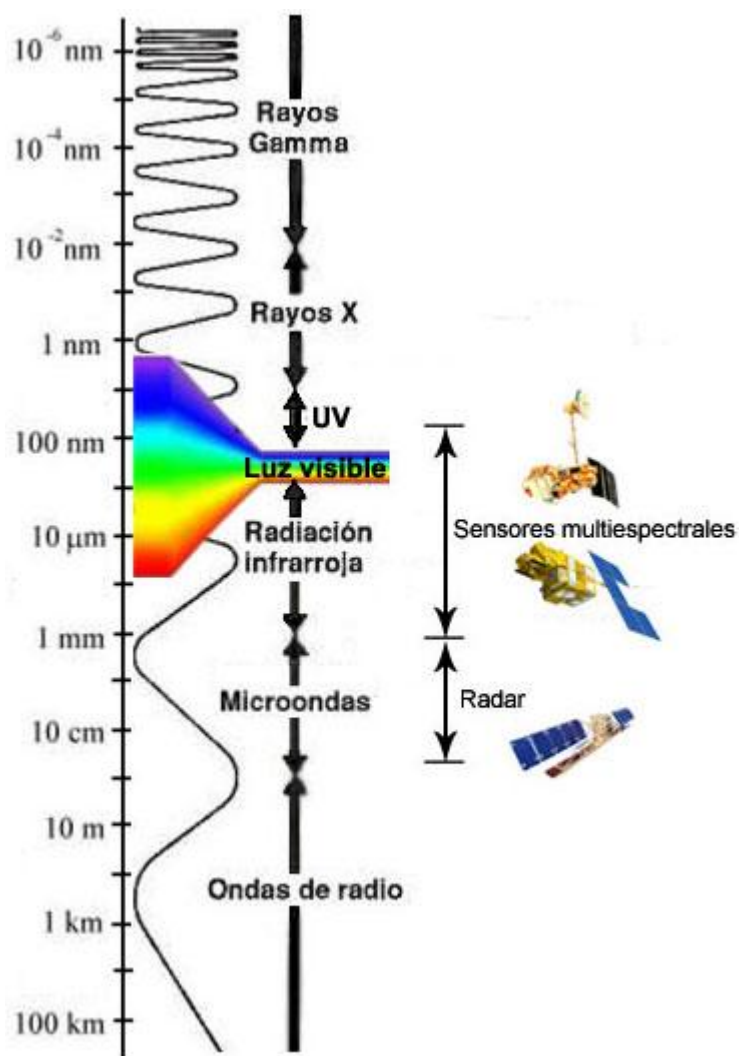


<http://www.fao.org/docrep/006/x2104e/X2104E07.htm>



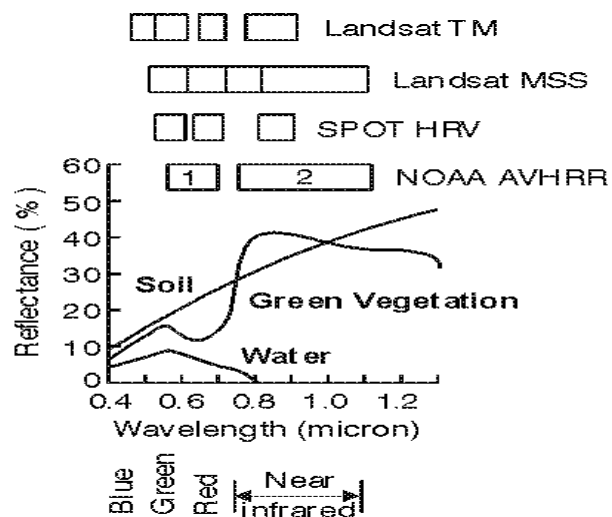
## ANEXO 5

*Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal,*  
*Santa Cruz de la Sierra, 2000. Bonifacio Mostacedo y Todd S. Fredericksen*

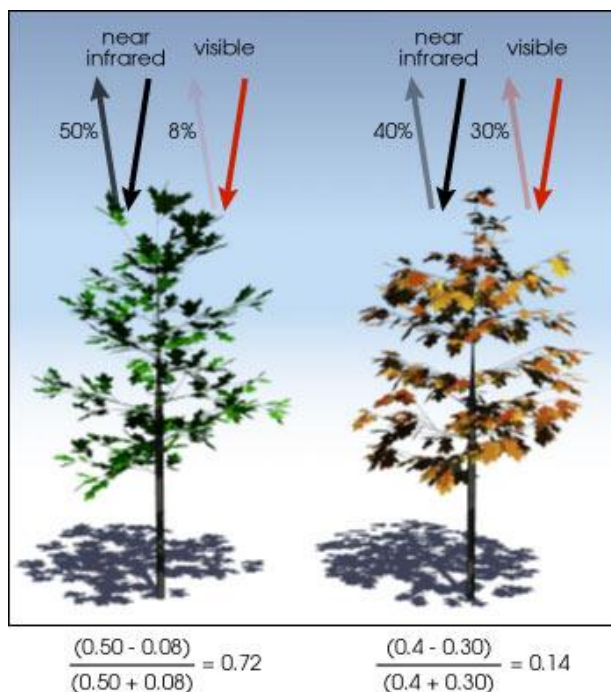


Representación del espectro electromagnético y de las radiaciones usadas  
en teledetección. Tomada de La Tierra a vista de satélite.

## ANEXO 6



## FIRMAS ESPECTRALES SEGÚN SU REFLECTANCIA (NASA)



## CALCULO NDVI (NASA)



**ANEXO 7**

**ENUMERADO DE ARBOLES**

[www.picasaweb.com/pawoco](http://www.picasaweb.com/pawoco)





**ANEXO 8**



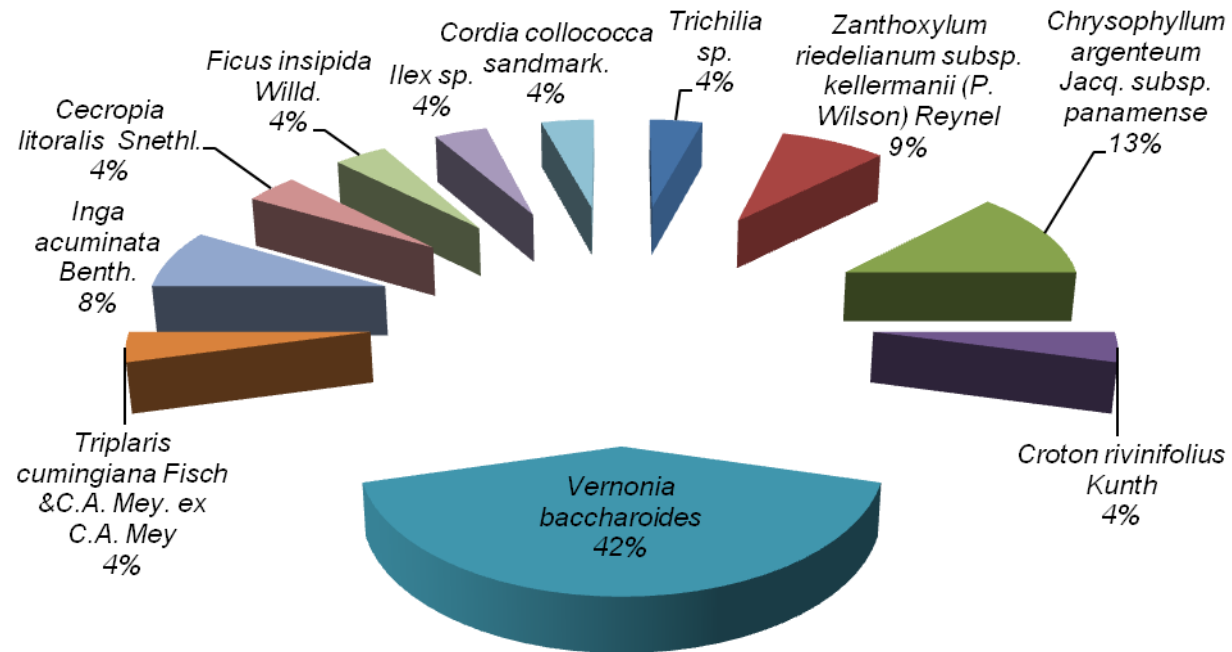
**MARCADO DEL CAP Y GEOREFERENCIACION DE LA UNIDAD**

[www.picasaweb.com/pawoco](http://www.picasaweb.com/pawoco)



## ANEXO 9

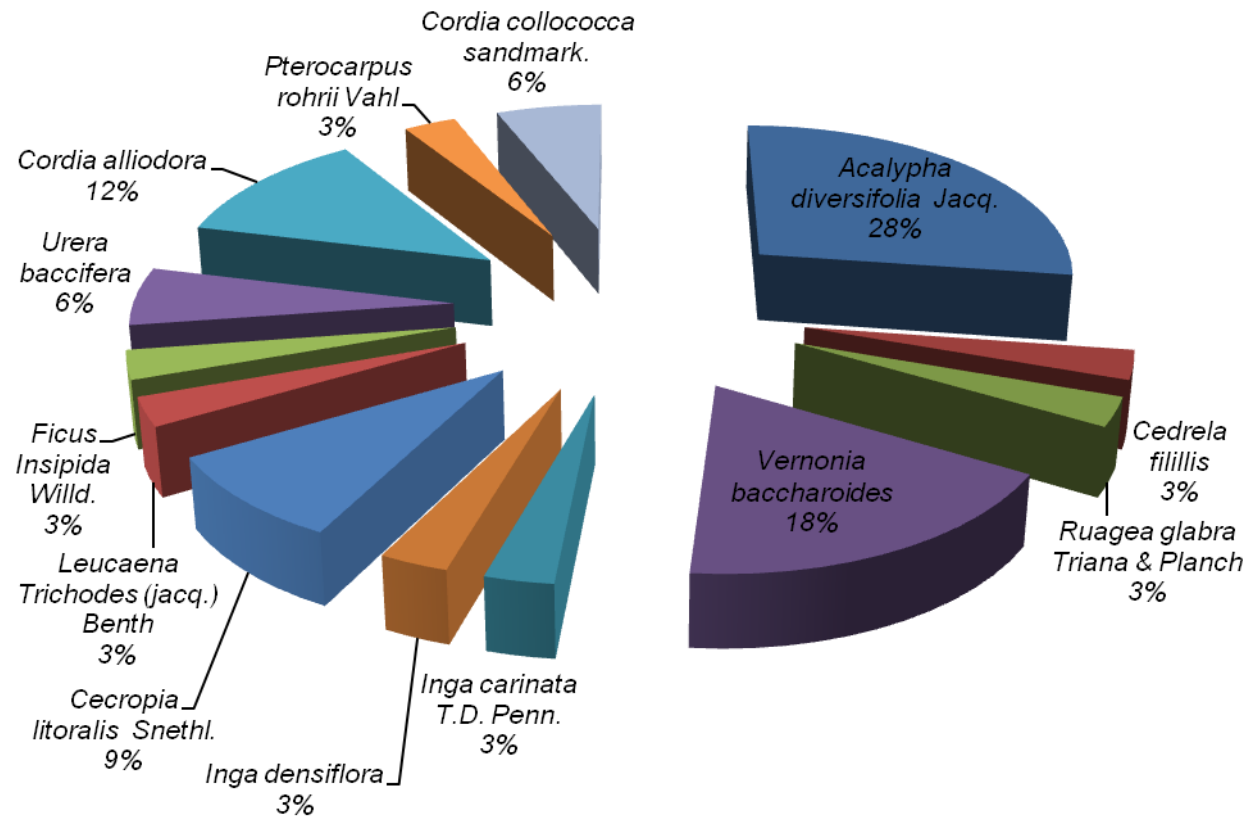
### ABUNDANCIA UNIDAD BRAMONA 1





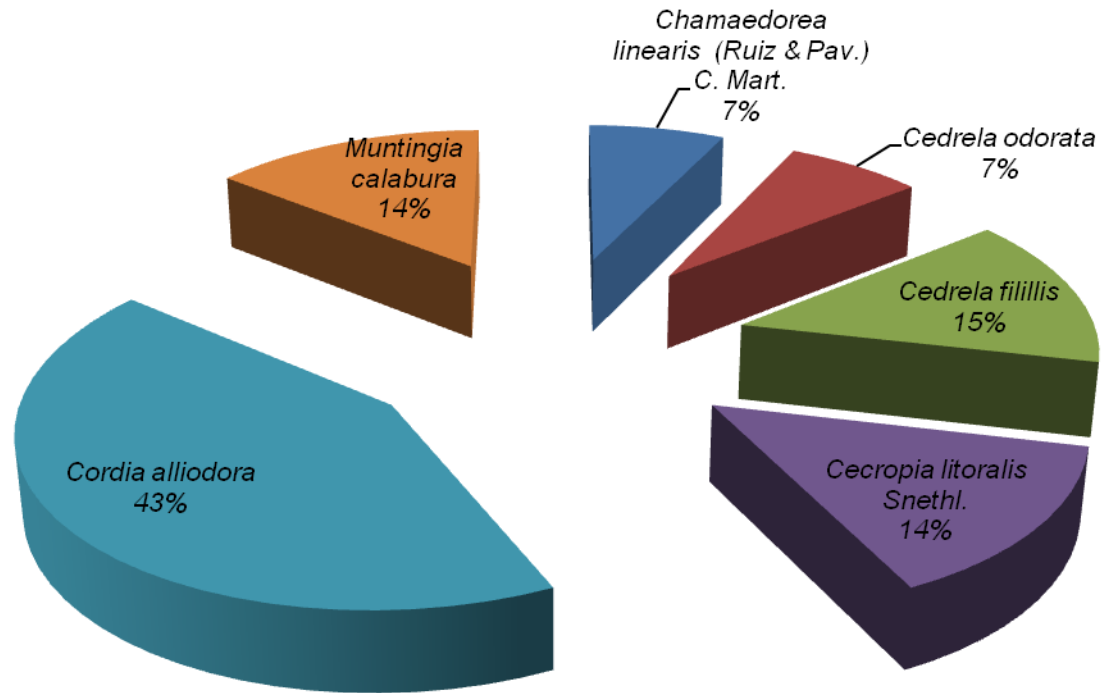
## ANEXO 10

### ABUNDANCIA UNIDAD BRAMONA 2



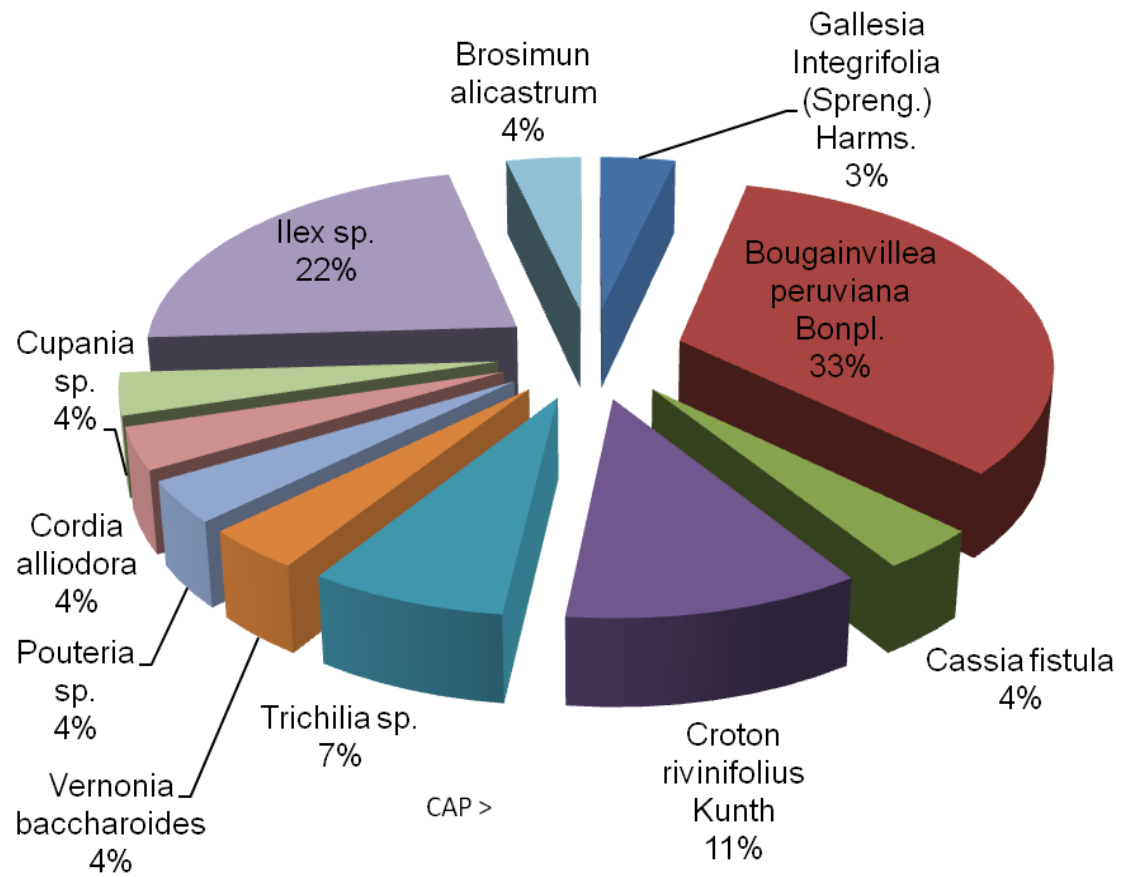
## ANEXO 11

### ABUNDANCIA UNIDAD HUACA 1



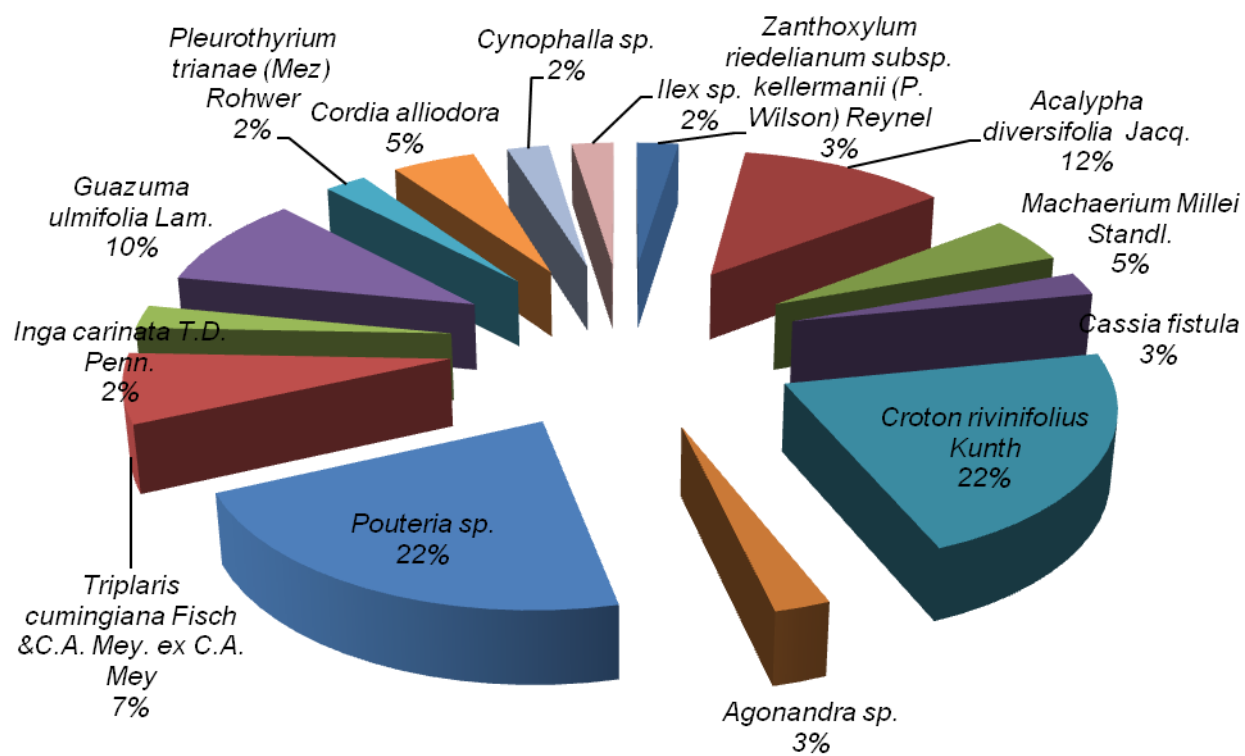
## ANEXO 12

### ABUNDANCIA UNIDAD HUACA 2



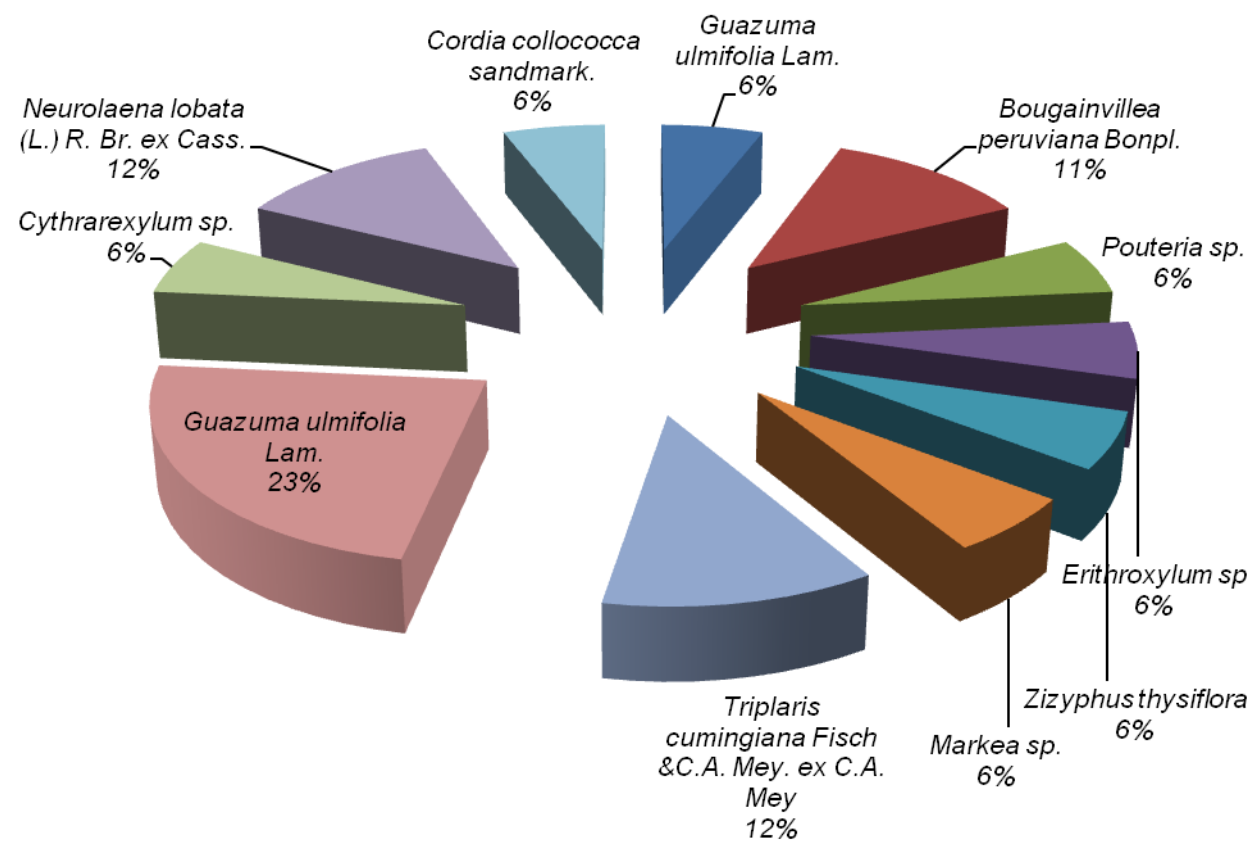
## ANEXO 13

### ABUNDANCIA UNIDAD PONGA 1



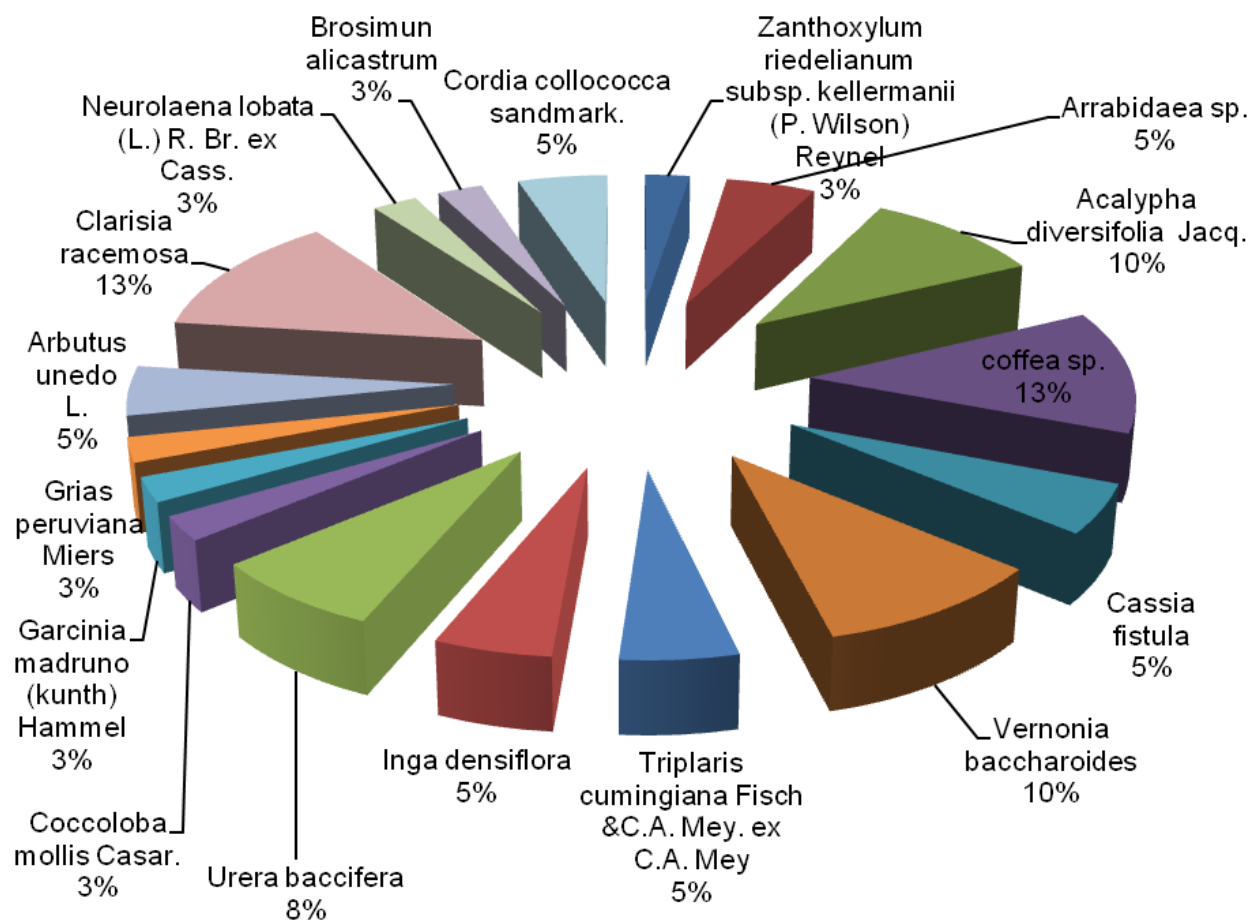
## ANEXO 14

### ABUNDANCIA UNIDAD PONGA 2



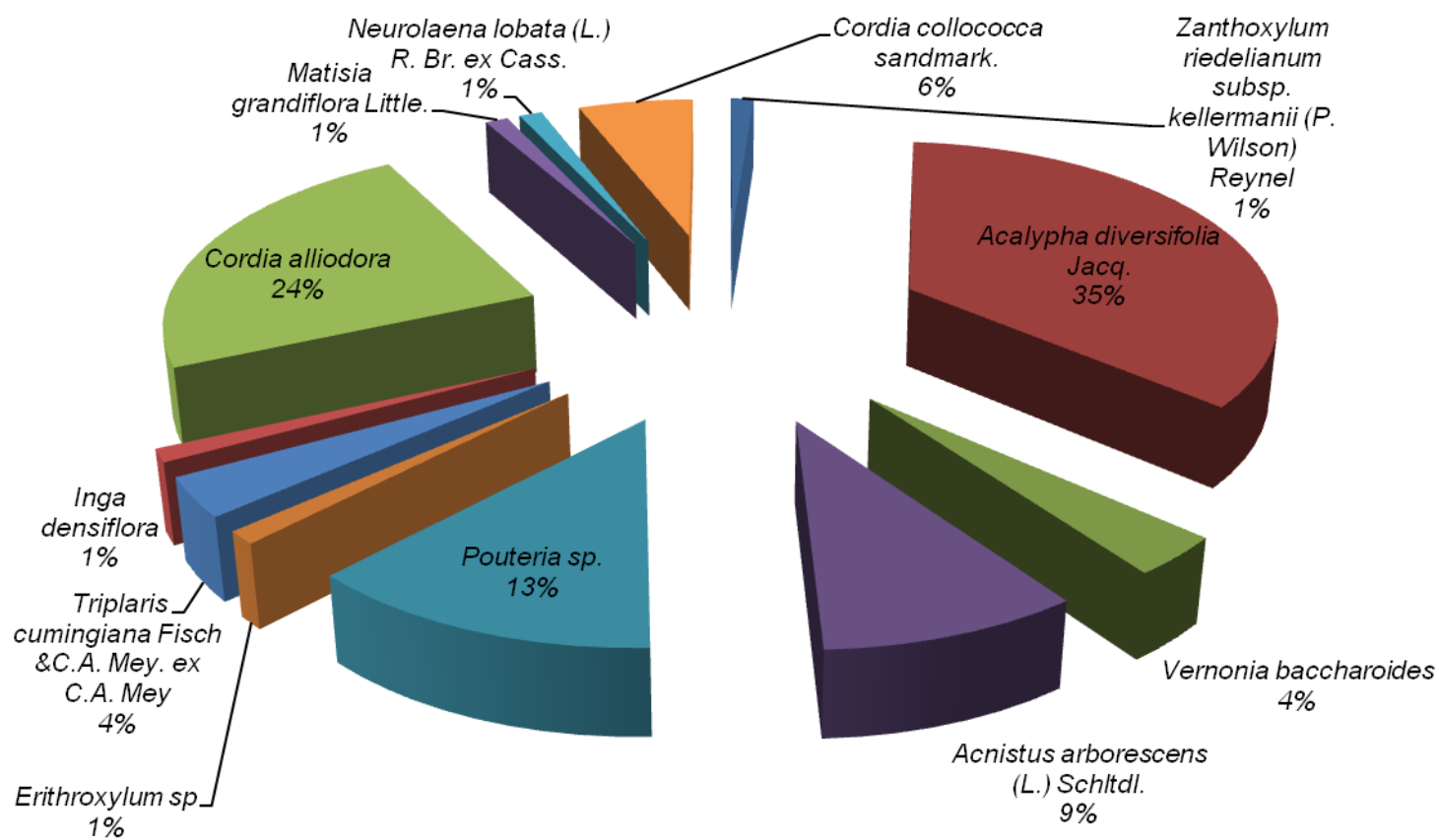
## ANEXO 15

### ABUNDANCIA SUBUNIDAD BRAMONA 1



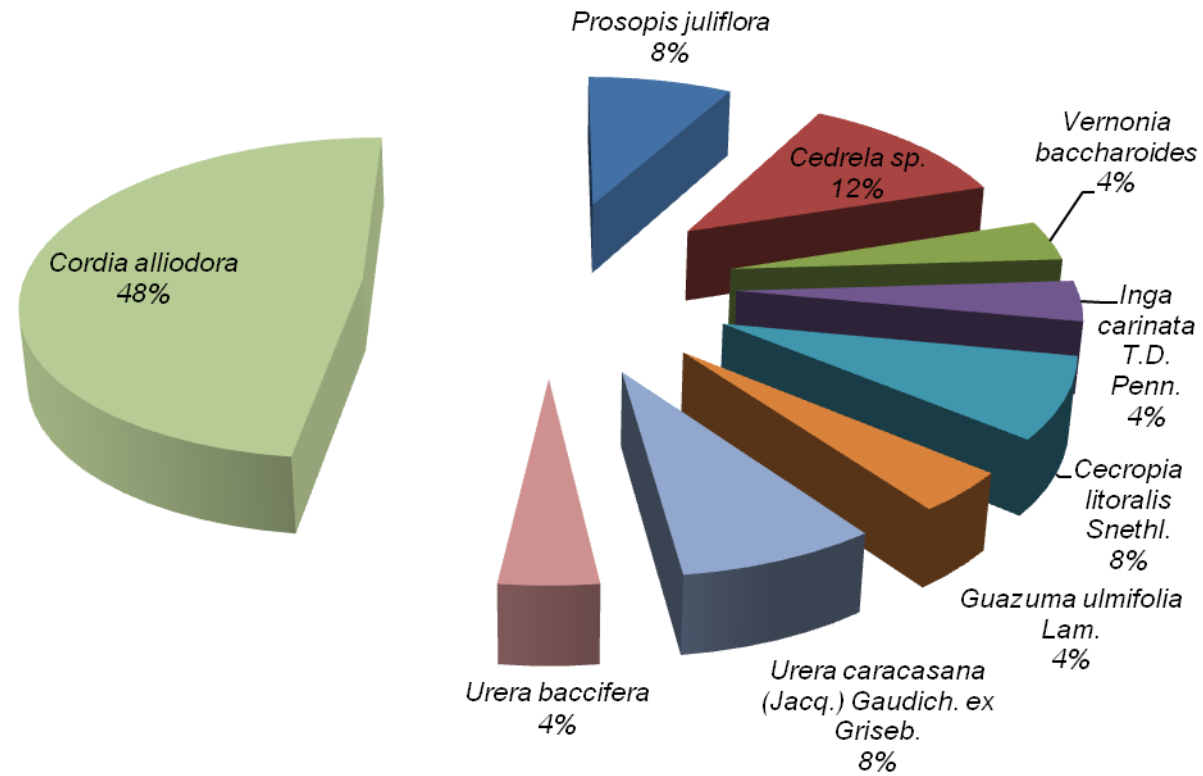
## ANEXO 16

### ABUNDANCIA SUBUNIDAD BRAMONA 2



## ANEXO 17

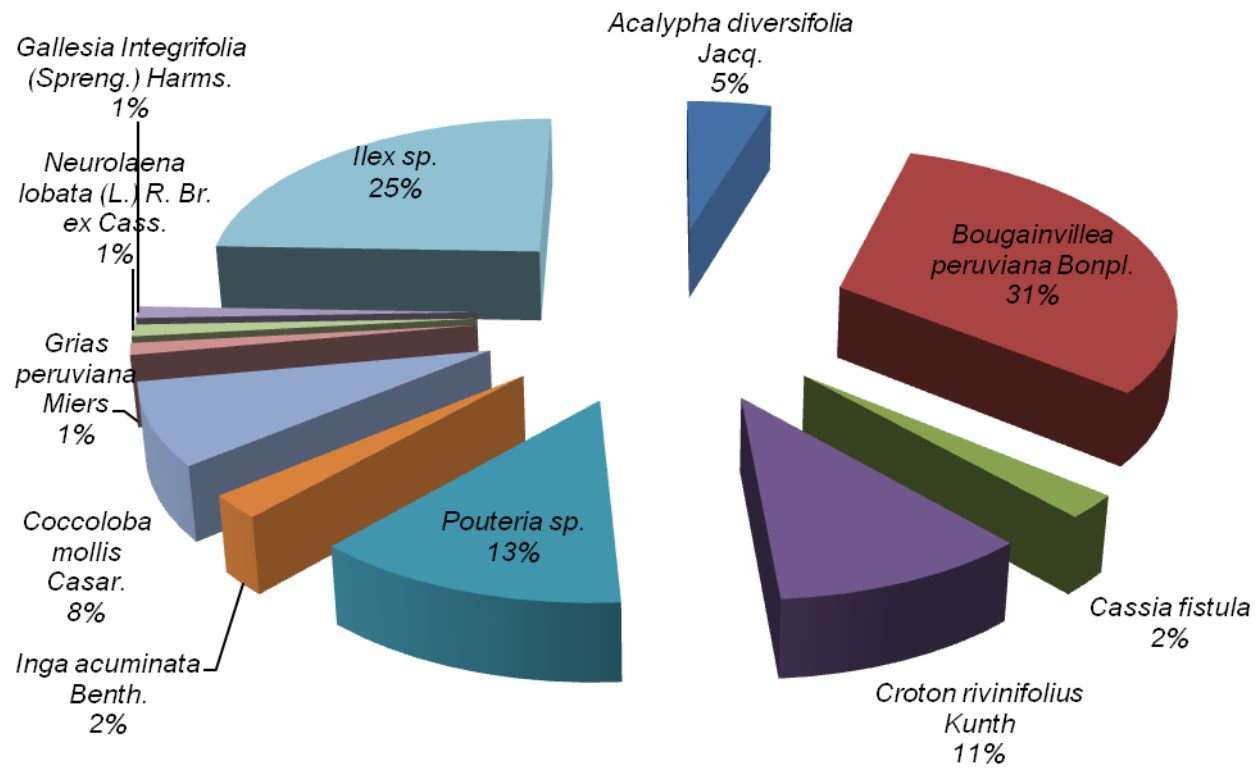
### ABUNDANCIA SUBUNIDAD HUACA 1





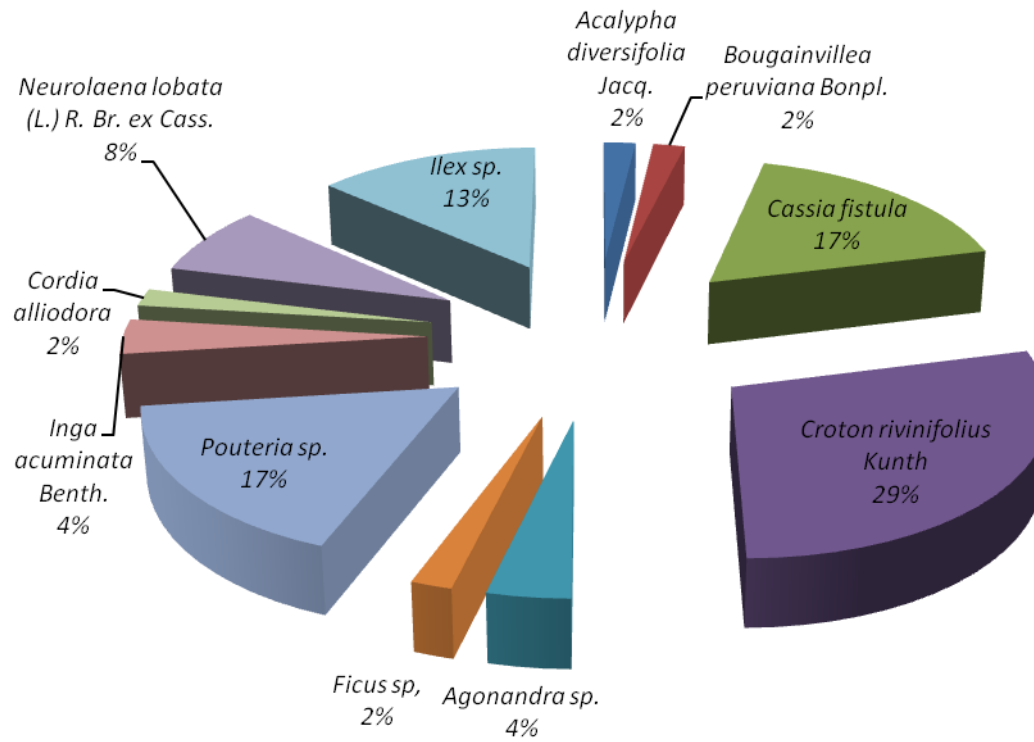
## ANEXO 18

### ABUNDANCIA SUBUNIDAD HUACA 2



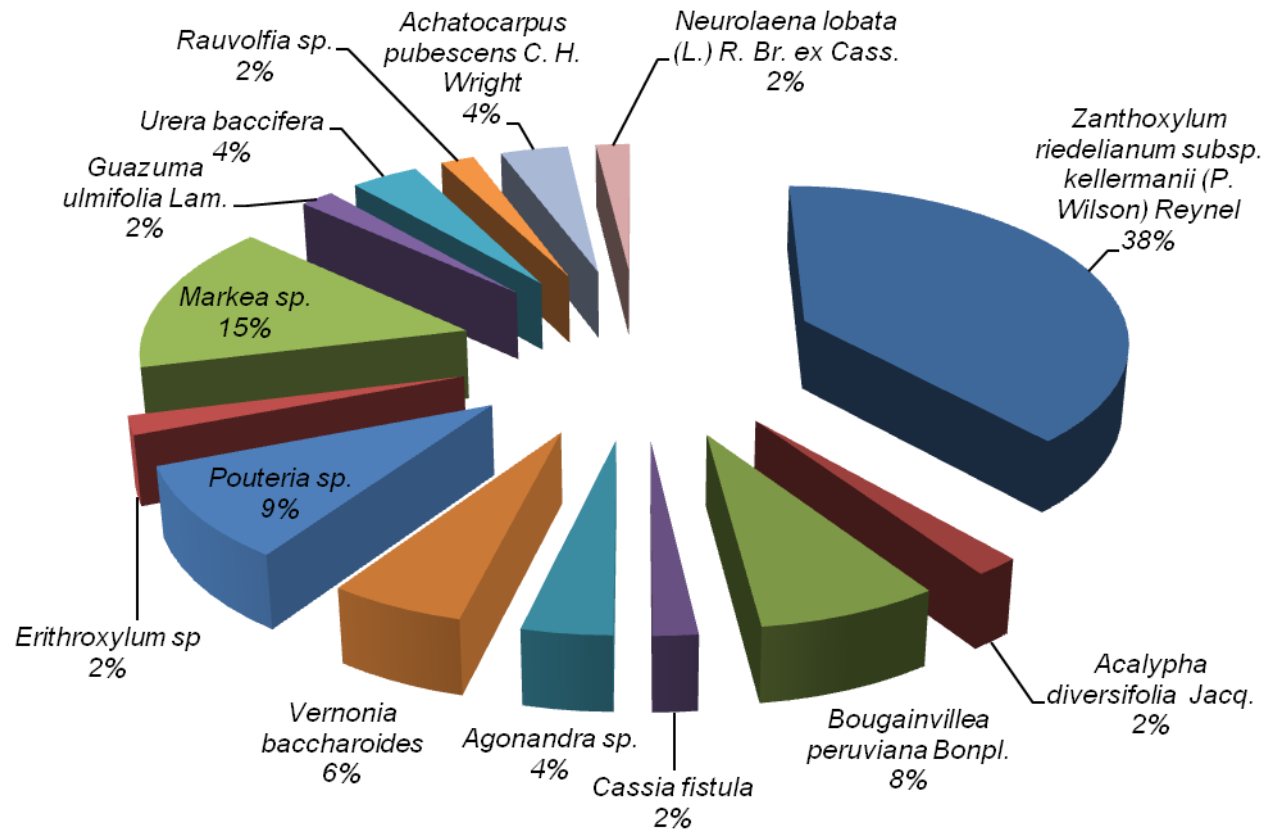
## ANEXO 19

### ABUNDANCIA SUBUM PONGA 1



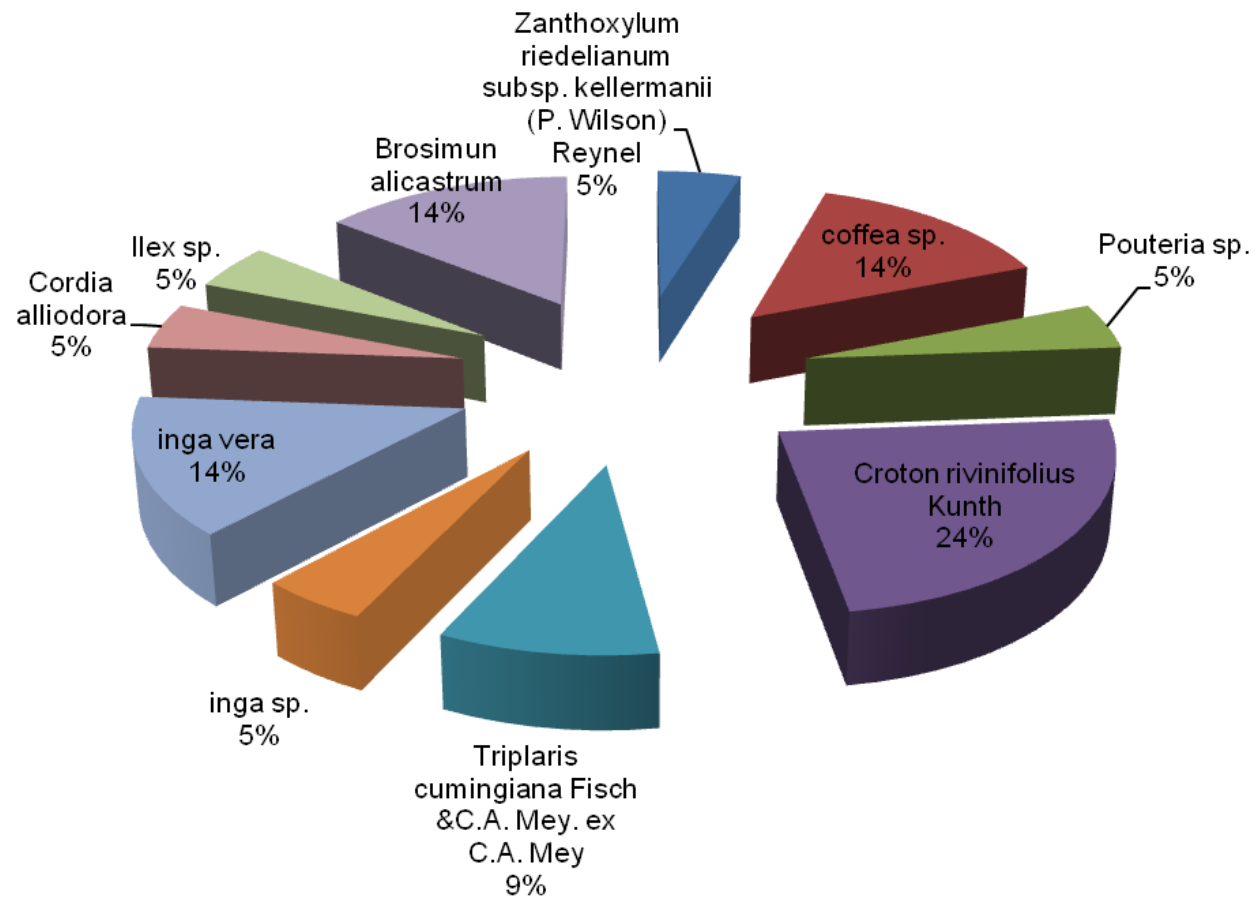
## ANEXO 20

### ABUNDANCIA SUBUNIDAD PONGA 2



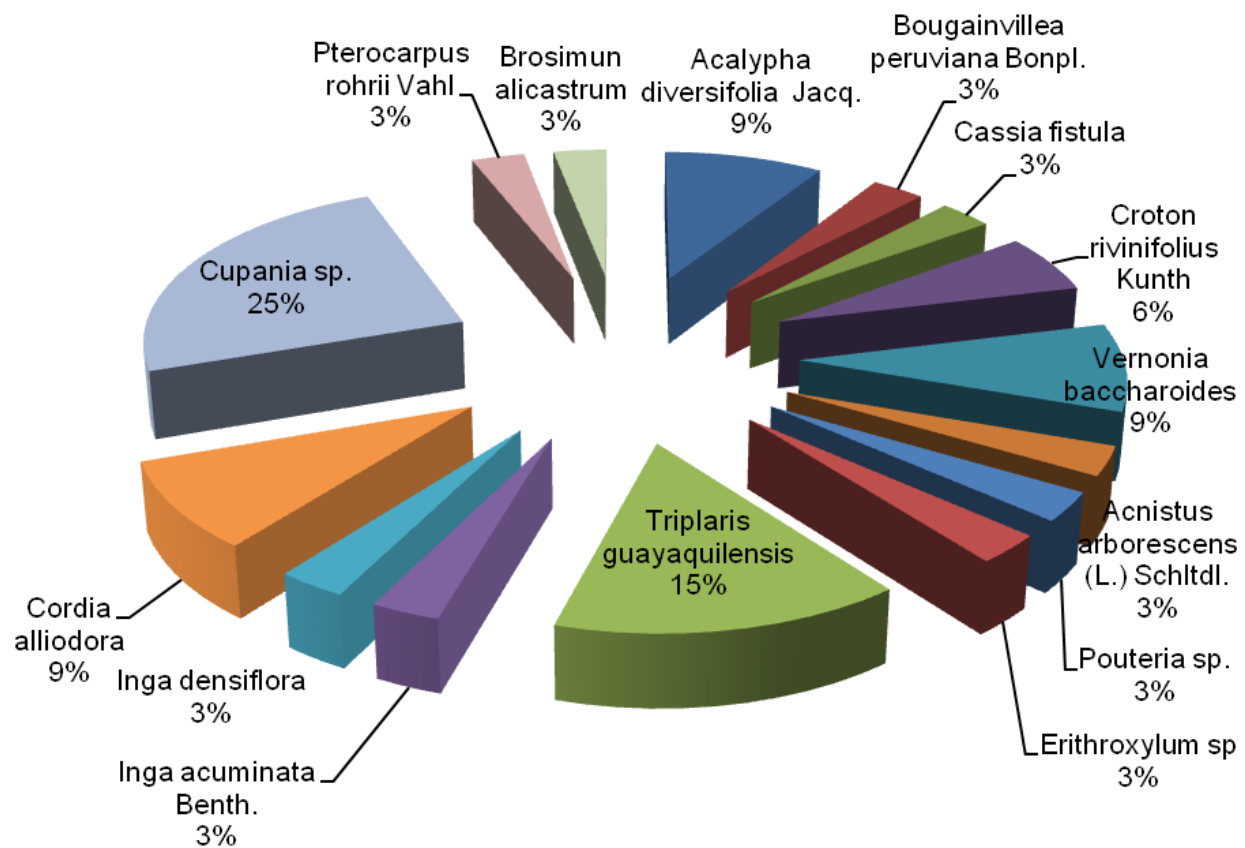
## ANEXO 21

### ABUNDANCIA REGENERACION UNIDAD BRAMONA 1



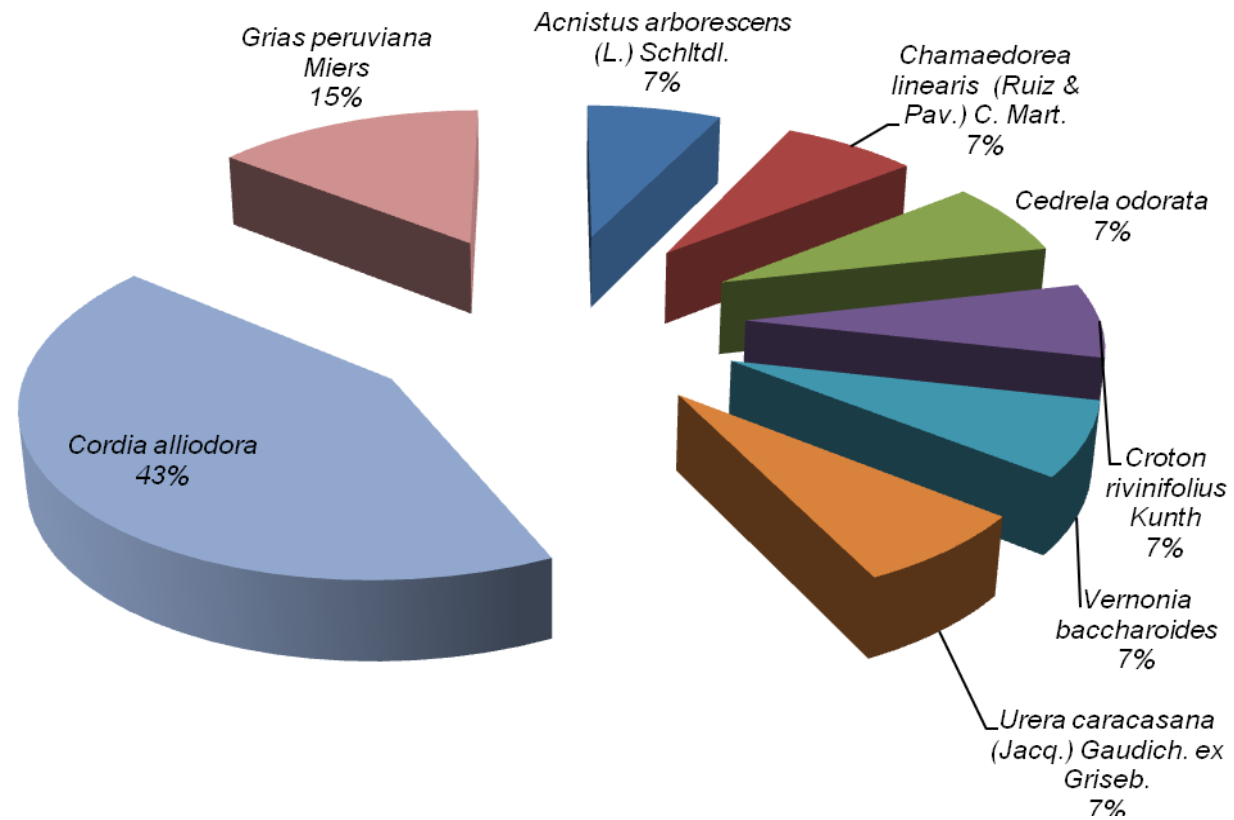
## ANEXO 22

### ABUNDANCIA REGENERACION BRAMONA 2



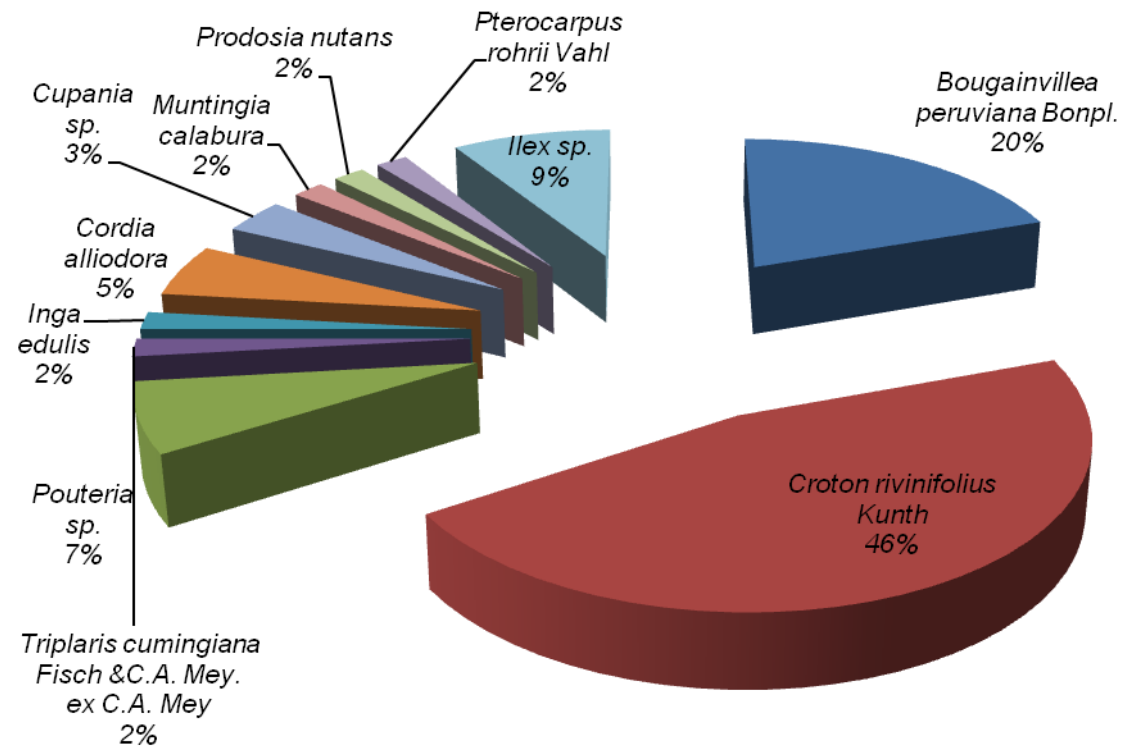
## ANEXO 23

### ABUNDANCIA REGENERACION UNIDAD HUACA 1



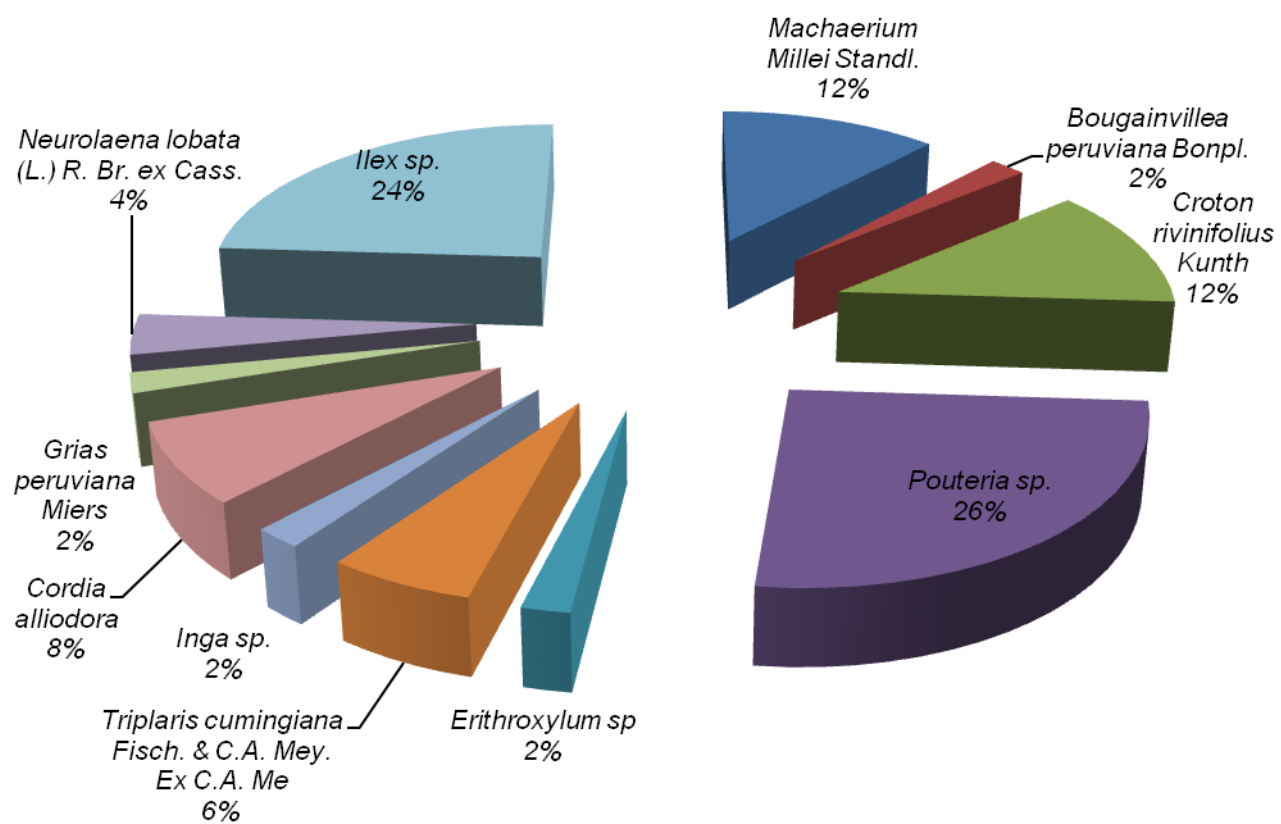
## ANEXO 24

### ABUNDANCIA REGENERACION HUACA 2



## ANEXO 25

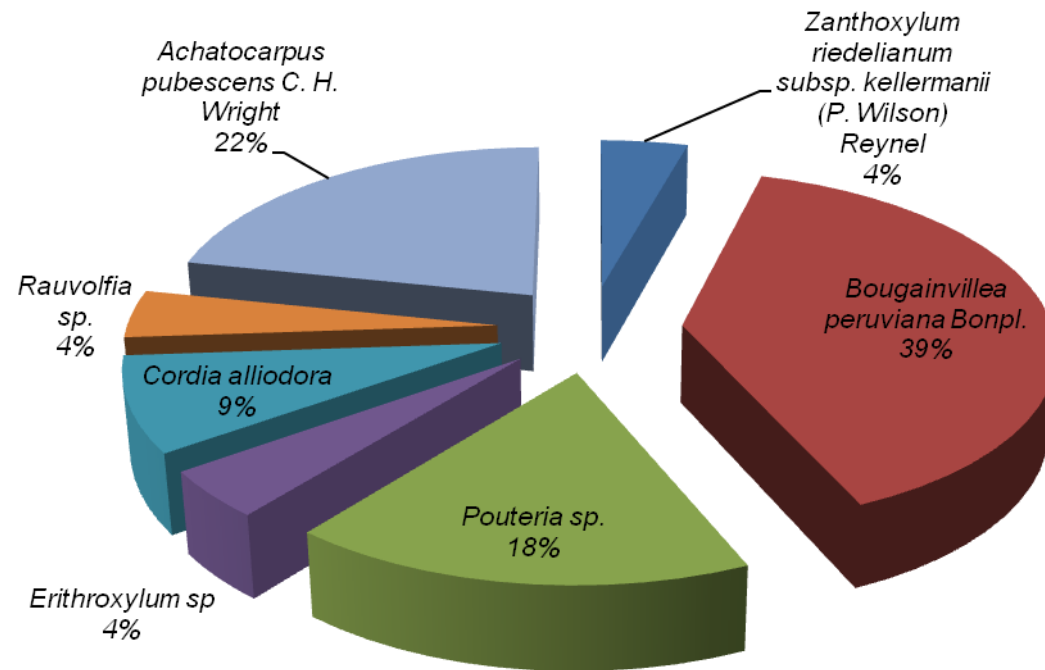
### ABUNDANCIA REGENERACION UNIDAD PONGA 1





## ANEXO 26

### ABUNDANCIA REGENERACION UNIDAD PONGA 2



## ANEXO 27

NOMBRE CIENTIFICO	BRAMONA1	BRAMONA 2
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	4	42
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schtdl.		9
<i>Arbutus unedo</i> L.	2	
<i>Arrabidaea</i> sp.	2	
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.		1
<i>Brosimum alicastrum</i>	4	1
<i>Cassia fistula</i>	2	1
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	1	3
<i>Cedrela filillis</i>		1
<i>Chrysochlamys macrophylla</i> Pax.	5	
<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq. subsp. panamense	4	
<i>Clarisia racemosa</i>	5	
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	1	
<i>coffea</i> sp.	3	
<i>Cordia alliodora</i>	1	27
<i>Cordia collococca</i> sandmark.	3	7
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	6	2
<i>Cupania</i> sp.		8
<i>Erithroxylum</i> sp		2
<i>Ficus insipida</i> Willd.	1	1
<i>Garcinia madruno</i> (kunth) Hammel	1	
<i>Grias peruviana</i> Miers	1	
<i>Ilex</i> sp.	2	
<i>Inga acuminata</i> Benth.	2	1
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.		1
<i>Inga densiflora</i>	2	3
<i>inga</i> sp.	1	
<i>inga vera</i>	3	
<i>Leucaena Trichodes</i> (jacq.) Benth		1
<i>Matisia grandiflora</i> Little.		1
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	1	1
<i>Pouteria</i> sp.		12
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl		2
<i>Trichilia</i> sp.	1	1
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch &C.A. Mey. ex C.A. Mey	5	8
<i>Urera baccifera</i>	3	2
<i>Vernonia baccharoides</i>	14	12
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel	4	1
<b>ARBOLES</b>	<b>84</b>	<b>151</b>

## ANEXO 28

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>HUACA 1</b>	<b>HUACA 2</b>
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.		4
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schtdl.	1	
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.		47
<i>Brosimum alicastrum</i>		1
<i>Cassia fistula</i>		3
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	4	
<i>Cedrela filillis</i>	2	
<i>Cedrela odorata</i>	5	
<i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz & Pav.) C. Mart.	2	
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.		7
<i>Cordia alliodora</i>	24	4
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	1	38
<i>Cupania</i> sp.		3
<i>Gallesia Integrifolia</i> (Spreng.) Harms.		2
<i>Grias peruviana</i> Miers	2	1
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	1	
<i>Ilex</i> sp.		32
<i>Inga acuminata</i> Benth.		2
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	
<i>Inga edulis</i>		1
<i>Muntingia calabura</i>	2	1
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.		1
<i>Pouteria</i> sp.		16
<i>Prodosia nutans</i>		1
<i>Prosopis juliflora</i>	2	
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl		1
<i>Trichilia</i> sp.		2
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey		1
<i>Urera baccifera</i>	1	
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	3	
<i>Vernonia baccharoides</i>	2	1
<b>ARBOLES</b>	<b>53</b>	<b>169</b>

## ANEXO 29

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>Ponga 1</b>	<b>Ponga 2</b>
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	6	1
<i>Achatocarpus pubescens</i> C. H. Wright		7
<i>Agonandra</i> sp.	3	2
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	2	15
<i>Cassia fistula</i>	10	1
<i>Cordia alliodora</i>	7	2
<i>Cordia collococca</i> sandmark.		1
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	30	
<i>Cynophalla</i> sp.	1	
<i>Cythrarexylum</i> sp.		1
<i>Erithroxylum</i> sp.	1	3
<i>Ficus</i> sp.	1	1
<i>Grias peruviana</i> Miers	1	
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	4	6
<i>Ilex</i> sp.	20	
<i>Inga acuminata</i> Benth.	2	
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	
<i>Inga</i> sp.	2	
<i>Machaerium Millei</i> Standl.	8	
<i>Markea</i> sp.		9
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	6	3
<i>Pleurothyrium trianae</i> (Mez) Rohwer	1	
<i>Pouteria</i> sp.	31	9
<i>Rauvolfia</i> sp.		2
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	6	2
<i>Urera baccifera</i>		2
<i>Vernonia baccharoides</i>		3
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel	1	21
<i>Zizyphus thysiflora</i>		1
<b>ARBOLES</b>	<b>144</b>	<b>92</b>

## ANEXO 30

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>BRAMONA</b>	<b>HUACA</b>
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	46	4
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schtdl.	9	1
<i>Arbutus unedo</i> L.	2	
<i>Arrabidaea</i> sp.	2	
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	1	47
<i>Brosimum alicastrum</i>	5	1
<i>Cassia fistula</i>	3	3
<i>Cecropia littoralis</i> Smetn.	4	4
<i>Cedrela thillii</i>	1	2
<i>Cedrela odorata</i>		5
<i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz & Pav.) C. Mart.		2
<i>Chrysochlamys macrophylla</i> Pax.	5	
<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq. subsp. panamense	4	
<i>Clarisia racemosa</i>	5	
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	1	7
<i>coffea</i> sp.	3	
<i>Cordia alliodora</i>	28	28
<i>Cordia collococca</i> sandmark.	10	
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	8	39
<i>Cupania</i> sp.	8	3
<i>Erithroxylum</i> sp	2	
<i>Ficus insipida</i> Willd.	2	
<i>Galessia integrifolia</i> (Spreng.) Harms.		2
<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel	1	
<i>Grias peruviana</i> Miers	1	3
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.		1
<i>Ilex</i> sp.	2	32
<i>Inga acuminata</i> Benth.	3	2
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	1
<i>Inga densiflora</i>	5	
<i>Inga edulis</i>		1
<i>Inga</i> sp.	1	
<i>Inga vera</i>	3	
<i>Leucaena Trichodes</i> (Jacq.) Benth	1	
<i>Matisia grandiflora</i> Little.	1	
<i>Muntingia calabura</i>		3
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	2	1
<i>Pouteria</i> sp.	12	16
<i>Prodosia nutans</i>		1
<i>Prosopis juliflora</i>		2
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	2	1
<i>Trichilia</i> sp.	2	2
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	13	1
<i>Urera baccifera</i>	5	1
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.		3
<i>Vernonia baccharoides</i>	26	3
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel	5	
<b>ARBOLES</b>	<b>235</b>	<b>222</b>

## ANEXO 31

NOMBRE CIENTIFICO	BRAMONA	PONGA
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	46	7
<i>Achatocarpus pubescens</i> C. H. Wright		7
<i>Achistus arborescens</i> (L.) Schldl.	9	
<i>Agonandra</i> sp.		5
<i>Arbutus unedo</i> L.	2	
<i>Arrabidaea</i> sp.	2	
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	1	17
<i>Brosimum alicastrum</i>	5	
<i>Cassia fistula</i>	3	11
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	4	
<i>Cedrela filillis</i>	1	
<i>Cedrela odorata</i>		
<i>Cedrela odorata</i>		
<i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz & Pav.) C. Mart.		
<i>Chrysochlamys macrophylla</i> Pax.	5	
<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq. subsp. panamense	4	
<i>Clarisia racemosa</i>	5	
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	1	
<i>coffea</i> sp.	3	
<i>Cordia alliodora</i>	28	9
<i>Cordia collococca</i> sandmark.	10	1
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	8	30
<i>Cynophalla</i> sp.		1
<i>Cythrarexylum</i> sp.		1
<i>Cupania</i> sp.	8	
<i>Erithroxylum</i> sp.	2	4
<i>Ficus insipida</i> Willd.	2	
<i>Ficus</i> sp.		2
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms.		
<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel	1	
<i>Grias peruviana</i> Miers	1	1
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.		10
<i>Ilex</i> sp.	2	20
<i>Inga acuminata</i> Benth.	3	2
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	1
<i>Inga densiflora</i>	5	
<i>Inga edulis</i>		
<i>inga</i> sp.	1	2
<i>inga vera</i>	3	
<i>Leucaena Trichodes</i> (Jacq.) Benth	1	
<i>Machaerium Millei</i> Standl.		8
<i>Markea</i> sp.		9
<i>Matisia grandiflora</i> Little.	1	
<i>Muntingia calabura</i>		
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	2	9
<i>Pleurothyrium trianae</i> (Mez) Rohwer		1
<i>Pouteria</i> sp.	12	40
<i>Prodosia nutans</i>		
<i>Prosopis juliflora</i>		
<i>Rauvolfia</i> sp.		2
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	2	
<i>Trichilia</i> sp.	2	
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	13	8
<i>Urera baccifera</i>	5	2
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.		
<i>Vernonia baccharoides</i>	26	3
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel	5	22
<i>Zizyphus thysiflora</i>		1
<b>ARBOLES</b>	235	236

## ANEXO 32

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>HUACA</b>	<b>PONGA</b>
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	4	7
<i>Achatocarpus pubescens</i> C. H. Wright		7
<i>Achistus arborescens</i> (L.) Schldl.	1	
<i>Agonandra</i> sp.		5
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	47	17
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	
<i>Cassia fistula</i>	3	11
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	4	
<i>Cedrela filillis</i>	2	
<i>Cedrela odorata</i>	5	
<i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz & Pav.) C. Mart.	2	
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	7	
<i>Cordia alliodora</i>	28	9
<i>Cordia collococca</i> sandmark.		1
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	39	30
<i>Cupania</i> sp.	3	
<i>Cynophalla</i> sp.		1
<i>Cythrarexylum</i> sp.		1
<i>Erithroxylum</i> sp		4
<i>Ficus</i> sp.		2
<i>Gallesia Integrifolia</i> (Spreng.) Harms.	2	
<i>Grias peruviana</i> Miers	3	1
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	1	10
<i>Ilex</i> sp.	32	20
<i>Inga acuminata</i> Benth.	2	2
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	1
<i>Inga edulis</i>	1	
<i>Inga</i> sp.		2
<i>Machaerium Milleri</i> Standl.		8
<i>Markea</i> sp.		9
<i>Muntingia calabura</i>	3	
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	1	9
<i>Pleurothyrium trianae</i> (Mez) Rohwer		1
<i>Pouteria</i> sp.	16	40
<i>Prodosia nutans</i>	1	
<i>Prosopis juliflora</i>	2	
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	1	
<i>Trichilia</i> sp.	2	
<i>Rauvolfia</i> sp.		2
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	1	8
<i>Urera baccifera</i>	1	2
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	3	
<i>Vernonia baccharoides</i>	3	3
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel		22
<i>Zizyphus thysiflora</i>		1
<b>ARBOLES</b>	<b>222</b>	<b>236</b>

## ANEXO 33

BRAMONA 1	UNIDAD	SUBUNIDAD
Acalypha diversifolia Jacq.	0	4
Arbutus unedo L.	0	5
Arrabidaea sp.	0	2
Brosimum alicastrum	0	1
Cassia fistula	0	2
Cecropia litoralis Sneathl.	1	0
Chrysophyllum argenteum Jacq. subsp. panamense	3	5
Clarisia racemosa	0	2
Coccoloba mollis Casar.	0	1
Cordia collococca sandmark.	1	2
Croton rivinifolius Kunth	1	0
Ficus insipida Willd.	1	0
Garcinia madruno (kunth) Hammel	0	1
Grias peruviana Miers	0	1
Inga densiflora	0	2
Ilex sp.	1	0
Inga acuminata Benth.	2	0
Neurolaena lobata (L.) R. Br. ex Cass.	0	1
Trichilia sp.	1	0
Triplaris cumingiana Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	1	2
Urera baccifera	0	3
Vernonia baccharoides	10	4
Zanthoxylum riedelianum subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel	2	1
	24	39

BRAMONA 1	UNIDAD	CUADROS
Cecropia litoralis Sneathl.	1	0
Chrysophyllum argenteum Jacq. subsp. panamense	3	1
coffea sp.	0	6
Cordia alliodora	0	1
Cordia collococca sandmark.	1	0
Croton rivinifolius Kunth	1	5
Ficus insipida Willd.	1	0
Ilex sp.	1	1
Inga acuminata Benth.	2	5
Trichilia sp.	1	0
Triplaris cumingiana Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	1	2
Vernonia baccharoides	10	0
Zanthoxylum riedelianum subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel	2	1
	24	22

BRAMONA 1	SUBUNIDAD	CUADROS
Acalypha diversifolia Jacq.	4	0
Arbutus unedo L.	5	0
Arrabidaea sp.	2	0
Brosimum alicastrum	1	0
Cassia fistula	2	0
Chrysophyllum argenteum Jacq. subsp. panamense	5	1
Clarisia racemosa	2	0
Coccoloba mollis Casar.	1	0
coffea sp.	0	6
Cordia alliodora	0	1
Cordia collococca sandmark.	2	0
Croton rivinifolius Kunth	0	5
Garcinia madruno (kunth) Hammel	1	0
Grias peruviana Miers	1	0
Inga densiflora	2	0
Ilex sp.	0	1
Inga acuminata Benth.	0	5
Neurolaena lobata (L.) R. Br. ex Cass.	1	0
Triplaris cumingiana Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	2	2
Urera baccifera	3	0
Vernonia baccharoides	4	0
Zanthoxylum riedelianum subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel	1	1
	39	22



## ANEXO 34

BRAMONA 2	UNIDAD	SUBUNIDAD
Acalypha diversifolia Jacq.	9	30
Acnistus arborescens (L.) Schlttdl.	0	8
Cecropia litoralis Snethl.	3	0
Cedrela fiilllis	1	0
Cordia alliodora	4	20
Cordia collococca sandmark.	2	5
Erithroxylum sp	0	1
Ficus Insipida Willd.	1	0
Inga carinata T.D. Penn.	1	0
Inga densiflora	1	1
Leucaena Trichodes (jacq.) Benth	1	0
Matisia grandiflora Little.	0	1
Neurolaena lobata (L.) R. Br. ex Cass.	0	1
Pouteria sp.	0	11
Pterocarpus rohrii Vahl	1	0
Ruagea glabra Triana & Planch	1	0
Triplaris cumingiana Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	0	3
Urera baccifera	2	0
Vernonia baccharoides	6	3
Zanthoxylum riedelianum subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel	0	1
	33	85

BRAMONA 2	UNIDAD	CUADROS
Acalypha diversifolia Jacq.	9	3
Acnistus arborescens (L.) Schlttdl.	0	1
Bougainvillea peruviana Bonpl.	0	1
Brosimun alicastrum	0	1
Cassia fistula	0	1
Cecropia litoralis Snethl.	3	0
Cedrela fiilllis	1	0
Cordia alliodora	4	3
Cordia collococca sandmark.	2	2
Cupania sp.	0	8
Erithroxylum sp	0	1
Inga densiflora	1	1
Ficus Insipida Willd.	1	1
Inga carinata T.D. Penn.	1	0
Inga densiflora	1	0
Leucaena Trichodes (jacq.) Benth	1	0
Matisia grandiflora Little.	0	0
Neurolaena lobata (L.) R. Br. ex Cass.	0	0
Pouteria sp.	0	1
Pterocarpus rohrii Vahl	1	1
Ruagea glabra Triana & Planch	1	0
Triplaris cumingiana Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	0	5
Urera baccifera	2	0
Vernonia baccharoides	6	3
	34	33

BRAMONA 2	SUBUNIDAD	CUADROS
Acalypha diversifolia Jacq.	30	3
Acnistus arborescens (L.) Schlttdl.	8	1
Bougainvillea peruviana Bonpl.	0	1
Brosimun alicastrum	0	1
Cassia fistula	0	1
Cordia alliodora	20	3
Cordia collococca sandmark.	5	0
Croton rivinifolius Kunth	0	2
Cupania sp.	0	8
Erithroxylum sp	1	1
Inga acuminata Benth.	0	1
Inga densiflora	1	1
Matisia grandiflora Little.	1	0
Neurolaena lobata (L.) R. Br. ex Cass.	1	0
Pouteria sp.	11	1
Pterocarpus rohrii Vahl	0	1
Triplaris cumingiana Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	3	5
Vernonia baccharoides	3	3
Zanthoxylum riedelianum subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel	1	0
	85	33

## ANEXO 35

HUACA 1	UNIDAD	SUBUNIDAD
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	2	2
<i>Cedrela filillis</i>	2	0
<i>Cedrela odorata</i>	1	0
<i>Cedrela</i> sp.	0	3
<i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz & Pav.) C. Mart.	1	0
<i>Cordia alliodora</i>	6	12
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	0	1
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	0	1
<i>Muntingia calabura</i>	2	0
<i>Prosopis juliflora</i>	0	2
<i>Urera baccifera</i>	0	2
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	0	1
<i>Vernonia baccharoides</i>	0	1
	14	23

HUACA 1	UNIDAD	CUADROS
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schlttdl.	0	1
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	2	0
<i>Cedrela agustifolia</i>	0	1
<i>Cedrela filillis</i>	2	0
<i>Cedrela odorata</i>	1	0
<i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz & Pav.) C. Mart.	1	1
<i>Cordia alliodora</i>	6	6
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	0	1
<i>Grias peruviana</i> Miers	0	2
<i>Muntingia calabura</i>	2	0
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	0	1
<i>Vernonia baccharoides</i>	0	1
	14	14

HUACA 1	SUBUNIDAD	CUADROS
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schlttdl.	0	1
<i>Cecropia litoralis</i> Snethl.	2	0
<i>Cedrela agustifolia</i>	0	1
<i>Cedrela</i> sp.	3	0
<i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz & Pav.) C. Mart.	0	1
<i>Cordia alliodora</i>	12	6
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	0	1
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	1	0
<i>Grias peruviana</i> Miers	0	2
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	0
<i>Prosopis juliflora</i>	2	0
<i>Urera baccifera</i>	2	0
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	1	1
<i>Vernonia baccharoides</i>	1	1
	23	14

## ANEXO 36

HUACA 2	UNIDAD	SUBUNIDAD
Acalypha diversifolia Jacq.	0	4
Bougainvillea peruviana Bonpl.	9	27
Brosimum alicastrum	1	0
Cassia fistula	1	2
Coccoloba mollis Casar.	0	7
Cordia alliodora	1	0
Croton rivinifolius Kunth	3	9
Cupania sp.	1	0
Gallesia Integrifolia (Spreng.) Harms.	1	1
Grias peruviana Miers	0	1
Ilex sp.	6	21
Inga acuminata Benth.	0	2
Neurolaena lobata (L.) R. Br. ex Cass.	0	1
Pouteria sp.	1	11
Trichilia sp.	2	0
Vernonia baccharoides	1	0
	27	86

HUACA 2	UNIDAD	CUADROS
Bougainvillea peruviana Bonpl.	9	11
Brosimum alicastrum	1	0
Cassia fistula	1	0
Cordia alliodora	1	3
Croton rivinifolius Kunth	3	26
Cupania sp.	1	2
Gallesia Integrifolia (Spreng.) Harms.	1	0
Ilex sp.	6	5
Inga edulis	0	1
Muntingia calabura	0	1
Pouteria sp.	1	4
Prodosia nutans	0	1
Pterocarpus rohrii Vahl	0	1
Trichilia sp.	2	0
Triplaris cumingiana Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	0	1
Vernonia baccharoides	1	0
	27	56

HUACA 2	SUBUNIDAD	CUADROS
Acalypha diversifolia Jacq.	4	0
Bougainvillea peruviana Bonpl.	27	11
Cassia fistula	2	0
Coccoloba mollis Casar.	7	0
Cordia alliodora	0	3
Croton rivinifolius Kunth	9	26
Cupania sp.	0	2
Gallesia Integrifolia (Spreng.) Harms.	1	0
Grias peruviana Miers	1	0
Ilex sp.	21	5
Inga acuminata Benth.	2	0
Inga edulis	0	1
Muntingia calabura	0	1
Neurolaena lobata (L.) R. Br. ex Cass.	1	0
Pouteria sp.	0	4
Prodosia nutans	0	1
Pouteria sp.	11	0
Pterocarpus rohrii Vahl	0	1
Triplaris cumingiana Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	0	1
	86	56

## ANEXO 37

PONGA 1	UNIDAD	SUBUNIDAD
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	5	1
<i>Agonandra</i> sp.	1	2
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	0	1
<i>Cassia fistula</i>	1	9
<i>Cordia alliodora</i>	2	1
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	9	15
<i>Cynophalla</i> sp.	1	0
<i>Ficus</i> sp.	0	1
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	4	0
<i>Ilex</i> sp.	1	7
<i>Inga acuminata</i> Benth.	0	2
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	0
<i>Machaerium Millei</i> Standl.	2	0
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	0	4
<i>Pleurothyrium trianae</i> (Mez) Rohwer	1	0
<i>Pouteria</i> sp.	9	9
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	3	0
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel	1	0
	40	52

PONGA 1	UNIDAD	CUADROS
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	5	0
<i>Agonandra</i> sp.	1	0
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	0	1
<i>Cassia fistula</i>	1	0
<i>Cordia alliodora</i>	2	4
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	9	6
<i>Cynophalla</i> sp.	1	0
<i>Erithroxylum</i> sp.	0	1
<i>Grias peruviana</i> Miers	0	1
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	4	0
<i>Ilex</i> sp.	1	11
<i>inga</i> sp.	0	1
<i>Inga acuminata</i> Benth.	0	0
<i>Inga carinata</i> T.D. Penn.	1	0
<i>Machaerium Millei</i> Standl.	2	6
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	0	2
<i>Pleurothyrium trianae</i> (Mez) Rohwer	1	0
<i>Pouteria</i> sp.	9	14
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	3	3
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel	1	0
	40	50

PONGA 1	SUBUNIDAD	CUADROS
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	1	0
<i>Agonandra</i> sp.	2	0
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	1	1
<i>Cassia fistula</i>	9	0
<i>Cordia alliodora</i>	1	4
<i>Croton rivinifolius</i> Kunth	15	6
<i>Erithroxylum</i> sp.	0	1
<i>Ficus</i> sp.	1	0
<i>Grias peruviana</i> Miers	0	1
<i>Ilex</i> sp.	7	11
<i>inga</i> sp.	0	1
<i>Inga acuminata</i> Benth.	2	0
<i>Machaerium Millei</i> Standl.	0	6
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.	4	2
<i>Pouteria</i> sp.	9	14
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch & C.A. Mey. ex C.A. Mey	0	3
	52	50

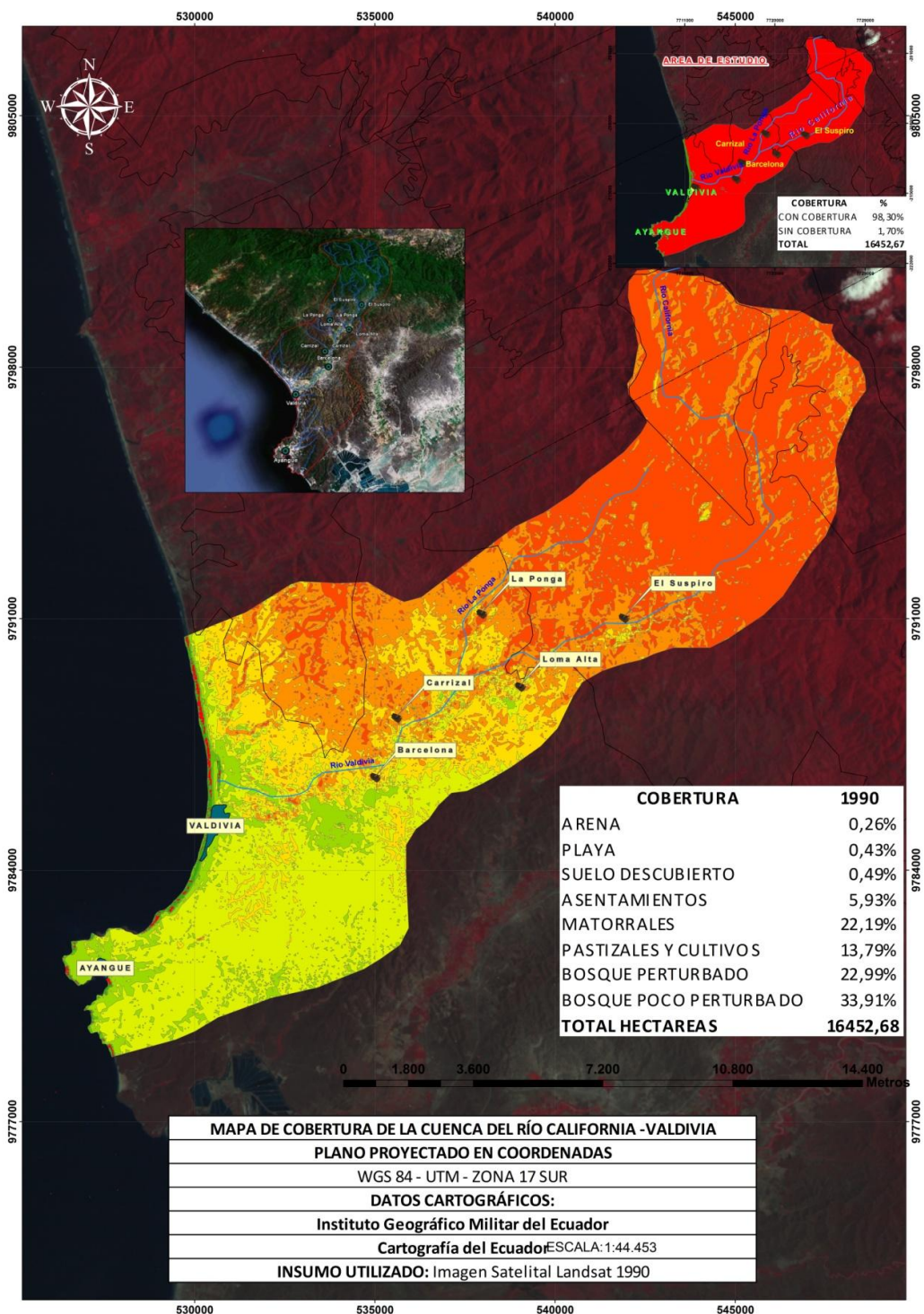
## ANEXO 38

<b>PONGA 2</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>SUBUNIDAD</b>
Acalypha diversifolia Jacq.	0	1
Achatocarpus pubescens C. H. Wright	0	2
Agonandra sp.	0	2
Bougainvillea peruviana Bonpl.	2	4
Cassia fistula	0	1
Cordia collococca sandmark.	1	0
Cythrarexylum sp.	1	0
Erithroxylum sp	1	1
Guazuma ulmifolia Lam.	5	1
Markea sp.	1	8
Neurolaena lobata (L.) R. Br. ex Cass.	2	1
Pouteria sp.	1	5
Rauvolfia sp.	0	1
Triplaris guayaquilensis	2	0
Urera baccifera	0	2
Vernonia baccharoides	0	3
Zanthoxylum riedelianum subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel	0	20
Zizyphus thysiflora	1	0
	17	52
<b>PONGA 2</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CUADROS</b>
Achatocarpus pubescens C. H. Wright	0	5
Bougainvillea peruviana Bonpl.	2	9
Cordia alliodora	0	2
Cordia collococca sandmark.	1	0
Cythrarexylum sp.	1	0
Erithroxylum sp	1	1
Guazuma ulmifolia Lam.	5	0
Markea sp.	1	0
Neurolaena lobata (L.) R. Br. ex Cass.	2	0
Pouteria sp.	1	4
Rauvolfia sp.	0	1
Triplaris guayaquilensis	2	0
Zanthoxylum riedelianum subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel	0	1
Zizyphus thysiflora	1	0
	17	23
<b>PONGA 2</b>	<b>SUBUNIDAD</b>	<b>CUADROS</b>
Acalypha diversifolia Jacq.	1	0
Achatocarpus pubescens C. H. Wright	2	5
Agonandra sp.	2	0
Bougainvillea peruviana Bonpl.	4	9
Cassia fistula	1	0
Cordia alliodora	0	2
Erithroxylum sp	1	1
Guazuma ulmifolia Lam.	1	0
Markea sp.	8	0
Neurolaena lobata (L.) R. Br. ex Cass.	1	0
Pouteria sp.	5	4
Rauvolfia sp.	1	1
Urera baccifera	2	0
Vernonia baccharoides	3	0
Zanthoxylum riedelianum subsp. kellermanii (P. Wilson) Reynel	20	1
	52	23

## ANEXO 39

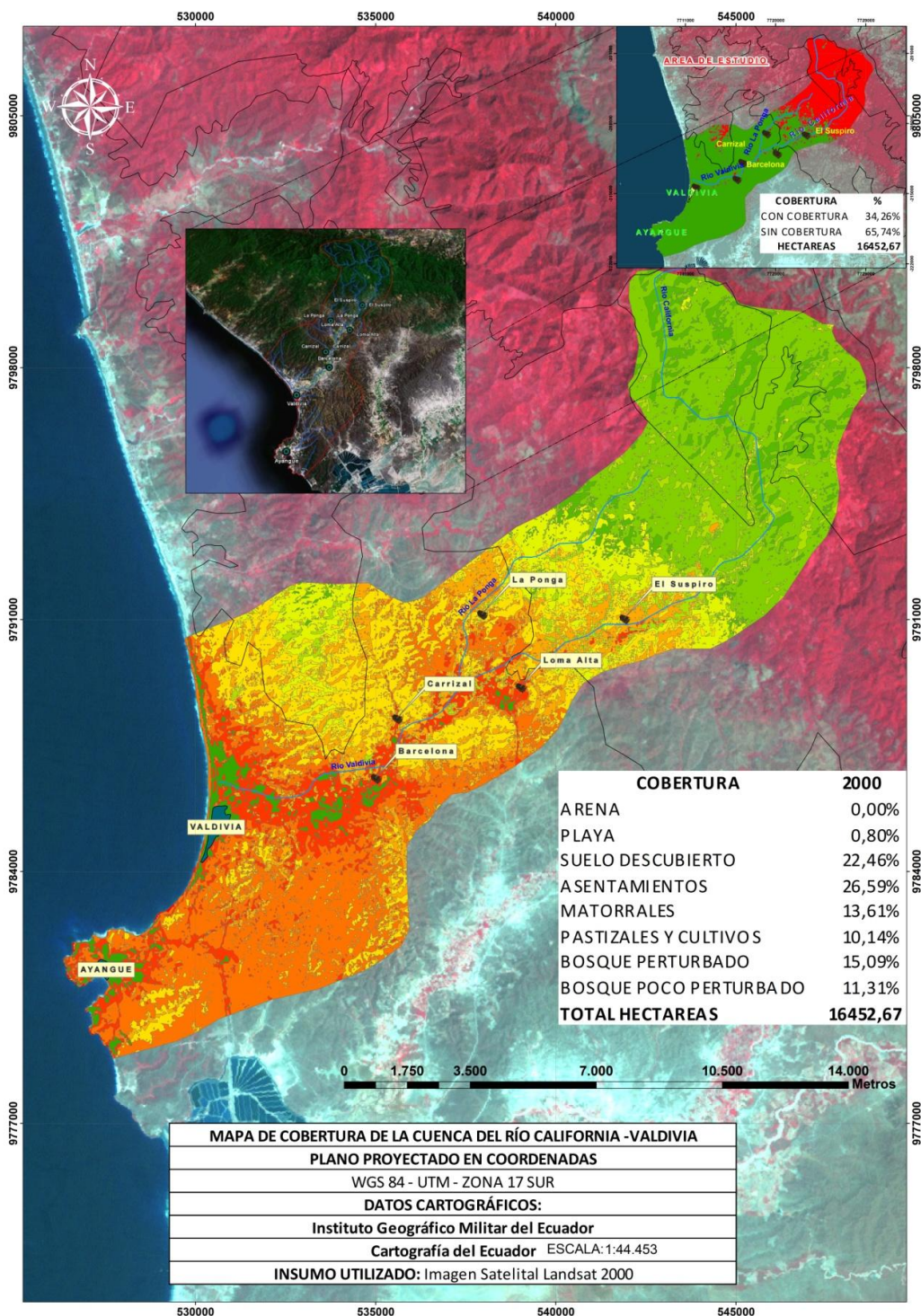
<u>NOMBRE VULGAR</u>	<u>FAMILIA</u>	<u>GENERO Y ESPECIE</u>
AJO	Phytolaccaceae	<u><i>Gallesia Integrifolia</i> (Spreng.) Harms.</u>
ALGARROBO	Mimosaceae	<u><i>Prosopis juliflora</i></u>
AZAFRAN DE MONTAÑA	Rutaceae	<u><i>Zanthoxylum riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel</u>
BEJUQUILLO	Bignoniaceae	<u><i>Arrabidaea</i> sp.</u>
BIJAMA	Euphorbiaceae	<u><i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.</u>
CABO DE HACHA	Fabaceae	<u><i>Machaerium Millei</i> Standl.</u>
CABO DE LAMPA	Nyctaginaceae	<u><i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.</u>
CADE	Arecaceae	<u><i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz &amp; Pav.) C. Mart.</u>
CAFÉ	Rubiaceae	<u><i>cofea</i> sp.</u>
CAFETILLO	Clusiaceae	<u><i>Chrysoclamys macrophylla</i> pax.</u>
CAIMITO	Sapotaceae	<u><i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq. subsp. <i>panamense</i></u>
CAÑA FISTOLA	Fabaceae	<u><i>Cassia fistula</i></u>
CEDRO	Pinaceae	<u><i>Cedrela odorata</i></u>
CEDRO CASTILLA	Pinaceae	<u><i>Cedrela fillilis</i></u>
CHALA	Capparaceae	<u><i>Croton rivinifolius</i> Kunth</u>
CHICORIA	Meliaceae	<u><i>Trichilia</i> sp.</u>
CHILCA	Asteraceae	<u><i>Vernonia baccharoides</i></u>
CHIQUINAI	Opiliaceae	<u><i>Agonandra</i> sp.</u>
COJOJO	Solanaceae	<u><i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schlttdl.</u>
COLORADA	Meliaceae	<u><i>Pouteria</i> sp.</u>
COLORADITA	Moraceae	<u><i>Ficus</i> sp.</u>
COLORADITO	Sapotaceae	<u><i>Pouteria</i> sp.</u>
COLORADO	Sapotaceae	<u><i>Pouteria</i> sp.</u>
COQUITO	Erythroxylaceae	<u><i>Erithroxylum</i> sp</u>
EBANO	Rhamnaceae	<u><i>Zizyphus thysiflora</i></u>
ESPANTA BRAVO	Solanaceae	<u><i>Markea</i> sp.</u>
FERNAN SANCHEZ	Polygonaceae	<u><i>Triplaris cumingiana</i> Fisch &amp; C.A. Mey. ex C.A. Mey</u>
GUABA	Mimosaceae	<u><i>inga</i> sp.</u>
GUABA 3 ESQUINAS	Mimosaceae	<u><i>Inga carinata</i> T.D. Penn.</u>
GUABA DE BEJUCO	Mimosaceae	<u><i>Inga edulis</i></u>
GUABA DE MICO	Mimosaceae	<u><i>Inga acuminata</i> Benth.</u>
GUABITA	Mimosaceae	<u><i>inga vera</i></u>
GUABO	Mimosaceae	<u><i>Inga densiflora</i></u>
GUARUMO	Cecropiaceae	<u><i>Cecropia litoralis</i> Sneathl.</u>
GUASMO	Sterculiaceae	<u><i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.</u>
GÜIA	Mimosaceae	<u><i>Leucaena Trichodes</i> (jacq.) Benth</u>
HIGUERON	Moraceae	<u><i>Ficus insipida</i> Willd.</u>
HIGUERON BLANCO	Moraceae	<u><i>Ficus Insipida</i> Willd.</u>
HORTIGUILLA MADRE	Urticaceae	<u><i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.</u>
HORTIGUILLO MACHO	Urticaceae	<u><i>Urera baccifera</i></u>
JIGUA AMARILLA	Lauraceae	<u><i>Pleurothyrium trianae</i> (Mez) Rohwer</u>
LAUREL	Boraginaceae	<u><i>Cordia alliodora</i></u>
LECHE PALO	Apocynaceae	<u><i>Rauvolfia</i> sp.</u>
LICUANCO	Polygonaceae	<u><i>Coccoloba mollis</i> Casar.</u>
MAMECILLO	Clusiaceae	<u><i>Garcinia madruno</i> (kunth) Hammel</u>
MARIA BRAVA	Sapindaceae	<u><i>Cupania</i> sp.</u>
MEMBRILLO	Lecytidaceae	<u><i>Grias peruviana</i> Miers</u>
MODROÑO	Ericaceae	<u><i>Arbutus unedo</i> L.</u>
MOLINILLO	Bombacaceae	<u><i>Matisia grandiflora</i> Little.</u>
MORAL	Moraceae	<u><i>Clarisia racemosa</i></u>
N. N.	Verbenaceae	<u><i>Cythrarexylum</i> sp.</u>
NEGRITA	Achatocarpaceae	<u><i>Achatocarpus pubescens</i> C. H. Wright</u>
NIGÜITO	Flacourtiaceae	<u><i>Muntingia calabura</i></u>
ORITO	Capparaceae	<u><i>Cynophalla</i> sp.</u>
PAIPAI	Sapoteaceae	<u><i>Prodosia nutans</i></u>
PALO BOBO	Asteraceae	<u><i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br. ex Cass.</u>
PALO DE AJO	Phytolaccaceae	<u><i>Gallesia Integrifolia</i> (Spreng.) Harms.</u>
PALO DE SANGRE	Fabaceae	<u><i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl</u>
PIÑUELO	Aquifoliaceae	<u><i>Ilex</i> sp.</u>
TILLO	Moraceae	<u><i>Brosimun alicastrum</i></u>
TUTUMBE	Boraginaceae	<u><i>Cordia collococca</i> sandmark.</u>

# ANEXO 40



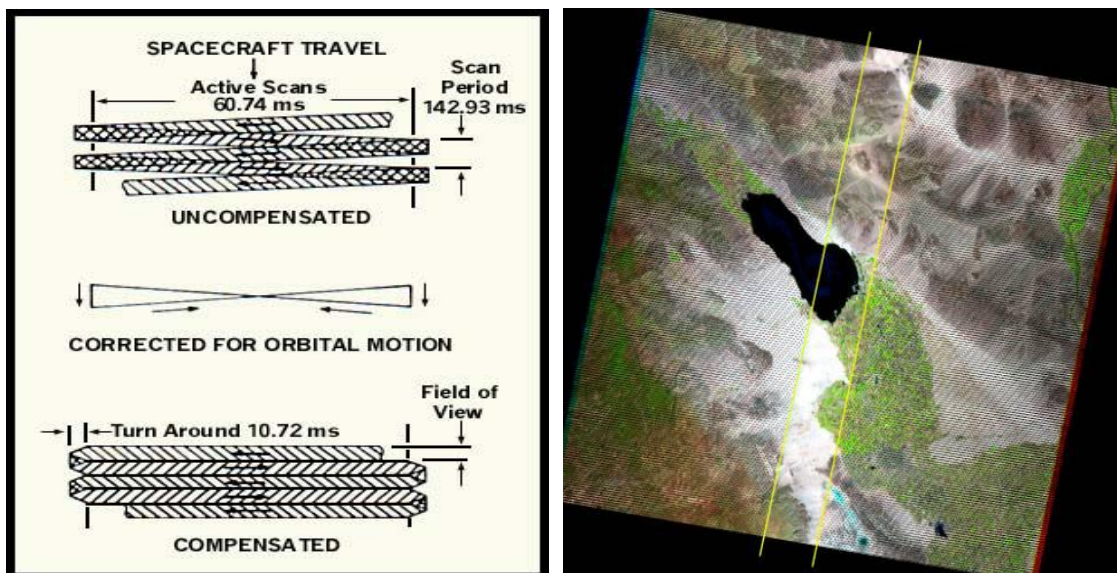


# ANEXO 41



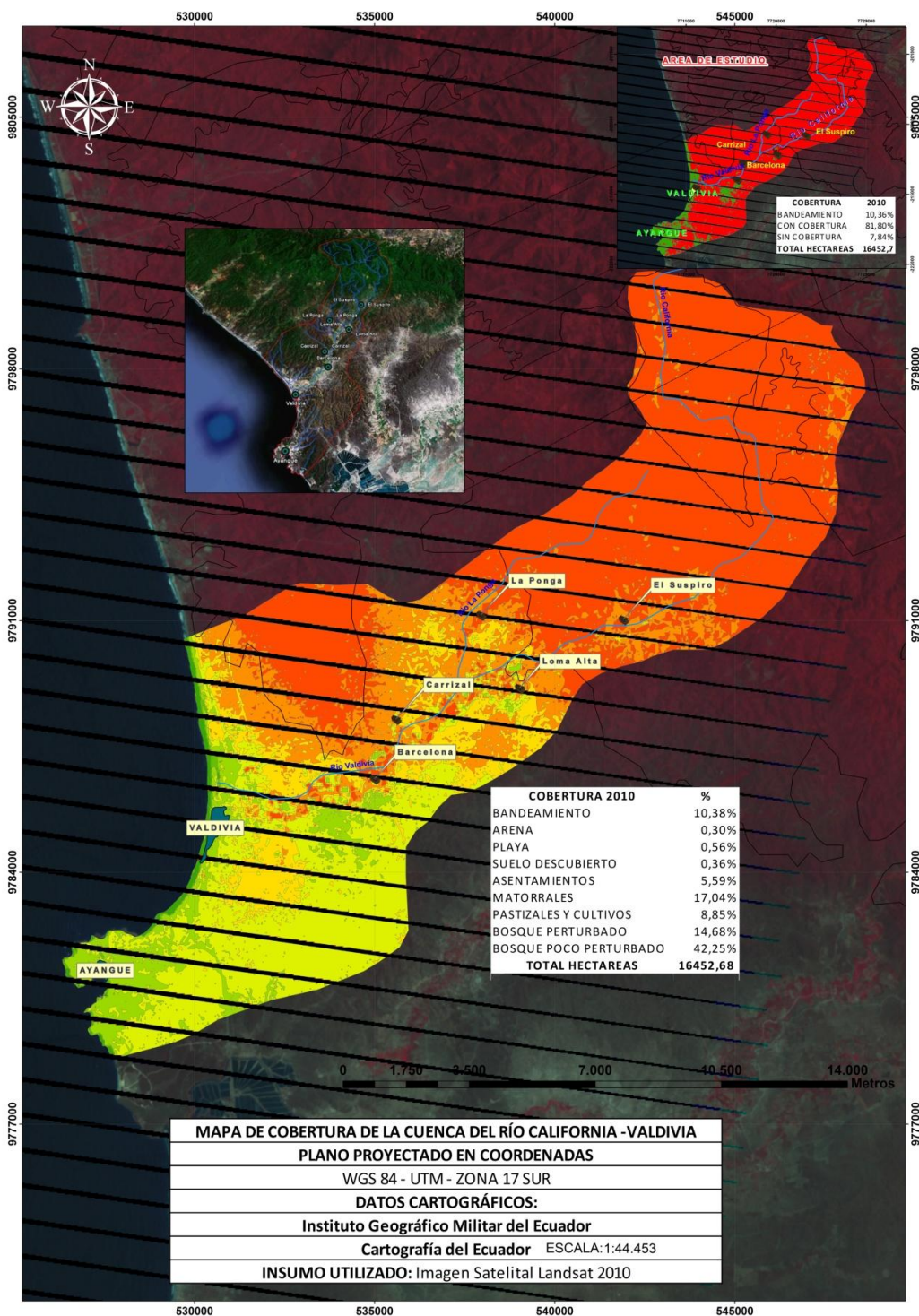


## ANEXO 42



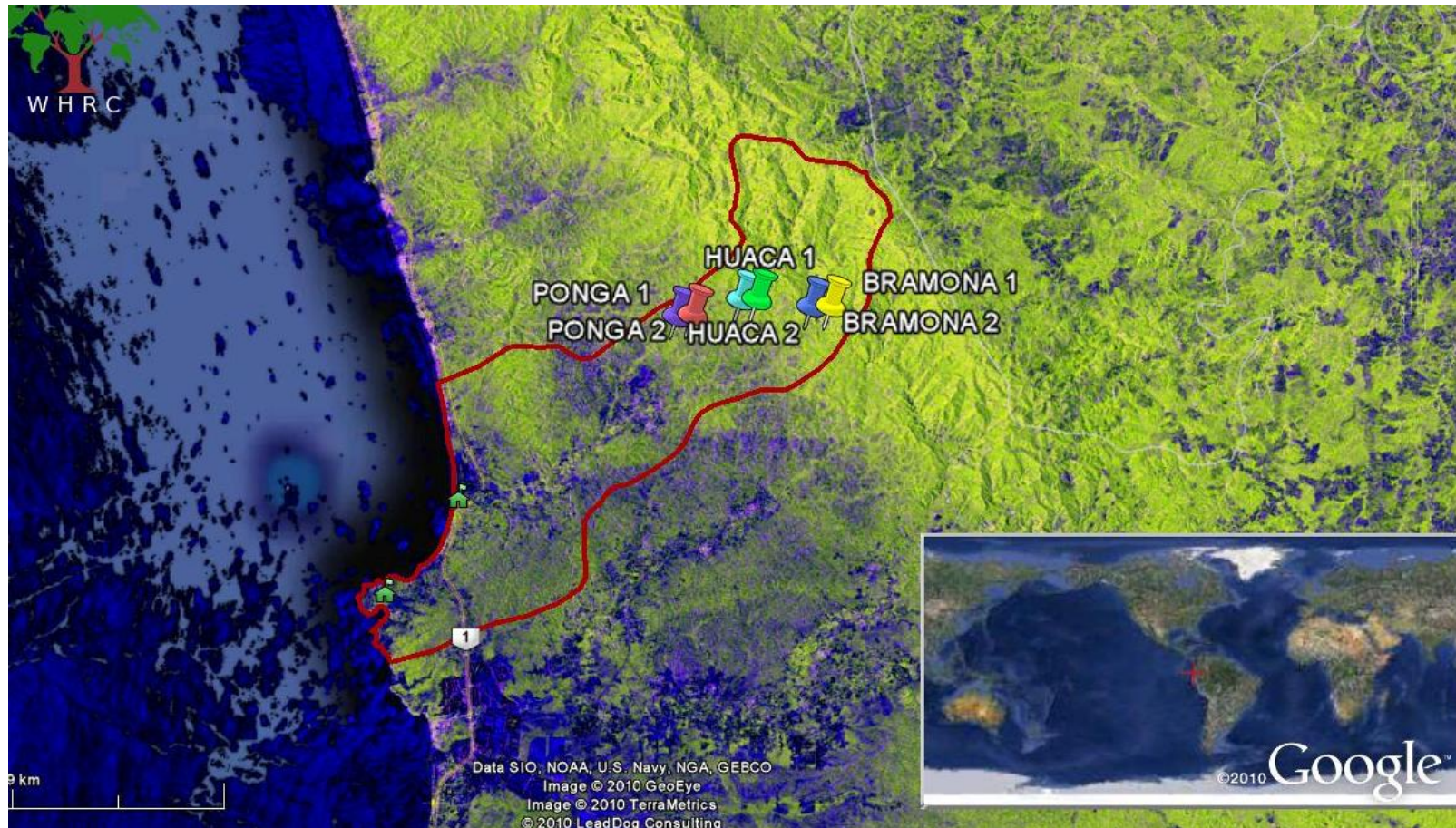
PERDIDA DE CALIDAD DE LA IMAGEN LANDSAT 7 POR BANDEAMIENTO POR FALLA DEL SENSOR SCAN LINE CORRECTOR

# ANEXO 43





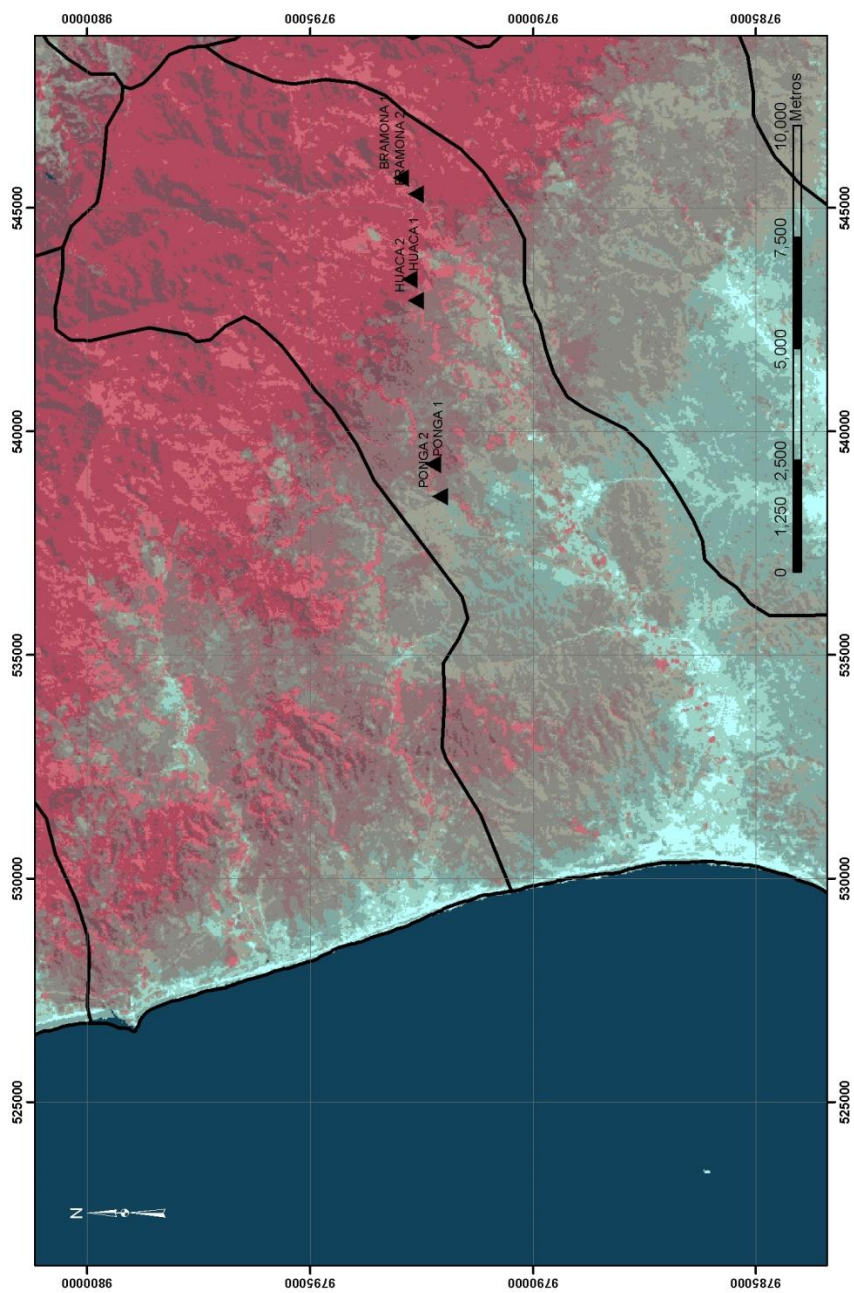
## ANEXO 44



**IMAGEN (RADAR) DE LA COBERTURA VEGETAL OBTENIDA DEL SATELITE ALOS 2007**

# ANEXO 45

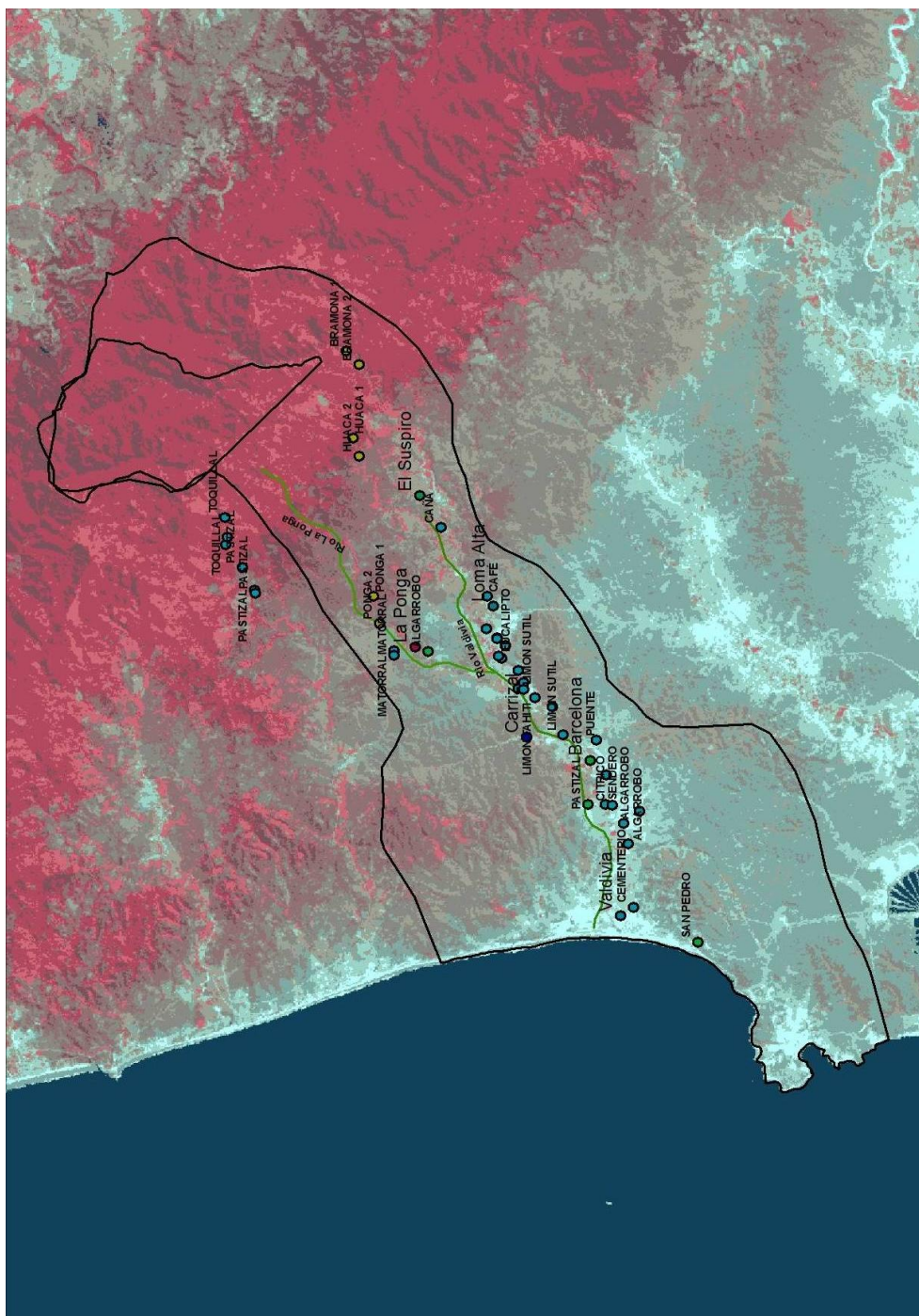
## UNIDADES UBICADAS GEOREFERENCIADAMENTE





## ANEXO 46

### OTROS PUNTOS UBICADOS GEOREFERENCIADAMENTE



## ANEXO 47

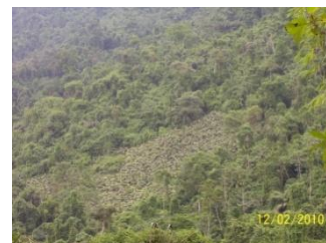
### COBERTURA VEGETAL CUENCA MEDIA



CULTIVOS CITRICOS



TOQUILLALES



TOQUILLALES



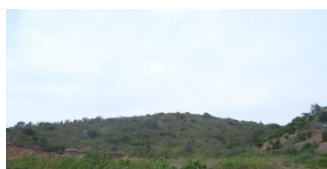
TOQUILLALES



TOQUILLALES



CAÑAVERAL



PASTIZALES



PASTIZALES



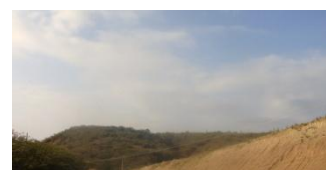
PASTIZALES



PASTIZALES



PASTIZALES



ARBUSTOS



**ANEXO 48**

**COBERTURA VEGETAL CUENCA BAJA**

