

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**DEPARTAMENTO ACÁDEMICO DE CIENCIAS DE LOS
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**MODELO DE ELEVACIÓN DE TERRENO (MET) Y ANÁLISIS
MORFOMÉTRICO DE LAS MICROCUENCAS DEL PARQUE
NACIONAL TINGO MARÍA (PNTM) - PERÚ**

TESIS

Para optar el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN FORESTALES**

LUIS EDUARDO ORÉ CIERTO

PROMOCIÓN 2008 – II

Tingo María – Perú

2010

K10

O64

Oré Cierto, Luis E.

Modelo de Elevación de Terreno (MET) y Análisis Morfométrico de las Microcuencas del Parque Nacional Tingo María (PNTM)-Perú. Tingo María 2010

164 h.; 58 cuadros; 63 fgrs.; 84 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing.Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

**ELEVACION-TERRENO / PARAMETROS MORFOMETRICOS / FISIOGRAFIA
/ POTENCIAL FORESTAL / PNTM / CONSERVACION / METODOLOGIA
/ TINGO MARIA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERU.**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 19 de Julio de 2010, a horas 07:30 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

“MODELO DE ELEVACIÓN DE TERRENO (MET) Y ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LAS MICROCUENCAS DEL PARQUE NACIONAL TINGO MARÍA (PNTM) - PERÚ”

Presentado por el Bachiller: **LUIS EDUARDO ORÉ CIERTO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"BUENO"**.

En consecuencia la sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 17 de Agosto de 2010

Ing. M.Sc. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
Presidente

Ing. MSc. LUIS A. VALDIVIA ESPINOZA
Vocal



Ing. M.Sc. WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
Vocal

Ing. M.Sc. RONALD H. PUERTA TUESTA
Co Asesor

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida
y/o salud, y por dotarme del mejor
regalo: MI FAMILIA

A mis adorados padres NORMA CIERTO y
RODOLFO DANIEL ORE, con profundo
amor y eterno agradecimiento.

A mis queridos hermanos ERICSON ORE y
JUAN DANIEL ORE, con especial cariño,
por la amistad que siempre nos unió y a
mis amigas: ABIGAIL y LISSETTE.

A mis adorados abuelitos EUGENIA
AGUILAR y RODULFO ORE, por el
ejemplo de constancia y valor, con mucho
cariño y amor.

A mi Iglesia quienes siempre me
acompañaron en todo, con sus oraciones,
en especial al Pastor ISAAC ORE
AGUILAR y su familia.

Porque de tal manera amó Dios al mundo, que ha dado a su Hijo unigénito, para
que todo aquel que en él cree, no se pierda, mas tenga vida eterna.

AGRADECIMIENTO

- A DIOS, por darme la vida y/o salud para poder permitirme culminar satisfactoriamente mi especialización profesional.
- A la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quien inculcó en mi formación profesional.
- Al Ing. M.Sc. José Lévano Crisóstomo, e Ing. M.Sc. Ronald Puerta Tuesta, patrocinador y copatrocinador de la investigación, por sus aportes durante todo el trabajo.
- A los jurados de tesis: Ing. M.Sc. Lucio Manrique De Lara, Ing. M.Sc. Luis Valdivia, Ing. M.Sc. Wilfredo Zavala, por sus oportunas sugerencias.
- Al CIUNAS por haberme brindado apoyo económico, para la realización de esta investigación.
- Al Mblgo. M.Sc. Cesar Samuel López López, por su apoyo moral durante la ejecución de la investigación.
- Al SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado), por brindarme la oportunidad de realizar mi tesis en el Parque Nacional Tingo María.
- Al Ing. Luis Flores y Blgo. Fernando Mejía Exjefes del PNTM, por ayudarme en el proceso legal de este trabajo de investigación científica.
- A las autoridades y a la población de los centros poblados: Tres de Mayo, Río Oro y José Santos Atahualpa, quienes dejaron que participe en la toma de datos de los parámetros morfométricos de las microcuencas.
- A mis amigos Riquelme Valencia, José L. Canchaya, Jonatán Ubaldo, Susana Cavali y Koch Duarte por su ayuda incondicional en el presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Martín Marigorda, Jefe del PNTM, por haber permitido y apoyado en este trabajo de investigación científica.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Antecedentes	4
2.1.1. Sobre el Parque Nacional Tingo María	4
2.1.2. Clasificación fisiográfica, relieve y suelo del PNTM	6
2.1.3. Estudios realizados sobre ME y PM.....	6
2.2. Marco teórico y conceptual.....	9
2.2.1. Concepto de modelo.....	9
2.2.2. Modelo de elevación de terreno (MET)	10
2.2.3. Generación de los MET	11
2.2.4. Captura de información.....	11
2.2.5. Algoritmo de Interpolación espacial	12
2.2.6. Utilidad de los modelos de elevación de terreno.....	21
2.2.7. Los MET generados a partir de sistemas satelitales	22
2.2.8. Problemas, ventajas y desventajas en MET	33
2.2.9. Evaluación de la calidad del MET	35
2.2.10. Estándares de calidad para los MET	35
2.2.11. Índice y parámetros morfométricos	35
III. MATERIALES Y MÉTODOS	51
3.1. Ubicación y descripción del área de estudio.....	51
3.1.1. Ubicación, extensión y límites del área de estudio.....	51
3.1.2. Características climáticas y zonas de vida.....	52
3.1.3. Relieve y suelos.....	52
3.1.4. Hidrografía.....	53

3.2.	Materiales y equipos.....	55
3.2.1.	Materiales.....	55
3.2.2.	Equipos	55
3.3.	Metodología.....	56
3.3.1.	Elaboración del MET y análisis de calidad del modelo.....	57
3.3.2.	Parámetros morfométricos de microcuencas del PNTM	62
3.3.3.	Análisis fisiográfico del PNTM.....	67
3.3.4.	Elaboración de mapas a partir del MET	68
3.3.5.	Determinación del potencial maderable del PNTM	70
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	74
4.1.	Análisis de calidad del modelo de elevación de terreno (MET).....	74
4.1.1.	Comparación de los MET a partir de las imágenes.....	74
4.1.2.	Análisis de los MET a partir de los interpoladores.....	79
4.1.3.	Análisis de calidad del modelo de elevación de terreno.....	85
4.2.	Análisis de los parámetros morfométricos de las microcuencas	105
4.2.1.	Microcuenca Río Tres de Mayo	105
4.2.2.	Microcuenca Río Oro.....	115
4.2.3.	Microcuenca Río Colorado	126
4.3.	Análisis fisiográfico del Parque Nacional Tingo María	137
4.4.	Análisis del potencial maderable del PNTM.....	142
4.4.1.	Composición florística.....	142
4.4.2.	Cociente de Mezcla	143
4.4.3.	Abundancia Absoluta y Relativa	142
4.4.4.	Frecuencia Absoluta y Relativa.....	145
4.4.5.	Clases de Frecuencia Absoluta	146
4.4.6.	Dominancia o Cobertura.....	146
4.4.7.	Índice de Valor de Importancia (IVI).....	147

V.	CONCLUSIONES	150
VI.	RECOMENDACIONES	152
VII.	ABSTRACT	153
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
IX.	ANEXO	164

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Sistemas ópticos estereoscópicos usados para la generación de (MET) ..	25
2. Sistemas Radar RAS e InRAS usados en generación de (MET).....	25
3. Comparación entre las imágenes LANDSAT y ASTER	27
4. Clases de valores de longitud del cauce principal	36
5. Clases de valores de elevación media (msnm)	37
6. Clases de tamaño de cuencas (km ²).....	38
7. Clases de desnivel altitudinal (msnm)	38
8. Clases de valores de forma.....	39
9. Clases de valores de compacidad.....	40
10. Clases de valores de alargamiento	41
11. Clases de valores de masividad.....	41
12. Clases de orden de corriente	42
13. Clases de densidad de drenaje	44
14. Clases de valores escurrimientos.....	44
15. Clases de valores de pendiente del cauce (grados)	45
16. Clases de tiempo de concentración (minutos).....	46
17. Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente.....	47
18. Índice de degradación según clima	49
19. Coordenadas del área de trabajo	51
20. Parámetros morfométricos y calculados para las microcuencas.....	64
21. Clasificación de la vegetación forestal.....	70
22. Tabla ANOVA y parámetros de la regresión IGN-ASTER.....	75
23. Tabla ANOVA y parámetros de la regresión IGN-GE	76
24. Tabla ANOVA y parámetros de la regresión IGN-SRTM	78

25. Aéreas con interpoladores a partir del ASTR.....	80
26. Aéreas con interpoladores a partir del GE.....	81
27. Aéreas con interpoladores a partir del IGN.....	82
28. Aéreas con interpoladores a partir del SRTM.....	83
29. Aéreas generadas a partir de interpoladores e imágenes.....	84
30. Estadísticas descriptivas de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) - ASTER.....	85
31. Variación de la desviación estándar (ASTER)	86
32. Matriz de correlación de Pearson-ASTER	88
33. Estadísticas descriptivas de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) -GE.....	90
34. Variación de la desviación estándar (GE).....	90
35. Matriz de correlación de Pearson-GE.....	93
36. Estadísticas descriptivas de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) - IGN.....	94
37. Variación de la desviación estándar (IGN)	94
38. Matriz de correlación de Pearson-IGN.....	96
39. Estadísticas descriptivas de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) -SRTM.....	98
40. Variación de la desviación estándar (SRTM).....	98
41. Matriz de correlación de Pearson-SRTM.....	100
42. Matriz de correlación de Pearson de interpoladores e imágenes	102
43. Parámetros Morfométricos del Rio Tres de Mayo.....	106
44. Parámetros Morfométricos del Rio Oro	116
45. Parámetros Morfométricos del Rio Colorado.....	127
46. Leyenda fisiográfica de la zona del PNTM	138
47. Calculo del error en área de cada estrato.....	140
48. Composición florística del PNTM.....	142
49. Abundancia relativa del PNTM	144
50. Frecuencia relativa del PNTM	145
51. Clases de frecuencia absoluta del PNTM.....	146

52.	Dominancia o cobertura del PNTM.....	146
53.	Índice de valor de importancia del PNTM.....	148
54.	Cotas realizadas con GPS en el PNTM.....	165
55.	Levantamiento topográfico de la microcuenca Tres de Mayo.....	166
56.	Levantamiento topográfico de la microcuenca Río Oro.....	174
57.	Levantamiento topográfico de la microcuenca Río Colorado.....	180
58.	Inventario forestal para determinar el potencial forestal.....	184

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Los cuatro cuadrantes de alrededor de un Punto de interpolación	14
2.	Modelo del Kriging.....	16
3.	Modelo Splines.....	17
4.	Triangulación Delaunay y de red correspondiente polígono de Thiessen..	18
5.	Modelo de puntos regulares (lattice) y red de triángulos irregulares.....	21
6.	Cota o altitud de las curvas de nivel.....	31
7.	Pendientes pronunciadas de las curvas de nivel.....	32
8.	Pendientes menos pronunciadas de las curvas de nivel.....	32
9.	Distribución de las zonas de relieve montañoso y plano.....	32
10.	Ordenes de corriente según Strahler.....	42
11.	Ubicación política del Parque Nacional Tingo María (PNTM)	54
12.	Diseño de parcela para evaluación de categorías de especies	71
13.	Codificación del árbol individual en el área de estudio	71
14.	Diagrama de dispersión y residuos estandarizados (IGN-ASTER).....	75
15.	Diagrama de dispersión y residuos estandarizados (IGN-GE).....	77
16.	Diagrama de dispersión y residuos estandarizados (IGN-SRTM).....	79
17.	Áreas con los interpoladores a partir de la imagen ASTER	80
18.	Áreas con los interpoladores a partir de la imagen GE.....	81
19.	Áreas con los interpoladores a partir de la imagen IGN.....	82
20.	Áreas con los interpoladores a partir de la imagen SRTM.....	83
21.	Áreas generadas a partir de interpoladores e imágenes.....	84
22.	Diagrama de caja de las altitudes-ASTER.....	87
23.	Histograma de frecuencias de las altitudes-ASTER	88
24.	Mapa de correlación entre interpoladores-ASTER.....	89

25.	Diagrama de caja de las altitudes-GE	91
26.	Histograma de frecuencias de las altitudes-GE	92
27.	Mapa de correlación entre interpoladores-GE	93
28.	Diagrama de caja de las altitudes-IGN	95
29.	Histograma de frecuencias de las altitudes-IGN	96
30.	Mapa de correlación entre interpoladores-IGN	97
31.	Diagrama de caja de las altitudes-SRTM	99
32.	Histograma de frecuencias de las altitudes-SRTM	110
33.	Mapa de correlación entre interpoladores-SRTM	101
34.	Mapa de las correlaciones de las imágenes e interpoladores.....	104
35.	Altura de la microcuenca tres de mayo en función del área.....	107
36.	Pendiente media de la microcuenca tres de mayo	109
37.	Perfil longitudinal de la microcuenca tres de mayo.....	110
38.	Curva hipsométrica de la microcuenca tres de mayo	111
39.	Microcuenca tres de mayo	114
40.	Altura de la microcuenca rio Oro en función del área	118
41.	Pendiente media de la microcuenca rio Oro.....	120
42.	Perfil longitudinal de la microcuenca rio Oro.....	121
43.	Curva hipsométrica de la microcuenca rio Oro.....	122
44.	Microcuenca rio Oro.....	125
45.	Altura de la microcuenca rio Colorado.....	129
46.	Pendiente media de la microcuenca rio Colorado.....	131
47.	Perfil longitudinal de la microcuenca rio Colorado.....	132
48.	Curva hipsométrica de la microcuenca rio Colorado	133
49.	Microcuenca rio Colorado.....	136
50.	Porcentaje de elementos de paisaje del PNTM	139
51.	Mapa de zonificación del PNTM.....	141

52.	Abundancia absoluta del PNTM	143
53.	Abundancia relativa del PNTM	144
54.	Frecuencia relativa del PNTM	145
55.	Dominancia relativa del PNTM	147
56.	Índice de valor de importancia del PNTM	149
57.	Interpolación Kriging de la imagen GE	195
58.	Cadena montañosa con Kriging del PNTM (GE)	196
59.	Variograma a partir de la carta nacional (IGN)	196
60.	Variograma a partir de la carta nacional (SRTM).....	197
61.	Variograma a partir de la imagen ASTER.....	197
62.	Variograma a partir de la imagen Google earth.....	198
63.	Levantamiento topográfico de la microcuenca Río Oro	198

RESUMEN

El propósito de la investigación fue evaluar el modelo de elevación de terreno (MET) y parámetros morfométricos del Parque Nacional Tingo María (PNTM); el cual buscó desarrollar estrategias de conservación y protección de las microcuencas que se encuentran alrededor del área natural protegida, para ello se plantearon los siguientes objetivos: evaluar la calidad del modelo de elevación de terreno de la imagen ASTER, SRTM, GOOGLE EARTH y Carta Nacional (IGN); determinar los parámetros morfométricos de las microcuencas: Tres de Mayo, Río Oro y Río Colorado; y determinar el mapa fisiográfico y el potencial forestal del Parque Nacional Tingo María (PNTM).

La metodología consistió en llevar a cabo la extracción y el análisis de la calidad de distintos modelos de elevación de terreno (MET) generados para el PNTM, mediante su evaluación con una serie de puntos de control obtenidos mediante receptor GPS modelo Garmin eTrex Vista HCx, con distinto nivel de precisión. Para este propósito se generaron por varios interpoladores (IDW, Kriging, Splines, TIN, y Natural Neighbor), partiendo de los mismos datos fuente (imagen ASTER, SRTM, Google earth y Carta Nacional digitalizada), y se contrastaron con los puntos de control (datos tomados con GPS), que suponemos en principio que relativamente se encuentra libre de errores.

De acuerdo a los resultados se obtuvo que en el análisis de calidad a partir de los puntos con GPS; la imagen IGN con el interpolador Splines, tuvo el error medio cuadrático de 6.676 m, y en Kriging tiene un EMC de 6.948 m; siendo el más confiable respecto a los demás interpoladores e imágenes. Los parámetros morfométricos del Río Tres de Mayo son: área 50.74 Km²; altitud máxima 2055 msnm y

mínima 735 msnm; pendiente media de 34.84 %; pendiente media del perfil longitudinal del cauce principal 9.813%; forma 0.325; longitud del cauce principal de 5.703 Km; tiempo de concentración de 47.1 minutos; y potencial de degradación de 2.097 TM/año. Río Oro son: área 4.76 Km²; altitud máxima 1705 msnm y mínima 686 msnm; pendiente media de 46.647 %; pendiente media del perfil longitudinal del cauce principal 12.102%; forma 0.353; longitud del cauce principal de 3.29 Km; tiempo de concentración de 24.68 minutos; y potencial de degradación de 2.592 TM/año. Y Río Colorado son: área 2.54 Km²; altitud máxima 1704.5 msnm y mínima 1053.8 msnm; pendiente media de 33.05 %; pendiente media del perfil longitudinal del cauce principal 8.23%; forma 0.402; longitud del cauce principal de 1.483 Km; tiempo de concentración de 10.196 minutos; y potencial de degradación de 2.777 TM/año.

Se caracterizó fisiográficamente el PNTM, encontrando: montaña denudacional fuertemente disectada y moderadamente disectada; montaña sedimentaria fuertemente disectada, ligeramente disectada y moderadamente disectada; terraza baja; terraza media; terraza media denudacional y ondulada; y valle intercolinoso. Y el potencial maderable en el PNTM fue: cumala (31.14%), chimicua (27.97%), shimbillo (15.82%), moena amarilla (14.57%), manchinga (13.89%), requia (12.11%), renaco (11.84%), ishanga (8.36%), shimbillo blanco (7.63%), y cedro huasca (6.94%).

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el Parque Nacional Tingo María no cuenta con una información precisa acerca de las características geomorfológicas (modelo de elevación de terreno) necesarias para la planificación de un manejo para la conservación forestal, fauna silvestre, suelos, zonificación ecológica y otros, donde se requiere del conocimiento de las variables topográficas del lugar y/o área de estudio. Ello implica, que las alternativas de manejo a implementar dependerán de variables como altitud, pendiente y exposición de las laderas a los rayos solares.

Un modelo de elevación de terreno viene a ser una estructura de datos numérica que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno (FELICISIMO, 1994) para el ingeniero. Mientras BOSQUE (1997) manifiesta que modelo de elevación de terreno es la representación simplificada de una variable que se mide en una superficie ondulada de tres dimensiones. Dos de esas dimensiones se refieren a los ejes ortogonales X e Y, y la tercera mide la altura Z de la variable temática representada en cada punto del espacio (BOSQUE, 1997). Los modelos de elevación de terreno son la base para todo sistema de información geográfica, son imprescindibles en estudios geomorfológicos, hidrológicos, geológicos, de vulnerabilidad, de telecomunicaciones, entre otros.

Y una de las aplicaciones de los modelos de elevación de terreno (MET) es participar como una de las herramientas en el análisis hidrológico del Parque Nacional Tingo María (PNTM), lo cual permite determinar los parámetros de la

morfometría de cuenca, microcuencas en el área de estudio (MAIDMENT, 1992; VERSTAPPEN, 1983; CAMPOS, 1992, GREGORY y WALLING, 1985) ya que permite establecer parámetros de evaluación del funcionamiento del sistema hidrológico integrado en los centros rurales como son: Tres de Mayo, Río Oro y José Santos Atahualpa, que lindera con el PNTM.

Dicha herramienta sirve también como análisis espacial ayudando en el manejo y planeación de los recursos naturales (LOPEZ, 1989) al permitir, en el marco de una unidad bien definida del paisaje, conocer diversos componentes como el tamaño de la cuenca, la red de drenaje, la pendiente media, el escurrimiento, etc. Dichos componentes pueden ser obtenidos y modelados mediante el uso de sistemas de información geográfica; y, convenientemente combinados con la geomorfología, puede obtenerse un diagnóstico hidrológico útil para la planeación ambiental. En el presente trabajo de investigación se extrajo un MET a partir de una imagen ASTER, SRTM, GOOGLE EARTH y la Carta Nacional digitalizada por la IGN (empalme 19k); se analizó su calidad y se derivó del mismo los parámetros que permitieron el estudio morfométrico de las microcuencas del PNTM como son: Río Tres de Mayo, Río Oro y Río Colorado. El presente trabajo plantea lo siguiente:

¿De qué forma las variables topográficas (longitud, latitud y altitud) y/o factores que determinan el comportamiento del modelo de elevación de terreno influyen en el comportamiento del análisis morfométrico de las microcuencas, análisis del potencial forestal, análisis fisiográfico, y análisis de pendientes del PNTM?

Hipótesis

Los modelos de elevación de terreno (MET) derivados de las variables topográficas (longitud, latitud y altitud) influyen en el comportamiento del análisis

morfométrico de las microcuencas, análisis del potencial forestal, análisis fisiográfico, y análisis de pendientes del Parque Nacional Tingo María (PNTM).

Objetivo general

Elaborar el modelo de elevación de terreno mediante el análisis topográfico y el uso de sistemas de información geográfica con la finalidad de establecer su influencia en el análisis de la morfometría de las microcuencas, análisis del potencial forestal, análisis fisiográfico, y análisis de pendientes del Parque Nacional Tingo María (PNTM).

Objetivos específicos

- Evaluar la calidad del modelo de elevación de terreno de la imagen ASTER, SRTM, GOOGLE EARTH y Carta Nacional (IGN) de acuerdo a la evaluación estadística "Cálculo del error del Modelo de Elevación de Terreno (MET)", cuantificando la correlación existente entre las imágenes.
- Determinar los parámetros morfométricos de las microcuencas Tres de Mayo, Río Oro y Río Colorado; extraídos de las variables derivadas del modelo de elevación de terreno (MET) generadas a partir de las imágenes ASTER, SRTM, y Carta Nacional, y evaluar la calidad estadística en función del levantamiento topográfico de las quebradas del PNTM.
- Realizar y determinar el mapa fisiográfico y el potencial forestal, con fines de establecer su conservación y manejo integral de acuerdo a la zona donde éste se encuentre dentro de la zonificación del Parque Nacional Tingo María (PNTM).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Sobre el Parque Nacional Tingo María

La historia de la ocupación contemporánea de la selva alta se inició en la década del cuarenta, cuando el Estado peruano inicia en la ecorregión una activa política de expansión que habría de caracterizar las décadas siguientes. La selva alta fue considerada una fuente importante de tierras agrícolas y rica en materias primas de exportación como pieles y maderas finas; también era vista como una estratégica puerta de entrada al inmenso llano amazónico. Tingo María, una de las primeras ciudades en fundarse bajo el influjo de la nueva era de colonización, se convirtió prontamente en un puesto de avanzada y eje de la ocupación (INRENA – PLAN MAESTRO, 2002).

En este contexto, y bajo la influencia de una corriente conservacionista que empezaba a asomar tímidamente a nivel mundial, se dan los primeros antecedentes de la creación del Parque Nacional Tingo María (PN Tingo María). El 4 de enero de 1940, la misma-Resolución Suprema (Nº 033) que aprobaba la lotización de la pequeña y mediana propiedad agrícola en Tingo María, decreta reservar cuatro lotes para la creación futura de un Parque Nacional que “incluyese a la quebrada que da lugar a la Cueva de Las Pavas”. Si bien dicha quebrada no se encuentra dentro de los límites actuales del Parque Nacional Tingo María, su protección oficial sentó el primer precedente para el establecimiento de un área protegida en la zona. Una década más tarde, el Decreto Supremo Nº 061 del 16 de octubre de 1950 declaraba

Reserva Nacional a un área que incluía a la Cueva de Las Lechuzas, convirtiéndose en la base legal para el establecimiento del actual Parque Nacional. En 1963 se promulga la Ley Forestal (Decreto Legislativo N° 14552), que por primera vez incorpora en la legislación peruana la categoría de Parque Nacional (PN). Esta ley sirvió de sustento legal para la creación de los 2 primeros Parques nacionales del Perú, entre los que se cuenta el PNTM.

Una década más tarde, el Decreto Supremo N° 061 del 16 de octubre de 1950 declaraba Reserva Nacional a un área que incluía a la Cueva de Las Lechuzas, convirtiéndose en la base legal para el establecimiento del actual Parque Nacional. En 1963 se promulga la Ley Forestal (Decreto Legislativo N° 14552), que por primera vez incorpora en la legislación peruana la categoría de Parque Nacional. Esta ley sirvió de sustento legal para la creación de los dos primeros Parques Nacionales del Perú, entre los que se cuenta con el Parque Nacional Tingo María.

El 2 de mayo de 1965, por Ley N° 15574, se crea el Parque Nacional Tingo María, la segunda área natural protegida en establecerse en el país. La ley de creación de esta área, sin embargo, no definió límites ni extensión, señalando únicamente la inclusión de dos formaciones naturales: la cadena montañosa conocida como la Bella Durmiente y el complejo de cavernas denominado Cueva de las Lechuzas. Dice el artículo 1° el único que se refiere al tema en la ley.

El Parque Nacional Tingo María cuenta con una extensión de 4 777.8 ha, de entre los 650 hasta los 1800 m.s.n.m, Debido a su altitud y ubicación, el PN Tingo María está cubierto por los bosques montanos lluviosos y nublados característicos de la ecorregión de las Yungas Peruanas (DINNERSTEIN *et al.*, 1995) o Selva Alta (BRACK, 1986). La clasificación por zonas lo caracteriza como bosque muy húmedo

tropical. En el año 2002 se realizó el concurso público N° 005-2002-INRENA, en el cual se concesionaron Unidades de Aprovechamiento (UA) en el departamento de Huánuco, entre las unidades de aprovechamiento no otorgadas se encuentran las unidades 29, 31, 32 y 33, estas UA se encuentran parcialmente incluidas en la zona delimitada para la ampliación de Parque Nacional Tingo María (PNTM).

2.1.2. Clasificación fisiográfica, relieve y suelo del PNTM

Toda la extensión de la cadena montañosa de la Bella Durmiente se encuentra comprendida dentro del Parque. Por ello, el relieve en su interior es, con excepción de algunas pequeñas terrazas, muy escarpado y accidentado, constituido básicamente por montañas cuyas paredes tienen alturas que van de 300 a 500 metros disectadas por numerosas quebradas, pequeñas cascadas y manantiales. Las pendientes son muy pronunciadas, superando por lo general los 45° de inclinación. La altitud del Parque va de los 650 y los 1 808 msnm. Sus suelos poco profundos y pedregosos son muy susceptibles a la erosión y muestran claramente su vocación de protección; en el Parque no existen tierras con vocación agrícola o ganadera. Dada su condición montañosa, se puede apreciar diversos afloramientos de rocas y signos de deslizamientos naturales u ocasionados por labores agrícolas no muy recientes.

2.1.3. Estudios realizados sobre modelos de elevación y parámetros morfométricos

En el estudio "*Análisis de la vegetación del área de protección de flora y fauna Cañón de Santa Elena (desierto chihuahuense, México) utilizando Modelos Digitales de Elevación*", concluyeron que el gradiente altitudinal es el principal factor que determina las asociaciones vegetales y permite conocer su distribución espacial. Los análisis multivariantes, en particular el de conglomerados, permitieron agrupar las principales especies vegetales de una forma muy satisfactoria, lo cual resulta útil para conocer su distribución espacial y la estructura de la vegetación. Los Modelos

Digitales de Elevación son una herramienta útil para identificar los cambios de la composición botánica del desierto chihuahuense, así como la superficie y distribución de las distintas especies (GONZALES y SOSA, 2003).

En el estudio realizado de: "*Evaluación de la exactitud de modelos de elevación digital (MED) de malla regular generados a partir de curvas de nivel*", se concluyó que: Los métodos de interpolación que cumplieron con los requisitos de exactitud exigidos en la rectificación rigurosa de fotografías aéreas son el Kriging y Mínima curvatura n considerándose como óptimo el método de *Kriging*; El mejor tamaño de celda resultó ser 15 metros, es decir, el obtenido con $D = 1.5 l_c$; En los puntos que presentan errores mayores a $1/3$ de l_c , cuando se usó *Kriging*, se observan grupos de puntos alineados perpendicularmente a las curvas de nivel, correspondiéndose con líneas de cauce y cuyo número aumenta en las zonas de mayor pendiente. Este grupo de puntos podría reducirse si se agrega a la muestra de curvas de nivel algunos puntos característicos pertenecientes a líneas de crestas y causes presentes en el terreno. Utilizando una estructura en forma de líneas en las curvas de nivel, el modelo generado no presentó una mejoría en su exactitud. Para zonas montañosas, la reducción de la muestra, considerando distancias mínimas entre puntos intermedios hasta aproximadamente 10 veces la exactitud planimétrica del plano de curvas de nivel, no afecta la exactitud del MED generado con *Kriging*. En zonas planas esta distancia puede ser mayor ya que la curvatura en las curvas de nivel es menor; y los criterios de exactitud deben ser considerados simultáneamente ya que ellos en forma individual no dan suficiente información sobre la bondad de los MED generados (VILCHEZ, 2000).

En el estudio de: "*Análisis morfométrico de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas-Venezuela*", concluyeron que la microcuenca de la quebrada

Curucutí corresponde a un sistema hidrogeomorfológico de pequeñas dimensiones de carácter exorreico con orientación nortesur perpendicular a la línea de costa, cuyas respuestas morfodinámica e hidrológica están determinadas por la pequeña área del mismo, fuertes pendientes en las vertientes y cauces del sector montañoso, la densidad de drenaje media, el orden 4 de la microcuenca, una relación de bifurcación media de 4.69, alta torrencialidad, las dimensiones de las tormentas y la intensidad y duración de las lluvias. En breves palabras, las respuestas morfodinámica e hidrológica de la microcuenca son condicionadas y controladas por las características morfométricas del sistema y de su red de drenaje. Los tiempos de concentración estimados son bastante cortos, a la vez que representan valores críticos como tiempo de respuesta hidrológica (crecidas) de la microcuenca, considerando los asentamientos humanos emplazados sobre el área del abanico aluvial.

Estos valores de tiempo de concentración, corroboran el control de la morfometría del sistema y de su red de drenaje en la magnitud de los mismos. Este análisis morfométrico aporta elementos de gran importancia y peso para la concepción y/o reevaluación, de ser el caso, del diseño hidráulico e hidrológico de estructuras para el control de crecientes y de sedimentos, así como para el análisis, evaluación y zonificación de la amenaza por inundaciones, movimientos de masa y aludes torrenciales y el diseño de sistemas de alerta. La morfometría detallada de este sistema permitirá, posteriormente, estimar los caudales pico de crecidas para distintos períodos de retorno y duración de la lluvia, a través del modelo del Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico (HUIG), el cual asume a la respuesta hidrológica de una cuenca, como una función directa de sus parámetros morfométricos (MENDEZ y MARCUCCI, 2005).

En el trabajo de investigación titulado: *“Modelo Digital de Elevación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María –*

Perú", concluyó que El Bosque Reservado de la UNAS de acuerdo al modelo digital de elevación encontrado, presenta una altitud que va desde los 667 msnm hasta los 1092 m.s.n.m., esta variable tiene un comportamiento lineal que se ve incrementado de Oeste a Este. Se diferencia en el paisaje tres unidades fisiográficas bien definidas: colinas bajas hasta los 80 metros de altura sobre la base local; colinas altas desde los 80 hasta los 300 metros; y montaña baja con altitudes que superan los 300 metros sobre la base local. El MDE generado a partir de curvas de nivel con ArcGis 9.1, evaluado mediante el cálculo del Error Medio Cuadrático (EMC), cumple con la norma estándar de calidad, la cual menciona que en la utilización de curvas de nivel de 10 m de separación altitudinal el EMC no debe sobrepasar los 5 m. y El 70.74 % del área total del BRUNAS presenta una pendiente que corresponde a los rangos desde empinado a extremadamente empinado cuyos valores superan al 25%, lo que indica que pertenece a una zona eminentemente de protección (PUERTA, 2007).

2.2. Marco teórico y conceptual

2.2.1. Concepto de modelo

Una acepción de la palabra modelo, originada en ámbitos geográficos, lo define como una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades (JOLY, 1988). De la definición se deduce que la versión de la realidad que se realiza a través de un modelo pretende reproducir solamente algunas propiedades del objeto o sistema original que, por lo tanto, se ve representado por otro objeto de menor complejidad. Los modelos se construyen estableciendo una relación de correspondencia con la realidad cuyas variantes pueden producir modelos de características notablemente diferentes.

TURNER.(1970) distingue tres tipos básicos; en los modelos icónicos, la relación de correspondencia se establece a través de las propiedades morfológicas:

una maqueta es un modelo del objeto representado donde la relación establecida es fundamentalmente una reducción de escala. Los modelos análogos poseen algunas propiedades similares a los objetos representados pero sin ser una réplica morfológica de los mismos: un mapa es un modelo de la realidad establecido mediante un conjunto de convenciones relativamente complejo que conduce a un resultado final claramente distinto del objeto representado. Finalmente, en los modelos simbólicos se llega a un nivel superior de abstracción ya que el objeto real queda representado mediante una simbolización matemática (geométrica, estadística, etc.).

2.2.2. Modelo de elevación de terreno (MET)

El modelo de elevación de terreno (MET) se define como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altura de la superficie del terreno. La unidad básica de información de un DET es un valor de elevación Z , al que acompañan los valores correspondientes de X e Y , que expresados en un sistema de proyección geográfica permiten una precisa referenciación espacial (LEBERL, 1993 y VILCHEZ, 2000). Cabe destacar en esta etapa de la exposición que la naturaleza digital y simbólica de los MDT permite una elevada precisión en la descripción de los procesos pero no garantiza la exactitud de los resultados. En efecto, un modelo es necesariamente una descripción aproximada que, en último término, se construye mediante la aplicación de unos supuestos más o menos adaptados a la realidad pero que nunca pueden ser exactos. Estos supuestos son los encargados de señalar, por ejemplo, qué factores son relevantes para el modelo y cuáles pueden ser obviados para una discusión más amplia (POPPER, 1984). El término Modelo Digital del Terreno (MDT) fue acuñado, según Miller y La Flamme citado por KEVIN (2001), dos ingenieros del Instituto Tecnológico de Massachusetts, a finales de los años 50. Según estos investigadores un modelo digital del terreno es una representación estadística de una superficie continua del terreno mediante un conjunto infinito de puntos cuyos valores en

X, Y y Z son conocidos y están definidos en un sistema de coordenadas arbitrario (FALLAS, 2003).

2.2.3. Generación de los MET

En el proceso de generación de los MET se puede considerar tres fases que, aún cuando estén bien diferenciadas, presentan importantes relaciones: Captura de la información o fase de medición, proceso de modelización (Interpolación) y la evaluación del modelo generado. Al respecto es importante indicar que para garantizar la calidad final del modelo obtenido, que dependerá de la validez del mismo para resolver problemas concretos de una manera eficiente, es necesario garantizar la calidad de la información, tanto en la fase de captura como en la de modelización. Es así, que día a día aparecen sistemas que nos permiten capturar información más precisa y rápida influyendo de forma notable en el rendimiento de nuestro trabajo.

2.2.4. Captura de Información

Existen dos métodos de obtener datos geográficos para elaborar un DEM (FELICISIMO, 1994); métodos directos, mediante contacto directo del terreno, y se ejecutan empleando las siguientes herramientas: estaciones topográficas y sistemas de posicionamiento global (GPS). Los primeros pueden ser estaciones tradicionales como por ejemplo los teodolitos y niveles, y las estaciones totales, mientras que los segundos trabajan con una constelación de aproximadamente 24 satélites que se encuentran rodeando toda la Tierra, empleando un método de triangulación para dar la ubicación del usuario en cualquier parte del globo terráqueo. Métodos indirectos, son lo más frecuentemente utilizados en la elaboración de un DEM, no se necesita acceder físicamente a la totalidad de la zona de estudio. Estos métodos a la vez se subdividen en: digitalización, consiste en convertir información analógica (mapas existentes o imágenes impresas) en información digital mediante el empleo de un tablero digitalizador o mediante la pantalla del ordenador; restitución análoga, empleando

como documento básico un par de fotografías aéreas de la zona a estudiar y de acuerdo a métodos fotogramétricos se realiza los cálculos para determinar los puntos homólogos, medir el paralaje y estimar la altura del terreno (PACHECO, 2003); restitución digital, teniendo como base imágenes estereoscópicas del Satélite Spot y las imágenes proporcionadas por el sensor Aster instalado sobre el Satélite Terra. Del mismo modo se puede obtener datos a partir de los Radares de Apertura Sintética (SAR) y con la tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging) que es similar al Radar (PACHECO, 2003).

2.2.5. Algoritmo de interpolación espacial

La interpolación espacial es un proceso matemático utilizado para predecir el valor de un atributo en una ubicación precisa a partir de valores del atributo obtenidos de puntos vecinos ubicados al interior de la misma región (Burrough y Mc Donnell, 1998 citados por ACHUY, 2006). Existen diversos métodos de interpolación como: Red Irregular de Triangulación (TIN), Curvatura mínima (Spline), Interpolación ponderada por el inverso a la distancia, Radial Basis Function y Kriging, método que se destaca por ser exacto y local, que incluye el análisis estadístico exploratorio del set de datos, modelamiento del variograma, interpolación de la superficie y opcionalmente el análisis de la superficie de varianza (FALLAS, 2003^a).

2.2.5.1. Inverse distance weight (IDW)

Este método se basa en la idea intuitiva de que las observaciones más cercanas al punto de interpolación deben tener una mayor influencia sobre los valores estimados en ese punto que las más distantes.

$$Z_j = \sum_{i=1}^N W_i x Z_i \dots \dots \dots (1)$$

$$W_i = \frac{\frac{1}{d_{j,i}^2}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_{j,i}^2}} \dots \dots \dots (2)$$

$$d_{j,i} = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

$d_{j,i}$ = Valores de la distancia entre la muestra i y el punto a interpolar j

Z'_j = Variable a interpolar

(x, y) = Son las coordenadas del punto de interpolación y (x_i, y_i) son las coordenadas de cada punto de dispersión. La función de peso varía de un valor de la unidad en el punto de dispersión de un valor cercano a cero cuando la distancia desde el punto de dispersión aumenta. Las funciones de peso se normalizan de manera que los pesos suman a la unidad.

- El modelo IDW presenta una mayor solidez cuando se utiliza un elevado número de puntos para interpolar y que al mismo tiempo presentan una regularidad espacial.
- Cuando el volumen de puntos es elevado es importante interpolar con el mayor número posible y utilizando un coeficiente de ponderación (beta) elevado.
- Es interesante contar con puntos que identifiquen valores específicos, ya que pueden evitar efectos de aterrazamiento, los cuales también ocurren cuando el número global de puntos es reducido.
- El método podría no ser recomendable cuando existen grandes superficies de valor constante.

El Estimador Inverse distance weight (IDW), también atribuye a cada data una ponderación proporcional al inverso de su distancia al sitio a estimar. Existen variantes, donde se eleva la distancia a una cierta potencia (SHEPARD, 1998):

$$a = 0; \quad \lambda_i = \frac{1}{c + d_i^a} \dots\dots\dots(4)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{c + d_i^a}$$

Donde:

d_i es la distancia entre el dato nº i y la posición que se está estimando, c es una constante pequeña, y w es un valor usualmente comprendido entre 1 y 3.

En el cálculo de coeficientes de la función nodal, en el cuadro de diálogo de interpolación IDW, existe una opción para el uso de un subconjunto de los puntos de dispersión de los coeficientes de la función nodal, y en el cálculo de los pesos de interpolación. El uso de un subconjunto de los puntos de dispersión distantes entre sí, es probable que no tendrán una gran influencia en la función nodal o relativa a los pesos de interpolación.

Además, utilizando un subconjunto puede acelerarse los cálculos ya que menos puntos están involucrados. Hay dos opciones disponibles para definir qué puntos están incluidos en el subconjunto. En un caso, sólo una aproximación de puntos de N se utiliza. En otro caso, sólo una aproximación de los N puntos en cada cuadrante se utilizan como se muestra a continuación.

Este enfoque puede dar mejores resultados si los puntos de dispersión tienden a agruparse.

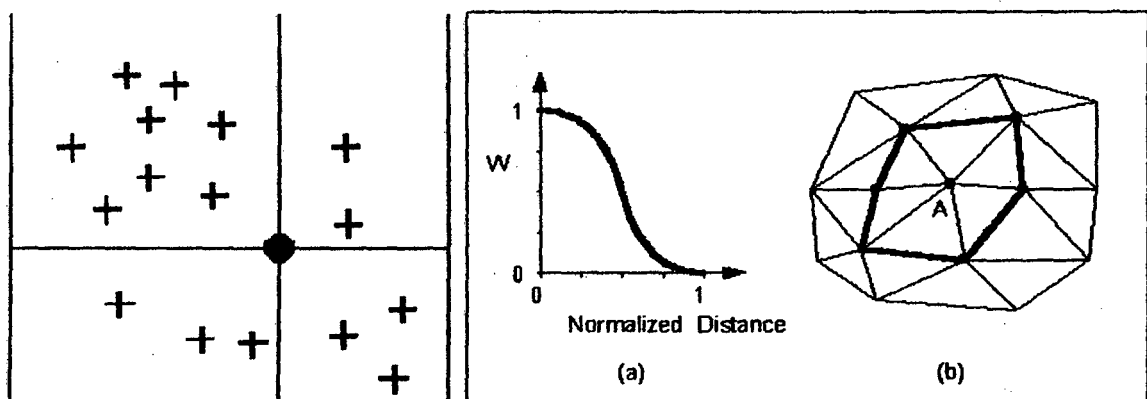


Figura 1. Los cuatro cuadrantes de alrededor de un Punto de interpolación; (a) en forma de S de funciones de peso y (b) Grupo de Punto de Punto Delauney A.

2.2.5.2. Kriging

Este método está desarrollado en el marco de la teoría geoestadística y utiliza toda la información procedente del semivariograma para obtener unos factores de ponderación optimizados. Se trata de un método muy extendido, pero es bastante complejo matemáticamente y muy exigente en cuanto a la calidad de la muestra de puntos y las mediciones realizadas de la variable que se interpola. Si esta no es adecuada son preferibles los modelos de medias ponderadas (IDW) que son los más utilizados tradicionalmente debido a la sencillez de su manejo y a su robustez.

Además hay que tener en cuenta que normalmente la función semivariograma se calcula globalmente, sin que se hayan hecho demasiados estudios sobre su variación espacial, y asumiendo que la variable es estacionaria (la media y varianza son constantes en el espacio). El kriging tiene dos ventajas principales con respecto a otros estimadores lineales (SHEPARD, 1998):

- Los pesos usados en la estimación son determinados como una función entre la distancia estructural (el semivariograma) del valor y la localización a ser estimada y la distancia estructural (el semivariograma) de cualquier otro par de datos.
- La estimación se acompaña por una cuantificación de incertidumbre, es decir la varianza del kriging.

Además, el Kriging es un interpolador exacto, toma en cuenta la correlación espacial y no reproduce la variabilidad espacial.

$$Z^*(\mathbf{u}) = a + \sum_{i=1} \lambda_i \cdot Z(\mathbf{u}_i) \dots \dots \dots (5)$$

Donde $Z^*(\mathbf{u})$ es el valor estimado para la posición \mathbf{u} , $\{Z(\mathbf{u}_i), i=1\dots n\}$ son los valores de los datos en las posiciones $\{\mathbf{u}_i, i=1\dots n\}$, a es un coeficiente aditivo y $\{\lambda_i, i=1\dots n\}$ son ponderadores.

El valor esperado del error de estimación es:

$$E\{Z^*(\mathbf{u}) - Z(\mathbf{u})\} = \alpha + \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot E\{Z(\mathbf{u}_i)\} - E\{Z(\mathbf{u})\}$$

$$= \alpha + \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot m - m \dots \dots \dots (6)$$

Para que este valor esperado sea nulo, se debe plantear

$$\alpha = \left\{1 - \sum_{i=1}^n \lambda_i\right\} \cdot m \dots \dots \dots (7)$$

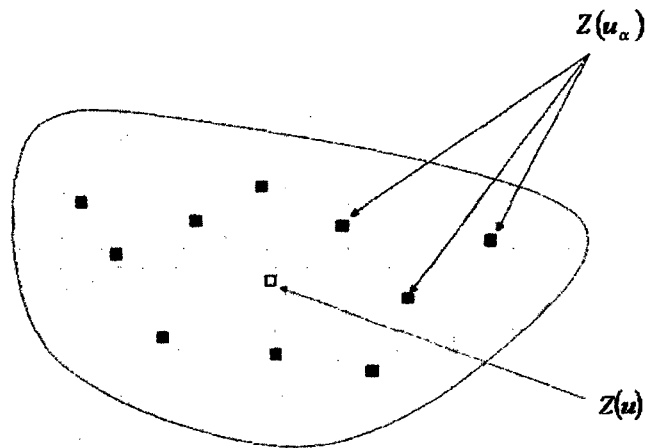


Figura 2. Modelo del Kriging

2.2.5.3. Minimum curvature (Splines)

La técnica de splines consiste en el ajuste local de ecuaciones polinómicas en las que las variables independientes son X e Y. La forma de la superficie final va a depender de un parámetro de tensión que hace que el comportamiento de la superficie interpolada tienda a asemejarse a una membrana más o menos tensa o aflojada que pasa por los puntos de observación.

La ventaja fundamental del método de splines respecto a los basados en medias ponderadas (IDW, por ejemplo) es que, con estos últimos, los valores interpolados nunca pueden ser ni mayores ni menores que los valores de los puntos utilizados para interpolar. Por tanto resulta imposible interpolar correctamente máximos y mínimos; el método Splines genera en este caso una estimación mucho mejor. Una

función spline está formada por varios polinomios, cada uno definido sobre un subintervalo, que se unen entre sí obedeciendo a ciertas condiciones de continuidad; como se muestra la siguiente ecuación (SHEPARD, 1998):

$$p(u) = c_0 + c_1u + c_2u^2 + c_3u^3 = \sum_{i=0}^3 c_k u^k \dots\dots\dots(8)$$

Cada c_k es un [vector columna $[c_{kx} \ c_{ky} \ c_{kz}]^T$]

c_k = Puntos de control (Interpolación: 4 puntos)

Curvas de Hermite : 2 puntos finales, 2 tangentes

Curvas de Bézier : 2 puntos finales, 2 puntos de tangencia

La aproximación más puntos de control

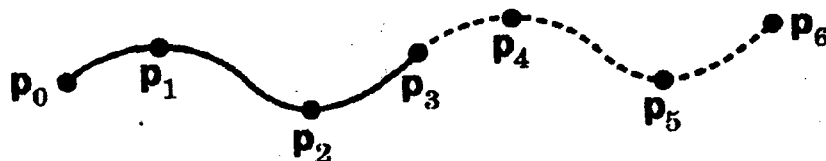


Figura 3: Modelo Splines

Puntos de continuidad C_0 : Partida

C_1 continuidad : Tangentes (derivados) coinciden

C_2 continuidad : Curvatura partidos

Con segmentos Bézier o parches : C_0

2.2.5.4. Natural Neighbor

El Natural Neighbor, es tan sencillo de usar como vecino más cercano y proporciona resultados más precisos, sin embargo, sólo está disponible para interpolaciones de dos dimensiones. Natural Neighbor requiere que la red se defina. Una vez que la red se ha definido, este selecciona el vecino más cercano de la ventana de parámetros. Natural Neighbor es una técnica de promedio móvil ponderado que

utiliza relaciones geométricas con el fin de elegir y de peso puntos cercanos.

La ecuación para el Natural Neighbor (NN) es:

$$G(x, y) = \sum_{i=1}^n W_i x f(x_i, y_i) \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

$G(x, y)$ = Es la estimación NN en (x, y)

n = Es el número de vecinos más cercanos utilizados para la interpolación;

$f(x_i, y_i)$ = Es el valor observado al (x_i, y_i) , y

W_i = Es el peso asociado con $f(x_i, y_i)$.

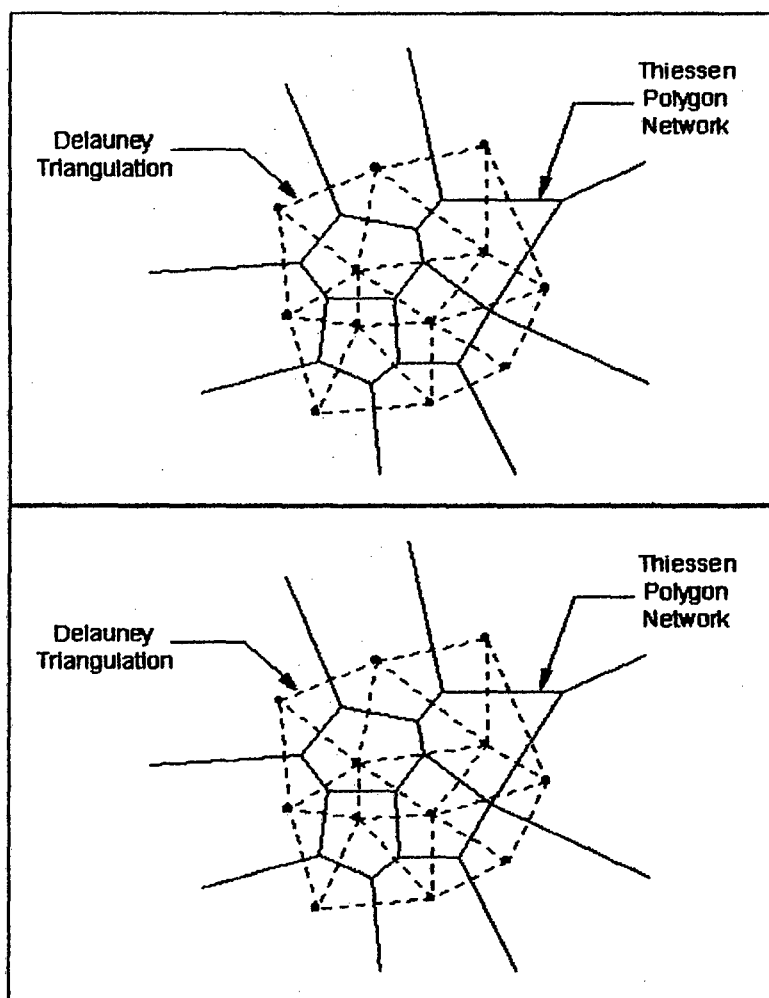


Figura 4. Triangulación Delaunay y de red correspondiente polígono de Thiessen para un conjunto de puntos de dispersión

Al igual que con la interpolación IDW, las funciones nodales pueden ser constantes, degradado o cuadráticas. La función nodal se puede seleccionar utilizando el Natural Neighbor Interpolación de diálogo Opciones. La diferencia entre la interpolación Natural Neighbor y la interpolación IDW es el método utilizado para calcular los pesos, y el método utilizado para seleccionar el subconjunto de puntos de dispersión utilizados para la interpolación. La interpolación Natural Neighbor, se basa en la red de polígonos Thiessen del punto de dispersión. La red de polígonos Thiessen puede construirse a partir de la triangulación Delaunay de un punto de dispersión. Una triangulación Delaunay es un número de identificación que se ha construido de manera que el criterio de Delaunay está cumplido (SHEPARD, 1998).

No es un polígono de Thiessen (Figura 4) en la red para cada punto de dispersión. El polígono encierra el área que está más cerca del punto de dispersión cerrada que cualquier punto de dispersión otros. Los polígonos en el interior del punto de dispersión son polígonos cerrados y los polígonos en la envoltura convexa del conjunto son polígonos abiertos. Cada polígono de Thiessen se construye con las circunferencias circunscritas a los triángulos resultantes de una triangulación Delaunay de los puntos de dispersión. Los vértices de los polígonos de Thiessen corresponden a los centroides de las circunferencias circunscritas a los triángulos.

2.2.5.5. Interpolación a partir de redes irregulares de triángulos (TIN)

El modelo de datos TIN (por sus siglas en inglés) como un medio para almacenar, recuperar analizar datos topográficos fue "inventado" en forma independiente en América del Norte al menos tres veces en los primeros años de la década del 70 (MARK, 1994). El modelo TIN surgió como una respuesta a la necesidad de buscar una estructura de datos alterna a la raster utilizada hasta aquel momento

para representar Modelos Digitales del Elevación (MDE) con el software existente para crear isolíneas. Para finales de los años 70 se había aceptado el modelo TIN como la forma estándar de representar la topografía en un SIG y en otros programas de cómputo. La superficie puede representarse mediante un conjunto de puntos con un espaciamiento regular (en inglés, *lattice*) ó utilizando una red de triángulos irregulares (*Triangulated Irregular Network*, TIN, por sus siglas en inglés). El modelo TIN está formado por un conjunto de triángulos adyacentes que no se traslapan, los cuales se derivan a partir de un set de puntos con un espaciamiento irregular. El modelo TIN almacena la información topológica que define las relaciones espaciales entre cada uno de los triángulos y sus vecinos (Ej. Información sobre los vértices y los lados de cada triángulo).

El modelo TIN es apropiado para representar las irregularidades del terreno y para derivar métricas del paisaje tales como pendiente, aspecto y sombreado del terreno. Sin embargo, cuando se requiere utilizar la superficie con fines de modelado (Ej. Simulación de escorrentía superficial), la estructura de datos raster es más apropiada. Los puntos equidistantes derivados del modelo TIN (cuadrícula) son el insumo a partir de los cuales se estiman los valores Z (Ej. Elevación) que posteriormente permitirá crear un archivo de tipo raster (MARK, 1994).

Este método consiste en ajustar un plano que pase por las tres muestras más cercanas y adyacentes a la localización que se desea estimar. La ecuación del plano es:

$$Z = aX + bY + c \dots \dots \dots (10)$$

Cada muestra tiene coordenadas (x, y) y z representa el valor muestreado. Con el objetivo de obtener la ecuación del plano que pase por las tres muestras se construye el siguiente sistema de ecuaciones lineales:

$$\begin{aligned}
 aX_1 + bY_1 + c &= Z_1 \\
 aX_2 + bY_2 + c &= Z_2 \dots\dots\dots(11) \\
 aX_3 + bY_3 + c &= Z_3
 \end{aligned}$$

Y así obtenemos los coeficientes a, b y c, entonces el valor de z en cualquier localización dentro del triángulo correspondiente se puede obtener sustituyendo sus coordenadas en la ecuación de Z.

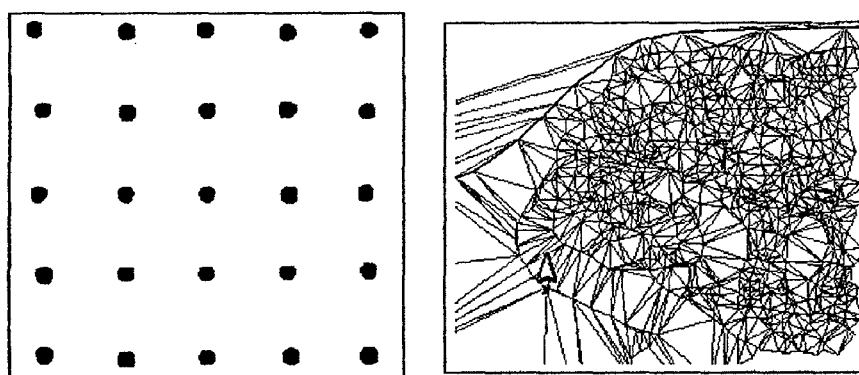


Figura 5. Modelo de puntos regulares (lattice) y red de triángulos irregulares (TIN)

2.2.6. Utilidad de los modelos de elevación de terreno

Existe un creciente aumento en el uso de MED para el análisis visual y matemático de la topografía, paisaje y geoformas, así como para el modelado de procesos geomorfológicos (DIKAU, 1992). Por ejemplo, los parámetros más importantes para el modelado de procesos hidrológicos y de erosión del suelo como la pendiente y la exposición pueden ser calculados a partir de un MET (VAN WESTEN, 1994), los que a su vez son importantes parámetros para el modelado de amenazas naturales tales como deslizamientos. Para lograr esto, el MET debe representar el terreno de la manera más exacta posible, ya que la precisión de un MET determina la fiabilidad del análisis morfométrico. Actualmente, es posible la generación automática de un MED a partir de datos satelitales con un alto nivel de precisión. Los MET se pueden generar a partir de mapas topográficos (curvas de nivel), fotografías aéreas,

datos de radar como los suministrados por el Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), sistemas láser como los del sistema Light Detection and Ranging (LIDAR), o de imágenes satelitales estereoscópicas. Estas últimas se representan por sistemas electro-ópticos procedentes del Système Probatoire d'Observation de la Terre (SPOT) o del Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), los cuales usan imágenes satelitales en lugar de fotografías aéreas, cubriendo áreas mucho más extensas en una simple toma y generando, de esta forma, un MET más consistente dado que sus datos se generan bajo un mismo momento e igual calibración del sensor.

Algunos resultados publicados en la literatura científica arbitrada tratan el potencial de las imágenes ASTER (RAUP *et al.*, 2000). CHENG & BEAN (2002) publicaron resultados sobre la generación de MET basados en imágenes ASTER para Afganistán. KAMP *et al.* (2003; 2005) describieron el desarrollo de un MET a partir de imágenes ASTER en el cerro Sillajhuay, Chile/Bolivia, y una primera comparación de un MET ASTER con otro derivado de mapas topográficos. La actual facilidad para la obtención, uso y aplicaciones de MET basados en datos e imágenes satelitales está siendo liderada por el uso de datos del SRTM, considerado como el mapeo tridimensional más preciso y extenso de la superficie terrestre, el cual puede obtenerse gratuitamente a través de algunos portales como NASA, USGS, GLCF (USGS, 2000).

2.2.7. Los MET generados a partir de sistemas satelitales

Actualmente existen dos técnicas para obtener MET desde sistemas satelitales. Una se refiere al uso de imágenes satelitales estereoscópicas provistas por sensores ópticos satelitales; la otra se basa en el uso de datos provistos por sistemas de radar satelitales, ya sean de apertura sintética (SAR) o apertura sintética interferométrica (InSAR).

En el caso de barredores satelitales ópticos, la generación de imágenes de alta resolución proporciona una importante fuente de datos para el mapeo topográfico. Desde el lanzamiento de IKONOS II, con sensores H (1 metro pancromático y 4 metros multiespectral), el 24 de septiembre de 1999, otros satélites barredores frontales (pushbroom) tales como el Sistema de Observación de la Tierra (EROS-A Earth Resources Observation System A), QuickBird, SPOT-5, ASTER and OrbView, están disponibles con una resolución que va desde los 0,61 m (QuickBird) hasta los 15 m (ASTER). La mayoría de estos satélites (EROS, IKONOS, OrbView, ASTER y QuickBird) son de enfoque variable; es decir, permiten cambiar el ángulo nadir de visión hasta 60° en cualquier azimut (TOUTIN, 2004), usando inclusive diferente longitud de onda como es el caso del satélite japonés para el monitoreo terrestre (JERS-1), el cual capta, con ligero adelanto, la imagen de infrarrojo cercano permitiendo una estereoscopia al largo del trayecto (along-track) con el resto de las imágenes, y creando un campo instantáneo de vista de 18 m (ENDRENY *et al.*, 2000), mientras que SPOT-5 mantiene su tradicional vista multitemporal transversa al trayecto (across-track).

Tanto pueden los satélites de enfoque variable o de capacidad multitemporal generar imágenes con definida estereo-geometría que las técnicas fotogramétricas usadas tradicionalmente en fotografías aéreas también pueden ser empleadas con estas imágenes, obteniéndose datos planimétricos y altitudinales de gran precisión. Otro beneficio del enfoque variable es que permite la generación instantánea de estereoscopia, lo cual reduce los problemas radiométricos relativos a cambios temporales, iluminación solar, homogeneidad atmosférica, etc. Y, por lo tanto, incrementando la correlación efectiva de las imágenes (TOUTIN, 2004), dado que la estereoscopia longitudinal al trayecto (along-track, misma órbita), presenta una separación de minutos y no de horas como sucede con los sistemas estereoscópicos

de órbita múltiple (KHALSA *et al.*, 2004). ASTER es un instrumento japonés a bordo del satélite Terra de NASA, el cual con una resolución de 15 metros en el visible e infrarrojo cercano y la capacidad de rotar hasta 24° sus dos telescopios (visible e infrarrojo cercano), provee una extensa visión transversa de la superficie y una capacidad de visita cada cinco días (RIGON y COZZINI, 2001). Sin embargo, debido a la naturaleza pasiva de estos sensores, la adquisición de imágenes apropiadas está ampliamente comprometida por la presencia de nubes y ausencia de luz solar, por ejemplo, en áreas de alta densidad de nubes como sucede en los trópicos, se necesitan varios intentos para obtener un par confiable de imágenes estereoscópicas (RABUS *et al.*, 2003), por lo que se hace necesaria una forma alternativa para el monitoreo de la superficie terrestre.

En este sentido, una segunda técnica, que usa la sección de microondas del espectro electromagnético, se ejecuta a través de la puesta en órbita de sensores de radar de apertura sintética (RAS). Dada su naturaleza activa, el radar tiene la capacidad para el monitoreo continuo de los hechos estáticos y dinámicos de la superficie terrestre, y en el caso de sistemas RAS, la limitación relativa al tamaño de la apertura (presente en las versiones simples de sensores de microondas), se supera con el uso del doble monitoreo de radar (Doppler tracking capability), para adquirir imágenes de alta resolución independientemente de la altura de la plataforma (ELACHI, 2004).

ELACHI (2004), basándose en los avances tecnológicos y la subsiguiente precisión, divide los sistemas radar desde plataformas satelitales en dos tipos principales: los de apertura sintética (RAS) en banda simple y los radares interferométricos de apertura sintética (InRAS) multibanda.

Cuadro 1. Sistemas ópticos estereoscópicos usados para la generación de Modelos de Elevación Digital (MET)*

SISTEMAS	TIPO DE ESTEREOSCOPIA	ANGULO DE VISTA (°)	ÁREA DE LA IMAGEN	TAMAÑO DEL PIXEL
Spot-5	Transverso	23	60 x 60 km	5 m
HRG	Multitemporal	-19		
EROS-A	Longitudinal	30	13 x 13 km	1.8 to 2.4 m
Pan	Instantáneo	-33		
IKONOS-II	Longitudinal	+/- 27	10 x 10 km	1 m
Pan	Instantáneo			
QUIKBIRD	Longitudinal	+/- 29	18 x 15 km	0.61 m
Pan	Instantáneo			
ASTER	Longitudinal	+/- 24	60 x 60 km	15 m
VNIR	Instantáneo			
JERS-1	Longitudinal	+/- 24	75 x 75 km	18 m
	Instantáneo			

Fuente: TOUTIN, 2004

Cuadro 2. Sistemas Radar RAS e InRAS usados en generación de Modelos de Elevación Digital (MET)

SISTEMAS	FRECUENCIA	LONGITUD DE ONDA	RESOLUCIÓN		ANCHO DEL BARRIDO
			H	V	
SEASAT SAR	1.275 Ghz	23.5 cm (L)	25 m		100 km
SIR A and B	1.275 Ghz	23.5 cm (L)	25 m		
RADARSAT	5.3 Ghz	5.6 cm (C)	8 - 100 m		45 - 500 km
SRTM	SIR - C	5.3 Ghz	30 m	16 m	225 km
	X - SAR	9.6 Ghz	30 m	16 m	50 km
JERS - SAR	1.36 Ghz	23 cm (L)	18 m		75 km
ERS 1 and 2	5.3 Ghz	5.7 cm (L)	30 m		80 - 100 km

Fuente: TOUTIN, 2004

Los primeros pueden encontrarse en sistemas como el SEASAT (1978), SIR-A (1981), SIR-B (1984) y el japonés JERS-1, los cuales dieron, en su momento, las primeras imágenes sinópticas de radar de la superficie terrestre a una resolución de 25 m. Estos sistemas son fundamentalmente similares en el hecho que operan en banda L con una amplitud de 6 a 20 MHz y con un barrido de 50 a 100 Km, usando

antena de arreglo planar de 2 x 10 m. Similares arreglos se encuentran también en sensores europeos como los ERS-1 (1991) y ERS-2 (1995) y en el satélite canadiense RADARSAT (1995), pero operando en Banda C, lo cual mejora la resolución horizontal en un rango de 10 a 25m.

Aunque SIR-A (Shuttle Imaging Radar) obtuvo imágenes con geometría diferente a aquellas obtenidas con el Seasat SAR, durante 1984 y 1994, las misiones de radar del Shuttle liderizaron los avances en capacidad multiespectral y multipolarización, culminando en el sistema de radar interferométrico que operó en la misión del Shuttle del año 2000. Si bien el sistema de radar SIR-C/XSAR (1994) significó un gran avance al operar a tres frecuencias (Bandas L, C y X), esto fue mejorado en el SRTM 2000 mediante la adición de una mástil de 60 m, que porta una segunda antena de recepción de bandas C y X (RABUS, 2003). Los cuadros 1 y 2 describen las principales características técnicas de los más difundidos sistemas satelitales usados para la generación de Modelos de Elevación de Terreno.

2.2.7.1. Imágenes ASTER

ASTER (The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) es un esfuerzo cooperativo entre la NASA y el Ministerio de Comercio Economía e Industria de Japón METI. En 1999 el instrumento se lanzó a bordo del satélite TERRA de la NASA. El objetivo principal de la misión ASTER es mejorar el entendimiento de los procesos a escala local y regional que ocurren sobre o cerca de la superficie de la tierra y en la atmósfera inferior, incluyendo la interacción superficie-atmósfera. ASTER presenta una órbita heliosincrónica a una distancia de 705 kilómetros, con un ciclo de repetición de 16 días, un ancho de barrido de 60 kilómetros y una distancia entre órbitas de 172 Km.

ASTER está compuesto por 3 subsistemas, VNIR, SWIR y TIR; cada uno de cuales presenta características particulares tales como 3 bandas en la región espectral del visible e infrarrojo cercano (VNIR) con una resolución espacial de 15 metros; 6 bandas en la región espectral del infrarrojo de onda corta (SWIR) con una resolución espacial de 30 metros y 5 bandas en el infrarrojo térmico con una resolución espacial de 90 metros (ERSDAC, 2001). ASTER también presenta un telescopio con visión hacia atrás que escanea en la región espectral de la banda 3B, lo que nos permite realizar modelos digitales de terreno (MDT) por pares estereoscópicos.

Tabla 3. Comparación entre las características de las imágenes LANDSAT y ASTER

SENSOR	SUBSISTEMA	Nº BANDA	RANGO ESPECTRAL μm (micrómetro)	RESOLUCION ESPECIAL (m)	RESOLUCION RADIOMETRICA
TM	VNIR	1	0.45-0.52	30	8 bits
		2	0.53-0.60		
		3	0.63-0.69		
		4	0.76-0.90		
	SWIR	5	1.55-1.75	30	8 bits
		7	2.08-2.35		
	TIR	6	10.4-12.5	120	8 bits
ASTER	VNIR	1	0.52-0.60	15	8 bits
		2	0.63-0.69		
		3N	0.78-0.86		
		3B	0.78-0.86		
	SWIR	4	1.600-1.700	30	8 bits
		5	2.145-2.185		
		6	2.185-2.225		
		7	2.235-2.285		
		8	2.295-2.365		
		9	2.360-2.430		
	TIR	10	8.125-8.475	90	12 bits
		11	8.475-8.825		
		12	8.925-9.275		
		13	10.25-10.95		
14		10.95-11.65			

Fuente: TOUTIN, 2004

El modelo de elevación de terreno se genera de las bandas 3N (Nadir) Y 3B (Back). A partir de estas imágenes se pueden generar MET relativo (No se utilizan puntos de control) y un MET absoluto (Utilizando puntos de control). La precisión aproximada del MET es:

- DEM relativo: Localización vertical: hasta 10 m sin puntos de control; Localización horizontal: hasta 10 m sin puntos de control.
- DEM absoluto: Localización vertical: hasta 7 metros con puntos de control; Localización horizontal: hasta 7 metros con puntos de control.

2.2.7.2. El sistema interferométrico de apertura sintética de la misión Shuttle 2000 (SRTM)

El sistema de radar interferométrico está conformado por la interrelación de señales de radar provenientes de dos antenas por separado; la separación de estas dos antenas se llama línea base. Estas dos antenas pueden estar montadas en una misma plataforma; sin embargo, el uso de una misma antena repitiendo el sobrevuelo en una franja u órbita parcialmente sobrepuesta a la anterior (ZEBKER *et al.*, 1994) es una configuración típica en aviones y satélites.

Comúnmente la separación espacial de estas franjas u órbitas (línea base) es del orden de 10 m a 500 m (BAMLER, 1999), reproduciendo así un arreglo estereoscópico, en donde dos radares de apertura sintética se desplazan idealmente en líneas paralelas, monitoreando la superficie desde dos vistas / direcciones diferentes (RABUS *et al.*, 2003). Las anteriores misiones del Shuttle adquirieron datos interferométricos de la superficie terrestre usando este tipo de sobreposición de órbitas/pasos, cumpliendo así los requerimientos relativos a la generación de estereoscopia; sin embargo, debido a que la separación temporal entre estas órbitas/pasos fue de seis meses, (GEUDTNER *et al.*, 2002), los datos obtenidos

podieron ser afectados por la subsecuente decorrelación espacial, limitando entonces la confiabilidad y aplicabilidad de esta técnica de sobreposición de órbitas/pasos, dado que características geográficas tales como áreas boscosas, tienden a perder coherencia en cortos períodos de tiempo por los cambios estacionales, ya que la cobertura vegetal influye decisivamente en la señal de retorno del radar (RABUS *et al.*, 2003).

La última misión del SRTM, llevada a cabo en el año 2000, soluciona este problema a través del uso de una segunda antena receptora de las bandas C y X. Esta segunda antena montada en un mástil de 60 m se despliega cuando el Shuttle llega a su órbita, logrando así una configuración de interferometría simple o de una misma órbita/paso, solventando no sólo los potenciales problemas encontrados en la técnica de sobreposición de órbitas/pasos, como los mencionados anteriormente sobre decorrelación temporal, sino también problemas asociados a la calibración de la línea base y variaciones atmosféricas (GEUDTNER *et al.*, 2002). En este sentido, el SRTM 2000 proporciona por primera vez un MET global de alta calidad de la superficie terrestre comprendida entre los 60° N y 57° S de latitud, desde un mismo sensor, una misma misión y una misma técnica (InRAS), a una resolución de 1 y 3 arcos de segundo (RABUS *et al.*, 2003).

Estos datos interferométricos del SRTM 2000 se obtuvieron en el período comprendido entre el 11 y 22 de febrero del 2000, en el cual la superficie terrestre fue monitoreada varias veces. En esta misión se mapeo el 80% de la superficie sólida terrestre (119.56 M km²), de los cuales el 99,968% (113.10 M km²) fue monitoreado al menos una vez, 94.59% (113.10 M km²) dos veces, 49.25% (58.59 M km²) tres veces, 24.10% (28.81 M km²) 4 veces, y 50.000 km² fueron clasificados como áreas de datos erróneos o perdidos, estos últimos situados en los Estados Unidos y la península de la Guajira en Sur América.

2.2.7.3. Google earth

Google Earth es un programa informático similar a un Sistema de Información Geográfica (SIG), creado por la empresa Keyhole Inc., que permite visualizar imágenes en 3D (X, Y, y Z) del planeta, combinando imágenes de satélite, mapas y el motor de búsqueda de Google que permite ver imágenes a escala de un lugar específico del planeta. Keyhole era en un principio un programa de pago hasta que el 27 de octubre de 2004 fue comprado por Google. El 21 de mayo de 2005 Keyhole pasó a llamarse Google Earth. Este programa fue lanzado (relanzado si se tiene en cuenta que ya existía como Keyhole) el día 28 de junio de 2005 teniendo como principal novedad, aparte del cambio de nombre y de dueño, que el programa disponía de una versión gratuita (a diferencia de Keyhole que era de pago en todas sus versiones, aunque era posible contar con una versión de prueba por tiempo limitado). En este programa también se incorpora Google Maps, ya que el Google Earth le sirve para encontrar las calles, avenidas y negocios y ampliarlas de una manera muy legible.

Google Earth es un software gratuito (disponible solamente para el Sistema Operativo MS Windows) que permite al usuario navegar por imágenes de satélite de toda la Tierra y observar millones de datos geográficos y relacionados con servicios de ciudades (hospitales, colegios, restaurantes, etc.). También dispone de información en 3 dimensiones de algunas localidades. Todas las imágenes y los datos que se muestran en la herramienta están albergados en los servidores de Google, y no se instalan en ningún momento en el ordenador del usuario. La resolución de estas imágenes de satélite varía en función de la zona donde se encuentra. Ciudades como Madrid, Barcelona, México DF, Lima o Santiago de Chile están con 70 cm por pixel. Otras (todas estadounidenses) como Boston o Chicago, con 30.5 cm/pixel, y otro grupo como Washington, Nueva York o Los Angeles, con 15.2 cm/pixel. También hay zonas, en las cuales no hay apenas poblaciones, en las que la resolución es bastante baja.

2.2.7.4. Carta Nacional (IGN)

La carta nacional es una representación gráfica de una porción de la superficie terrestre del Perú, y cubre la totalidad del territorio peruano en varias hojas. Está a una escala 1:100 000 y en ella podemos encontrar representados los elementos geográficos como por ejemplo: ríos, quebradas, centros poblados, escuelas, lagos, etc.

La carta nacional es elaborada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), que es el organismo responsable en el Perú de elaborar la información cartográfica oficial. Los elementos de una carta nacional son: escala, en una carta nacional no se puede dibujar las dimensiones de la superficie terrestre (cerro, lago, ríos, caminos, etc.) en su tamaño real por eso se dibujan más pequeños, es decir a otra escala. Curva de nivel, son líneas imaginarias que se dibujan en el mapa para representar los cerros. Cada línea indica la altura de los cerros con respecto al nivel del mar. Cada línea tiene un valor y se llama cota o altitud.

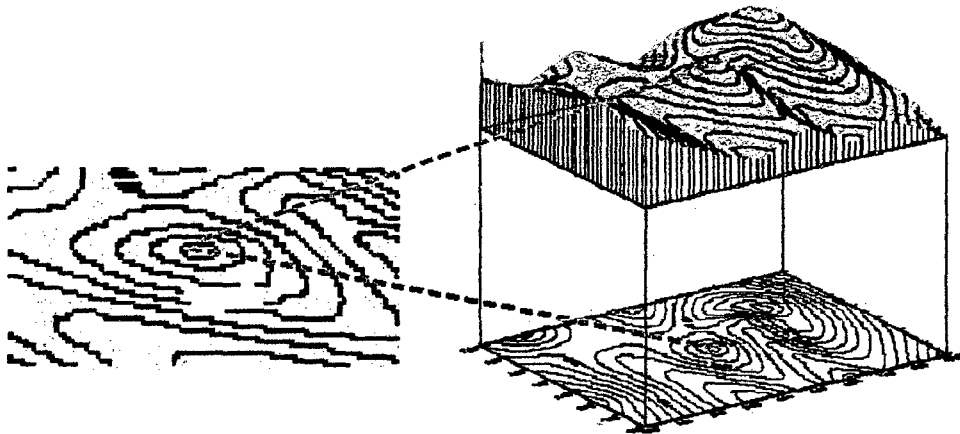


Figura 6. Cota o altitud de las curvas de nivel

Las curvas tienen diferentes formas y tamaños, el espacio entre curvas va a depender de la pendiente. Por ejemplo, cuando las curvas de nivel están más juntas la zona es más empinada o de mucha pendiente,

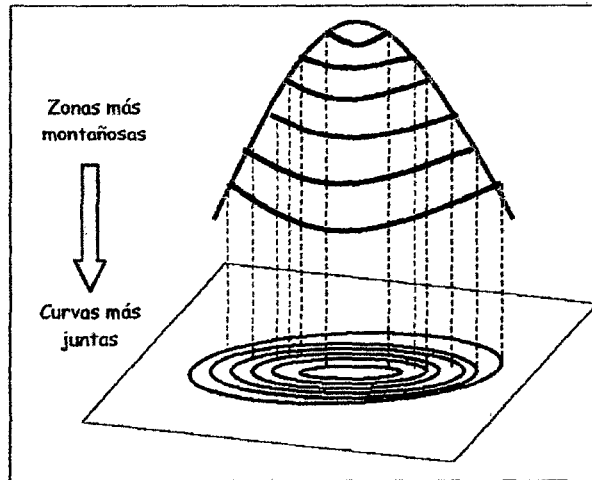


Figura 7. Pendientes pronunciadas de las curvas de nivel

Cuando están más separadas las curvas de nivel la pendiente es casi plana como es el caso de una llanura (selva baja)

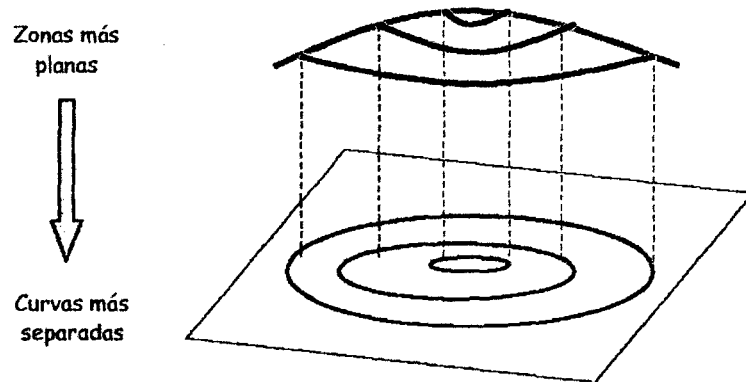


Figura 8. Pendientes menos pronunciadas de las curvas de nivel

Así podemos diferenciar zonas montañosas de zonas más planas

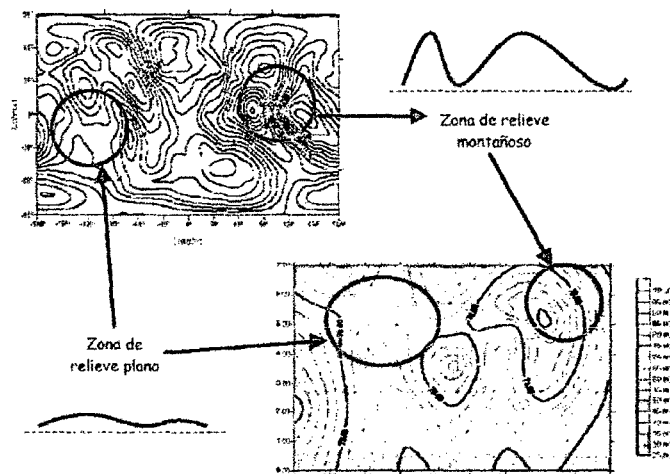


Figura 9. Distribución de las zonas de relieve montañoso y plano

2.2.8. Problemas, ventajas y desventajas en MET derivados de datos SRTM e imágenes ASTER

En el intento preliminar para destacar las principales características, ventajas y fallas de dos MET obtenidos a partir de diferentes sistemas satelitales, en este trabajo se propone un caso de estudio localizado en parte del valle del Alto Huallaga. Al oeste del distrito de Mariano Dámaso Beraún (Las Palmas) es donde se encuentra el área de estudio (Parque Nacional Tingo María) (Este: 386220 y Norte: 8958320, coordenadas centrales). Esta área es de 47.8 km² (Anexo 1), presenta un relieve accidentado con un rango altitudinal desde 650 msnm a casi 1810 msnm, orientado en dirección EW - NS y colindando un pequeño valle en la parte del este (Río Perdido). Como era de esperarse en un ambiente de montaña tropical, esta área presenta pendientes abruptas y alta densidad atmosférica, lo cual juega un rol importante en la calidad de cualquier producto de sensoramiento remoto, de allí la selección de esta área como objeto de análisis. El conjunto de datos usados en este análisis incluye imágenes ASTER de nivel 1B de enero del 2001, y el correspondiente MET generado por los datos del SRTM 2000. Estos datos se adquirieron a través de los portales del GLCF y USGS y fueron georeferenciados al datum WGS-84 y proyección UTM (zona 18L). Adicionalmente, durante los meses de agosto del 2008 a diciembre del 2009, se realizaron excursiones en el área tomando 600 puntos de control con GPG (Sistemas de Posicionamiento Global), eTrex Vista HCx (Barométrico), los cuales fueron referidos a la estación meteorológica de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) (640 msnm), mejorando así la precisión vertical y horizontal de los MET creados. A partir de las imágenes ASTER, el MET se generó usando los algoritmos estándar ofrecidos SIG PCI Geomática; posteriormente, ambos MET fueron importados al SIG ILWIS para su procesamiento y comparación. El MET de Aster fue agregado de su resolución horizontal original de 15 m a 90 m, la cual es aproximadamente la resolución del MET del SRTM.

Ambos MED analizados tienen errores y brechas de información fácilmente observables como 'torres' y 'vacíos' cuando se visualizan en 3D. Las 'torres' son errores comunes en MED obtenidos a partir de sensores ópticos como ASTER. Estos errores de información son productos de superficies con muy alta reflectancia, como nubes (KNAP *et al.*, 1999), características que distorsionan las dimensiones reales de altitud de la superficie y alterando incluso otras características geomorfológicas. Los 'vacíos' son el resultado de la pérdida de datos en sectores del MET por diferentes razones. Estas van desde aquellas relacionadas con las especificaciones técnicas del sensor hasta características topográficas propias como pendientes, orientación, formas, cuerpos de agua, etc. TOUTIN (2002) encontró que el radar de apertura sintética (RAS), usado para determinar información sobre elevación, es muy sensible al ángulo local de incidencia, por lo que es de esperar que un MET basado en técnicas radar-gramétricas sea anisotrópico y dependiente de las pendientes.

Igualmente, RABUS *et al.* (2003) determinan que debido al bajo ángulo de vista del SRTM (55°), ocurre una pérdida de datos y que a pesar del proceso de mosaico elaborado con los trayectos ascendentes y descendentes, con miras a disminuir los sectores de pérdida de datos, éstos se reducen mucho aunque no se corrigen completamente. Dada la ausencia de correcciones en los datos originales, éstos fueron corregidos a través de técnicas de interpolación ofrecidas en el programa ENVI 4.2. Ningún tratamiento relativo a aerosoles y nubosidad fue aplicado en las imágenes ASTER; de hecho, con miras a evitar este problema el área formal de análisis en este trabajo se limitó a una porción del área total donde estos factores eran reducidos.

Si bien ASTER mejora la resolución espectral y espacial comparado con sensores previos como el sistema LANDSAT, en el sentido que ASTER ajusta e

incrementa sus niveles de sensibilidad para el óptimo monitoreo de nubes (la muy alta reflectancia de estas superficies tiende a sobresaturar los sensores), (KHALSA *et al.*, 2004), factores tales como aerosoles, nubes, vapor de agua y reflectancia bidireccional siguen afectando la consistencia de sus derivados MET, por lo que en algunos casos el píxel del MET ASTER corresponde a la altitud de las nubes o aerosoles pero no a la altitud de la superficie terrestre

2.2.9. Evaluación de la calidad del MET

Existen tres criterios para evaluar la calidad del MET generado, el primero; es el criterio estadístico que se basa en el cálculo del Error Medio Cuadrático (EMC) con los puntos obtenidos de las curvas de control y sus homólogos en el MDE generado. El segundo criterio es el visual que consiste en comparar el MDE generado con las curvas de nivel digitalizadas, y por último, el criterio morfométrico; basado en la comparación de los drenajes y divisorias de cuencas generados a partir de cada MDE con los ríos y divisorias obtenidos en el mapa topográfico (PACHECO, 2003).

2.2.10. Estándares de calidad para los MET

De acuerdo a los estándares propuestos para la cartografía analógica (Normas de la Agencia Cartográfica de los Estados Unidos de Norteamérica) basados en la gradiente de la topografía y/o la escala del producto cartográfico, los MET creados a partir de curvas de nivel, deben presentar un error (EMC) máximo permisible de 0.5 veces el intervalo entre curvas de nivel del mapa fuente; además ningún error puede superar el intervalo de una curva de nivel (FALLAS, 2003b).

2.2.11. Índice y parámetros morfométricos

Una microcuenca hidrográfica o microcuenca de drenaje de un río es el área limitada por un contorno al interior del cual las aguas de la lluvia que caen se

dirigen hacia un mismo punto, denominado salida de la microcuenca. Es en suma, el área de captación de aguas de un río delimitado por el parteaguas.

La microcuenca hidrográfica actúa como un colector natural, encargada de evacuar parte de las aguas de lluvia en forma de escurrimiento. En esta transformación de lluvias en escurrimiento se producen pérdidas, o mejor, desplazamiento de agua fuera de la cuenca debido a la evaporación y la percolación (MAIDMENT, 1992). Para este tipo de estudios no solamente interesa el volumen total a la salida de la microcuenca, sino también su distribución espacial y temporal, para lo cual se necesita tener un buen conocimiento de sus características. El movimiento del agua en la naturaleza es una función compleja en la cual intervienen diversos factores, entre los cuales se pueden resaltar su clima y sus características fisiográficas (MAIDMENT, 1992).

2.2.11.1. Longitud del cauce principal

Es la medida del escurrimiento principal de la cuenca, medido desde la parte más alta hasta la salida (Cuadro 4). Este parámetro influye en el tiempo de concentración y en la mayoría de los índices morfométricos. Se obtiene a partir del mapa digitizado de la red de drenaje.

Cuadro 4. Clases de valores de longitud del cauce principal

Rangos de longitud	Clases de longitud del cauce
6.9-10.9	Corto
11-15	Mediano
15.1-19.1	Largo

Fuente: GARDINER, 1981

2.2.11.2. Elevación media de la cuenca

La variación altitudinal de una cuenca hidrográfica incide directamente sobre su distribución térmica y por lo tanto en la existencia de microclimas y hábitats

muy característicos de acuerdo a las condiciones locales reinantes. Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, el cual, da una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas de ella.

2.2.11.3. Método área – elevación

Para poder determinar la elevación media de una cuenca existen diferentes métodos, uno de ellos es la técnica Área – elevación, el cual se describe a continuación. Para estimar la elevación por este método, es necesario disponer de un mapa con curvas de nivel cuya separación altitudinal sea idéntica de nivel a nivel. Este método inicia con la medición del área de las diferentes franjas de terreno, delimitada por las curvas de nivel consecutivas y la divisoria de aguas.

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i x e_i}{A_t} \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

- E_m = Elevación media de la cuenca en metros
- A_i = Área de cada franja en (Km^2 o m^2) de acuerdo al tamaño de la cuenca
- e_i = Promedio de las curvas de nivel que delimita cada franja.
- A_t = Área total de la cuenca en (Km^2 o m^2)

Cuadro 5. Clases de valores de elevación media (msnm)

Rangos de elevación	Clases de elevación
1082.3-2072.2	Baja
2072.4-2362.2	Moderada
2362.4-2652.2	Alta

Fuente: GREGORY y WALLING, 1983

2.2.11.4. Área

Es el tamaño de la superficie de cada cuenca en km^2 . Se obtiene automáticamente a partir de la digitización y poligonización de las cuencas en el SIG.

El área de una cuenca en general, se encuentra relacionada con los procesos que en ella ocurren. También se ha comprobado que la relación del área con la longitud de la misma es proporcional y también que esta inversamente relacionada a aspectos como la densidad de drenaje y el relieve relativo.

Cuadro 6. Clases de tamaño de cuencas (km²)

Rangos de áreas	Clases de tamaño
1.25-35	Muy pequeña
35.5-58	Pequeña
58.5-81	Mediana
81.5-103.5	Grande

Fuente: GUEVARA y CARTAYA, 1991

2.2.11.5. Desnivel altitudinal

Es el valor de la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la más baja. Se relaciona con la variabilidad climática y ecológica. Una cuenca con mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura.

Cuadro 7. Clases de desnivel altitudinal (msnm;)

Rangos de Altitudes	Clases de altitudes
600-1220	Bajo
1221-1841	Mediano
1842-2462	Alto

Fuente: HENAO, 1998

2.2.11.6. Coeficiente de forma (K_f)

Este índice, propuesto por Gravelius, se estima a partir de la relación entre el ancho promedio del área de captación y la longitud de la cuenca, longitud que se mide desde la salida hasta el punto más alejado a ésta. El factor de forma, viene dado por:

$$K_f = \frac{\bar{L}}{L} \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

\bar{L} = Ancho promedio del área de captación

L = Longitud de la cuenca

A = Área de captación

$$\bar{L} = \frac{A}{L} \dots \dots \dots (14)$$

Entonces:

$$K_f = \frac{A}{L^2} \dots \dots \dots (15)$$

Este factor relaciona la forma de la cuenca con la de un cuadrado, correspondiendo un $K_f = 1$ para regiones con esta forma, que es imaginaria.

Cuadro 8. Clases de valores de forma

Rangos de K_f	Clases de forma
0.01-0.18	Muy poco achatada
0.18-0.36	Ligeramente achatada
0.36-0.54	Moderadamente achatada

Fuente: LEOPOLD, GORDON y MILLER, 1994

Un valor de K_f superior a la unidad nos proporciona el grado de achatamiento de la cuenca o el de un río principal corto. En consecuencia, con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

2.2.11.7. Coeficiente de compacidad (K_c)

Designado por K_c e igualmente propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. K_c se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas que la encierra y el perímetro de la circunferencia. La ecuación de este coeficiente corresponde a:

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots(16)$$

Donde:

K_c = Coeficiente de compacidad

P = Perímetro de la cuenca (longitud de la línea de parteaguas)

A = Área de la cuenca

Este valor adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Los valores de K_c nunca serán inferiores a 1. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea K_c , mayor será la concentración de agua. Existen tres categorías para la clasificación según el valor de este parámetro y que se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Clases de valores de compacidad

Rangos de K_c	Clases de compacidad
– 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: MONSALVE, 2000

2.2.11.8. Índice de alargamiento (I_a)

Este índice propuesto por Horton, relaciona la longitud máxima encontrada en la cuenca, medida en el sentido del río principal y el ancho máximo de ella medido perpendicularmente; se lo calcula de acuerdo a la fórmula siguiente.

$$I_a = \frac{L_m}{l} \dots\dots\dots(17)$$

Donde:

I_a = Índice de alargamiento

L_m = Longitud máxima de la cuenca

I = Ancho máximo de la cuenca

Cuando I_a toma valores mucho mayores a la unidad, se trata seguramente de cuencas alargadas, mientras que para valores cercanos a 1, se trata de una cuenca cuya red de drenaje presenta la forma de abanico y puede tenerse un río principal corto (Cuadro 10).

Cuadro 10. Clases de valores de alargamiento

Rangos de I	Clases de alargamiento
0.0-1.4	Poco alargada
1.5-2.8	Moderadamente alargada
2.9-4.2	Muy alargada

Fuente: PASTRANA, 2003

2.2.11.9. Coeficiente de masividad (K_m)

Este coeficiente representa la relación entre la elevación media de la cuenca y su superficie.

$$K_m = \frac{\text{Altura media de la cuenca (m)}}{\text{Área de la cuenca (km}^2\text{)}} \dots\dots\dots(18)$$

Este valor toma valores bajos en cuencas montañosas y altos en cuencas llanas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Clases de valores de masividad

Rangos de K_m	Clases de masividad
0-35	Muy Montañosa
35-70	Montañosa
70-105	Moderadamente montañosa

Fuente: PÉREZ, s/f.a; y VÉLEZ, s/f.b.

2.2.11.10. Orden de corriente

Existen diferentes métodos para obtener este índice (GREGORY y WALLING, 1985). En este estudio se utilizó el método de Strahler ya que es el más común, el más comprensible y el más fácil de relacionar con otros parámetros morfométricos. Este índice se obtiene mediante la agregación de corrientes, considerando una corriente de primer orden a aquella que no tiene afluentes, una de segundo orden aquella donde se reúnen dos corrientes de primer orden, una de tercero donde confluyen dos de segundo orden y así sucesivamente (Figura 4).

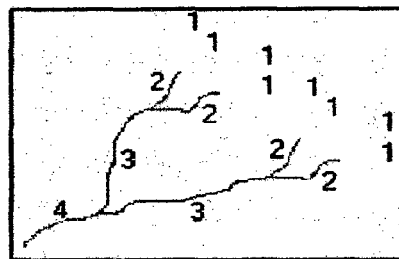


Figura 10. Ordenes de corriente según Strahler (GREGORY, 1985)

Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje. En general, mientras mayor sea el grado de corriente, mayor será la red y su estructura más definida. Asimismo, un mayor orden indica en general la presencia de controles estructurales del relieve y mayor posibilidad de erosión o bien, que la cuenca podría ser más antigua (en determinados tipos de relieve).

Cuadro 12. Clases de orden de corriente

Rangos de ordenes	Clases de orden
1 - 2	Bajo
2.1 - 4	Medio
4.1 - 6	Alto

Fuente: HORTÓN, 1995

2.2.11.11. Densidad de drenaje (D_d)

Este índice permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de

escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión. Pero también, como indican GREGORY y WALLING (1985), la densidad de drenaje provee una liga entre los atributos de forma de la cuenca y los procesos que operan a lo largo del curso de la corriente. Más precisamente, la densidad de drenaje refleja controles topográficos, litológicos, pedológicos y vegetacionales, además de incorporar la influencia del hombre. La densidad de drenaje se calcula dividiendo la longitud total de las corrientes de la cuenca por el área total que las contiene, o sea:

$$D_d = \frac{L}{A} \dots\dots\dots(19)$$

Donde:

L = Longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca en (Km)

A = Área de la cuenca en (Km²)

La densidad de drenaje varía inversamente con la extensión de la cuenca. Con el fin de catalogar una cuenca bien o mal drenada, analizando su densidad de drenaje, se puede considerar que valores de D_d próximos a 0.5 km/km² o mayores indican la eficiencia de la red de drenaje. La red de drenaje toma sus características, influenciada por las lluvias y la topografía.

Por esto se tiene que para un valor alto de D_d corresponden grandes volúmenes de escurrimiento, al igual que mayores velocidades de desplazamiento de las aguas, lo que producirá ascensos de las corrientes. En períodos de estiaje se esperan valores más bajos del caudal en cuencas de alta densidad de drenaje y de fuertes pendientes, mientras que en cuencas planas y de alta densidad de drenaje, se espera estabilidad del régimen de caudales, debido al drenaje subsuperficial y al aporte subterráneo. El siguiente cuadro muestra las clases de densidad de drenaje.

Cuadro 13. Clases de densidad de drenaje

Rangos de densidad	Clases
0.1 - 1.8	Baja
1.9 - 3.6	Moderada
3.7 - 5.6	Alta

Fuente: HENAO, 1998

2.2.11.12. Número de Escurrimientos

Es la cantidad de afluentes naturales de la cuenca. Se contabiliza mediante SIG a través del número de segmentos marcados en el mapa digitizado. Constituye una medida de la energía de la cuenca, de la capacidad de captación de agua y de la magnitud de la red fluvial. Un mayor número de escurrimientos proporciona un mejor drenaje de la cuenca y por tanto, favorece el escurrimiento. Los valores de escurrimiento se han agrupado en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Clases de valores escurrimientos

Rangos de escurrimiento	Clases
0 - 170	Bajo
171 - 340	Medio
341 - 510	Alto

Fuente: GARDINER, 1981

2.2.11.13. Pendiente del cauce principal

La pendiente del cauce se la puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre los puntos más elevado y más bajo del río en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce L , lo que significa:

$$S = \frac{H}{L} \dots\dots\dots(20)$$

Donde:

S = Pendiente media del cauce; L = Longitud del cauce

H = Desnivel entre los puntos más elevado y más alto

Cuadro 15. Clases de valores de pendiente del cauce (grados,

Rangos de pendiente	Clases
0.01 – 0.5	Suave
0.6 – 1.7	Moderada
1.7 – 5.7	Fuerte

Fuente: GUEVARA y CARTAYA, 1991

2.2.11.14. Tiempo de concentración (T_c)

Es el tiempo transcurrido entre el final del hietograma de excesos y el final del escurrimiento directo, siendo ésta la definición que aparece reseñada en la literatura con mayor frecuencia. Sin embargo, otros autores reportan el T_c como el tiempo comprendido entre el centroide del hietograma de excesos y el punto de inflexión sobre la curva de recesión del hidrograma de escurrimiento directo. Además se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto hasta el punto de interés. Corresponde al lapso entre el final de la lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial. Existen una serie de fórmulas que permiten el cálculo de este tiempo desarrolladas por diversos autores. Algunas de las fórmulas que se emplean para el cálculo de este tiempo son las siguientes:

Kirpich:

$$T_c = 0.06626x \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0.385} \dots\dots\dots(21)$$

Temez:

$$T_c = 0.126x \left(\frac{L}{S^{0.35}} \right)^{0.75} \dots\dots\dots(22)$$

Pasini:

$$T_c = 0.023x \left(Ax \frac{L}{S} \right)^{0.5} \dots\dots\dots(23)$$

Pizarro

$$T_c = 13.548x \left(\frac{L^2}{H} \right)^{0.77} \dots\dots\dots(24)$$

Donde:

- T_c = Tiempo de concentración (min)
 L = Longitud del cauce principal en (Km)
 S = Pendiente del cauce principal (m/m)
 A = Área de la cuenca (Km^2)
 H = Diferencia de alturas (m)

En este trabajo se ha utilizado la fórmula de Pizarro por ser una ecuación eficiente y fácil de emplear. El cuadro siguiente muestra la clasificación de los valores de concentración para las microcuencas del PNTM.

Cuadro 16. Clases de tiempo de concentración (minutos)

Rangos de T_c	Clases
0 - 41.7	Rápido
41.6 - 83.2	Moderado
83.3 - 125.1	Lento

Fuente: MONSALVE, 2000

2.2.11.15. Curvas hipsométricas

La curva Hipsométrica es la representación gráfica de la variación altitudinal de una cuenca y se obtiene a partir de un plano topográfico tomándose los valores en porcentaje del área que están por debajo de una determinada altura, que inicialmente serán la del punto más bajo de la cuenca e irá aumentando de acuerdo a los valores de las cotas de la curva de nivel que encierra las franjas de terreno por ellas definidas y el punto de salida que es generalmente el sitio más bajo de la cuenca.

2.2.11.16. Pendiente de laderas o pendiente de la cuenca

Es el promedio de las pendientes de la cuenca, es un parámetro muy importante que determina el tiempo de concentración y su influencia en las máximas

crecidas y en el potencial de degradación de la cuenca, sobre todo en terrenos desprotegidos de cobertura vegetal. Existen variadas metodologías, tanto gráficas como analíticas, que permiten estimar la pendiente de la cuenca. Dentro de las metodologías gráficas, la más recomendada por su grado de aproximación es el Método de HORTON y dentro de las analíticas la que se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$S_c = \frac{C}{A} \sum_{i=1}^n l_i \dots \dots \dots (25)$$

Donde:

Sc = Pendiente de la cuenca

C = Equidistancia entre curvas de nivel

A = Área de la cuenca

li = Longitud de cada curva de nivel

La clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente de laderas, se aprecia en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente promedio de las laderas

Pendiente media (%)	Tipo de relieve	Símbolo
0 - 3	Plano	P ₁
3 - 7	Suave	P ₂
7 - 12	Mediano	P ₃
12 - 20	Accidentado	P ₄
20 - 35	Fuerte	P ₅
35 - 50	Muy fuerte	P ₆
50 - 75	Escarpado	P ₇
> 75	Muy escarpado	P ₈

Fuente: PASTRANA, 2003

2.2.11.17. Pendiente del cauce principal o del máximo recorrido

Es el promedio de las pendientes del cauce principal. Este parámetro se relaciona directamente con la magnitud del socavamiento o erosión en profundidad y

con la capacidad de transporte de sedimentos en suspensión y de arrastre. Dependiendo de la pendiente, existirán tramos críticos de erosión y tramos críticos de sedimentación, los primeros relacionados con las mayores pendientes y la segunda con las mínimas. La metodología más recomendada para determinar la pendiente promedio del cauce principal está basada en el uso del perfil longitudinal y mediante la expresión siguiente:

$$S_0 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n l_i \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{l_i}{S_i} \right)^{1/2} \right]^2} \dots\dots\dots(26)$$

Donde:

S_0 = Pendiente del cauce principal

l_i = Longitud de cada tramo de pendiente S_i

n = Número de tramos de similar pendiente

En general, la pendiente del cauce principal es mucho menor que la pendiente de la cuenca.

2.2.11.18. Longitud del centroide (L_c)

Es una característica muy especial de la longitud del máximo recorrido y es la longitud medida sobre el curso principal entre el punto emisor hasta el pie de la perpendicular trazada sobre el cauce y que pasa por el centroide del área.

2.2.11.19. Coeficiente orográfico (C_0)

Es la relación entre el cuadrado de la altitud media del relieve y la superficie proyectada sobre un plano horizontal. Este parámetro expresa el potencial de degradación de la cuenca, crece mientras que la altura media del relieve aumenta y la proyección del área de la cuenca disminuye. Por esta razón toma valores bastante altos para micro cuencas pequeñas y montañosas, disminuyendo en cuencas extensas y de baja pendiente.

$$C_0 = \frac{H^2}{A} \dots\dots\dots(27)$$

Donde:

Co = Coeficiente Orográfico, adimensional

H = Altitud media del Relieve

A = Área de la cuenca

Este parámetro combina dos variables esenciales del relieve, su altura que influye en la energía potencial del agua y el área proyectada, cuya inclinación ejerce acción sobre la escorrentía directa por efecto de las precipitaciones. Este importante parámetro adimensional ha servido para caracterizar el relieve de las cuencas hidrográficas y ha sido igualmente investigado con miras a obtener la degradación potencial del suelo bajo los efectos de la acción del clima, degradación cuantitativa que se expresa mediante, y ver los índices de degradación, según clima en el siguiente Cuadro.

Cuadro 18. Índice de degradación según clima

Clasificación	Degradación (m ³ /km ² *año)	Símbolo
Degradación geológica natural	0-100	D ₁
Erosión débil	100-1000	D ₂
Erosión media	1000-2000	D ₃
Erosión fuerte	1000-2000	D ₄
Erosión excesiva	>2000	D ₅

Fuente: PASTRANA, 2003

$$q_s = 2.65x \log\left(\frac{P}{P^*}\right) + 0.46x \log(C_0 - 1.56) \dots\dots\dots(28)$$

Donde:

q_s = Potencial de degradación específica, en Tn/año

P = Módulo de precipitación anual o módulo pluviométrico

P* = Precipitación del mes de máxima pluviosidad

Co = Coeficiente orográfico, en porcentaje

Existen otros parámetros asociados con la red natural de drenaje, conocidos como parámetros de drenaje, cuyas características se describen brevemente a continuación. El estudio de la fisiología de la red natural de drenaje es importante porque permite estudiar los escurrimientos sobre todo cuando no se dispone de información cuantitativa de los factores hidrometeorológicos. La forma y la densidad de la red de drenaje corresponden a la distribución o arreglo geométrico de los tributarios que lo conforman. Este arreglo o distribución geométrica de la red de drenaje se ha venido formando a través de muchos años sobre la corteza terrestre y se expresa mediante índices o parámetros que describen de alguna manera la geometría de la red (ORTIZ, 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación, extensión y límites del área de estudio

El presente trabajo se ejecutó en el Parque Nacional Tingo María (SERNANP-PNTM), El PNTM se localiza en la selva central del Perú, en el departamento de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, y en los distritos de Mariano Dámaso Beraún y Rupa Rupa (Figura 11) (PLAN MAESTRO, 2002).

Cuadro 19. Coordenadas del área de trabajo.

PUNTO	SUR (UTM)	NORTE 18 L	ALTITUD m.s.n.m
1	386137	8968458	720
2	389874	8969521	680
3	393309	8958542	720
4	392706	8958010	800

Fuente: PLAN MAESTRO, 2002.

La superficie del Parque Nacional Tingo María, es de 4,777.80 Ha. Sus límites son: Por el Norte: margen derecha del río Monzón y parte del cerro Cotomono, desde la zona turística Cueva de las Lechuzas; por el Este: con el río Huallaga margen derecha dirigiéndose aguas arriba por los límites de las laderas y pasando por las zonas Brisas del Huallaga, Afilador, Puente Prado, Puente Pérez La Perla, Cueva de las Pavas, Quezada y Tambillo Grande. Por el Sur: Margen izquierda de la quebrada Tres de Mayo desde las inmediaciones de su desembocadura al río Huallaga hasta la catarata Gloriapata. Por el Oeste: Comienza desde la catarata Gloriapata siguiendo la quebrada Tres de Mayo llegando al tragadero del río Perdido, siguiendo aguas arriba hasta el encuentro de las quebradas Santa y Colorada, cruzando en sentido norte hasta llegar a la cumbre y siguiendo el río Oro hasta su llegada al río Monzón.

3.1.2. Características climáticas y zonas de vida

Las estaciones meteorológicas del José Abelardo Quiñones de la ciudad de Tingo María hasta el año 2009 registran una temperatura máxima media anual de 29.4 °C y una temperatura mínima media anual de 20.3 °C, siendo la temperatura media anual de 24.9 °C. La humedad relativa media anual es cercana al 85%. La precipitación media anual es de 3 328.9 milímetros. La época de lluvias comienza en octubre y se prolonga hasta abril. Sin embargo, en los últimos tres años el régimen de lluvias y estiaje ha sufrido grandes variaciones en su intensidad, ocasionando inundaciones en las riberas de los ríos, provocando huaycos y remoción de masas, y sequías que han afectado a la agricultura (SERNANP, 2009). Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o de formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIGE (1994), la zona del PNTM se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PT) y bosque húmedo Tropical (bh – T).

3.1.3. Relieve y suelos

Toda la extensión de la cadena montañosa de la Bella Durmiente se encuentra comprendida dentro del Parque. Por ello, el relieve en su interior es, con excepción de algunas pequeñas terrazas, muy escarpado y accidentado, constituido básicamente por montañas cuyas paredes tienen alturas que van de 300 a 500 metros disectadas por numerosas quebradas, pequeñas cascadas y manantiales. Las pendientes son muy pronunciadas, superando por lo general los 45° de inclinación. La altitud del Parque va de los 650 y los 1 808 msnm. Sus suelos poco profundos y pedregosos son muy susceptibles a la erosión y muestran claramente su vocación de protección; en el Parque no existen tierras con vocación agrícola o ganadera. Dada su condición montañosa, se puede apreciar diversos afloramientos de rocas y signos de deslizamientos naturales u ocasionados por labores agrícolas no muy recientes (PLAN MAESTRO, 2002).

3.1.4. Hidrografía

El PN Tingo María se encuentra en la confluencia de la subcuenca del río Monzón y de la cuenca media del río Huallaga. Justamente el nombre de la ciudad Tingo María, que se halla al otro lado del Parque, cruzando el río, proviene del vocablo quechua *tincco*, que significa encuentro. Los bosques del Parque juegan un rol fundamental en la regulación del ciclo hídrico de seis microcuencas: Monzón – Huallaga; Huallaga – Tres de Mayo; Tres de Mayo – Río Santa; Río Santa – Río Colorado, Río Colorado – Río Oro y Río Oro – Río Bella. Debido al material parental calcáreo del que está compuesto buena parte de la superficie del Parque, su sistema hidrológico presenta características muy particulares. Nos referimos a la presencia de varios tragaderos que reorientan el curso de las aguas hacia una red de ríos subterráneos. Es el caso del río Santa, que desaparece bajo tierra en un sumidero y abandona su curso normal en la quebrada Tres de Mayo, formando el río subterráneo conocido como río Perdido. El sumidero en el cual el río Santa se pierde en la tierra es conocido como Tragadero del río Perdido.

El río Perdido atraviesa la cadena montañosa de la Bella Durmiente por un espacio de cinco kilómetros, descendiendo 450 metros en la cota altitudinal y apareciendo cien metros más abajo de la cueva de Las Lechuzas. El río Perdido presenta la característica particular de traer aguas más frías que las del río Monzón, que se encuentra a apenas 600 metros de distancia. Sus aguas están ligeramente cargadas de sedimentos, producto de la colmatación que se viene produciendo en el tragadero. Es probable que algunos siglos atrás, el río Santa desembocara en el río Huallaga por la quebrada Tres de Mayo. Cuando sus aguas se sumieron por el tragadero de río Perdido, éstas acabaron desembocando en el río Monzón y formaron con el tiempo lo que ahora es la Cueva de Las Lechuzas. Con el paso del tiempo, las aguas han encontrado un nuevo recorrido.

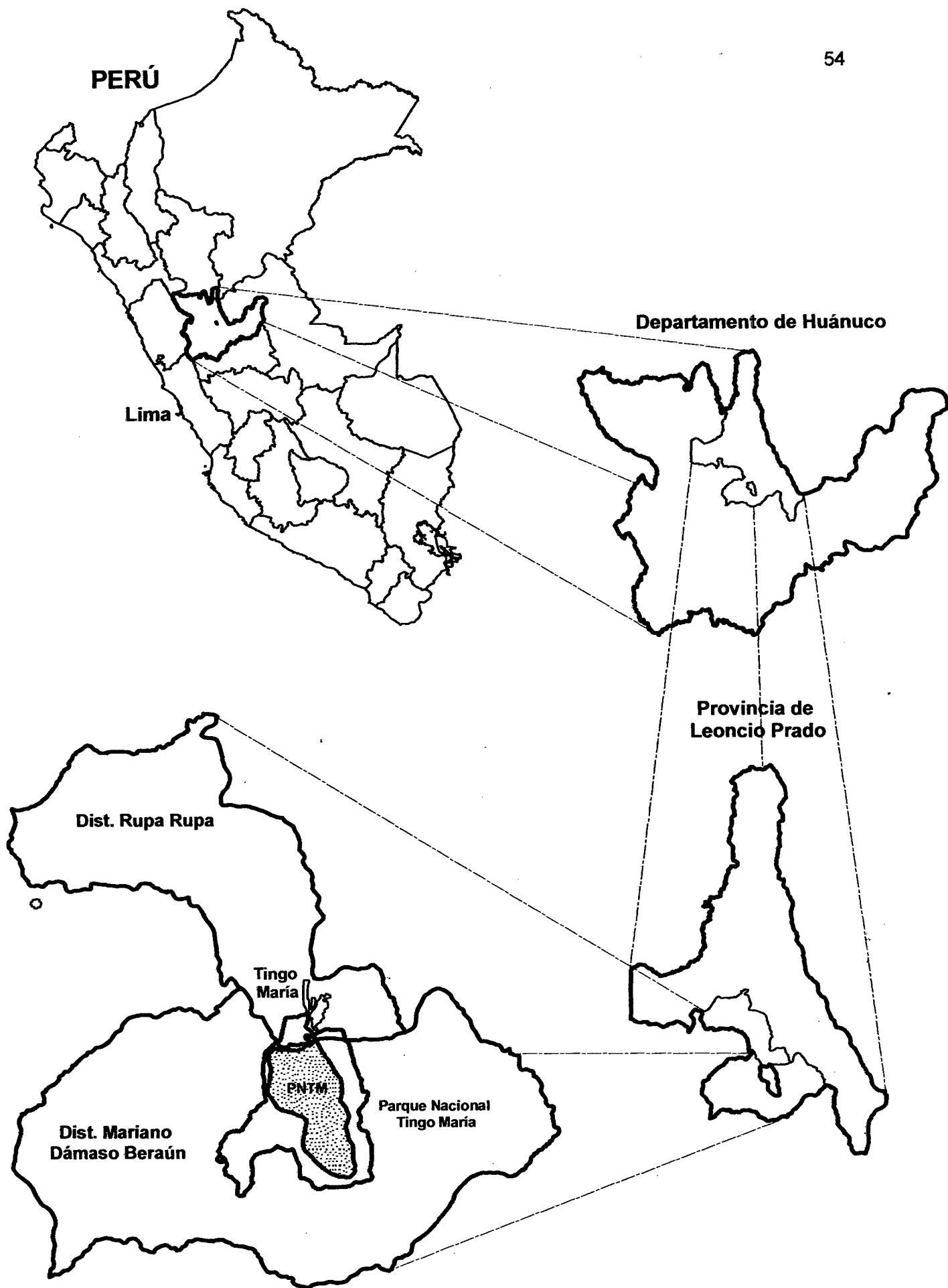


Figura 11. Ubicación política del Parque Nacional Tingo María (PNTM)

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

- Carta Nacional Digitalizada del IGN: Empalme N° 19 k y 19 l 1998, de la cual se empleó las curvas a nivel de donde se obtendrá los insumos para la interpolación.
- Imagen ASTER (*The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), Subsystem VNIR, y número de banda 3B y 3N (formatos HDF – EOS) (AST14DEM) (resolución de 30 m)
- Imagen SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), sistema interferométrico de 65.0 m de resolución.
- Imagen de Google earth, fue para obtener insumos de X, Y, Z (Visualización en 3D), para generar las cuevas de nivel.
- Mapas digitales del Parque Nacional Tingo María (PNTM), necesarios para la delimitación perimétrica del área en estudio.
- Fotografía aérea de la zona a color año 1998 del Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN) (parte del PNTM); imagen satelital IKONOS en formato Geotiff, subsistema VNIR, numero de banda 1, 2, 3 y 4 del año 2003; y LANDSAT-TM subsistema VNIR, numero de banda 1, 2, 3 y 4 del año 2001, que nos permitió determinar la configuración fisiográfica del PNTM.
- Machete marca Gavilán, Wincha Stanley de 50m, Rafia, placas de PVC, pintura esmalte color naranja, marcadores color negro, plástico de polietileno, lápiz 2By libreta de campo.

3.2.2. Equipos

- Brújula, eclímetro y altímetro marca Brunton, fueron utilizados en la fase de reconocimiento y estratificación fisiográfica en campo, y para el levantamiento topográfico de las microcuencas.

- GPS Garmin eTrex Vista HCx, fueron utilizados con la finalidad de tomar puntos de control dentro del Parque Nacional Tingo María.
- Cámara fotográfica marca LUMIX de 12 Mega pixeles (DC VARIO-ELMARIT 1:2.8-5.6/6.0-21.4 ASPH)
- Softwares Arcview 3.2 y ArcGis 9.2 (ESRI), Surfer 8.0 (GOLDEN SOFTWARE), ENVI 4.2; ERDAS 8.0; PCI Geomatica 9.1, ILWIS 3.3, IDRISI Andes 15.0, STATGRAPHICS Plus 5.1, para la manipulación de datos y el proceso de análisis estadístico, interpolación y modelamiento.

3.3. Metodología

Se pretende llevar a cabo la extracción y el análisis de la calidad de distintos Modelos de elevación de terreno (MET) generados para el PNTM, mediante su evaluación con una serie de puntos de control obtenidos mediante receptor GPS modelo Garmin eTrex Vista HCx, con distinto nivel de precisión. Para este cometido se generan por varios interpoladores (IDW, Kriging, Splines, TIN, Natural Neighbor, y Radial Basis Function), partiendo de los mismos datos fuente (imagen ASTER, SRTM, Google earth y Carta Nacional digitalizada), y se contrastaron con los puntos de control (datos tomados con GPS), que suponemos en principio que relativamente se encuentra libre de errores. Se obtiene pues para cada modelo una distribución de puntos con las discrepancias en la altitud, que es utilizada para generar los correspondientes estadísticos globales que definen la calidad del modelo. Luego se hizo la elección de un modelo, por lo general el que tuvo mayor confianza para determinar los parámetros morfométricos de las microcuencas del PNTM, y luego se contrasto con el levantamiento topográfico de las microcuencas: Tres de Mayo, Río Oro, y Río Colorado, este fin fue para medir el grado de precisión; también se usó este MET para generar mapa base del PNTM como son. Mapa fisiográfico, mapa de pendientes, mapa hidrográfico, mapa de vegetación y mapa de suelo; y finalmente se determinó el

potencial maderable del PNTM, que permitió precisar las especies que predominan en el PNTM; para todo este proceso se siguieron los siguientes procedimientos:

3.3.1. Elaboración del MET y análisis de calidad del modelo

3.3.1.1. Obtención de puntos de la Carta Nacional

Para obtener los puntos suficientes que sirvieron de insumos para la elaboración del MET, se incrementó el número de curvas de nivel, disminuyendo la separación altitudinal de 40 m a 20 m, mediante la opción *Create contours* del Menú SURFACE en la extensión 3D ANALYST (Arcview), y también se empleó la extensión *Divide2.avx*, luego se añadió puntos sobre las curvas de nivel creándose un tema de puntos (N), FALLAS (2003a). El número de puntos por unidad dependió principalmente de la fisiografía del terreno, incrementándose la densidad de puntos en la zona montañosa y disminuyendo en la zona de colina baja.

3.3.1.2. Obtención de puntos de la imagen SRTM

Para este evento se utilizó el software Global mapper, quien trabaja conjuntamente con el internet, la página utilizada fue el <http://SRTM.csi.org>, aquí se visualiza todo el mapa mundi del planeta. Entonces en el cuadro se seleccionó las coordenadas de interés en UTM, para ello se trabajó con el cuadro que trae la carta nacional (IGN), exportando las cuatro coordenadas de éste, una vez definida las coordenadas, se descargó en una carpeta en formato (.DEM), solo se pudo encontrar la imagen SRTM con 90 m y 65 m de resolución. La ventaja de esta imagen es que no es afectada por nubes, esto es por las ondas microondas (rango de 1 mm a 1 m de longitud de onda), y tienen un rango de frecuencia de 300MHz a 300GHz; por lo tanto están en la capacidad de ver a través de la atmósfera. La imagen obtenida se trabajó con el software ENVI 4.2 quien puede leer este formato sin ningún problema, en este programa en el menú Open Topographic file se importó el SRTM DEM, luego en el

mismo menú de Topographic, se realizó el convert contours to DEM a formato .Shp (shpfile), con una separación altitudinal de 20 m; también se hizo lo mismo en el software de ERDAS 8.0, pero previamente se convirtió a formato .img, y esto se hizo con el ENVI 4.2. Después de tener las curvas de nivel de la imagen SRTM, mediante la opción *Create contours* del Menú SURFACE en la extensión 3D ANALYST (Arcview), y también se empleo la extensión *Divide2.avx*, luego se añadió puntos sobre las curvas de nivel creándose un tema de puntos (N), FALLAS (2003a).

3.3.1.3. Obtención de puntos de la imagen ASTER

Para la obtención de puntos se utilizó la imagen ASTER del 2004 nivel L1B con un porcentaje de cobertura de nubes del 4 – 6 % (USGS, 2000) y el proceso de extracción se realizó aplicando PCI Geomática 9.1. Para extraer el DEM georeferenciado fue necesario contar con una serie de puntos de control (GCPs) con posición y elevación conocidas (esto se realizó con el GPS Garmin eTrex Vista HCx), a partir de los cuales, fue posible asignar valores reales de elevación a cada uno de los píxeles del DEM extraído.

Se recopilaron puntos de control en campo mediante GPS (Garmin eTrex Vista HCx, la cual tiene incorporado un barómetro). Los puntos se colectaron en lugares fácilmente identificables en la imagen y en el terreno de estudio (PNTM), distribuyéndolos casi en toda la imagen y cubriendo la variación altitudinal que la zona de estudio presenta. Con este procedimiento se recopilaron en campo 55 puntos, 3 de ellos se emplearon como GCPs; y los restantes, se emplearon como puntos de comprobación para verificar la calidad del DEM extraído.

Se generaron imágenes epipolares a partir de las bandas 3N y 3B de la imagen y se extrajo un DEM georeferenciado de la zona de estudio con sistema de

referencia UTM, Zona 18 L Sur, Datum WGS 84 y elipsoide WGS 84; con un tamaño de píxel de 30 m. una vez obtenida el DEM, se trabajo con el software ENVI 4.2 quien puede leer este formato sin ningún problema, en este programa en el menú Open Topographic file se importo la imagen en formato .DEM, luego en el mismo menú de Topographic se realizó el convert contours to DEM a formato .Shp (shpfile), con una separación altitudinal de 20 m, se hizo lo mismo en el software de ERDAS 8.0, pero previamente se convirtió a formato .img, y esto se hizo en el ENVI 4.2.

Después de tener las curvas de nivel de la imagen SRTM, mediante la opción *Create contours* del Menú SURFACE en la extensión 3D ANALYST (Arcview) y también se empleo la extensión *Divide2.avx*, luego se añadió puntos sobre las curvas de nivel creándose un tema de puntos (N), FALLAS (2003a).

3.3.1.4. Obtención de puntos de la imagen de Google earth

Para la obtención de estos puntos, se trabajo con el software Google earth, este programa permite directamente obtener las coordenadas (Este, Norte y altitud), pero previamente en el menú de herramientas, en opciones se selecciona la proyección en donde se desea trabajar, en este caso se selecciono en UTM WGS 84, y la altitud en m.s.n.m.

3.3.1.5. Métodos de interpolación de los puntos de control y generación del MET

La generación del MET se realizó empleando los interpoladores: IDW (Inverse distance weight), Kriging, Splines (Minimum curvature), Natural Neighbor, TIN (Interpolación a partir de triángulos irregulares) y Radial Basis Function (RBF). El MET del Parque Nacional Tingo María se obtuvo mediante el Programa ArcGis 9.2 (ESRI), y un visualizador especializado en 3D denominado ArcScene, utilizando el menú 3D

ANALYST (el MET se realizó con los interpoladores: IDW, Splines, Kriging, TIN y Natural Neighbor), y el interpolador Radial Basis Function se realizó en el Software SERFER 8.0; mientras que los variogramas de todos los interpoladores (IDW, Splines, Kriging, Natural Neighbor, TIN, y RBF) se obtuvieron empleando el programa SURFER 8.0 (GOLDEN SOFTWARE). Eligiendo la opción *Variogram* del Menú GRID, para lo cual las coordenadas X, Y, Z fueron introducidas en la Hoja de Trabajo (Worksheet) y guardados en formato *.dat*.

Para la realización de un TIN (red de triángulos irregulares); para la generación de una estructura triangular, como parte de datos se tuvo que conocer sus tres coordenadas (este, norte y altitud) (x, y, z). Esta muestra de puntos fue extraída de las curvas de nivel realizadas anteriormente con una diferencia altitudinal de 20m (Carta Nacional, Imagen SRTM, Imagen ASTER, e imagen de Google earth).

3.3.1.6. Puntos de control

Para contrastar los distintos modelos generados fueron necesarios un conjunto de puntos de control que representen al "terreno real", y que podamos contrastar con los modelos interpolados. Las diferencias de alturas así obtenidas nos permitió evaluar el nivel de error de cada modelo.

Según los estándares para modelos digitales de elevaciones, del U.S.G.S. (Departamento del Interior del U.S. Geological Survey), en referencia al control de la calidad de los MDE, se habla de un mínimo de 28 puntos de control, 20 interiores y los 8 restantes en el borde. (USGS, 1997).

Los puntos de control fueron obtenidos con un GPS Garmin eTrex Vista HCx; esto fue con la finalidad de asegurar una buena calidad de la altura ortométrica,

se han calculado los parámetros de transformación para la zona apoyándose en tres vértices geodésicos (dos pertenece a las cotas del IGN que se encuentran dentro del PNTM, uno es por la estación meteorológica José Abelardo Quiñones) en el borde externo e interno de la zona. Este GPS cuenta con una precisión de 2 m (este y norte) y altitud 1 m., entonces se colectaron de campo 55 puntos (Anexo 1).

3.3.1.7. Evaluación del MET

Se verificó la calidad del MET en base a la comparación entre las cotas de 55 puntos de verificación tomados en el terreno vía GPS y las cotas extraídas del MET generado en los puntos correspondientes (puntos obtenidos de: Carta Nacional, Imagen SRTM, Imagen ASTER, e imagen de Google earth), calculando el coeficiente de correlación (R^2), el coeficiente de eficiencia de Nash y Sutcliffe (EF), el coeficiente de determinación (CD), el error cuadrático medio (RMSE), el error medio (BIAS) y el error medio absoluto (MAE).

La evaluación o validación del MET se comprobó teniendo en cuenta la validación estadística. Para ello se calculó el Error Medio Cuadrático (EMC) a partir de los puntos de control (n). Se consiguió empleando la siguiente fórmula:

$$EMC = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_i^e - Z_i^r)^2}{n}} \dots\dots\dots(29)$$

Donde:

Z_i^e = Valor estimado de la altitud del enésimo punto de control.

Z_i^r = Valor real de la altitud del enésimo punto de control.

n = Número de puntos de control.

Para determinar "n" se empleó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{CV^2 * t^2}{E^2} \dots\dots\dots(30)$$

Donde:

CV^2 = Coeficiente de variabilidad.

t^2 = Es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza del 95% (alfa =0,05) el valor de Z es 1,96.

n = Número de puntos de control

E^2 = Error máximo permisible

3.3.2. Parámetros morfométricos de las microcuencas del PNTM

3.3.2.1. Levantamiento topográfico longitudinal y vertical de las quebradas del PNTM

Este trabajo consistió netamente en campo, para ello como materiales y equipo se usó: Wincha, Brújula, Eclímetro, Altimetro y GPS; primeramente se siguió todo el cauce de las quebradas: río Tres de Mayo, río Colorado y río Oro; con la wincha se midió la distancia de un punto "P" a otro punto "Q" (la distancia varía de acuerdo a comportamiento sinuoso del cauce), al mismo tiempo se aprovecho de medir el azimut de estos punto con una brújula, y también se aprovecho en medir la pendiente con un eclímetro, tratando de mantener la paralelidad del cauce con la proyección temporal de este material; estas mediciones se realizaron desde el inicio del cauce hasta el final (naciente del cauce); pero el inicio de las quebradas fueron georeferenciadas con el GPS Garmin eTrex Vissta HCx (precisión de hasta 2m); la cual estos datos obtenidos en campo, permitió obtener las coordenadas geográfica (UTM: Este, Norte y Altitud), a través de procedimientos trigonométrico y geométricos, para luego ser llevado a un sistema de comparación con los cauces generados con la carta Nacional (IGN), imagen SRTM, imagen ASTER, e imagen del Google earth.

3.3.2.2. Delimitación automática de cuencas hidrográficas y extracción de parámetros morfométricos

La metodología en esta parte del trabajo se basó fundamentalmente en mediciones y cálculos de variables y parámetros morfométricos de las microcuencas del Parque Nacional Tingo María (PNTM): Río Tres de Mayo, Río Colorado y Río Oro y sus redes de drenajes, para lo cual se utilizó como fuente de información los planos topográficos generados por: Carta Nacional (IGN), imagen SRTM, imagen ASTER, imagen de Google earth.

A partir de la cartografía digitalizada generada por la carta Nacional (IGN), imagen SRTM, imagen ASTER, imagen de Google earth, del área de estudio y empleando la herramienta SIG (software Arc Gis 9.2) se calcularon los parámetros morfométricos básicos puntuales, lineales, areales y pendientes de la cuenca y de su red de drenaje. Otros parámetros se obtuvieron de la lectura directa sobre la base cartográfica original, y otros por medio de las ecuaciones matemáticas que los definen. Cada uno de los parámetros morfométricos medidos y calculados en este estudio para el área de interés se especifican en el Cuadro 20.

Para el cálculo de la altura mediana de la microcuenca, se seleccionaron intervalos entre curvas de nivel cada 100 m y se midió el área parcial de cada intervalo expresándolas en porcentajes y luego como área acumulada en porcentaje. Posteriormente, se construyó un gráfico bidimensional representando en el eje x el área acumulada (%) y en el eje y la altura (msnm), a partir del cual se estimó la altura mediana, valor este correspondiente al 50 % de área acumulada. Para el cálculo de la pendiente media se siguió el mismo procedimiento descrito para estimar la altura mediana, sólo que para cada intervalo de curva de nivel se calculó la pendiente media del terreno, promediando varias mediciones realizadas en cada uno de ellos.

Cuadro 20. Parámetros morfométricos medidos y calculados para las microcuencas del Parque Nacional Tingo María

Variable	Parámetro	Símbolo	Ecuación	Dimensión
Escala de la Microcuenca	Área	A	-	L ²⁽¹⁾
	Perímetro	P	-	L ⁽²⁾
	Longitud	L	-	L
	Ancho	W	-	L
	Diámetro	D	$D=(4A/\pi)^{1/2}$	L
Gradiente y forma del relieve de la microcuenca	Altura máxima	H	-	L
	Altura mínima	h	-	L
	Altura mediana	H _{md}	-	L
	Relieve máximo	H _b	$H_b = H - h$	L
	Radio del relieve	R	$R = H_b/L$	-
	Pendiente mediana	S _{md}	-	%
	Pendiente media del perfil longitudinal de la corriente principal	S _m	$S_m = \left(\frac{\sum S_{mi}}{m} \right)^2$ S _{mi} ⁽³⁾ , m ⁽⁴⁾	%
Concavidad del perfil longitudinal de la corriente principal	C	$C = b/B$ b ⁽⁵⁾ , B ⁽⁶⁾	-	
Curva hipsométrica	Ch	Construcción grafica con los coeficientes de altura relativa (Chr) y área relativa (Car), respectivamente	-	
Forma de la microcuenca	Elongación	S _e	$S_e = A^{0.5}/L$	-
	Perímetro relativo de crenulación	S _c	$S_c = P^2/A$	-
	Radio de crenulación	R _c	$R_c = L_{cn}/P$ L _{cn} ⁽⁷⁾	-
	Forma	R _f	$R_f = A/L^2$	-
	Coefficiente de compacidad	K _c	$K_c = 0.28x(P/A^{0.5})$	-

Variable	Parámetro	Símbolo	Ecuación	Dimensión
Extensión de la red de drenaje	Longitud de la corriente principal	L_{cp}	-	L
	Longitud total de las corrientes	C_t	$C_t = \Sigma$ Longitud de las corrientes	L
	Densidad de drenaje	D_d	$D_d = C_t/A$	L/L^2
	Coefficiente de mantenimiento del canal	C_{mc}	$C_{mc} = A/C_t$	L^2/L
Orden y magnitud de la red de drenaje	Orden de la corriente	u	-	-
	Numero de segmentos de la corriente de un orden dado	N_u	-	-
	Relación de bifurcación	R_b	$R_b = N_u / N_{u+1}$	-
	Longitud de la corriente de un orden dado	L_u	-	L
	Longitud total de las corrientes de un orden dado	L_{tu}	$L_{tu} = \Sigma L_u$	L
	Longitud media de las corrientes de un orden dado	L_{mu}	$L_{mu} = L_{tu} / N_u$	L
	Longitud media acumulada de las corrientes de un orden dado	L_{mau}	$L_{mau} = L_{mu} + L_{mu+1}$	L
	Relación de longitud	R_L	$R_L = L_{mu} / L_{mu+1}$	-
Orden y magnitud de la red de drenaje	Indice de alargamiento	I_a	L_m/L	-
	Coefficiente de masividad	K_m	Altura media de la cuenca / área de la cuenca	L/L^2
	Longitud del centroide	L_c	Longitud medida sobre el cauce principal	L
	Coefficiente orográfico	C_o	H^2/A	L^2/L^2
	Potencial de degradación	q_B	$2.65 \text{Log}(P/P') + 0.46 \text{Log}(C_o - 1.56)$	M/T
	Coefficiente de torrencialidad	CT	$CT = N_1/A$ $N_1^{(8)}$	-

Fuente: GARDINER, 1981; GREGORY y WALLING, 1973; GUEVARA y CARTAYA, 1991; HENAO, 1998; HORTON, 1945; LEOPOLD, GORDON y MILLER, 1964; MONSALVE, 2000; PASTRANA, 2003; PÉREZ, s/f.; SENCIALES, 1998; SMITH y STOPP, 1978; STRAHLER, 1968; STRAHLER, 1985; VÉLEZ y VÉLEZ, s/f.a; VÉLEZ y VÉLEZ, s/f.b. (1) L^2 = areal; (2) L = lineal; (3) S_{mi} = pendiente media de cada intervalo del perfil longitudinal de la corriente principal; (4) m = número de intervalos en que se divide el perfil longitudinal de la corriente principal; (5) b = altura del perfil longitudinal de la corriente principal en su longitud mediana; (6) B = altura de la recta del perfil longitudinal de la corriente principal en su longitud mediana; (7) L_{cn} = longitud de la curva de nivel que corta el mayor número de corrientes de la red de drenaje; (8) N_1 = número de corrientes de orden 1

Para la estimación de la pendiente media del cauce principal de las quebradas: río Tres de Mayo, río Colorado y río Oro, los perfiles longitudinales de estos se subdividió en intervalos de acuerdo al comportamiento sinuoso y en cada uno de ellos se calculó gráficamente su pendiente media, luego con estos valores se calculó la pendiente media de todo el perfil utilizando la ecuación que se indica en el Cuadro 19.

Para la construcción de la curva hipsométrica se tomaron los mismos intervalos de 100 msnm entre curvas de nivel y los valores de área acumulada. Luego se calcularon los coeficientes de altura relativa dividiendo los valores de los límites superiores de cada intervalo entre la altura máxima de la cuenca, y los coeficientes de área relativa dividiendo el área acumulada en cada intervalo entre el área total de la microcuenca. Con estos coeficientes se construyó un gráfico bidimensional representando en el eje "x" el área relativa y en el eje "y" la altura relativa. Para la representación gráfica de la relación longitud del curso principal de las quebradas: río Tres de Mayo, río Colorado y río Oro – área de la microcuenca, se retomaron los intervalos de 20 msnm entre curvas de nivel con sus respectivos valores de área acumulada y se midieron las longitudes parciales del cauce de las quebradas: río Tres de Mayo, río Colorado y río Oro en cada uno de los intervalos, los cuales luego se expresaron como longitud acumulada. Con estos valores se construyó un gráfico bidimensional representando en el eje "x" el área acumulada y en el eje "y" la longitud acumulada del cauce de las quebradas. Los tiempos de concentración de las tres microcuencas: río Tres de Mayo, río Colorado y río Oro en su desembocadura y en el ápice del abanico, se estimaron con base en la ecuación de Kirpich (1940) $t_c = 0,01947 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$ (L es la longitud del cauce principal, y S es la pendiente promedio del cauce principal). La velocidad promedio del flujo en las mismas posiciones geomorfológicas y altitudinales, se estimaron por medio de la ecuación $V_f = L / t_c$.

3.3.3. Análisis fisiográfico del PNTM

3.3.3.1. Elaboración de mapa base a partir de la imagen satelital y carta nacional

Es aquí donde se elaboraron mapas de caracterización fisiográfica del Parque Nacional Tingo María; se trabajó con imagen satelital ASTER, IKONOS año 2003 y LANDSAT del año 2001, y también como referencia se utilizó la carta nacional empalme 19k (IGN); de las cuales el análisis fisiográfico fue mediante la metodología empleada por Malleux (MALLEUX, 1982).

3.3.3.2. Ubicación de los puntos de verificación

Una vez elaborada el mapa de análisis fisiográfica del PNTM, con la ayuda de las imagen satelitales, se ubicó los puntos de control, para la obtención de este sistema, se delimitó todo el PNTM con cuadrantes de 9.00 Ha ($300 \times 300 \text{m}^2$) de forma simétrica, obteniendo 560 cuadrantes, y por cada cuadrante se subdividieron 900 subcuadrantes para las respectivas verificaciones; luego se trabajó con la tabla de números aleatorios, previamente se le asignó números distribuidos al azar en todo el perímetro del área estudiada, para luego verificar el tamaño de muestra con la tabla de distribución binomial (PIMENTEL, 1996); se trabajó a un nivel de confianza del 90 % y 95% esto es debido a aspectos naturales (variables que no se pueden manipular) como son evaluación de pendiente y altitud (parámetros fisiográficos) (MALLEUX, 1982).

3.3.3.3. Verificación de unidad fisiográfica predeterminada

Para la verificación de las parcelas seleccionadas anteriormente en el análisis fisiográfico, se realizó con el GPS Garmin eTrex Vista – HCx, la ventaja de este GPS es que tiene un altímetro incorporado, que se tuvo que parametrizar, y para ello se utilizó los datos de la estación meteorológica José Abelardo Quiñes calibrando de esta manera el barómetro, también se llevó aparte un altímetro y eclímetro modelo

Brunton, esto fue para poder medir la pendiente del área a evaluar y la altitud de la estratificación fisiográfica.

3.3.3.4. Interacción del mapa fisiográfico inicial de gabinete y la información obtenida en campo

Mediante los programas de Arc view 3.3, Arc GIS 9.2, SURFER 8.0 y STATGRAPHICS Plus 5.1, se realizó la interacción del mapa base fisiográfico inicial con datos (altitud y pendiente) obtenidas en campo; y para determinar el error de estratificación se usó la metodología de MALLEUX (1982), como se muestra en la siguiente ecuación.

$$S^2_{(aj)Pe} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^M P_j P_{je} (1 - P_{je}) + \frac{n}{K} \left[\sum_{j=1}^M P_j P_{je}^2 - \left(\sum_{j=1}^M P_j P_{je} \right)^2 \right] \dots (31)$$

Donde:

P_j = Proporción del estrato j

P_{je} = Proporción del estrato e en el estrato j

K = Número total de parcelas distribuidas en todo el área

n_j = Número de parcelas de verificación en el estrato j

M = Número de estratos

S^2 = Error de estratificación

3.3.4. Elaboración de mapas a partir del MET y parámetros morfométricos

3.3.4.1. Mapa topográfico (pendiente y altitud)

Para el cálculo de pendientes del terreno se consideró ocho rangos; Plano a casi plano, casi plano a ligeramente inclinado, ligeramente inclinado a moderadamente inclinado, moderadamente inclinado a fuertemente inclinado, fuertemente inclinado a empinado, empinado a muy empinado, muy empinado a fuertemente empinado, fuertemente empinado a extremadamente empinado (PUERTA,

2007). Se empleó la opción *Surface Análisis – Slope*, determinándose la pendiente en porcentaje.

El procedimiento manual es un método sencillo donde se trabajó con la distancia entre las curvas de nivel y la escala del mapa. Se elaboró una plantilla que indique la separación mínima entre las curvas de nivel para obtener una determinada pendiente; generalmente la plantilla consistió en pequeños círculos que indicaron diferentes porcentajes de pendientes.

La fórmula para la elaboración de la plantilla es la siguiente:

$$P = \frac{DV}{DH} \times 100 \dots \dots \dots (32)$$

Donde:

P = Pendiente

DV = Distancia vertical

DH = Distancia horizontal

3.3.4.2. Mapa hidrográfico

Se delimitó con el MET generado a partir de la carta nacional, imagen SRTM, imagen ASTER e imagen de Google earth, para ello se usó el software Arc Gis 9.2, se empleó la función *Fill Sinks* y *Stream Segmentation* y *Stream Definition*, ello permitió la delimitación automática las quebradas del Parque Nacional Tingo María (río Tres de Mayo, río Colorado y río Oro).

3.3.4.3. Mapa de red vial (accesibilidad)

Se delimitó los caminos primarios y secundarios existentes en el Parque Nacional Tingo María (PNTM) a base de interpretación de imágenes IKONOS del año 2002; y para mejorar se contrastó con el MET.

3.3.5. Determinación del potencial maderable del PNTM

Se delimitó parcelas de 10 x 100 metros de lado, equidistantemente a favor de la pendiente (pero de acuerdo al azimut de trabajo, con que se delimitó las parcelas), de manera que quedó definido como se aprecia en la Figura 12 y se marcaron a las especies forestales como se muestra en la Figura 13; en los cuadrantes se evaluó las categorías de fustales y árboles maduros, como se muestra en el Cuadro 21; las muestras fueron tomadas al azar dentro del Parque Nacional Tingo María, como muestra piloto, para determinar el número de muestra definitiva, donde se usó la siguiente fórmula.

$$n = \frac{t^2 \times CV^2}{E^2 + \frac{t^2 \times CV^2}{N}} \dots\dots(33)$$

Donde:

CV^2 = Coeficiente de variabilidad.

t^2 = Es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza del 95% (alfa =0.05) el valor de Z es 1.96.

n = Número de puntos de control

N = Número total de muestras del PNTM.

E^2 = Error máximo permisible

Cuadro 21. Clasificación de la vegetación forestal

Categorías	Dimensiones del individuo	Tamaño de la muestra (m)	Superficie de la parcela (m ²)
Fustales y arboles maduros	Dap ≥ a 10 cm	100 x 10	1000

Fuente: BOLFOR, 1998

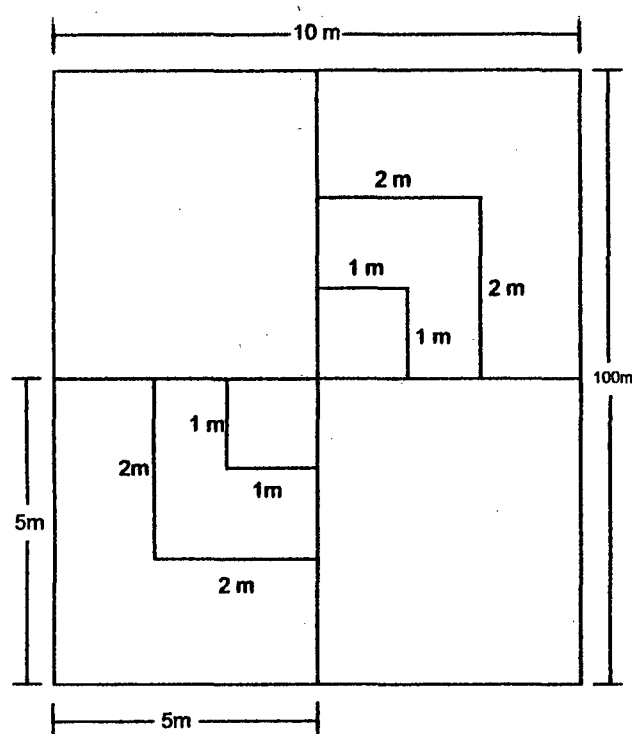


Figura 12. Diseño de parcela para evaluación de categorías de especies forestales

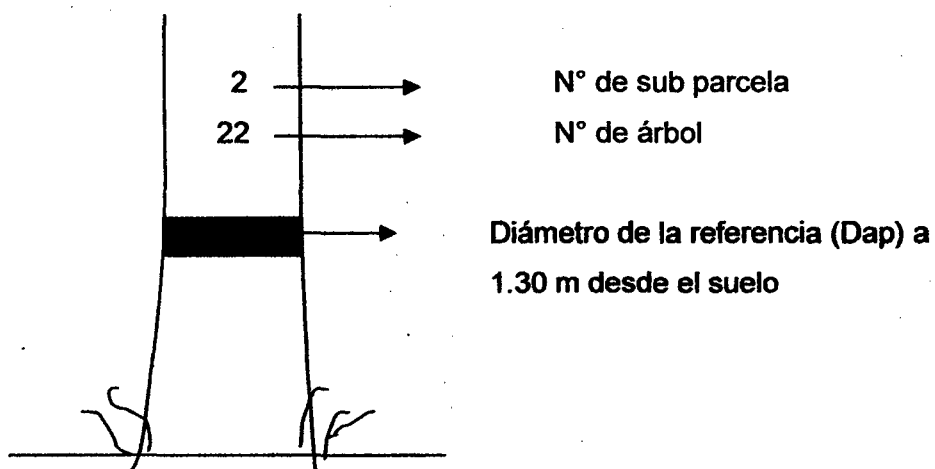


Figura 13. Codificación del árbol individual en el área de estudio

Para determinar el potencial maderable, se considero para el análisis determinar el tipo de bosque que predomina en el Parque Nacional Tingo María, para ello se realizo el análisis estructural horizontal, determinando las siguientes características:

3.3.5.1. Composición florística

Constituyen uno de los rasgos más llamativos en la estructura del bosque tropical y se expresa en una simple tabla conteniendo los nombres de las especies y el número de individuos en la parcela de estudio.

3.3.5.2. Cociente de mezcla

$$CM = \frac{N^{\circ} \text{especies}}{N^{\circ} \text{árboles}} \dots\dots(34)$$

3.3.5.3. Abundancia absoluta y relativa

Se utilizó la fórmula citada por (ODUM, 1998 y KREBS, 1995)

A. Absoluta = N°Total de individuos por especies

$$A. \text{ Relativa} = \frac{N^{\circ} \text{Total de individuos por especies}}{N^{\circ} \text{Total de individuos}} \times 100 \dots\dots(35)$$

3.3.5.4. Frecuencia absoluta y relativa

Para calcularla durante el muestreo la parcela se subdivide en 25 partes o subparcelas de igual tamaño entre sí (10 X 100 m²). Entonces se controló la presencia o ausencia de cada especie en cada subparcela. La frecuencia absoluta de una especie se expresa en % de las subparcelas en las que aparece, cuando aparece en las 20 subparcelas entonces la frecuencia es de 100%

3.3.5.5. Clases de frecuencia absoluta

La ley de frecuencias de *Rahnkiaer* establece:

$A > B > C \geq \text{ó} \leq D < E$. Si se cumple esta ley, quiere decir que el bosque no ha sido intervenido por la mano del hombre.

A < B > C = D > E. Si se cumple esta ley, quiere decir que el bosque ha sido intervenido o alterado.

3.3.5.6. Dominancia o cobertura RANGEL y VELÁSQUEZ, (1995)

$$Dr = \frac{Ab \text{ por especie}}{Ab \text{ Total}} \times 100 \dots (36)$$

Donde:

Ab = área basal

3.3.5.7. Índice de valor de importancia

Según Curtís y Mc. Intosh, citado por LAMPRECHT (1990).

$$IVI = Abr\% + Fr\% + Dr\% \dots (37)$$

Donde:

Abr = Abundancia relativa de cada especie

Fr = Frecuencia relativa

Dr = Dominancia relativa de cada especie

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de calidad del MET generada con distintas técnicas de interpolación e imágenes

4.1.1. Comparación de los MET a partir de las imágenes

4.1.1.1. Comparación de IGN con la imagen ASTER

La comparación entre ambos MET descansa en la interpretación del gráfico cartesiano de regresión lineal de dispersión, el cálculo de su asociación espacial para lo cual es usual la aplicación del coeficiente de correlación (BOHAM, 1996 y FUJISADA, 2005), que definan los niveles de precisión y confiabilidad en los MET analizados, y finalmente el análisis de las diferencias de altitud en dos perfiles topográficos trazados en un área con vegetación y fuertes pendientes. En función del gráfico de dispersión entre ambos MET (Figura 14), en términos generales, se asume una alta correspondencia entre los datos de ambos MET, interpretándose que los datos y grupos de datos alejados de la tendencia lineal provienen de sectores fuertemente afectados por problemas relativos a densidad atmosférica, vegetación y variabilidad de inclinación y exposición de pendientes, así como también por el proceso sintético de corrección de la información original, lo cual es particularmente visible en el MET ASTER. Es por ello que en la Figura 14 se muestra la gráfica de los residuos estandarizados, puesto que se distribuyen a una distribución Normal (0,1), y valores que excedan fuera de estos rangos en valor absoluto, indican claramente que las celdas no se ajustan al modelo, en la Figura se muestra que las celdas (altitud) se ajustan al modelo del comportamiento de altitud; además en el Cuadro 22 se muestra que el F calculado es mayor que el F tabular, por lo tanto el modelo es altamente

significativo, quiere decir que existe asociación entre las altitudes de la imagen ASTER con el IGN. La consistencia y robustez de los datos de altitud se demuestra en la relación linear positiva y alta correlación obtenida (0.976).

Cuadro 22. Tabla ANOVA y parámetros de la regresión de dispersión del IGN Vs ASTER

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	1	2149387984.86	2149387984.86	2130220.74	< 0,0001
Error	51691	52156103.88	1008.99		
Total corregido	51692	2201544088.74			

Fuente	Valor	Desviación típica	t-esta.	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Intersección	157.246	0.687	229.009	< 0.0001	155.900	158.592
IGN	0.837	0.001	1459.528	< 0.0001	0.836	0.838

$$\text{ASTER} = 157.245815097312 + 0.837005197838467 \cdot \text{IGN}$$

Fuente: Elaboración propia

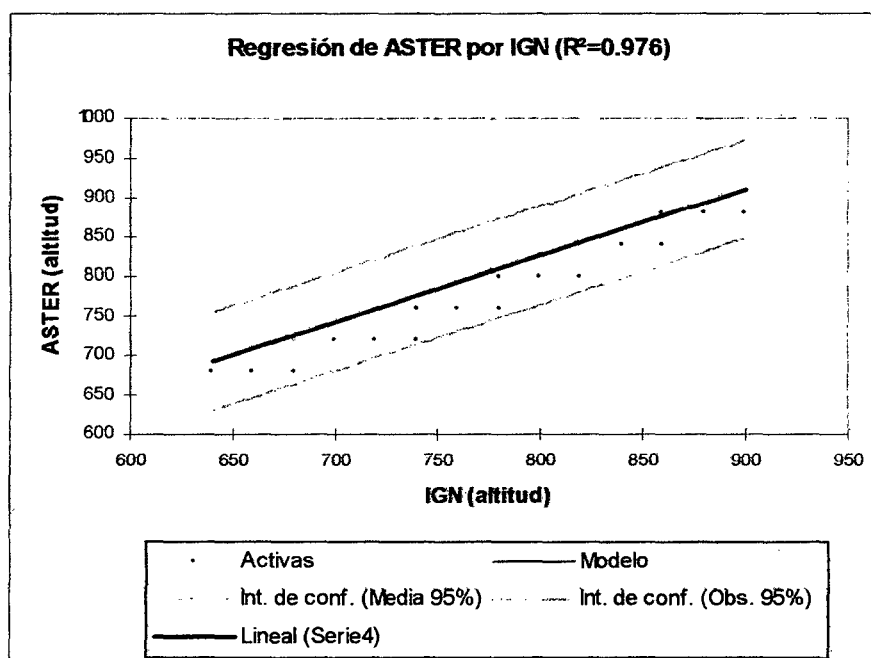


Figura 14. Diagrama de dispersión y residuos estandarizados de los MET IGN Vs ASTER

En el Cuadro 22 se muestra que el t estadístico de la intersección tiene un valor de 229.009, que significa que el grado de asociación entre las altitudes (Z) de la imagen ASTER con las altitudes de la IGN es alta y/o significativa; además la

intersección tiene una desviación típica de 0.687 m, y se encuentran dentro de los límites de 155.9 m hasta los 158.592 m.

4.1.1.2. Comparación del IGN con la imagen del Google earth

La comparación entre ambos MET (IGN Vs imagen de google earth) descansa en la interpretación del gráfico cartesiano de regresión lineal de dispersión, el cálculo de su asociación espacial para lo cual es usual la aplicación del coeficiente de correlación (BOHAM, 1996), que definen los niveles de precisión y confiabilidad en los MET analizados, y finalmente el análisis de las diferencias de altitud en dos perfiles topográficos trazados en un área con vegetación y fuertes pendientes. En función del gráfico de dispersión entre ambos MET (Figura 15), en términos generales, se asume una alta correspondencia entre los datos de ambos MET, interpretándose que los datos y grupos de datos alejados de la tendencia lineal provienen de sectores donde la carta nacional se encontraron vacíos por problemas de densidad atmosférica, vegetación y variabilidad de inclinación y exposición de pendientes, así como también por el proceso sintético de corrección de la información original.

Cuadro 23. Tabla ANOVA y parámetros de la regresión de dispersión del IGN Vs Google earth

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	1	2693147964.549	2693147964.549	3466178.571	< 0.0001
Error	51691	40162821.561	776.979		
Total corregido	51692	2733310786.110			

Fuente	Valor	Desviación típica	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Intersección	85.367	0.603	141.678	< 0.0001	84.186	86.548
IGN	0.937	0.001	1861.768	< 0.0001	0.936	0.938

GOOGLE EARTH = 85.3666304880497+0.936916427856576*IGN

Fuente: Elaboración propia

Es por ello que en la Figura 15 se muestra la gráfica de los residuos estandarizados, puesto que se distribuyen a una distribución Normal (0,1), y valores que excedan fuera de estos rangos en valor absoluto, indican claramente que las

celdas no se ajustan al modelo, en la Figura se muestra que las celdas (altitud) se ajustan al modelo del comportamiento de altitud; además en el Cuadro 23 se muestra que el F calculado (3466178.571) es mayor que el F tabular, por lo tanto el modelo es altamente significativo, quiere decir que existe asociación entre las altitudes de la imagen GOOGLE EARTH con el IGN. La consistencia y robustez de los datos de altitud se demuestra en la relación linear positiva y alta correlación obtenida (0.985). En el cuadro 125 se muestra que el t estadístico de la intersección tiene un valor de 141.678, que significa que el grado de asociación entre las altitudes (Z) de la imagen GOOGLE EARTH con las altitudes de la IGN es alta y/o significativa; además la intersección tiene una desviación típica de 0.603 m, y se encuentran dentro de los límites de 84.186 m hasta los 86.548 m.

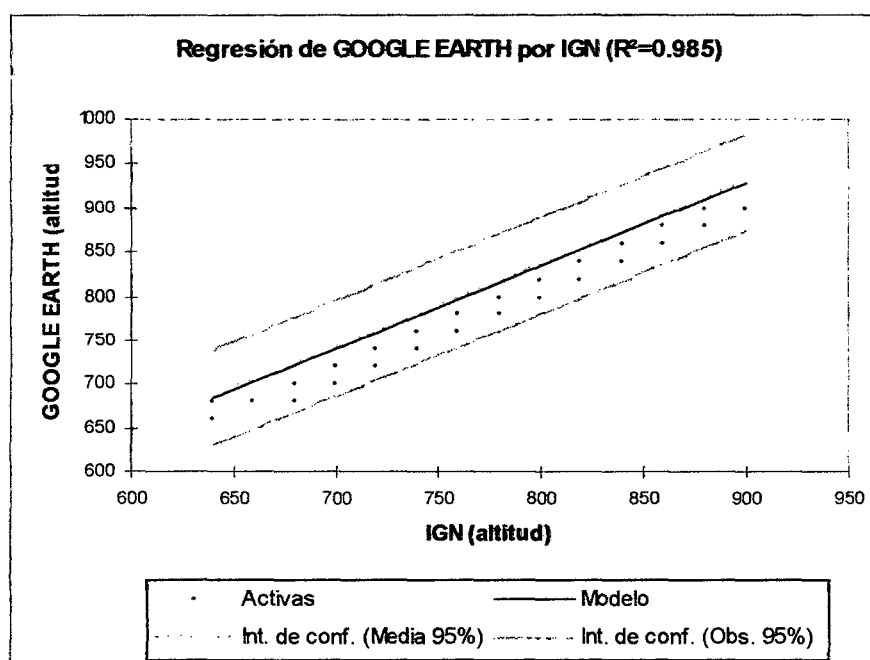


Figura 15. Diagrama de dispersión y residuos estandarizados de los MET IGN Vs GE

4.1.1.3. Comparación del IGN con la imagen del SRTM

La comparación entre ambos MET (IGN Vs imagen SRTM) descansa en la interpretación del gráfico cartesiano de regresión lineal de dispersión, el cálculo de su asociación espacial para lo cual es usual la aplicación del coeficiente de correlación

(BOHAM, 1996, GEUDTNER, 2002 y BAMLER, 1999), que definan los niveles de precisión y confiabilidad en los MET analizados, y finalmente el análisis de las diferencias de altitud en dos perfiles topográficos trazados en un área de fuertes pendientes. En función del gráfico de dispersión entre ambos MET (Figura 16), en términos generales, se asume una alta correspondencia entre los datos de ambos MET (IGN Vs. SRTM), interpretándose que los datos y grupos de datos alejados de la tendencia lineal provienen de sectores donde la carta nacional se encontraron vacíos por problemas de densidad atmosférica, y variabilidad de inclinación y exposición de pendientes, así como también por el proceso sintético de corrección de la información original (ARACIL, 1986). Por ello que en la Figura 16 se muestra la gráfica de los residuos estandarizados, puesto que se distribuyen a una distribución Normal (0,1), y valores que excedan fuera de estos rangos en valor absoluto, indican claramente que las celdas no se ajustan al modelo, en la figura se muestra que las celdas (altitud) se ajustan al modelo del comportamiento de altitud; además en el Cuadro 24 se muestra que el F calculado (2900983.944) es mayor que el F tabular, por lo tanto el modelo es altamente significativo, quiere decir que existe asociación entre las altitudes de la imagen SRTM con el IGN. La consistencia y robustez de los datos de altitud se demuestra en la relación lineal positiva y alta correlación obtenida (0.986) (CARTER, 1988).

Cuadro 24. Tabla ANOVA y parámetros de la regresión de dispersión del IGN Vs SRTM

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	1	2629032387.153	2629032387.153	2900983.944	< 0.0001
Error	41985	38049133.301	906.255		
Total corregido	41986	2667081520.454			

Fuente	Valor	Desviación típica	T	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Intersección	-196.674	0,841	-233.724	< 0.0001	-198.324	-195.025
IGN	1.292	0,001	1703.228	< 0.0001	1.290	1.293

$$\text{SRTM} = -196.674450398656 + 1.29170218545127 * \text{IGN}$$

Fuente: Elaboración propia

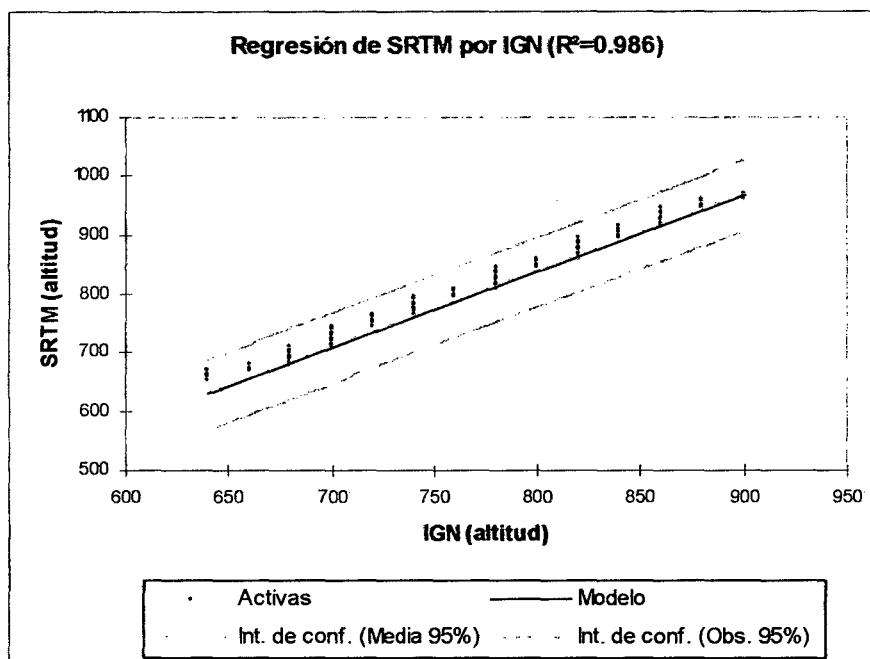


Figura 16. Diagrama de dispersión y residuos estandarizados de los MET IGN Vs SRTM

En el Cuadro 24 se muestra que el t estadístico de la intersección tiene un valor de -233.724, que significa que el grado de asociación entre las altitudes (Z) de la imagen SRTM con las altitudes de la IGN es alta y/o significativa estadísticamente; además la intersección tiene una desviación típica de 0.841 m, y se encuentran dentro de los límites de -198.324 m hasta los -195.025 m, a una confianza del nivel estadístico de 95%.

4.1.2. Análisis de los MET a partir de áreas generadas por los interpoladores

BOHAM (1996) y DECLERCQ (1996), menciona que una forma de analizar los interpoladores es mediante las diferencias de altitud en dos perfiles topográficos trazados en un área, en el Cuadro 25 y Figura 17 se muestran los resultados obtenidos para la imagen ASTER, con los interpoladores: IDW, Kriging, Natural Neighbor, Splines y TIN.

Cuadro 25. Áreas con interpoladores elaborados a partir de la imagen ASTER

ASTER (Áreas en Ha)								
ALTITUD (msnm)	IDW	KRIGING	NATURAL NEIGHBOR	SPLINES	TIN	PROMEDIO (Ha)	SD (Ha)	CV (%)
640-870	539.54	547.77	532.79	541.06	543.84	541.00	5.55	1.03
870-1110	962.85	963.06	960.41	964.37	959.16	961.97	2.12	0.22
1110-1300	1318.74	1315.94	1312.22	1314.08	1318.19	1315.83	2.75	0.21
1300-1510	1287.57	1285.69	1287.74	1288.02	1285.93	1286.99	1.09	0.08
1510-1810	668.79	665.04	684.35	669.96	670.38	671.70	7.37	1.10

SD: Desviación estándar, CV (%): Coeficiente de variación

Fuente: Elaboración propia

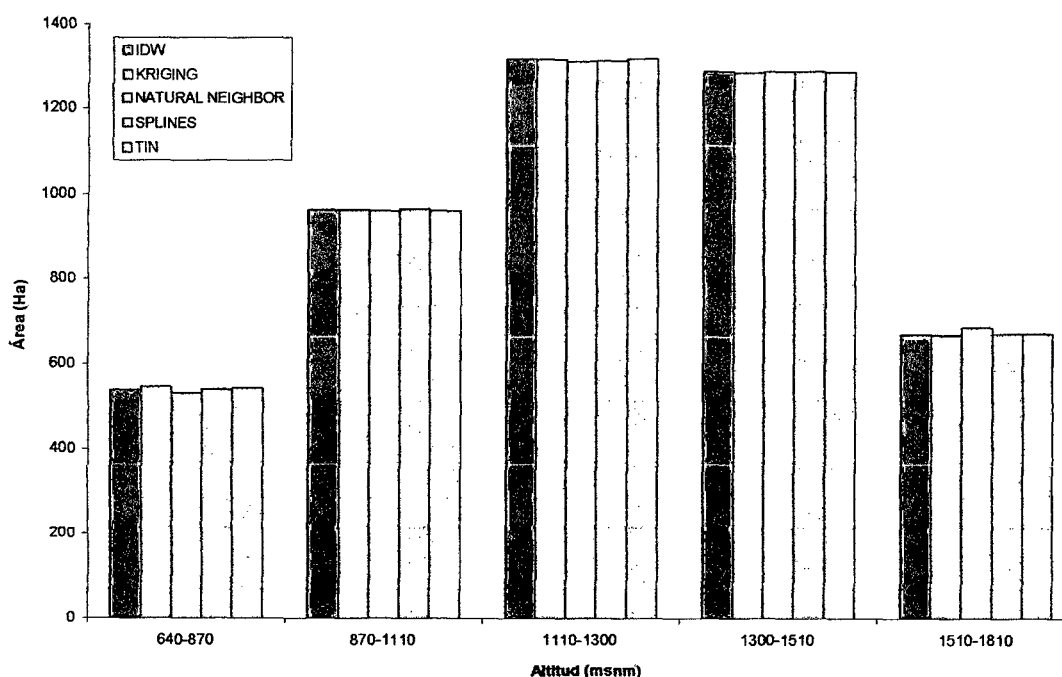


Figura 17. Áreas con los interpoladores elaborados a partir de la imagen ASTER

De acuerdo a los interpoladores de la imagen ASTER, las áreas generados por las respectivas altitudes, se muestra que desde los 1510 msnm – 1810 msnm, muestran mayor coeficiente de variación (1.10%), seguidamente desde los 640 msnm – 870 msnm, muestra un coeficiente de variación de 1.03%, las demás áreas generadas por diferentes altitudes están por debajo del CV de 1.0%, esto indica que cualquiera de los interpoladores muestran resultados confiables ya que se encuentran dentro de los parámetros recomendados por PIMENTEL (1996), no superando la variación del 5%. En el Cuadro 26 y Figura 18, se muestra las áreas generadas por los interpoladores en diferentes altitudes con la imagen Google earth.

Cuadro 26. Áreas con interpoladores elaborados a partir de la imagen Google earth

GOOGLE EARTH (Área en Ha)								
ALTITUD (msnm)	IDW	KRIGING	NATURAL NEIGHBOR	SPLINES	TIN	PROMEDIO (Ha)	SD (Ha)	CV (%)
640-870	498.11	498.62	497.23	495.96	497.82	497.55	1.02	0.21
870-1110	962.80	963.80	960.62	965.50	964.82	963.51	1.91	0.20
1110-1300	1311.32	1308.21	1305.03	1313.98	1308.66	1309.44	3.38	0.26
1300-1510	1364.70	1364.82	1369.24	1360.73	1366.24	1365.15	3.07	0.23
1510-1810	640.57	642.06	645.38	641.33	639.96	641.86	2.12	0.33

SD: Desviación estándar, CV (%): Coeficiente de variación

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los interpoladores de la imagen Google earth, las áreas generados por las respectivas altitudes, se muestra que desde los 1510 msnm – 1810 msnm, muestran mayor coeficiente de variación (0.33%), seguidamente desde los 1110 msnm – 1300 msnm, muestra un coeficiente de variación de 0.26%, las demás áreas generadas por diferentes altitudes están por debajo del CV de 0.5%, esto indica que cualquiera de los interpoladores muestran resultados confiables ya que se encuentran dentro de los parámetros recomendados por PIMENTEL (1996), no superando la variación del 5%.

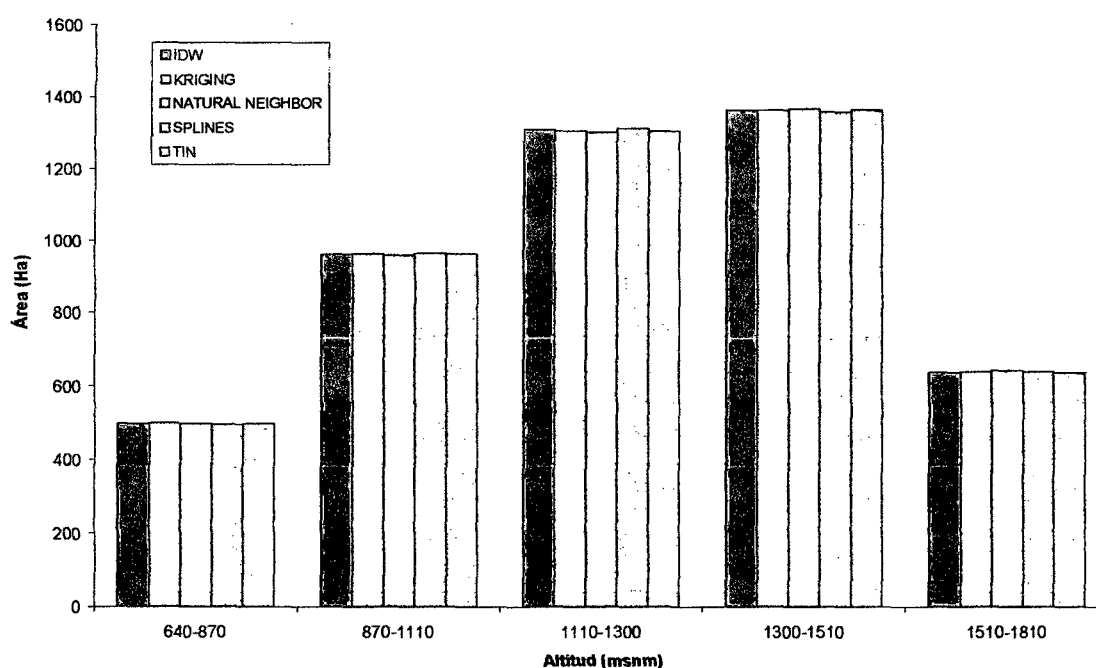


Figura 18. Áreas con interpoladores elaborados a partir de la imagen Google earth

En el Cuadro 27 y Figura 19, se muestra las áreas generadas por los interpoladores en diferentes altitudes elaboradas a partir de la Carta Nacional (IGN).

Cuadro 27. Áreas con interpoladores elaborados a partir de la carta Nacional (IGN)

ALTITUD (msnm)	IGN (Area en Ha)						SD (Ha)	CV (%)
	IDW	KRIGING	NATURAL NEIGHBOR	SPLINES	TIN	PROMEDIO (Ha)		
640-870	581.30	580.58	577.21	578.51	577.72	579.06	1.79	0.31
870-1110	1060.54	1056.66	1055.49	1061.21	1054.99	1057.78	2.90	0.27
1110-1300	1342.38	1347.57	1351.76	1349.18	1352.24	1348.62	3.98	0.30
1300-1510	1267.05	1262.78	1255.54	1256.70	1260.08	1260.43	4.67	0.37
1510-1810	526.24	529.91	537.50	531.90	532.48	531.61	4.10	0.77

SD: Desviación estándar; CV (%): Coeficiente de variación

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los interpoladores de la carta Nacional (IGN), las áreas generados por las respectivas altitudes, se muestra que desde los 1510 msnm – 1810 msnm, muestran mayor coeficiente de variación (0.77%), seguidamente desde los 1300 msnm – 1510 msnm, muestra un coeficiente de variación de 0.37%, las demás áreas generadas por diferentes altitudes están por debajo del CV de 0.5%, esto indica que cualquiera de los interpoladores muestran resultados confiables ya que se encuentran dentro de los parámetros recomendados por PIMENTEL (1996), no superando la variación del 5%.

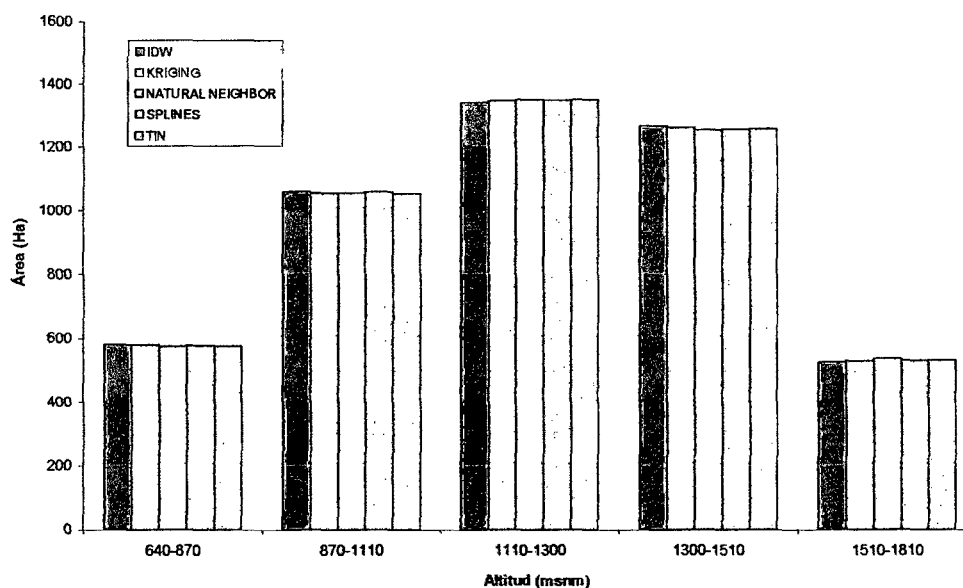


Figura 19. Áreas con interpoladores elaborados a partir de la carta Nacional (IGN)

En el Cuadro 28 y Figura 20, se muestra el análisis de las áreas generadas por los interpoladores en diferentes altitudes elaboradas a partir de la imagen SRTM.

Cuadro 28. Áreas con interpoladores elaborados a partir de la imagen SRTM

ALTITUD (msnm)	SRTM (Area en Ha)					PROMEDIO (Ha)	SD (Ha)	CV (%)
	IDW	KRIGING	NATURAL NEIGHBOR	SPLINES	TIN			
640-870	487.13	487.48	482.12	484.45	483.96	485.03	2.26	0.47
870-1110	972.54	975.91	977.86	979.33	979.67	977.06	2.93	0.30
1110-1300	1320.95	1316.68	1313.29	1315.88	1316.26	1316.61	2.76	0.21
1300-1510	1338.12	1338.64	1344.31	1340.51	1341.58	1340.63	2.49	0.19
1510-1810	658.77	658.80	659.91	657.33	656.03	658.17	1.51	0.23

SD: Desviación estándar; CV (%): Coeficiente de variación

Fuente: Elaboración propia

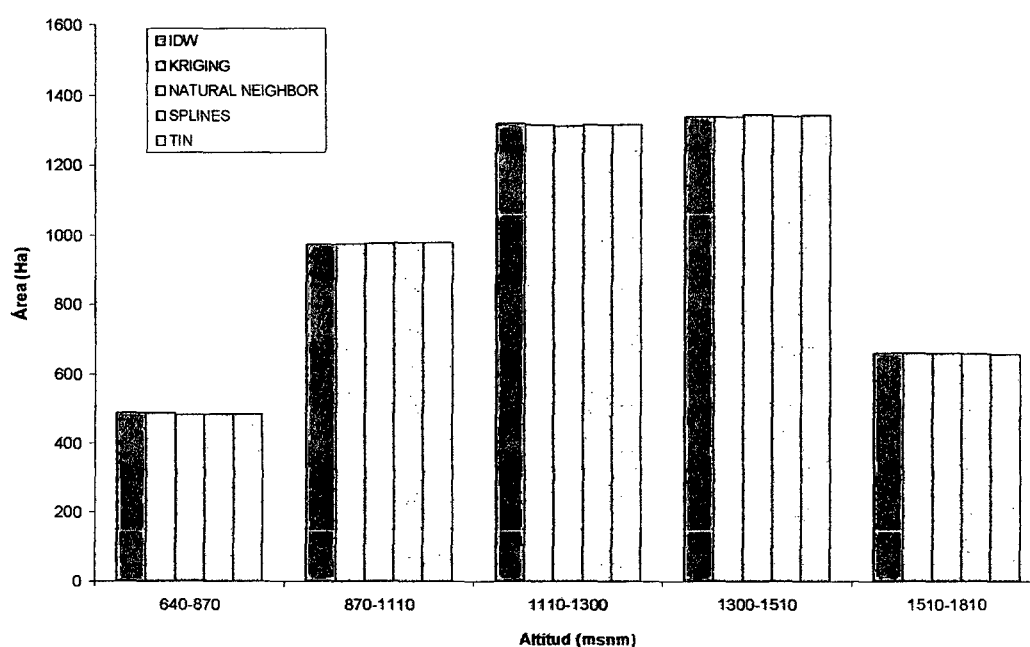


Figura 20. Áreas con interpoladores elaborados a partir de la imagen SRTM

De acuerdo a los interpoladores de la imagen SRTM, las áreas generados por las respectivas altitudes, se muestra que desde los 640 msnm – 870 msnm, muestran mayor coeficiente de variación (0.47%), seguidamente desde los 870 msnm – 1110 msnm, muestra un coeficiente de variación de 0.30%, las demás áreas generadas por diferentes altitudes están por debajo del CV de 0.5%, esto indica que cualquiera de

los interpoladores muestran resultados confiables ya que se encuentran dentro de los parámetros recomendados por PIMENTEL (1996), no superando la variación del 5%.

Realizando el análisis en la contrastación de las imágenes utilizadas con sus respectivos interpoladores se muestra el Cuadro 29 y la Figura 21, que fue realizado con la finalidad de verificar si entre las imágenes existe alto coeficiente de variación estadística, que también fue generado a partir de los coeficientes de variación de los interpoladores usados (IDW, Kriging, Splines (Mínima curvatura), Natural Neighbor y TIN).

Cuadro 29. Áreas generadas a partir de diferentes interpoladores e imágenes

ALTITUD (msnm)	ASTER (Ha)	GOOGLE EARTH (Ha)	IGN (Ha)	SRTM (Ha)	PROMEDIO (Ha)	SD (Ha)	CV (%)
640-870	541.00	497.55	579.06	485.03	525.66	42.93	8.17
870-1110	961.97	963.51	1057.78	977.06	990.08	45.64	4.61
1110-1300	1315.83	1309.44	1348.62	1316.61	1322.63	17.63	1.33
1300-1510	1286.99	1365.15	1260.43	1340.63	1313.30	48.04	3.66
1510-1810	671.70	641.86	531.61	658.17	625.83	63.99	10.23

SD: Desviación estándar, CV (%): Coeficiente de variación

Fuente: Elaboración propia

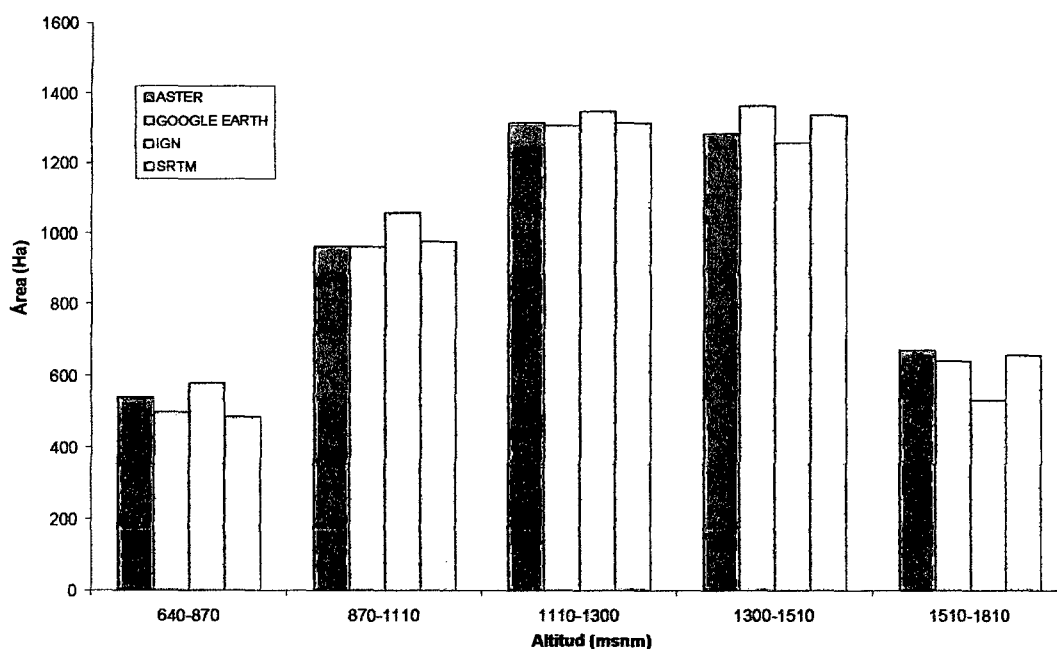


Figura 21. Áreas generadas a partir de diferentes interpoladores e imágenes

Los resultados muestran que existe una variación significativa entre las imágenes utilizadas (ASTER, Google earth, IGN, SRTM), teniendo un coeficiente de variación estadística general de 5.6 %, PIMENTEL (1996) y BANZATTO (1995), mencionan que cuando se supera el coeficiente de variación del 5% existe una diferencia significativa estadísticamente entre las variables usadas en el modelo. También se muestra en el Cuadro 131 que el mayor coeficiente se encuentra entre los rangos de altitud de 1510 msnm – 1810 msnm (10.23%), seguidamente por las altitudes de 640 msnm – 780 msnm con una variación estadística de 8.17 %, mientras que las áreas generadas por las demás altitudes se encuentran por debajo del 5%.

4.1.3. Análisis de calidad del modelo de elevación de terreno (MET)

4.1.3.1. A partir de la imagen ASTER

En el Cuadro 30 se muestra las estadísticas descriptivas de las contrastaciones de las diferencias altitudinales generadas a partir del GPS como altitud real con respecto a las altitudes generadas por la imagen ASTER y sus respectivos interpoladores.

Cuadro 30. Estadísticas descriptivas de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) - ASTER

Estadística	IDW	KRIGING	NATURAL NEIGHBOR	SPLINES	TIN
Nº de observaciones	367.000	367.000	367.000	367.000	367.000
Amplitud	56.585	56.610	55.340	59.823	59.579
Media	3.498	3.776	4.549	3.554	4.955
Varianza (n)	214.592	211.688	231.823	247.592	239.245
Varianza (n-1)	215.486	212.577	232.867	248.615	240.524
Desviación típica (n)	14.649	14.549	15.226	15.735	15.468
Desviación típica (n-1)	14.679	14.580	15.260	15.768	15.509
Coefficiente de variación	4.188	3.853	3.347	4.428	3.122
Asimetría (Pearson)	-0.319	-0.260	-0.174	-0.171	-0.273
Asimetría (Fisher)	-0.321	-0.262	-0.176	-0.172	-0.275
Asimetría (Bowley)	0.297	0.312	0.280	0.127	0.208
Error estándar de la media	0.946	0.943	1.022	1.011	1.131
Desviación absoluta media	11.909	11.919	12.739	13.141	13.016
Desviación absoluta mediana	9.492	10.930	13.297	13.155	13.566

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 31. Variación de la desviación estándar con distintos niveles de confianza

IMAGEN ASTER		NIVEL DE CONFIANZA (m)		
INTERPOLADORES	σ (m)	95%	98%	99%
IDW	14.67945408	1.85335005	2.19943481	2.43583150
KRIGING	14.58002092	1.55208095	1.84190831	2.03987782
NATURAL NEIGHBOR	15.25998333	2.00289277	2.37690234	2.63237336
SPLINES	15.76754196	1.98251704	2.35272176	2.60559383
TIN	15.50883409	2.21695203	2.63093389	2.91370839

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la distribución de deferencia de altitudes generadas por los interpoladores de la imagen ASTER en función de las altitudes reales, se muestra que todos tienen un coeficiente de variación mayor al 5 %, la cual PIMENTEL (1996) establece que cuando esta variación es mayor al 5%, los resultados difieren entre si, por lo tanto existe estadísticamente una diferencia altamente significativa, siendo no confiables, el menor coeficiente de variación lo tiene el interpolador TIN (312.2%) y el mayor CV lo tiene el interpolador SPLINES (442.8%) (Cuadro 132).

En el Cuadro 31 se muestra que el interpolador KRIGING tiene una menor desviación estándar (14.58 m), por lo tanto el nivel de confianza también es relativamente bajo, mientras que el interpolador SPLINES tiene una mayor desviación estándar (15.76 m), estos valores altos indican que los resultados obtenidos por la imagen ASTER no son confiables. LEY (1986), LI ZHILIN (1992) y MARTINEZ (2001) estableció que con 150 puntos tomados para la contrastación, la garantía de la precisión en los modelos obtenidos fluctúa en un 10% de la desviación estándar obtenida; posteriormente LI (1991) demostró estadísticamente que la fiabilidad de 150 puntos muestrales era un poco inferior a un 6%; esto quiere entonces que el modelo de elevación de terreno generado por la imagen ASTER tiene un alto error medio cuadrático (EMC). KNAP *et al* (1999), LANG (1999) y AGUILAR (2002), manifiesta que la imagen ASTER tienen errores de información, estos errores de información son productos de superficies con muy alta reflectancia como son las nubes, características

que distorsiona las características reales de la superficie, alterando inclusive otras características geomorfológicas; como Tingo María es una zona de alta precipitación superando los 3300 mm al año, por lo general parte de la cadena montañosa de la bella durmiente se ve afectada por las nubes, de esta manera alterando la información altitudinal de la superficie, a pesar que se genera una corrección atmosférica sobre el área, permanecen los errores para la generación de los modelos altitudinales (LEBERL, 1994, KHALSA *et al.*, 2004 y PACHECO, 2003).

Para visualizar la distribución de la diferencia altitudinal se ha generado un diagrama de caja, y un histograma de frecuencias como se puede ver en la Figura 22 y 23.

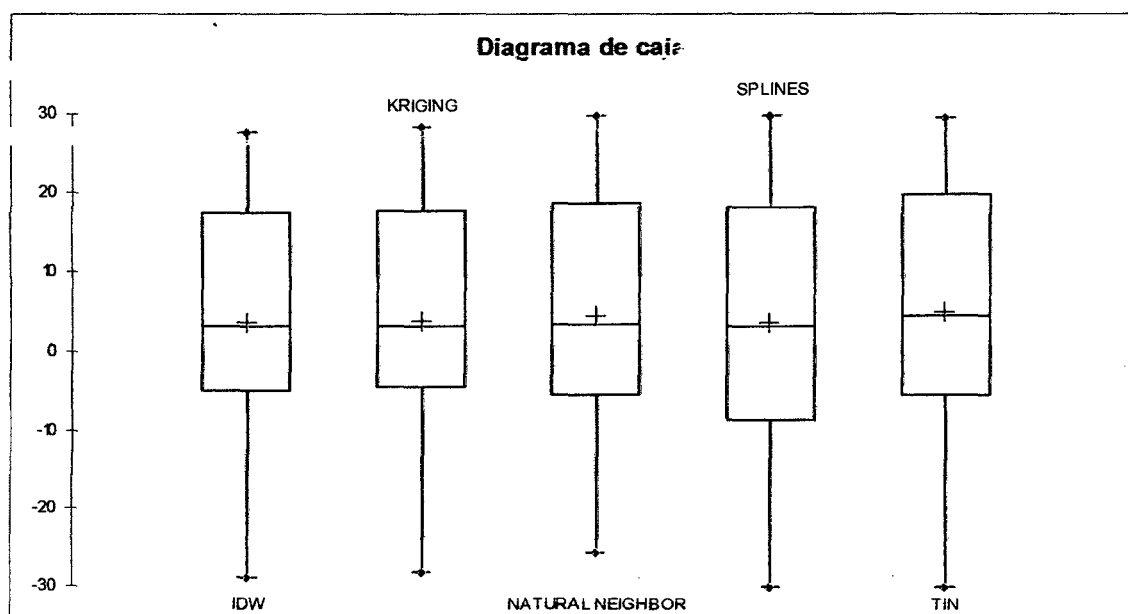


Figura 22. Diagrama de caja de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) – ASTER

En la Figura 23 se muestra que en mayor frecuencia de la diferencia altitudinal se encuentra entre los rangos de 3.0 m – 7.0 m, y siendo el interpolador TIN quien supera a los demás interpoladores en encontrarse en este rango diferencial (MARK, 1994), seguido por el interpolador NATURAL NEIGHBOR y finalmente se encuentra el interpolador IDW. Este análisis es importante porque permite establecer

que la mayor parte de la superficie del Parque Nacional Tingo María tiene una desviación estándar de 5.0 m aproximadamente, lugar donde no ha sido afectado por la reflectancia de las nubes en la imagen ASTER, y la menor parte de la superficie es mayor a 5.0 m como desviación estándar, la cual ha sido afectada por la reflectancia de las nubes (MEJIA, 2006 y MORENO, 1999).

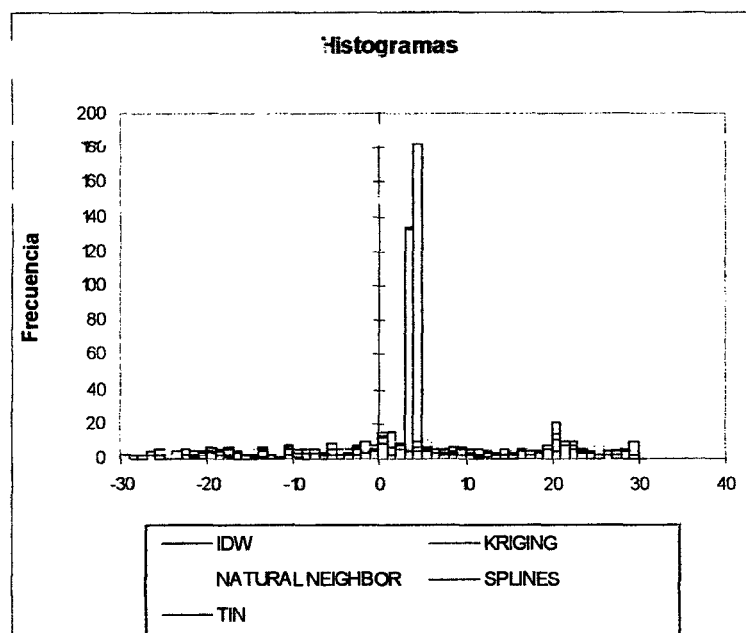


Figura 23. Histograma de frecuencias de las altitudes ($Z_{estimada} - Z_{real}$) – ASTER

En el Cuadro 32 se muestra el grado de correlación de las diferencias altitudinales con respecto a los interpoladores usados en el presente trabajo de investigación. Se muestra que el interpolador IDW tiene baja correlación con el interpolador SPLINES, de igual manera sucede con los interpoladores KRIGING, NATURAL NEIGHBOR y TIN.

Cuadro 32. Matriz de correlación de Pearson de los interpoladores - ASTER

Variables	IDW	KRIGING	NATURAL NEIGHBOR	SPLINES	TIN
IDW	1.000	0.976	0.880	0.845	0.890
KRIGING	0.976	1.000	0.903	0.828	0.859
NATURAL NEIGHBOR	0.880	0.903	1.000	0.798	0.879
SPLINES	0.845	0.828	0.798	1.000	0.829
TIN	0.890	0.859	0.879	0.829	1.000

Fuente: Elaboración propia

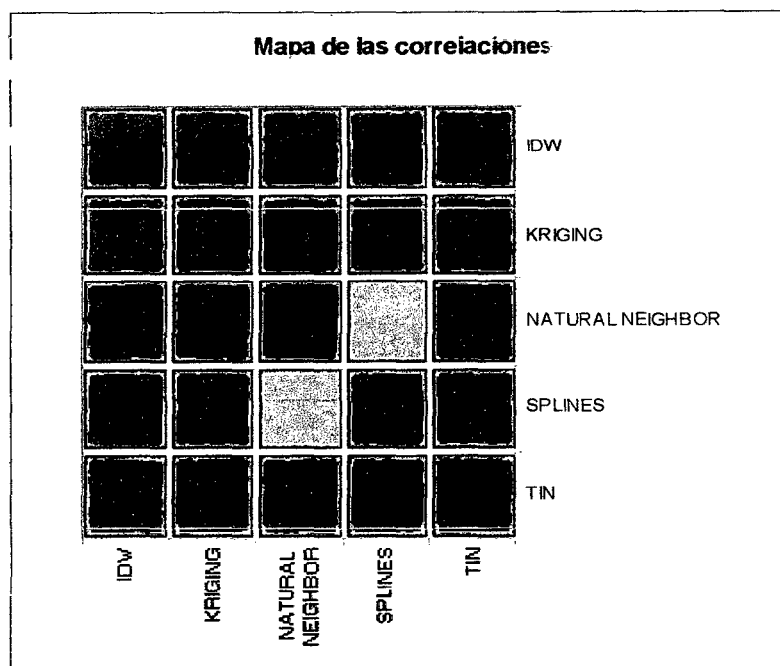


Figura 24. Mapa de correlación entre los interpoladores – ASTER

De acuerdo a la Figura 24 se muestra que por diferencia de colores el interpolador NATURAL NEIGHBOR con el interpolador SPLINES tienen baja correlación estadística (RIGON, 2001 y MURRAY, 1991), mientras que los demás interpoladores muestran una correlación estadística.

4.1.3.2. A partir de la imagen de Google earth

En el Cuadro 33 se muestra las estadísticas descriptivas de las contrastaciones de las diferencias altitudinales generadas a partir del GPS como altitud real con respecto a las altitudes generadas por la imagen del GOOGLE EARTH y sus respectivos interpoladores. En cuanto a la distribución de diferencia de altitudes generadas por los interpoladores de la imagen del GOOGLE EARTH en función de las altitudes reales, se muestra que todos tienen un coeficiente de variación mayor al 5 %, la cual PIMENTEL (1996) y KEVIN (2001), establece que cuando esta variación es mayor al 5%, los resultados difieren entre sí, por lo tanto existe estadísticamente una diferencia altamente significativa, siendo no confiables, el menor coeficiente de

variación lo tiene el interpolador IDW (183.6%) y el mayor CV lo tiene el interpolador SPLINES (236.1%) (Cuadro 33).

Cuadro 33. Estadísticas descriptivas de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) – GOOGLE EARTH

Estadística	IDW	KRIGING	NATURAL NEIGHBOR	SPLINES	TIN
Nº de observaciones	367.000	367.000	367.000	367.000	367.000
Amplitud	54.318	56.686	56.076	56.792	55.054
Media	6.187	5.708	5.892	5.503	6.805
Varianza (n)	129.039	142.791	146.476	168.752	164.228
Varianza (n-1)	129.588	143.396	147.130	169.482	165.092
Desviación típica (n)	11.360	11.950	12.103	12.990	12.815
Desviación típica (n-1)	11.384	11.975	12.130	13.019	12.849
Coefficiente de variación	1.836	2.094	2.054	2.361	1.883
Asimetría (Pearson)	-0.239	-0.300	-0.343	-0.320	-0.485
Asimetría (Fisher)	-0.241	-0.302	-0.346	-0.323	-0.488
Asimetría (Bowley)	0.407	0.559	0.359	0.328	0.207
Error estándar de la media	0.741	0.778	0.809	0.855	0.930
Desviación absoluta media	9.000	9.525	9.660	10.074	10.433
Desviación absoluta mediana	7.206	6.321	7.002	7.090	9.778

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 34. Variación de la desviación estándar con distintos niveles de confianza

INTERPOLADORES	NIVEL DE CONFIANZA (m)			
	σ (m)	95%	98%	99%
IDW	11.3836657	1.4523865	1.7235974	1.9088508
KRIGING	11.9748151	1.5245817	1.8092741	2.0037360
NATURAL NEIGHBOR	12.1297262	1.5849509	1.8809162	2.0830783
SPLINES	13.0185355	1.6752291	1.9880525	2.2017297
TIN	12.8488200	1.8222276	2.1625007	2.3949277

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 34 se muestra que el interpolador IDW tiene una menor desviación estándar (11.38 m), por lo tanto el nivel de confianza también es relativamente bajo, mientras que el interpolador SPLINES tiene una mayor desviación estándar (13.02 m), estos valores altos indican que los resultados obtenidos por la imagen GOOGLE EARTH no son confiables. LEY (1986), TOUTIN (2001) y ELACHI (2004) estableció que con 150 puntos tomados para la contrastación, la garantía de la precisión en los modelos obtenidos fluctúa en un 10% de la desviación estándar obtenida; posteriormente LI (1991) y VILCHEZ (2000) demostró estadísticamente que

la fiabilidad de 150 puntos muestrales era un poco inferior a un 6%; esto quiere entonces que el modelo de elevación de terreno generado por la imagen GOOGLE EARTH tiene un alto error medio cuadrático (EMC). KNAP *et al* (1999), XIAOJUN (2000) y CHENG (2002) manifiesta que la imagen GOOGLE EARTH tienen errores de información, estos errores de información son productos de superficies con muy alta reflectancia como son las nubes (PIONG, 2003), características que distorsiona las geoformas reales de la superficie (RABUS, 2003), alterando inclusive otras características geomorfológicas (STRAHLER, 1998); como Tingo María es una zona de alta precipitación superando los 3300 mm al año, por lo general parte de la cadena montañosa de la bella durmiente se ve afectada por las nubes (STANLEY, 1975), de esta manera alterando la información altitudinal de la superficie, a pesar que se genera una corrección atmosférica sobre el área, permanecen los errores para la generación de los modelos altitudinales (KHALSA *et al.*, 2004).

Para visualizar la distribución de la diferencia altitudinal se ha generado un diagrama de caja, un diagrama de dispersión y un histograma de frecuencias como se puede ver en la Figura 25, 26.

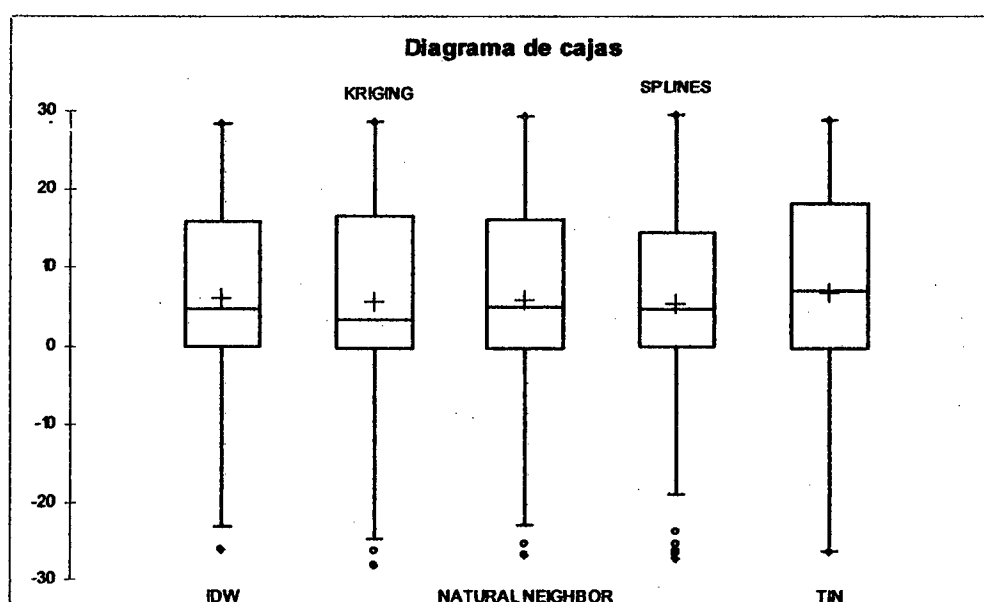


Figura 25. Diagrama de caja de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) - Google earth

En la Figura 26 se muestra que en mayor frecuencia de la diferencia altitudinal se encuentra entre los rangos de 5.0 m – 8.0 m, y siendo el interpolador TIN quien supera a los demás interpoladores en encontrarse en este rango diferencial (MARK, 1994), seguido por el interpolador SPLINES y finalmente se encuentra el interpolador IDW y KRIGING. Este análisis es importante porque permite establecer que la mayor parte de la superficie del Parque Nacional Tingo María tiene una desviación estándar de 6.5 m aproximadamente, lugar donde no ha sido afectado por la reflectancia de las nubes en la imagen Google earth (USGS, 2000), y la menor parte de la superficie es mayor a 6.0 m como desviación estándar, la cual ha sido afectada por la reflectancia de las nubes.

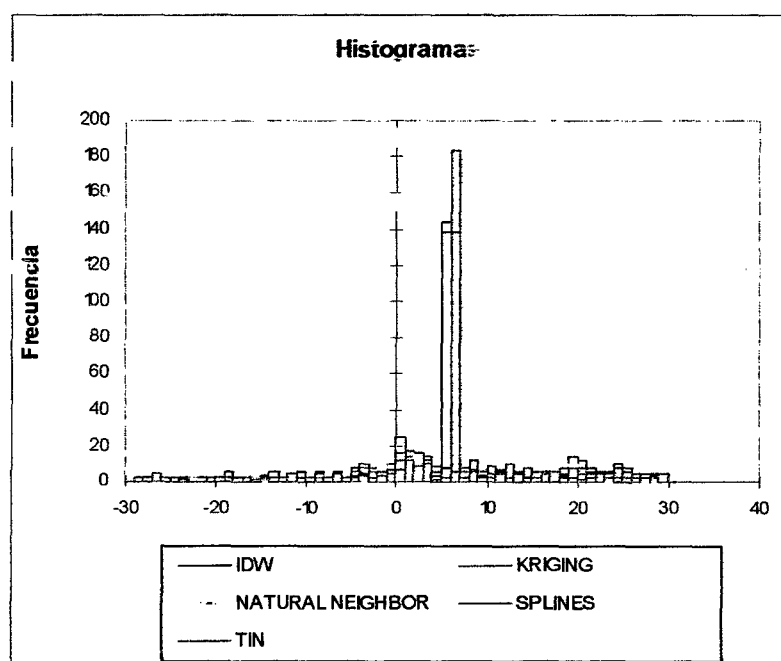


Figura 26. Histograma de frecuencias de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) - Google earth

En el Cuadro 35 se muestra el grado de correlación de las diferencias altitudinales con respecto a los interpoladores usados en el presente trabajo de investigación. Se muestra que el interpolador IDW tiene baja correlación con el interpolador SPLINES, de igual manera sucede con los interpoladores KRIGING, SPLINES y TIN.

Cuadro 35. Matriz de correlación de Pearson de los interpoladores - Google earth

Variables	IDW	KRIGING	NATURAL NEIGHBOR	SPLINES	TIN
IDW	1.000	0.806	0.815	0.599	0.791
KRIGING	0.806	1.000	0.865	0.668	0.820
NATURAL NEIGHBOR	0.815	0.865	1.000	0.629	0.871
SPLINES	0.599	0.668	0.629	1.000	0.639
TIN	0.791	0.820	0.871	0.639	1.000

Fuente: Elaboración propia

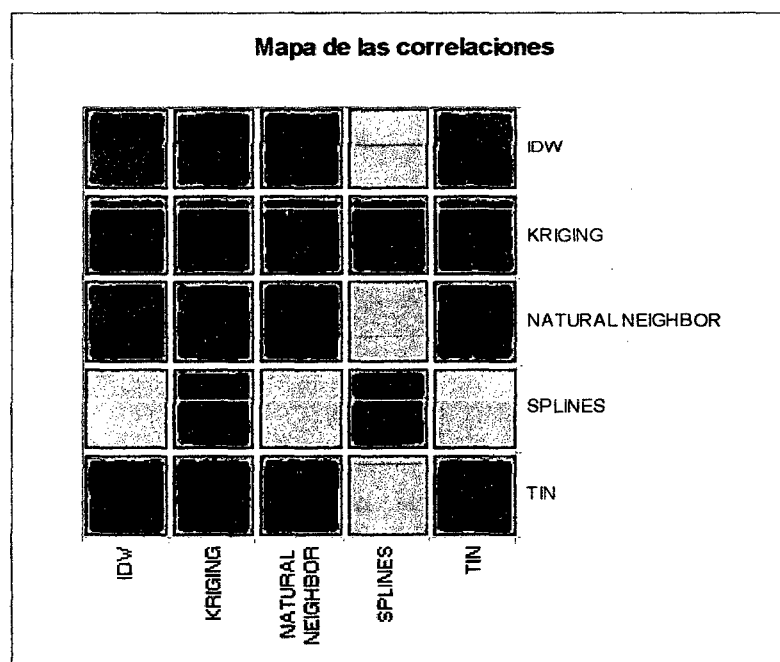


Figura 27. Mapa de correlación entre los interpoladores – Google earth

De acuerdo a la Figura 27 se muestra que por diferencia de colores el interpolador IDW con el interpolador SPLINES tienen baja correlación estadística, así como el interpolador KRIGING con el interpolador SPLINES, mientras que los demás interpoladores muestran una correlación estadística.

4.1.3.3. A partir de la Carta Nacional (IGN)

En el Cuadro 36 se muestra las estadísticas descriptivas de las contrastaciones de las diferencias altitudinales generadas a partir del GPS como altitud real con respecto a las altitudes generadas por la imagen de la carta Nacional (IGN) y sus respectivos interpoladores.

Cuadro 36. Estadísticas descriptivas de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) -- IGN

Estadística	IDW	KRIGING	NATURAL NEIGHBOR	SPLINES	TIN
Nº de observaciones	367.000	367.000	367.000	367.000	367.000
Amplitud	52.532	54.574	51.349	56.238	53.400
Media	-1.317	-1.019	-1.802	-0.865	-1.357
Varianza (n)	71.975	48.145	74.100	44.449	50.115
Varianza (n-1)	72.173	48.278	74.320	44.573	50.278
Desviación típica (n)	8.484	6.939	8.608	6.667	7.079
Desviación típica (n-1)	8.495	6.948	8.621	6.676	7.091
Coefficiente de variación	-6.442	-6.807	-4.778	-7.706	-5.215
Asimetría (Pearson)	0.327	0.616	0.336	0.270	0.794
Asimetría (Fisher)	0.328	0.619	0.337	0.272	0.798
Asimetría (Bowley)	0.022	0.067	-0.025	0.014	-0.167
Error estándar de la media	0.446	0.364	0.468	0.352	0.404
Desviación absoluta media	6.650	4.878	6.419	4.423	5.092
Desviación absoluta mediana	5.617	3.328	4.652	3.041	3.773

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la distribución de deferencia de altitudes generadas por los interpoladores de la Carta Nacional (IGN) en función de las altitudes reales, se muestra que todos tienen un coeficiente de variación mayor al 5 %, la cual PIMENTEL (1996) y FELICÍSIMO (1994) establece que cuando esta variación es mayor al 5%, los resultados difieren entre sí, por lo tanto existe estadísticamente una diferencia altamente significativa, siendo no confiables, el menor coeficiente de variación lo tiene el interpolador NATURAL NEIGHBOR (477.8%) y el mayor CV lo tiene el interpolador SPLINES (770.6%) (Cuadro 138).

Cuadro 37. Variación de la desviación estándar con distintos niveles de confianza

INTERPOLADORES	CARTA NACIONAL (IGN)			
	σ (m)	NIVEL DE CONFIANZA (m)		
		95%	98%	99%
IDW	8.495494925	0.87395977	1.03715838	1.14863285
KRIGING	6.948220388	0.71380398	0.84709595	0.93814237
NATURAL NEIGHBOR	8.620885507	0.91771557	1.08908490	1.20614046
SPLINES	6.676274156	0.68966627	0.81845088	0.90641852
TIN	7.090729885	0.79190239	0.93977804	1.04078600

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 37 se muestra que el interpolador KRIGING tiene una menor desviación estándar (6.95 m), por lo tanto el nivel de confianza también es

relativamente bajo, mientras que el interpolador NATURAL NEIGHBOR tiene una mayor desviación estándar (8.62 m), estos valores altos indican que los resultados obtenidos por la Carta Nacional (IGN) no son confiables. LEY (1986) y ENDRENY (2000) estableció que con 150 puntos tomados para la contrastación, la garantía de la precisión en los modelos obtenidos fluctúa en un 10% de la desviación estándar obtenida; posteriormente LI (1991) y HUTCHINSON (2001) demostró estadísticamente que la fiabilidad de 150 puntos muestrales era un poco inferior a un 6%; esto quiere entonces que el modelo de elevación de terreno generado por la Carta Nacional tiene un alto error medio cuadrático (EMC).

Para visualizar la distribución de la diferencia altitudinal se ha generado un diagrama de caja, un diagrama de dispersión y un histograma de frecuencias como se puede ver en la Figura 28 y 29.

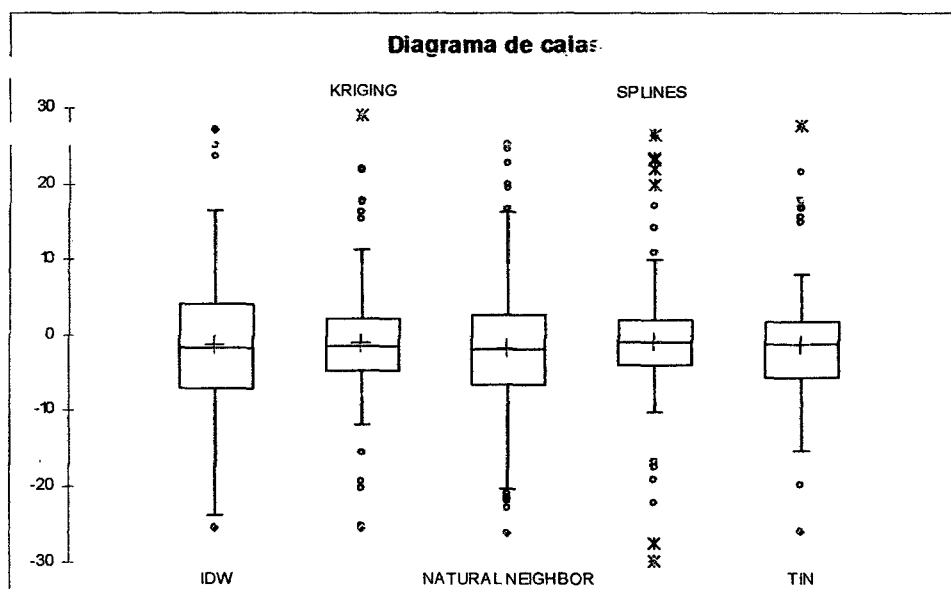


Figura 28. Diagrama de caja de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) - IGN

En la Figura 29 se muestra que en mayor frecuencia de la diferencia altitudinal se encuentra entre los rangos de - 5.0 m – 0.0 m, y siendo el interpolador TIN quien supera a los demás interpoladores en encontrarse en este rango diferencial,

seguido por el interpolador NATURAL NEIGHBOR y finalmente se encuentra el interpolador IDW y KRIGING. Este análisis es importante porque permite establecer que la mayor parte de la superficie del Parque Nacional Tingo María tiene una desviación estándar de - 2.5 m aproximadamente, lugar donde no ha sido afectado por la reflectancia en la imagen raster (materia prima para la elaboración de la carta nacional) (JARVIS, 2004 y JAUREGUI, 1998), y la menor parte de la superficie es mayor a - 6.0 m y a 0.0 m como desviación estándar, la cual ha sido afectada por la reflectancia de las nubes (KAMP, 2003).

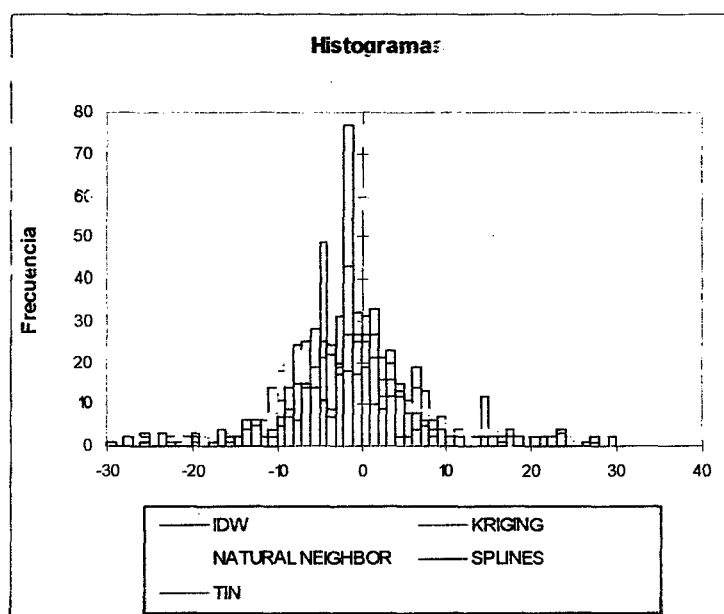


Figura 29. Histograma de frecuencias de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) - IGN

Cuadro 38. Matriz de correlación de Pearson de los interpoladores - IGN

Variables	IDW	KRIGING	NATURAL NEIGHBOR	SPLINES	TIN
IDW	1.000	0.879	0.744	0.688	0.734
KRIGING	0.879	1.000	0.787	0.733	0.823
NATURAL NEIGHBOR	0.744	0.787	1.000	0.646	0.816
SPLINES	0.688	0.733	0.646	1.000	0.695
TIN	0.734	0.823	0.816	0.695	1.000

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 38 se muestra el grado de correlación de las diferencias altitudinales con respecto a los interpoladores usados en el presente trabajo de

investigación. Se muestra que el interpolador IDW tiene baja correlación con el interpolador SPLINES, de igual manera sucede con los interpoladores SPLINES con el TIN.

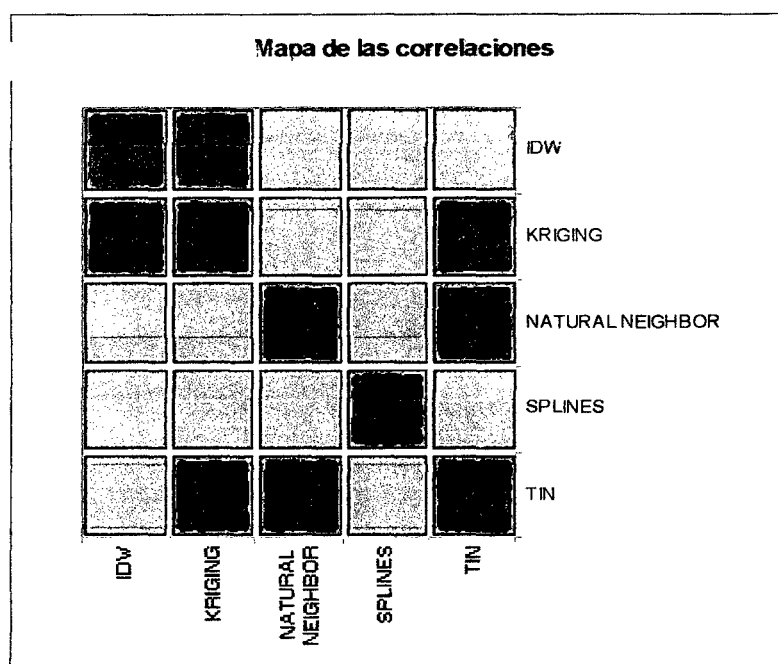


Figura 30. Mapa de correlación entre los interpoladores – IGN

De acuerdo a la Figura 30 se muestra que por diferencia de colores el interpolador IDW con el interpolador SPLINES tienen baja correlación estadística, así como el interpolador SPLINES con el interpolador TIN, mientras que los demás interpoladores muestran una correlación estadística.

4.1.3.4. A partir de la imagen SRTM

En el Cuadro 39 se muestra las estadísticas descriptivas de las contrastaciones de las diferencias altitudinales generadas a partir del GPS como altitud real con respecto a las altitudes generadas por la imagen del SRTM y con las altitudes respectivas de los interpoladores (IDW, KRIGING, NATURAL NEIGHBOR, SPLINES y TIN) usados en este trabajo de investigación.

Cuadro 39. Estadísticas descriptivas de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) – SRTM

Estadística	IDW	KRIGING	NATURAL NEIGHBOR	SPLINES	TIN
Nº de observaciones	367.000	367.000	367.000	367.000	367.000
Amplitud	57.218	57.038	57.383	56.321	56.370
Media	8.802	9.154	10.074	10.084	10.995
Varianza (n)	180.757	179.978	184.623	193.587	157.431
Varianza (n-1)	181.533	180.738	185.454	194.371	158.230
Desviación típica (n)	13.445	13.416	13.588	13.914	12.547
Desviación típica (n-1)	13.473	13.444	13.618	13.942	12.579
Coefficiente de variación	1.527	1.466	1.349	1.380	1.141
Error estándar de la media	0.881	0.871	0.912	0.885	0.894
Desviación absoluta media	11.256	11.097	11.121	11.471	10.202
Desviación absoluta mediana	10.509	9.893	10.177	10.194	9.043

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la distribución de deferencia de altitudes generadas por los interpoladores de la imagen del SRTM en función de las altitudes reales, se muestra que todos tienen un coeficiente de variación mayor al 5 %, la cual PIMENTEL (1996) y KAMP (2005) establece que cuando esta variación es mayor al 5%, los resultados difieren entre si, por lo tanto existe estadísticamente una diferencia altamente significativa, siendo no confiables, el menor coeficiente de variación lo tiene el interpolador TIN (114.1%), seguido por el interpolador NATURAL NEIGHBOR (134.9%) y el mayor CV lo tiene el interpolador IDW (152.7%) (Cuadro 39).

Cuadro 40. Variación de la desviación estándar con distintos niveles de confianza

INTERPOLADORES	IMEGEN SRTM σ (m)	NIVEL DE CONFIANZA (m)		
		95%	98%	99%
IDW	13.47342743	1.72633959	2.04870708	2.26890346
KRIGING	13.44387178	1.70801608	2.02696194	2.24482113
NATURAL NEIGHBOR	13.61815704	1.78740092	2.12117069	2.34915550
SPLINES	13.94168660	1.73518405	2.05920311	2.28052761
TIN	12.57896301	1.75213803	2.07932299	2.30280998

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 40 se muestra que el interpolador TIN tiene una menor desviación estándar (12.58 m), por lo tanto el nivel de confianza también es relativamente bajo, mientras que el interpolador SPLINES tiene una mayor desviación estándar (13.94 m), estos valores altos indican que los resultados obtenidos por la

imagen SRTM no son confiables. LEY (1986) y LEBERL (1983) estableció que con 150 puntos tomados para la contrastación, la garantía de la precisión en los modelos obtenidos fluctúa en un 10% de la desviación estándar obtenida; posteriormente LI (1991) demostró estadísticamente que la fiabilidad de 150 puntos muestrales era un poco inferior a un 6%; esto quiere entonces que el modelo de elevación de terreno generado por la imagen SRTM tiene un alto error medio cuadrático (EMC). Igualmente, RABUS *et al.* (2003) y RAUP (2000) determinan que debido al bajo ángulo de vista del SRTM (55°), ocurre una pérdida de datos y que a pesar del proceso de mosaico elaborado con los trayectos ascendentes y descendentes, con miras a disminuir los sectores de pérdida de datos, éstos se reducen mucho aunque no se corrigen completamente; como el Parque Nacional Tingo María es una zona de alta pendiente generada por la cadena montañosa de la bella durmiente, este se ve afectada, de esta manera alterando la información altitudinal de la superficie (KHALSA *et al.*, 2004). Para visualizar la distribución de la diferencia altitudinal se ha generado un diagrama de caja, un diagrama de dispersión y un histograma de frecuencias como se puede ver en la Figura 31 y 32.

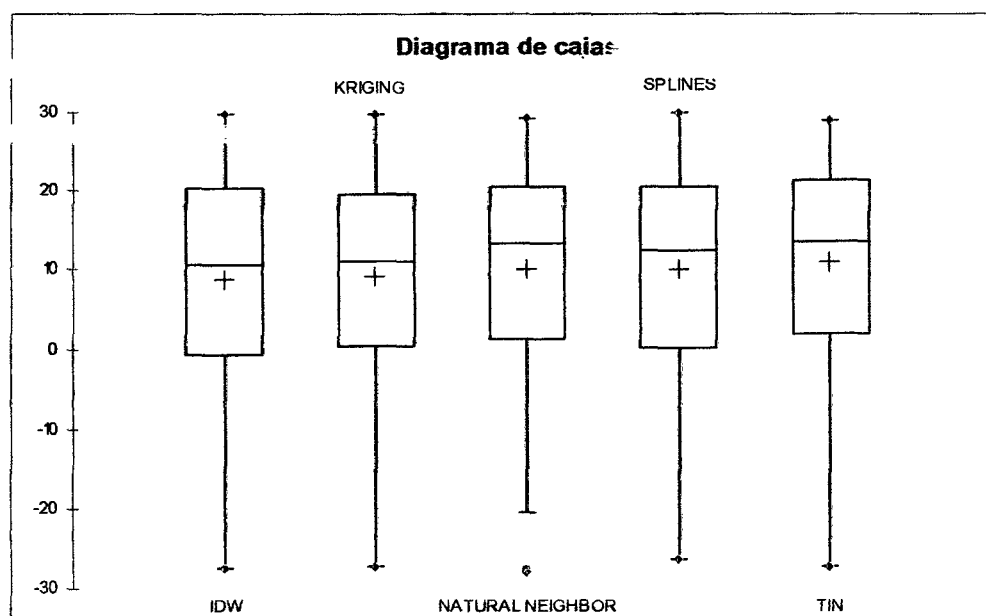


Figura 31. Diagrama de caja de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) - SRTM

En la Figura 32 se muestra que en mayor frecuencia de la diferencia altitudinal se encuentra entre los rangos de 8.0 m – 12.0 m, y siendo el interpolador TIN quien supera a los demás interpoladores en encontrarse en este rango diferencial, seguido por el interpolador IDW y finalmente se encuentra el interpolador KRIGING y SPLINES. Este análisis es importante porque permite establecer que la mayor parte de la superficie del Parque Nacional Tingo María tiene una desviación estándar de 10.0 m aproximadamente, lugar donde no ha sido afectado debido al bajo ángulo de vista del SRTM (55°) (RABUS, 2003 y RICHARDUS, 1993), donde ocurrió una pérdida de datos, y la menor parte de la superficie es mayor a 12.0 m como desviación estándar, la cual ha sido afectada por el bajo ángulo de vista del SRTM (55°).

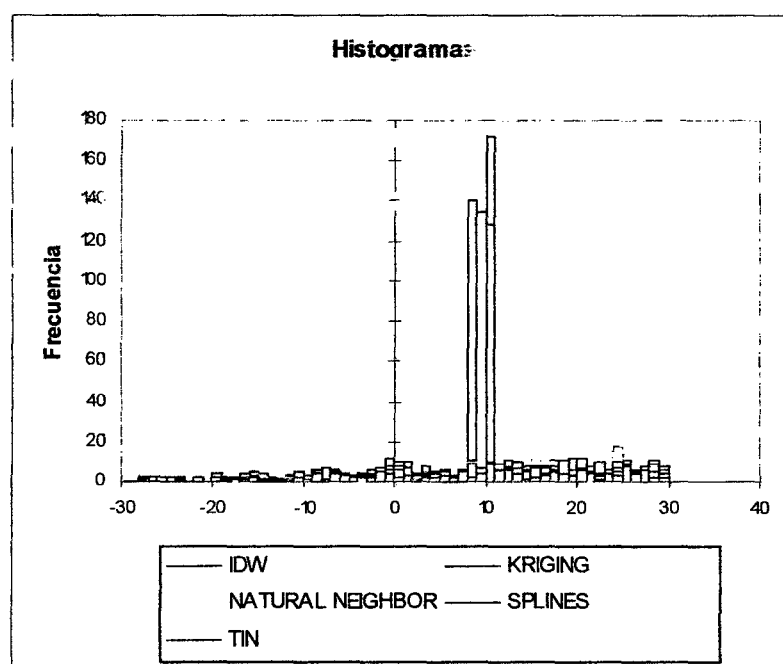


Figura 32. Histograma de frecuencias de las altitudes ($Z^{\text{estimada}} - Z^{\text{real}}$) - SRTM

Cuadro 41. Matriz de correlación de Pearson de los interpoladores - SRTM

Variables	IDW	KRIGING	NATURAL NEIGHBOR	SPLINES	TIN
IDW	1.000	0.908	0.795	0.811	0.765
KRIGING	0.908	1.000	0.886	0.914	0.853
NATURAL NEIGHBOR	0.795	0.886	1.000	0.901	0.868
SPLINES	0.811	0.914	0.901	1.000	0.839
TIN	0.765	0.853	0.868	0.839	1.000

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 41 se muestra el grado de correlación de las diferencias altitudinales con respecto a los interpoladores usados en el presente trabajo de investigación. Se muestra que el interpolador IDW tiene baja correlación con el interpolador TIN, de igual manera sucede con los interpoladores IDW con el NATURAL NEIGHBOR, y el interpolador IDW con el SPLINES.

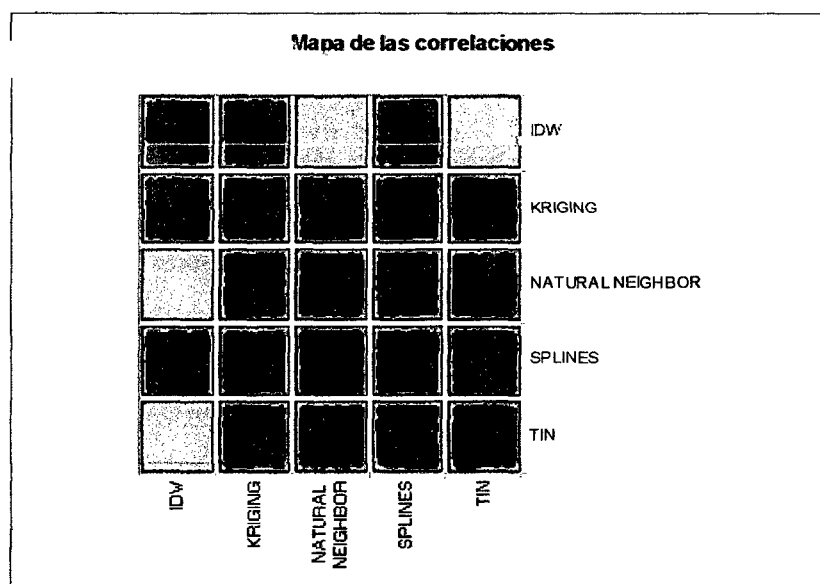


Figura 33. Mapa de correlación entre los interpoladores – SRTM

De acuerdo a la Figura 33 se muestra que por diferencia de colores el interpolador IDW con el interpolador TIN tienen baja correlación estadística, así como el interpolador IDW con el interpolador NATURAL NEIGHBOR, mientras que los demás interpoladores muestran una correlación estadística.

4.1.3.5. Análisis de correlación de las imágenes en estudio

Como se puede notar en el Cuadro 42, entre las imágenes trabajadas, ninguno tiene una correlación estadística en función de los interpoladores, pero la mayor correlación que existe es la imagen SRTM interpolador TIN con la imagen del GOOGLE EARTH con el interpolador IDW (0.431); y el menor grado de correlación lo tiene la carta nacional (IGN) interpolador IDW, con la imagen ASTER interpolador KRIGING (0.101).

Cuadro 42. Matriz de correlación de Pearson de los interpoladores e imágenes

Variables	IDW (ASTER)	KRIGING (ASTER)	NATURAL NEIGHBOR (ASTER)	SPLINES (ASTER)	TIN (ASTER)
IDW (ASTER)	1	0.976	0.880	0.845	0.890
KRIGING (ASTER)	0.976	1	0.903	0.828	0.859
NATURAL NEIGHBOR (ASTER)	0.880	0.903	1	0.798	0.879
SPLINES (ASTER)	0.845	0.828	0.798	1	0.829
TIN (ASTER)	0.890	0.859	0.879	0.829	1
IDW (GE)	0.262	0.256	0.280	0.302	0.283
KRIGING (GE)	0.263	0.258	0.292	0.286	0.280
NATURAL NEIGHBOR (GE)	0.260	0.259	0.304	0.300	0.284
SPLINES (GE)	0.251	0.248	0.287	0.325	0.314
TIN (GE)	0.212	0.197	0.230	0.259	0.252
IDW (IGN)	0.112	0.101	0.121	0.111	0.103
KRIGING (IGN)	0.143	0.137	0.165	0.131	0.122
NATURAL NEIGHBOR (IGN)	0.182	0.179	0.232	0.157	0.148
SPLINES (IGN)	0.151	0.136	0.144	0.155	0.141
TIN (IGN)	0.208	0.204	0.236	0.195	0.181
IDW (SRTM)	0.228	0.251	0.273	0.237	0.195
KRIGING (SRTM)	0.300	0.320	0.332	0.300	0.269
NATURAL NEIGHBOR (SRTM)	0.254	0.270	0.310	0.235	0.244
SPLINES (SRTM)	0.270	0.286	0.312	0.257	0.243
TIN (SRTM)	0.270	0.287	0.295	0.250	0.265

Variables	IDW (GE)	KRIGING (GE)	NATURAL NEIGHBOR (GE)	SPLINES (GE)	TIN (GE)
IDW (ASTER)	0.262	0.263	0.260	0.251	0.212
KRIGING (ASTER)	0.256	0.258	0.259	0.248	0.197
NATURAL NEIGHBOR (ASTER)	0.280	0.292	0.304	0.287	0.230
SPLINES (ASTER)	0.302	0.286	0.300	0.325	0.259
TIN (ASTER)	0.283	0.280	0.284	0.314	0.252
IDW (GE)	1	0.898	0.903	0.774	0.889
KRIGING (GE)	0.898	1	0.930	0.817	0.905
NATURAL NEIGHBOR (GE)	0.903	0.930	1	0.793	0.933
SPLINES (GE)	0.774	0.817	0.793	1	0.799
TIN (GE)	0.889	0.905	0.933	0.799	1
IDW (IGN)	0.224	0.197	0.185	0.169	0.214
KRIGING (IGN)	0.220	0.206	0.201	0.165	0.211
NATURAL NEIGHBOR (IGN)	0.242	0.263	0.253	0.194	0.227
SPLINES (IGN)	0.201	0.193	0.174	0.158	0.196
TIN (IGN)	0.250	0.262	0.263	0.215	0.261
IDW (SRTM)	0.377	0.335	0.381	0.279	0.356
KRIGING (SRTM)	0.404	0.358	0.392	0.301	0.368
NATURAL NEIGHBOR (SRTM)	0.410	0.368	0.404	0.305	0.377
SPLINES (SRTM)	0.386	0.351	0.373	0.269	0.348
TIN (SRTM)	0.431	0.384	0.418	0.315	0.424

Variables	IDW (IGN)	KRIGING (IGN)	NATURAL NEIGHBOR (IGN)	SPLINES (IGN)	TIN (IGN)
IDW (ASTER)	0.112	0.143	0.182	0.151	0.208
KRIGING (ASTER)	0.101	0.137	0.179	0.136	0.204
NATURAL NEIGHBOR (ASTER)	0.121	0.165	0.232	0.144	0.236
SPLINES (ASTER)	0.111	0.131	0.157	0.155	0.195

TIN (ASTER)	0.103	0.122	0.148	0.141	0.181
IDW (GE)	0.224	0.220	0.242	0.201	0.250
KRIGING (GE)	0.197	0.206	0.263	0.193	0.262
NATURAL NEIGHBOR (GE)	0.185	0.201	0.253	0.174	0.263
SPLINES (GE)	0.169	0.165	0.194	0.158	0.215
TIN (GE)	0.214	0.211	0.227	0.196	0.261
IDW (IGN)	1	0.879	0.744	0.688	0.734
KRIGING (IGN)	0.879	1	0.787	0.733	0.823
NATURAL NEIGHBOR (IGN)	0.744	0.787	1	0.646	0.816
SPLINES (IGN)	0.688	0.733	0.646	1	0.695
TIN (IGN)	0.734	0.823	0.816	0.695	1
IDW (SRTM)	0.216	0.204	0.204	0.174	0.182
KRIGING (SRTM)	0.218	0.206	0.210	0.196	0.198
NATURAL NEIGHBOR (SRTM)	0.229	0.225	0.265	0.225	0.199
SPLINES (SRTM)	0.216	0.216	0.219	0.231	0.198
TIN (SRTM)	0.209	0.214	0.213	0.231	0.244
Variables	IDW (SRTM)	KRIGING (SRTM)	NATURAL NEIGHBOR (SRTM)	SPLINES (SRTM)	TIN (SRTM)
IDW (ASTER)	0.228	0.300	0.254	0.270	0.270
KRIGING (ASTER)	0.251	0.320	0.270	0.286	0.287
NATURAL NEIGHBOR (ASTER)	0.273	0.332	0.310	0.312	0.295
SPLINES (ASTER)	0.237	0.300	0.235	0.257	0.250
TIN (ASTER)	0.195	0.269	0.244	0.243	0.265
IDW (GE)	0.377	0.404	0.410	0.386	0.431
KRIGING (GE)	0.335	0.358	0.368	0.351	0.384
NATURAL NEIGHBOR (GE)	0.381	0.392	0.404	0.373	0.418
SPLINES (GE)	0.279	0.301	0.305	0.269	0.315
TIN (GE)	0.356	0.368	0.377	0.348	0.424
IDW (IGN)	0.216	0.218	0.229	0.216	0.209
KRIGING (IGN)	0.204	0.206	0.225	0.216	0.214
NATURAL NEIGHBOR (IGN)	0.204	0.210	0.265	0.219	0.213
SPLINES (IGN)	0.174	0.196	0.225	0.231	0.231
TIN (IGN)	0.182	0.198	0.199	0.198	0.244
IDW (SRTM)	1	0.908	0.795	0.811	0.765
KRIGING (SRTM)	0.908	1	0.886	0.914	0.853
NATURAL NEIGHBOR (SRTM)	0.795	0.886	1	0.901	0.868
SPLINES (SRTM)	0.811	0.914	0.901	1	0.839
TIN (SRTM)	0.765	0.853	0.868	0.839	1

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Figura 34, se muestra que el grado de correlación entre las imágenes ASTER, GOOGLE EARTH, IGN y SRTM son bajos, pero de acuerdo a la coloración notamos que los interpoladores de las imágenes ASTER con la carta nacional (IGN), los interpoladores de la carta nacional (IGN) con la imagen GOOGLE EARTH, y parte de los interpoladores de la carta nacional (IGN) con la imagen SRTM, muestran la coloración más baja, indicando una correlación relativamente nula, y los

demás muestran una correlación media, mientras que los interpoladores entre las mismas imágenes muestran una correlación positiva, esto indica entonces que entre las imágenes existe una diferencia altamente significativa, por lo tanto la altitud que genera las imágenes varían entre sí, mientras que los interpoladores que generan las altitudes pero de una misma imagen no son significativas estadísticamente.

Mapa de las correlaciones

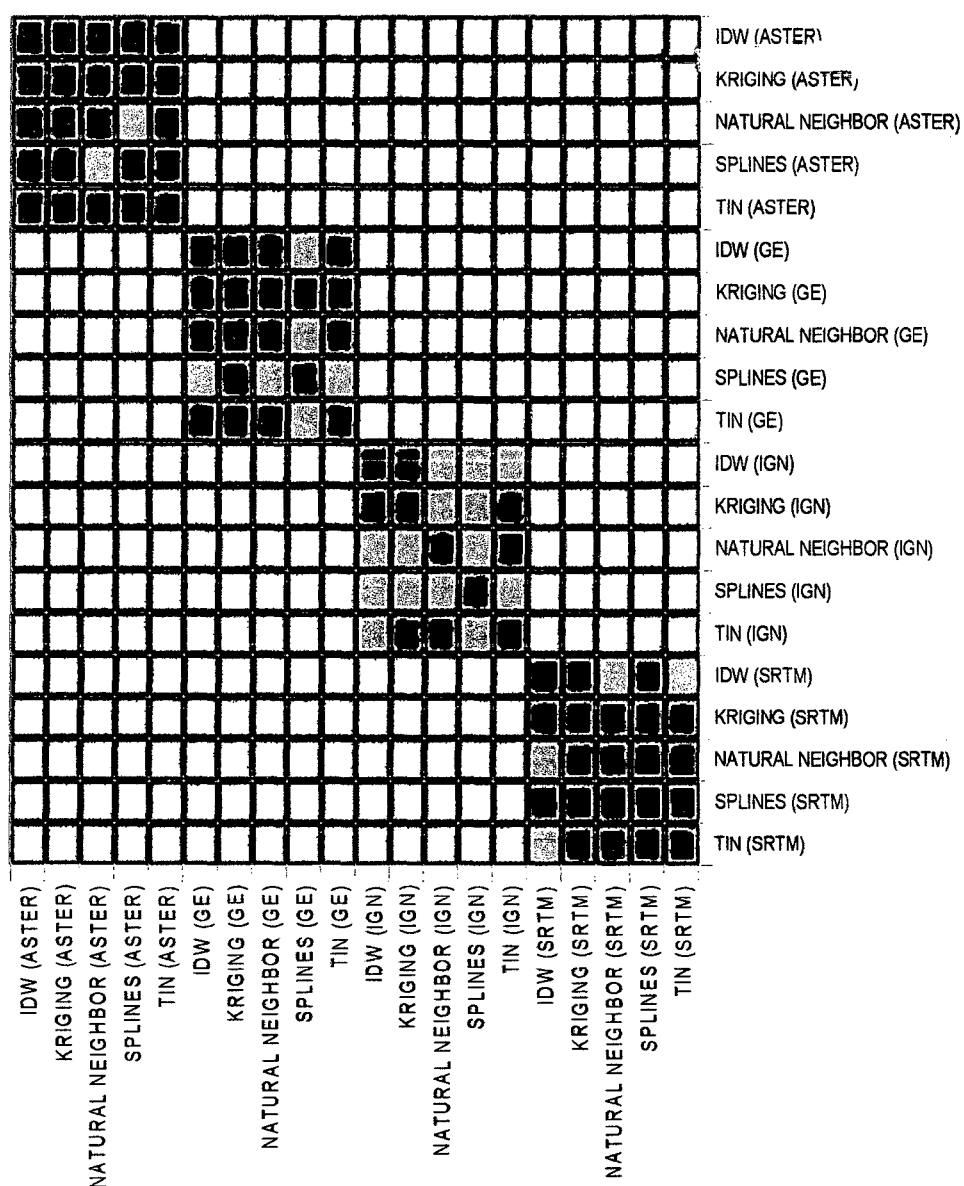


Figura 34. Mapa de las correlaciones de las imágenes e interpoladores

4.2. Análisis de los parámetros morfométricos de las microcuencas del PNTM

Los parámetros morfométricos fueron tomados a partir de la imagen ASTER, Carta Nacional (IGN), SRTM y del levantamiento topográfico, de las quebradas: Río Tres de Mayo, Río Colorado y Río Oro.

4.2.1. Microcuenca Río Tres de Mayo

Las magnitudes calculadas para los parámetros correspondientes a la variable escala de la cuenca, cuyas apreciaciones dependen precisamente de la escala de la base cartográfica utilizada para tales mediciones, en conjunto denotan un sistema hidrogeomorfológico de pequeñas dimensiones (Cuadro 43), que lo califican bajo la categoría de microcuenca o cuenca pequeña (GUEVARA y CARTAYA, 1991). La pequeña área por sí sola de esta microcuenca, supone menores tiempos de concentración de la escorrentía superficial y mayor susceptibilidad a experimentar crecidas con hidrogramas de picos pronunciados y corta duración (CARMONA, 2002). Este valor areal también denota que la superficie fuente de contribución a la escorrentía superficial es pequeña, y que en presencia de una tormenta de extensión considerable (FUENTES, 2003), toda el área se activa y aporta agua, lo que favorece la generación de hidrogramas con las características arriba mencionadas. Además del área, los valores de ancho y longitud de la microcuenca (Cuadro 43) también sugieren un sistema de drenaje pequeño con mayor tendencia al crecimiento longitudinal que lateral, lo cual puede interpretarse como una respuesta a la predominancia de la erosión regresiva del curso principal de la quebrada Tres de Mayo, sobre el trabajo erosivo de los cursos de agua que drenan perpendicular y oblicuamente hacia ésta a lo largo de su canal, condicionado por una litología que ofrece poca resistencia a los procesos erosivos, el control de los sistemas de fracturas y la pendiente topográfica local de la vertiente este del Huallaga. Los valores del diámetro y del perímetro (Cuadro 43) de la microcuenca también corroboran las pequeñas dimensiones de este sistema del PNTM.

Cuadro 43. Parámetros morfométricos de la microcuenca Río Tres de Mayc

Variable	Parámetros	ASTER	IGN	SRTM	CV (%)
Escala de la Microcuenca	A (Km ²)	50.453	51.263	50.504	0.894
	P (Km)	41.457	42.801	40.252	3.073
	L (Km)	12.821	12.264	12.434	2.280
	W (Km)	9.834	9.321	9.266	3.307
	D (Km)	8.015	8.079	8.019	0.447
Gradiente y forma del relieve de la microcuenca	H (msnm)	2100.000	1900.000	2165.000	6.721
	h (msnm)	800.000	700.000	705.000	7.666
	H _{md} (msnm)	1357.295	1334.355	1355.565	0.947
	H _b (msnm)	1300.000	1200.000	1460.000	9.936
	R	0.101	0.098	0.117	9.878
	S _{md} (%)	33.459	30.192	40.870	15.704
	S _m (%)	9.147	10.951	9.341	10.092
Forma de la microcuenca	C	0.835	0.811	0.922	6.823
	S _e	0.554	0.584	0.572	2.626
	S _c	34.065	35.736	32.080	5.389
	R _c	0.563	0.613	0.562	5.041
	R _f	0.307	0.341	0.327	5.237
	I _a	1.304	1.316	1.342	1.479
	K _m (m/km ²)	26.902	26.030	26.841	1.832
Extensión de la red de drenaje	K _c	1.634	1.674	1.586	2.699
	L _{cp} (Km)	5.585	5.680	5.844	2.295
	C _t (Km)	8.747	10.753	7.276	19.555
	D _d (Km/Km ²)	0.173	0.210	0.144	18.727
	T _c (min)	45.998	50.199	45.102	5.778
	L _c (Km)	2.485	2.642	3.004	9.820
	C _{mc} (Km ² /Km)	5.768	4.767	6.941	18.677
Orden y magnitud de la red de drenaje	u	2.000	3.000	2.000	24.744
	N _u	4.000	7.000	3.000	44.607
	R _b	1.333	3.500	1.500	57.112
	L _u (Km)	1.543	1.087	1.999	29.551
	L _{tu} (Km)	4.750	5.931	3.379	27.253
	L _{mu} (Km)	1.187	0.847	1.126	17.208
	L _{mau} (Km)	1.334	0.519	1.950	56.612
	R _L	0.891	1.635	0.578	52.472
	C _D (%)	3.651	3.473	3.638	2.768
	qs (Tn/año)	2.103	2.086	2.102	0.473
	CT (1/Km ²)	0.079	0.137	0.059	43.661

Fuente: Elaboración propia

Las alturas en el área están comprendidas desde los 735 msnm (altura mínima), con un coeficiente de variación de 7.7%, que corresponde a la cota en la que desemboca la quebrada Tres de Mayo directamente al Río Huallaga, encontrándose al sur del Parque Nacional Tingo María, y 2055 msnm (altura máxima), con un coeficiente de variación de 6.7%, correspondiente a la cota en la que nace la quebrada Tres de Mayo, al suroeste del perímetro de la microcuenca Bella. La diferencia entre estas dos alturas extremas definen un relieve máximo de 1320 msnm, con un coeficiente de variación de 9.9%, que sugiere alturas y pendientes significativas favorables a la génesis y activación de procesos erosivos y de transporte de materiales.

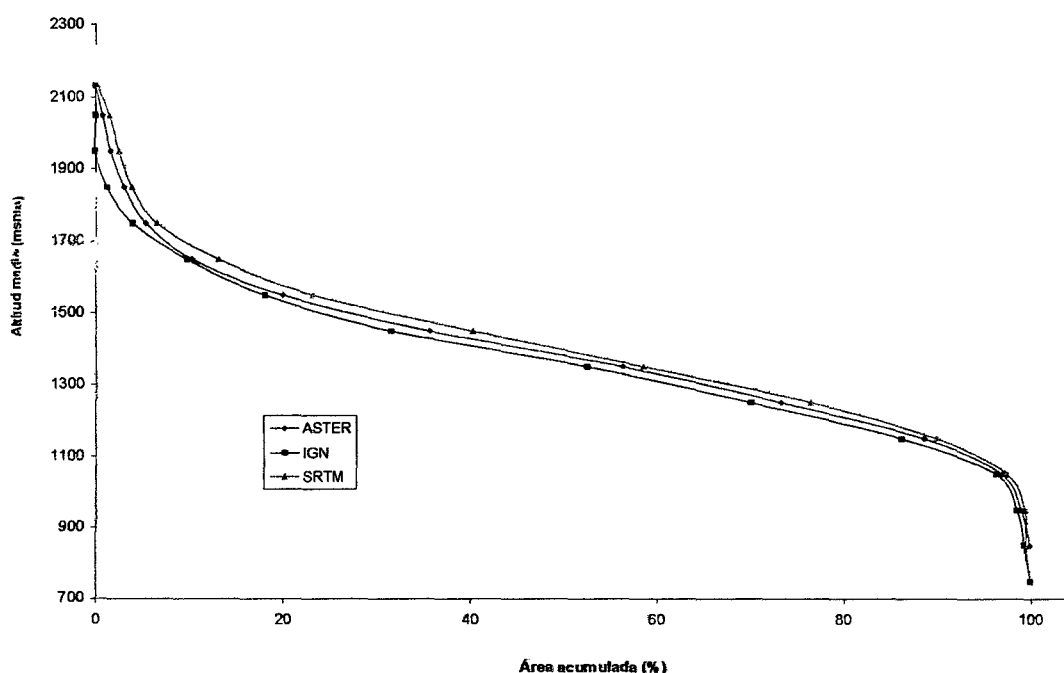


Figura 35. Altura de la microcuenca Tres de Mayo en función del área acumulada

El valor obtenido de altura media (Cuadro 43) es 1349.072 msnm con un coeficiente de variación de 0.95%, significa que un 50 % del área de la microcuenca posee alturas por encima de esta cota y un 50 % por debajo de ella. El incremento de la altura por encima del valor de la mediana es brusco y abrupto (sector montañoso) (Figura 35); por el contrario, el descenso en la altura por debajo de la mediana exhibe una pendiente más suave (sector de abanico aluvial), (Figura 35). Estos contrastes

altimétricos implican el predominio de procesos erosivos y de generación de precipitaciones asociadas al ascenso orográfico forzado de masas de aire por encima del valor de la altura mediana, y de procesos de transporte y depositación por debajo de ella (GREGORY y WALLING, 1973).

El radio del relieve (Cuadro 43) indica que por cada kilómetro de longitud de la cuenca existe un incremento promedio en altura de 106 m, con un coeficiente de variación de 9.88%, lo cual es un valor significativo y de esperar para una microcuenca cuya mayor extensión se asienta sobre un relieve montañoso, por lo tanto este parámetro es un indicador del incremento de la pendiente a medida que se asciende en altura y, por ende, del potencial erosivo en la microcuenca. El valor obtenido de pendiente mediana (Cuadro 145) (34.84 %, con un coeficiente de variación de 15.7 %), indica que un 50 % del área de la microcuenca posee pendientes iguales y/o por encima de este valor y un 50 % por debajo de él.

El incremento del valor de la pendiente media acumulada por encima del valor de la mediana es ligeramente más brusco y abrupto (sector montañoso), (Cuadro 43), mientras que el descenso del valor de la pendiente media acumulada por debajo de la mediana exhibe una inclinación más suave (sector de abanico aluvial); pero en la parte más baja de la microcuenca Tres de Mayo, también muestra pendientes bruscos (Figura 35), así como en la parte más alta de la microcuenca. Estos contrastes de valores de pendiente media acumulada al igual que el de altura, indican la predominancia de procesos erosivos por encima del valor de la pendiente mediana, y de transporte y depositación por debajo de ella (GUEVARA y CARTAYA, 1991). La presencia de mayores alturas y elevados valores de pendientes en la parte alta de la microcuenca, por encima de sus respectivos valores medianos, condicionan menores tiempos de concentración, así como un mayor potencial erosivo y de arrastre de sedimentos.

En líneas generales, las pendientes topográficas en toda la microcuenca de la quebrada Tres de Mayo oscilan entre 0 % y 110 % (Figuras 36). En el tramo final del curso de la quebrada hacia su desembocadura, las pendientes están entre 0 % y 10 % correspondiéndose con una topografía plana ondulada a suave. En el valle de la quebrada las pendientes presentan valores entre 10 % y 50 %, correspondiéndose con topografías medianas a accidentadas, y en el resto del sector montañoso de la microcuenca las pendientes oscilan entre 50 % y 110 %, definiendo topografías accidentadas a muy fuertes.

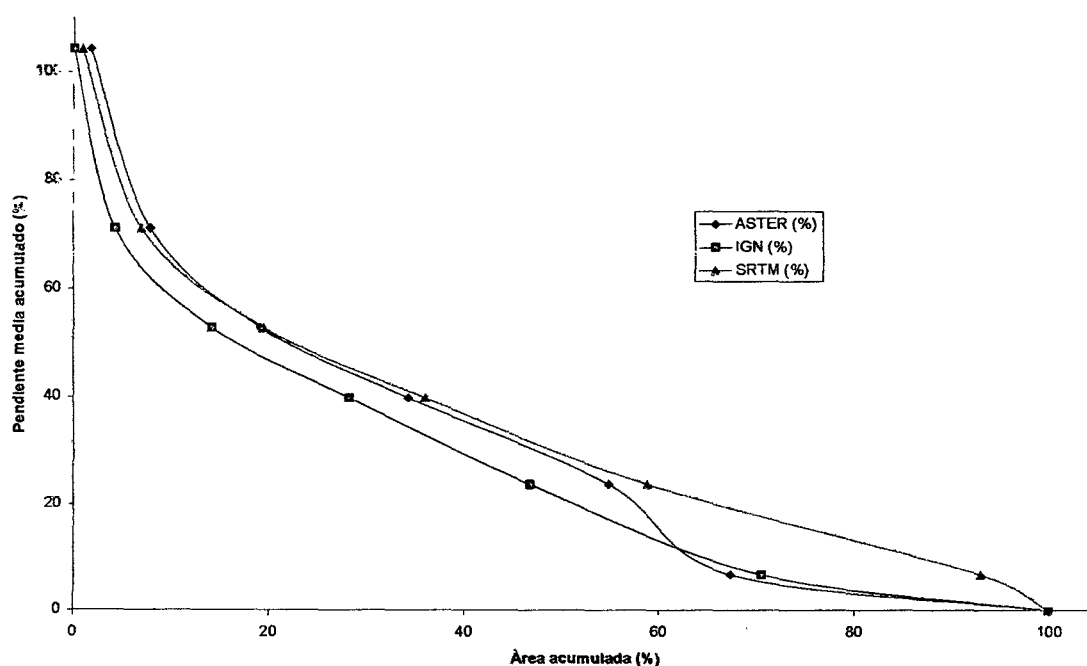


Figura 36. Pendiente media de la microcuenca Tres de Mayo

La quebrada Tres de Mayo realiza un recorrido de 5.703 Km, con un coeficiente de variación de 2.3 %; mientras que el recorrido con el levantamiento topográfico de 6.691 Km, desde su nacimiento hasta su desembocadura, a lo largo del cual describe un perfil longitudinal que exhibe fuertes cambios de gradiente topográfico (Figura 37), arrojando una pendiente media de 9.81 %, con un coeficiente de variación de 10.1 %, y una pendiente media con levantamiento topográfico de 9.44 %; condición que refleja el control de la litología y del relieve en la morfología del mismo. La

pendiente media del perfil y el fuerte contraste de pendiente entre sus segmentos, son indicadores de la alta probabilidad de esta quebrada a experimentar crecidas con hidrogramas de caudales picos elevados y de corta duración, altas velocidades medias del flujo, mayor capacidad de transporte de materiales y menores tiempos de concentración (HENAQ, 1998).

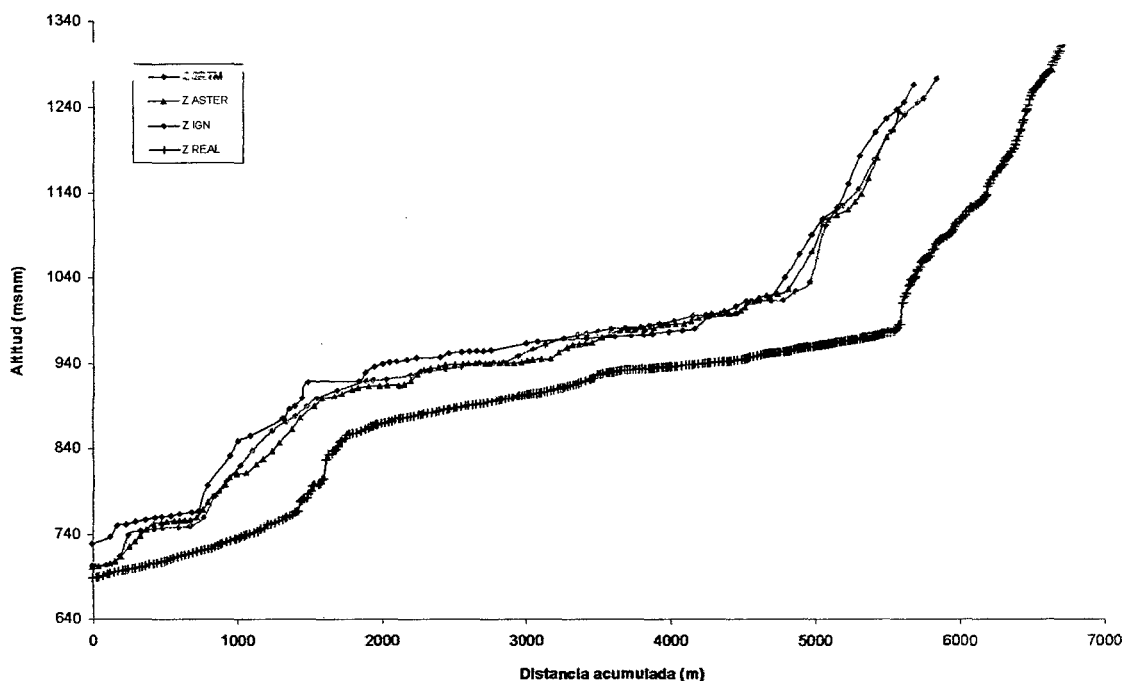


Figura 37. Perfil longitudinal de la microcuenca Tres de Mayo

Con relación al valor de concavidad (Cuadro 43) del perfil longitudinal de la quebrada Tres de Mayo, éste indica un avanzado estadio de incisión o erosión vertical del flujo de la quebrada (Figura 37), probablemente condicionado por el levantamiento tectónico del área y el consecuente rejuvenecimiento del relieve y la poca resistencia de la litología aflorante a los procesos erosivos (HORTON, 1995). La curva hipsométrica (Figura 38) obtenida refleja un área cuyo relieve se encuentra en un estadio erosional joven, por lo que su potencial morfodinámico para experimentar procesos erosivos y movimientos de masa en vertientes es muy alto (LEOPOLD, GORDON y MILLER, 1994). La forma de la curva denuncia claramente una fuerte

influencia del componente tectónico en el levantamiento vertical del área como agente endógeno constructor de relieve, lo cual se traduce en el rejuvenecimiento de éste determinando un balance tectónico-erosional positivo (MONSALVE, 2000).

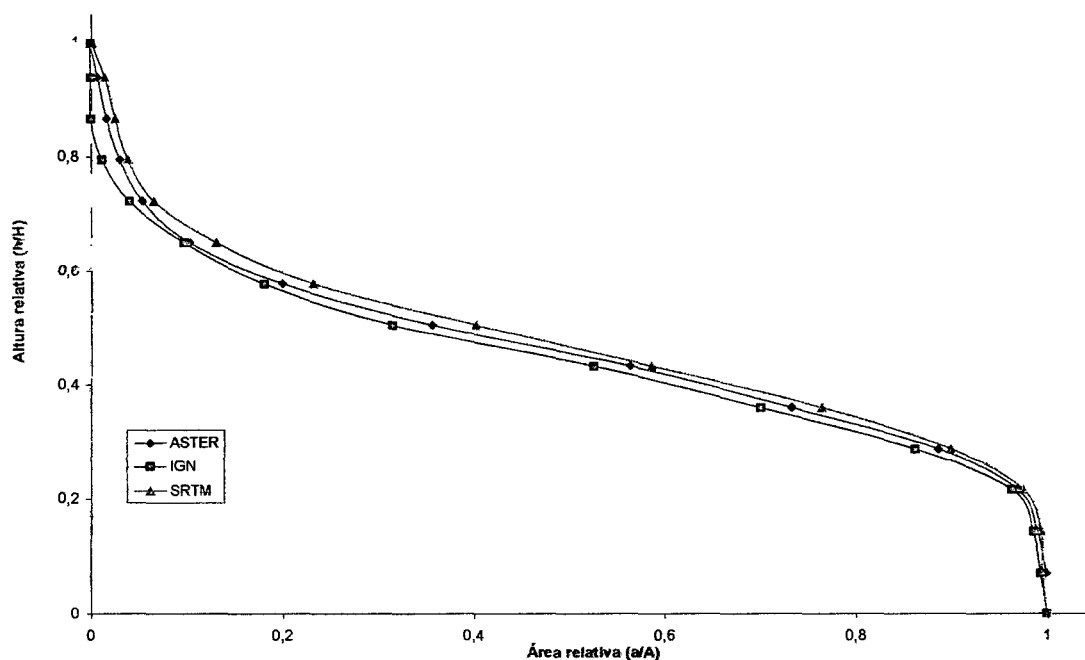


Figura 38. Curva hipsométrica de la microcuenca Tres de Mayo

La expresión morfológica del trazado del perímetro de la microcuenca de la quebrada Tres de Mayo sobre la base cartográfica de análisis, evidencia la forma alargada del sistema con una orientación este-oeste y perpendicular al río Huallaga. El valor de elongación 0.57 con un coeficiente de variación de 2.63% (Cuadro 43) calculado indica que la microcuenca presenta una forma media alargada con tendencia a una configuración rectangular (LEOPOLD, GORDON y MILLER, 1994); además este valor es representativo de microcuencas emplazadas en relieves montañosos. Los valores del perímetro relativo de crenulación de 33.96 con un coeficiente de variación de 5.4%; y del radio de crenulación 0.58 con un coeficiente de variación de 5.04 % (Cuadro 43), también indican una tendencia de la forma hacia el alargamiento. El valor del factor de forma de la cuenca es relativamente bajo (0.325), con un coeficiente de

variación de 5.24%, lo que implica de igual manera una mediana tendencia al alargamiento (SMITH, 1978), y bajas probabilidades de experimentar frecuentes crecidas, debido a que su forma no permite exponer toda su superficie al radio de acción de una determinada tormenta (LEOPOLD, GORDON y MILLER, 1994). Sin embargo, estas afirmaciones son relativas, ya que ello depende del tamaño o extensión de la tormenta, de la duración e intensidad de la misma y de las magnitudes extremas del fenómeno, considerando que se trata de un sistema hidrogeomorfológico bastante pequeño (PASTRANA, 2003). El coeficiente de compacidad muestra un valor de 1.631, con un coeficiente de variación estadística de 2.7 %, que define a la forma de la microcuenca como oval-oblonga a rectangular-oblonga (MONSALVE, 2000), lo que indica que la forma de ésta dista en gran medida de la circularidad, por lo que su probabilidad a experimentar crecidas frecuentes es baja (SENCIALES, 1998), y los tiempos de concentración son mayores en comparación con otra cuenca de igual área pero de forma más circular (GARDINER, 1981). De cualquier modo, la probabilidad de que se presenten crecidas con hidrogramas de picos pronunciados y de corta duración es alta, aunado a las características del relieve ya discutidas (MAIDMENT, 1992). Por otro lado, la forma de la microcuenca según su índice de compacidad, tiende a producir hidrogramas de crecidas asimétricos (MONSALVE, 1981), es decir, con tiempo al pico desde el inicio de la crecida mayor que el tiempo desde el pico a la recesión del hidrograma. El índice de alargamiento de la microcuenca Tres de Mayo 1.321, con un coeficiente de variación estadística de 1.48%, clasificándose como una microcuenca poco alargada; mientras que el coeficiente de masividad es de 26.59 m/Km², con un coeficiente de variación estadística de 1.83%, clasificándose la microcuenca como una zona muy montañosa (PEREZ s/f.a; y VÉLEZ, s/f.b.)

La red de drenaje de la microcuenca de la quebrada Tres de Mayo está constituida por cauces o corrientes de agua de corto recorrido y régimen intermitente

con una longitud total de 8.925 Km, con un coeficiente de variación estadística de 19.6% que en conjunto muestran un patrón de drenaje de tipo subdendrítico (Figura 38). La existencia de sistemas de fracturas (diaclasas y fallas) y los desniveles topográficos entre bloques tectónicos, también ejercen control en la disposición y distribución de las corrientes que conforman la red de drenaje (ORTIZ, 2004). El parámetro más importante en la definición de la extensión de un sistema de drenaje natural es su densidad que es 0.176 Km/Km^2 , con un coeficiente de variación de 18.7%, que para el caso que nos ocupa este valor es bajo (Cuadro 43), con una textura alta (HENAO, 1998). Entre los factores que la controlan en el área, el de mayor peso está representado por la baja susceptibilidad de la litología a los procesos erosivos y el fracturamiento del material. La densidad de drenaje media en esta área indica que la menor parte de la superficie de la microcuenca experimenta escorrentía concentrada, por lo que es de suponer una baja tasa de erodabilidad en toda su extensión, estabilidad morfogenética, gastos sólidos no significativos, hidrogramas de picos bajos y altos tiempos de concentración, condicionados por las características del relieve (pendiente), el tamaño de la microcuenca, y las características (extensión, intensidad y duración de las lluvias) de las tormentas que las puedan generar. El coeficiente de mantenimiento del canal muestra un valor de $5.825 \text{ Km}^2/\text{Km}$, con un coeficiente de variación estadística de 18.7 % medio a alto (Cuadro 43), lo que significa que por cada kilómetro de cauce existe un área de drenaje promedio de 5.825 Km^2 , indicando la no prevalencia de la escorrentía concentrada sobre la escorrentía laminar (MÉNDEZ y MARCUCCI, 2005). La microcuenca de la quebrada Tres de Mayo corresponde a un sistema hidrogeomorfológico de orden 3, con un coeficiente de variación estadística de 24.7% (Figura 39), siendo esta magnitud de cierta manera un indicador importante de la extensión y ramificación de la red de drenaje, considerando la pequeña superficie del sistema, así como de mediana probabilidad a experimentar crecidas con hidrogramas de picos significativos (HORTON, 1995).

8968000 381000 384000 387000 390000 393000 396000



Microcuenca Bella

BELLA ALTA

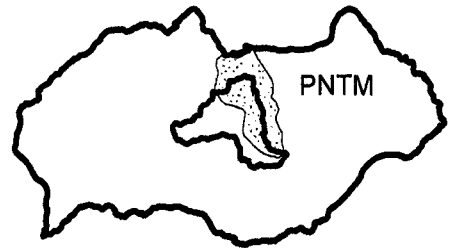
RIO ORO _ MELITON CARBAJAL

Rio Bella

Parque Nacional
Tingo María

PUENTE PEREZ
CUEVA LAS PAVAS

Dist. Mariano Dámaso B.



8965000

RIO TIGRE GENERAL ROQUE SAENZ PEÑA

Camino de acceso al Parque Nacional Tingo María

NUEVO SAN MARTIN

Huallaga

Rio Santa

Microcuenca
Tres de Mayo

8962000

Microcuenca San Miguel

Leyenda

- Centros poblados
- Quebrada Tres de Mayo (L.T)
- Camino interno del PNTM
- Ríos Principales
- Vías de comunicación
- ASTER (Río Tres de Mayo)
- IGN (Río Tres de Mayo)
- SRTM (Río Tres de Mayo)
- ▭ ASTER (Microcuenca Tres de Mayo)
- ▭ IGN (Microcuenca Tres de Mayo)
- ▭ SRTM (Microcuenca Tres de Mayo)
- ▭ PNTM

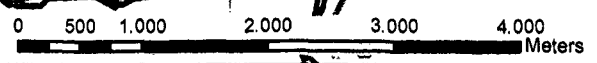
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA		
PARQUE NACIONAL TINGO MARÍA		
MICROCUECA TRES DE MAYO		
Ubicación: ZONA 18L DATUM WGS 84		
ESCALA 1:60000		
Ciudad: Tingo María	Área: 5074.00 Ha.	Perímetro: 41503.00 m.l.
Distrito: Mariano Dámaso Berón		
Provincia: Leoncio Prado		
Departamento: Huánuco		
Elaborado por: Luis E. Oré Cierro	Revisado por: Ing. Luis Flores C.	Fecha: Mayo del 2010

3 DE MAYO

TAMBILLO GRANDE

TAMBILLO CHICO

CHONTA PLAYA



8959000

381000 384000 387000 390000 393000 396000

La relación de bifurcación entre los distintos órdenes de corrientes de la red de drenaje es bastante uniforme en todo el sistema, con un valor de relación de bifurcación media de 2.11 (Figura 39), que señala mediana probabilidad de experimentar crecidas con caudales pico importantes (MONSALVE, 2000). Para el caso de las relaciones de longitud y de área, en ambas el último valor de relación entre las corrientes de orden 1 y la corriente de orden 2 no se corresponde con los rangos de valores característicos.

Los tiempos de concentración y las velocidades de flujo calculadas para la microcuenca del río Tres de Mayo, se muestran en el Cuadro 43. Según los resultados obtenidos, en la desembocadura del sistema se registra un tiempo de concentración de 47.1 min, con un coeficiente de variación estadística de 5.8 %, con una velocidad promedio del flujo de 2.018 m/seg. Los tiempos de concentración estimados, corroboran las afirmaciones que sobre este parámetro se realizaron, a partir del análisis de las características morfométricas de la microcuenca, a la vez que tales magnitudes tienen correspondencia con la morfología y la geometría del sistema hidrológico de interés en este estudio (VERSTAPPEN, 1983). El potencial de degradación específica de la microcuenca Tres de Mayo es de 2.097 Tn/año, con un coeficiente de variación estadística de 0.47 %, perteneciendo a una degradación geológica natural (PASTRANA, 2003).

4.2.2. Microcuenca Río Oro

Las magnitudes calculadas para los parámetros correspondientes a las variables escala de la cuenca, cuyas apreciaciones dependen precisamente de la escala de la base cartográfica utilizada para tales mediciones, en conjunto denotan un sistema hidrogeomorfológico de pequeñas dimensiones (Cuadro 44), que lo califican bajo la categoría de microcuenca muy pequeña (GUEVARA y CARTAYA, 1991).

Cuadro 44. Parámetros morfométricos de la microcuenca Río Ur.

Variable	Parámetros	ASTER	IGN	SRTM	CV (%)
Escala de la Microcuenca	A (Km ²)	4.638	4.767	4.879	2.532
	P (Km)	9.921	9.869	10.414	2.986
	L (Km)	3.715	3.377	4.003	8.484
	W (Km)	2.343	2.817	2.155	13.992
	D (Km)	2.430	2.464	2.492	1.267
Gradiente y forma del relieve de la microcuenca	H (msnm)	1720.000	1680.000	1715.000	1.278
	h (msnm)	700.000	680.000	679.285	1.713
	H _{md} (msnm)	1104.561	1120.076	1090.237	1.351
	H _b (msnm)	1020.000	1000.000	1035.715	1.757
	R	0.275	0.296	0.259	6.801
	S _{md} (%)	46.376	48.687	44.878	4.114
	S _m (%)	11.003	14.288	11.014	15.646
Forma de la microcuenca	C	0.858	0.865	0.844	1.250
	S _e	0.580	0.647	0.552	8.229
	S _c	21.223	20.432	22.229	4.230
	R _c	0.354	0.323	0.347	4.823
	R _f	0.336	0.418	0.304	16.639
	I _a	1.586	1.199	1.858	21.408
	K _m (m/km ²)	238.155	234.962	223.461	3.328
Extensión de la red de drenaje	K _c	1.290	1.266	1.320	2.113
	L _{cp} (Km)	3.270	3.174	3.454	4.305
	C ₁ (Km)	4.261	5.270	4.067	14.247
	D _d (Km/Km ²)	0.919	1.106	0.834	14.598
	T _c (min)	24.311	23.581	26.138	5.336
	L _c (Km)	1.101	0.975	1.112	7.163
	C _{mc} (Km ² /Km)	1.088	0.905	1.199	14.000
Orden y magnitud de la red de drenaje	u	2.000	2.000	2.000	0.000
	N _u	2.000	4.000	2.000	43.301
	R _b	2.000	4.000	2.000	43.301
	L _u (Km)	1.026	1.307	0.933	17.878
	L _{tu} (Km)	2.025	3.378	1.561	40.663
	L _{mu} (Km)	1.012	0.844	0.780	13.630
	L _{mau} (Km)	3.249	2.737	3.287	9.933
	R _L	0.453	0.446	0.311	19.770
	C ₀ (%)	26.306	26.317	24.363	4.385
	qs (Tn/año)	2.597	2.597	2.581	0.365
CT (1/Km ²)	0.431	0.839	0.410	43.184	

Fuente: Elaboración propia

El área (4.761 Km²) por sí sola de esta microcuenca, supone menores tiempos de concentración (24.67 min) de la escorrentía superficial y mayor susceptibilidad a experimentar crecidas con hidrogramas de picos pronunciados y corta duración (CARMONA, 2002). Este valor areal también denota que la superficie fuente de contribución a la escorrentía superficial es pequeña, y que en presencia de una tormenta de extensión considerable (FUENTES, 2003), toda el área se activa y aporta agua, lo que favorece la generación de hidrogramas con las características mencionadas anteriormente. Además del área, los valores de ancho (2.44 Km) y longitud (3.69 Km) de la microcuenca (Cuadro 44) también sugieren un sistema de drenaje pequeño con mayor tendencia al crecimiento longitudinal que lateral, lo cual puede interpretarse como una respuesta a la predominancia de la erosión regresiva del curso principal de la quebrada Río Oro, sobre el trabajo erosivo de los cursos de agua que drenan perpendicular y oblicuamente hacia ésta a lo largo de su canal, condicionado por una litología que ofrece poca resistencia a los procesos erosivos, el control de los sistemas de fracturas y la pendiente topográfica local (46.65 %) de la vertiente este del Río Bella. Los valores del diámetro (2.46 Km) y del perímetro (10.07 Km) (Cuadro 44) de la microcuenca también corroboran las pequeñas dimensiones de este sistema.

Las alturas en el área están comprendidas desde los 686.43 msnm (altura mínima), con un coeficiente de variación de 1.71%, que corresponde a la cota en la que desemboca la quebrada Río Oro directamente al Río Bella, encontrándose al Norte del Parque Nacional Tingo María, y 1705 msnm (altura máxima), con un coeficiente de variación de 1.28%, correspondiente a la cota en la que nace la quebrada Río Oro, al sureste del perímetro de la microcuenca Tres de Mayo. La diferencia entre estas dos alturas extremas definen un relieve máximo de 1018.57 msnm, con un coeficiente de

variación de 1.76%, que sugiere alturas y pendientes significativas favorables a la génesis y activación de procesos erosivos y de transporte de materiales.

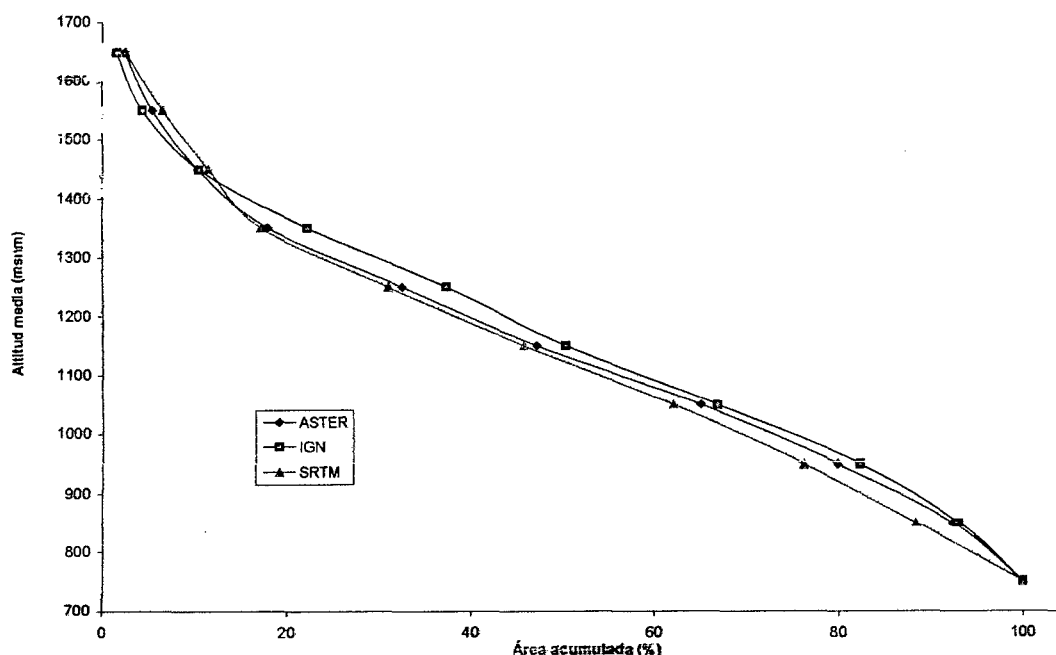


Figura 40. Altura de la microcuenca Río Oro en función del área acumulada

El valor obtenido de altura media (Cuadro 44) es 1104.96 msnm con un coeficiente de variación de 1.35%, significa que un 50 % del área de la microcuenca posee alturas por encima de esta cota y un 50 % por debajo de ella. El incremento de la altura por encima del valor de la mediana es brusco y abrupto (sector montañoso) (Figura 40); por el contrario, el descenso en la altura por debajo de la mediana exhibe una pendiente más suave (sector de abanico aluvial), (Figura 40). Estos contrastes altimétricos implican el predominio de procesos erosivos naturales y de generación de precipitaciones asociadas al ascenso orográfico forzado de masas de aire por encima del valor de la altura mediana (1104.96 msnm), y de procesos de transporte y depositación por debajo de ella (GREGORY y WALLING, 1973).

El radio del relieve (0.276) (Cuadro 44) indica que por cada kilómetro de longitud de la cuenca existe un incremento promedio en altura de 276 m, con un

coeficiente de variación de 6.8 %, lo cual es un valor significativo y de esperar para una microcuenca cuya mayor extensión se asienta sobre un relieve montañoso, por lo tanto este parámetro es un indicador del incremento de la pendiente a medida que se asciende en altura y, por ende, del potencial erosivo en la microcuenca. El valor obtenido de pendiente mediana (Cuadro 44) (46.65 %, con un coeficiente de variación de 4.11 %), indica que un 50 % del área de la microcuenca posee pendientes iguales y/o por encima de este valor y un 50 % por debajo de él.

El incremento del valor de la pendiente media acumulada por encima del valor de la mediana es ligeramente más brusco y abrupto (sector montañoso), (Cuadro 44), mientras que el descenso del valor de la pendiente media acumulada por debajo de la mediana exhibe una inclinación más suave (sector de abanico aluvial); pero en la parte más baja de la microcuenca Río Oro, también muestra pendientes ligeramente bruscos (Figura 40), así como en la parte más alta de la microcuenca. Estos contrastes de valores de pendiente media acumulada al igual que el de altura, indican la predominancia de procesos erosivos por encima del valor de la pendiente mediana, y de transporte y depositación por debajo de ella (GUEVARA y CARTAYA, 1991). La presencia de mayores alturas y elevados valores de pendientes en la parte alta de la microcuenca, por encima de sus respectivos valores medianos, condicionan menores tiempos de concentración, así como un mayor potencial erosivo y de arrastre de sedimentos. En líneas generales, las pendientes topográficas en toda la microcuenca de la quebrada Río Oro oscilan entre 0 % y 105 % (Figuras 41). En el tramo final del curso de la quebrada hacia su desembocadura, las pendientes están entre 0 % y 15 % correspondiéndose con una topografía plana ondulada a suave. En el valle de la quebrada las pendientes presentan valores entre 15 % y 55 %, correspondiéndose con topografías medianas a accidentadas, y en el resto del sector montañoso de la

microcuenca las pendientes oscilan entre 55 % y 105 %, definiendo topografías accidentadas a muy fuertes.

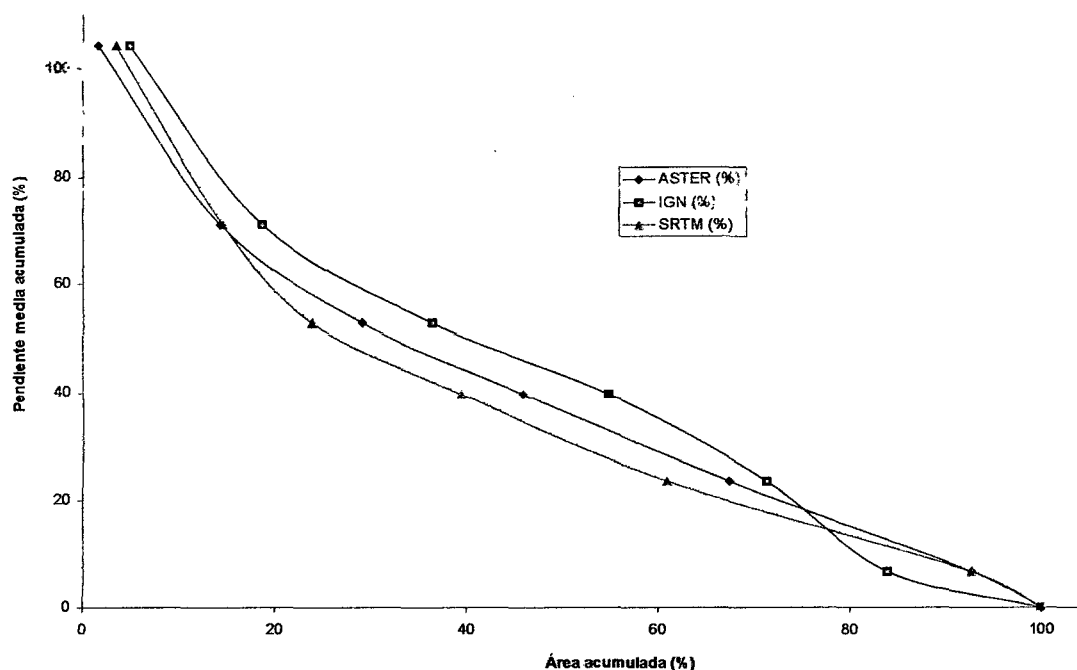


Figura 41. Pendiente media de la microcuenca Río Oro

La quebrada Río Oro realiza un recorrido de 3.299 Km, con un coeficiente de variación de 4.305 %; mientras que el recorrido con el levantamiento topográfico fue de 4.688 Km, desde su nacimiento hasta su desembocadura, a lo largo del cual describe un perfil longitudinal que exhibe fuertes cambios de gradiente topográfico (Figura 42), arrojando una pendiente media de 12.102 %, con un coeficiente de variación de 15.65 %, y una pendiente media con levantamiento topográfico de 6.83 %; condición que refleja el control de la litología y del relieve en la morfología del mismo.

La pendiente media del perfil y el fuerte contraste de pendiente entre sus segmentos, son indicadores de la alta probabilidad de esta quebrada va a experimentar crecidas con hidrogramas de caudales de picos elevados y de corta

duración, altas velocidades medias del flujo, mayor capacidad de transporte de materiales y menores tiempos de concentración (HENA O, 1998).

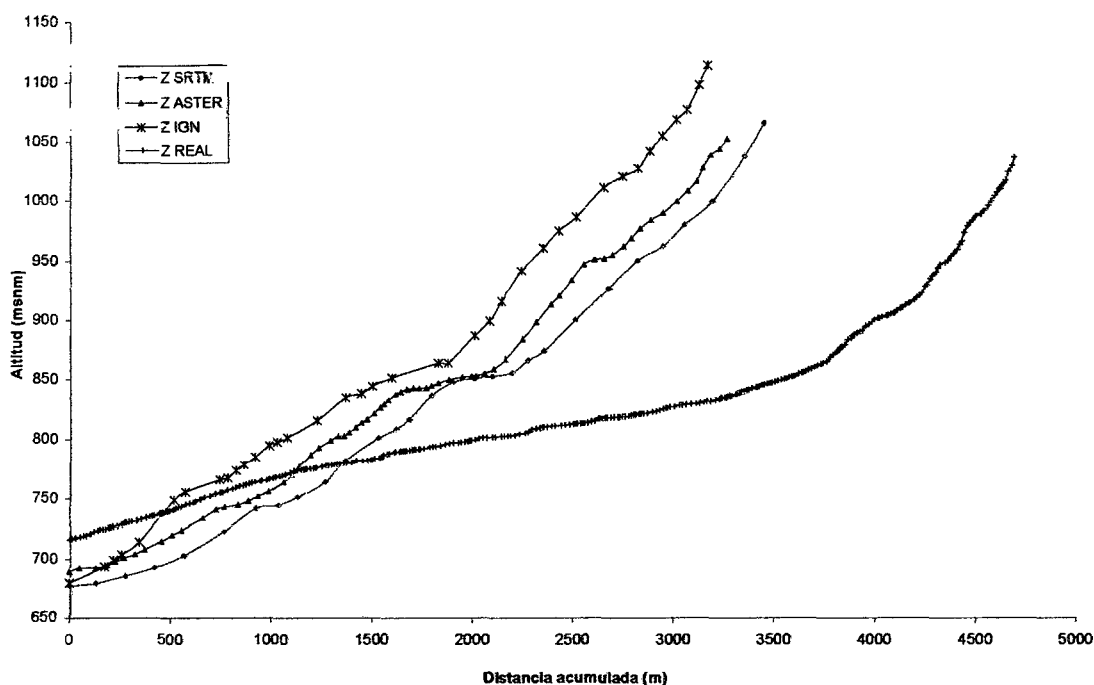


Figura 42. Perfil longitudinal de la microcuenca Río Oro

Con relación al valor de concavidad (Cuadro 146) del perfil longitudinal de la quebrada Río Oro, éste indica un avanzado estadio de incisión o erosión vertical del flujo de la quebrada (Figura 42), probablemente condicionado por el levantamiento tectónico del área y el consecuente rejuvenecimiento del relieve y la poca resistencia de la litología aflorante a los procesos erosivos (HORTON, 1995).

La curva hipsométrica (Figura 43) obtenida refleja un área cuyo relieve se encuentra en un estadio erosional joven, por lo que su potencial morfodinámico para experimentar procesos erosivos y movimientos de masa en vertientes es muy alto (LEOPOLD, GORDON y MILLER, 1994). La forma de la curva denuncia claramente una fuerte influencia del componente tectónico en el levantamiento vertical del área como agente endógeno constructor de relieve, lo cual se traduce en el

rejuvenecimiento de éste determinando un balance tectónico-erosional positivo (MONSALVE, 2000).

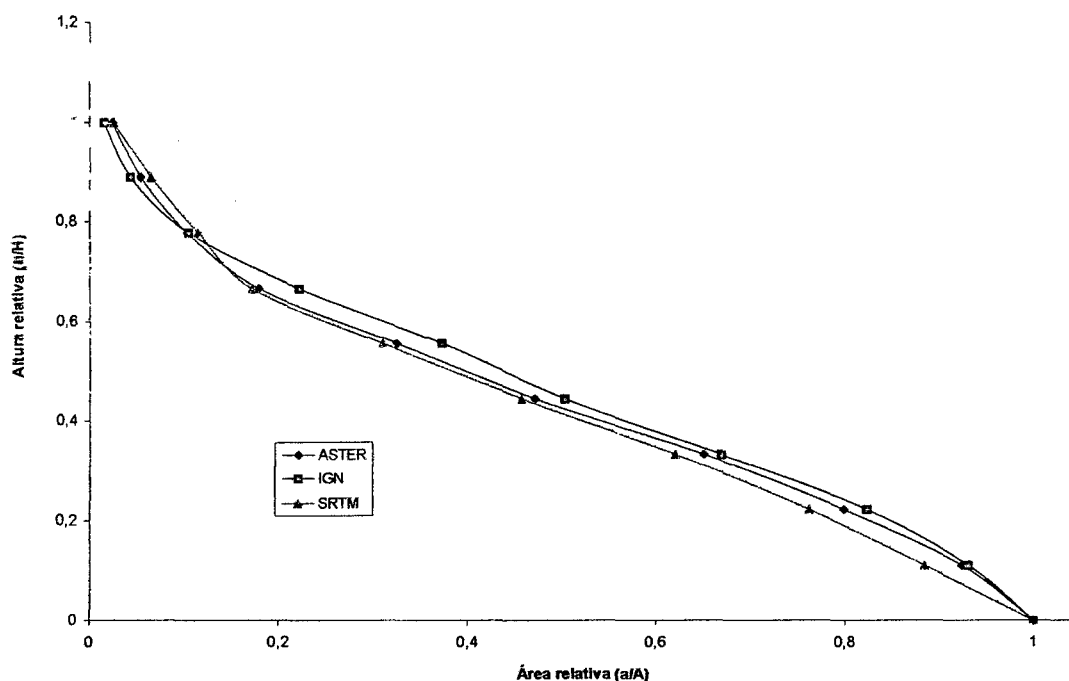


Figura 43. Curva hipsométrica de la microcuenca Río Oro

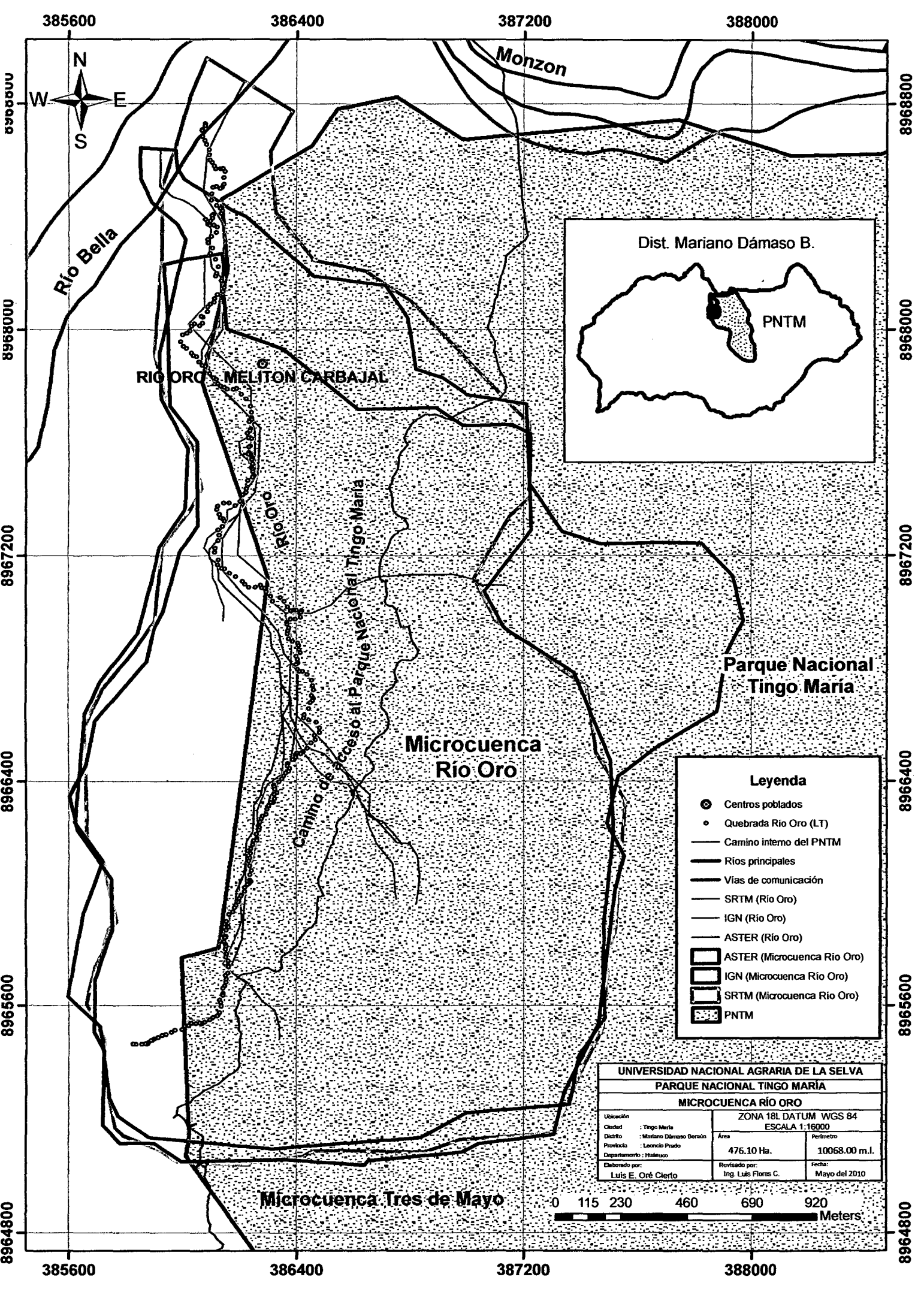
La expresión morfológica del trazado del perímetro de la microcuenca de la quebrada Río Oro sobre la base cartográfica de análisis, evidencia la forma alargada del sistema con una orientación Norte-Sur y perpendicular al río Bella. El valor de elongación 0.59 con un coeficiente de variación de 8.23% (Cuadro 44) calculado indica que la microcuenca presenta una forma media alargada con tendencia a una configuración rectangular (LEOPOLD, GORDON y MILLER, 1994); además este valor es representativo de microcuencas emplazadas en relieves montañosos. Los valores del perímetro relativo de crenulación de 21.29 con un coeficiente de variación de 4.23%; y del radio de crenulación 0.341 con un coeficiente de variación de 4.82 % (Cuadro 44), también indican una tendencia de la forma hacia el alargamiento (SMITH, 1978). El valor del factor de forma de la cuenca es relativamente bajo (0.353), con un coeficiente de variación de 16.63%, lo que implica de igual manera una mediana tendencia al alargamiento, y bajas probabilidades de experimentar frecuentes crecidas,

debido a que su forma no permite exponer toda su superficie al radio de acción de una determinada tormenta (LEOPOLD, GORDON y MILLER, 1994). Sin embargo, estas afirmaciones son relativas, ya que ello depende del tamaño o extensión de la tormenta, de la duración e intensidad de la misma y de las magnitudes extremas del fenómeno, considerando que se trata de un sistema hidrogeomorfológico bastante pequeño (PASTRANA, 2003). El coeficiente de compacidad muestra un valor de 1.292, con un coeficiente de variación estadística de 2.11 %, que define a la forma de la microcuenca como oval-oblonga a rectangular-oblonga (MONSALVE, 2000), lo que indica que la forma de ésta dista en gran medida de la circularidad, por lo que su probabilidad a experimentar crecidas frecuentes es baja (SENCIALES, 1981), y los tiempos de concentración son mayores en comparación con otra cuenca de igual área pero de forma más circular (GARDINER, 1981). De cualquier modo, la probabilidad de que se presenten crecidas con hidrogramas de picos pronunciados y de corta duración es alta, aunado a las características del relieve ya discutidas. Por otro lado, la forma de la microcuenca según su índice de compacidad, tiende a producir hidrogramas de crecidas asimétricos (MONSALVE, 1981), es decir, con tiempo al pico desde el inicio de la crecida mayor que el tiempo desde el pico a la recesión del hidrograma. El índice de alargamiento de la microcuenca Río Oro es de 1.547, con un coeficiente de variación estadística de 21.41%, clasificándose como una microcuenca poco alargada; mientras que el coeficiente de masividad es de 232.19 m/Km², con un coeficiente de variación estadística de 3.33%, clasificándose la microcuenca como una zona muy montañosa (PÉREZ s/f.a; y VÉLEZ, s/f.b.).

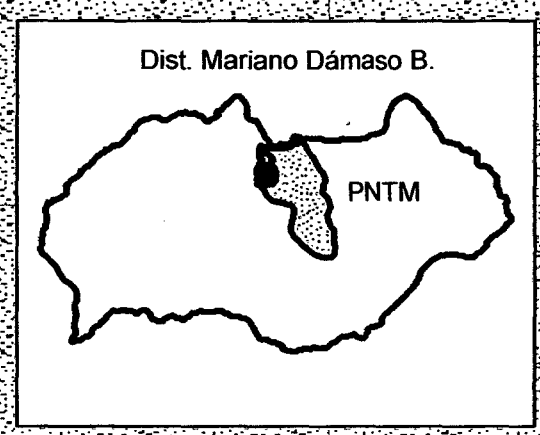
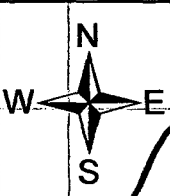
La red de drenaje de la microcuenca de la quebrada Río Oro está constituida por cauces o corrientes de agua de corto recorrido y régimen intermitente con una longitud total de 4.533 Km, con un coeficiente de variación estadística de 14.25% que en conjunto muestran un patrón de drenaje de tipo subdendrítico (Figura

43). La existencia de sistemas de fracturas (diaclasas y fallas) y los desniveles topográficos entre bloques tectónicos, también ejercen control en la disposición y distribución de las corrientes que conforman la red de drenaje (ORTIZ, 2004). El parámetro más importante en la definición de la extensión de un sistema de drenaje natural es su densidad que es 0.953 Km/Km^2 , con un coeficiente de variación de 14.59%, que para el caso que nos ocupa este valor es bajo (Cuadro 44), con una textura baja (HENAÑO, 1998). Entre los factores que la controlan en el área, el de mayor peso está representado por la baja susceptibilidad de la litología a los procesos erosivos y el fracturamiento del material.

La densidad de drenaje media en esta área indica que la mayor parte de la superficie de la microcuenca no experimenta escorrentía concentrada, por lo que es de suponer una baja tasa de erodabilidad en toda su extensión, estabilidad morfogenética, gastos de sólidos no significativos, hidrogramas de picos bajos y altos tiempos de concentración, condicionados por las características del relieve (pendiente), el tamaño de la microcuenca, y las características (extensión, intensidad y duración de las lluvias) de las tormentas que las puedan generar. El coeficiente de mantenimiento del canal muestra un valor de $1.064 \text{ Km}^2/\text{Km}$, con un coeficiente de variación estadística de 14.0 % medio a alto (Cuadro 44), lo que significa que por cada kilómetro de cauce existe un área de drenaje promedio de 1.064 Km^2 , indicando la no prevalencia de la escorrentía concentrada sobre la escorrentía laminar (MÉNDEZ y MARCUCCI, 2005). La microcuenca de la quebrada Río Oro corresponde a un sistema hidrogeomorfológico de orden 2, con un coeficiente de variación estadística de 0.0% (Figura 44), siendo esta magnitud de cierta manera un indicador importante de la extensión y ramificación de la red de drenaje, considerando la pequeña superficie del sistema, así como de mediana probabilidad a experimentar crecidas con hidrogramas de picos significativos (HORTON, 1995).



385600 386400 387200 388000



RIO ORO MELITON CARBAJAL

Parque Nacional Tingo María

Microcuenca Río Oro

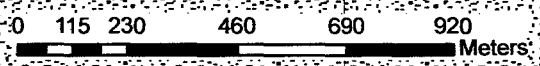
Camino de acceso al Parque Nacional Tingo María

Legenda

- ⊙ Centros poblados
- Quebrada Río Oro (LT)
- Camino interno del PNTM
- Ríos principales
- Vías de comunicación
- SRTM (Río Oro)
- IGN (Río Oro)
- ASTER (Río Oro)
- ▭ ASTER (Microcuenca Río Oro)
- ▭ IGN (Microcuenca Río Oro)
- ▭ SRTM (Microcuenca Río Oro)
- ▨ PNTM

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA		
PARQUE NACIONAL TINGO MARIA		
MICROCUECENA RÍO ORO		
Ubicación	ZONA 18L DATUM WGS 84	
Ciudad : Tingo María	ESCALA 1:16000	
Distrito : Mariano Dámaso Berrón	Área	Perímetro
Provincia : Leoncio Prado	476.10 Ha.	10068.00 m.l.
Departamento : Huánuco	Revisado por:	Fecha:
Elaborado por: Luis E. Oré Cierro	Ing. Luis Flores C.	Mayo del 2010

Microcuenca Tres de Mayo



385600 386400 387200 388000

8968800
8968000
8967200
8966400
8965600
8964800

8968800
8968000
8967200
8966400
8965600
8964800

La relación de bifurcación entre los distintos órdenes de corrientes de la red de drenaje es bastante uniforme en todo el sistema, con un valor de relación de bifurcación media de 2.67 (Figura 44), que señala mediana probabilidad de experimentar crecidas con caudales pico importantes (MONSALVE, 2000). Para el caso de las relaciones de longitud y de área, en ambas el último valor de relación entre las corrientes de orden 1 y la corriente de orden 2 no se corresponde con los rangos de valores característicos.

Los tiempos de concentración y las velocidades de flujo calculadas para la microcuenca del río Oro, se muestran en el Cuadro 44. Según los resultados obtenidos, en la desembocadura del sistema se registra un tiempo de concentración de 24.68 min, con un coeficiente de variación estadística de 5.34 %, con una velocidad promedio del flujo de 2.228 m/seg. Los tiempos de concentración estimados, corroboran las afirmaciones que sobre este parámetro se realizaron, a partir del análisis de las características morfométricas de la microcuenca, a la vez que tales magnitudes tienen correspondencia con la morfología y la geometría del sistema hidrológico de interés en este estudio (VERSTAPPEN, 1983). El potencial de degradación específica de la microcuenca Río Oro es de 2.592 Tn/año, con un coeficiente de variación estadística de 0.37 %, perteneciendo a una degradación geológica natural (PASTRANA, 2003).

4.2.3. Microcuenca Río Colorado

Las magnitudes calculadas para los parámetros correspondientes a la variable escala de la cuenca, cuyas apreciaciones dependen precisamente de la escala de la base cartográfica utilizada para tales mediciones, en conjunto denotan un sistema hidrogeomorfológico de pequeñas dimensiones (Cuadro 45), que lo califican bajo la categoría de microcuenca o cuenca muy pequeña (GUEVARA y CARTAYA, 1991) del Parque Nacional Tingo María.

Cuadro 45. Parámetros morfométricos de la microcuenca Río Colorado

Variable	Parámetros	ASTER	IGN	SRTM	CV (%)
Escala de la Microcuenca	A (Km ²)	2.931	2.165	2.526	15.085
	P (Km)	7.471	7.679	7.223	3.061
	L (Km)	2.552	2.476	2.500	1.534
	W (Km)	2.186	2.027	1.957	5.714
	D (Km)	1.932	1.660	1.793	7.564
Gradiente y forma del relieve de la microcuenca	H (msnm)	1720.000	1680.000	1713.462	1.259
	h (msnm)	1040.000	1044.645	1076.763	1.900
	H _{md} (msnm)	1273.400	1226.546	1268.068	2.042
	H _b (msnm)	680.000	635.355	636.699	3.903
	R	0.266	0.257	0.255	2.452
	S _{md} (%)	34.608	31.396	33.285	4.878
	S _m (%)	8.801	8.884	7.010	12.863
Forma de la microcuenca	C	0.905	0.879	0.912	1.935
	S _e	0.671	0.594	0.636	6.063
	S _c	19.040	27.232	20.652	19.454
	R _c	0.086	0.064	0.085	15.796
	R _f	0.450	0.353	0.404	12.070
	I _a	1.167	1.222	1.278	4.524
	K _m (m/km ²)	434.424	566.499	502.030	13.183
Extensión de la red de drenaje	K _c	1.222	1.461	1.272	9.568
	L _{cp} (Km)	1.504	1.590	1.357	7.944
	C _i (Km)	1.941	2.412	1.632	19.699
	D _d (Km/Km ²)	0.662	1.114	0.646	32.907
	T _c (min)	10.044	11.529	9.017	12.384
	L _c (Km)	0.357	0.322	0.385	8.900
	C _{mc} (Km ² /Km)	1.510	0.898	1.548	27.686
Orden y magnitud de la red de drenaje	u	2.000	2.000	2.000	0.000
	N _u	2.000	2.000	2.000	0.000
	R _b	2.000	2.000	2.000	0.000
	L _u (Km)	0.638	0.824	0.642	15.162
	L _{lu} (Km)	1.072	1.730	0.890	35.934
	L _{mu} (Km)	0.536	0.865	0.445	35.934
	L _{mau} (Km)	1.405	1.547	1.187	13.146
	R _L	0.617	1.270	0.600	46.083
	C _o (%)	55.320	69.484	63.661	11.333
	qs (Tn/año)	2.752	2.799	2.781	0.849
CT (1/Km ²)	0.682	0.924	0.792	15.124	

Fuente: Elaboración propia

La pequeña área (2.541 Km²) con un coeficiente de variación estadística de 15.1% por sí sola de esta microcuenca, supone menores tiempos de concentración (10.196 min, con un coeficiente de variación de 12.4%) de la escorrentía superficial y mayor susceptibilidad a experimentar crecidas con hidrogramas de picos pronunciados y corta duración (CARMONA, 2002). Este valor areal también denota que la superficie fuente de contribución a la escorrentía superficial es pequeña, y que en presencia de una tormenta de extensión considerable (FUENTES, 2003), toda el área se activa y aporta agua, lo que favorece la generación de hidrogramas con las características arriba mencionadas. Además del área, los valores de ancho (2.057 Km) y longitud (2.51 Km) de la microcuenca (Cuadro 45) también sugieren un sistema de drenaje pequeño con mayor tendencia al crecimiento longitudinal que lateral, lo cual puede interpretarse como una respuesta a la predominancia de la erosión regresiva del curso principal de la quebrada Río Colorado, sobre el trabajo erosivo de los cursos de agua que drenan perpendicular y oblicuamente hacia ésta a lo largo de su canal, condicionado por una litología que ofrece poca resistencia a los procesos erosivos, el control de los sistemas de fracturas y la pendiente topográfica local de la vertiente este del Río Santa. Los valores del diámetro (1.795 Km) y del perímetro (7.457 Km) (Cuadro 147) de la microcuenca también corroboran las pequeñas dimensiones de este sistema. Las alturas en el área están comprendidas desde los 1053.8 msnm (altura mínima), con un coeficiente de variación de 1.9%, que corresponde a la cota en la que desemboca la quebrada Río Colorado directamente al Río Santa, encontrándose al Oeste del Parque Nacional Tingo María, y 1704.5 msnm (altura máxima), con un coeficiente de variación de 1.3%, correspondiente a la cota en la que nace la quebrada Río Colorado, al noroeste del perímetro de la microcuenca Bella. La diferencia entre estas dos alturas definen un relieve máximo de 650.7 msnm, con un coeficiente de variación de 3.9%, que sugiere alturas y pendientes significativas favorables a la génesis y activación de procesos erosivos y de transporte de materiales.

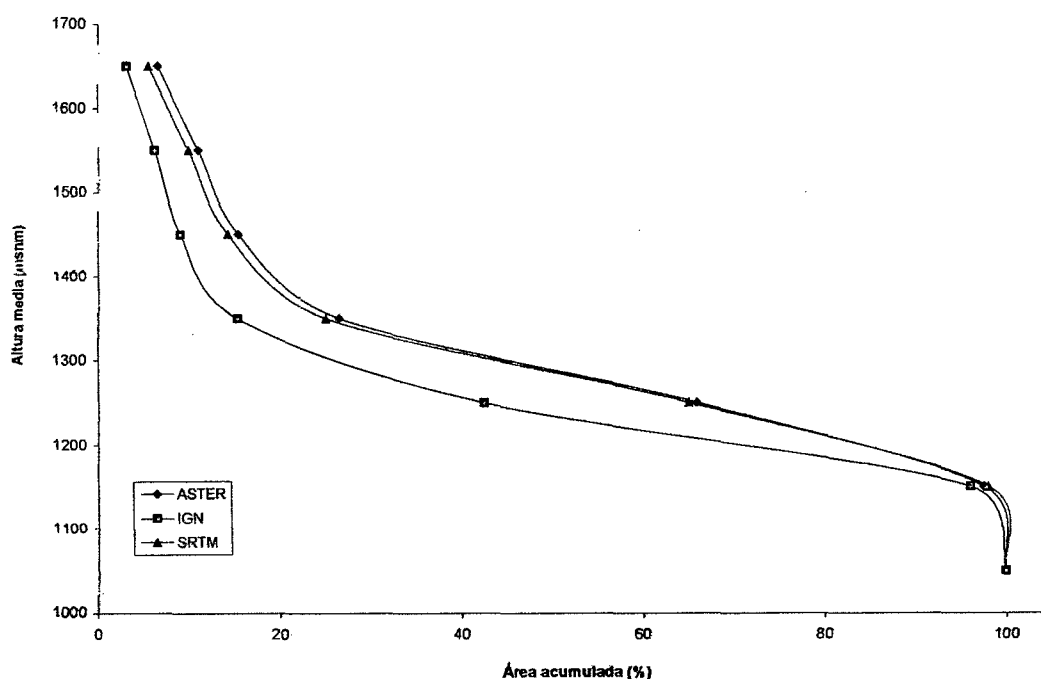


Figura 45. Altura de la microcuenca Río Colorado en función del área acumulada

El valor obtenido de altura media (Cuadro 45) es 1256.005 msnm con un coeficiente de variación estadística de 2.04%, significa que un 50 % del área de la microcuenca posee alturas por encima de esta cota y un 50 % por debajo de ella. El incremento de la altura por encima del valor de la mediana es brusco y abrupto (sector montañoso) (Figura 45); por el contrario, el descenso en la altura por debajo de la mediana exhibe una pendiente más suave (sector de abanico aluvial), (Figura 45). Estos contrastes altimétricos implican el predominio de procesos erosivos y de generación de precipitaciones asociadas al ascenso orográfico forzado de masas de aire por encima del valor de la altura mediana, y de procesos de transporte y depositación por debajo de ella (GREGORY y WALLING, 1973).

El radio del relieve (0.259) (Cuadro 45) indica que por cada kilómetro de longitud de la cuenca existe un incremento promedio en altura de 259 m, con un coeficiente de variación de 2.45%, lo cual es un valor significativo y de esperar para una microcuenca cuya mayor extensión se asienta sobre un relieve montañoso, por lo

tanto este parámetro es un indicador del incremento de la pendiente a medida que se asciende en altura y, por ende, del potencial erosivo en la microcuenca. El valor obtenido de pendiente mediana (Cuadro 45) (33.096 %, con un coeficiente de variación de 4.88 %), indica que un 50 % del área de la microcuenca posee pendientes iguales y/o por encima de este valor y un 50 % por debajo de él.

El incremento del valor de la pendiente media acumulada (33.096 %) por encima del valor de la mediana es ligeramente más brusco y abrupto (sector montañoso), (Cuadro 45), mientras que el descenso del valor de la pendiente media acumulada por debajo de la mediana exhibe una inclinación más suave (sector de abanico aluvial); pero en la parte más baja de la microcuenca Río Colorado, también muestra pendientes bruscos (Figura 45), así como en la parte más alta de la microcuenca. Estos contrastes de valores de pendiente media acumulada al igual que el de altura, indican la predominancia de procesos erosivos por encima del valor de la pendiente mediana, y de transporte y depositación por debajo de ella (GUEVARA y CARTAYA, 1991). La presencia de mayores alturas y elevados valores de pendientes en la parte alta de la microcuenca, por encima de sus respectivos valores medianos, condicionan menores tiempos de concentración, así como un mayor potencial erosivo y de arrastre de sedimentos. En líneas generales, las pendientes topográficas en toda la microcuenca de la quebrada Tres de Mayo oscilan entre 0 % y 110 % (Figura 46). En el tramo final del curso de la quebrada hacia su desembocadura, las pendientes están entre 0 % y 8 % correspondiéndose con una topografía plana ondulada a suave. En el valle de la quebrada Río Colorado las pendientes presentan valores entre 8 % y 40 %, correspondiéndose con topografías medianas a accidentadas, y en el resto del sector montañoso de la microcuenca Río Colorado las pendientes oscilan entre 40 % y 110 %, definiendo topografías accidentadas a muy fuertes, que son características propias de la zona estudiada.

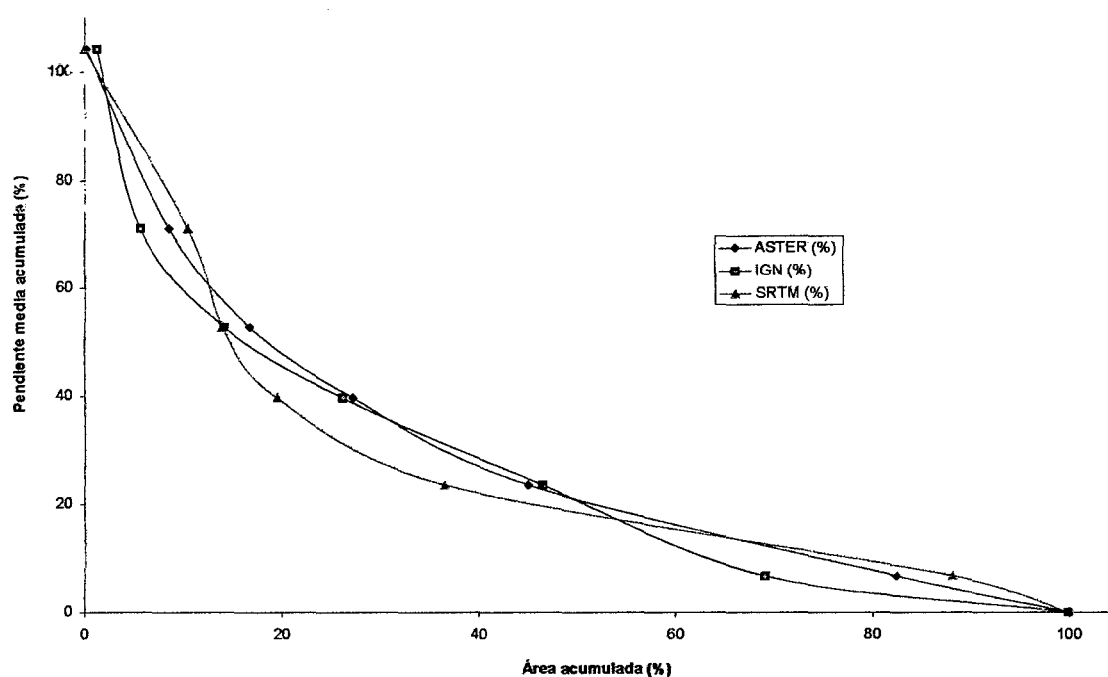


Figura 46. Pendiente media de la microcuenca Río Colorado

La quebrada Río Colorado realiza un recorrido de 1.483 Km, con un coeficiente de variación de 7.9 %; mientras que el recorrido con el levantamiento topográfico de 2.704 Km, desde su nacimiento hasta su desembocadura, a lo largo del cual describe un perfil longitudinal que exhibe fuertes cambios de gradiente topográfico (Figura 47), arrojando una pendiente media de 8.23 %, con un coeficiente de variación de 12.86 %, y una pendiente media con levantamiento topográfico de 10.64%; condición que refleja el control de la litología y del relieve en la morfología de la microcuenca Río Colorado.

La pendiente media del perfil y el fuerte contraste de pendiente entre sus segmentos, son indicadores de la alta probabilidad de esta quebrada a experimentar crecidas con hidrogramas de caudales picos elevados y de corta duración, altas velocidades medias del flujo, mayor capacidad de transporte de materiales y menores tiempos de concentración (HENAQ, 1998).

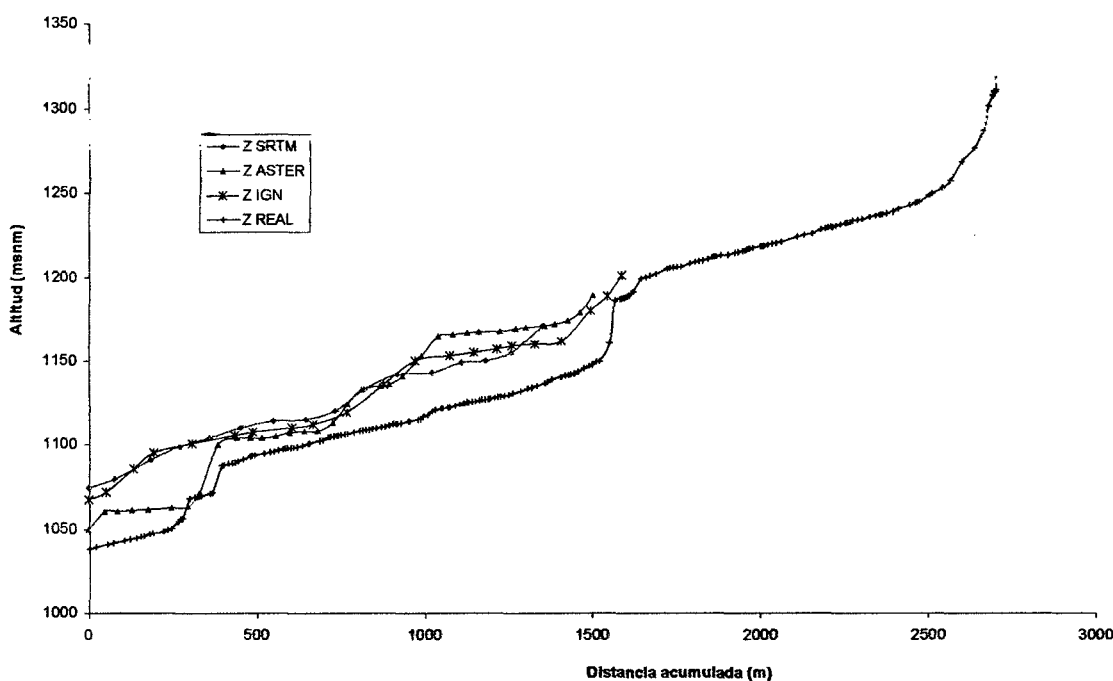


Figura 47. Perfil longitudinal de la microcuenca Río Colorado

Con relación al valor de concavidad (0.899) (Cuadro 45) del perfil longitudinal de la quebrada Río Colorado, éste indica un avanzado estadio de incisión o erosión vertical del flujo de la quebrada (Figura 47), probablemente condicionado por el levantamiento tectónico del área y el consecuente rejuvenecimiento del relieve y la poca resistencia de la litología aflorante a los procesos erosivos (HORTON, 1995).

La curva hipsométrica (Figura 48) obtenida refleja un área cuyo relieve se encuentra en un estadio erosional joven, por lo que su potencial morfodinámico para experimentar procesos erosivos y movimientos de masa en vertientes es muy alto (LEOPOLD, GORDON y MILLER, 1994). La forma de la curva denuncia claramente una fuerte influencia del componente tectónico en el levantamiento vertical del área como agente endógeno (propia de la zona estudiada) constructor de relieve, lo cual se traduce en el rejuvenecimiento de éste determinando un balance tectónico-erosional positivo.

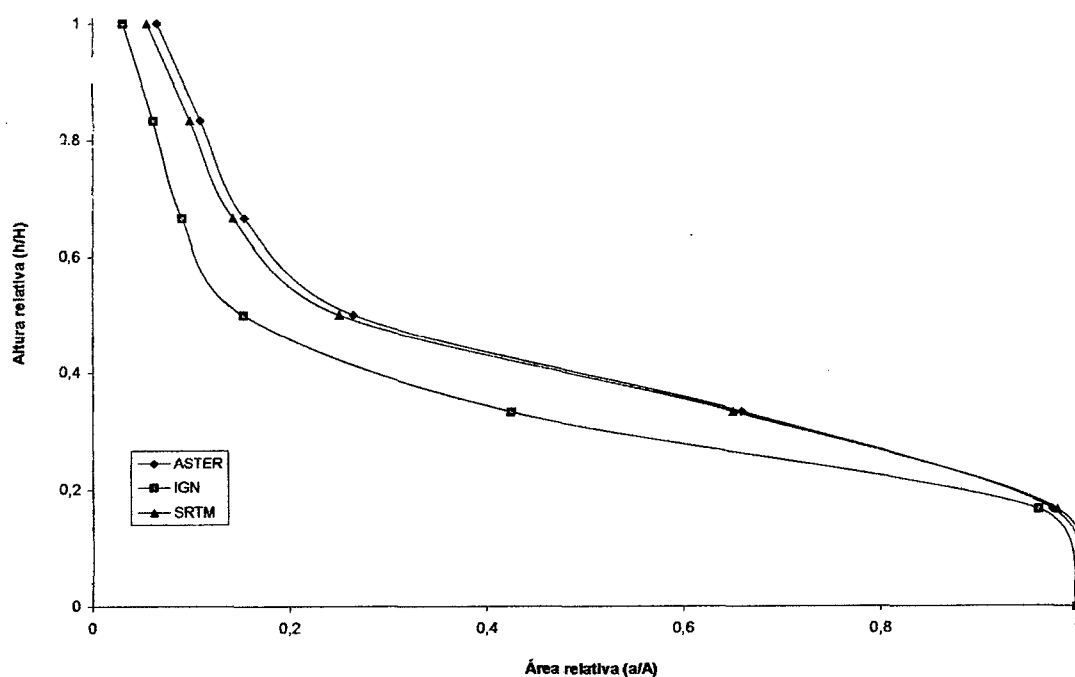


Figura 48. Curva hipsométrica de la microcuenca Río Colorado

La expresión morfológica del trazado del perímetro de la microcuenca de la quebrada Río Colorado sobre la base cartográfica de análisis, evidencia la forma alargada del sistema con una orientación Norte-Sur y perpendicular al río Santa. El valor de elongación 0.634 con un coeficiente de variación de 6.06% (Cuadro 45) calculado indica que la microcuenca presenta una forma media alargada con tendencia a una configuración rectangular (LEOPOLD, GORDON y MILLER, 1994); además este valor es representativo de microcuencas emplazadas en relieves montañosos. Los valores del perímetro relativo de crenulación de 22.31 con un coeficiente de variación de 19.5%; y del radio de crenulación 0.078 con un coeficiente de variación de 15.79 % (Cuadro 45), también indican una tendencia de la forma hacia el alargamiento. El valor del factor de forma de la cuenca es relativamente bajo (0.402), con un coeficiente de variación de 12.07%, lo que implica de igual manera una mediana tendencia al alargamiento (SMITH, 1978), y bajas probabilidades de experimentar frecuentes crecidas, debido a que su forma no permite exponer toda su superficie al radio de

acción de una determinada tormenta (LEOPOLD, GORDON y MILLER, 1994). Sin embargo, estas afirmaciones son relativas, ya que ello depende del tamaño o extensión de la tormenta, de la duración e intensidad de la misma y de las magnitudes extremas del fenómeno, considerando que se trata de un sistema hidrogeomorfológico bastante pequeño (PASTRANA, 2003).

El coeficiente de compacidad muestra un valor de 1.318, con un coeficiente de variación estadística de 9.6 %, que define a la forma de la microcuenca como oval-oblonga a rectangular-oblonga, lo que indica que la forma de ésta dista en gran medida de la circularidad, por lo que su probabilidad a experimentar crecidas frecuentes es baja, y los tiempos de concentración son mayores en comparación con otra cuenca de igual área pero de forma más circular (GARDINER, 1981). De cualquier modo, la probabilidad de que se presenten crecidas con hidrogramas de picos pronunciados y de corta duración es alta, aunado a las características del relieve ya discutidas (MAIDMENT, 1992). Por otro lado, la forma (0.402) de la microcuenca según su índice de compacidad, tiende a producir hidrogramas de crecidas asimétricos (MONSALVE, 1981), es decir, con tiempo al pico desde el inicio de la crecida mayor que el tiempo desde el pico a la recesión del hidrograma. El índice de alargamiento de la microcuenca Río Colorado 1.222, con un coeficiente de variación estadística de 4.52%, clasificándose como una microcuenca poco alargada; mientras que el coeficiente de masividad es de 500.98 m/Km², con un coeficiente de variación estadística de 13.18%, clasificándose la microcuenca como una zona muy montañosa (PÉREZ s/f.a.; y VÉLEZ, s/f.b.).

La red de drenaje de la microcuenca de la quebrada Río Colorado está constituida por cauces o corrientes de agua de corto recorrido y régimen intermitente con una longitud total de 1.995 Km, con un coeficiente de variación estadística de

19.7% que en conjunto muestran un patrón de drenaje de tipo subdendrítico (Figura 48). La existencia de sistemas de fracturas (diaclasas y fallas) y los desniveles topográficos entre bloques tectónicos, también ejercen control en la disposición y distribución de las corrientes que conforman la red de drenaje (ORTIZ, 2004). El parámetro más importante en la definición de la extensión de un sistema de drenaje natural es su densidad que es 0.807 Km/Km^2 , con un coeficiente de variación de 32.91%, que para el caso que nos ocupa este valor es bajo (Cuadro 45), con una textura alta (HENAÑO, 1998). Entre los factores que la controlan en el área, el de mayor peso está representado por la baja susceptibilidad de la litología a los procesos erosivos y el fracturamiento del material. La densidad de drenaje media en esta área indica que la menor parte de la superficie de la microcuenca experimenta escorrentía concentrada, por lo que es de suponer una baja tasa de erodabilidad en toda su extensión, estabilidad morfogenética, gastos sólidos no significativos, hidrogramas de picos bajos y altos tiempos de concentración, condicionados por las características del relieve (pendiente), el tamaño de la microcuenca, y las características (extensión, intensidad y duración de las lluvias) de las tormentas que las puedan generar. El coeficiente de mantenimiento del canal muestra un valor de $1.319 \text{ Km}^2/\text{Km}$, con un coeficiente de variación estadística de 27.7 % medio a alto (Cuadro 45), lo que significa que por cada kilómetro de cauce existe un área de drenaje promedio de 1.319 Km^2 , indicando la no prevalencia de la escorrentía concentrada sobre la escorrentía laminar (MÉNDEZ y MARCUCCI, 2005). La microcuenca de la quebrada Río Colorado corresponde a un sistema hidrogeomorfológico de orden 2, con un coeficiente de variación estadística de 0.0% (Figura 49), siendo esta magnitud de cierta manera un indicador importante de la extensión y ramificación de la red de drenaje, considerando la pequeña superficie del sistema, así como de mediana probabilidad a experimentar crecidas con hidrogramas de picos significativos (HORTON, 1995).

385800

386400

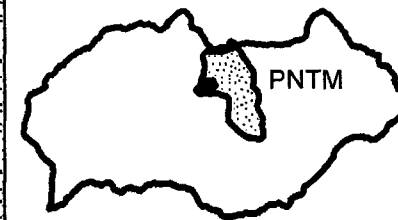
387000

387600



Microcuenca Río Oro

Dist. Mariano Dámaso B.



Parque Nacional
Tingo María

Leyenda

- Quebrada Río Colorado (LT)
- Camino interno del PNTM
- Ríos principales
- SRTM (Río Colorado)
- IGN (Río Colorado)
- ASTER (Río Colorado)
- ▨ ASTER (Microcuenca Río Colorado)
- ▨ IGN (Microcuenca Río Colorado)
- ▨ SRTM (Microcuenca Río Colorado)
- ▨ PNTM

Microcuenca
Río Colorado

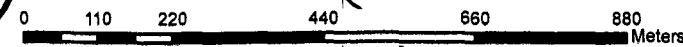
Camino de acceso al Parque Nacional Tingo María

Río Colorado

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA		
PARQUE NACIONAL TINGO MARÍA		
MICROCUENCA RÍO COLORADO		
Ubicación		ZONA 18L DATUM WGS 84
Ciudad : Tingo María		ESCALA 1:11000
Distrito : Mariano Dámaso Beráin		Perímetro
Provincia : Leoncio Prado		Área
Departamento : Huánuco		254.10 Ha. 7457.00 m.l.
Elaborado por:	Revisado por:	Fecha:
Luis E. Oré Cierro	Ing. Luis Flores C.	Mayo del 2010

Río Santa (río perdido)

Microcuenca Tres de Mayo



385800

386400

387000

387600

8964800

8964200

8963600

8964800

8964200

8963600

La relación de bifurcación entre los distintos órdenes de corrientes de la red de drenaje es bastante uniforme en todo el sistema, con un valor de relación de bifurcación media de 2.00 (Figura 49), que señala mediana probabilidad de experimentar crecidas con caudales pico importantes (MONSALVE, 2000). Para el caso de las relaciones de longitud y de área, en ambas el último valor de relación entre las corrientes de orden 1 y la corriente de orden 2 no se corresponde con los rangos de valores característicos.

Los tiempos de concentración y las velocidades de flujo calculadas para la microcuenca del río Colorado, se muestran en el Cuadro 45. Según los resultados obtenidos, en la desembocadura del sistema se registra un tiempo de concentración de 10.196 min, con un coeficiente de variación estadística de 12.38 %, con una velocidad promedio del flujo de 2.424 m/seg. Los tiempos de concentración estimados, corroboran las afirmaciones que sobre este parámetro se realizaron, a partir del análisis de las características morfométricas de la microcuenca, a la vez que tales magnitudes tienen correspondencia con la morfología y la geometría del sistema hidrológico de interés en este estudio (VERSTAPPEN, 1983).

El potencial de degradación específica de la microcuenca Río Colorado es de 2.778 Tn/año, con un coeficiente de variación estadística de 0.85 %, perteneciendo a una degradación geológica natural (PASTRANA, 2003).

4.3. Análisis fisiográfico del Parque Nacional Tingo María

De acuerdo a la interpretación de imagen satelital, el modelo de elevación de terreno (MET), trabajo de campo, y de acuerdo a la interpolación del área de estudio se obtuvo el Cuadro 46 y Figura 50 y 51, la cual muestra la zonificación del Parque Nacional Tingo María con sus respectivas áreas.

Cuadro 46. Leyenda fisiográfica de la zona del PNTM.

Zonificación	Símbolo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Montaña denudacional fuertemente disectada	Mdfd	2.762	0.058
Montaña denudacional moderadamente disectada	Mdmd	238.793	4.998
Montaña sedimentario fuertemente disectada	Msfed	2334.319	48.861
Montaña sedimentario ligeramente disectado	Mslid	1401.019	29.325
Montaña sedimentario moderadamente disectada	Msmde	709.734	14.856
Terraza baja	Tb	0.082	0.002
Terraza media	Tm	3.314	0.069
Terraza media denudacional	Tmd	8.808	0.184
Terraza media ondulada	Tmo	45.047	0.943
Valle intercolinoso	Vi	27.372	0.573
RIO	Río	6.248	0.131
TOTAL		4777.498	100.000

Fuente: Elaboración propia

En la zona del Parque Nacional Tingo María, el elemento de paisaje de mayor área es la montaña sedimentario fuertemente disectado (48.86%) con un área de 2334.3 Ha, seguido por la montaña sedimentario ligeramente disectado (29.3%) con un área de 1401.02 Ha, y el elemento de paisaje de menor área es la terraza baja (0.002 %) con un área de 0.082 Ha, seguido por el elemento de paisaje de la montaña denudacional fuertemente disectada (0.058%) con un área de 2.76 Ha.

El Parque Nacional Tingo María, por ser un Área Natural Protegida, sus características fisiográficas están muy relacionadas con las montañas, y por el hecho de tener pendientes muy fuertes de 50 a 90 %, compensa a tener rocas calcareas

sedimentarias, que es una característica común en montañas de fuertes pendientes (INRENA – ANPTM, 2002).

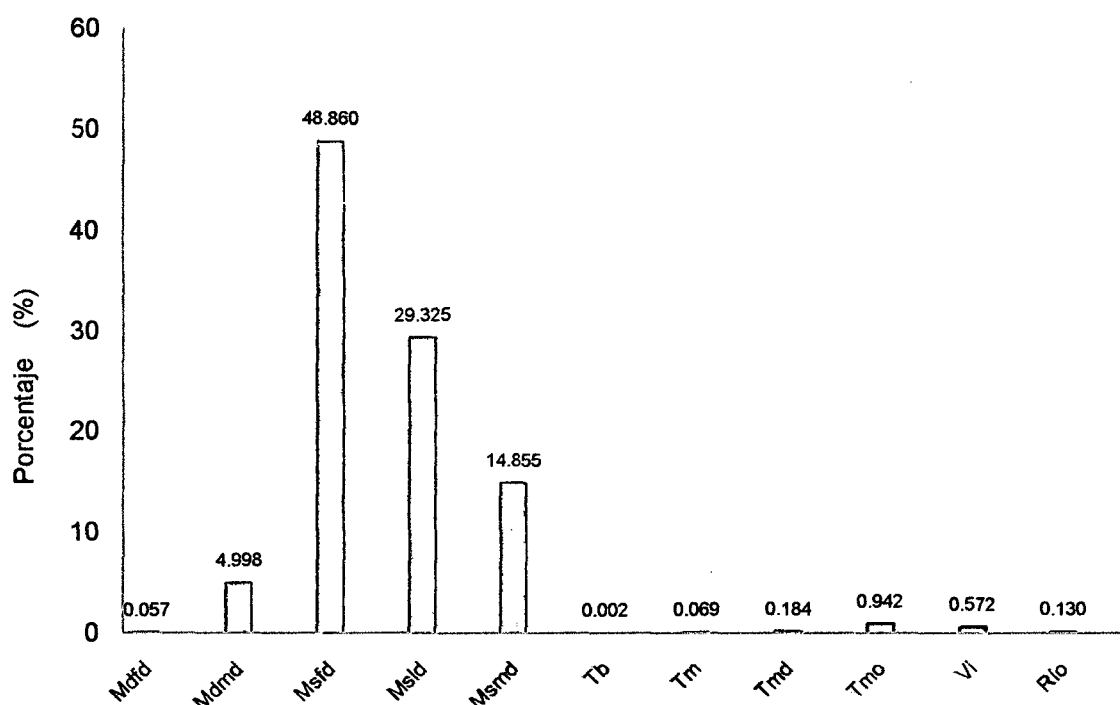


Figura 50. Porcentaje de elementos de paisaje del PNTM

En la Figura 51 se muestra el mapa de interpretación del Parque Nacional Tingo María, donde la cadena de montaña que corresponde a la formación de la Bella Durmiente, de acuerdo a la interpretación fisiográfica le confiere al elemento paisajístico de montaña sedimentaria fuertemente, medianamente y ligeramente disectado (PLAN MAESTRO, 2002).

De acuerdo al Cuadro 47, se puede observar el error en área de cada estrato, exclusivamente de la interpretación de la imagen satelital y del modelo de elevación de terreno generado; en el caso de la montaña denudacional fuertemente disectada, el error de 13.179% es relativamente bajo, esto se debe a que esta zona es relativamente fácil diferenciable o identificable, así como también sucede en el estrato

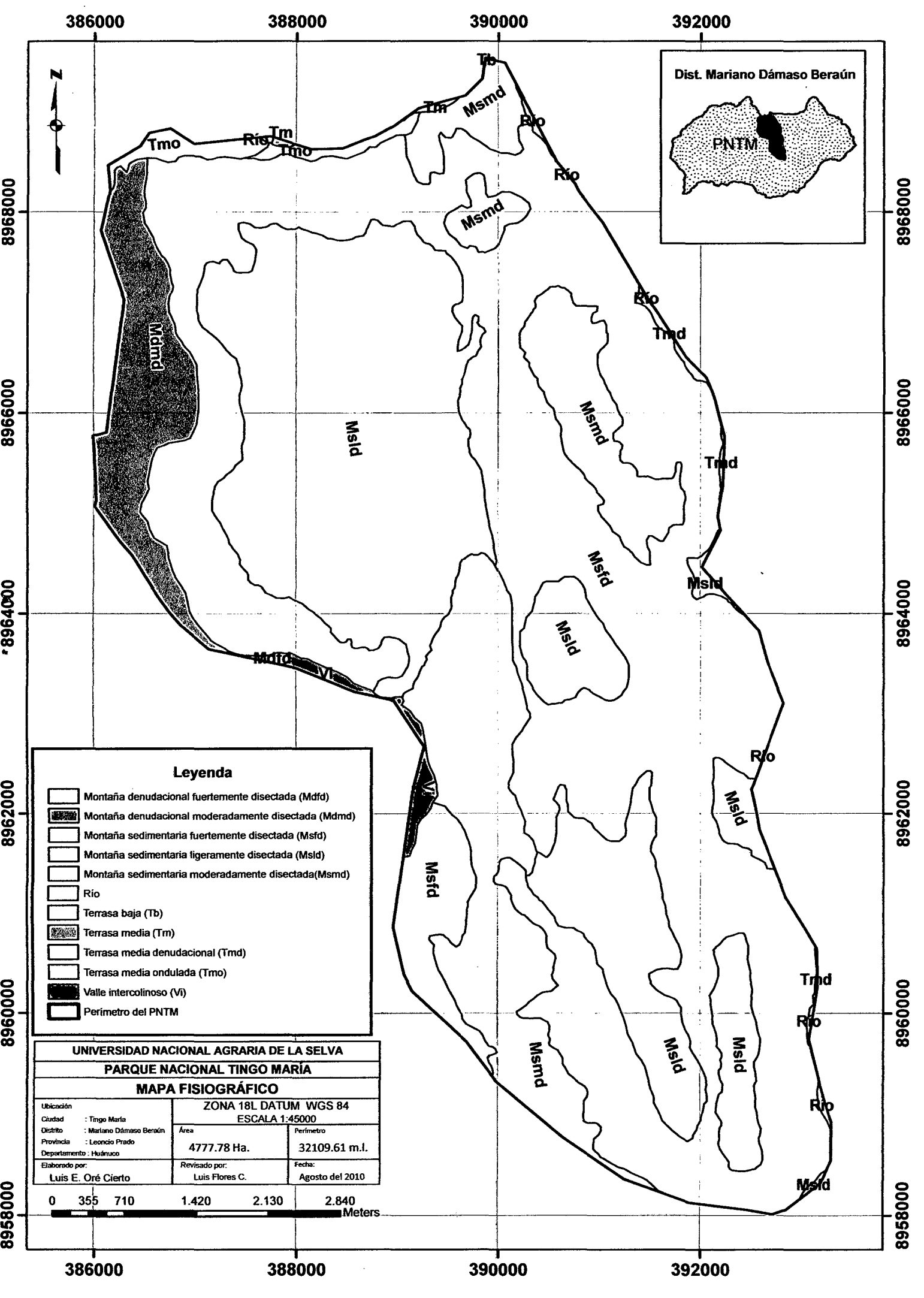
de montaña sedimentaria fuertemente disectada (5.301 %), montaña sedimentaria ligeramente disectado (5.086 %), montaña sedimentario moderadamente disectado (11.664 %) y la montaña denudacional moderadamente disectado (20.492 %) (MELLEUX, 1982).

Cuadro 47. Cálculo del error en área de cada estrato

Zonificación	Símbolo	$S_{(aj)}P_e(\%)$	Área Corregida (ha)
Montaña denudacional fuertemente disectada	Mdfd	13.179	52.428
Montaña denudacional moderadamente disectada	Mdmd	20.492	384.071
Montaña sedimentario fuertemente disectada	Msfd	5.301	1950.093
Montaña sedimentario ligeramente disectado	Mslid	5.086	1529.198
Montaña sedimentario moderadamente disectada	Msmmd	11.664	711.691
Terraza baja	Tb	27.507	59.210
Terraza media	Tm	232.855	3.169
Terraza media denudacional	Tmd	121.581	8.450
Terraza media ondulada	Tmo	37.867	39.902
Valle intercolinoso	Vi	30.598	33.034
RÍO	Río	0.000	6.248
TOTAL			4777.498

$S_{(aj)}P_e(\%)$: Error de interpretación en %
Fuente : Elaboración propia

Sin embargo la terraza baja (27.507 %), terraza media (232.855 %), terraza media denudacional (121.581 %), terraza media ondulada (37.867 %) y el valle intercolinoso (30.598 %), muestran errores de interpretación muy altas; la identificación se complica algo cuando los parámetros tienen dos características definidas (pequeñas áreas y parcelas de verificación) (MELLEUX, 1982).

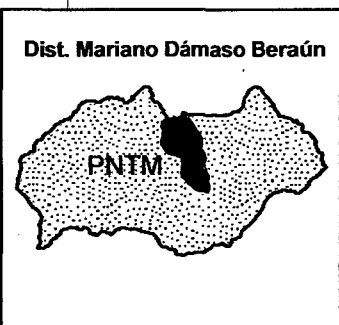


386000

388000

390000

392000



8968000

8968000

8966000

8966000

8964000

8964000

8962000

8962000

8960000

8960000

8958000

8958000

386000

388000

390000

392000

Leyenda

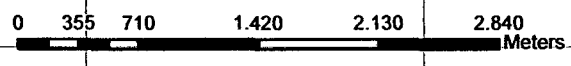
- Montaña denudacional fuertemente disectada (Mdfd)
- Montaña denudacional moderadamente disectada (Mdm)
- Montaña sedimentaria fuertemente disectada (Msfd)
- Montaña sedimentaria ligeramente disectada (Msd)
- Montaña sedimentaria moderadamente disectada (Msmd)
- Río
- Terraza baja (Tb)
- Terraza media (Tm)
- Terraza media denudacional (Tmd)
- Terraza media ondulada (Tmo)
- Valle intercolinoso (Vi)
- Perímetro del PNTM

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

PARQUE NACIONAL TINGO MARÍA

MAPA FISIOGRAFICO

Ubicación			ZONA 18L DATUM WGS 84	
			ESCALA 1:45000	
Ciudad : Tingo María	Área	Perímetro		
Distrito : Mariano Dámaso Beraún	4777.78 Ha.	32109.61 m.l.		
Provincia : Leoncio Prado				
Departamento : Huánuco				
Elaborado por: Luis E. Oré Cierro	Revisado por: Luis Flores C.	Fecha: Agosto del 2010		



4.4. Análisis del potencial maderable del PNTM

4.4.1. Composición florística

En el Cuadro 48 y Figura 52, se presenta la composición florística de las especies forestales del bosque del PNTM que arrojaron una densidad de 540 individuos pertenecientes a 101 especies, la cual está representada por 61 individuos de la especie Chimicua, seguido por 60 individuos de la especie Cumala, y 8 individuos de la especie cedro huasca; y en menor proporción está representada por 48 especies con una solo individuos, así como: alcanfor moena, anonilla, bolaina, caimitillo, catahua, catahua amarilla, estoraque, favorito, huimba blanca, etc. Así mismo MOSTACERO *et al.* (1996), menciona que el Perú, en relación a otros países latinoamericanos y del mundo es uno de los que posee la mayor diversidad de especies de flora silvestre.

Cuadro 48. Composición florística del Parque Nacional Tingo María

Nº	Nombre Vulgar	Nombre científico	Abundancia
1	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	61
2	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	60
3	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	37
4	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	30
5	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	22
6	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	21
7	Ishanga	<i>Urera sp.</i>	20
8	Renaco	<i>Ficus sp.</i>	18
9	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	16
10	Clusia	<i>Clusia sp.</i>	15
11	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	15
12	Shimbillo blanco	<i>Inga sp.</i>	14
13	Yanavarilla	<i>Oliganthes sp.</i>	13
14	Cedro huasca	<i>Cedrela sp.</i>	8
15	Cumala colorada	<i>Iryanthera sp.</i>	8
16	Icoja	<i>Unonopsis floribunda</i> Diels	7
17	Isma moena	<i>Endlicheria williamsii</i> O. C. Schmidt	7
18	Quillobordon	<i>Aspidosperma vargasii</i> A. DC.	7
19	Azucar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	6
20	N.N		6
21	Palo azufre	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	6
22	Sacha uvilla	<i>Pourouma sp.</i>	6
23	Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i> R. et P.	6
24	Anacaspí	<i>Apuleia molaris</i> Spruce ex Benth.	5
25	Quina	<i>Cinchona officinalis</i> L.	5
Total general			540

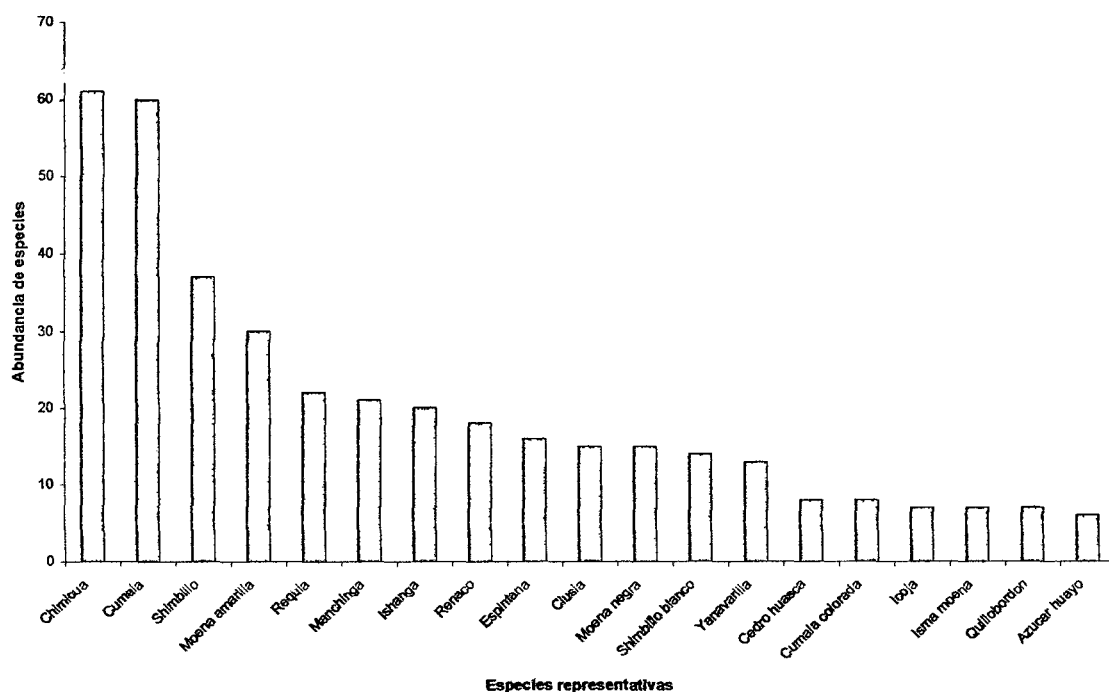


Figura 52. Abundancia absoluta del PNTM

4.4.2. Cociente de Mezcla

Presenta un cociente de mezcla especies – individuos de 1/5.34, lo que indica que existen en promedio 5 individuos por cada especie en un área de 20000 m². Lo que quiere decir que es una mezcla sumamente intensiva y representa a un bosque muy heterogéneo.

4.4.3. Abundancia Absoluta y Relativa

En el Cuadro 49 y Figura 53, según nuestros resultados se ha encontrado 540 individuos, de las cuales se encuentran distribuidas 101 especies, donde el mayor abundancia relativa lo presenta la especie Chimicua con 11.29 %, seguido por la especie Cumala con 11.11 %, mientras que el Cedro huasca se encuentra en una abundancia relativa de 1.48 %, como son: Iguana caspi, Leche caspi, Cedro lila, Moena rosada, Manchilga colorada, Paloma micuna, Papaya caspi, Quina colorada, Renaco, etc.; y en menor proporción relativa se encuentran 48 especies con una abundancia relativa de 0.18 % cada especie. Asimismo ODUM (1998), afirma que la diversidad en

un ecosistema suele ser alta en comunidades más viejas y bajas en las de nuevo establecimiento.

Cuadro 49. Abundancia Relativa del Parque Nacional Tingo María

Nº	Nombre Vulgar	Nombre científico	Abundancia relativa (%)
1	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	11.2963
2	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	11.1111
3	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	6.8519
4	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	5.5556
5	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	4.0741
6	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	3.8889
7	Ishanga	<i>Urera sp.</i>	3.7037
8	Renaco	<i>Ficus sp.</i>	3.3333
9	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	2.9630
10	Clusia	<i>Clusia sp.</i>	2.7778
11	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	2.7778
12	Shimbillo blanco	<i>Inga sp.</i>	2.5926
13	Yanavarilla	<i>Oliganthes sp.</i>	2.4074
14	Cedro huasca	<i>Cedrela sp.</i>	1.4815
15	Cumala colorada	<i>Iryanthera sp.</i>	1.4815
16	Icoja	<i>Unonopsis floribunda</i> Diels	1.2963
17	Isma moena	<i>Endlicheria williamsii</i> O. C. Schmidt	1.2963
18	Quillobordon	<i>Aspidosperma vargasii</i> A. DC.	1.2963
19	Azucar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	1.1111
Total general			100,0000

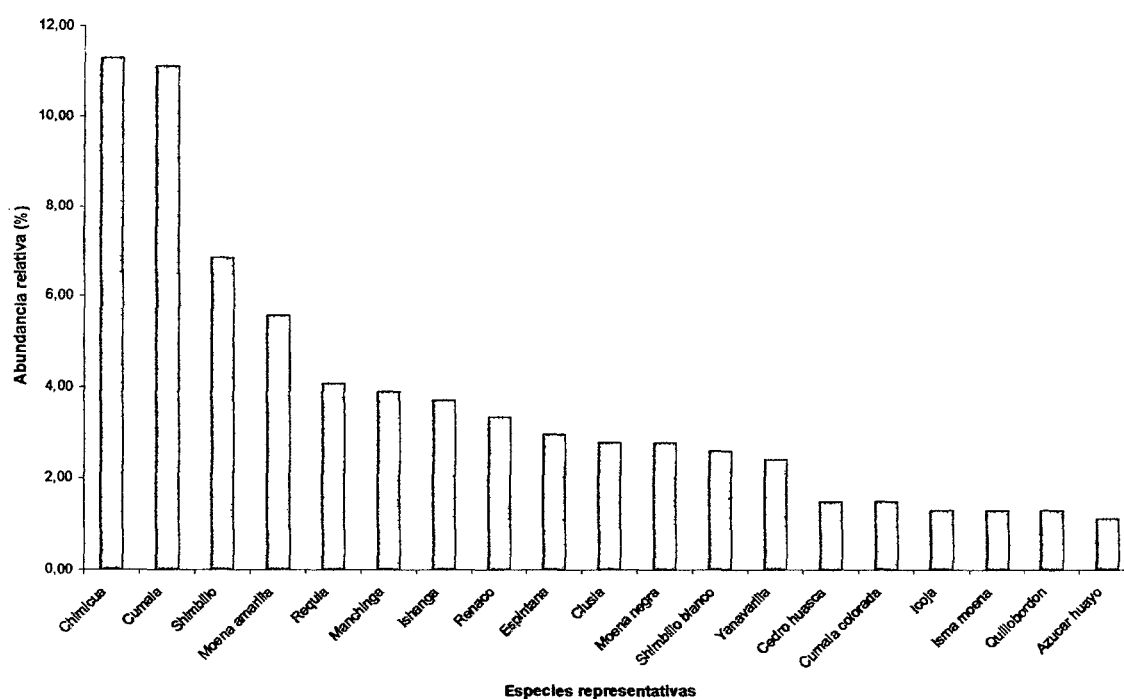


Figura 53. Abundancia relativa del PNTM

4.4.4. Frecuencia absoluta y relativa

En el Cuadro 50 y Figura 54, según los resultados obtenidos, la frecuencia absoluta total de las especies por subparcelas es de 1460.0 %, donde la especie sobresaliente es la Chemicua con 5.82%, seguido por la especie Cumala con 5.47 %, mientras que el Cedro huasca tiene una frecuencia relativa de 2.39 %, y las 51 especies restantes tienen una frecuencia relativa de 0.34 %.

Cuadro 50. Frecuencia relativa del Parque Nacional Tingo María

Nº	Nombre Vulgar	Nombre científico	Frecuencia absoluta (%)	Frecuencia relativa (%)
1	Chemicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	85	5.8219
2	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	80	5.4795
3	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	70	4.7945
4	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	60	4.1096
5	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	45	3.0822
6	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	45	3.0822
7	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	40	2.7397
8	Cedro huasca	<i>Cedrela</i> sp.	35	2.3973
9	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	35	2.3973
10	Quillobordon	<i>Aspidosperma vargasii</i> A. DC.	35	2.3973
11	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	35	2.3973
12	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	35	2.3973
13	Cumala colorada	<i>Iryanthera</i> sp.	30	2.0548
14	Ishanga	<i>Ureia</i> sp.	30	2.0548
Total general			1460	100.0000

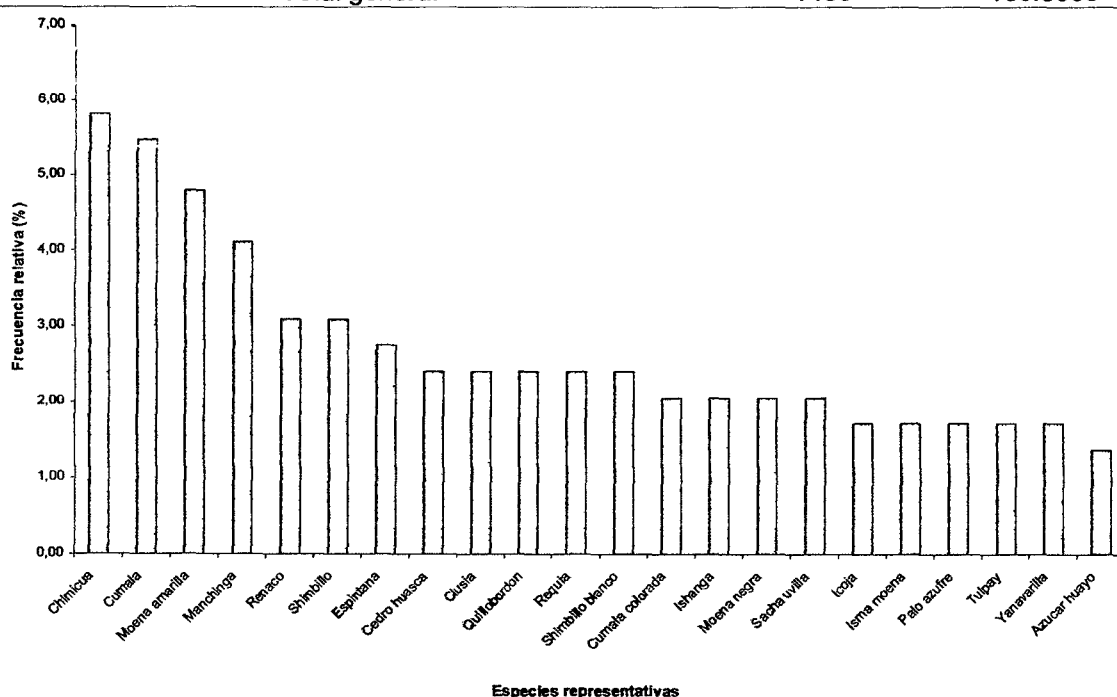


Figura 54. Frecuencia relativa del PNTM

4.4.5. Clases de frecuencia absoluta

En el Cuadro 51, según los resultados obtenidos se muestra las clases obtenidas para el PNTM, donde: $A > B > C > D > E$, este evento indica o quiere decir que el bosque no ha sido intervenido por la mano del hombre. Así mismo LAMPRECHT (1990), menciona que la ley de frecuencias de Rahnkiaer establece: $A > B > C > D < E$, solo que en este caso $D > E$, indicando una degradación geológica natural, dentro de los ecosistemas forestales del PNTM.

Cuadro 51. Clases de Frecuencia Absoluta del PNTM

Clase	Frecuencia Absoluta (%)	Especie	
		Nº	(%) Total
A mayor que:	0 - 20	80	79.21
B Mayor que:	21 - 40	15	14.85
C menor, igual o mayor que:	41 - 60	3	2.97
D menor que:	61 - 80	2	1.98
E	81 - 100	1	0.99
TOTALES		101	100.00

4.4.6. Dominancia o cobertura

En el Cuadro 52 y Figura 55, se muestra los cálculos de los resultados de la expansión horizontal o también conocida como la dominancia de las diferentes especies en base al área basal, donde se señala que la especie más representativa por su área basal y dominancia relativa, es la Cumala con una dominancia relativa de 14.55 %, seguido por la especie Chemicua con 10.85 %, mientras que el Cedro huasca tiene una dominancia relativa de 3.06 %, y el Cedro colorado tiene una dominancia relativa de 5.36 %.

Cuadro 52. Dominancia o Cobertura del Parque Nacional Tingo María

Nº	Nombre vulgar	Nombre científico	Área basal (m ²)	Dominancia relativa (%)
1	Cumala	<i>Virola pavanis</i> (A. DC.) A. C. Smith	3.8832	14.5517
2	Chemicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	2.8971	10.8566
3	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	1.5737	5.8971
4	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	1.5715	5.8890

5	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	1.5052	5.6407
6	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	1.4496	5.4323
7	Cedro colorado	<i>Cedrela odorata</i>	1.4314	5.3640
8	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	1.1272	4.2241
9	Cedro huasca	<i>Cedrela</i> sp.	0.8177	3.0642
10	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	0.7044	2.6398
11	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	0.6961	2.6087
12	Sapote	<i>Quararibea cordata</i> (H. et B.) Vischer	0.5081	1.9041
13	Cumala colorada	<i>Iryanthera</i> sp.	0.4413	1.6537
14	Isma moena	<i>Endlicheria williamsii</i> O. C. Schmidt	0.4404	1.6504
15	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	0.4251	1.5932
16	Palo blanco	<i>Alseis peruviana</i> Standl	0.4026	1.5087
17	Azucar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	0.3923	1.4701
18	Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i> R. et P.	0.3442	1.2900
19	Yanavarilla	<i>Oliganthes</i> sp.	0.3407	1.2767
20	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	0.3134	1.1743
21	Chamiza	<i>Anthodiscus peruanus</i> Baillon	0.2863	1.0728
22	Quina	<i>Cinchona officinalis</i> L.	0.2823	1.0578
23	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	0.2534	0.9498
Total general			26.6853	100.0000

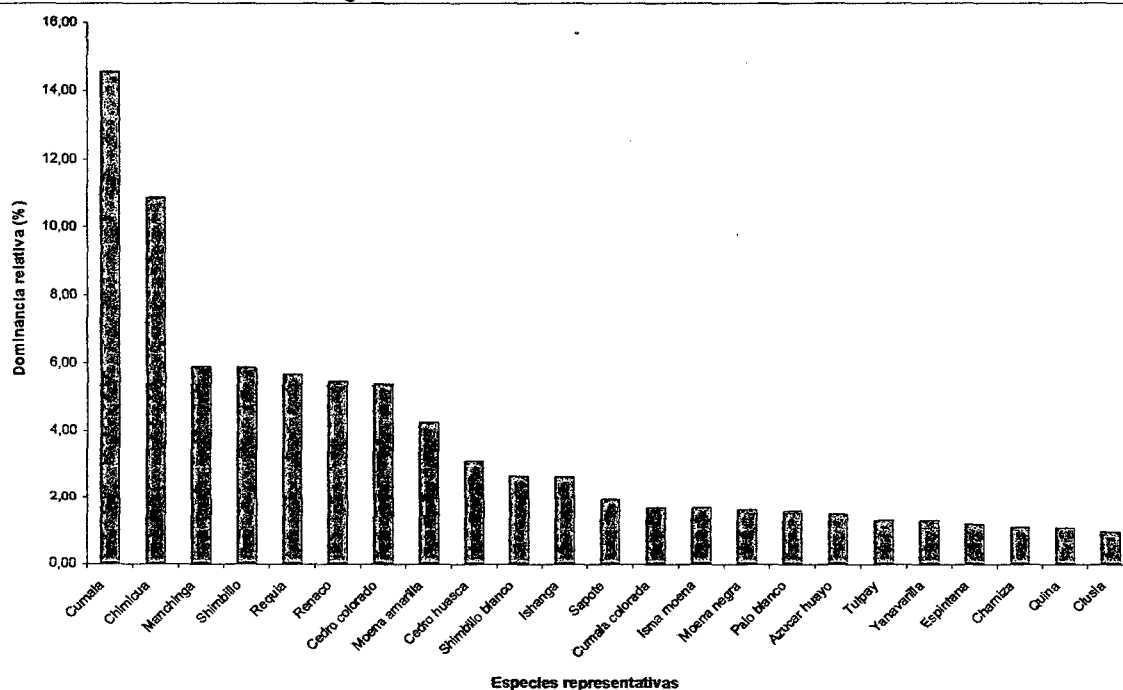


Figura 55. Dominancia relativa del PNTM

4.4.7. Índice de valor de importancia (IVI)

En el Cuadro 53 y Figura 56, el índice de valor de importancia de fustales, encontramos que de un total de 101 especies representativas, 10 de ellas son de mayor importancia ecológica: Cumala (31.14 %), Chimicua (27.97 %), Shimbillo (15.82 %), Moena amarilla (14.57 %), Manchinga (13.89 %), Requia (12.11 %), Renaco (11.84

%), Ishanga (8.36 %), Shimbillo blanco (7.63 %) y Cedro huasca (6.94 %); englobando un valor de importancia de 150.31 %, sobrepasando el 50% de los 200 % que corresponde la suma de abundancia y dominancia relativa. Lo que indica que estas diez especies utilizan la mayoría de los recursos del lugar y en consecuencia, excluyen a las demás especies que puede estar relacionada con diferentes factores, principalmente luz y factores edáficos (ODUM, 2005).

Cuadro 53. Índice de Valor de Importancia del Parque Nacional Tingo Maria

Nº	Nombre Vulgar	Ar (%)	Fr (%)	Dr (%)	IVI (%)
1	Cumala	11.1111	5.4795	14.5517	31.1422
2	Chimicua	11.2963	5.8219	10.8566	27.9749
3	Shimbillo	6.8519	3.0822	5.8890	15.8230
4	Moena amarilla	5.5556	4.7945	4.2241	14.5742
5	Manchinga	3.8889	4.1096	5.8971	13.8956
6	Requia	4.0741	2.3973	5.6407	12.1120
7	Renaco	3.3333	3.0822	5.4323	11.8478
8	Ishanga	3.7037	2.0548	2.6087	8.3672
9	Shimbillo blanco	2.5926	2.3973	2.6398	7.6297
10	Cedro huasca	1.4815	2.3973	3.0642	6.9429
11	Espintana	2.9630	2.7397	1.1743	6.8770
12	Moena negra	2.7778	2.0548	1.5932	6.4258
13	Clusia	2.7778	2.3973	0.9498	6.1248
14	Cedro colorado	0.1852	0.3425	5.3640	5.8916
15	Yanavarilla	2.4074	1.7123	1.2767	5.3964
16	Cumala colorada	1.4815	2.0548	1.6537	5.1900
17	Isma moena	1.2963	1.7123	1.6504	4.6590
18	Quillobordon	1.2963	2.3973	0.8515	4.5450
19	Tulpay	1.1111	1.7123	1.2900	4.1134
20	Azucar huayo	1.1111	1.3699	1.4701	3.9511
21	Sacha uvilla	1.1111	2.0548	0.4247	3.5906
22	Sapote	0.9259	0.6849	1.9041	3.5150
23	Palo azufre	1.1111	1.7123	0.6831	3.5066
24	Icoja	1.2963	1.7123	0.4787	3.4873
25	N.N	1.1111	1.3699	0.8993	3.3803
26	Quina	0.9259	1.3699	1.0578	3.3536
27	Palo blanco	0.5556	0.6849	1.5087	2.7492
28	Pucapalo	0.9259	1.3699	0.4271	2.7229
29	Shiringuilla	0.9259	1.0274	0.4700	2.4234
30	Anacaspi	0.9259	0.6849	0.6466	2.2575
31	Chamiza	0.3704	0.6849	1.0728	2.1281
32	Chontaquiro	0.5556	1.0274	0.5251	2.1080
33	Cumala blanca	0.5556	1.0274	0.4606	2.0436
34	Rifarillo	0.7407	1.0274	0.2502	2.0183
35	Vismia	0.7407	1.0274	0.2378	2.0059
Total general		100.0000	100.0000	100.0000	300.0000

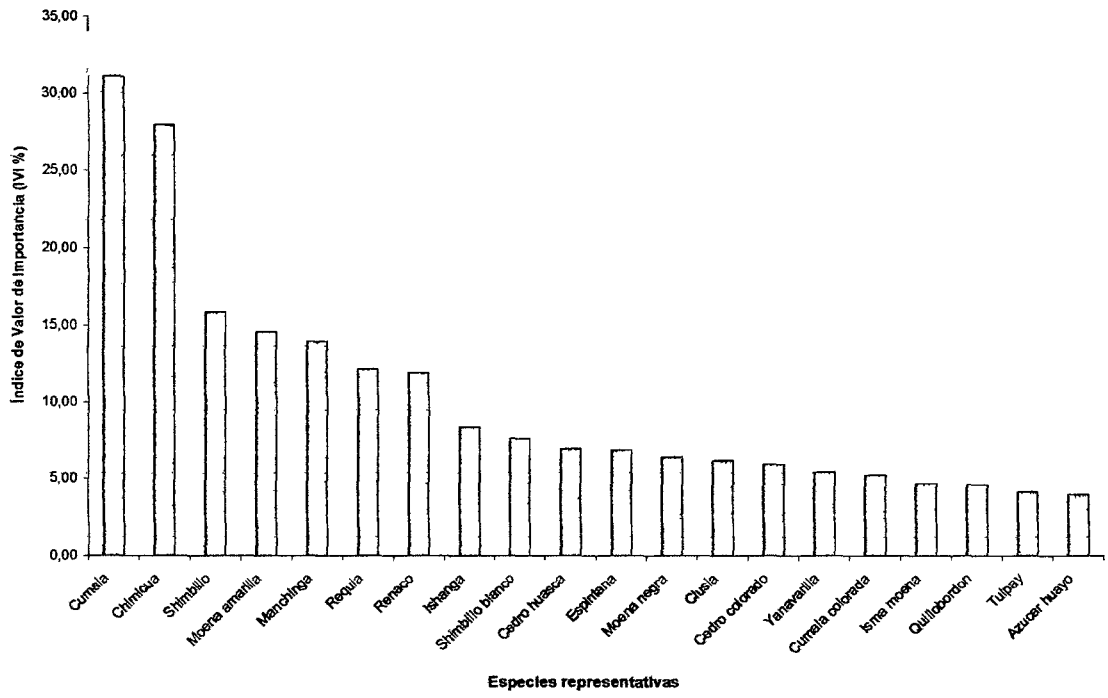


Figura 56. Índice de Valor de Importancia (I.V.I.) del PNTM

V. CONCLUSIONES

- 5.1. El análisis de calidad a partir de los puntos con GPS: imagen ASTER, el interpolador Kriging tiene un error medio cuadrático de 14.58 m, y el IDW tiene un EMC de 14.679 m; imagen Google Earth, el interpolador IDW tiene un error medio cuadrático de 11.384 m, y el Kriging tiene un EMC de 11.975 m; imagen IGN, el interpolador Splines tiene un error medio cuadrático de 6.676 m, y el Kriging tiene un EMC de 6.948 m; y la imagen SRTM, el interpolador TIN tiene un error medio cuadrático de 12.579 m, y el Kriging tiene un EMC de 13.444 m.
- 5.2. Los parámetros morfométricos del Río Tres de Mayo son: área 50.74 Km²; altitud máxima 2055 msnm y mínima 735 msnm; pendiente media de la microcuenca 34.84 %; pendiente media del cauce principal 9.813%; forma 0.325; longitud del cauce principal de 5.703 Km; tiempo de concentración de 47.1 minutos; y potencial de degradación de 2.097 TM/año. Río Oro son: área 4.76 Km²; altitud máxima 1705 msnm y mínima 686 msnm; pendiente media de la microcuenca 46.647 %; pendiente media del cauce principal 12.102%; forma 0.353; longitud del cauce principal de 3.29 Km; tiempo de concentración de 24.68 minutos; y potencial de degradación de 2.592 TM/año. Y Río Colorado son: área 2.54 Km²; altitud máxima 1704.5 msnm y mínima 1053.8 msnm; pendiente media de la microcuenca 33.05 %; pendiente media del cauce principal 8.23%; forma 0.402; longitud del cauce principal de 1.483 Km; tiempo de concentración de 10.196 minutos; y potencial de degradación de 2.777 TM/año.

- 5.3. Se caracterizó fisiográficamente el PNTM, encontrando: Montaña denudacional fuertemente disectada; montaña denudacional moderadamente disectada; montaña sedimentaria fuertemente disectada; montaña sediementaria ligeramente disectada; montaña sediementaria moderadamente disectada; terraza baja; terraza media; terraza media denudacional; terraza media ondulada; y valle intercolinoso.
- 5.4. El potencial maderable en el PNTM, se ha encontrado 50 especies de clase fustal por hectárea, con 270 individuos/Ha, siendo de acuerdo al índice de valor de importancia (IVI): cumala (31.14%), chemicua (27.97%), shimbillo (15.82%), moena amarilla (14.57%), manchinga (13.89%), requia (12.11%), renaco (11.84%), ishanga (8.36%), shimbillo blanco (7.63%), y cedro huasca (6.94%).

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1. Cuando se use la imagen ASTER y Google Earth para una evaluación del modelo de elevación de terreno es recomendable utilizar los interpoladores IDW y Kriging; cuando se use la imagen generado por el IGN (Instituto Geográfico Nacional) es recomendable usar el interpolador Splines y Krigin; y cuando se usa la imagen SRTM, es recomendable utilizar los interpoladores TIN y KRIGING.
- 6.2. De acuerdo a los resultados de los parámetros morfométricos de las micro cuencas del Parque Nacional Tingo María (Tres de Mayo, Oro y Colorado), existe una degradación natural media, por lo tanto es recomendable que se realice una reforestación en las cabeceras de las quebradas.
- 6.3. Si se quiere tener estudios a mayor detalle de modelos de elevación de terreno, utilizar imágenes satelitales ya sea ASTER, SRTM y/o otros, con mayor resolución (5x5 m), ayudará a disminuir el error medio cuadrático de las altitudes.
- 6.4. Para generar un manejo integral de las micro cuencas del Parque Nacional Tingo María (Tres de Mayo, Oro y Colorado), es recomendable generar una valoración económica total.
- 6.5. Para mejorar los errores de estratificación realizar mayor numero de verificaciones en campo y disminuir el área de verificación, la cual permitirá disminuir el error estándar de estratificación.

VII. ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the terrain elevation model (TEM) and morphometric parameters of the National Park Tingo María (PNTM) which sought to develop strategies for conservation and protection of watersheds that are located around the protected area for It raised the following objectives: To assess the quality of the terrain elevation model from ASTER, SRTM, GOOGLE EARTH National Charter (IGN), determine the morphometric parameters of the micro: Tres de Mayo, Rio Oro and Rio Colorado; physiographic map and determine the potential forest and National Park Tingo María (PNTM).

The methodology was to carry out the extraction and analysis of the quality of different terrain elevation models (MET) for PNTM generated by their evaluation with a number of control points obtained by GPS Receiver Garmin eTrex Vista HCx, with different levels of accuracy. For this task were generated by several interpolators (IDW, Kriging, splines, TIN, and Natural Neighbor), starting from the same source data (ASTER, SRTM, Google earth and digitized National Charter), and compared with the control points (data from GPS), which we assume in principle that is relatively free of errors.

According to the results obtained in the analysis of quality from the GPS points, the IGN image with spline interpolation, had the mean square error of 6676 m, and EMC Kriging has a 6948 m, where the more reliable than other interpolators and images. The morphometric parameters of the Rio Tres de Mayo are: area 50.74 km²,

maximum altitude 2055 m and 735 m minimum, average slope of 34.84% average gradient of the longitudinal profile of the main channel 9813% 0325 form, main channel length of 5703 km ; time concentration of 47.1 minutes, and potential degradation of 2097 MT / year. Gold River are 4.76 km² area, maximum altitude 1705 m and 686 m minimum, average slope of 46 647% average slope of the longitudinal profile of the main channel 12 102% form 0353, main channel length of 3.29 km, time of concentration of 24.68 minutes, and potential degradation of 2592 MT / year. And the Colorado River are: Area 2.54 km², maximum altitude and minimum m 1053.8 1704.5 m, average slope of 33.05% average gradient of the longitudinal profile of the main channel 8.23%, as 0402; main channel length of 1483 km, time of concentration 10,196 minutes, and degradation potential of 2777 tons per year.

This characterized the PNTM physiographically, finding: Mountain denudacional heavily dissected and moderately dissected; sedimentary strongly dissected mountain, slightly to moderately dissected, low terrace, half terrace, terrace denudacional half wavy and intercolinoso valley. And the potential timber in PNTM was: cumala (31.14%), chimicua (27.97%), shimbillo (15.82%), yellow moena (14.57%), Manching (13.89%), requirements (12.11%), renaco (11.84%), Ishango (8.36%), white shimbillo (7.63%), and cedro huasca (6.94%).

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHUY, J. 2006. ArcGis; Manual de sistema de información geográfica. Lima - Perú.
Editorial Grupo Universitario S.A.C. 321 p.
- AGUILAR, F., AGUILAR, M., CARVAJAL, F., AGÜERA, F, SANCHEZ, P. 2002.
Efectos de la morfología del terreno, densidad muestral y métodos de interpolación en la calidad de modelos digitales de elevaciones. *In: XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Universidad de Almería. [En línea]: (<http://departamentos.unican.es>, febrero del 2006).*
- ARACIL, J. 1986. Máquinas, sistemas y modelos. Un ensayo sobre sistémica. Tecnos.
Madrid. 282 p.
- BAMLER, R. 1999. The SRTM mission: A worldwide 30m resolution DEM from SAR Interferometry in 11 days. Proc. 47 the Photogrammetric Week. 145-154.
Stuttgart-Alemania.
- BANZATTO, D. 1995. Experimentacao Agrícola. 3^{ra} Edición. Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinaria (FCAV), Brasil. 246p.
- BOHAM-CARTER. 1996. Geographic Information System for Geoscientific. Pergamon (eds). 398 p.
- BOSQUE, J. 1992. Sistemas de Información Geográfica. Ediciones Rialp S.A., Madrid, 1992.
- BRACK, A. 1986. Las ecorregiones del Perú. En: Boletín de Lima, Vol. VIII, N°44: 57-70. Lima.

- CARMONA A. J. H. 2002. Balance Hídrico y Clasificación Climática para el Departamento de Caldas.
- CARTER, J. R. 1988. Digital representation of topographic surfaces. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol 54, N° 11, pp 1577-1580.
- CHENG, P. and L. McBEAN. 2002. Fly-through data generation of Afghanistan. *Earth Observation Magazine*.
- DECLERCQ, F. A. N. 1996. Interpolation methods for scattered sample data: accuracy, spatial patterns, processing time. *Cartography and Geographic Information Systems*, 23 (3): 128-144.
- DIKAU, R. 1992. Aspects of constructing a digital geomorphological base map. *Geological Journal*. (A122): 357-370.
- DINNERSTEIN et al., 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. WWF, World Bank. Washington D.C.
- ELACHI, CH. 2004. Space imaging radar in planetary exploration and earth observation. Vol. 39, N° 4, 553 – 563.
- ENDRENY, T.; WOOD, E. y A. HSU. 2000. Correction of errors in SPOT-derived DEM's using GTOPO30 data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol. 38, N° 3, 1234 - 1241.
- FALLAS, J. 2003a. Modelo de elevación digital para hojas cartográficas Tilarán y Juntas Escala 1: 50,000 del Instituto Geográfico Nacional. Universidad Nacional. Programa Regional en Manejo de vida silvestre y Ciencias Ambientales. [En línea]: (<http://www.icomvis.una.ac.cr/telesig/-cursos/curso-med>, Febrero del 2006).
- FELICISIMO, A. M. 1994. Parametric statistical method for error detection in digital elevation models. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. [En línea]: (<http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/SIG/ICA95.html>], 15 de Abril del 2007).

- FUENTES, J. J. y BOCCO, G. 2003. El Agua: dinámica y análisis regional. En: Velásquez A., Torres A. y Bocco G. (Comps.). Las Enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP, Gobierno del Estado de Michoacán. México. 603 p.
- FUJISADA, H., BAILEY, G. B., KELLY, G. G., HARA, S., ABRAMS, M. J. 2005. ASTER DEM performance, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 43, pp. 2707-2714.
- GARDINER, V. 1981. Drainage basin morphometry. En: A. Goudie (ed.). Geomorphological Techniques. 47-55. George Allen & Unwin. Londres.
- GEUDTNER, D.; ZINK, M.; GIERULL, C. y S. SCHAFFER. 2002. Interferometric alignment of the X-SAR antenna system on the spaceshuttle radar topography mission. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol. 40, N° 5, 995 – 1006.
- GONZALEZ, P.A. y SOSA, C.M. 2003. Análisis de la vegetación del área de protección de flora y fauna Cañón de Santa Elena (desierto chihuahuense, México) utilizado Modelos Digitales de Elevación. *Ecosistemas* 2003/2. [En línea]: (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/032/investigacion1.htm> Noviembre del 2009).
- GREGORY, J. K. y WALLING, E. D. 1985. Drenage Basin Analysis. The Bath Press. Victoria, Australia. 451 p.
- GUEVARA, E. y CARTAYA, H. 1991. Hidrología: Una introducción a la ciencia hidrológica aplicada. GUECA. Valencia-Venezuela. 358 p.
- HENAO, J. 1998. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomás. Santafé de Bogotá-Colombia. 396p.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología Basada en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José de Costa Rica, 216 P.

- HORTON, R. 1995. *Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology*. Geological Society of America Bulletin. 56: 275-370.
- HUTCHINSON, M. F. 2001. Advances in locally adaptive interpolation of digital elevation models. En: *Dems and Geomorphology*. Special publication of the Geography Information System Association (GISA). Tokyo-Japan.
- JARVIS, A.; RUBIANO, J.; NELSON, A.; FARROW, A. and M. MULLIGAN. 2004. Practical use of SRTM data in the tropics – Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Working document. N° 198. Cali-Colombia.
- JAUREGUI, M.; VÍLCHEZ, J. y CHACÓN LEIRA. 1998b. A procedure for updating using digital mono-plotting and DTMs. ISPRS Commission IV Symposium "GIS-Between Visions and Applications. Stuttgart-Germany.
- JOLY, F. 1988. *La cartografía*. Oikos-Tau. Barcelona.
- KAMP, U., BOLCH, T., OLSENHOLLER, J. 2003. DEM generation form ASTER satellite data for geomorphometric analysis of cerro Sillajhuay, Chile/Bolivia, ASPRS Annual Conference Proceedings, Anchorage, Alaska.
- KAMP, U.; BOLCH, T. and J. OLSENHOLLER. 2005. Geomorphometry of Cerro Sillajhuay (Andes, Chile/Bolivia): Comparison of Digital Elevation Models (DEMs) from ASTER Remote Sensing Data and Contour Maps. *Geocarto International*. Vol. 20, N° 1, 23-33.
- KEVIN. 2001. Johnston et al Using Arcgis geostatistical Analyst.
- KHALSA, S.; DYURGEROV, M.; KHROMOVA, T.; RAUP, B. and B. BARRY. 2004. Spacebased mapping of glacier changes using ASTER and GIS tools. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol. 42, N°, 10, 2177-2183.

- KNAP, W.; BROCK, B.; OERLEMANS, J. and I. WILLIS. 1999. Comparison of Landsat TM-derived and ground-based albedos of Haut Glacier d'Arolla, Switzerland. *International Journal of Remote Sensing*, 20, 3293-3310.
- KREBS, CH. 1985. *Ecología: Estudio de la Distribución y Abundancia*. 2ª edc. Edit. Harper & row Latinoamericana, S. A. México.
- LAMPRECHT, H. 1990. *Silvicultura en los Trópicos*. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zunsammenarbeit. Berlin, Alemania. 335p.
- LANG, H. R., WELCH, R. 1999. Algorithm Theoretical, Basis Document for ASTER Digital Elevation Models (Standard product AST14) Version 3.0, NASA EOS publication ATBDAST- 08.
- LEBERL, F. 1993. Interpolation in square grid DTM. *ITC. Journal*. LI Z. 1994. A comparative study of the accuracy of digital terrain models (DTMs) based on various data models. *ISPRS. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 49 (1): 2-11.
- LEOPOLD, L.; GORDON, M. and MILLER, J. 1994. *Fluvial processes in Geomorphology*. W. H. Freeman and Company. San Francisco-USA. 872 p.
- LEY, R. 1986. Accuracy assessment of digital terrain models. *Proceedings, Autoto Carto London*, 1:455-464.
- LI ZHILIN. 1992. Variation of the accuracy of Digital Terrain Models with sampling interval In *Phtogrametric Record*.
- MAIDMENT, D. R. 1992. *Handbook of Hydrology*. McGraw Hill. New York.
- MALLEUX, J. 1982. *Inventarios Forestales en Bosques Tropicales Universidad Nacional Agraria la Molina. Departamento de Manejo Forestal*. Lima 198.
- MARK, P. 1994: An intensive comparison of Triangulated Irregular Networks (TIN) and Digital Elevation Models (DEMs). *Cartographica*. 31 (2). PDVSA. 1990. *Manual especificaciones técnicas de Geodesia*. Caracas.

- MARTINEZ, R. 2001. Análisis de las metodologías habituales para la generación de modelos digitales del terreno Mapping N° 71.
- MEJÍA F. Fernando, PACHÓN G. John A. 2006. Monitoreo del clima para prevención de desastres en Manizales. Agenda Ciudadana del Medio Ambiente de Caldas. pp. 35-45.
- MÉNDEZ, W. y MARCUCCI, E. 2005. Análisis Morfométrico de la Microcuenca de la quebrada Curucutí, Estado Vargas, Venezuela. Vol 47(1). [En línea]: ([http://www.fyl-unex.com/foro/publicaciones/norba/.les/10/p10 .pdf](http://www.fyl-unex.com/foro/publicaciones/norba/.les/10/p10.pdf); Junio del 2006).
- MONSALVE, G. 2000. Hidrología en la Ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería. Santafé de Bogotá-Colombia. 382 p.
- MORENO GARCÍA, M. C. 1999. Climatología Urbana. Departamento de Geografía Física. Textos docentes 160. Ediciones de la Universidad de Barcelona. Primera edición.
- MOSTACERO, L; MEJIA, C; Y PELÁEZ, F. 1996. Fitogeografía del norte del Perú. CONCYTEC. Universidad Nacional de Trujillo – Perú.
- MURRAY, R. 1991. Spiegel Estadística Ed. McGraw-Hill, 2ª ed.
- ODUM, E. 1998. Ecología. Edit McGraw-Hill Interamericana. 1ª Edición. México, 343p.
- ORTIZ O. 2004. Evaluación hidrológica. HIDRORED – Red Latinoamericana de Micro energía. Editorial ITDG, Perú.
- PACHECO, C. 2003. Evaluación* de factores de escala en los métodos de digitalización e interpolación para la elaboración de un modelo digital de elevaciones (MDE) en cuencas montañosas. Tesis Magíster Scientiae en Manejo de cuencas hidrográficas. Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. [En línea]: (<http://www.saber.ula.ve>, Febrero del 2006).

- PASTRANA, S. 2003. *Análisis topológico de cuencas*. [En línea]: (<http://club.telepolis.com/geografo/geomorfologia/analcuen.htm>, Junio del 2007)
- PEREZ, R. 2000. Selección óptima del método de interpolación en el tratamiento de las bases de datos: una aplicación en la construcción de las cartas magnéticas. *Rev. Cs. Tierr y Esp. La Habana – Cuba*. N° 1/2000. Art. 5. [En línea]: (http://www.iga.cu/revista/cte_01/art-05, Enero del 2006).
- PÉREZ, D. s/f. *Fundamentos de geomorfología dinámica con énfasis en los procesos fluviales*. Venezuela, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Dirección General de Información e Investigación del Ambiente, Dirección de Hidrología. Caracas – Venezuela. 70 p.
- PIMENTEL, F. 1996. *Estadística Experimental*. 12^{ava} edic. Edit Livraria Novel. Univ. Sao Paulo. Paracicaba, Estado do Sao Paulo-Brasil.
- PIONG, X. 2003. Digital elevation model extraction from ASTER in support of coal fire and environmental research project, China, MSc. Thesis, ITC, Holland.
- PLAN MAESTRO. 2002. Instituto Nacional de los Recursos Naturales. Plan Maestro del Parque Nacional Tingo María.
- POPPER, R. 1984. Post Scriptum a La lógica de la investigación científica. Vol. II. El universo abierto. Un argumento a favor del indeterminismo. Tecnos, Madrid.
- PUERTA, R. 2007. Modelo Digital de Elevación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María – Perú. Tesis Ms.C. en Agroecología mención Gestión Ambiental – Tingo María – UNAS. 63p.
- RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A. and R. BAMLER. 2003. The SRTM – a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. N° 57, 241-262.
- RAUP, B. H.; KIEFFER, H. H.; HARE, T. M. and J. S. KARGE L. 2000. Generation of data acquisition requests for the ASTER satellite instrument for monitoring a

- globally distributed target Glaciers. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38, 1105-1112.
- RICHARDUS, P. 1973. The precision of contour lines and contour intervals of large-and medium- scale maps. *Photogrammetria*. (3): 81-107.
- RIGON, R. and A. COZZINI. 2001. Exploring the complexity of mountain landscape: A digital perspective. *Fifth International Conference of Geomorphology*. Vol 1, pp. 52- 53. Tokyo - Japan. (September, 22–29).
- SENCIALES, J. 1998. *El análisis morfológico de las cuencas .uviales aplicado al estudio hidrográ.co*. Norba. X: 155-183. [En línea]: ([http://www.fyl-unex.com/foro/publicaciones/norba/les/10/p10 .pdf](http://www.fyl-unex.com/foro/publicaciones/norba/les/10/p10.pdf), Agosto del 2006)
- SHEPARD, D. 1998. "A two-dimensional interpolation functions for irregularly-spaced data". *Proceedings of the 1968 ACM National Conference*. pp. 517–524.
- SMITH, D. and STOPP, P. 1978. *The river basin: An introduction to the study of hydrology*. Cambridge University Press. Cambridge – Great Britain. 273 p.
- STANLEY, H. 1975. Terrain parameters directly from a digital terrain model. *Canadian Surveyor*. 29 (5).
- STRAHLER, A. 1998. Quantitative Geomorphology. En: R. Fairbridge (ed.). *The Encyclopedia of Geomorphology (Encyclopedia of Earth Sciences Series, T. 3)*. 898-912. Dowden, Hutchinson & Ross. Pennsylvania-USA.
- TOUTIN, T. 2002. Impact of terrain slope and aspect on radargrammetric DEM accuracy. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, N° 57, 228-240.
- TOUTIN, T. 2004. Comparison of stereo-extracted DTM from different high-resolution sensors: SPOT-5, EROS-A, Ikonos-II and QuickBird. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol. 42, N° 10, 2121-2129.
- TURNER, J.C. 1970. *Matemática moderna aplicada. Probabilidades, estadística e investigación operativa*. Alianza Editorial, Madrid. 550 p.

- USGS. 2000. Shuttle Radar Topography Mission, 1 Arc Second scene SRTM_f03_s005w081, filled finished 2.0, Global Land Cover Facility, University of Maryland. College Park, Maryland.
- US GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2006. Shuttle Radar Topography Misión. [En línea]: (<http://srtm.usgs.gov/>, Septiembre 23, 2006).
- VAN WESTEN. 1994. GIS in landslide hazard zonation: a review, with examples from the Andes of Colombia. En: Taylor and Francis, Mountain Environments and GIS. 135-165. Basingstoke, UK.
- VÉLEZ, M., y VÉLEZ, J. s/f.b. La cuenca hidrográfica. En: M. Vélez y J. Vélez (eds.). Hidrología (I-1060): Notas del curso de Hidrología de la profesora María Victoria Vélez O. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Sede Medellín, Unidad de Hidráulica. [En línea]: http://poseidon.unalmed.edu.co/Materias/jivelez/morfometria_cuenca.doc, Noviembre del 20087).
- VERSTAPPEN, H. T. 1983. Applied Geomorphology. Geomorphological Surveys for Environmental Development. ITC. Enschede, The Netherlands. 437 p.
- VILCHEZ, J. 2000. Evaluación de la exactitud de los modelos de elevación digital de malla regular generados a partir de curvas de nivel. Universidad de los Andes. [En línea]: (<http://www.saber.ula.ve>, Enero del 2006).
- XIAOJUN, Y. 2000. Visual and statistical comparisons of surface modeling techniques for point-based environmental data. In Cartography and Geographic Information Science, vol 27, N° 2, pp 165-175.

IX. ANEXO

Anexo 1. Cotas del Parque Nacional Tingo María

Cuadro. 54. Cotas realizadas con GPS en el PNTM

Nº	ESTE	NORTE	Z
1	391465	8960684	1796
2	389307	8967274	1435
3	389324	8965172	1206
4	390161	8962758	1271
5	392784	8958439	978
6	390890	8959507	1269
7	392722	8960549	989
8	391625	8960683	1744
9	392005	8961444	1076
10	392114	8963030	1158
11	391029	8962861	1706
12	390046	8961905	1377
13	391078	8962057	1650
14	390722	8961390	1553
15	391808	8960526	1657
16	391805	8964983	1104
17	390111	8965387	1613
18	389410	8965370	1221
19	387817	8964217	1612
20	388141	8964877	1406
21	390141	8965834	1534
22	389976	8966655	1347
23	389341	8967605	1340
24	387577	8967830	1325
25	386418	8967099	880
26	386645	8968272	903
27	387176	8966996	1367
28	386367	8965971	1084
29	386600	8965213	1321
30	387304	8965360	1687
31	387365	8966081	1495
32	389378	8963647	1144
33	392107	8959294	1410
34	391539	8959502	1579
35	391365	8958682	1114
36	389599	8960628	1345
37	390544	8959398	1142
38	391236	8958655	1049
39	390231	8960889	1356
40	392833	8959189	982
41	390122	8964608	1411
42	391242	8964324	1119
43	390703	8963632	1435
44	391614	8963845	1139
45	391438	8966545	858
46	390859	8967566	820
47	390022	8968616	865
48	391795	8966348	758
49	388649	8968582	754

50	387865	8966843	1431
51	388894	8966902	1426
52	389291	8966292	1287
53	388558	8966046	1438
54	388996	8965567	1374
55	388896	8964169	1242

Anexo 2. Levantamiento topográfico de las microcuencas del PNTM

Cuadro 55. Levantamiento topográfico de la microcuenca Tres de Mayo

Puntos	Distancia (m)	Distancia horizontal (m)	Azimut (grados)	Pendiente (grados)
0	0.00		0.00	0.00
1	25.35	25.35	195.00	0.70
2	14.70	14.69	210.00	2.00
3	30.30	30.28	225.00	2.00
4	30.20	30.13	260.00	4.00
5	16.00	15.98	285.00	3.00
6	30.30	30.26	240.00	3.00
7	29.00	28.98	255.00	2.00
8	28.30	28.29	270.00	1.50
9	17.40	17.40	250.00	1.00
10	20.00	19.98	265.00	2.50
11	30.20	30.20	275.00	1.00
12	19.20	19.19	245.00	2.00
13	30.10	30.08	230.00	2.00
14	17.40	17.38	275.00	3.00
15	23.50	23.48	220.00	2.50
16	26.40	26.34	195.00	4.00
17	30.10	30.09	215.00	1.50
18	23.70	23.69	235.00	2.00
19	30.10	30.08	270.00	2.00
20	21.80	21.79	235.00	2.00
21	16.50	16.45	175.00	4.50
22	22.70	22.67	225.00	3.00
23	21.00	20.95	215.00	4.00
24	30.10	30.07	190.00	2.50
25	26.80	26.77	175.00	2.50
26	20.30	20.26	195.00	3.50
27	29.90	29.88	240.00	2.00
28	29.40	29.37	255.00	2.50
29	27.50	27.47	245.00	2.50
30	30.40	30.36	235.00	3.00
31	23.00	22.99	230.00	2.00
32	27.00	26.98	225.00	2.00
33	21.10	21.09	220.00	2.00
34	24.40	24.32	245.00	4.50
35	19.60	19.55	220.00	4.00
36	19.60	19.54	210.00	4.50
37	10.40	10.37	245.00	4.50
38	30.50	30.44	270.00	3.50
39	26.70	26.68	265.00	2.00

40	27.40	27.27	230.00	5.50
41	10.40	10.40	280.00	0.50
42	21.00	20.97	210.00	3.00
43	14.00	13.88	225.00	7.50
44	23.50	23.48	260.00	2.50
45	13.00	12.96	265.00	4.50
46	23.40	23.38	215.00	2.50
47	30.00	29.98	220.00	2.00
48	27.70	27.66	275.00	3.00
49	19.00	18.82	325.00	8.00
50	26.80	26.76	345.00	3.00
51	21.70	21.30	315.00	11.00
52	20.50	20.50	340.00	1.00
53	30.10	30.06	295.00	3.00
54	25.70	25.60	280.00	5.00
55	24.30	24.24	270.00	4.00
56	18.30	18.20	305.00	6.00
57	8.10	8.09	245.00	3.00
58	26.30	26.24	210.00	4.00
59	15.50	15.49	250.00	2.50
60	19.00	18.77	245.00	9.00
61	9.90	9.88	280.00	4.00
62	12.50	12.47	240.00	4.00
63	18.50	14.77	345.00	37.00
64	10.00	9.90	310.00	8.00
65	12.00	11.85	285.00	9.00
66	8.80	8.80	280.00	0.00
67	15.30	15.27	320.00	3.50
68	5.00	5.00	270.00	1.00
69	9.00	7.95	245.00	28.00
70	14.70	14.35	265.00	12.50
71	12.00	10.39	255.00	30.00
72	10.00	9.95	265.00	6.00
73	30.00	29.96	270.00	3.00
74	11.70	11.70	255.00	1.50
75	16.10	15.40	260.00	17.00
76	10.20	10.06	210.00	9.50
77	29.30	19.61	240.00	48.00
78	17.80	16.50	230.00	22.00
79	23.40	23.40	305.00	1.00
80	11.00	10.43	270.00	18.50
81	16.00	15.91	300.00	6.00
82	15.50	15.24	290.00	10.50
83	16.70	15.69	260.00	20.00
84	11.70	11.66	290.00	4.50
85	20.00	19.75	305.00	9.00
86	14.30	13.75	325.00	16.00
87	18.00	17.98	330.00	3.00
88	22.00	21.99	295.00	2.00
89	27.80	27.79	310.00	1.50
90	30.50	30.44	315.00	3.50
91	30.00	29.93	300.00	4.00
92	24.00	23.93	275.00	4.50

93	17.00	16.94	260.00	5.00
94	12.50	12.49	275.00	2.00
95	21.00	20.92	215.00	5.00
96	10.80	10.80	245.00	1.50
97	27.00	26.98	275.00	2.00
98	24.50	24.49	255.00	1.50
99	26.70	26.67	280.00	2.50
100	18.50	18.47	265.00	3.00
101	23.50	23.41	395.00	5.00
102	27.00	26.97	320.00	2.50
103	11.50	11.49	305.00	2.00
104	17.70	17.70	290.00	1.00
105	30.50	30.49	280.00	1.50
106	21.00	20.99	265.00	2.00
107	23.90	23.90	280.00	1.00
108	30.40	30.36	255.00	3.00
109	19.70	19.70	295.00	0.00
110	11.00	10.94	290.00	6.00
111	30.40	30.39	305.00	1.50
112	30.50	30.49	300.00	1.50
113	30.50	30.49	305.00	1.50
114	20.60	20.57	300.00	3.00
115	30.50	30.48	320.00	2.00
116	26.40	26.40	340.00	1.00
117	16.60	16.58	305.00	3.00
118	27.40	27.38	255.00	2.00
119	18.80	18.79	245.00	1.50
120	30.50	30.49	265.00	1.50
121	30.50	30.47	260.00	2.50
122	19.80	19.80	290.00	1.00
123	30.50	30.50	330.00	0.50
124	21.70	21.68	310.00	2.50
125	30.50	30.49	305.00	1.50
126	24.20	24.19	310.00	1.50
127	27.00	26.97	330.00	2.50
128	30.50	30.49	310.00	1.50
129	30.50	30.47	300.00	2.50
130	16.30	16.29	320.00	2.00
131	12.30	12.28	300.00	3.00
132	6.10	6.10	280.00	0.00
133	27.20	27.18	325.00	2.00
134	24.30	24.28	295.00	2.50
135	19.80	19.79	330.00	2.00
136	9.00	9.00	320.00	0.50
137	30.50	30.46	265.00	3.00
138	10.80	10.80	325.00	1.50
139	20.00	20.00	355.00	0.50
140	2.60	2.60	5.00	3.50
141	16.80	16.78	300.00	3.00
142	18.50	18.48	265.00	2.50
143	11.80	11.80	215.00	0.50
144	15.10	15.09	210.00	1.50
145	17.20	17.19	235.00	2.00

146	23.40	23.40	280.00	0.00
147	16.20	16.19	340.00	2.00
148	14.20	14.20	315.00	1.50
149	24.50	24.48	345.00	2.50
150	16.70	16.70	310.00	1.00
151	24.50	24.49	285.00	1.50
152	18.30	18.28	320.00	2.50
153	30.50	30.47	295.00	2.50
154	21.10	21.08	300.00	2.50
155	16.00	15.99	310.00	2.00
156	12.00	11.99	350.00	2.00
157	19.30	19.25	225.00	4.00
158	16.40	16.36	20.00	4.00
159	23.10	23.09	345.00	1.50
160	21.10	21.09	320.00	1.50
161	15.50	15.45	305.00	4.50
162	19.50	19.46	260.00	3.50
163	28.40	28.36	310.00	3.00
164	30.30	30.24	340.00	3.50
165	8.50	8.49	25.00	3.00
166	11.40	11.38	290.00	3.50
167	7.70	7.69	255.00	2.50
168	26.90	26.57	275.00	9.00
169	20.50	20.50	315.00	0.00
170	15.00	14.96	300.00	4.00
171	29.70	29.67	235.00	2.50
172	8.70	8.70	270.00	0.00
173	8.00	8.00	265.00	0.50
174	17.40	17.40	355.00	0.50
175	7.60	7.60	325.00	0.00
176	8.50	8.50	270.00	0.00
177	13.60	13.57	225.00	3.50
178	7.80	7.80	260.00	0.00
179	15.80	15.78	330.00	3.00
180	14.50	14.49	340.00	2.50
181	24.00	24.00	280.00	1.00
182	16.20	16.20	30.00	0.50
183	18.00	18.00	255.00	0.00
184	19.60	19.60	280.00	0.50
185	20.00	20.00	270.00	0.00
186	22.90	22.90	165.00	0.50
187	20.60	20.60	245.00	1.00
188	22.10	22.10	280.00	1.00
189	27.00	27.00	320.00	0.50
190	7.00	7.00	265.00	1.00
191	15.00	15.00	10.00	1.00
192	12.90	12.90	25.00	0.00
193	20.20	20.19	55.00	2.00
194	13.30	13.30	60.00	0.50
195	18.80	18.79	350.00	1.50
196	13.50	13.50	325.00	0.00
197	15.60	15.60	280.00	0.50
198	13.40	13.40	305.00	0.50

199	15.60	15.60	5.00	1.00
200	10.40	10.40	350.00	0.10
201	20.10	20.10	305.00	0.20
202	17.20	17.20	275.00	1.00
203	30.50	30.50	290.00	1.00
204	30.50	30.49	315.00	1.50
205	21.80	21.80	310.00	0.50
206	22.40	22.40	295.00	0.50
207	15.60	15.59	225.00	2.00
208	25.60	25.60	315.00	0.50
209	30.50	30.49	335.00	1.50
210	19.30	19.30	350.00	1.00
211	15.00	15.00	55.00	0.50
212	9.00	9.00	95.00	0.10
213	8.50	8.50	45.00	0.10
214	30.50	30.49	290.00	1.50
215	30.50	30.50	310.00	0.50
216	25.40	25.40	275.00	0.50
217	8.70	8.70	270.00	0.50
218	20.50	20.50	320.00	1.00
219	16.00	16.00	295.00	0.50
220	14.50	14.48	320.00	3.00
221	21.30	21.29	335.00	1.50
222	23.40	23.39	340.00	1.50
223	30.50	30.50	325.00	1.00
224	17.30	17.29	285.00	2.00
225	9.60	9.60	230.00	0.00
226	11.60	11.57	5.00	4.00
227	11.00	10.98	45.00	3.00
228	6.40	6.36	50.00	6.00
229	21.80	21.79	350.00	2.00
230	29.00	28.99	230.00	1.50
231	23.90	23.88	300.00	2.50
232	19.60	19.57	320.00	3.00
233	11.00	11.00	330.00	0.00
234	15.60	15.58	325.00	3.00
235	12.00	12.00	345.00	1.50
236	9.00	9.00	330.00	1.00
237	9.00	9.00	310.00	0.50
238	6.90	6.90	235.00	0.50
239	8.50	8.50	250.00	0.20
240	7.50	7.50	265.00	1.00
241	19.20	19.19	260.00	1.50
242	8.60	8.60	285.00	0.50
243	6.40	6.40	325.00	0.50
244	22.40	22.40	290.00	1.00
245	8.30	8.30	345.00	0.50
246	9.40	9.40	245.00	0.50
247	10.40	10.40	305.00	1.00
248	8.00	8.00	315.00	1.50
249	7.60	7.60	265.00	1.00
250	6.20	6.20	260.00	1.00
251	7.20	7.17	310.00	5.00

252	16.40	16.37	320.00	3.50
253	6.20	6.19	345.00	3.00
254	14.00	14.00	280.00	1.50
255	8.50	8.49	285.00	2.50
256	5.30	5.30	345.00	1.50
257	8.50	8.49	5.00	2.00
258	10.50	10.50	10.00	0.50
259	13.90	13.90	345.00	1.50
260	7.20	7.20	350.00	1.50
261	6.20	6.20	325.00	0.50
262	11.40	11.39	315.00	2.00
263	11.00	11.00	345.00	1.50
264	15.00	14.99	320.00	1.50
265	14.20	14.20	350.00	1.00
266	7.00	7.00	345.00	2.00
267	9.30	9.29	320.00	2.00
268	10.30	10.30	275.00	1.50
269	6.70	6.70	320.00	1.50
270	10.60	10.59	315.00	2.00
271	10.80	10.80	270.00	1.00
272	6.60	6.60	265.00	1.00
273	11.20	11.19	295.00	2.50
274	9.80	9.80	345.00	0.50
275	8.50	8.50	315.00	0.50
276	7.20	7.20	330.00	1.00
277	8.30	8.29	280.00	3.00
278	9.10	9.09	320.00	2.00
279	11.40	11.40	40.00	1.00
280	6.00	5.99	345.00	3.00
281	8.70	8.69	310.00	2.00
282	9.20	9.19	265.00	2.00
283	8.90	8.89	240.00	2.50
284	6.40	6.40	255.00	1.00
285	15.60	15.59	320.00	2.00
286	15.10	15.09	355.00	1.50
287	15.80	15.80	330.00	1.00
288	12.00	11.99	300.00	2.00
289	16.60	16.59	30.00	1.50
290	14.60	14.60	40.00	1.00
291	12.80	12.79	350.00	2.00
292	8.40	8.40	50.00	0.50
293	11.80	11.79	55.00	2.00
294	16.60	16.60	50.00	1.00
295	19.10	19.09	30.00	1.50
296	20.40	20.39	75.00	2.00
297	8.70	8.70	20.00	1.00
298	10.70	10.70	340.00	1.00
299	9.00	9.00	330.00	0.50
300	9.10	9.10	80.00	1.00
301	8.70	8.69	120.00	2.00
302	14.00	13.99	75.00	2.00
303	9.50	9.49	140.00	2.00
304	10.30	10.29	160.00	2.50

305	6.60	6.60	100.00	2.00
306	13.00	12.99	90.00	2.50
307	17.80	17.77	160.00	3.50
308	12.30	12.29	80.00	2.00
309	11.30	11.28	45.00	3.50
310	8.50	8.50	35.00	1.00
311	17.50	17.47	80.00	3.50
312	8.30	8.29	75.00	2.50
313	16.00	15.99	55.00	2.00
314	21.00	20.98	105.00	2.50
315	12.00	11.99	70.00	2.00
316	6.30	5.99	35.00	18.00
317	11.00	10.86	80.00	9.00
318	7.00	6.44	75.00	23.00
319	10.80	10.79	55.00	2.50
320	29.50	15.63	70.00	58.00
321	15.00	12.86	85.00	31.00
322	16.50	16.20	85.00	11.00
323	18.50	15.86	95.00	31.00
324	8.70	8.62	105.00	8.00
325	9.70	8.14	110.00	33.00
326	8.00	7.97	80.00	5.00
327	9.80	9.70	75.00	8.00
328	6.80	6.79	80.00	3.50
329	6.50	6.33	175.00	13.00
330	12.20	9.87	50.00	36.00
331	7.80	7.46	95.00	17.00
332	13.70	13.29	130.00	14.00
333	8.70	6.66	90.00	40.00
334	11.10	10.99	115.00	8.00
335	9.30	9.13	50.00	11.00
336	10.60	10.59	120.00	2.50
337	10.60	10.53	45.00	6.50
338	6.70	6.70	100.00	2.00
339	7.80	7.70	20.00	9.00
340	9.30	9.30	60.00	1.50
341	13.80	11.70	50.00	32.00
342	14.50	14.47	60.00	3.50
343	10.30	8.39	35.00	35.50
344	17.80	17.53	30.00	10.00
345	9.60	9.42	5.00	11.00
346	9.20	9.16	325.00	5.00
347	12.00	11.95	55.00	5.00
348	23.70	23.63	350.00	4.50
349	14.90	14.72	355.00	9.00
350	14.00	13.90	315.00	7.00
351	8.60	8.53	25.00	7.50
352	12.50	12.23	340.00	12.00
353	9.70	9.12	370.00	20.00
354	5.10	4.02	340.00	38.00
355	7.00	6.85	305.00	12.00
356	20.30	20.15	345.00	7.00
357	10.70	10.50	10.00	11.00

358	16.30	16.14	15.00	8.00
359	17.20	17.07	330.00	7.00
360	6.70	5.74	45.00	31.00
361	16.00	15.88	350.00	7.00
362	13.00	12.56	355.00	15.00
363	6.70	6.70	340.00	2.00
364	9.60	9.59	35.00	3.00
365	8.60	8.51	55.00	8.50
366	15.80	15.71	5.00	6.00
367	13.80	13.75	40.00	5.00
368	19.60	19.49	355.00	6.00
369	6.50	6.28	345.00	15.00
370	8.50	8.41	350.00	8.50
371	4.00	3.97	5.00	7.00
372	8.50	8.08	355.00	18.00
373	6.70	6.63	350.00	8.00
374	6.00	5.91	335.00	10.00
375	12.80	8.06	5.00	51.00
376	16.10	15.69	300.00	13.00
377	8.15	7.13	29.00	29.00
378	16.54	16.24	35.00	11.00
379	23.84	23.32	60.00	12.00
380	6.37	5.95	115.00	21.00
381	15.38	14.99	80.00	13.00
382	10.50	10.27	90.00	12.00
383	12.37	12.22	80.00	9.00
384	6.92	5.80	60.00	33.00
385	13.76	13.41	40.00	13.00
386	9.30	9.19	100.00	9.00
387	8.34	8.24	80.00	9.00
388	20.22	19.53	70.00	15.00
389	16.61	16.18	40.00	13.00
390	12.43	11.60	60.00	21.00
391	7.55	6.33	20.00	33.00
392	14.83	13.75	40.00	22.00
393	12.21	10.68	100.00	29.00
394	6.12	5.94	40.00	14.00
395	13.98	11.31	30.00	36.00
396	8.80	8.27	10.00	20.00
397	19.20	16.46	60.00	31.00
398	10.10	9.91	80.00	11.00
399	6.33	6.17	40.00	13.00
400	7.72	6.94	70.00	26.00
401	9.03	5.31	80.00	54.00
402	10.64	9.93	65.00	21.00
403	7.76	6.65	50.00	31.00
404	7.83	7.26	10.00	22.00
405	10.53	10.43	40.00	8.00
406	10.28	10.12	20.00	10.00
407	8.84	8.71	90.00	10.00
408	14.83	14.51	50.00	12.00
409	8.03	7.79	30.00	14.00
410	8.52	8.44	40.00	8.00

411	11.04	10.76	50.00	13.00
412	7.79	7.22	30.00	22.00
413	12.08	11.82	70.00	12.00
414	8.63	8.57	60.00	7.00
415	6.38	6.35	110.00	6.00
416	5.03	5.02	40.00	4.00
417	8.49	7.87	85.00	22.00
418	14.05	13.03	60.00	22.00
419	11.00	10.40	50.00	19.00
420	9.23	8.43	51.00	24.00
421	8.43	7.92	40.00	20.00
422	8.22	7.19	55.00	29.00
423	11.26	10.93	50.00	14.00
424	13.69	12.69	25.00	22.00

Cuadro 56. Levantamiento topográfico de la microcuenca Río Oro

Puntos	Distancia (m)	Distancia horizontal (m)	Azimut (grados)	Pendiente (grados)
0	0.00		0.00	0.00
1	8.20	8.18	182.00	4.00
2	16.40	16.38	220.00	3.00
3	3.30	3.29	195.00	3.50
4	21.80	21.79	175.00	2.00
5	16.00	15.99	150.00	2.00
6	14.70	14.69	160.00	1.50
7	21.00	20.95	155.00	4.00
8	18.50	18.43	175.00	5.00
9	18.70	18.67	170.00	3.50
10	10.40	10.39	140.00	2.00
11	15.10	15.09	150.00	2.00
12	11.20	11.19	155.00	2.00
13	17.30	17.28	90.00	3.00
14	8.70	8.69	80.00	3.00
15	12.90	12.89	150.00	2.50
16	21.70	21.69	190.00	1.50
17	23.80	23.76	180.00	3.50
18	13.40	13.37	210.00	4.00
19	7.00	6.97	240.00	5.00
20	15.70	15.69	300.00	2.00
21	13.00	13.00	255.00	1.50
22	23.80	23.80	190.00	1.00
23	22.10	22.06	180.00	3.50
24	26.70	26.67	135.00	2.50
25	16.30	16.28	130.00	3.00
26	12.20	12.19	140.00	2.50
27	10.30	10.29	210.00	2.00
28	27.00	26.96	265.00	3.00
29	6.80	6.77	230.00	5.00
30	10.00	9.99	170.00	3.00
31	12.60	12.57	220.00	4.00
32	10.40	10.40	260.00	0.50
33	10.30	10.29	320.00	2.50
34	18.70	18.67	155.00	3.50

35	8.30	8.28	120.00	4.00
36	14.00	13.95	90.00	5.00
37	14.10	14.09	120.00	2.50
38	20.00	19.92	190.00	5.00
39	21.30	21.29	230.00	2.00
40	17.00	16.98	230.00	3.00
41	11.80	11.77	175.00	4.00
42	23.90	23.84	140.00	4.00
43	20.80	20.72	200.00	5.00
44	27.00	26.98	140.00	2.00
45	28.00	27.93	160.00	4.00
46	24.50	24.48	190.00	2.50
47	9.60	9.60	200.00	1.00
48	25.60	25.54	130.00	4.00
49	26.80	26.78	160.00	2.00
50	13.60	13.57	200.00	4.00
51	21.20	21.16	240.00	3.50
52	17.90	17.89	215.00	2.00
53	13.20	13.18	190.00	3.00
54	15.10	15.06	245.00	4.00
55	13.80	13.79	225.00	2.50
56	17.20	17.19	180.00	2.00
57	25.10	25.09	220.00	1.50
58	6.10	6.08	300.00	5.00
59	24.40	24.40	170.00	1.00
60	13.50	13.47	230.00	4.00
61	19.30	19.27	290.00	3.00
62	13.00	12.98	230.00	3.00
63	18.00	17.99	200.00	2.00
64	13.70	13.69	230.00	2.00
65	15.80	15.78	250.00	3.00
66	25.50	25.44	195.00	4.00
67	18.20	18.16	150.00	4.00
68	13.20	13.19	125.00	2.50
69	24.60	24.60	130.00	1.00
70	11.00	10.99	145.00	2.00
71	11.60	11.60	110.00	1.50
72	20.50	20.50	155.00	1.00
73	17.10	17.09	135.00	1.50
74	11.50	11.49	110.00	2.00
75	29.50	29.48	150.00	2.00
76	19.70	19.68	140.00	2.50
77	10.80	10.80	120.00	0.50
78	16.60	16.59	160.00	2.00
79	13.50	13.50	130.00	1.50
80	13.30	13.30	110.00	1.50
81	12.30	12.30	120.00	0.50
82	21.70	21.69	90.00	1.50
83	11.70	11.70	75.00	1.00
84	26.80	26.80	140.00	1.00
85	23.30	23.26	135.00	3.50
86	30.20	30.20	150.00	0.00
87	22.30	22.29	170.00	1.50

88	18.80	18.79	180.00	1.50
89	6.60	6.60	175.00	0.50
90	11.70	11.68	230.00	3.00
91	26.10	26.09	170.00	1.50
92	7.30	7.25	185.00	7.00
93	12.60	12.46	230.00	8.50
94	16.70	16.69	165.00	1.50
95	11.00	10.99	110.00	2.00
96	25.80	25.76	190.00	3.00
97	6.40	6.38	235.00	4.00
98	19.80	19.80	180.00	0.50
99	6.50	6.50	200.00	2.00
100	9.80	9.80	110.00	1.50
101	8.60	8.60	155.00	0.00
102	8.00	8.00	185.00	1.00
103	15.80	15.80	170.00	1.00
104	13.10	13.09	200.00	2.00
105	9.10	9.10	140.00	1.50
106	8.00	8.00	180.00	1.00
107	14.40	14.40	165.00	0.50
108	7.40	7.40	220.00	1.00
109	20.70	20.70	235.00	1.00
110	29.10	29.08	190.00	2.00
111	13.10	13.09	185.00	2.00
112	14.40	14.40	235.00	1.00
113	25.00	25.00	200.00	1.00
114	23.20	23.17	230.00	3.00
115	22.70	22.69	290.00	2.00
116	18.60	18.59	270.00	2.00
117	23.60	23.60	245.00	0.50
118	12.90	12.90	195.00	1.00
119	19.60	19.60	150.00	1.00
120	13.20	13.20	160.00	1.00
121	9.80	9.78	110.00	4.00
122	9.10	9.09	155.00	2.00
123	20.00	19.99	200.00	1.50
124	19.80	19.77	230.00	3.00
125	18.10	18.09	170.00	2.00
126	19.40	19.40	190.00	0.50
127	29.10	29.10	200.00	1.00
128	14.40	14.40	185.00	0.50
129	29.40	29.40	155.00	1.00
130	18.00	18.00	190.00	0.50
131	19.00	19.00	130.00	0.20
132	10.60	10.60	100.00	0.30
133	23.00	23.00	130.00	1.00
134	23.60	23.57	120.00	3.00
135	29.30	29.30	125.00	1.00
136	13.10	13.09	140.00	2.00
137	17.10	16.89	130.00	9.00
138	23.80	23.79	90.00	2.00
139	18.70	18.69	70.00	2.00
140	11.50	11.49	145.00	2.00

141	9.40	9.39	100.00	2.00
142	13.60	13.60	155.00	0.40
143	21.70	21.70	135.00	1.00
144	18.60	18.60	160.00	1.00
145	30.30	30.30	65.00	0.50
146	19.00	19.00	135.00	1.00
147	23.00	23.00	150.00	1.00
148	18.30	18.29	140.00	1.50
149	11.10	11.10	75.00	1.00
150	8.30	8.30	95.00	1.00
151	16.00	16.00	130.00	1.00
152	11.10	11.10	35.00	1.00
153	7.80	7.80	200.00	1.00
154	16.60	16.60	185.00	1.00
155	20.00	19.97	250.00	3.00
156	16.70	16.70	270.00	1.00
157	16.40	16.24	230.00	8.00
158	7.00	7.00	180.00	0.50
159	15.50	15.50	150.00	1.00
160	10.50	10.50	200.00	1.00
161	11.10	11.10	190.00	0.20
162	18.50	18.50	165.00	0.50
163	16.00	16.00	125.00	1.00
164	19.50	19.50	110.00	0.50
165	8.70	8.70	160.00	0.50
166	15.00	14.99	175.00	1.50
167	11.50	11.50	160.00	0.50
168	19.00	19.00	230.00	0.50
169	12.40	12.38	160.00	3.00
170	13.00	12.99	170.00	2.50
171	8.50	8.50	230.00	1.00
172	18.00	17.99	160.00	2.00
173	9.30	9.30	140.00	1.00
174	11.20	11.20	90.00	0.20
175	19.00	19.00	125.00	0.20
176	25.70	25.66	140.00	3.00
177	20.00	20.00	170.00	1.00
178	15.30	15.28	170.00	3.00
179	21.50	21.45	200.00	4.00
180	11.20	11.19	150.00	2.00
181	8.10	8.10	195.00	1.00
182	11.30	11.27	230.00	4.50
183	21.20	21.20	190.00	0.50
184	28.70	28.67	215.00	2.50
185	11.70	11.70	190.00	1.00
186	19.60	19.60	110.00	1.00
187	26.30	26.30	105.00	1.00
188	23.70	23.70	150.00	1.00
189	16.00	16.00	180.00	0.50
190	20.70	20.67	240.00	3.00
191	15.50	15.49	170.00	2.00
192	19.00	19.00	235.00	1.00
193	24.00	23.99	210.00	2.00

194	18.80	18.78	230.00	2.50
195	7.50	7.47	240.00	5.00
196	4.00	3.98	215.00	5.00
197	13.60	13.60	280.00	1.00
198	8.70	8.70	220.00	1.00
199	8.50	8.47	170.00	5.00
200	10.40	10.39	220.00	2.00
201	5.80	5.80	275.00	2.00
202	22.00	21.95	230.00	4.00
203	8.00	8.00	190.00	1.50
204	11.70	11.67	140.00	4.00
205	10.80	10.77	195.00	4.00
206	12.10	12.09	240.00	2.50
207	12.30	12.28	215.00	3.00
208	11.40	11.37	210.00	4.00
209	15.50	15.46	225.00	4.00
210	20.70	20.69	235.00	2.00
211	5.60	5.60	165.00	1.50
212	8.90	8.88	170.00	4.00
213	14.70	14.64	150.00	5.00
214	10.90	10.90	240.00	0.50
215	15.50	15.48	175.00	3.00
216	14.00	13.99	200.00	2.50
217	8.80	8.80	270.00	1.50
218	14.90	14.88	210.00	3.00
219	14.00	13.97	205.00	3.50
220	18.80	18.78	190.00	2.50
221	14.50	14.48	245.00	3.00
222	11.00	10.99	205.00	2.00
223	12.30	12.25	200.00	5.00
224	14.30	14.29	195.00	2.00
225	6.60	6.60	150.00	2.00
226	9.90	9.89	190.00	2.00
227	17.40	17.30	215.00	6.00
228	15.00	14.99	170.00	2.00
229	7.90	7.87	185.00	5.00
230	11.50	11.48	265.00	3.50
231	14.80	14.74	190.00	5.00
232	16.50	16.48	205.00	3.00
233	14.00	13.95	240.00	5.00
234	14.60	14.52	130.00	6.00
235	17.00	16.96	190.00	4.00
236	11.30	11.27	200.00	4.00
237	18.50	18.47	165.00	3.50
238	18.20	17.80	160.00	12.00
239	16.00	15.84	200.00	8.00
240	19.30	19.09	185.00	8.50
241	7.20	7.16	140.00	6.00
242	8.70	8.44	225.00	14.00
243	8.30	8.27	230.00	5.00
244	14.20	14.12	225.00	6.00
245	14.90	14.17	180.00	18.00
246	18.00	17.97	220.00	3.50

247	4.40	3.85	210.00	29.00
248	10.30	10.24	215.00	6.00
249	13.30	13.24	190.00	5.50
250	14.40	14.36	215.00	4.00
251	10.00	9.97	210.00	4.50
252	16.00	15.59	200.00	13.00
253	18.00	17.93	235.00	5.00
254	27.20	26.94	200.00	8.00
255	16.50	16.46	170.00	4.00
256	6.30	6.30	130.00	1.50
257	14.20	14.17	220.00	4.00
258	21.40	21.37	180.00	3.00
259	6.00	5.99	260.00	3.00
260	4.50	4.49	155.00	3.00
261	14.00	13.97	190.00	4.00
262	11.10	11.09	150.00	2.00
263	7.40	7.39	160.00	3.00
264	11.00	10.80	195.00	11.00
265	17.20	17.11	170.00	6.00
266	10.90	10.86	190.00	5.00
267	16.00	15.88	150.00	7.00
268	15.20	15.14	180.00	5.00
269	5.50	5.45	170.00	8.00
270	21.80	21.73	185.00	4.50
271	13.10	12.90	225.00	10.00
272	13.10	13.00	165.00	7.00
273	10.50	10.29	180.00	11.50
274	15.00	14.18	200.00	19.00
275	10.40	10.24	215.00	10.00
276	19.00	18.35	180.00	15.00
277	7.30	6.90	185.00	19.00
278	20.30	20.05	215.00	9.00
279	9.80	8.88	160.00	25.00
280	13.40	13.00	170.00	14.00
281	23.70	23.64	195.00	4.00
282	14.00	13.92	215.00	6.00
283	17.40	16.95	250.00	13.00
284	11.70	11.52	230.00	10.00
285	19.80	19.50	245.00	10.00
286	13.40	12.71	240.00	18.50
287	8.00	7.63	300.00	17.50
288	16.00	14.13	260.00	28.00
289	17.10	16.17	275.00	19.00
290	13.40	13.11	225.00	12.00
291	14.00	13.86	265.00	8.00
292	15.30	14.91	215.00	13.00
293	24.60	24.54	265.00	4.00
294	15.10	14.82	240.00	11.00
295	21.20	20.88	245.00	10.00
296	15.00	14.49	255.00	15.00
297	17.10	16.59	245.00	14.00
298	13.70	13.35	250.00	13.00
299	9.00	8.69	240.00	15.00

300	4.90	4.87	260.00	6.00
301	12.30	11.88	230.00	15.00
302	6.80	6.65	225.00	12.00
303	7.90	7.63	275.00	15.00
304	14.40	12.34	265.00	31.00
305	21.00	20.42	270.00	13.50
306	12.20	9.99	275.00	35.00

Cuadro 57. Levantamiento topográfico de la microcuenca Río Coiorado

Puntos	Distancia (m)	Distancia horizontal (m)	Azimut (grados)	Pendiente (grados)
0	0.00		0.00	0.00
1	19.70	19.67	250.00	3.00
2	33.15	33.10	310.00	3.00
3	18.00	17.99	339.00	2.00
4	33.30	33.25	248.00	3.00
5	16.75	16.74	273.00	2.00
6	18.90	18.89	320.00	2.00
7	14.30	14.27	273.00	4.00
8	8.20	8.20	260.00	2.00
9	18.10	18.06	230.00	4.00
10	10.40	10.39	280.00	3.00
11	31.70	31.68	305.00	2.00
12	12.55	12.48	268.00	6.00
13	11.30	11.27	308.00	4.00
14	21.05	20.66	299.00	11.00
15	4.90	4.66	215.00	18.00
16	7.00	6.99	246.00	3.00
17	23.22	20.11	289.00	30.00
18	16.00	15.98	11.00	3.00
19	7.80	7.80	358.00	2.00
20	5.30	5.30	315.00	2.00
21	6.40	6.39	295.00	3.00
22	26.95	26.91	256.00	3.00
23	6.30	6.28	303.00	5.00
24	32.20	27.89	338.00	30.00
25	5.40	5.40	285.00	2.00
26	14.40	14.38	220.00	3.00
27	10.70	10.70	268.00	1.50
28	7.50	7.50	320.00	2.00
29	9.30	9.26	334.00	5.00
30	15.45	15.41	304.00	4.00
31	22.55	22.46	335.00	5.00
32	5.20	5.20	275.00	2.00
33	7.20	7.19	308.00	3.00
34	27.90	27.88	240.00	2.00
35	18.30	18.29	359.00	2.00
36	10.40	10.39	12.00	2.00
37	13.70	13.68	355.00	3.00
38	13.50	13.47	15.00	4.00
39	6.90	6.90	345.00	2.00
40	6.80	6.80	323.00	1.00
41	10.00	9.99	71.00	2.00

42	8.40	8.40	40.00	1.00
43	10.45	10.45	317.00	1.00
44	15.80	15.78	294.00	3.00
45	16.80	16.76	314.00	4.00
46	4.44	4.43	310.00	3.00
47	30.50	30.46	292.00	3.00
48	10.00	10.00	272.00	1.00
49	15.20	15.09	255.00	7.00
50	6.00	5.99	285.00	3.00
51	10.90	10.90	237.00	1.00
52	7.20	7.20	260.00	2.00
53	5.80	5.80	282.00	2.00
54	7.50	7.49	309.00	2.50
55	12.30	12.29	291.00	2.00
56	7.20	7.20	267.00	1.00
57	20.60	20.57	340.00	3.00
58	16.95	16.94	322.00	2.00
59	8.55	8.54	260.00	3.00
60	10.30	10.30	275.00	1.00
61	8.80	8.79	295.00	2.00
62	10.70	10.69	284.00	3.00
63	9.60	9.59	269.00	2.00
64	15.65	15.64	279.00	2.00
65	11.40	11.39	341.00	2.00
66	12.10	12.08	370.00	3.00
67	12.00	11.97	305.00	4.00
68	8.50	8.50	330.00	1.00
69	4.60	4.60	21.00	1.00
70	9.07	9.07	19.00	1.00
71	22.56	22.53	51.00	3.00
72	5.15	5.15	345.00	2.00
73	24.90	24.88	317.00	2.00
74	7.10	7.09	17.00	3.00
75	7.85	7.68	2.00	12.00
76	13.35	13.33	340.00	3.00
77	12.50	12.31	7.00	10.00
78	9.40	9.36	344.00	5.00
79	17.00	16.98	348.00	3.00
80	4.68	4.68	262.00	2.00
81	16.75	16.74	224.00	2.00
82	5.81	5.81	236.00	1.00
83	15.22	15.20	330.00	3.00
84	14.05	14.02	356.00	4.00
85	11.40	11.38	331.00	3.00
86	3.60	3.59	75.00	4.00
87	7.20	7.18	350.00	4.00
88	4.30	4.30	29.00	1.00
89	11.00	10.99	357.00	2.00
90	9.00	9.00	44.00	0.50
91	13.00	12.98	318.00	3.00
92	7.95	7.95	26.00	2.00
93	8.00	8.00	15.00	1.00
94	9.80	9.80	20.00	1.50

95	5.60	5.59	346.00	3.00
96	14.10	14.09	320.00	2.00
97	8.70	8.69	281.00	2.50
98	8.40	8.40	250.00	1.00
99	12.20	12.18	255.00	3.50
100	12.25	12.24	280.00	2.00
101	12.90	12.86	360.00	4.50
102	23.80	23.77	60.00	3.00
103	21.35	21.30	345.00	4.00
104	13.20	13.18	60.00	3.00
105	15.20	15.17	321.00	3.50
106	23.70	23.64	313.00	4.00
107	7.65	7.63	290.00	4.00
108	12.30	12.19	323.00	7.50
109	27.80	27.76	2.00	3.00
110	2.20	2.20	70.00	2.00
111	11.00	10.97	6.00	4.00
112	9.70	9.69	244.00	2.00
113	7.10	7.09	326.00	2.50
114	10.50	10.49	26.00	3.00
115	11.40	11.35	50.00	5.50
116	17.60	17.50	354.00	6.00
117	15.40	15.34	12.00	5.00
118	9.30	9.25	316.00	6.00
119	12.50	12.38	338.00	8.00
120	9.40	9.39	265.00	2.00
121	31.80	29.88	292.00	20.00
122	29.20	14.60	308.00	60.00
123	15.10	15.07	222.00	3.50
124	4.75	4.75	327.00	2.00
125	6.90	6.89	275.00	3.00
126	3.80	3.78	340.00	6.00
127	7.00	6.98	280.00	4.50
128	5.00	4.97	280.00	6.00
129	6.30	6.16	355.00	12.00
130	6.10	6.01	285.00	10.00
131	25.40	24.16	300.00	18.00
132	15.05	15.03	284.00	3.00
133	12.10	12.07	343.00	4.00
134	17.90	17.86	299.00	4.00
135	34.40	34.27	352.00	5.00
136	7.25	7.24	38.00	3.00
137	10.30	10.30	8.00	1.00
138	10.30	10.29	334.00	2.00
139	12.00	12.00	84.00	1.00
140	27.00	26.93	315.00	4.00
141	16.70	16.68	50.00	3.00
142	9.70	9.69	60.00	2.00
143	12.20	12.19	25.00	2.50
144	15.70	15.68	325.00	3.00
145	13.70	13.65	341.00	5.00
146	5.55	5.55	300.00	2.00
147	4.30	4.30	345.00	2.50

148	14.80	14.79	45.00	2.00
149	21.00	20.99	60.00	1.50
150	21.40	21.38	356.00	2.50
151	8.60	8.59	320.00	3.00
152	14.50	14.48	27.00	3.00
153	6.50	6.50	312.00	2.00
154	7.20	7.16	354.00	6.00
155	7.30	7.29	15.00	2.50
156	8.80	8.79	40.00	3.00
157	23.65	23.63	4.00	2.50
158	3.20	3.20	342.00	2.00
159	5.10	5.10	324.00	2.00
160	12.00	11.99	275.00	2.50
161	13.00	12.99	304.00	2.00
162	12.40	12.39	360.00	2.50
163	15.80	15.78	319.00	2.50
164	47.95	47.86	309.00	3.50
165	21.35	21.32	294.00	3.00
166	23.10	23.08	245.00	2.50
167	25.95	25.85	301.00	5.00
168	12.85	12.84	341.00	2.50
169	8.10	8.09	305.00	3.00
170	9.30	9.29	271.00	2.00
171	4.00	4.00	321.00	2.00
172	11.00	10.98	290.00	3.00
173	12.80	12.77	240.00	4.00
174	15.50	15.48	301.00	3.00
175	4.70	4.70	276.00	2.00
176	8.40	8.39	229.00	2.00
177	7.70	7.66	284.00	6.00
178	14.85	14.84	252.00	2.00
179	14.10	14.09	346.00	2.00
180	23.10	23.07	330.00	3.00
181	16.25	16.23	268.00	3.00
182	12.65	12.63	296.00	3.00
183	3.10	3.10	249.00	2.50
184	5.05	5.05	320.00	2.00
185	12.00	11.98	295.00	3.00
186	18.70	18.67	310.00	3.00
187	16.60	16.54	297.00	5.00
188	33.30	33.22	263.00	4.00
189	17.15	17.11	332.00	4.00
190	5.10	5.09	290.00	3.00
191	6.50	6.48	329.00	4.50
192	28.00	27.76	325.00	7.50
193	8.00	7.92	299.00	8.00
194	31.00	30.83	280.00	6.00
195	24.00	23.64	5.00	10.00
196	37.00	35.19	337.00	18.00
197	38.30	37.46	349.00	12.00
198	29.00	26.89	315.00	22.00
199	22.00	16.35	345.00	42.00
200	14.50	13.03	310.00	26.00

201	4.45	3.85	275.00	30.00
202	5.80	5.71	324.00	10.00
203	7.00	1.46	335.00	78.00

Anexo 3. Potencial forestal del PNTM

Cuadro 58. Inventario forestal para determinar el potencial forestal

Nº	N.V	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	Altura (m)	Diámetro (cm)
1	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	17.0	25.5
2	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	7.5	12.8
3	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	20.0	44.6
4	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	7.0	10.5
5	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	6.0	10.8
6	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	14.0	23.9
7	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	12.0	26.4
8	Cumala colorada	<i>Iryanthera</i> sp.	MYRISTICACEAE	11.0	16.6
9	Yanavarilla	<i>Oliganthes</i> sp.	COMPOSITAE	12.0	20.4
10	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	10.0	22.3
11	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	9.0	14.3
12	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	11.0	15.0
13	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	10.0	17.5
14	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	12.0	14.6
15	Sacha uvilla	<i>Pourouma</i> sp.	CECROPIACEAE	13.0	15.0
16	Cumala colorada	<i>Iryanthera</i> sp.	MYRISTICACEAE	7.0	18.1
17	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	15.0	26.7
18	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	10.0	18.5
19	Icoja	<i>Unonopsis floribunda</i> Diels	ANNONACEAE	6.0	12.4
20	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	10.0	16.9
21	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	19.0	39.2
22	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	6.0	12.4
23	Isma moena	<i>Endlicheria williamsii</i> O. C. Schmidt	LAURACEAE	8.0	15.9
24	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	11.0	22.0
25	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	6.0	16.2
26	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	12.0	26.1
27	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	11.0	19.7
28	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	16.0	31.5
29	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	12.0	28.3
30	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	6.0	10.8
31	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	14.0	25.2
32	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	13.0	26.1
33	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	10.0	17.2
34	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	7.0	25.5
35	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	6.0	14.6
36	N.N			13.0	25.8
37	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	12.0	18.1
38	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	5.0	10.8

39	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	5.0	11.8
40	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	9.0	26.7
41	Cumala colorada	<i>Iryanthera</i> sp.	MYRISTICACEAE	15.6	30.2
42	Yanavarilla	<i>Oliganthes</i> sp.	COMPOSITAE	6.5	15.6
43	Pucapalo			10.4	10.8
44	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	17.0	33.4
45	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	7.5	10.5
46	Yanavarilla	<i>Oliganthes</i> sp.	COMPOSITAE	7.0	10.2
47	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	10.5	24.2
48	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	13.0	16.2
49	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	20.0	50.9
50	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	16.0	20.4
51	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	7.0	10.8
52	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	11.5	13.7
53	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	6.5	13.4
54	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	9.0	22.0
55	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	10.5	17.8
56	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	10.5	13.7
57	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	8.0	14.6
58	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	6.0	15.6
59	Yanavarilla	<i>Oliganthes</i> sp.	COMPOSITAE	18.0	13.1
60	Azucar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	LEGUMINOCEAE	18.0	30.9
61	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	11.5	18.5
62	Achuni caspi			6.0	10.8
63	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	9.0	16.2
64	Yanavarilla	<i>Oliganthes</i> sp.	COMPOSITAE	8.0	10.2
65	Pucapalo			15.0	24.5
66	Icoja	<i>Unonopsis floribunda</i> Diels	ANNONACEAE	8.0	11.1
67	Yanavarilla	<i>Oliganthes</i> sp.	COMPOSITAE	12.5	10.5
68	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	13.0	26.7
69	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	14.0	23.6
70	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	16.0	21.7
71	Canela moena	<i>Pleurothyrium bifidum</i> Nees	LAURACEAE	12.0	10.2
72	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	18.0	11.8
73	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	25.0	86.6
74	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	5.5	14.6
75	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	12.0	22.8
76	Sacha uvilla	<i>Pourouma</i> sp.	CECROPIACEAE	10.0	10.5
77	Cumala roja	<i>Iryanthera</i> sp.	MYRISTICACEAE	13.0	24.8
78	Sapote	<i>Quararibea cordata</i> (H. et B.) Vischer	BOMBACACEAE	14.0	13.1
79	Cumala colorada	<i>Iryanthera</i> sp.	MYRISTICACEAE	15.0	19.7
80	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	6.0	10.0
81	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	7.0	10.0
82	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	21.0	67.5
83	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	18.0	12.1
84	Icoja	<i>Unonopsis floribunda</i> Diels	ANNONACEAE	12.0	15.9
85	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	8.0	10.2

86	Pucapalo			9.0	11.5
87	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	10.0	10.5
88	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	12.0	11.1
89	Ishanga	<i>Urera sp.</i>	URTICACEAE	8.0	11.8
90	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	9.0	17.8
91	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	12.0	12.1
92	Renaco	<i>Ficus sp.</i>	MORACEAE	22.0	41.4
93	Ishanga	<i>Urera sp.</i>	URTICACEAE	28.0	59.2
94	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	12.0	10.2
95	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	8.0	10.0
96	Renaco	<i>Ficus sp.</i>	MORACEAE	23.0	18.4
97	Sapote	<i>Quararibea cordata</i> (H. et B.) Vischer	BOMBACACEAE	25.0	76.4
98	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	6.0	15.9
99	Yanavarilla	<i>Oliganthes sp.</i>	COMPOSITAE	8.0	16.6
100	Sapote	<i>Quararibea cordata</i> (H. et B.) Vischer	BOMBACACEAE	5.0	11.8
101	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	23.0	48.4
102	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	11.0	18.8
103	Yanavarilla	<i>Oliganthes sp.</i>	COMPOSITAE	18.0	25.5
104	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	8.0	14.0
105	Cumala colorada	<i>Iryanthera sp.</i>	MYRISTICACEAE	15.0	10.5
106	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	10.0	19.4
107	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	6.0	14.0
108	Yanavarilla	<i>Oliganthes sp.</i>	COMPOSITAE	13.0	30.9
109	Cetico	<i>Cecropia sp.</i>	MORACEAE	10.0	35.0
110	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	12.0	10.8
111	Sapote	<i>Quararibea cordata</i> (H. et B.) Vischer	BOMBACACEAE	11.0	12.1
112	Renaco	<i>Ficus sp.</i>	MORACEAE	16.0	14.0
113	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	24.0	76.4
114	Yanavarilla	<i>Oliganthes sp.</i>	COMPOSITAE	12.0	15.2
115	Renaco	<i>Ficus sp.</i>	MORACEAE	15.0	17.9
116	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	9.0	75.1
117	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	10.0	11.8
118	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	8.0	20.4
119	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	12.0	21.0
120	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	8.0	15.0
121	Copal	<i>Protium puncticulatum</i> Macbride	BURSERACEAE	5.0	15.0
122	Cumala colorada	<i>Iryanthera sp.</i>	MYRISTICACEAE	12.0	21.6
123	Copal	<i>Protium puncticulatum</i> Macbride	BURSERACEAE	6.0	13.7
124	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	8.0	9.9
125	Isma Moena	<i>Endlicheria williamsii</i> O. C. Schmidt	LAURACEAE	9.0	14.6
126	cedro lila	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	MELIACEAE	9.0	20.4
127	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	12.0	10.5
128	Azucar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	LEGUMINOSAE	12.0	14.3
129	Sacha uvilla	<i>Pourouma sp.</i>	CECROPIACEAE	13.0	11.8
130	Yanavarilla	<i>Oliganthes sp.</i>	COMPOSITAE	20.0	26.4
131	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	12.0	11.1
132	Sinchona	<i>Cinchona sp.</i>	RUBIACEAE	14.0	17.2

133	Ishanga	<i>Urera sp.</i>	URTICACEAE	9.0	12.4
134	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	10.0	15.9
135	Manchlinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	13.0	44.6
136	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	20.0	27.4
137	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	11.0	33.4
138	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	9.0	13.7
139	Sapote	<i>Quararibea cordata</i> (H. et B.) Vischer	BOMBACACEAE	11.0	13.4
140	Ishanga	<i>Urera sp.</i>	URTICACEAE	6.0	12.7
141	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	11.0	15.9
142	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	7.5	13.4
143	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	8.0	27.1
144	Manchlinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	14.0	59.2
145	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	8.0	21.0
146	Palta moena	<i>Persea sp.</i>	LAURACEAE	11.0	19.4
147	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	7.0	14.3
148	Renaco	<i>Ficus sp.</i>	MORACEAE	7.0	41.4
149	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	13.0	29.9
150	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	8.0	30.2
151	Ishanga	<i>Urera sp.</i>	URTICACEAE	6.0	14.0
152	Sacha uvilla	<i>Pourouma sp.</i>	CECROPIACEAE	12.0	22.9
153	N.N			9.0	13.4
154	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	11.0	14.3
155	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	14.0	22.0
156	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	8.0	17.5
157	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	15.0	52.5
158	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	12.0	17.5
159	N.N			7.0	14.3
160	Elecho			8.0	23.9
161	Ishanga	<i>Urera sp.</i>	URTICACEAE	5.0	11.1
162	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	10.0	12.7
163	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	12.0	13.1
164	Yanavarilla	<i>Oliganthes sp.</i>	COMPOSITAE	9.0	12.1
165	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	12.0	25.5
166	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	5.0	11.1
167	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	7.0	13.7
168	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	6.0	12.1
169	Shimbillo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSOIDEAE	18.0	19.7
170	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	9.0	16.9
171	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	17.0	32.8
172	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	8.0	21.3
173	Cetico	<i>Cecropia sp.</i>	MORACEAE	13.0	14.3
174	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	10.0	15.9
175	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	12.0	19.1
176	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	13.0	27.1
177	Renaco	<i>Ficus sp.</i>	MORACEAE	10.0	13.7
178	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	12.0	27.1
179	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	12.5	22.9

180	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	10.0	12.7
181	Pucapalo			11.0	17.5
182	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	13.0	25.5
183	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	12.0	23.9
184	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	10.0	11.5
185	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	13.0	23.9
186	Azucar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	LEGUMINOSAE	12.0	19.1
187	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	11.0	14.3
188	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	13.0	30.2
189	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	16.0	19.7
190	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	9.0	12.1
191	Azucar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	LEGUMINOSAE	11.0	15.9
192	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	10.0	19.1
193	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	8.0	15.9
194	Isma moena	<i>Endlicheria williamsii</i> O. C. Schmidt	LAURACEAE	7.0	12.7
195	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	9.0	22.3
196	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	19.0	57.3
197	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	14.0	14.3
198	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	12.0	44.6
199	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	9.0	19.7
200	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	10.0	38.2
201	N.N			9.0	31.8
202	Isma moena	<i>Endlicheria williamsii</i> O. C. Schmidt	LAURACEAE	14.0	16.3
203	Yanavarilla	<i>Oliganthes</i> sp.	COMPOSITAE	13.0	15.5
204	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	15.0	17.6
205	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	10.0	10.8
206	Sanango			7.0	14.1
207	Ishanga	<i>Urera</i> sp.	URTICACEAE	12.0	13.1
208	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	9.0	13.1
209	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	8.5	21.0
210	Asna huayo			13.0	10.5
211	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	15.0	13.1
212	Machete vaina	<i>Bauhinia tarapotensis</i> Benth	LEGUMINOSAE	17.0	15.0
213	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	14.0	23.6
214	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	25.0	43.9
215	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	9.0	20.7
216	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	7.0	14.0
217	Icoja	<i>Unonopsis floribunda</i> Diels	ANNONACEAE	8.0	13.4
218	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	12.0	24.8
219	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	8.0	12.1
220	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	10.0	21.0
221	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	16.0	25.5
222	Icoja	<i>Unonopsis floribunda</i> Diels	ANNONACEAE	15.0	16.6
223	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	9.0	11.1
224	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	12.0	15.3
225	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	13.0	11.1
226	Isma moena	<i>Endlicheria williamsii</i> O. C. Schmidt	LAURACEAE	7.0	15.3

227	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	16.0	27.1
228	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	15.0	20.4
229	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	6.0	15.6
230	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	8.0	15.6
231	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	18.0	23.9
232	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	12.0	19.7
233	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	13.0	18.8
234	Chimicua (seco)	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	10.0	19.1
235	N.N			8.0	18.1
236	N.N			21.0	25.8
237	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	13.0	16.6
238	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	9.0	13.1
239	Icoja	<i>Unonopsis floribunda</i> Diels	ANNONACEAE	8.0	11.5
240	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	10.0	12.1
241	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	12.0	13.4
242	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	8.0	10.2
243	Isma moena	<i>Endlicheria williamsii</i> O. C. Schmidt	LAURACEAE	5.0	51.6
244	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	20.0	29.6
245	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	15.0	11.5
246	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	12.0	12.1
247	cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	11.0	27.7
248	cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	22.0	29.9
249	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	17.0	14.0
250	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	13.0	13.4
251	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	12.0	11.5
252	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	8.0	19.4
253	Chimicua			7.0	21.6
254	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	9.0	12.1
255	Elecho			8.5	14.6
256	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	7.0	15.6
257	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	6.0	15.0
258	cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	9.0	16.2
259	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	10.0	10.2
260	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	10.0	10.2
261	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	22.0	0.5
262	Pucapalo			16.0	17.2
263	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	9.0	14.0
264	Icoja	<i>Unonopsis floribunda</i> Diels	ANNONACEAE	11.0	22.6
265	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	12.0	19.1
266	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	16.0	15.3
267	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	6.0	11.5
268	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	23.0	0.4
269	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	22.0	23.9
270	cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	7.0	10.8
271	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	12.0	0.6
272	cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	5.0	11.5
273	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	20.0	19.7

274	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	16.0	14.3
275	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	10.0	27.4
276	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	13.0	14.6
277	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	6.0	21.0
278	Azucar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	LEGUMINOSAE	20.0	45.8
279	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	22.0	41.1
280	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	18.0	24.2
281	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	16.0	26.7
282	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	15.0	22.0
283	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	12.0	11.1
284	cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	10.0	11.1
285	Achuni caspi			6.0	10.5
286	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	16.0	17.5
287	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	14.0	16.6
288	Isma moena	<i>Endlicheria williamsii</i> O. C. Schmidt	LAURACEAE	25.0	42.7
289	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	23.0	27.4
290	Canela moena	<i>Pleurothyrium bifidum</i> Nees	LAURACEAE	12.0	10.2
291	Palta moena	<i>Persea</i> sp.	LAURACEAE	7.0	13.4
292	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	6.0	11.1
293	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	15.0	20.7
294	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	10.0	22.6
295	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	13.0	20.4
296	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	15.0	21.3
297	Moena negra	<i>Aniba perutilis</i> Hemsley	LAURACEAE	12.0	16.9
298	cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	13.0	17.2
299	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	15.0	11.1
300	Azucar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	LEGUMINOSAE	26.0	33.4
301	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	8.0	13.4
302	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	24.0	51.9
303	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	26.0	63.0
304	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	12.0	13.1
305	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	13.0	17.2
306	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	26.0	29.3
307	Shimbillo de altura	<i>Inga altissima</i> Ducke	MIMOSOIDEAE	12.0	13.0
308	Shiringuilla	<i>Hevea</i> sp.	EUPHORBIACEAE	15.0	14.0
309	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	10.0	18.0
310	Quina colorada	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	RUBIACEAE	18.0	28.0
311	Requia altura	<i>Guarea Kunthiana</i> A. Juss.	MELIACEAE	14.0	15.0
312	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	6.0	13.5
313	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	22.0	44.0
314	Rifarillo marrón	<i>Terminalia</i> sp.	COMBRETACEAE	15.0	18.0
315	Rifarillo marrón	<i>Terminalia</i> sp.	COMBRETACEAE	12.0	16.0
316	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	10.0	16.0
317	Vismia blanco	<i>Vismia</i> sp.	CLUSIACEAE	12.0	24.0
318	Rifarillo blanco	<i>Terminalia oblonga</i> (R. et P.) Eichler <i>Chorodendron swietenoides</i> (Gleason)	COMBRETACEAE	9.0	13.0
319	Sacha caoba	Ducke	BOMBACACEAE	15.0	18.0
320	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	8.0	11.0

321	Apacharama	<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) St. Hil.	HUMIRIACEAE	7.0	10.0
322	Chuchuhuasa	<i>Heisteria pallida</i> Engler	OLACACEAE	15.0	22.0
323	Shiringuilla	<i>Hevea</i> sp.	EUPHORBIACEAE	15.0	14.0
324	Rifarillo	<i>Terminalia oblonga</i> (R. et P.) Eichler	COMBRETACEAE	10.0	13.0
325	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	12.0	14.0
326	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	12.0	10.0
327	Sacha uvilla	<i>Pourouma</i> sp.	CECROPIACEAE	9.0	11.0
328	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	15.0	21.0
329	Palo aceite	<i>Copaifera</i> sp.	STERCULIACEAE	12.0	15.0
330	Quillobordon	<i>Aspidosperma vargasii</i> A. DC.	APOCYNACEAE	10.0	14.0
331	Yacushapana	<i>Terminalia amazonia</i> (J. Gmel.) Exell	COMBRETACEAE	8.0	15.0
332	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	15.0	22.0
333	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	10.0	12.0
334	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	12.0	18.0
335	Palo azufre	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	GUTTIFERAE	18.0	22.0
336	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	15.0	27.0
337	Cumala blanca	<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb.	MYRISTICACEAE	12.0	13.0
338	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	18.0	22.0
339	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	12.0	12.0
340	Palo azufre	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	GUTTIFERAE	15.0	17.0
341	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	10.0	18.0
342	Pichirina colorado	<i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers.	CLUSIACEAE	10.0	11.0
343	Rifarillo	<i>Terminalia oblonga</i> (R. et P.) Eichler	COMBRETACEAE	8.0	14.0
344	Shiringuilla	<i>Hevea</i> sp.	EUPHORBIACEAE	10.0	12.0
345	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	12.0	14.0
346	Canilla de vieja	<i>Piper gaudichaudianum</i> Kunth.	PIPERACEAE	15.0	13.0
347	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	10.0	14.0
348	Sapote de monte	<i>Quararibea cordata</i> (H. et B.) Vischer	BOMBACACEAE	10.0	17.0
349	Cedro huasca	<i>Cedrela</i> sp.	MELIACEAE	15.0	16.0
350	Chontaquiro	<i>Diplotropis martiusii</i> Bent.	FABACEAE	12.0	26.0
351	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	9.0	11.0
352	Paloma micuna	<i>Alchornea triplenervia</i> (Spreng.) Muell. Arg	EUPHORBIACEAE	12.0	10.0
353	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	12.0	24.0
354	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	10.0	11.0
355	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	9.0	12.0
356	Moena rosada	<i>Aniba roseadora</i> Ducke	LAURACEAE	15.0	27.0
357	Quina	<i>Cinchona officinalis</i> L.	RUBIACEAE	10.0	17.0
358	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	12.0	27.0
359	Calisaya	<i>Cinchona officinalis</i> L.	RUBIACEAE	10.0	13.0
360	Sacha uvilla	<i>Pourouma</i> sp.	CECROPIACEAE	12.0	18.0
361	Rifarillo blanco	<i>Terminalia oblonga</i> (R. et P.) Eichler	COMBRETACEAE	10.0	11.0
362	Canilla de vieja	<i>Piper gaudichaudianum</i> Kunth.	PIPERACEAE	8.0	15.0
363	Bolaina	<i>Muntingia calabura</i> L.	ELAEOCARPACEAE	12.0	12.0
364	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	12.0	15.0
365	Pashaco quillosa	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	CAESALPINACEAE	10.0	12.0
366	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	10.0	10.0
367	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	15.0	22.0

368	Requia altura	<i>Guarea Kunthiana</i> A. Juss.	MELIACEAE	12.0	12.0
369	Cedro huasca	<i>Cedrela</i> sp.	MELIACEAE	12.0	11.0
370	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	15.0	17.0
371	Rifarillo	<i>Terminalia oblonga</i> (R. et P.) Eichler	COMBRETACEAE	10.0	14.0
372	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	15.0	24.0
373	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	15.0	13.0
374	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	10.0	11.0
375	Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i> R. et P.	MORACEAE	15.0	37.0
376	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	15.0	36.0
377	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	15.0	26.0
378	Yacushapana	<i>Terminalia amazonia</i> (J. Gmel.) Exell	COMBRETACEAE	10.0	16.0
379	Shiringuilla	<i>Hevea</i> sp.	EUPHORBIACEAE	11.0	10.0
380	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	22.0	43.0
381	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	10.0	15.0
382	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	12.0	11.0
383	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	15.0	14.0
384	Anacaspí	<i>Apuleia molaris</i> Spruce ex Benth.	CAESALPINACEAE	15.0	22.0
385	Anacaspí	<i>Apuleia molaris</i> Spruce ex Benth.	CAESALPINACEAE	15.0	19.0
386	Remocaspi	<i>Aspidosperma excelsum</i> Benth	APOCYNACEAE	15.0	21.0
387	Mashonaste	<i>Anonocarpus amazonicus</i> Ducke	MORACEAE	15.0	21.0
388	Estoraque	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms.	LEGUMINOSAE	15.0	12.0
389	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	18.0	18.0
390	Iguana caspi			10.0	22.0
391	Quillobordon	<i>Aspidosperma vargasii</i> A. DC.	APOCYNACEAE	10.0	14.0
392	Anacaspí	<i>Apuleia molaris</i> Spruce ex Benth.	CAESALPINACEAE	15.0	24.0
393	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	12.0	11.0
394	Anacaspí	<i>Apuleia molaris</i> Spruce ex Benth.	CAESALPINACEAE	8.0	10.0
395	Cumala blanca	<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb.	MYRISTICACEAE	20.0	36.0
396	Ucshaqui	<i>Sclerolobium</i> sp.	LEGUMINOSAE	10.0	11.0
397	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	22.0	44.0
398	Huayruro	<i>Ormosia</i> sp.	LEGUMINOSAE	15.0	12.0
399	Huayruro	<i>Ormosia</i> sp.	LEGUMINOSAE	15.0	25.0
400	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	20.0	44.0
401	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	10.0	17.0
402	Umari	<i>Poraqueiba sericea</i> Tul.	ICACINACEAE	12.0	18.0
403	Renaquillo	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	10.0	12.0
404	Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i> R. et P.	MORACEAE	15.0	24.0
405	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	15.0	43.0
406	Requia	<i>Guarea multiflora</i> A. Juss.	MELIACEAE	10.0	45.0
407	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	15.0	22.0
408	Cascarilla	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl.	RUBIACEAE	15.0	26.0
409	shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	22.0	35.0
410	Anonilla			15.0	25.0
411	Sapote de monte	<i>Quararibea cordata</i> (H. et B.) Vischer	BOMBACACEAE	10.0	12.0
412	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	20.0	45.0
413	Palo blanco	<i>Aleis peruviana</i> Standl	RUBIACEAE	12.0	13.0
414	Sapote	<i>Quararibea cordata</i> (H. et B.) Vischer	BOMBACACEAE	10.0	12.0

415	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	10.0	13.0
416	Vismia	<i>Vismia</i> sp.	CLUSIACEAE	10.0	16.0
417	Huimba blanca	<i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K. Schum.	BOMBACACEAE	20.0	22.0
418	Cedro huasca	<i>Cedrela</i> sp.	MELIACEAE	10.0	16.0
419	Quillobordon	<i>Aspidosperma vargasii</i> A. DC.	APOCYNACEAE	12.0	21.0
420	Cumala colorada	<i>Iryanthera</i> sp.	MYRISTICACEAE	12.0	18.0
421	Palo blanco	<i>Alseis peruviana</i> Standl	RUBIACEAE	10.0	14.0
422	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	10.0	12.0
423	Tachigalia	<i>Tachigalia</i> sp.	CAESALPINACEAE	12.0	39.0
424	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	8.0	14.0
425	Palo blanco	<i>Alseis peruviana</i> Standl	RUBIACEAE	25.0	69.0
426	Achote caspi	<i>Bixa orellana</i> L.	BIXACEAE	10.0	15.0
427	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	8.0	13.0
428	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	8.0	10.0
429	Vismia	<i>Vismia</i> sp.	CLUSIACEAE	10.0	18.0
430	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	10.0	11.0
431	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	20.0	32.0
432	Mashonaste	<i>Anonocarpus amazonicus</i> Ducke	MORACEAE	12.0	14.0
433	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	20.0	39.0
434	Cedro huasca	<i>Cedrela</i> sp.	MELIACEAE	19.0	25.0
435	Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i> R. et P.	MORACEAE	15.0	21.0
436	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	19.0	21.0
437	Palo azufre	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	GUTTIFERAE	12.0	19.0
438	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	15.0	20.0
439	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	15.0	25.0
440	Cumala blanca	<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb.	MYRISTICACEAE	10.0	10.0
441	Cedro huasca	<i>Cedrela</i> sp.	MELIACEAE	20.0	52.0
442	Apacharama	<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) St. Hil.	HUMIRIACEAE	10.0	18.0
443	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	15.0	25.0
444	Caimitillo	<i>Pouteria</i> sp.	SAPOTACEAE	15.0	17.0
445	Carahuasca	<i>Gutteria hyposericea</i> Diels	ANNONACEAE	10.0	14.0
446	Espintana	<i>Gutteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	12.0	18.0
447	Alcanfor	<i>Crytocaria</i> sp.	LAURACEAE	12.0	18.0
448	Vismia	<i>Vismia</i> sp.	CLUSIACEAE	9.0	18.0
449	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	10.0	15.0
450	Palo azufre	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	GUTTIFERAE	10.0	11.0
451	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	15.0	21.0
452	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	12.0	17.0
453	Manchinga colorada	<i>Brosimum</i> sp.	MORACEAE	15.0	22.0
454	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	22.0	53.0
455	Quillobordon	<i>Aspidosperma vargasii</i> A. DC.	APOCYNACEAE	16.0	22.0
456	Chamiza	<i>Anthodiscus peruanus</i> Baillon	CARYOCARACEAE	16.0	27.0
457	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	15.0	28.0
458	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	10.0	16.0
459	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	20.0	48.0
460	Cedro huasca	<i>Cedrela</i> sp.	MELIACEAE	22.0	47.0
461	Shimbillo	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	15.0	21.0

462	Quina	<i>Cinchona officinalis</i> L.	RUBIACEAE	20.0	24.0
463	Anacaspí	<i>Apuleia molaris</i> Spruce ex Benth.	CAESALPINACEAE	15.0	26.0
464	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	10.0	17.0
465	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	20.0	34.0
466	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	10.0	34.0
467	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	15.0	28.0
468	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	12.0	15.0
469	Cumala colorada	<i>Iryanthera</i> sp.	MYRISTICACEAE	15.0	53.0
470	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	20.0	43.0
471	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	15.0	25.0
472	Leche caspi	<i>Couma macrocarpa</i> Barb. Rodr.	APOCYNACEAE	12.0	14.0
473	Cedro huasca	<i>Cedrela</i> sp.	MELIACEAE	10.0	12.0
474	Chamiza	<i>Anthodiscus peruanus</i> Baillon	CARYOCARACEAE	25.0	54.0
475	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	22.0	54.0
476	Cetico colorado	<i>Cecropia</i> sp.	CECROPIACEAE	15.0	22.0
477	Achote caspi	<i>Bixa orellana</i> L.		10.0	13.0
478	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	15.0	38.0
479	Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i> R. et P.	MORACEAE	15.0	28.0
480	Shiringuilla	<i>Hevea</i> sp.	EUPHORBIACEAE	16.0	31.0
481	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	20.0	46.0
482	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	10.0	13.0
483	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	22.0	52.0
484	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	10.0	10.0
485	Chontaquiro	<i>Diploptropis martiusii</i> Bent.	FABACEAE	15.0	18.0
486	Favorito	<i>Osteophloem platyspermum</i> (A. DC.) Warb.	MYRISTICACEAE	20.0	41.0
487	Vismia	<i>Vismia</i> sp.	CLUSIACEAE	10.0	14.0
488	Palo azufre	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	GUTTIFERAE	12.0	15.0
489	Catahua amarilla	<i>Hura crepitans</i> L.	EUPHORBIACEAE	25.0	52.0
490	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	15.0	26.0
491	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	12.0	25.0
492	Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i> R. et P.	MORACEAE	12.0	27.0
493	Vismia	<i>Vismia</i> sp.	CLUSIACEAE	10.0	12.0
494	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	15.0	25.0
495	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	16.0	35.0
496	Quillobordon	<i>Aspidosperma vargasii</i> A. DC.	APOCYNACEAE	20.0	26.0
497	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	10.0	15.0
498	Caimito	<i>Pouteria</i> sp.	SAPOTACEAE	12.0	21.0
499	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	20.0	49.0
500	Peine de mono	<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.	TILIACEAE	12.0	18.0
501	Rifarillo	<i>Terminalia oblonga</i> (R. et P.) Eichler	COMBRETACEAE	12.0	17.0
502	Chimicua Sachamango	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	15.0	52.0
503	Shimbillo amarillo	Grias peruviana Miers	LECYTHIDACEAE	12.0	36.0
504	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	8.0	12.0
505	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	10.0	15.0
506	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	10.0	13.0
507	Cedro huasca	<i>Cedrela</i> sp.	MELIACEAE	20.0	64.0
508	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	15.0	38.0

509	Palo azufre	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	GUTTIFERAE	12.0	29.0
510	Catahua	<i>Hura crepitans</i> L.	EUPHORBIACEAE	10.0	22.0
511	Canilla de vieja	<i>Piper gaudichaudianum</i> Kunth.	PIPERACEAE	9.0	18.0
512	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	15.0	24.0
513	Cedro colorado	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	MELIACEAE	25.0	135.0
514	Quina	<i>Cinchona officinalis</i> L.	RUBIACEAE	10.0	26.0
515	Papaya caspi			15.0	32.0
516	Moena amarilla	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	LAURACEAE	10.0	15.0
517	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	15.0	28.0
518	Quillobordon	<i>Aspidosperma vargasii</i> A. DC.	APOCYNACEAE	12.0	18.0
519	Quina	<i>Cinchona officinalis</i> L.	RUBIACEAE	10.0	17.0
520	Ucshaqui	<i>Sclerobium</i> sp.	CAESALPINACEAE	10.0	13.0
521	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	15.0	19.0
522	Chontaqui	<i>Diptotropis martusii</i> Bent.	FABACEAE	12.0	28.0
523	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	15.0	26.0
524	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	20.0	24.0
525	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	16.0	29.0
526	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	20.0	30.0
527	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	18.0	39.0
528	Clusia	<i>Clusia</i> sp.	CLUSIACEAE	12.0	21.0
529	Vismia	<i>Vismia</i> sp.	CLUSIACEAE	10.0	12.0
530	Chimicua	<i>Pseudolmedia laevis</i> (R. et P.) Macbride	MORACEAE	15.0	28.0
531	Catahua	<i>Hura crepitans</i> L.	EUPHORBIACEAE	18.0	38.0
532	Quillobordon	<i>Aspidosperma vargasii</i> A. DC.	APOCYNACEAE	15.0	24.0
533	Renaco	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	15.0	34.0
534	Quina	<i>Cinchona officinalis</i> L.	RUBIACEAE	15.0	42.0
535	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	14.0	17.0
536	Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	MORACEAE	15.0	14.0
537	Shimbillo blanco	<i>Inga</i> sp.	MIMOSOIDEAE	18.0	16.0
538	Cumala	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Smith	MYRISTICACEAE	20.0	52.0
539	Espintana	<i>Guatteria citriodora</i> Ducke	ANNONACEAE	10.0	15.0
540	Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i> R. et P.	MORACEAE	16.0	22.0

Anexo 4. Modelo de elevación de terreno y variograma del PNTM

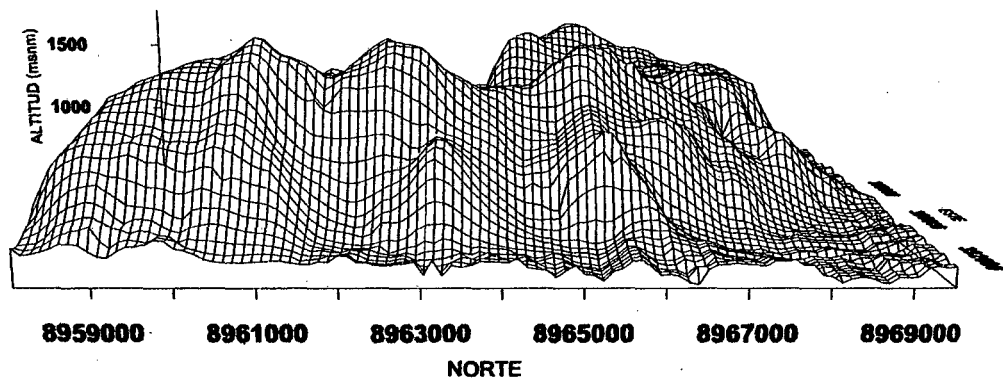


Figura 57. Interpolación Kriging de la imagen GE

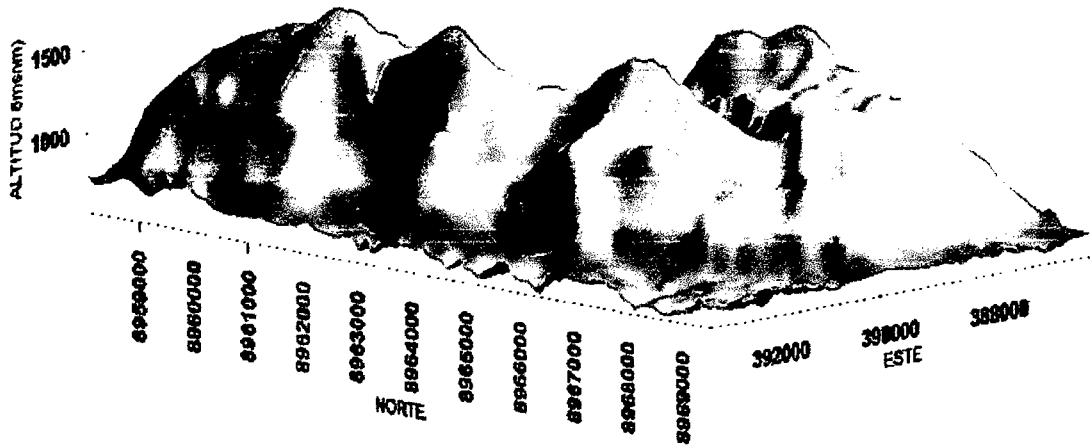


Figura 58. Cadena montañosa con Kriging del PNTM (GE)

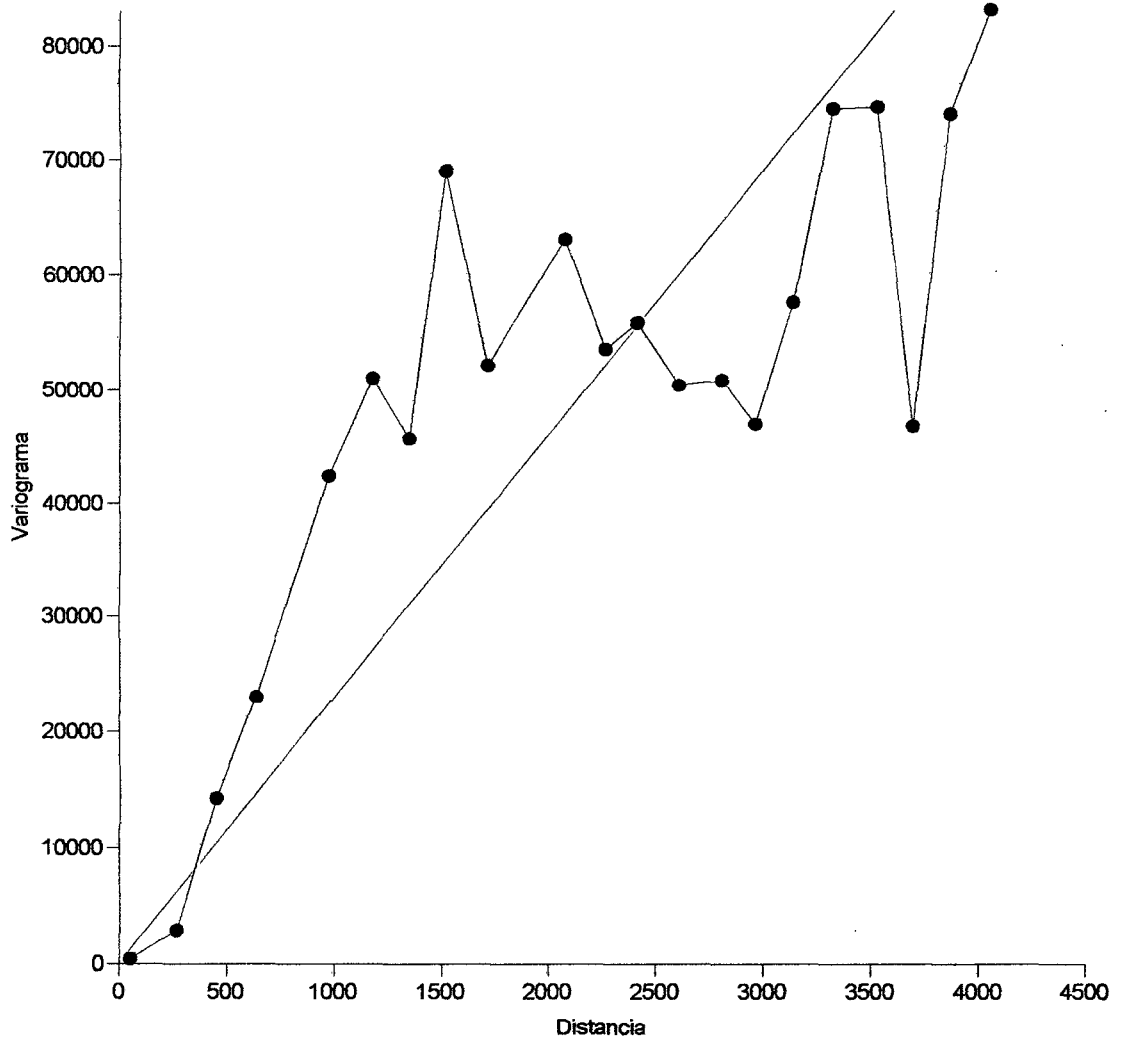


Figura 59. Variograma a partir de la carta nacional (IGN)

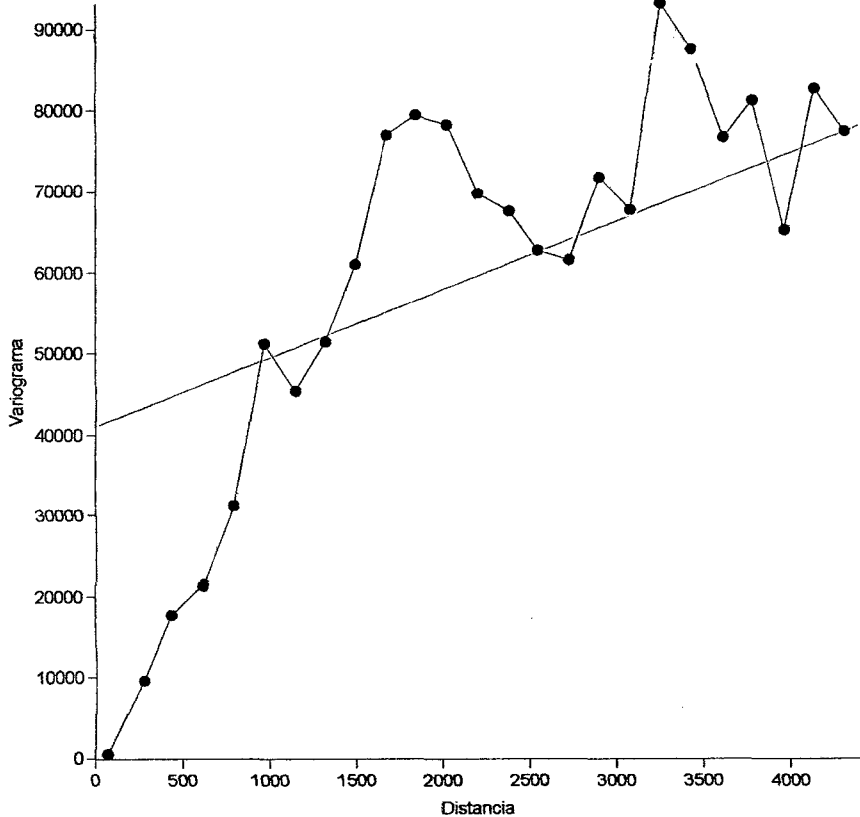


Figura 60. Variograma a partir de la carta nacional (SRTM)

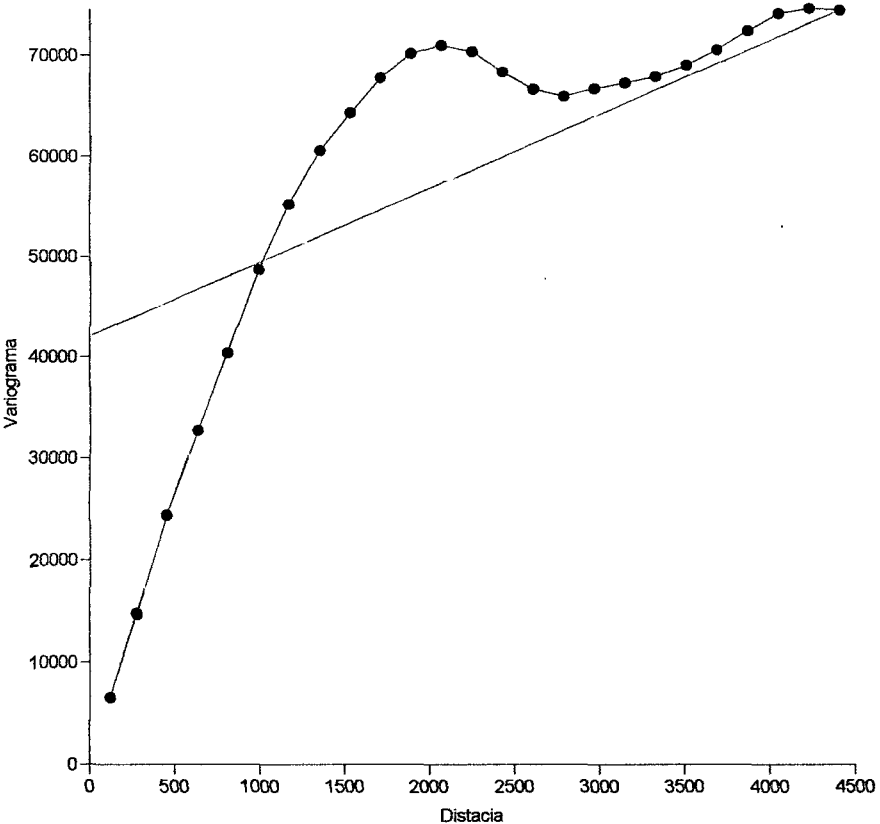


Figura 61. Variograma a partir de la imagen ASTER

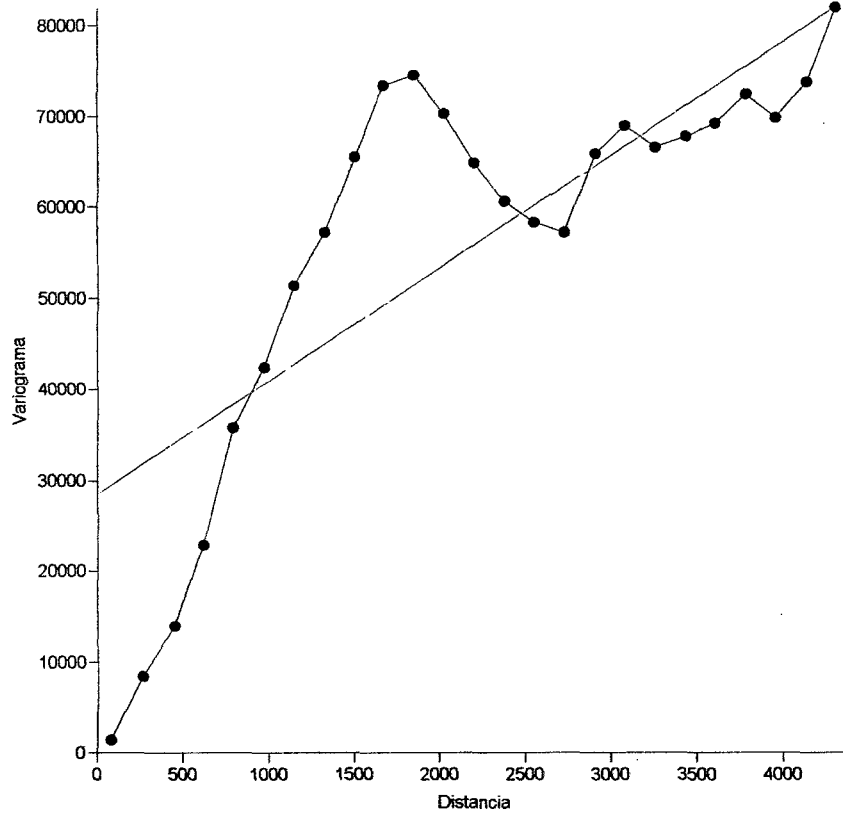


Figura 62. Variograma a partir de la imagen Google earth

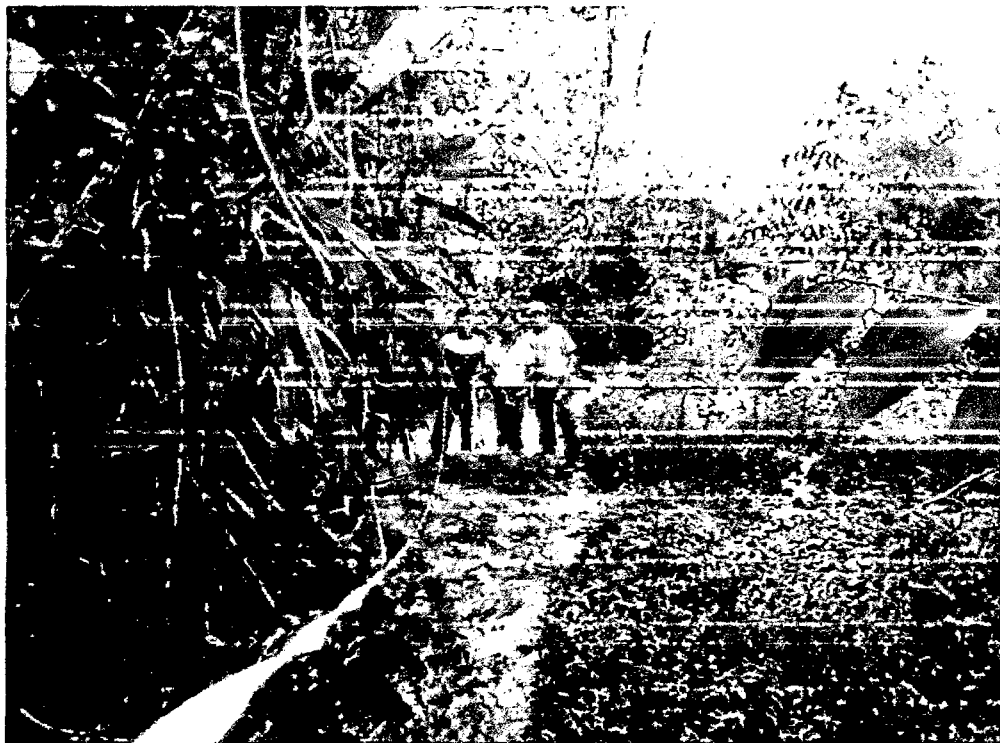


Figura 63. Levantamiento topográfico de la microcuenca Río Oro