UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
13/02/15
BIBLIOTECA CENTRAL
U N U

"COMPARACION DE LA DELIMITACION DE LA MICRO CUENCA "EL ZANCUDAL" CON HYDROLOGY Y ARCHYDRO TOOLS EN EL CICFOR – MACUYA"

Tesis para optar Título de

INGENIERO FORESTAL

Presentado por el Bachiller:

ENZO GIANFRANCO DEL AGUILA URRUNAGA

PUCALLPA – PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Nº 274/2014-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 11:18 AM del día 24 de septiembre del 2014, se reunieron los miembros del jurado, en la BUTACA Nº 1 de la Universidad Nacional de Ucayali la misma que fue conformada por los docentes:

DR. CARLOS FACHIN MATTOS	-	**PRESIDENTE**
ING. M.SC. FREDY VELASQUEZ RAMIREZ	-	**MIEMBRO**
ING. CLOVIS RAMIREZ RAMÍREZ	-	**MIEMBRO**

Procediendo a evaluar la tesis y sustentación titulada: **"COMPARACION DE LA DELIMITACION DE LA MICRO CUENCA "EL ZANCUDAL" CON HYDROLOGY Y ARCHYDRO TOOLS EN EL CICFOR – MACUYA"**; sustentado por el bachiller: ENZO GIANFRANCO DEL AGUILA URRUNAGA.

Terminando la exposición se procedió a la ronda de preguntas por los miembros del jurado, siendo absuelta satisfactoriamente, por el tesista, llegando a la siguiente conclusión; la tesis fue aprobada por **UNANIMIDAD**, con el calificado de **BUENO**.

Quedando el tesista expedito para obtener el título profesional de INGENIERO FORESTAL.

Siendo las 12:19 horas PM del mismo día, se dio por concluido el acto académico.

DR. CARLOS FACHIN MATTOS
PRESIDENTE

ING. M.SC. FREDY VELASQUEZ RAMIREZ
MIEMBRO

ING. CLOVIS RAMIREZ RAMÍREZ
MIEMBRO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi Madre Milena Urrunaga Sanchez, a mi Padre Pedro Del Aguila Pezo, a mi hermana Greysi Kiara Del águila Urrunaga, a mi enamorada Victoria Rivera Quicaña, a mis amigos y seres queridos que están a mi lado y que dia a dia me dan el aliento suficiente para seguir adelante; y por supuesto a Dios todo poderoso, que nos ilumina y guía en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A mis queridos padres por apoyarme todos estos años y que ahora rinden frutos.

A mi señorita enamorada que me apoyo en todo el proceso de realización de la tesis.

A la Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela de Ingeniería Forestal.

Al Ing. Fernando Velázquez de la cruz. Asesor de tesis, por su amistad, confianza y dedicación.

A los ingenieros miembros del Jurado de tesis: Carlos Fachin Mattos, Fredy Velásquez Ramírez y Clovis Ramírez Ramírez, por su desinteresado apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

A mis amigos y colegas que con su apoyo y ánimo incondicional, me alentaron en el cumplimiento de mis metas.

INDICE GENERAL

	Pag
CARATULA	i
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
CAPITULO II: MARCO TEORICO	3
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	3
2.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA	4
2.3. REPRESENTACIÓN DIGITAL DE LOS DATOS GEOGRÁFICOS	7
2.4. MODELOS DIGITALES DE TERRENO	10
2.4.1. Datos para un modelo digital de terreno	10
2.4.2. Interpolacion espacial	12
2.4.3. Análisis de un modelo digital de terreno	12
2.4.4. Modelos de Elevacion Digital (MED)	13
2.5. DATOS SATELITALES DE ELEVACIÓN DIGITAL	14
2.6. LOS DATOS DEL SRTM	15
2.7. CUENCAS	18
2.7.1. Concepto de una cuenca	18
2.7.2. Cuenca hidrografica	18
2.7.3. Principales características de una cuenca	19
2.7.4 Elementos de una cuenca	19
2.7.5. Partes de una cuenca	21
2.7.6 Tipos de cuencas	21

2.8. SOFTWARE ARCGIS..... 22
2.9 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 23
CAPITULO III: METODOLOGÍA..... 25
3.1. ÁREA DE ESTUDIO..... 23
3.2. MÉTODO DE ESTUDIO 27
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA..... 27
3.4. INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS..... 27
3.4.1. Materiales..... 27
3.4.2. Equipos..... 27
3.5. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... 28
3.6. TRATAMIENTO DE DATOS..... 30
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 32
4.1. INFORMACION OBTENIDA CON EL GLOBAL MAPPER 13..... 32
4.2. Delimitación de la microcuenca de la quebrada "el Zancudal", con el GPS Garmin 60 CSx..... 33
4.3. Delimitación de la microcuenca de la quebrada "El Zancudal" con la Extensión ArcHydro tools..... 34
4.4. Delimitación de la microcuenca de la quebrada "El Zancudal" con la Herramienta ArcHydrology..... 36
4.5. Caculo de errores de ArcHydro Tools..... 35
4.6. Calculo de errores de ArcHydrology 36
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 40
5.1 Conclusiones..... 40
5.2 Recomendaciones..... 41
BIBLIOGRAFIA 42
ANEXOS 46
ANEXO I: FORMATOS DE RECOLECCION DE DATOS PARA ANALISIS COMPARATIVO DEL ERROR PLANIMETRICO..... 47
ANEXO II: MAPAS..... 51
ANEXO III: PANEL FOTOGRAFICO DEL TRABAJO DE CAMPO..... 57

INDICE DE CUADROS

			Pag.
Cuadro 01	:	Cuadro de errores de geoubicacion de los centroides obtenidos con ArcHydro Tools	38
Cuadro 02	:	Cuadro de errores de geoubicación de los centroides obtenidos con ArcHydrology.....	39

INDICE DE FIGURAS

			Pag.
Figura	01:	Interpretación cartográfica raster (izquierda) y vectorial (derecha) de elementos geográficos	8
Figura	02:	Dimensión espacial de datos en un SIG	8
Figura	03:	Esquema general de un SIG indicando las capas temáticas que lo integran	10
Figura	04:	Imagen DEM	14
Figura	05:	Ejemplo de cuenca hidrográfica	18
Figura	06:	Partes de una cuenca hidrografica	21
Figura	07:	Mapa de ubicación del CICFOR - Macuya	26
Figura	08:	Imagen DEM superpuesta sobre el área del CICFOR - Macuya	32
Figura	09:	Mapa de delimitación de la microcuenca "El Zancudal" con el GPS Garmin 60 CSx	33
Figura	10:	Delimitación de la micro-cuenca "El Zancudal" con ArcHydro Tools	34
Figura	11:	Delimitación de la microcuenca "el zancudal" con Arc Hydrology	36
Figura	12:	Estructura del Model Builder para drenajes	37
Figura	13:	Estructura del Model Builder para cuencas	37

RESUMEN

Se comparo dos métodos de delimitacion de la microcuenca de la quebrada "El Zancudal", el primero con la herramienta ArcHydrology y el segundo con la extension ArcHydro Tools, utilizando la plataforma del software ArcGis 10.1, tomando como referencia, la delimitacion en el campo con GPS Garmin 60 CSx.

Se realizo esta investigación para determinar cuál de estos dos métodos de delimitacion de la cuenca, nos brinda menos errores y es la más óptima para su utilización.

El resultado pone en evidencia que la herramienta ArcHydrology es la que presenta menos errores, tanto en el eje X como en el eje Y, pero para la creación de drenajes se pudo observar que ArcHydro tools es una extensión de mayor presicion.

Palabras claves: Microcuenca, ArcHydrology, Archydro tools, ArcGis 10.1.

ABSTRACT

Two methods of watershed delimitation of the creek "The Zancudal", first with ArcHydrology and second with ArcHydro Tools extension, were compared using ArcGIS 10.1 software; by comparison with GPS Garmin 60 Csx in the field.

This research was conducted to determine which of these two methods of basin delimitation, give us fewer errors and is the most optimal for use.

The results shows that the ArcHydrology tool is one with less errors in both the X axis and Y axis; but for the delimitation of drains was observed that ArcHydro tools is an extension of greater accuracy.

Keywords: Micro-basin ArcHydrology, ArcHydro tools, ArcGIS 10.1

INTRODUCCION

La región de Ucayali, es una región con gran importancia hidrológica, debido a la presencia de ríos importantes, como el rio Ucayali, Aguaytía, Tamaya, entre otros constituyendo recursos muy importantes para el país.

En los últimos años los SIG contienen herramientas más poderosas para el manejo de cuencas, que permiten analizar, delimitar y comparar, entre muchas opciones de trabajo. ArcGIS 10.1 contiene la Herramienta ArcHydrology y tomando como base la plataforma del ArcGIS, se ha desarrollado la extensión ArcHydro tools, ambos softwares permiten delimitar cuencas y redes de drenaje a través de imágenes DEM.

Pero con el uso de estas herramientas y extensiones se obtienen resultados que se deben comparar con los datos reales registrados en el campo, para conocer el grado de error obtenido.

La microcuenca de la quebrada "El Zancudal", es una microcuenca de importancia para la Universidad Nacional de Ucayali, ya que aquí se encuentra la mayoría de las parcelas experimentales del Centro de Investigación y Capacitación Forestal – Macuya (CICFOR – Macuya).

El objetivo general fue delimitar la cuenca de la quebrada El Zancudal con la herramienta ArcHydrology y la extensión ArcHydro Tools y comparar los resultados obtenidos, con los datos de campo registrados con el GPS Garmin Map 60 CSx.

El objetivo específico fue determinar el error que se obtiene comparando los datos de la delimitación de la cuenca de la quebrada "El Zancudal", con ArcHydrology y ArcHydro, en contraste con los datos obtenidos en campo con el GPS Map 60 CSx.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FORMULACION DEL PROBLEMA

Según CANO Y LÓPEZ. (2011) mencionan que la cuenca hidrográfica está constituida por el territorio que delimita el curso de un río y el espacio donde se colecta el agua, que converge hacia un mismo cauce. Por decirlo de una manera más clara, es toda aquella superficie que cuando llueve el agua cae a un cauce o a una cuenca como la de la mano; esa área o vaso de captación es una cuenca o es el área drenada por un río.

Tradicionalmente la delimitación de cuencas, se ha realizado mediante la interpretación de los mapas topográficos. Este proceso ha ido evolucionando con la tecnología. Hoy día los sistemas de información geográfica –SIG- proporcionan una gama amplia de aplicaciones y procesos, que pueden realizar de una forma más sencilla y rápida el análisis y delimitación de una cuenca (VILLALTA, 2011)

El programa ArcGIS 10.1, proporciona al usuario extensiones y herramientas, entre estos la extensión ArcHydro Tools y la herramienta Hydrology, que se utilizan en el análisis y procesamiento de información relacionada al recurso agua, en el manejo de las cuencas hidrográficas.

Los productos obtenidos con esta extensión y herramienta, son el resultado de un procesamiento digital, sin comprobación de campo. Por lo tanto es necesario conocer, cuanto se acerca a la realidad la información obtenida por estos medios.

Ante esta premisa se delimitará la microcuenca de la quebrada "El Zancudal" ubicado en el CICFOR – Macuya, el cual no representa una cuenca importante a nivel de la red hidrográfica del Perú, pero nos servirá para resolver la pregunta en cuestión: ¿Con cuál de los dos procedimientos, Hydrology o ArcHydro Tools, se obtiene una mejor delimitación de la microcuenca de la quebrada "El Zancudal"; comparado con los datos registrados en campo con el GPS Garmin Map 60 CSx.?

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

En la tesis doctoral "Fragmentación de la vegetación, análisis morfométrico y determinación de la escorrentía superficial en la cuenca del rio Cuale, Jalisco, México", uno de los objetivos consistió en delimitar la cuenca del río Cuale, con el uso de herramientas SIG y con apoyo de información cartográfica disponible (curvas de nivel e hidrología), que corresponden a las cartas topográficas del INEGI (2010), escala 1:50000, F13C69 Puerto Vallarta y F13C79 El Tuito.

El proceso se llevó a cabo en cuatro etapas: En la tercera etapa denominada Pre-procesado del terreno (Identificación del patrón de drenaje superficial); consistió en añadir el DEM al proceso relacionado con el pre-procesado del terreno, utilizando la herramienta ArcHydro Terrain Preprocessing y las funciones de reacondicionamiento del DEM (DEM recognition) que considera la información hidrográfica y la derivada del DEM y el relleno de depresiones (filling sinks) función que llena las cavidades presentes en el área de estudio. Estas herramientas permitieron delinear en pantalla la cuenca del rio Cuale (la cual presenta 26,993.82 ha con un perímetro de 117.19 km.) y la generación de la red de corrientes superficiales. (Cruz *et al.* 2013).

En anteriores trabajos de investigación realizados en el CICFOR – Macuya, se ha tratado de encontrar el mejor software y el mejor modelo de elevación digital, para delinear la divisoria de la microcuenca y de la red de drenaje de la quebrada "El Zancudal", con el menor error posible.

ESTELA (2011) realizo el trazo de un camino forestal con datos del Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Realizo un análisis cuantitativo de calidad de los DEM SRTM para el trazo de un camino forestal con ayuda del Software ARC GIS 9.3 en el área con cobertura vegetal. El análisis comparativo se basó en la definición de un trazo de camino digital y su posterior realización en el campo con ayuda de un GPS. Los resultados

indicaron que existe un cuadrado medio del error de (CME) de geo ubicación de 28.33 m horizontal y 8.14 m vertical.

HIDALGO (2012) realizó la Comparación de dos métodos de levantamiento de la divisoria de cuenca de la quebrada El Zancudal en el Centro de Investigación y Capacitación Forestal Cicfor – Macuya, donde el análisis comparativo consistió en la determinación de la calidad del MED de SRTM para delimitación de cuenca de la quebrada Zancudal, concluyendo que la geoubicación de la cuenca presento un CMEr de 34.86 metros a un 95% de nivel de confianza.

GUTIERREZ (2013) comparo la delimitación de la cuenca en campo comparado con la delimitación automática usando Hydrology y el DEM del SRTM, obteniendo un error planimétrico para los centroides y waypoints con un RMSEr de 84.132 y un índice de calidad cartográfica según la NSSDA de 141.114m de exactitud horizontal con un 95 % de nivel de confianza. El error vertical presenta un RMSEz de 9.474 y un índice de calidad cartográfico según la NSSDA de 18.569 de exactitud con un 95 % de nivel de confianza.

2.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

Los SIG constituyen una rama de la ciencia o disciplina que ha evolucionado y sigue evolucionando con tal rapidez, que la definición de lo que es o de lo que hace cambia y se amplía sin cesar, hasta el punto que lo único cierto es que cualquier definición que demos de ella ahora ya no será válida dentro de 5 ó 10 años. Esta rápida evolución ha motivado una gran controversia no sólo acerca de su definición, sino también sobre el lugar que los SIG ocupan en una jerarquía de campos análogos y los criterios en los que se ha de basar su tipología. (FAO, 2014).

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés Geographic Information System) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar,

manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. (WIKIPEDIA, 2014).

Un sistema de información geográfica es un sistema para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico que se estructura en diferentes conjuntos de información. (ESRI, 2014).

Un sistema de información geográfica se puede contemplar como un conjunto de mapas de la misma porción del terreno, donde un lugar concreto un objeto tiene la misma localización (las mismas coordenadas) en todos los mapas incluidos en el sistema de información. De este modo, resulta posible analizar de sus características espaciales y temáticas para obtener un mejor conocimiento de esta zona. (BOSQUE, 2000).

En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones. (WIKIPEDIA, 2014).

Suele definirse un sistema de información geográfica (SIG) como un «sistema asistido por computador para la captura, almacenamiento, recuperación, análisis y despliegue de información espacial». Pero esta definición es vaga, en cuanto a distinguir un SIG de un sistema de cartografía asistido por computador. Una mejor definición de SIG debe basarse en el significado de sistema de información, que consiste en un «proceso de obtención, almacenamiento y análisis de datos que permite generar información útil para la toma de decisiones. (MOREIRA, 1996).

Las áreas de uso práctico de un sistema de información geográfica son muy variadas; desde inventario de los recursos naturales y humanos hasta el control y la gestión de los datos catastrales y de propiedad urbana y rustica (catastro multipropósito), la planificación y la gestión urbana y de los equipamientos, la cartografía y el control de grandes instalaciones (red telefónica, redes de abastecimiento y evaluación de aguas, redes de transporte, etc.) En realidad un sistema de información geográfica es útil en cualquier área donde sea necesario el manejo de información espacial. (BOSQUE, 2000).

La tecnología de los Sistemas de Información Geográfica puede ser utilizada para investigaciones científicas, la gestión de los recursos, gestión de activos, la arqueología, la evaluación del impacto ambiental, la planificación urbana, la cartografía, la sociología, la geografía histórica, el marketing, la logística por nombrar unos pocos. Por ejemplo, un SIG podría permitir a los grupos de emergencia calcular fácilmente los tiempos de respuesta en caso de un desastre natural, el SIG puede ser usado para encontrar los humedales que necesitan protección contra la contaminación, o pueden ser utilizados por una empresa para ubicar un nuevo negocio y aprovechar las ventajas de una zona de mercado con escasa competencia. (WIKIPEDIA, 2014).

Un SIG permite realizar análisis espaciales complejos, como el área máxima ocupada por una especie en distintas escalas temporales, el porcentaje de esta área superpuesto con la distribución de otra especie, el porcentaje del área ocupado por cada tipo de suelo; así como análisis de dependencia entre variables, como el número total de individuos o especies monitoreados en un determinado rango altitudinal o unidad de vegetación y los diferentes tipos de hábitat ocupados por una especie. Permite además formular modelos, usando la base de datos digital para simular los efectos de un proceso dado, en un tiempo determinado, con diferentes escenarios". (MOREIRA, 1996).

2.3. REPRESENTACIÓN DIGITAL DE LOS DATOS GEOGRÁFICOS.

El mapa tradicional es una representación analógica de la realidad, por lo tanto, no está adaptado para ser procesado por un ordenador que utiliza datos en formato digital. Por ello el primer paso que es necesario realizar para introducir los datos en un SIG, es su conversión al formato digital. Lo más problemático de este proceso es la representación en esta forma de la componente espacial de los datos geográficos. (BOSQUE, 2000).

Los SIG que se centran en el manejo de datos en formato vectorial son más populares en el mercado. No obstante, los SIG raster son muy utilizados en estudios que requieran la generación de capas continuas, necesarias en fenómenos no discretos; también en estudios medioambientales donde no se requiere una excesiva precisión espacial (contaminación atmosférica, distribución de temperaturas, localización de especies marinas, análisis geológicos, etc.). (WIKIPEDIA, 2014)

Un modelo de datos, es siempre una representación simplificada de la realidad. Tal simplificación se puede llevar a acabo de muchas maneras, en función de los objetos que sea necesario cubrir al establecerlo. De esta manera existen varios tipos de modelos de datos de los objetos geográficos: el modelo vectorial, el raster, el jerárquico-recursivo, y cada uno de ellos mejor preparado para llevar acabo ciertas tareas. (BOSQUE, 2000).

El modelo raster es el dual lógico del anterior planteamiento vectorial. Ahora en lugar de codificar las fronteras de los objetos, se registra el interior y sus límites quedan implícitamente representados. Un tipo de datos raster es, en esencia, cualquier tipo de imagen digital representada en mallas. El modelo de SIG raster o de retícula se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor. (WIKIPEDIA, 2014).

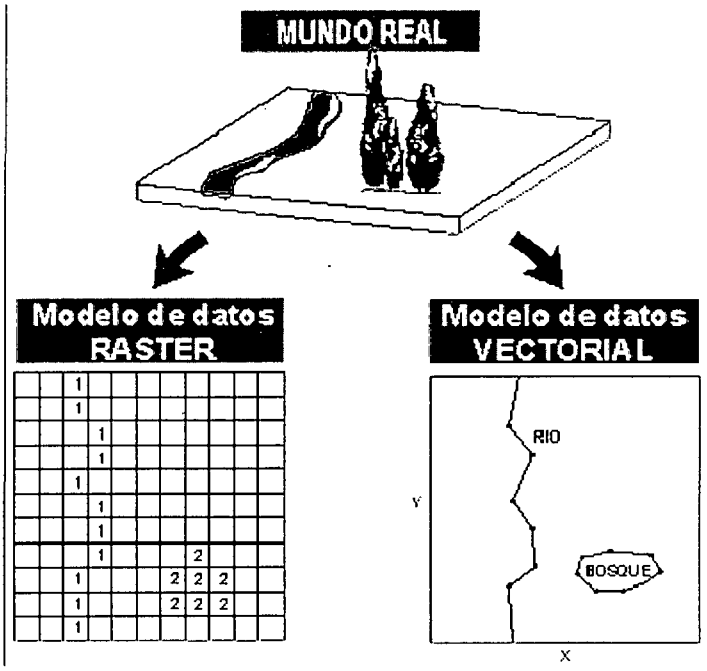


Figura 01: Interpretación cartográfica raster (izquierda) y vectorial (derecha) de elementos geográficos.

El modelo vectorial representa los objetos espaciales codificando, de modo explícito, sus fronteras (el límite o perímetro que separa el objeto del entorno. Las líneas que actúan de fronteras son representadas mediante las coordenadas de los puntos o vértices que delimitan los segmentos rectos que las forman. (BOSQUE, 2000).

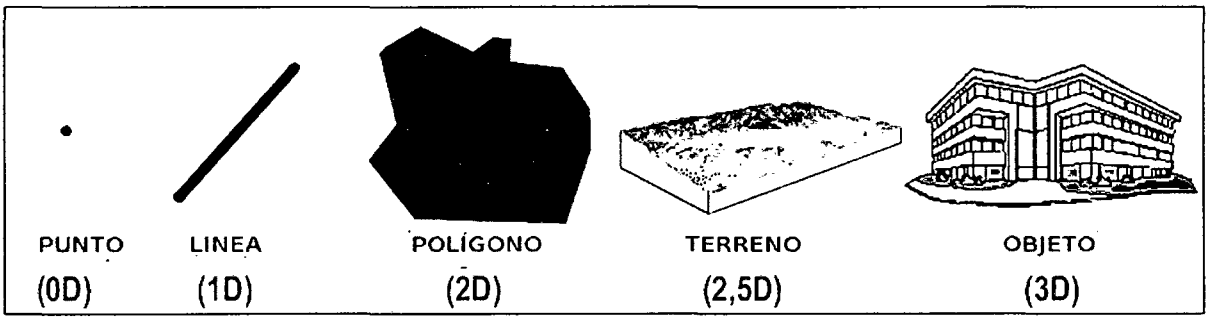


Figura 02: Dimensión espacial de datos en un SIG.

Para modelar digitalmente las entidades del mundo real se utilizan tres elementos geométricos: el punto, la línea y el polígono. (WIKIPEDIA, 2014).

a. Puntos

Los puntos se utilizan para las entidades geográficas que mejor pueden ser expresadas por un único punto de referencia. En otras palabras: la simple ubicación. Por ejemplo, las localizaciones de los pozos, picos de elevaciones o puntos de interés. Los puntos transmiten la menor cantidad de información de estos tipos de archivo y no son posibles las mediciones. También se pueden utilizar para representar zonas a una escala pequeña. Por ejemplo, las ciudades en un mapa del mundo estarán representadas por puntos en lugar de polígonos.

b. Líneas o polilíneas

Las líneas unidimensionales o polilíneas son usadas para rasgos lineales como ríos, caminos, ferrocarriles, rastros, líneas topográficas o curvas de nivel. De igual forma que en las entidades puntuales, en pequeñas escalas pueden ser utilizados para representar polígonos. En los elementos lineales puede medirse la distancia.

c. Polígonos

Los polígonos bidimensionales se utilizan para representar elementos geográficos que cubren un área particular de la superficie de la tierra. Estas entidades pueden representar lagos, límites de parques naturales, edificios, provincias, o los usos del suelo, por ejemplo. Los polígonos transmiten la mayor cantidad de información en archivos con datos vectoriales y en ellos se pueden medir el perímetro y el área.



Figura 03: Esquema general de un SIG indicando las capas temáticas que lo Integran.

2.4. MODELOS DIGITALES DEL TERRENO.

2.4.1. Datos para un modelo digital de terreno.

Un Modelo Digital de Terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continúa. El tipo de Modelo Digital del Terreno (MDT) más conocido es el Modelo Digital de Elevaciones (MDE), un caso particular de aquel, en el que la variable representada es la cota del terreno en relación a un sistema de referencia concreto,1. No obstante no hay un uso normalizado en la literatura científica de los términos Modelo Digital de Elevaciones (MDE), Modelo Digital del Terreno (MDT) y Modelo Digital de Superficie (MDS). En la mayoría de los casos, el término Modelo Digital de Superficie se refiere a la superficie de la tierra e incluye todos los objetos que esta contiene. En cambio un MDT representa la superficie de suelo desnudo y sin ningún objeto, como la vegetación o los edificios. (WIKIPEDIA, 2014).

Puntos: En cada uno de los puntos se han medido las coordenadas X e Y de la posición geométrica y la Z de la altitud. Existen dos modalidades según los puntos estén dispuestos regularmente sobre el terreno (matriz de altitudes) o distribuidos en forma irregular (organización de red irregular de triángulos, TIN). Líneas: En este caso se usa una línea (conjunto de segmentos rectos) para recoger la localización espacial y altitud de los datos. Es posible emplear tanto las propias curvas de nivel tomadas de un mapa fuente como las líneas estructuras del relieve. (BOSQUE, 2000).

Un modelo digital del terreno se puede representar, principalmente, mediante dos modelos de datos: la matriz de alturas (organización raster) y la estructura TIN (red de triángulos irregulares). Ambos están basados en el empleo de puntos para la representación de la información que constituye el modelo digital del terreno. En los dos casos el modelo se genera a partir de una muestra de datos puntuales repartidos de algún modo, en muchas ocasiones aleatoriamente sobre el plano. (BOSQUE, 2000).

Red Irregular de Triángulos (TIN), a partir de un conjunto de puntos, en los que se conoce la elevación, se traza un conjunto de triángulos, formados por tripletas de puntos cercanos no colineales, formando un mosaico. En ocasiones se parte de las curvas de nivel que, tras descomponerse en un conjunto de puntos, genera una red irregular de triángulos. En este caso hay que tener en cuenta que pueden formarse triángulos a partir de puntos extraídos de la misma curva de nivel, por tanto con el mismo valor, que darán lugar a triángulos planos. Tienen entre sus ventajas el adaptarse mejor a las irregularidades del terreno, ocupar menos espacio y dar muy buenos resultados a la hora de visualizar modelos en 3D o determinar cuencas visuales. (FELICÍSIMO, 1994)

Las curvas de nivel constituyen una fuente especialmente conveniente para generar un modelo digital del terreno. Su densidad varía del modo más adecuado para obtener una representación fidedigna del fenómeno de altitud. Como es conocida las curvas guardan un intervalo mayor en zonas planas y están más cercanas en las zonas de relieve más movido, justamente la forma más adecuada para representar el fenómeno estudiado. (MATHEW, 2008)

2.4.2. Interpolación espacial.

La interpolación se puede definir como un procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio (punto no muestral, con un valor estimado), conociendo los valores de esa variable

en otras posiciones del espacio (puntos muestrales con valores reales). Habitualmente la generación de una estructura TIN parte de datos tomados en puntos, de cada uno de los cuales se conoce sus tres coordenadas: X, Y, y Z. En muchos casos, esta muestra de puntos ha sido extraída de una estructura raster, de las cuales han escogido algunos de los puntos que la componen. (BOSQUE, 2000).

2.4.3. Análisis de un modelo digital de terreno.

Se pueden diferenciar dos tipos de medidas diferentes que caracterizan a un MDT, y por lo tanto dos formas diferentes de análisis. Por un lado, las medidas que establecen la geometría general (pendiente) de la superficie y que, en lo esencial, depende de la posición absoluta de los puntos que la forman. En segundo lugar se pueden estudiar las relaciones relativas entre los puntos de la superficie, como son la medida de rugosidad y la fuerza del relieve y en general las medidas que establecen como se producen los flujos de un líquido sobre la superficie topográfica. (BOSQUE, 2000):

a. Pendiente

Una definición inicial del concepto pendiente seria "Variación de la altura entre dos puntos del territorio en relación a la distancia que los separa". La pendiente se puede expresar en fracción o en tantos por uno (el cociente entre la variación de la altura entre los dos puntos, numerador, y la distancia entre los dos puntos, denominador). Otro método de expresar la pendiente es en porcentajes, se multiplica por 100 la fracción anterior, el resultado mide la inclinación del terreno en el número de unidades verticales en relación a 100 unidades de distancia. (BOSQUE, 2000).

b. Hidrología

La actividad fluvial incluye un conjunto de procesos de gran importancia en el modelado de la superficie de la Tierra cuya unidad geomorfológica básica es la cuenca hidrográfica. Veremos en este capítulo que el tratamiento de los modelos digitales del terreno puede aportar resultados de interés en este campo basándose principalmente en la modelización de

los procesos hidrológicos más simples. En este contexto, deben definirse unos criterios básicos que sirvan de base para el tratamiento numérico posterior de los datos. El primero de ellos es el de línea de flujo, que puede definirse como el trayecto que, a partir de un punto inicial, sigue la línea de máxima pendiente. Una línea de flujo es una simulación simple del proceso de escorrentía superficial que, en un MDE, sólo debería finalizar en los supuestos de alcanzar una concavidad, desembocar en el mar o llegar al borde del modelo. (FELICISIMO, 1994)

2.4.4 Modelos de elevación digital (MED).

Un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados.

En los modelos digitales de elevación existen dos cualidades esenciales que son la exactitud y la resolución horizontal o grado de detalle digital de representación en formato digital, las cuales varían dependiendo del método que se emplea para generarlos y para el caso de los que son generados con tecnología LIDAR se obtienen modelos de alta resolución y gran exactitud (valores submétricos). (INEGI, 2014).

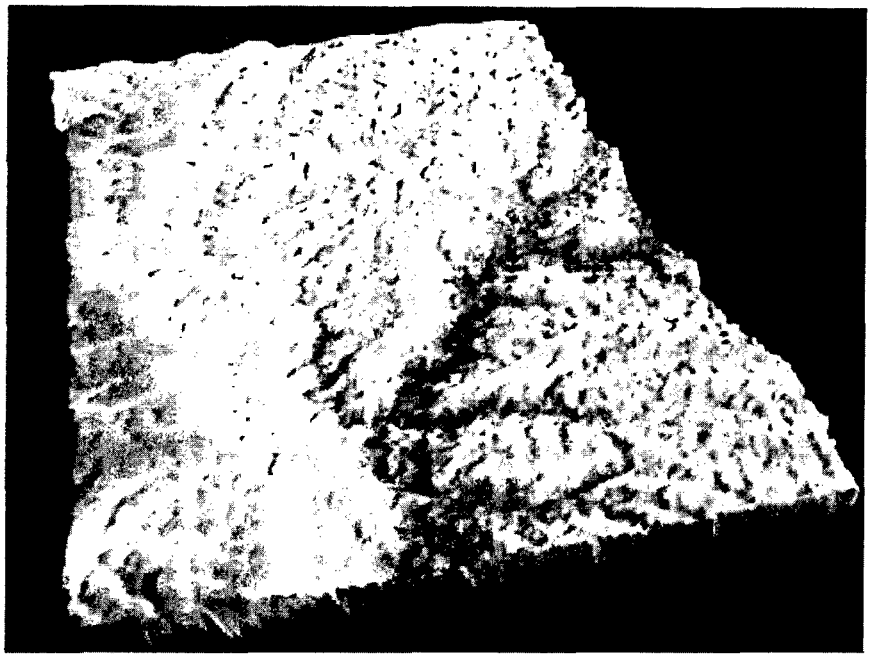


Figura 04: Imagen DEM.

2.5. DATOS SATELITALES DE ELEVACIÓN DIGITAL.

La topografía es un componente básico en muchos procesos superficiales de la tierra y un elemento en muchos análisis científicos para explicar y predecir estos procesos Nuestra capacidad para entender y modelar estos procesos dependen en gran parte de la calidad y consistencia de los datos topográficos (JARVIS *et al* 2004).

Modelar estos procesos con precisión en grandes extensiones espaciales o en áreas internacionales es muy difícil, debido a las inconsistencias existentes entre datos topográficos adyacentes. (MATHEW, 2008).

En febrero del 2000 la NASA, la Agencia Nacional de Inteligencia Geo-Espacial (NGA), y las Agencias Espaciales de Alemania y de Italia lanzaron la Misión Shuttle Radar Topography Mission. Esta misión produjo el modelo de elevación digital (MED) de más alta resolución de la superficie terrestre (FARR, 2007). Este MED fue producido a una resolución de 1 arco-segundo (aproximadamente 30 m en el Ecuador) para casi todo el globo terráqueo, entre las latitudes 60 grados norte y 56 grados sur (FARR, 2007)

con un error de altitud vertical medio de 6,2 m (nivel de confianza de 90%) y un error de geoubicación de 9 m para Suramérica (RODRÍGUEZ, 2006).

Menciona que el Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) obtuvo datos de elevación a una escala casi global para generar la solución más completa de base de datos topográficos de alta digital de la tierra. SRTM consiste en un sistema de radar especialmente modificado, que voló a bordo de la nave espacial Endeavour, durante una misión de 11 días en febrero de 2000. (NASA 2005).

2.6. LOS DATOS DEL SRTM.

Los datos SRTM tienen unas propiedades particulares, que pueden resultar positivas o negativas, dependiendo de la aplicación a la que se destine. El SRTM utilizó una técnica llamada interferometría para recoger los datos topográficos. En pocas palabras, la interferometría recoge dos imágenes de la misma ubicación en distintas posiciones de ventaja Cuando se comparan las dos imágenes, se aprecia una ligera diferencia en los valores de las mismas y a partir de esa diferencia se puede calcular la topografía de la superficie terrestre (NASA, 2005).

Para adquirir estas dos imágenes durante la misión se instaló una antena principal en el tramo de carga del transportador espacial, y se desplegó una segunda antena fuera de borda en un mástil que se extendía 60 m desde el tramo de carga una vez entrado en órbita (NASA, 2005). La antena principal transmitía un haz de ondas de radar hacia la tierra. Cuando estas ondas chocaban contra la superficie se dispersaban en todas las direcciones. Las ondas dispersas rebotaban de vuelta a la antena (onda recibida) donde eran recogidas y se medía la distancia recorrida. Utilizando esta información y conociendo la distancia constante entre las dos antenas (línea base) se puede calcular con precisión la elevación de la superficie terrestre. (NASA, 2005).

El SRTM fue diseñado con umbrales de precisión cartográfica para ayudar a asegurar un conjunto de datos topográficos globales exactos y consistentes. Después de la misión la NASA y la NGA emprendieron una campaña de validación global. Se comprobó que la misión había superado tanto los requisitos de precisión vertical como horizontal.

Aunque esto representa una gran mejoría por encima de los múltiples MED que existen para Sudamérica, es importante reconocer algunas de sus peculiaridades tales como vacíos de datos, ruido de fase, sesgo de follaje (dosel vegetal), exactitud de resolución de 30 m y estimados de pendiente. (MATHEW, 2008).

El vacío de datos son áreas donde aparecieron errores extremos durante el procesamiento o donde no regresó la señal del radar. Para mitigar estos vacíos el proyecto GeoSUR, en cooperación con el grupo de ciencias topográficas del USGS, utilizará el algoritmo de Relleno de Superficie Deltaica (Delta Surface Fill/DSF) de la NGA para rellenar los vacíos con la mejor fuente de relleno disponible para el MED. (MATHEW, 2008).

Otra propiedad del DEM SRTM es el ruido de fase, causado principalmente por el ruido térmico y de cuantización de los receptores del radar y es en gran parte dependiente de las propiedades de retrodispersión de la superficie. En términos más simples, el ruido de fase es una variación de altura mínima dada de píxel a píxel colindante, y esta variación fue influida por el tipo de superficie de la cual se reflejaba la transmisión del radar. (MATHEW, 2008)

Por ejemplo, un área con cobertura de bosque va a tener menos ruido que las tierras agrícolas por el modo en que la señal del radar rebota en la superficie. Este error ya se había anticipado antes de la misión y se establecieron controles para minimizar el error vertical a 8 metros aproximadamente (FARR, 2007).

Una característica altamente discutida del MED SRTM es el sesgo del follaje (o dosel vegetal). Debido a la corta (5,6 cm) longitud de onda de la Banda C, la mayoría de las ondas del radar recibidas sobre áreas densamente vegetadas se reflejan de vuelta en el follaje, bastante por encima de la superficie de la tierra desnuda (MATHEW, 2008).

Uno de los motivos por el cual resulta problemático para los hidrólogos es el modelaje de una red de drenaje, por ejemplo, en un área de selva densa donde se esté deforestando. A veces se crean redes de canales falsos por causa de valores de elevación contrastantes entre la selva y las áreas taladas (VALERIANO *et al.,* 2005).

La pendiente es un producto derivado valioso de cualquier MED y forma parte de muchos modelos de procesos superficiales terrestres, tales como el modelaje de deslizamientos de tierra. Varios estudios han dejado constancia de que la pendiente se subestima en áreas de topografía pronunciada y sobreestimada en áreas de poco relieve (JARVIS *et al.,* 2004).

Los MED tienen un papel clave en el modelaje de los procesos de la superficie terrestre. Por esta razón un MED exacto y consistente es componente esencial de las estructuras de datos geoespaciales nacionales que se están construyendo en Sudamérica. (MATHEW, 2008).

MATHEW, (2008) menciona algunas aplicaciones fundamentales de un MED, entre otras, son:

- Modelaje hidrológico
- Planificación de infraestructura
- Rectificación de orto-imágenes
- Manejo y mitigación de desastres
- Análisis de línea visual
- Simulación de vuelos en 3D
- Construir herramientas de visualización.

2.7. CUENCAS.

2.7.1 Concepto de una cuenca.

Una cuenca es una depresión en la superficie de la tierra, un valle rodeado de alturas. El término cuenca hidrográfica tiene un sentido más amplio, siendo una parte de la superficie terrestre cuyas aguas fluyen hacia un mismo río o lago (WIKIPEDIA, 2014).

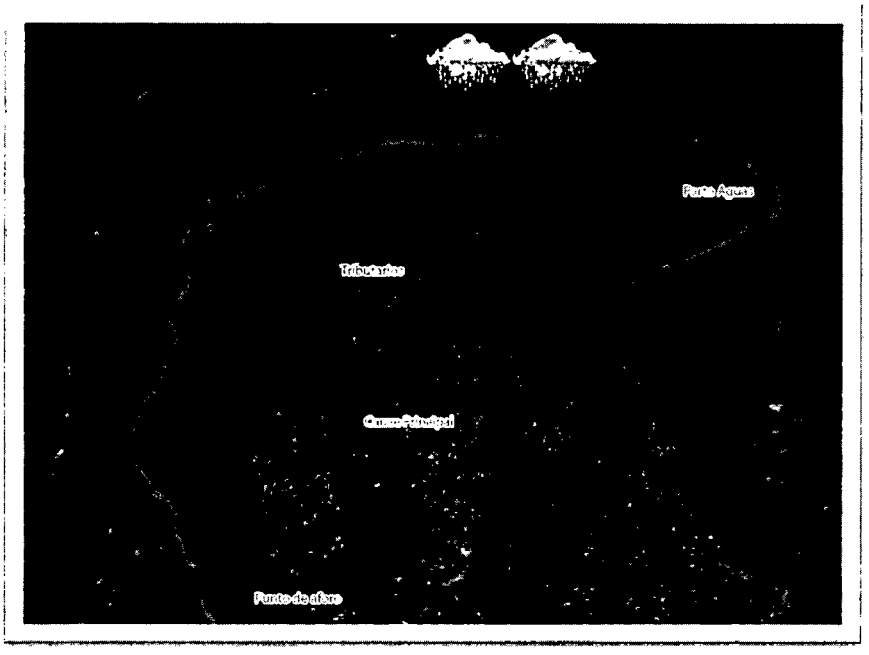


Figura 05: Ejemplo de cuenca hidrográfica.

2.7.2 Cuenca hidrográfica.

Se entiende por cuenca hidrográfica la porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural. Una cuenca hidrográfica se define por la sección del río al cual se hace referencia y es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada «divisor de aguas» hidrológicos y, más recientemente, a partir de los años 1970, para la planificación racional del uso de los recursos naturales. (WIKIPEDIA, 2014).

2.7.3 Principales características de una cuenca

- **La curva cota–superficie:** esta característica da una indicación del potencial hidroeléctrico de la cuenca.
- **El coeficiente de forma**: da indicaciones preliminares de la onda de avenida que es capaz de generar.
- **El coeficiente de ramificación:** también da indicaciones preliminares respecto al tipo de onda de avenida. (WIKIPEDIA, 2014).

2.7.4 Elementos de una cuenca

Según WIKIPEDIA (2014)

a. El río principal

El río principal actúa como el único colector de las aguas. A menudo la elección del río principal es arbitraria, pues se pueden seguir distintos criterios para su elección (el curso fluvial más largo, el de mayor caudal medio, el de mayor caudal máximo, el de mayor superficie de cuenca, etc.). El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su naciente y su desembocadura. En el curso de un río distinguimos tres partes:

- **El curso superior,** ubicado en lo más elevado del relieve, en donde la erosión de las aguas del río es vertical. Su resultado: la profundización del cauce.
- **El curso medio**, en donde el río empieza a zigzaguear, ensanchando el valle.
- **El curso inferior,** situado en las partes más bajas de la cuenca. Allí, el caudal del río pierde fuerza y los materiales sólidos que lleva se sedimentan, formando las llanuras aluviales o valles.

Otros términos importantes a distinguir en un río son:

- **Cauce.** Cauce o lecho (Del lat. calix, -icis, tubo de conducción.) Lecho de los ríos y arroyos. Conducto descubierto o acequia por donde corren las aguas para riegos u otros usos.
- **Thalweg.** Línea que une los puntos de mayor profundidad a lo largo de un curso de agua.
- **Margen derecha.** Si nos imaginamos parados en el medio del río, mirando hacia donde corre el río, es decir mirando aguas abajo, la margen derecha es la que se encuentra a nuestra derecha.
- **Margen izquierda.** Si nos imaginamos parados en el medio del río, mirando hacia donde corre el río, es decir mirando aguas abajo, la margen izquierda es la que se encuentra a nuestra izquierda.
- **Aguas abajo.** Con relación a una sección de un curso de agua, sea principal o afluente, se dice que un punto esta aguas abajo, si se sitúa después de la sección considerada, avanzando en el sentido de la corriente (en castellano se utiliza también el término «Ayuso» para referirse a aguas abajo).
- **Aguas arriba.** Es el contrario de la definición anterior (en castellano se utiliza también el término «asuso» con el mismo significado).
- **Los afluentes.** Son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca.
- **El divortium aquarum.** o línea divisoria de vertientes, es la línea que separa a dos o más cuencas vecinas. Es la divisoria de aguas, utilizada como límite entre dos espacios geográficos o cuencas hidrográficas.
- **El relieve de la cuenca.** Consta de los valles principales y secundarios, con las formas de relieve mayores y menores y la red fluvial que conforma una cuenca. Está formado por las montañas y sus flancos; por las quebradas o torrentes, valles y mesetas.

2.7.5 Partes de una cuenca.

Según WIKIPEDIA; (2014)

- **Cuenca alta**

  Es la parte de la cuenca en la cual predomina el fenómeno de la socavación. Es decir que hay aportación de material terreo hacia las partes bajas de la cuenca, visiblemente se ven trazas de erosión.

- **Cuenca media**

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

- **Cuenca baja**

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

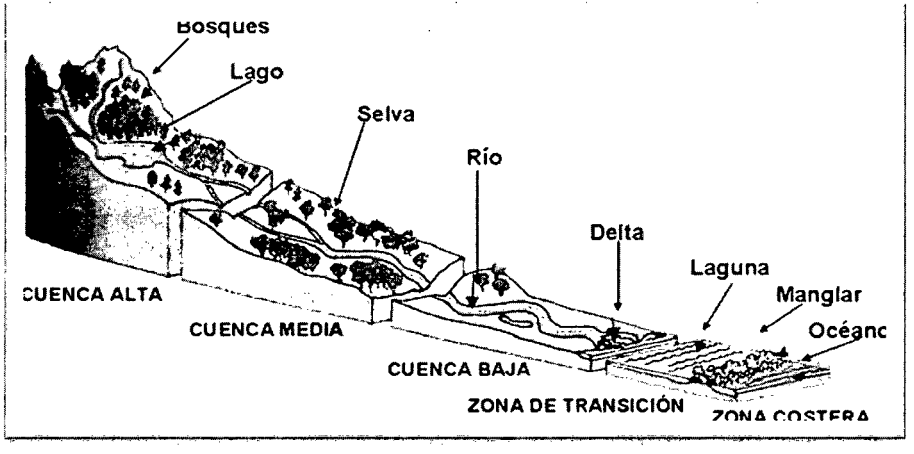


Figura 06: Partes de una cuenca hidrográfica.

2.7.6 Tipos de cuencas

Según WIKIPEDIA (2014) existen tres tipos de cuencas:

- **Exorreicas**: avenan sus aguas al mar o al océano. Un ejemplo es la cuenca del Plata, en Sudamérica.
- **Endorreicas**: desembocan en lagos o lagunas, siempre dentro del continente. Por ejemplo, la cuenca del río Desaguadero, en Bolivia.

- **Arreicas**: las aguas se evaporan o se filtran en el terreno. Los arroyos, aguadas y cañadones de la meseta central patagónica pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia.

2.8. SOFTWARE ArcGIS.

ArcGIS es una completa plataforma de información que permite crear, analizar, almacenar y difundir datos, modelos, mapas y globos en 3D, poniéndolos a disposición de todos los usuarios según las necesidades de la organización. (ESRI, 2014).

Como sistema de información, ArcGIS es accesible desde clientes desktop, navegadores web, y terminales móviles que se conectan a servidores de departamento, corporativos o con arquitecturas de computación en la nube (Cloud Computing). (ESRI, 2014).

Para los desarrolladores, ArcGIS proporciona herramientas que les permitirán crear sus propias aplicaciones. (ESRI, 2014).

ArcGIS es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. Estas aplicaciones se engloban en familias temáticas como ArcGIS Server, para la publicación y gestión web, o ArcGIS móvil para la captura y gestión de información en campo. (WIKIPEDIA, 2014).

2.9 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

ArcGIS.- Es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o **SIG**. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. (ESRI, 2014).

ArcHydro.- Es un conjunto de herramientas y modelos de datos que opera desde ArcGIS para ayudar en la elaboración de análisis de datos geoespaciales y temporales. Se usa para delinear y caracterizar cuencas hidrográficas en formato raster y de vector, definir y analizar redes hidrogeometricas, administrar datos de serie de tiempo y configurar y exportar datos a modelos numéricos. (ArcGIS RESOURCES, 2014).

Centroide.- En geometría, el centroide o baricentro de un objeto X perteneciente a un espacio n-dimensional es la intersección de todos los hiperplanos que dividen a X en dos partes de igual n-volumen con respecto al hiperplano. Informalmente, es el promedio de todos los puntos de X. (ESRI, 2014)

Cuenca hidrográfica.- Una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. (WIKIPEDIA, 2014).

Curvas de nivel.- Una curva de nivel es aquella línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igualdad de condiciones y de altura. (WIKIPEDIA, 2014)

Hydrology tools.- Provee métodos para describir los componentes físicos de una superficie. Las herramientas hidrológicas le permiten identificar sumideros, determinar la dirección de flujo, calcular la acumulación de

flujos, delinear cuencas y crear redes de drenaje. Usando un Modelo de Elevación Digital o raster (DEM) como entrada, es posible automáticamente delinear un sistema de drenaje y cuantificar las características del sistema. (ArcGIS RESOURCE CENTER, 2014)

Microcuenca.- Son los afluentes a los ríos secundarios, entiéndase por caños, quebradas, riachuelos que desembocan y alimentan a los ríos secundarios. (WIKIPEDIA, 2014).

MDE.- Un Modelo Digital de Terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continúa. El tipo de Modelo Digital del Terreno (MDT) más conocido es el Modelo Digital de Elevaciones (MDE), un caso particular de aquel, en el que la variable representada es la cota del terreno en relación a un sistema de referencia concreto. (ESRI, 2014)

Model Builder.- Es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocesamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. Model Builder también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo. (ArcGIS RESOURCE CENTER, 2014)

TIN.- TIN (Triangular Irregular Network; Red irregular de triángulos); Estructura de datos para la construcción de Modelos digitales del Terreno (MDT), basada en la modelización del relieve a partir de triángulos irregulares que unen los puntos de muestreo de partida (nodos). (ESRI, 2014)

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

Está ubicado en el área del Centro de Investigación y Capacitación Forestal - Macuya (CICFOR – Macuya), de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el Kilómetro 5 de la Carretera Fernando Belaúnde Terry, entre las coordenadas geográficas 8º 52' 15" y 8º 56' 09" de Latitud Sur, 75º 01' 17" y 74º 57' 46" de Longitud Oeste, a 215 m. sobre el nivel del mar, en el distrito de Irazola, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali.

El CICFOR – Macuya abarca una superficie de 2 469.70 ha y se encuentra en la zona de vida Bosque muy húmedo – Pre montano tropical (bmh-PT), una temperatura media anual de 23.5 °C, con muy poca variación entre máximos y mínimos a lo largo del año. La humedad relativa promedio anual es de 85 %, la precipitación anual varía entre 2 000 y 2 500 mm, que incluye un periodo seco y otro lluvioso que corresponde a los meses de noviembre a marzo, la evapotranspiración potencial es de aproximadamente 1 300 mm.

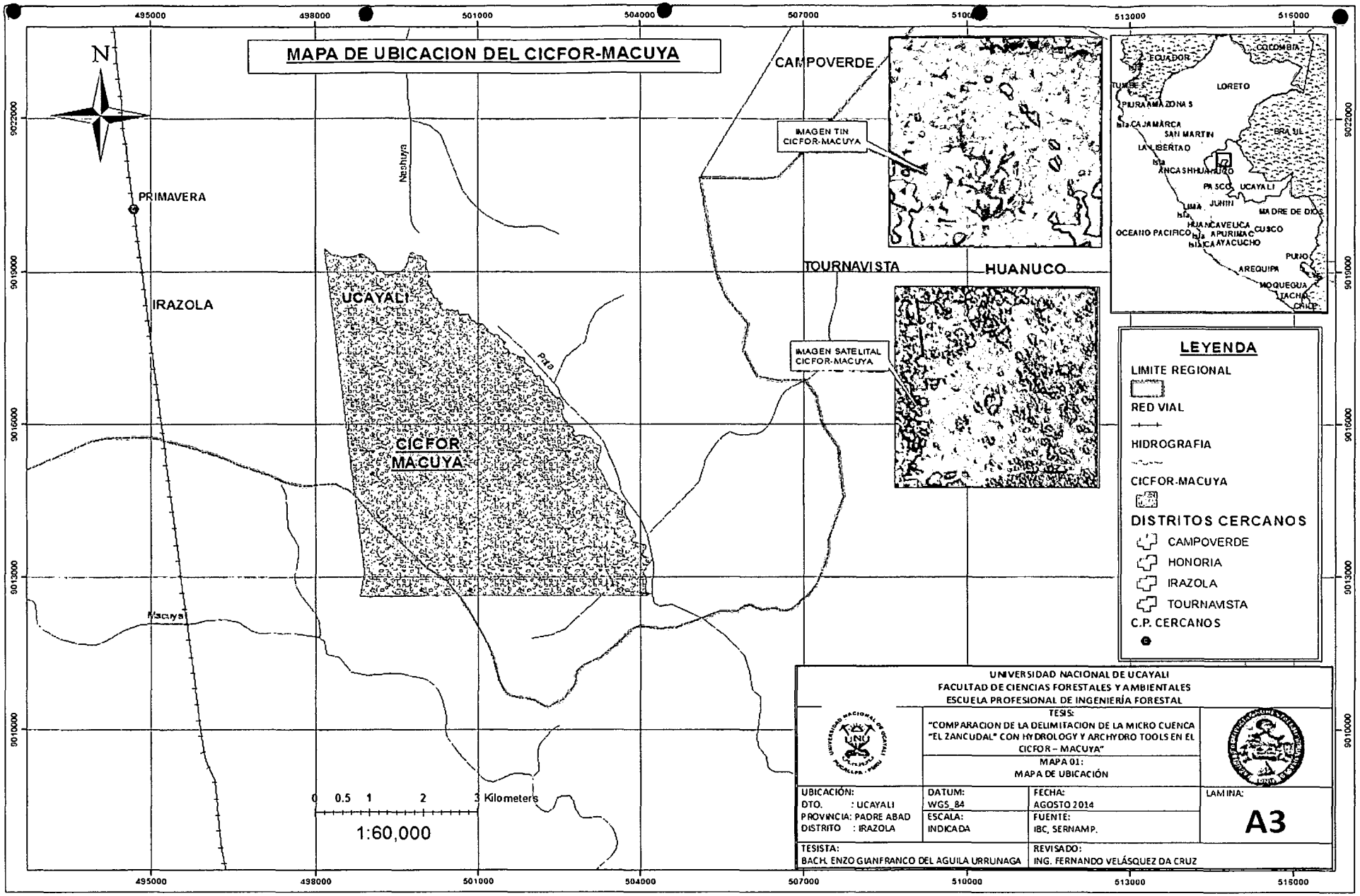


Figura 07: Mapa de ubicación del CICFOR-MACUYA (Ver Anexo II).

3.2. MÉTODO DE ESTUDIO.

En la presente investigación se utilizó un método experimental y comparativo.

3.3. POBLACION Y MUESTRA.

La población en estudio son todos los puntos de coordenadas X, Y, Z correspondientes al área del CICFOR – Macuya, tomados de los datos del SRTM con 30 metros de pixel.

La muestra del presente estudio comprende las coordenadas X, Y, Z de 22 puntos más elevados de la línea divisoria de cuencas tomados desde el inicio de la cuenca hasta el final de la misma con el GPS.

3.4. INSTRUMENTOS PARA RECOLECCION DE DATOS.

3.4.1 Materiales:

Los materiales que se utilizaron en el trabajo son los siguientes:

- Machete.
- Botas.
- Libreta de campo.
- Libreta de apuntes.
- Lapiceros.
- Lapiceros.
- Entre otros imágenes DEM.

3.4.2 Equipos:

- Computadora portátil.
- Software ArcGIS 10.1.
- Software Global Mapper 13.0.
- Software DNRGarmin.
- GPS Garmin 60 CSx.
- Brújula Sunnto.
- Cámara fotográfica.

3.5. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Recolección de los datos digitales del SRTM (DEM) por medio de una computadora portátil, bajados del internet por medio del Software, Global Mapper 13.0 y procesados con el Software ArcGIS 10.1.

- Se descargó, a través del software Global Mapper 13.0, la imagen DEM del SRTM, que corresponde al área del CICFOR - Macuya.

- La imagen DEM obtenida se procesó con ArcHydro tools y ArcHydrology, para la delimitación de la microcuenca y la red de drenaje.

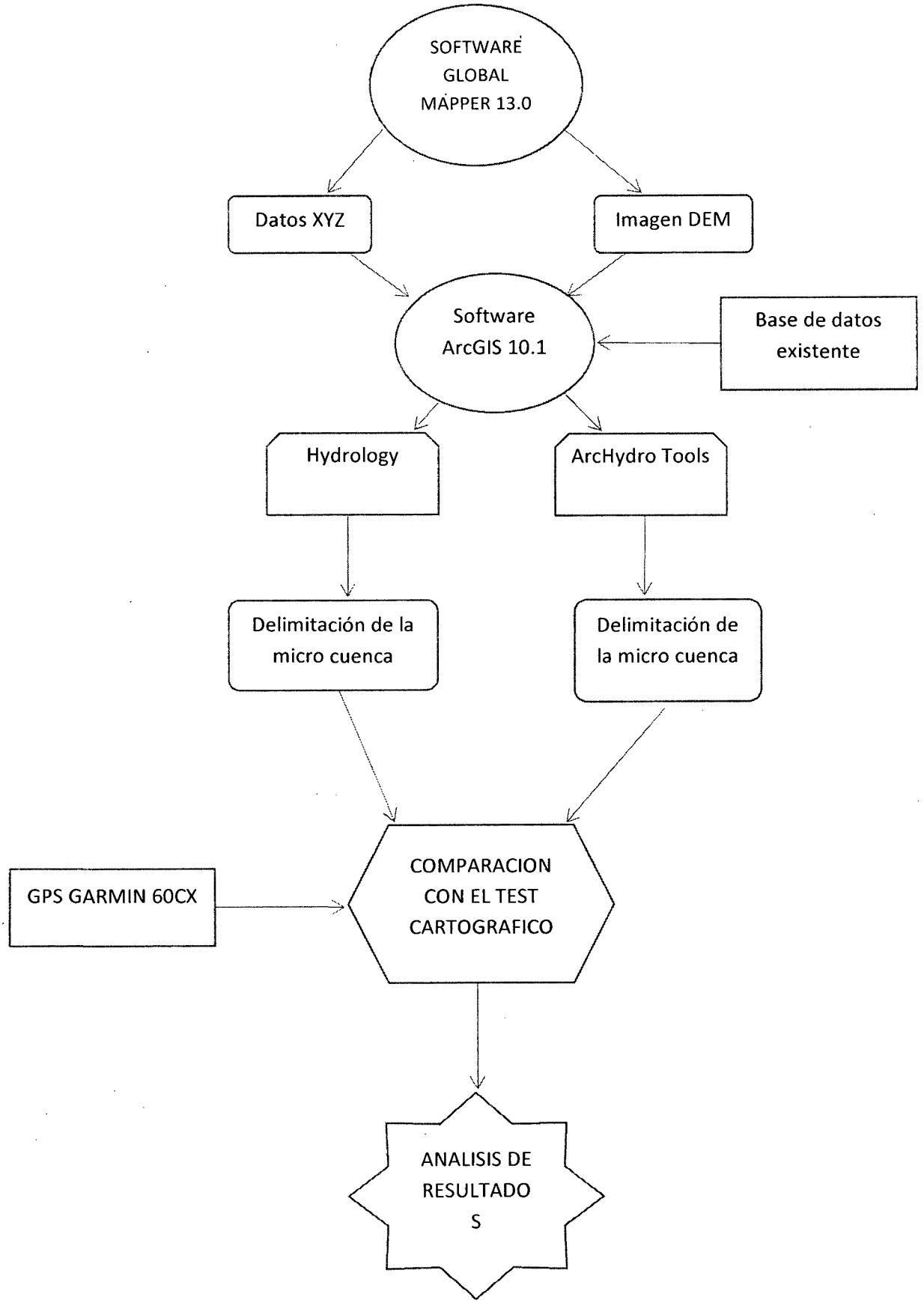
- Para el procesamiento con ArcHydrology se diseñó un modelo en el Model Builder del software ArcGIS 10.1, obteniéndose la divisoria de cuencas y la red de drenaje.

- Se calculó los centroides de las curvas de nivel, generadas con los DEM de las cimas de las colinas, que constituyen la divisoria de cuencas, tanto para los resultados obtenidos con ArcHydrology y ArcHydro tools.

- La línea divisoria de cuencas, se registró mediante la función Track del GPS, abriendo una trocha desde la desembocadura de la quebrada El Zancudal en la quebrada Cashibo. Durante el trayecto se registró mediante Waypoints, las coordenadas XYZ de los puntos más elevados (cimas de las colinas), que dividen una cuenca de la adyacente.

- La diferencia entre las coordenadas XYZ de los centroides, con las coordenadas XYZ de los waypoints, se compara mediante la prueba estadística del cuadrado medio del error, para cada método.

METODOLOGIA



3.6. TRATAMIENTOS DE DATOS

Los datos fueron procesados por medio del Test de la NSSDA. Este estándar (NSSDA) aplica a todo conjunto de geodatos, sea representado en formato matricial (raster), puntual (lista de coordenadas X, Y) o formato vectorial, derivado de fuentes tales como fotografías aéreas, imágenes satelitales y mediciones directas en el terreno. El estándar provee un lenguaje común para informar la exactitud y de esta manera facilitar la identificación de conjunto de geodatos para aplicaciones geográficas. El test consiste en:

RMSEx = sqrt[SUM(xdata,i – xcheck,i)2/n]
RMSEy = sqrt[SUM(ydata,i – ycheck,i)2/n]

Dónde:
Xdata,i, Ydata,i : Son las coordenadas del punto de prueba "i" en el conjunto de geodatos.
Xcheck,i , Ycheck,i: Son las coordenadas del punto de prueba en la fuente independiente de mayor exactitud.

n= es el número de puntos de prueba en el conjunto de geodatos.
i= es un número entero 1 hasta n.

El error horizontal en el punto i se define como:
sqrt[(x data, i - x check, i) +(y data, i - y check, i)].

El error horizontal RMSE es:
RMSEr = sqrt[SUM((x data, i - x check, i)2 +(y data, i - y check, i)2)/n]
= sqrt[RMSEx2 + RMSEy2]

Caso 1: Computar Exactitud de acuerdo con NSSDA cuando RMSEx = RMSEy
Si RMSEr = sqrt(2*RMSEx2) = sqrt(2*RMSEy2)
= 1.4142*RMSEx = 1.4142*RMSEy

Se presume que los errores sistemáticos han sido eliminados de la mejor manera posible. El factor 2.447 es usado para computar la exactitud horizontal con el nivel estadístico de confianza de 95% si los errores están distribuidos de manera normalizada y son independientes en cada componente X Y componente Y (Greenwalt and Schultz, 1968). Cuando estas condiciones aplican, la Exactitudr, (Accuracyr) que es el valor de exactitud de acuerdo al NSSDA, deberá ser computado usando la fórmula:

Accuracyr = 2.447 * RMSEx = 2.447 * RMSEy

= 2.447 *RMSEr/1.4142

Accuracyr = 1.7308 * RMSEr

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. INFORMACION OBTENIDA CON EL GLOBAL MAPPER 13.0.

Mediante el software Global Mapper 13.0 se descargó la imagen DEM del SRTM; correspondiente al CICFOR - MACUYA.

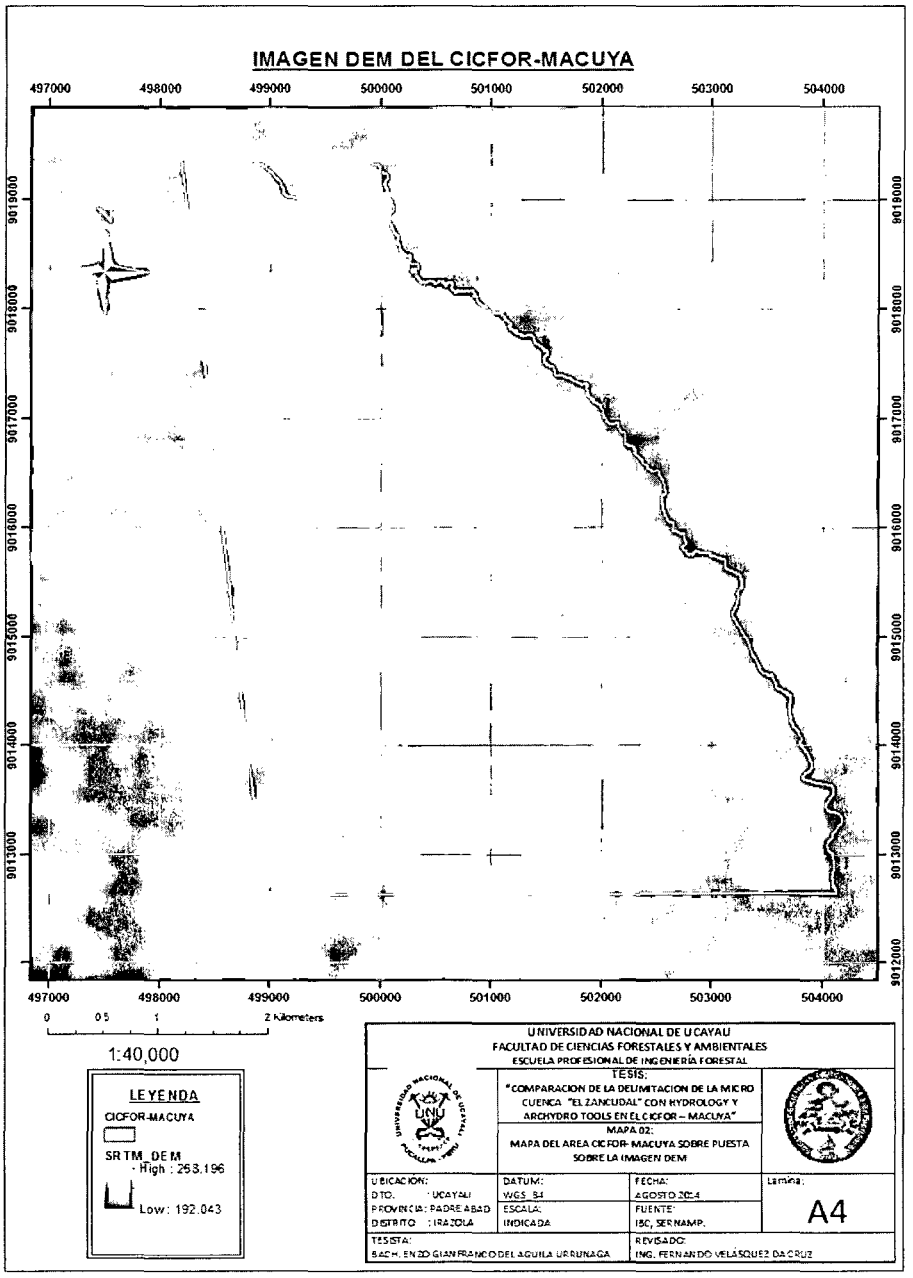


Figura 08: Imagen DEM superpuesta sobre el área del CICFOR-MACUYA.

Con una resolución por pixel de 30 x 30 metros, esta imagen nos sirvió para la delimitación de la divisoria de cuenca y el drenaje de la microcuenca de la quebrada "El Zancudal", tanto para ArcHydro tools y ArcHydrology.

4.2. Delimitación de la microcuenca de la quebrada "el Zancudal", con el GPS GARMIN 60 CSx.

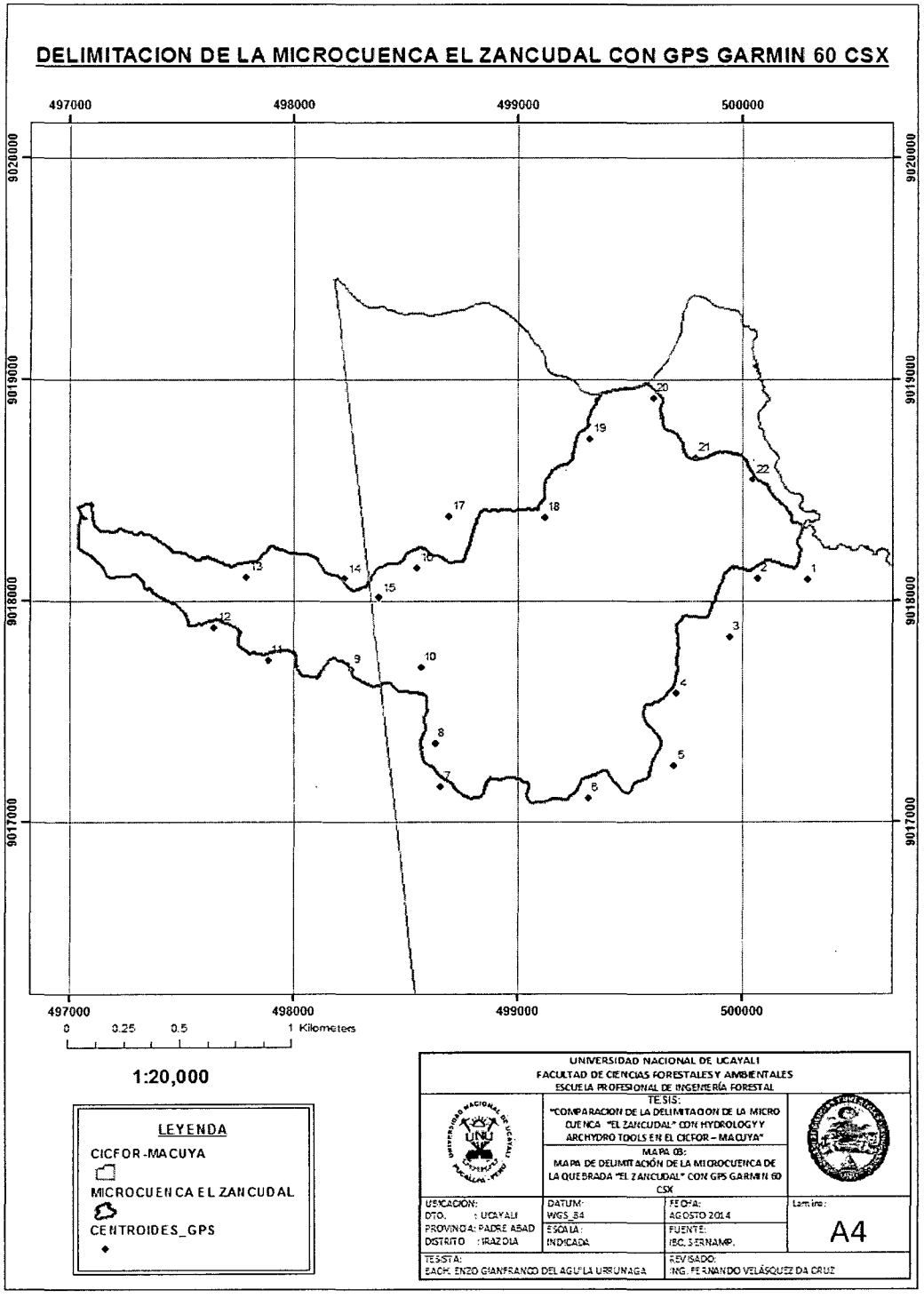


Figura 09: Mapa de delimitación de la microcuenca "El Zancudal" con el GPS Garmin 60 CSx.

Con el GPS se delimito la divisoria de la microcuenca "El Zancudal", y se obtuvo, también, puntos de las colinas más altas de la divisoria de cuenca.

4.3. Delimitación de la microcuenca de la quebrada "El Zancudal" con la extensión ArcHydro Tools.

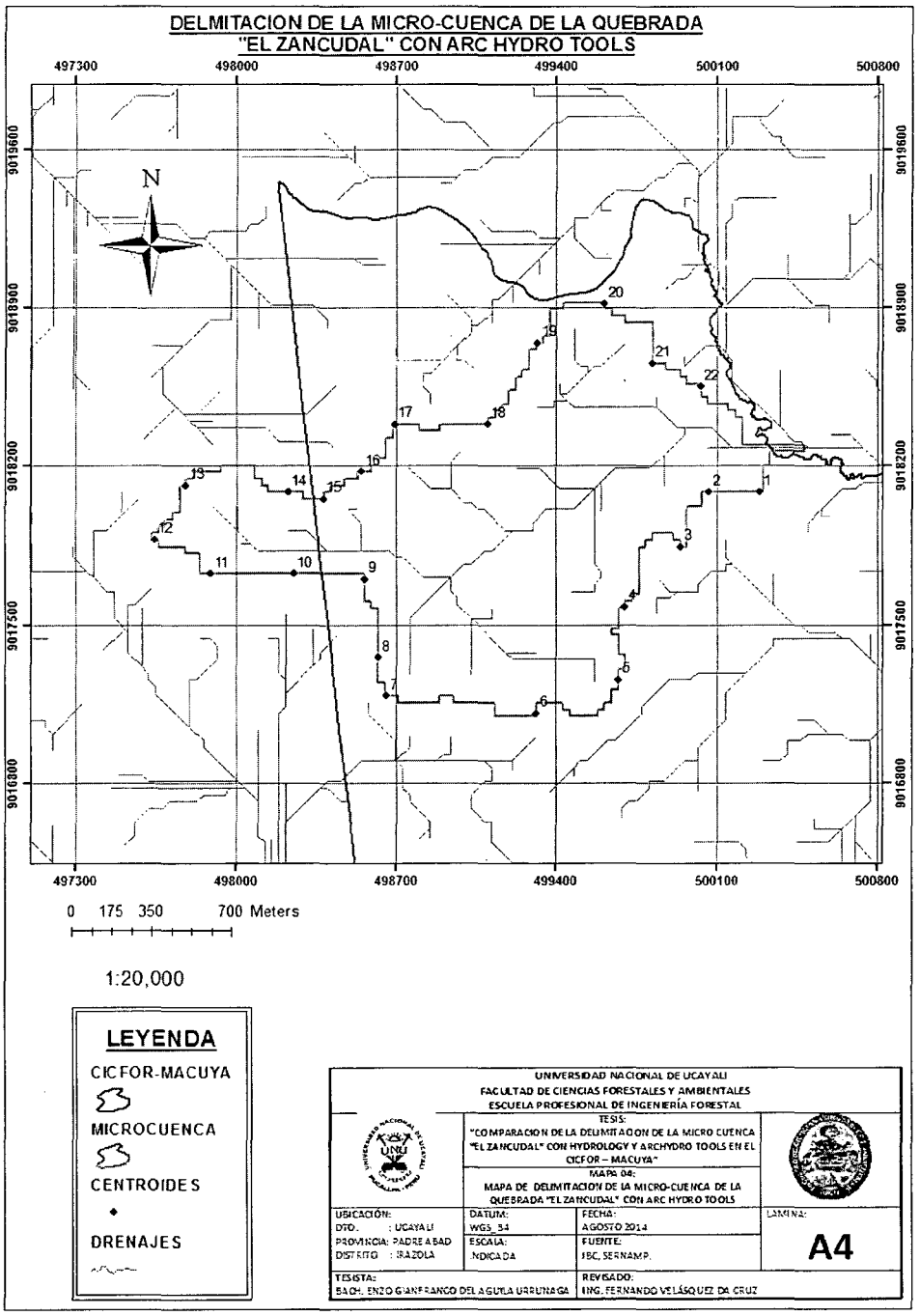


Figura 10: Delimitación de la micro-cuenca "El Zancudal" con ArcHydro Tools.

La microcuenca se delimito con una escala de 1: 549 y los drenajes con una escala de 1:15.

Se obtuvo los puntos de control o centroides a partir de la perpendicular entre los centroides del GPS y la divisoria de cuenca de ArcHydro Tools.

Se calculó que la micro cuenca cuenta con un área de 2287900 m.^{2} (228.7900 Ha) y un perímetro de 10140 m. (10.140 Km.).

Cabe recalcar que no se encontró bibliografía, referente al cálculo de error en el uso de esta extensión, pero si se encontró un trabajo de Cruz *et al.* 2013, quien utilizo el ArcHydro Tools para delinear de forma digital la cuenca del rio Caule en México, sin tomar en cuenta los posibles errores de geoubicación que podría presentar esta extensión.

4.4. Delimitación de la microcuenca de la quebrada "El Zancudal" con la extensión ArcHydrology.

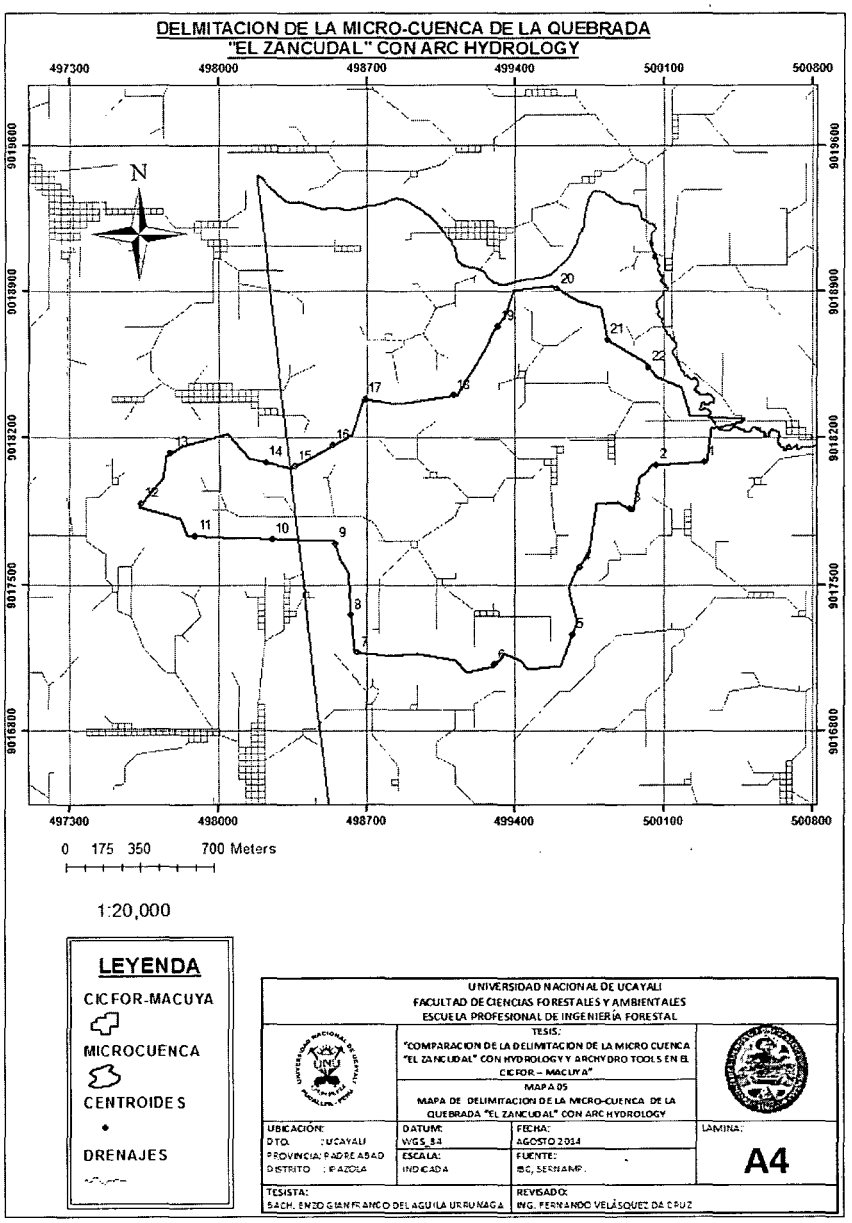


Figura 11: Delimitación de la microcuenca "El Zancudal" con ArcHydrology.

La micro-cuenca se delimito con una escala de 1:1500 y los drenajes con una escala de 1:15; esto debido a que se quería obtener una cuenca de tamaño regular, pero drenajes pequeños, y así poder tratar de comprender la complejidad de esta microcuenca.

Se calculó que la micro cuenca cuenta con un área de 2294573 m.^{2} (229.4573 Ha) y un perímetro de 8345 m. (8.345 Km.).

Con las herramientas de ArcHydrology, se crearon 02 Model Builder, las cuales denominaremos DRENAJES y MICRO CUENCA; estas nos permiten que con un solo clic, podamos obtener lo drenajes y divisoria de una cuenca respectivamente

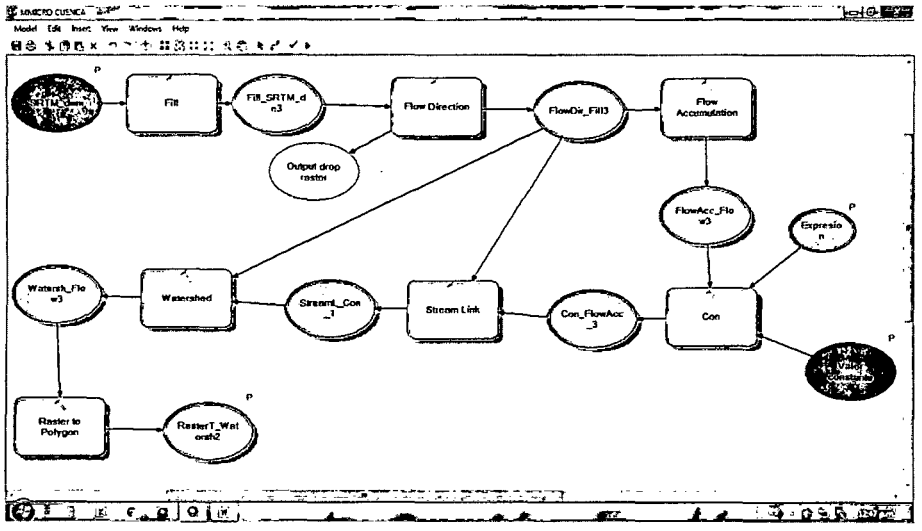


Figura 12: Estructura del Model Builder para drenajes.

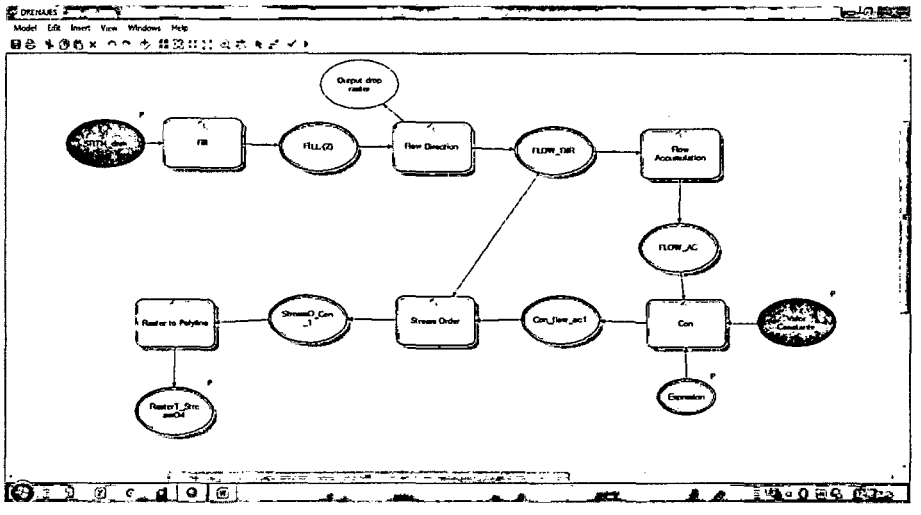


Figura 13: Estructura del Model Builder para cuencas.

4.5. Caculo de errores de ArcHydro Tools.

Cuadro 01. Cuadro de errores de Geoubicación de los centroides obtenidos con ArcHydro Tools.

CME GEOUBICACION		
COORDENADAS	X	Y
Max	31	40
Min	0	0
CME	10.69	14.96
CMEr	18.39	
95 % IC	31.83	

Se encontró un CMEr de 18.39 metros, y al 95 % de confiabilidad un error de 31.83 metros; y errores máximos en X de 31 metros y en Y de 40 metros. Para que los datos sean confiables el CMEr al 95 % tendría que ser mayor que los errores máximos en los ejes, pero no es así; esto significa que la extensión ArcHydro Tools no presenta datos confiables en el manejo de cuencas.

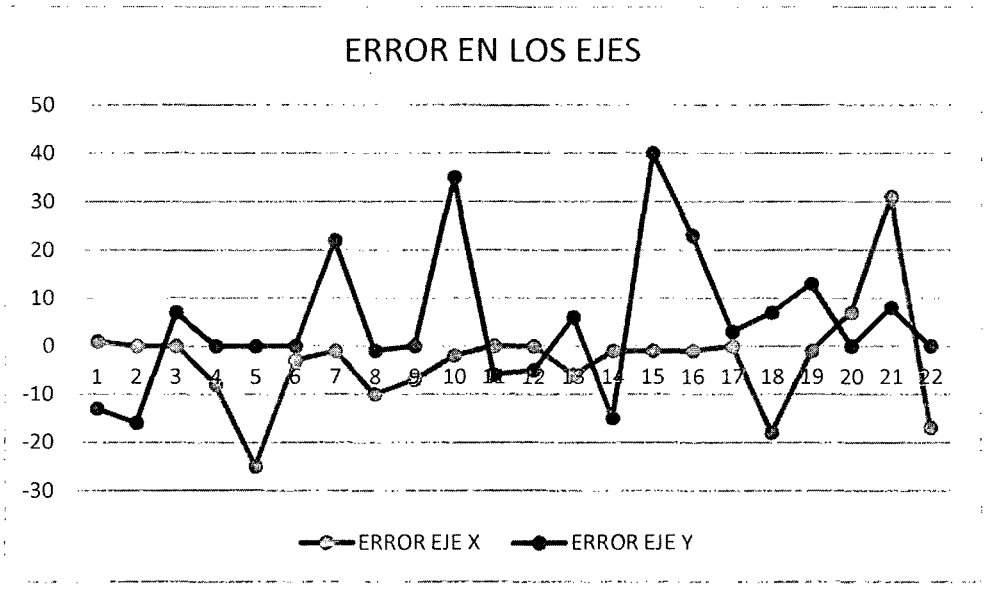


Figura 14: Errores de los ejes X e Y. obtenidos con el ArcHydro Tools.

En este grafico se puede observar las dispersión de los errores por punto de las coordenadas X e Y. se observa que el eje Y presenta mayor acumulación de errores respecto al eje X.

4.6. Calculo de errores de ArcHydrology.

Cuadro 02. Cuadro de errores de geoubicación de los centroides obtenidos con ArcHydrology.

CME GEOUBICACION		
COORDENADAS	X	Y
Max	45	49
Min	0	1
CME	13.92	18.37
CMEr	23.05	
95 % IC	39.89	

Se encontró un CMEr de 23.05 metros y al 95 % de confiabilidad un error de 39.89 metros; y errores máximos en X de 45 metros y en Y de 49 metros. Para que los datos sean confiables el CMEr al 95 % tendría que ser mayor que loe errores máximos en los ejes, pero no es así; esto significa que la extensión ArcHydrology no presenta datos confiables en el manejo de cuencas.

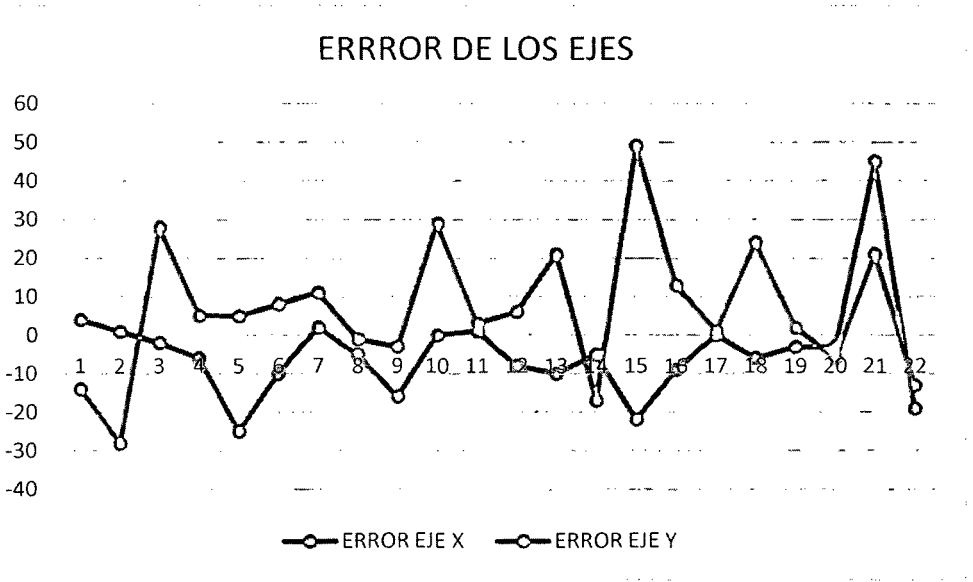


Figura 15: Errores de los ejes X e Y. obtenidos con el ArcHydrology.

En este gráfico se puede observar las dispersión de los errores por punto de las coordenadas X e Y. se observa que el eje Y presenta mayor acumulación de errores respecto al eje X.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ArcHydro Tools es la extensión que presenta menor error de geoubicacion, con respecto a los centroides registrados con el GPS Garmin 60 CSx.
- Se determinó errores planimétricos (eje X e Y) para la extensión ArcHydro Tools con un RMSEr de 18.39 metros y para la herramienta ArcHydrology un RMSEr de 23.05.
- Los gráficos muestran que tanto para ArcHydro Tools y ArcHydrology, el mayor numero de errores se encuentran en el eje Y.
- Se obtuvo errores planimétricos elevados en ambos métodos de delimitación de la microcuenca, tanto para ArcHydro Tools y ArcHydrology.
- La delimitación de cuencas con ArcHydro Tools, muestra ciertas desventajas de forma, respecto al ArcHydrology, ya que Arc Hydro Tools sigue la dirección del pixel, una línea puede ser horizontal o vertical, mientras que ArcHydrology la divisoria de cuenca va en cualquier dirección.
- La microcuenca de la quebrada "El Zancudal" tiene un área de 240.5 ha. y un perímetro de 10.4 kilómetros. Con ArcHydro Tools se obtuvo un área de 228.8 ha. y un perímetro de 10.14 kilómetros. Con ArcHydrology se obtuvo un área de 229.5 ha y un perímetro de 8.345 kilómetros.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar la extensión Arc Hydro Tools para la generación de los drenajes, ya que ofrece drenajes bien delineados.
- Se recomienda utilizar la herramienta Arc Hydrology en la delimitación de cuencas, ya que permite delinear de manera más real la cuenca.
- Se recomienda hacer estudios para reducir el excesivo error en el eje Y que muestran este tipo de software.
- Se recomienda continuar los estudios con otros softwares relacionados al manejo de cuencas, que permita obtener información actualizada sobre las características morfométricas de la microcuenca de la quebrada "El Zancudal"
- Se recomienda levantar la cuenca "El Zancudal" con un GPS submétrico para obtener coordenadas XYZ con precisión submetrica y compararlo con las coordenadas registradas con los softwares de delineación automática de cuencas.
- Se recomienda realizar descargas de DEMs SRTM más actuales disponibles en las página web: http://eoweb.dlr.de:8080/index.html. para realizar diversos trabajos de relacionados a geoubicacion espacial.

BIBLIOGRAFIA

ACOLITA. 2014. Delimitar automáticamente una cuenca hidrográfica en ArcGIS. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http://acolita.com/como-delimitar-automaticamente-una-cuenca-hidrografica-en-arcgis-hidrologia/

ArcGIS RESOURCE CENTER ¿Que es Model Builder? En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http:// help.argis.com/en/argisdesktop/10.0/help/ Index.html#//002w00000001000000.

ArcGIS RESOURCE CENTER. Hydrologic analysis sample applications. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en http://help.arcgis.com/en / Arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//009z0000005z000000.htm.

ArcGIS RESOURCES. Información general sobre ArcHydro. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en http://resouces.arcgis.com/es/ Communities/hydro/01vn0000000s000000.htm.

BOSQUE, S. 2000. Sistemas de Información Geográfica, segunda edición, Madrid 450 pág.

CANO, G; LOPEZ, J. 2011. Cuencas hidrográficas, ríos y embalses del estado Portuguesa. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http://llanoextremo.blogspot.com/2011/08/cuencas-hidrograficas-y-los-rios-del.html

CRICYT. 2009. Red Hidrográfica. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/RedHidro6.htm

CRUZ, B; GASPARI, F; RODRIGUEZ, A; CARRILLO, F, LOPEZ, J. 2013. Delimitación de la cuenca del río Cuale, Jalisco, con herramientas de SIG: como base para determinar su morfometría y escorrentía superficial. En

línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http://pcti.mx/articulos/item/delimitacion-de-la-cuenca-del-rio-cuale-jalisco-con-herramientas-de-sig-como-base-para-determinar-su-morfometria-y-escorrentia-superficial.

ESTELA, E. 2011. Trazo de un Camino Forestal con Datos del SRTM en el Bosque CICFOR – Macuya. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. UNU. Pucallpa.

ESRI, 2014. ¿Qué es un SIG? En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http://www.esri.es/es/formacion/formacion-esri-espana/que-es-un-sig-/

FAO, 2014. Funcionamiento Y Usos De Los Sistemas De Información Geográfica. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/003/t0446s/t0446s07.htm

FARR, 2007. Farr, T. G., *et al.* (2007), The Shuttle Radar Topography Mission, Rev. Geophys., 45, RG2004, doi:10.1029/2005RG000183. p 21- 22.

FELICÍSIMO, A. 1994. Modelos digitales del terreno. Introducción y aplicaciones en ciencias ambientales 118 pág.

GUTIÉRREZ, J. 2011. Comparación del tiempo de recorrido pendientes y distancias de 2 caminos forestales en el CICFOR- Macuya. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. PE. 21 pág.

HIDALGO, V. 2000. Comparación de 2 métodos de levantamiento de la divisoria de cuenca de la quebrada "El Zancudal" en el Centro de Investigación y Capacitación Forestal CICFOR – Macuya. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. UNU. Pucallpa.

INEGI, 2014. ¿Qué es un modelo digital de elevación?. En línea: Consultado 26/05/14. Disponible en:

http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx

JARVIS, A., RUBIANO, J., NELSON, A., FARROW, A., & MULLIGAN, M. 2004. Practical use of SRBM data in the tropics - Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. CIAT, Cali, Colombia. Working Document No. 198, 32 pág.

LUDUEÑA, A. et al; 2007. Caracterización hidrológica preliminar a partir de técnicas de teledetección. Caso de estudio: Islas Malvinas. Sistema Nacional de Información Hídrica, Subsecretaría de Recursos Hídricos, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Buenos Aires, Argentina. 88 p.

MATHEW C. 2008. USGS Programa GeoSUR. Desarrollo de Mapas de Relieve. Hidrografía y Derivados para Suramérica. Corporación Andina de Fomento (CAF). 150 pág.

MOREIRA, A. 1996. Los Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http://www.geo.puc.cl/pdf/moreira/Moreira%20SIG%20cons.pdf

NASA, 2005. Shuttle Radar Topography Mission: Instruments. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/instr.htm

RODRIGUEZ, E., Morris, C. S., Belz, J. E., 2006. A Global Assessment of the SRTM Performance: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: www.asprs.org/publications

VALERIANO, M. M., KUPLICH, T. M., STORINO, M, AMARAL, B. D., MEDES JR., J. N, AND LIMA, D. J., 2005, Modeling small watersheds in Brazilian Amazonia with shuttle radar topographic mission-90 m data: Computers and Geosciences, v. 32, p.

VILLALTA, V. 2014. Manual delimitación de cuencas. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http://www.gispoint.es/manual_cuencas.pdf

WIKIPEDIA. 2014, Modelos digitales de terreno MED. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Misi%C3%B3n_topogr%C3%A1fica_Radar_Shuttle

WIKIPEDIA, 2014, Cuencas y sus partes. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/cuencas

WIKIPEDIA, 2014. Sistema de información geográfica. En línea: Consultado 22/05/2014. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica

ANEXOS

ANEXO I: FORMATOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ERROR PLANIMÉTRICO.

a) Datos de trazo de la cuenca real GPS (Waypoints).

PUNTO	X	Y
1	500289	9018099
2	500068	9018102
3	499945	9017839
4	499711	9017582
5	499698	9017258
6	499316	9017109
7	498659	9017164
8	498633	9017357
9	498258	9017691
10	498570	9017701
11	497891	9017732
12	497648	9017881
13	497789	9018110
14	498230	9018101
15	498384	9018016
16	498551	9018153
17	498695	9018383
18	499121	9018379
19	499323	9018733
20	499606	9018917
21	499792	9018648
22	500050	9018551

b) Datos digitales del Cuenca de la quebrada El Zancudal usando los datos del ArcHydrology.

PUNTOS	X	Y
1	500293	9018085
2	500069	9018074
3	499943	9017867
4	499705	9017587
5	499673	9017263
6	499306	9017117
7	498661	9017175
8	498628	9017356
9	498554	9017698
10	498258	9017720
11	497892	9017735
12	497640	9017887
13	497779	9018131
14	498225	9018084
15	498362	9018065
16	498542	9018166
17	498695	9018384
18	499115	9018403
19	499320	9018735
20	499603	9018911
21	499837	9018669
22	500031	9018538

c) Datos digitales del Cuenca de la quebrada El Zancudal usando los datos del ArcHydro Tools.

PUNTO	X	Y
1	500290	9018086
2	500068	9018086
3	499945	9017846
4	499703	9017582
5	499673	9017258
6	499313	9017109
7	498658	9017186
8	498623	9017356
9	498563	9017701
10	498256	9017726
11	497891	9017726
12	497648	9017876
13	497783	9018116
14	498229	9018086
15	498383	9018056
16	498550	9018176
17	498695	9018386
18	499103	9018386
19	499322	9018746
20	499613	9018917
21	499823	9018656
22	500033	9018551

d) Calculo del error de ArcHydro Tools.

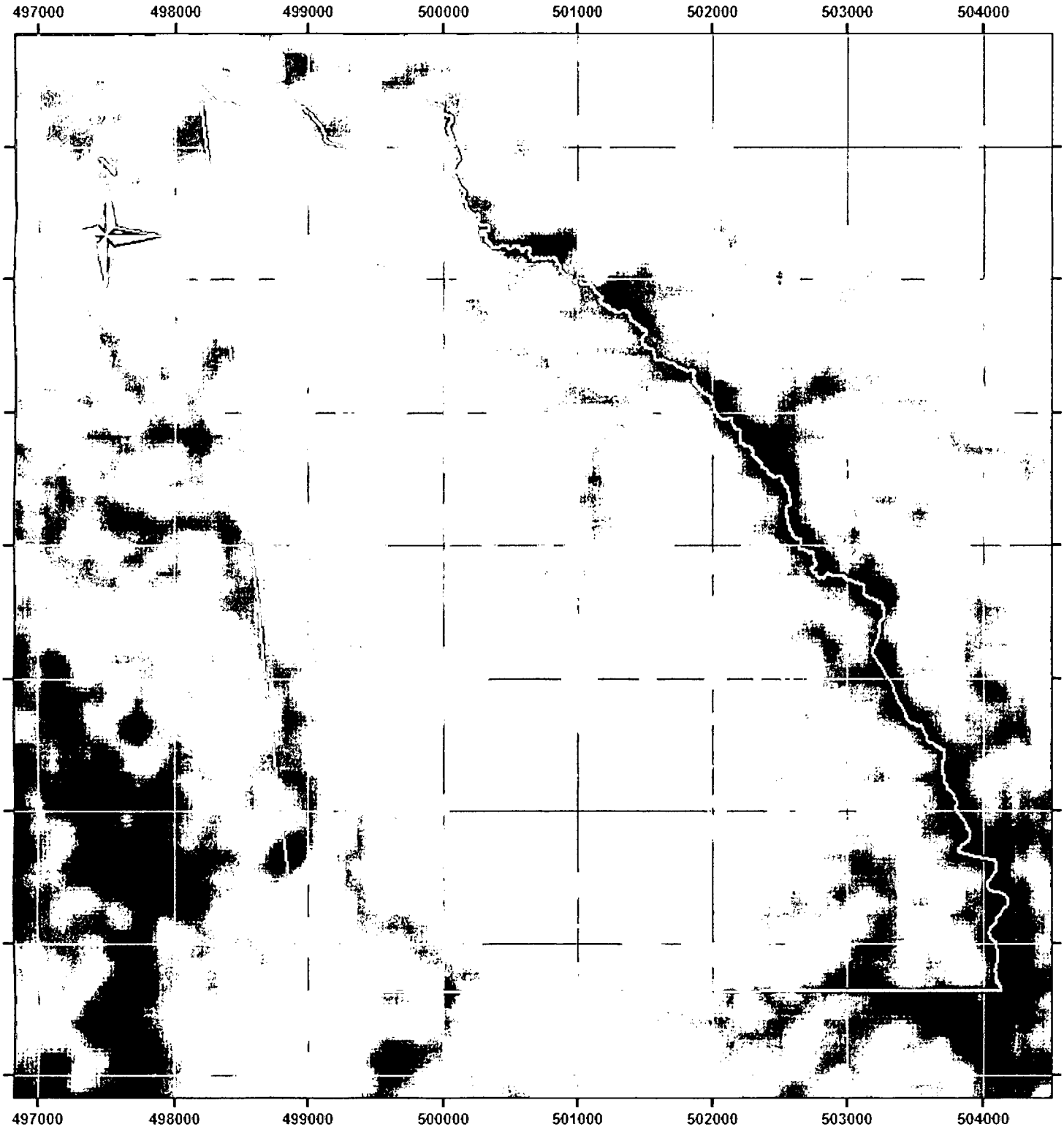
PUNTO	X	X1	diff in x	dif in x 2	y	y 1	dif y	diff y 2	diff x 2 + diff y 2	1/2^(diff x 2 + diff y 2)
1	500290	500289	1	1	9018086	9018099	-13	169	170	13.038
2	500068	500068	0	0	9018086	9018102	-16	256	256	16.000
3	499945	499945	0	0	9017846	9017839	7	49	49	7.000
4	499703	499711	-8	64	9017582	9017582	0	0	64	8.000
5	499673	499698	-25	625	9017258	9017258	0	0	625	25.000
6	499313	499316	-3	9	9017109	9017109	0	0	9	3.000
7	498658	498659	-1	1	9017186	9017164	22	484	485	22.023
8	498623	498633	-10	100	9017356	9017357	-1	1	101	10.050
9	498563	498570	-7	49	9017701	9017701	0	0	49	7.000
10	498256	498258	-2	4	9017726	9017691	35	1225	1229	35.057
11	497891	497891	0	0	9017726	9017732	-6	36	36	6.000
12	497648	497648	0	0	9017876	9017881	-5	25	25	5.000
13	497783	497789	-6	36	9018116	9018110	6	36	72	8.485
14	498229	498230	-1	1	9018086	9018101	-15	225	226	15.033
15	498383	498384	-1	1	9018056	9018016	40	1600	1601	40.012
16	498550	498551	-1	1	9018176	9018153	23	529	530	23.022
17	498695	498695	0	0	9018386	9018383	3	9	9	3.000
18	499103	499121	-18	324	9018386	9018379	7	49	373	19.313
19	499322	499323	-1	1	9018746	9018733	13	169	170	13.038
20	499613	499606	7	49	9018917	9018917	0	0	49	7.000
21	499823	499792	31	961	9018656	9018648	8	64	1025	32.016
22	500033	500050	-17	289	9018551	9018551	0	0	289	17.000

e) Calculo de error ArcHydrology.

PUNTO	X	X1	diff in x	dif in x 2	y	y 1	dif y	diff y 2	diff x 2 + diff y 2	1/2^(diff x 2 + diff y 2)
1	500293	500289	4	16	9018085	9018099	-14	196	212	14.560
2	500069	500068	1	1	9018074	9018102	-28	784	785	28.018
3	499943	499945	-2	4	9017867	9017839	28	784	788	28.071
4	499705	499711	-6	36	9017587	9017582	5	25	61	7.810
5	499673	499698	-25	625	9017263	9017258	5	25	650	25.495
6	499306	499316	-10	100	9017117	9017109	8	64	164	12.806
7	498661	498659	2	4	9017175	9017164	11	121	125	11.180
8	498628	498633	-5	25	9017356	9017357	-1	1	26	5.099
9	498554	498570	-16	256	9017698	9017701	-3	9	265	16.279
10	498258	498258	0	0	9017720	9017691	29	841	841	29.000
11	497892	497891	1	1	9017735	9017732	3	9	10	3.162
12	497640	497648	-8	64	9017887	9017881	6	36	100	10.000
13	497779	497789	-10	100	9018131	9018110	21	441	541	23.259
14	498225	498230	-5	25	9018084	9018101	-17	289	314	17.720
15	498362	498384	-22	484	9018065	9018016	49	2401	2885	53.712
16	498542	498551	-9	81	9018166	9018153	13	169	250	15.811
17	498695	498695	0	0	9018384	9018383	1	1	1	1.000
18	499115	499121	-6	36	9018403	9018379	24	576	612	24.739
19	499320	499323	-3	9	9018735	9018733	2	4	13	3.606
20	499603	499606	-3	9	9018911	9018917	-6	36	45	6.708
21	499837	499792	45	2025	9018669	9018648	21	441	2466	49.659
22	500031	500050	-19	361	9018538	9018551	-13	169	530	23.022

ANEXO II: MAPAS

IMAGEN DEM DEL CICFOR-MACUYA



1:40,000

LEYENDA

CICFOR-MACUYA

SRTM_DEM
- High : 268.196
- Low : 192.043

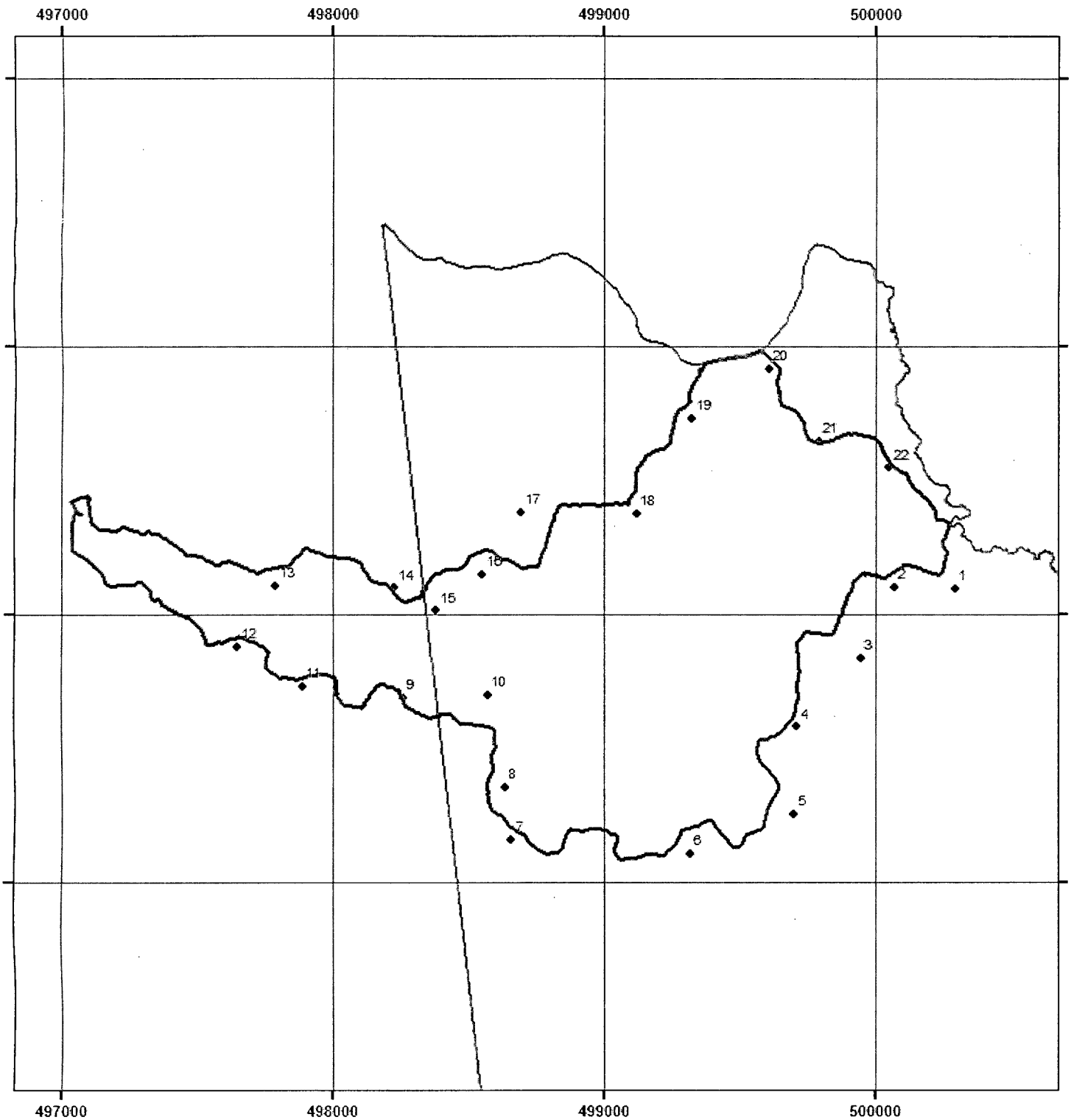
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS:
"COMPARACION DE LA DELIMITACION DE LA MICRO CUENCA "EL ZANCUDAL" CON HYDROLOGY Y ARCHYDRO TOOLS EN EL CICFOR – MACUYA"

MAPA 02:
MAPA DEL AREA CICFOR- MACUYA SOBRE PUESTA SOBRE LA IMAGEN DEM

UBICACIÓN: DTO. : UCAYALI PROVINCIA: PADRE ABAD DISTRITO : IRAZOLA	DATUM: WGS_84 ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO 2014 FUENTE: IBC, SERNAMP.	Lamina: A4
TESISTA: BACH. ENZO GIANFRANCO DEL AGUILA URRUNAGA		REVISADO: ING. FERNANDO VELÁSQUEZ DA CRUZ	

DELIMITACION DE LA MICROCUENCA EL ZANCUDAL CON GPS GARMIN 60 CSX



1:20,000

LEYENDA

CICFOR-MACUYA

MICROCUENCA EL ZANCUDAL

CENTROIDES_GPS

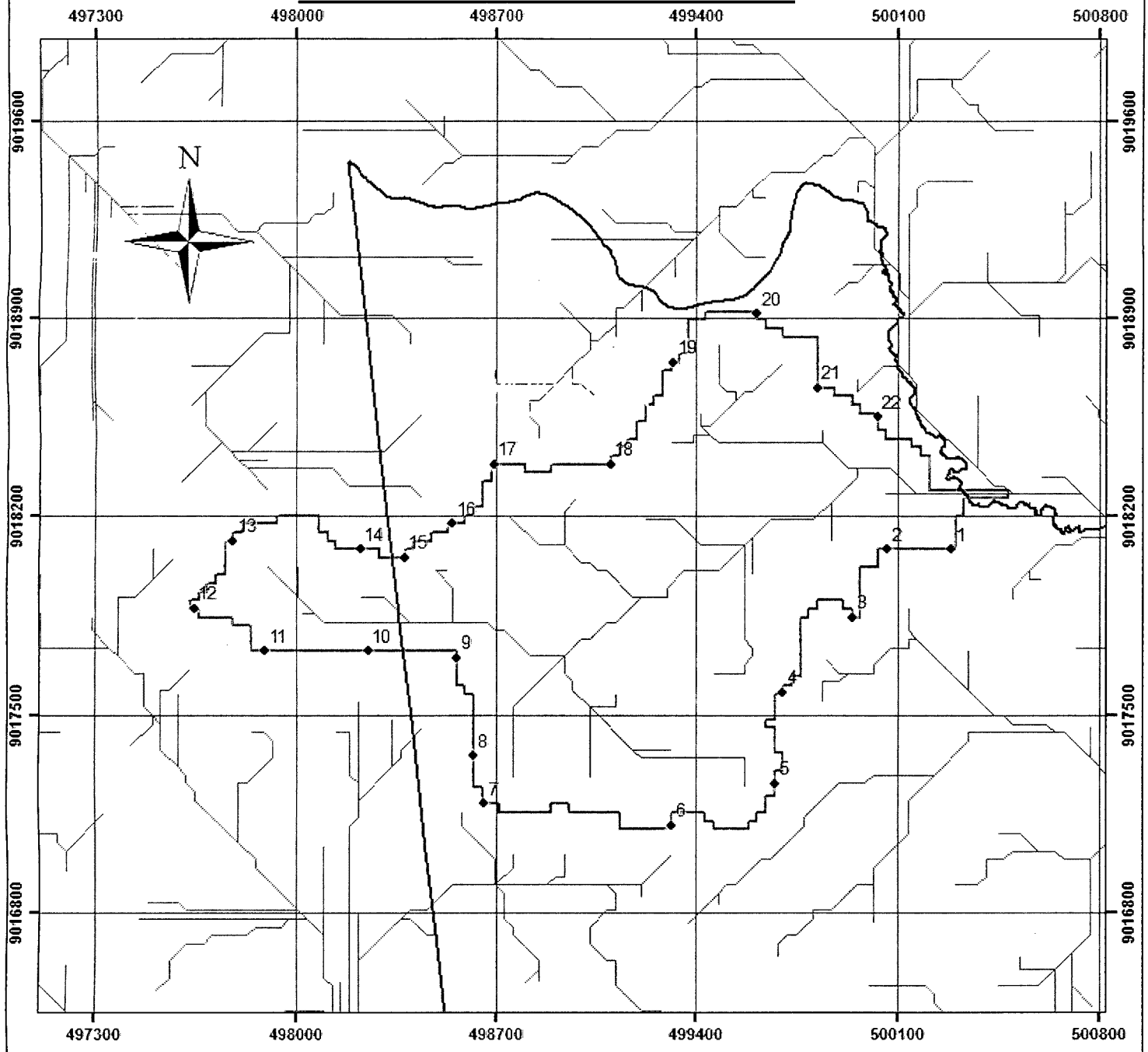
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS:
"COMPARACION DE LA DELIMITACION DE LA MICRO CUENCA "EL ZANCUDAL" CON HYDROLOGY Y ARCHYDRO TOOLS EN EL CICFOR – MACUYA"

MAPA 08:
MAPA DE DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA "EL ZANCUDAL" CON GPS GARMIN 60 CSX

UBICACIÓN: DTO. : UCAYALI PROVINCIA: PADRE ABAD DISTRITO : IRAZOLA	DATUM: WGS_84 ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO 2014 FUENTE: IGC, SERNAMP.	Lamina: A4
TESISTA: BACH. ENZO GIANFRANCO DEL AGUILA URRUNAGA		REVISADO: ING. FERNANDO VELÁSQUEZ DA CRUZ	

DELMITACION DE LA MICRO-CUENCA DE LA QUEBRADA "EL ZANCUDAL" CON ARC HYDRO TOOLS



0 175 350 700 Meters

1:20,000

LEYENDA

CICFOR-MACUYA

MICROCUENCA

CENTROIDES

DRENAJES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

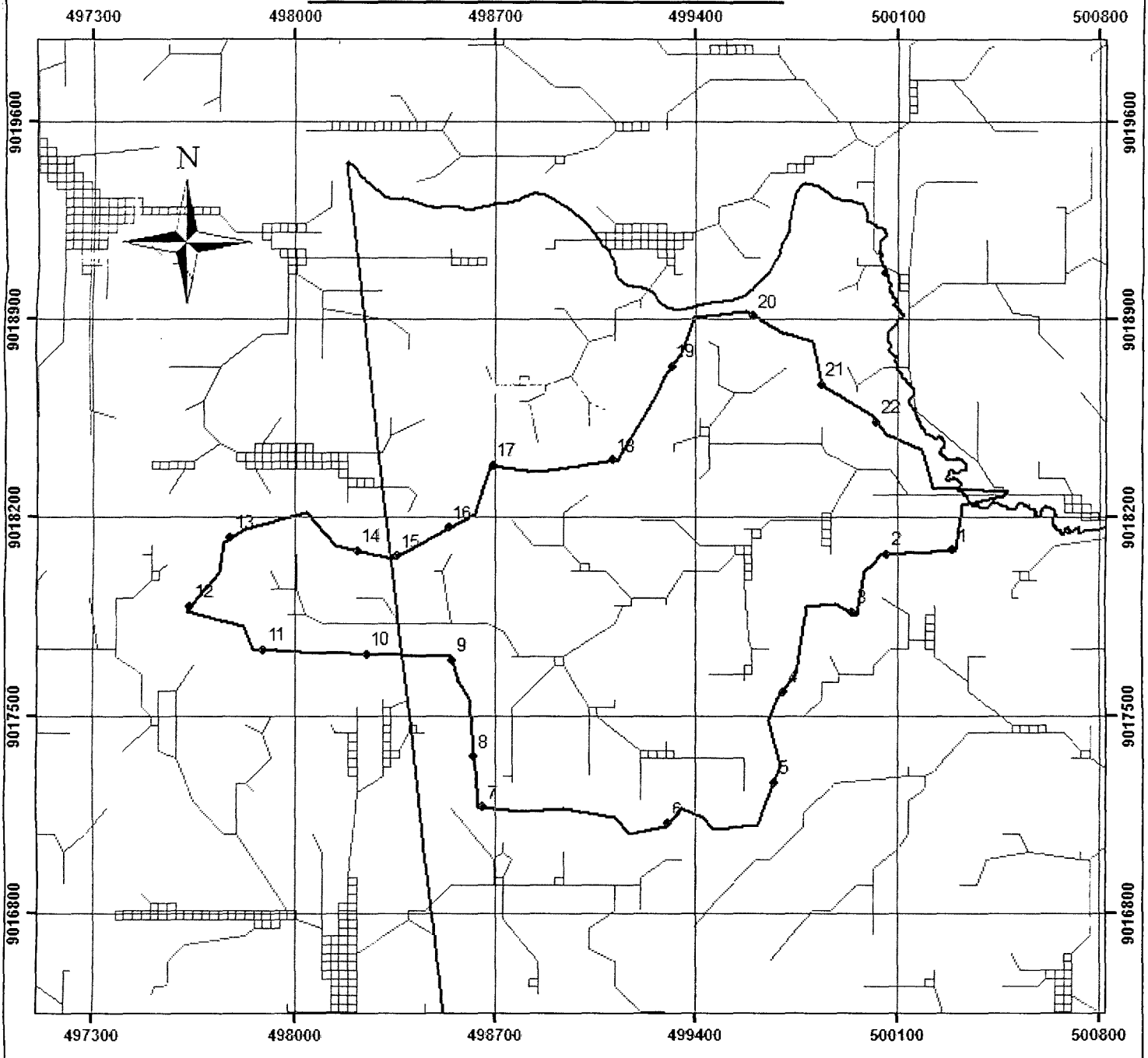
TESIS:
"COMPARACION DE LA DELIMITACION DE LA MICRO CUENCA "EL ZANCUDAL" CON HYDROLOGY Y ARCHYDRO TOOLS EN EL CICFOR – MACUYA"

MAPA 04:
MAPA DE DELIMITACION DE LA MICRO-CUENCA DE LA QUEBRADA "EL ZANCUDAL" CON ARC HYDRO TOOLS

UBICACIÓN:	DATUM:	FECHA:	LAMINA:
DTO. : UCAYALI PROVINCIA: PADRE ABAD DISTRITO : IRAZOLA	WGS_84	AGOSTO 2014	A4
	ESCALA: INDICADA	FUENTE: IBC, SERNAMP.	

TESISTA:	REVISADO:
BACH. ENZO GIANFRANCO DELAGUILA URRUNAGA	ING. FERNANDO VELÁSQUEZ DA CRUZ

DELMITACION DE LA MICRO-CUENCA DE LA QUEBRADA "EL ZANCUDAL" CON ARC HYDROLOGY



0 175 350 700 Meters

1:20,000

LEYENDA

CICFOR-MACUYA

MICROCUENCA

CENTROIDES

DRENAJES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS:
"COMPARACION DE LA DELIMITACION DE LA MICRO CUENCA "EL ZANCUDAL" CON HYDROLOGY Y ARCHYDRO TOOLS EN EL CICFOR – MACUYA"

MAPA 05
MAPA DE DELIMITACION DE LA MICRO-CUENCA DE LA QUEBRADA "EL ZANCUDAL" CON ARC HYDROLOGY

UBICACIÓN:	DATUM:	FECHA:	LAMINA:
DTO. : UCAYALI PROVINCIA: PADRE ABAD DISTRITO : IRAZOLA	WGS_84	AGOSTO 2014	A4
	ESCALA: INDICADA	FUENTE: IBC, SERNAMP.	

TESISTA:	REVISADO:
BACH. ENZO GIANFRANCO DEL AGUILA URRUNAGA	ING. FERNANDO VELÁSQUEZ DA CRUZ

ANEXO III: PANEL FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO DE CAMPO



Foto 01.- Inicio del proceso de delimitación de la microcuenca "El Zancudal"



Foto 02.- Apertura de trocha sobre la divisoria



Foto 03.- Llegada a la boca de la quebrada "El Zancudal", que vierte sus aguas en la quebrada Cashibo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL
U N U



Foto 04 y 05.- Toma de Waypoints en la cumbre de la divisoria de cuenca.



Foto 06.- Asesor y tesista al frente, guardabosques CICFOR - Macuya al fondo.