



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY  
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

*“Administración y Gestión de geoinformación para el plan de manejo  
del la microcuenca del río Kushapuk, provincia de Morona Santiago,  
mediante un SIG”*

**Trabajo de graduación previo a la obtención de título de Ingeniero  
de Sistemas**

**AUTORES:**

**Sandra L. Cobos Mora  
Priscila A. Samaniego Placencia**

**DIRECTOR:**

**Ing. Omar Delgado Inga**

**CUENCA – ECUADOR  
2009**

## **DEDICATORIA**

El regocijo que hoy me embarga por la culminación de una de las etapas de mayor trascendencia en mi vida, se la dedica a mi madre, quien ha sido fuente de paciencia, sabiduría y bondad para guiarme durante toda mi existencia, quien además me ha inculcado valores y principios claves en un ser humano. También, se la dedico a mi padre quien de manera incondicional me ha apoyado en todos los aspectos de mi vida, recordándome a cada instante que siempre he podido, puedo y podré contar con su amor, respeto y cariño. Dos ejes fundamentales que conjuntamente han realizado el mejor trabajo para enseñarme que con esfuerzo y fe en Dios, todo es posible.

Sandra

## **DEDICATORIA**

La alegría y las puertas que se me abren una vez alcanzado otro escalón en mi vida se lo dedico a mi padre, mi madre y hermanos quienes de una u otra forma me acompañaron en el camino recorrido hasta el día de hoy; de manera especial quiero resaltar el valor y paciencia de mi madre, quien me ha demostrado día a día que todo esfuerzo vale la pena y que la entereza, la paciencia y la fe en Dios hacen que todas las metas que uno se propone sean posibles.

Priscila

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar queremos agradecer a Dios por permitirnos culminar con éxito una de las etapas más importantes de nuestras vida, dándonos salud, paciencia y fortaleza para continuar día a día; luego agradecemos a nuestros padres quienes han sabido ser un verdadero apoyo y fuente de sabiduría en cada momento. De manera especial agradecemos al Ing. Omar Delgado quien nos ha brindado la guía y apoyo necesario para culminar con éxito el presente proyecto, además que con su carisma y bondad se ha ganado nuestro cariño, respeto y admiración.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iv
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	vi
ANTECEDENTES .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1 .....	3
DEFINICIÓN Y CONCEPTOS.....	3
1.1 Introducción .....	3
1.2 Cartografía Digital .....	3
1.3 Sistema de coordenadas geográficas.....	5
1.4 Sistema global de posicionamiento.....	7
1.5 Sistemas de Información Geográfica.....	9
1.6 Geodatabase .....	11
CAPÍTULO 2.....	15
EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA.....	15
2.1 Introducción.....	15
2.2 Información entregada por el CREA - Carta Topográfica del Río Santiago - .....	16
2.3 Recopilación de cartografía temática disponible .....	18
2.3.1 Hidrografía.....	18
2.3.2 División Política Administrativa.....	19
2.4 Obtención del MDT y sus productos derivados a partir de la imagen satelital.....	24
2.4.1 Modelo Digital de Terreno.....	25
2.4.2 Productos derivados del MDT .....	26
2.4.3 Cobertura de suelo .....	33
2.5 Mediciones levantadas por el GPS.....	36
CAPÍTULO 3.....	43
ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA .....	43
3.1 Introducción.....	43
3.2 Definición del sistema de referencia.....	43
3.3 Establecer una Nomenclatura de archivos .....	45
3.4 Definición de los formatos de la cartografía.....	46
3.5 Estructuración de la información cartográfica.....	47
3.6 Construcción de geodatabase.....	54
3.7 Registrar la información de cartografía digital en la estructura de metadatos.....	60
CAPÍTULO 4.....	65
GENERACIÓN DE MAPAS .....	65
4.4 Mapas.....	71
4.4.2 Hidrografía.....	72
4.4.3 Clima.....	72
4.4.4 Orografía.....	73
4.4.5 Edafología y uso del suelo.....	74
4.4.7 Botánica y Faunística.....	78
4.4.8 Caracterización socioeconómica y cultural.....	79
4.4.8.2 Aspectos económicos:.....	83
4.4.8.3 Aspectos Culturales: .....	84
CAPÍTULO 5.....	86
PERSONALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	86
5.1 Introducción.....	86
5.2. Información a visualizar.....	86
5.3 Elaboración de un interfaz de visualización de resultados.....	87

CONCLUSIONES .....	98
RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFIA .....	103
Anexo Mapa Base.....	105
Anexo Mapa de Ubicación.....	106
Anexo Mapa Hidrográfico .....	107
Anexo Mapa de Estaciones Meteorológicas .....	108
Anexo Mapa de las Isoyetas e Isotermas .....	109
Anexo Mapa del MDT .....	110
Anexo Mapa de Pendientes.....	111
Anexo Mapa de Suelos .....	112
Anexo Mapa de Cobertura Vegetal.....	113
Anexo Mapa Geológico y Geomorfológico.....	114
Anexo Mapa Etnobotánica.....	115
Anexo Mapa de hombres por rango de edad.....	116
Anexo Mapa de mujeres por rango de edad.....	117
Anexo Mapa de poblacional total rangos.....	118
Anexo Mapa Poblacional Total Generos .....	119
Anexo Mapa de Equipamiento en Salud y Educación .....	120
Anexo Mapa de Infraestructura.....	121
Anexo Mapa de Servicios Básicos.....	122
Anexo Mapa Turístico .....	123
Anexo Mapa de Áreas Mineras.....	124

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: Carta Topográfica del Río Santiago, Fuente IGM.....	4
Figura 2: Carta Topográfica original del Río Santiago.....	17
Figura 3: Ventana de la herramienta Clip.....	17
Figura 4: Hidrografía completa para la Microcuenca del Río Kushapuk.....	19
Figura 5: Geología de la Microcuenca del Río Kushapuk.....	20
Figura 6: Geomorfología de la Microcuenca del Río Kushapuk.....	21
Figura 7: Isoyetas e Isotermas de la Microcuenca del Río Kushapuk.....	22
Figura 8: Ventana de la herramienta “Feature To Polygon”.....	23
Figura 9: Concesión Minera de la Microcuenca del Río Kushapuk.....	24
Figura 10: Imagen Satelital ASTER correspondiente a la Microcuenca del Río Kushapuk.....	25
Figura 11: Modelo Digital del Terreno correspondiente al Área de Estudio.....	26
Figura 12: Unidades de microcuenca que forman parte de la Microcuenca del Río Kushapuk.....	28
Figura 13: Área de Estudio en función de la microcuenca.....	28
Figura 14: Mapa de iluminación.....	29
Figura 15: Mapa de aspectos.....	30
Figura 16: Imagen Raster resultado de escoger la opción Slope.....	31
Figura 17: Imagen raster de pendientes clasificada en 6 rangos, correspondiente al MDT del ASTER.....	31
Figura 18: Imagen shape de pendientes clasificada en 6 rangos, correspondiente a la imagen satelital.....	32
Figura 19: Imagen de las Pendientes clasificadas en 6 rangos, correspondiente a la Microcuenca del Río Kushapuk.....	33
Figura 20: Ventana de cambio de formato de gpx a Shape.....	36
Figura 21: Senderos Levantados originales.....	38
Figura 22: Senderos Levantados después de la edición.....	38
Figura 23: Caminos Levantados.....	39
Figura 24: Ventana de la herramienta Merge.....	40
Figura 25: Organigrama inicial de estructuración de la información.....	49
Figura 26: Organigrama Final de estructuración de la información.....	54
Figura 27: Plantilla de mapas.....	68
Figura 28: Ventana de edición de la escala de tipo gráfico.....	70
Figura 29: Presentación de información relevante del mapa.....	71
Figura 30: Gráfico estadístico de las pendientes predominantes en la Microcuenca del Río Kushapuk.....	74
Figura 31: Gráfico estadístico de las pendientes predominantes en la Microcuenca del Río Kushapuk.....	76
Figura 32: Gráfico estadístico de geologías en la Microcuenca del Río Kushapuk.....	77
Figura 33: Gráfico estadístico de geomorfologías en la Microcuenca del Río Kushapuk.....	78
Figura 34: Pirámide Poblacional de la Microcuenca del Río Kushapuk (IERSE, 2009).....	79
Figura 35: Ventana de Creación de un macro desde Access 2007.....	90
Figura 36: Menú para entrar al macro de Visual Basic.....	91
Figura 37: Menú de ejecución del macro.....	92
Figura 38: Portada de la interfaz personalizada en Visual Basic.....	92
Figura 39: Logotipos de las organizaciones participantes del proyecto.....	93
Figura 40: Menú de presentación de los mapas en estructura de árbol.....	93
Figura 41: Estructura del menú de las capas de información a visualizar en un mapa.....	94
Figura 42: Sección correspondiente al área de trabajo.....	95
Figura 43: Ventana de actualización de datos desde Access.....	96
Figura 44: Leyenda correspondiente al mapa señalado.....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de Topología de una Geodatabase (ESRI-España Geosistemas S.A. (27 de Enero), 2004) .....	14
Tabla 2: Tabla de relaciones entre el valor del campo Layer y la temática a la que corresponde. ....	16
Tabla 3: Datos provenientes del ODEPLAN necesarios para la ubicación de la microcuenca. .	19
Tabla 4. Información de los aspectos geológicos obtenidos para la microcuenca. ....	20
Tabla 5. Información de los aspectos geomorfológicos obtenidos para la microcuenca. ....	21
Tabla 6. Información de Isoyetas e Isotermas obtenidos para la microcuenca .....	21
Tabla 7: Concesiones mineras en función al número de color y layer.....	22
Tabla 8. Longitudes de onda en las cuales el censor.....	24
Tabla 9. Coordenadas del área de estudio en UTM de la zona 18S con Datum WGS84. ....	28
Tabla 10: Tabla de discriminación de los rangos de pendientes basados en el campo gridcode. ....	33
Tabla 11: Sitios de muestreo empleados en la clasificación supervisada. ....	35
Tabla 12: Índices de Separabilidad en el análisis estadístico de la clasificación de cobertura. ..	35
Tabla 13. Información sobre centros poblados encontrados dentro de los límites de la zona de estudio y los cercanos a esta.....	37
Tabla 14. Información sobre muestras de suelo levantadas mediante GPS. ....	40
Tabla 15. Información sobre muestras de vegetación levantadas mediante GPS. ....	41
Tabla 16. Información de actividad minera existente en la zona de estudio.....	41
Tabla 17. Información de sectores turísticos levantados. ....	42
Tabla 18: Tabla de las Pendientes predominantes en la Microcuenca del Río Kushapulk.....	73
Tabla 19: Tabla descriptiva de los tipos de cobertura de suelo.....	76
Tabla 20: Datos Poblacionales de la Microcuenca por rangos de edad (INEC, 2001) .....	79
Tabla 21: Datos Poblacionales de la población de Kiim por rangos de edad (INEC, 2001) .....	80
Tabla 22: Datos Poblacionales de la población de Kushapuk por rangos de edad (INEC, 2001).....	80
Tabla 23: Datos Poblacionales en porcentajes de las comunidades de la microcuenca del Río Kushapuk en el 2009 (Plan De Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk, IERSE (2009)) .....	81

## ANTECEDENTES

La región oriental del Ecuador, cubierta por una vegetación exuberante propia de los bosques tropicales, constituye el 2% de la selva amazónica y es una de las regiones ambientalmente más importantes del país ya que posee un ecosistema rico y valioso tanto en términos locales como generales; además, juega un papel protagónico dentro del clima global. Es por esto que resulta positivo el creciente interés por aprovechar la biodiversidad existente en la zona ya que los múltiples recursos naturales propios del lugar, siendo bien manejados, producirán ganancias y oportunidades que mejorarán la calidad de vida sus habitantes.

Desafortunadamente, en la actualidad, toda esta región se encuentra gravemente amenazada, debido a que sufre un proceso acelerado de deforestación y degradación de los suelos gracias a la permanente tala de bosques, fuente principal de agua dulce y que se origina en gran parte por las operaciones no controladas y la falta de políticas de reforestación de la industria maderera. Además, a esta problemática se suman el uso inadecuado de los suelos, las malas prácticas productivas y otras actividades que realiza la población sin tener conocimiento que todas estas acciones llevan a una disminución en los recursos y un decrecimiento drástico de la biodiversidad, dos fenómenos que favorecen la erosión de los suelos contribuyendo a la contaminación y degradación del agua que afecta a la flora y fauna; concluyendo finalmente en la disminución de la calidad de vida de los habitantes de la zona y de todo el país.

Por lo expuesto, el CREA, organización facultada para manejar los recursos naturales de Azuay, Cañar y Morona Santiago, propendiendo siempre el desarrollo económico y humano de sus habitantes, mediante la formulación y ejecución de políticas, planes y proyectos coordinados con la Sociedad Civil y los Gobiernos Seccionales, está empeñado conjuntamente con la Ilustre Municipalidad del cantón Tiwintza en desarrollar actividades de planificación orientadas a la conservación del ecosistema y la biodiversidad como parte de una estrategia de desarrollo integral, para así fortalecer la capacidad local, la competitividad, la equidad y el mejoramiento de la calidad de vida de las familias rurales y urbanas asentadas en el sitio de estudio; para

lo cual, se ha considerado prioritario la formulación del Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk, a través del aporte económico de los dos organismos ya mencionados.

Para el desarrollo de este proyecto, se ha contactado a la Universidad del Azuay, institución que firmó el 27 de noviembre de 2008 un Contrato de Consultoría con el Centro de Reversión Económica del Azuay, Cañar y Morona Santiago (CREA) y la Municipalidad del cantón Tiwintza, para elaborar el “Estudio del Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk”, ubicada en la jurisdicción del cantón Tiwintza, provincia de Morona Santiago, cuyas coordenadas son 1°10’ de Latitud Sur, 78°10’ de longitud Oeste; 2°35’ de Latitud Sur y 76°40’ de Longitud Oeste y que geográficamente limita al norte con la provincia de Pastaza y Tungurahua, al sur con el Perú y la provincia de Zamora Chinchipe, al este con el Perú y al oeste con las provincias de Chimborazo, Cañar y Azuay.

## **RESUMEN**

El presente estudio consistió en la administración y gestión de geoinformación de la Microcuenca del Río Kushapuk a través de ArcGis 9.2, herramienta que permitió la construcción de nueva cartografía base y temática partiendo de diferentes fuentes de datos como: mediciones con receptores GPS, carta topográfica del Río Santiago, la imagen satelital ortorectificada del sistema ASTER y el Modelo Digital del Terreno; información geográfica que fue evaluada y validada para luego ser organizada y estructurada a nivel de carpetas y de una geodatabase que se apoya en el gestor de base de datos Access. La información sistematizada permitió la generación de 22 mapas temáticos que representan la caracterización territorial de la microcuenca y que servirán de base para la zonificación y el Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk, la misma que es administrada empleando un sistema de información geográfico y una interfaz personalizada creada bajo un entorno de Visual Basic dirigida a personas no familiarizadas en el manejo de los SIG.

Director  
Ing. Omar Delgado.

## ***ABSTRACT***

This study consists of the administration and management of geoinformation of the River Kushapuk micro-basin through ArcGis 9.2, a tool that allows the construction of a cartographic base and themes using different sources of information such as, GPS measurements, the topographical map of the River Santiago, satellite imagery orthorectified by the ASTER system and the Digital Terrain Model. The geographic information was evaluated and validated and later organized and structured into files and onto an Access geodatabase. The systemized information allowed the generation of 22 thematic maps that represent the character of the terrain and will serve as base for the Integrated Management Plan of the micro-basin under study. These maps are administrated using a GIS system and a personalized interface created using Visual Basic for people who are unfamiliar with the use of GIS.

# INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo administrar y gestionar la geoinformación generada y recopilada para el plan de manejo integral de la microcuenca del río Kushapuk, procesos que se llevaron a cabo mediante un Sistema de Información Geográfico como ArcGis 9.2 cuyo propietario es ESRI y que nos brindó ventajas muy importantes y de gran utilidad en relación a sus predecesoras, proporcionándonos las funcionalidades requeridas para la realización de las tareas que contribuyeron positivamente en el cumplimiento de la meta planteada.

Es así que este estudio se inició con una revisión bibliográfica de los aspectos teóricos relevantes para el desarrollo práctico tales como cartografía digital, Sistema Global de Posicionamiento GPS y los Sistemas de Información Geográficos SIG, los mismos que serán abordados ampliamente en el Capítulo 1 y que fueron puestos en práctica durante el desarrollo de las actividades detalladas en los capítulos siguientes; tal es el caso de la evaluación y validación de la información geográfica, tratada en el Capítulo 2 y que tuvo como fin el corroborar que todos los datos provenientes de las diferentes fuentes, sean válidos y estén en relación a la zona de estudio. Para esta actividad, se utilizaron como fuentes de información los levantamientos de puntos y rutas (trazados) mediante GPS realizados en el año 2009 a una escala 1:10000, que proporcionaron la más alta precisión en la información resultante, luego tenemos la carta topográfica del Río Santiago en formato digital entregada por el CREA y que se encuentra a escala 1:50000; además, la Universidad del Azuay adquirió una imagen satelital ASTER ortorectificada en el sistema de coordenadas UTM WGS84 y por último el ODEPLAN y el Almanaque Electrónico Ecuatoriano que cubren toda la superficie del Ecuador.

Con la geoinformación recopilada, generada, evaluada y validada, se procedió a organizarla y estructurarla en función a los lineamientos establecidos en el capítulo 3, donde trataremos básicamente los formatos en los cuáles se encuentra la información como el *shapefile* propio de ESRI, imágenes raster y tablas dbf, para luego clasificarla en función a los temas tratados utilizando una estructura de carpetas y de

geodatabases de tipo personal que utilizan un gestor de base de datos Access; aquí también se establece la nomenclatura a utilizarse en los diferentes archivos, de forma que a simple vista nos proporcione una idea de su contenido, siendo necesario también registrar metadatos bajo un formato FGDC.

El capítulo 4 y 5 corresponden a la presentación de los resultados obtenidos durante el estudio, primero en función a la generación de mapas temáticos que representan la caracterización territorial de la microcuenca y que servirán de base para la zonificación y el Plan de Manejo, además de una interfaz de personalización en un entorno de Visual Basic, disponible mediante un macro en ArcGis 9.2 que está dirigida básicamente a usuarios no familiarizados en el manejo de cartografía digital mediante un SIG y que es totalmente amigable e intuitiva.

# **CAPÍTULO 1**

## **DEFINICIÓN Y CONCEPTOS**

### **1.1 Introducción**

El presente proyecto fue importante iniciarlo con una recopilación bibliográfica de los temas de mayor trascendencia, es así que en este primer capítulo se encontrará una serie de definiciones y aspectos teóricos claves para la comprensión de lo que se expondrá a lo largo de este documento. Es así que partimos con el tema de cartografía digital para comprender su importancia dentro de estudios geográficos, posteriormente se encontrarán definiciones de GPS para entender el tipo y la importancia de los datos levantados mediante este mecanismo y por último están los SIG, sistemas de información geográficos que colaboraron en la administración y gestión de la información.

Cada uno de los temas aquí tratados se dividirán en secciones de forma que facilite su comprensión y remarque aspectos claves como son: cartografía digital donde también se abordarán los sistemas de coordenadas, el Sistema Global de Posicionamiento (GPS) en el cuál se tratará su arquitectura y el funcionamiento del mismo y los sistemas de información geográficos que están conformados por aspectos teóricos sobre la geodatabase y la administración y gestión de un SIG utilizando ArcGis 9.2.

### **1.2 Cartografía Digital**

Cartografía es la ciencia encargada de la reproducción de la superficie terrestre en una superficie plana para entender mejor la realidad territorial, preparando o construyendo mapas y/o cartas náuticas. La cartografía digital para cumplir con este objetivo, hace uso de técnicas de automatización y medios computacionales que

utilizan la tecnología digital disponible para obtener resultados mucho más precisos y rápidos que concluyen en un mayor grado de fiabilidad. (Instituto Geografico Agustin Codazzi, 2008)

Para interpretar la cartografía, es importante conocer la relación matemática existente entre las medidas reales del sector geográfico a representar y las utilizadas en los mapas, cartas o planos, relación más conocida como escala y cuyo valor radica fundamentalmente en la imposibilidad de reproducir a igual tamaño un sector del globo terrestre utilizando el papel o un formato digital. Debido a la gran importancia de este elemento, se debe considerar al menos 3 aspectos para tener una cartografía confiable y entendible en términos de escala que son: el área a representar, el objetivo del mapa y la precisión que se desea obtener; considerando para este último punto, que a un mayor denominador, menor es la escala y de igual forma la precisión proporcionada.

La recolección de información para el Plan de Manejo de la Microcuenca del Río Kushapuk, se realizó a partir de cartografía digital en diferentes escalas; en primer lugar tenemos la Carta Topográfica del Río Santiago (Figura 1) en formato digital, la misma que se encuentra a una escala de 1:50000 y que proporciona información sobre hidrografía, topografía, vegetación, vías y vías tratadas; luego tenemos datos recopilados del Almanaque Electrónico Ecuatoriano (AEE) que generalmente se encuentra a una escala de 1:250000 y del ODEPLAN a igual escala.

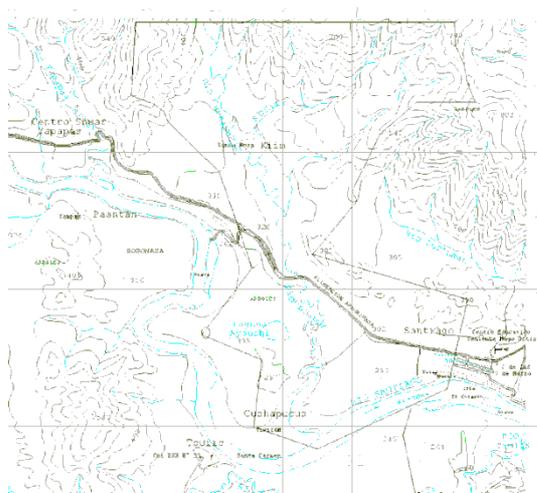


Figura 1: Carta Topográfica del Río Santiago, Fuente IGM

### 1.3 Sistema de coordenadas geográficas

Los sistemas de coordenadas geográficas se constituyen básicamente en sistemas de referencia que permiten ubicar de forma relativa cualquier punto dentro de la cartografía con respecto a otro; proceso para el cual, dependiendo del sistema utilizado se emplea un conjunto de variables que al asumir un valor determinado nos da la posición buscada; entre los sistemas de coordenadas más utilizados tenemos:

**Coordenadas planas:** Este sistema de coordenadas es el producto de la proyección de la superficie terrestre sobre un plano. Una de las cuadrículas más utilizadas dentro de este sistema es la denominada UTM por sus siglas en inglés de *Universal Transversa de Mercator*, se expresa según el sistema decimal y tiene como medida el metro; fragmenta al globo terrestre en 60 zonas de 6 grados de longitud cada una de ellas, limitando siempre entre dos meridianos que coinciden con los establecidos por el sistema geodésico tradicional o coordenadas esféricas, cada zona se encuentra dividida con líneas horizontales formando 20 bandas nombradas por las letras mayúsculas del alfabeto, que van desde la “C” hasta la “X”, sin considerar la “I”, “LL”, “Ñ” y “O”; quedando las zonas desde la “C” hasta la “M” en el hemisferio Sur y de la “N” a la “X” en el hemisferio Norte, cada una de ellas presenta una altura de 8° exceptuando la banda “X” que mide 12° (Delgado, 2006) (Franco, 1999)

Cada zona posee como ejes del sistema de referencia a la línea Ecuatorial que es el eje horizontal común para todas y el meridiano central de cada una de ellas; la intersección entre el meridiano y el paralelo forman el falso origen que tiene como coordenadas X,Y a 500 000, 10'000 000 respectivamente. Además de establecer los valores antes señalados para dar la ubicación de un punto, es necesario especificar el Datum, que se define como el punto de mayor coincidencia entre el modelo matemático que mejor describe a la tierra y el globo terrestre; los Datum más empleados para la generación de cartografía digital son: el Sistema Geodésico Mundial medido en 1984, conocido como WGS84, cuyo origen es geocéntrico; y el Provisional para América del Sur de la Canoa Venezuela de 1956, abreviado como PSAD56 o SAM56; en nuestro medio se emplean indistintamente los dos dependiendo básicamente de los requerimientos del proyecto.

En el Ecuador, la generación oficial de cartografía digital es confeccionada tomando como Datum horizontal el PSAD56 ya que es el que mejor se acopla a nuestra zona, los parámetros aquí considerados son el elipsoide internacional, conocido también como Hayford de 1924 y su origen que se encuentra en un punto denominado “La Canoa” en Venezuela. Sin embargo, sistemas muy importantes como el GPS, debido a su alto grado de precisión que demanda en cualquier parte del mundo y a la complejidad de utilizar Datum locales, emplea el WGS84 que tiene como elipsoide al Sistema Geodésico de referencia de la Unión Geodesia y Geofísica Internacional con algunas modificaciones en su atachamiento debido a los errores comprobados y como origen al centro de masas de la tierra. (Leiva) (Ilustre Municipalidad de Cuenca, 2008)

Toda la cartografía empleada dentro de nuestro estudio se encuentra en los dos Datum, de forma que sea utilizada según las necesidades; es importante recalcar que la carta topográfica del Río Santiago, el ODEPLAN como el AEE se encuentran originalmente en PSAD56, a partir de la cual se transformó a WGS84, empleando el set de transformación 1 de ESRI, en ArcGIS.

**Coordenadas geodésicas:** Sistema de coordenadas más apropiado para realizar proyecciones cartográficas que toma como referencia a un elipsoide y se basa en la posición relativa de la tierra con respecto al sol; se mide en grados ( ° ) pero debido a la gran extensión de territorio que comprende cada uno de ellos, se subdividen en minutos ( ' ) y segundos ( " ). Este sistema lo empleamos básicamente en la cartografía extraída de la carta topográfica del Río Santiago para que con el nuevo sistema de coordenadas, se transfiera la información al receptor GPS, instrumento que nos servirá para la localización de puntos estratégicos y navegación por la microcuenca del Río Kushapuk cuyo objetivo primordial es el levantamiento de información.

En los sistemas de referencia geodésicos o esféricos, se deben considerar 2 parámetros fundamentales que son:

**Latitud:** Distancia entre la línea ecuatorial y un punto en particular que va desde 0° en la línea ecuatorial hasta 90° en los polos, cada uno de los grados tendrá una dimensión aproximada de 110,6 Km. Se debe considerar que si el punto en cuestión se dirige al polo Norte, por encima del Ecuador (Hemisferio Norte), se encontrará en la latitud Norte, de manera viceversa, si se encuentra debajo del paralelo central dirigiéndose al polo sur (Hemisferio Sur), estará en la latitud Sur (RAIG, 2009).

**Longitud:** Utiliza como eje central el meridiano de Greenwich, el mismo que divide la superficie terrestre en longitud Este localizado a la derecha y longitud Oeste a la izquierda del mismo, cada hemisferio cuentan con 180° ya que el planeta entero se encuentra dividido en 360°, el grado 0 se ubica en el meridiano central.

#### **1.4 Sistema global de posicionamiento**

El Sistema Global de Posicionamiento conocido también como GPS por sus siglas en inglés de Global Position System, pertenece a los sistemas satelitales de navegación Global (GNSS) que fueron desarrollados por los Estados Unidos de América para proporcionar una localización exacta de las naves aéreas en todo el globo terrestre. Dentro del presente proyecto, colabora básicamente en la ubicación para el desplazamiento por la zona y el levantamiento de coordenadas de puntos como los sitios de muestreo de suelos, sectores turísticos, actividades mineras, muestras de vegetación, caminos y senderos

El Sistema GPS está compuesto por la constelación NAVSTAR-GPS siglas de *Navigation Satellite for Timing and Ranging*, que consiste en 24 satélites de los cuales 21 están funcionando y 3 se tiene de reserva; están ubicados en 6 orbitas, distribuidos de 4 en 4, aquellos considerados para la reserva, intercalan una órbita; las orbitas son circulares de 11 horas y 58 segundos de periodo orbital con una inclinación de 55 grados con respecto al plano ecuatorial, proporcionando de esta manera la cobertura deseada ya que se puede contar como mínimo con 4 satélites simultáneamente. (Delgado O, 2006)

**Arquitectura:** Estos sistemas tienen una arquitectura que consta de 3 secciones:

- **Sección Espacial:** En esta se encuentran los 24 satélites lanzados que forma parte de la constelación NAVSTAR, todos ellos distribuidos en orbitas de 26560 Km de radio.
- **Sección Control:** Esta formada básicamente por las 5 estaciones de control que se tiene en la superficie terrestre, las mismas que se encuentran ubicadas en Colorado Springs, Ascensión, Diego García, Kwajailen y Hawái; además, cuenta con 3 antenas terrestres que envían señales a los satélites y una estación maestra que controla todas las operaciones.
- **Sección Usuario:** Este componente está formado por antenas y receptores, dentro de nuestro estudio utilizamos el receptor de tipo navegador debido al costo y al tipo de trabajo a realizar, el cual proporciona un error de 10 m aproximadamente, mientras que existen otros como los cartográficos, topográficos o geodésicos, con errores de hasta 5 mm pero con un costo mayor. La existencia de este error se debe a la disminución de la señal en la Ionósfera, a la influencia de los fenómenos meteorológicos presentes en la tropósfera que reducen la precisión, la introducción premeditada de un error denominado disponibilidad selectiva por parte de la milicia norteamericana y finalmente los errores generados por el mismo satélite.

**Funcionamiento:** El receptor de un sistema global de posicionamiento, el mismo que se puede encontrar en lugares de venta especializados y a costos que dependen de la precisión que se desea obtener, sirve para la captura de datos que se almacenaran en la memoria interna en un formato compatible con un SIG o un CAD. Los datos capturados se recopilan gracias a la recepción de señales de radio que envían los satélites, proporcionando una posición tridimensional de alta precisión de forma permanente y en cualquier lugar del mundo, este valor es decodificado por el receptor transformándole en latitud, longitud, altitud, rumbos, rutas y velocidades. (AstroMia)

De manera más detallada los receptores GPS reciben dos tipos de información de la cual parten para calcular su ubicación en el globo terrestre; el primer dato denominado almanaque corresponde a información propia del satélite que está siendo

capturado por el receptor, como su posición y su forma de operación; el segundo llamado efemérides es el conjunto de información correspondiente a los datos orbitales de cada satélite capturado o detectado. (efdeportes, 1998)

En la actualidad, el departamento de Defensa de los Estados Unidos mediante un convenio con la Administración Federal de aviación permite la utilización de este sistema para usuarios civiles pero a precisiones menores y controladas mediante encriptación; sin embargo el futuro planteado para el Sistema de Posicionamiento Global es muy prometedor ya que se ha propuesto la implementación de dos nuevas señales para uso civil que corresponden a la L1 y a la L2, con el único objetivo de mejorar la seguridad de la vida humana ya que la precisión obtenida será mayor a la convencional o igual a aquella proporcionada por técnicas diferenciales; además, se mejorará las estación experta para que permita la monitorización de 20 estaciones. (Space - Based Positioning Navigation & Timing)

### **1.5 Sistemas de Información Geográfica**

Los SIG son sistemas especializados capaces de manejar información espacialmente referenciada y representarla gráficamente para resolver problemas complejos de planificación, gestión y toma de decisiones, apoyándose en la cartografía y utilizando herramientas informáticas que capturan, almacenan, transforman, analizan, gestionan y editan dicha información. La tecnología SIG presenta algunas diferencias claras y favorables con respecto a otros sistemas de información, entre las cuales podemos mencionar: la integración de operaciones propias de una base de datos, análisis estadístico mediante resúmenes de tablas y su representación en gráficos y análisis en función a mapas. (Posada Toledo, 1999) (GeoTecnologías SA)

Es importante que los datos contenidos en un sistema de información espacial sean eficientemente organizados, manejados y manipulados debido a que por ser obtenidos del mundo real tienen una naturaleza cambiante. Un sistema de información geográfico, está diseñado para procesar datos provenientes de diversas fuentes como: mapas, fotografías aéreas, imágenes de satélites, datos GPS o estadísticos; así, algunos de estos software permiten escanear fotografías y capturar

sus datos en códigos digitales que se hallan dispuestos en una base de datos. (GeoTecnologías SA)

**Componentes:** Entre los componentes básicos se puede mencionar el hardware, el software, los datos, las personas y los métodos a utilizar para almacenar y proporcionar un manejo adecuado de la información; constituyéndose la base de datos en uno de los elementos más importantes en el sistema de almacenamiento de información. Un Sistema de Información Geográfico o SIG provee las funciones y herramientas necesarias para almacenar, analizar y visualizar información geográfica, posee también un sistema de gestión de base de datos y una interfaz gráfica de usuario para el acceso fácil a las herramientas. (Posada Toledo, 1999)

**Aplicaciones:** Dentro de la administración y gestión de la información geográfica de la microcuenca del Río Kushapuk, a través del ArcGis, se han incorporado mediciones con GPS, digitalización de vías, conversión de formatos de cartografía, generación de tablas; organizando posteriormente estos resultados de tal forma que se construya una biblioteca geográfica digital con información que pueda ser administrada y gestionada de acuerdo a nuestras necesidades y sobre la cual se realicen operaciones como posición de temas, recortes, eliminaciones, actualizaciones y transformaciones para hacerlos compatibles con el sistema, escala y proyección de sistema de coordenadas empleadas en el estudio.

Los datos que se almacenan pueden localizarse en archivos planos o tener una estructura de tablas, las mismas que son controladas mediante un gestor de base de datos; todo depende de los requerimientos de los usuarios y sus aplicaciones. Hay que considerar que de esta organización dependerá la eficiencia, el ahorro de tiempo, las operaciones a realizar, tales como el nivel de complejidad en las consultas y la gestión de los datos.

Además, un sistema de información geográfico nos brinda una interacción dinámica con los datos y permite una mejor visualización de la información ya que podemos traer a pantalla todo lo requerido, teniendo la opción de habilitar y deshabilitar capas temáticas con el fin de establecer relaciones entre la información disponible para un

mejor análisis, contribuyendo en la toma de decisiones y en la prevención de hechos mediante la predicción de ocurrencias. Nos proporcionó también múltiples herramientas que facilitan la construcción de mapas, vistas tridimensionales, representación gráfica de las estadísticas, imágenes fotográficas y datos multimedia, extendiendo de esta forma la ciencia de la cartografía. (Peña Llopis, 2006), (GeoTecnología SA)

## **1.6 Geodatabase**

Una geodatabase consiste en un modelo para el almacenamiento de datos geográficos como también de su comportamiento, fundamental para interpretar y visualizar la realidad de forma correcta; la información se dispondrá ya sea en ficheros o mediante tablas, las cuales se organizan en un sistema gestor de base de datos para obtener beneficios como un mayor aprovechamiento de las herramientas disponibles y una explotación al máximo de la información. Los datos aquí guardados pueden ser de tipo vector, Raster, CAD, Tablas, topología, información calibrada, etc.; sobre los cuales se puede realizar consultas utilizando instrucciones SQL, así como también manipular dicha información con las funcionalidades que nos proporciona la casa fabricante de la geodatabase. Aquí se puede representar datos geográficos de 4 maneras como: objetos discretos mediante vectores, fenómenos continuos mediante raster, superficies mediante TIN's o referencias a lugares mediante localizadores y direcciones.(ESRI España Grupo EP, 2004), (Martinez, 2008), (Ilustre Municipalidad de Cuenca, 2008)

Debido a su compleja arquitectura como a la dificultad de ser administrada, ya que esta labor se debe realizar solo por personal capacitado, es importante analizar la conveniencia de implementar una base de datos geográfica, recomendándose solo en aquellos casos donde se cuente con un gran volumen de información, sobre la cual se realicen consultas complejas que requieren eficiencia en los resultados y un acceso concurrente de archivos. En caso de que la implementación sea necesaria, se cuenta con una serie de ventajas al momento de trabajar con una geodatabase, entre las cuales tenemos: una gestión de datos centralizada, edición multiusuario, almacenamiento del comportamiento del elemento geográfico de forma que ya no se

hable de líneas, puntos o polígonos si no de ríos, estaciones meteorológicas, concepciones mineras, etc.; fácil integración con otros sistemas como CRM's Y ERP's ya que esta creado utilizando el estándar COM, administración similar al resto de información de la empresa, fácil acceso a la base de datos mediante menús, distribución de la información en 2 o más geodatabases que trabajen de forma sincronizada y por último la existencia de bitácoras donde se registra información de cada uno de los movimientos realizados convirtiéndose en un historial necesario para llevar un correcto control de los datos. (ESRI España Grupo EP, 2004)

**Tipos de Geodatabases:** Como se mencionó anteriormente, debido a la diferencia en el almacenamiento de la información, al comportamiento y funcionalidad de cada una de ellas y su capacidad, se puede establecer 3 tipos de geodatabase. (ESRI Chile S.A.)

- **Geodatabase Personal:** Almacena la información en una base de datos de Microsoft Access por lo que tiene una extensión mdb y no necesita ningún software adicional para tener acceso a ella, soporta hasta 2 GB y no permite la edición multiusuario, las funciones que se pueden realizar dependen básicamente del cliente que se esté utilizando, las mismas que pueden ser más o menos avanzadas.
- **Geodatabase de Archivos:** Como su nombre lo indica está estructurada en archivos y tiene una capacidad mayor a la personal, llegando hasta los 256 TB.
- **Geodatabase ArcSDE:** Esta implementada en un sistema de gestión de base de datos relacional y por tanto aprovecha todas las ventajas que esta arquitectura proporciona. Dentro de este tipo, encontramos tres grandes grupos, la Enterprise ArcSDE que es la geodatabase tradicional para sistemas corporativos, la Workgroup ArcSDE con un acceso multiusuario de hasta 10 personas y con un tamaño de almacenamiento de hasta 4GB y la Personal ArcSDE para un máximo de 4 usuarios y con una capacidad de hasta 4 GB.

**Topología de la Geodatabase:** Para mantener las relaciones y cumplir con las diferentes reglas existentes entre los objetos geográficos y así permitir un correcto manejo de los datos con una representación y comportamiento veraz de acuerdo a la

realidad, es necesario implementar una topología dentro de las herramientas SIG; tal es el caso que dentro de ArcGis9.2 contamos con dos tipos de topologías. La primera sería la topología de mapa o implícita, la misma que es aplicable a elementos simples que pueden estar en una misma capa o en diferentes, todo depende de los requerimientos del usuario, quien controla todo desde el modo de edición. (ESRI, 2008)

La segunda topología a considerar es la de reglas, que como su nombre lo indica el elemento principal es el conjunto de reglas topológicas que controlan las relaciones espaciales y en donde es preciso especificar todos los elementos a los que afectará, ya que sobre ellos se realizará un proceso de validación para verificar el óptimo cumplimiento de las mismas. Las reglas que se pueden implementar son de 4 tipos: (ESRI España Grupo EP, 2004)

- **Reglas de Atributos:** Establece el rango y la máscara o serie dependiendo del tipo de dato.
- **Agregación o Segregación:** Consiste en el recálculo de un determinado campo de la tabla cuando el archivo asociado a ella ha sufrido una modificación de agregación o segregación.
- **Reglas de Relación:** Se especifica la cardinalidad de las relaciones de los elementos de la cartografía y el comportamiento que tendrá cada objeto cuando un elemento geográfico relacionado a él sufra una modificación.
- **Conectividad:** Se determina los enlaces que serán aceptados para un grupo de archivos, esta regla por lo general se aplica a un DataSet.

Al finalizar el proceso de validación y al encontrar algún elemento que no cumple las condiciones establecidas, se generará un registro que se almacena en la base de datos y en donde se detalla los errores encontrados asociándole una geometría; es importante considerar que estos errores pueden transformarse en excepciones para que cuando se valide nuevamente se pase por alto. (ESRI España Grupo EP, 2004)

<i>TIPOS DE TOPOLOGIA</i>		
<b>Topología</b>	<b>Tipo de Elementos</b>	<b>Descripción</b>
Topología de Nodos	Elementos de línea	Comparten puntos finales
Topología de Polígonos	Elementos de área	Comparten bordes
Topología de Rutas	Elementos de línea	Comparten segmentos con otros elementos de línea
Topología de Regiones	Elementos de área	Se solapan
Eventos de Puntos	Elementos de punto	Comparten vértices con elementos de línea
Topología de Nodos	Elementos de línea	Comparten vértices finales con elementos de punto

Tabla 1: Tipos de Topología de una Geodatabase (fuente (ESRI España Grupo EP, 2004) )

## CAPÍTULO 2

### EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

#### 2.1 Introducción

Para realizar la gestión y administración de la geoinformación para el Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk, en primera instancia se construyó cartografía temática correspondiente a la zona de estudio. Para este proceso se utilizaron varias fuentes de información, entre las cuales tenemos: la carta topográfica del Río Santiago en formato digital otorgada por el CREA cuya información se encuentra a una escala 1:50000; recopilación de datos ya existentes realizados en estudios anteriores y que abarcan toda la superficie del Ecuador, tal es el caso del ODEPLAN, el Almanaque Electrónico Ecuatoriano y la imagen Satelital ASTER ortorectificada adquiridos por la UDA.

A más de los mecanismos mencionados anteriormente, se utilizó también aquellos puntos y senderos que fueron levantados mediante GPS a cargo de un grupo multidisciplinario de profesionales que realizaron varias excursiones por la microcuenca para hacer estudios de campo. Esta información fue recolectada en los primeros meses del año 2009 por lo que esta actualizada, además que su escala nos brinda un mayor detalle, lo cual concluye en datos más exactos que gozan de un alto grado de confiabilidad al momento de obtener los resultados y proporcionar soluciones a los problemas encontrados; de esta forma se conformo cartografía referente a los sectores turísticos, centros poblados, actividades mineras, caminos, senderos, muestras de suelo y muestras de vegetación.

## 2.2 Información entregada por el CREA - Carta Topográfica del Río Santiago -

La carta topográfica del Río Santiago es una de las principales fuentes de información empleada para la elaboración de la cartografía dentro del presente proyecto, ya que su escala de 1:50000 nos proporciona la mayor precisión y detalle después de los puntos levantados por GPS, pudiendo distinguir de esta aspectos tales como: hidrografía, vegetación, topografía, vías y vías tratadas que forman parte de la cartografía base por su alto grado de importancia dentro del estudio de cualquiera de las temáticas establecidas en los términos definitivos para el Plan de Manejo de la Microcuenca.

El archivo original en formato CAD dwg que es legible desde ArcGis 9.2 (Figura 2) contiene información geográfica representada en varias geometrías, razón por la cual dentro de nuestro software GIS lo encontramos clasificado en puntos, polígonos y líneas, siendo de nuestro interés el correspondiente a las líneas. La separación de los distintos temas se realizó utilizando la herramienta “*select by attributes*”, a partir de la cual seleccionamos una a una las zonas geográficas que cumplen una determinada condición, siendo nuestro discriminador el campo *Layer* de la tabla de atributos donde se encuentra una abreviatura de la descripción de la temática a la cual corresponde cada una de las líneas (Tabla 2)

<i>Layer</i>	<i>Temática</i>
HID	Hidrografía
VEG	Vegetación
TOP	Topografía
VIA	Vías
VIA_TRATADA	Vías Tratadas

Tabla 2: Tabla de relaciones entre el valor del campo Layer y la temática a la que corresponde.

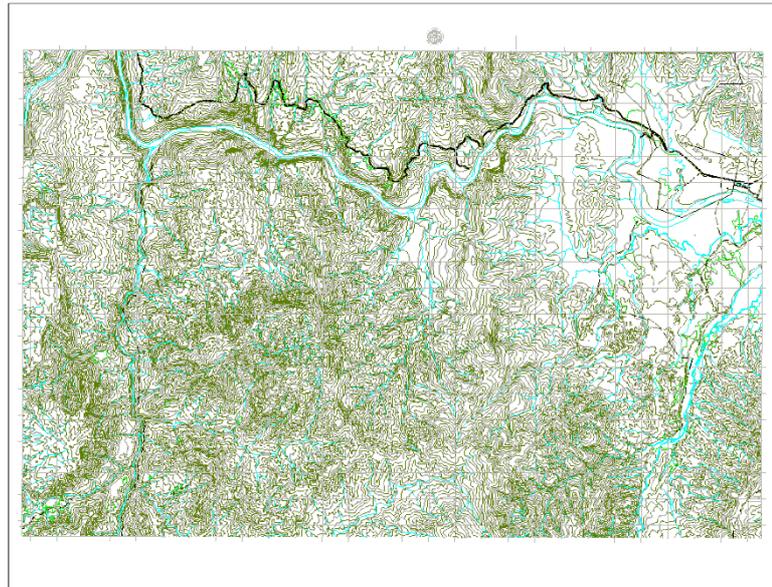


Figura 2: Carta Topográfica original del Río Santiago

Cada uno de los resultados obtenidos de las 5 consultas realizadas, debe formar un nivel de información, siendo necesario exportarlos a formato *shape*, para lo cual damos un *click* derecho sobre el *layer* consultado y en el menú que se despliega escogemos la siguiente secuencia *Data > Export Data*, donde se requiere especificar la ruta y nombre del archivo resultante.

Los datos mencionados corresponden a una superficie mucho más amplia que aquella ocupada por la microcuenca, por lo que fue necesario realizar una delimitación solo para el área de estudio; para esto utilizamos una herramienta denominada *Clip* que se la encuentra dentro de *ArcToolbox* bajo *Analysis Tools > Extract*.

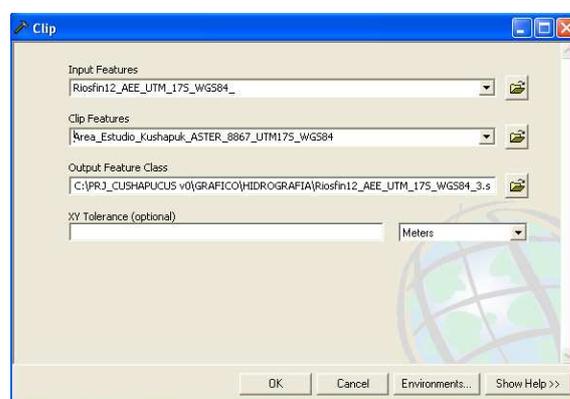


Figura 3: Ventana de la herramienta Clip.

En la casilla “*Input Features*” se escoge el archivo de entrada que será cortado, en “*Clip Features*” ponemos el archivo con respecto al cual se va a cortar, es decir la máscara que se utilizará y en el tercer casillero “*Output Feature Class*” se escoge la ruta y el nombre del archivo final; como resultado de este proceso tendremos una cartografía con un menor número de registros o solo un registro con igual o menor superficie que el archivo de entrada. La cartografía resultante estará referenciada en el mismo sistema de coordenadas que el original, siendo necesario volver a calcular las operaciones matemáticas como áreas y perímetros ya que la información se migra tal y como esta en el archivo de entrada, provocando inconsistencia con los nuevos valores; la estructura de la tabla de atributos se mantiene al igual que el formato de sus campos.

### **2.3 Recopilación de cartografía temática disponible**

La siguiente fuente de información corresponde a la cartografía en formato *shape* proporcionada por el AEE y el ODEPLAN cuyos datos abarcan el Ecuador completo y que por lo general se encuentran a una escala de 1:250000, habiendo ciertas excepciones como en el caso de la geología y geomorfología que se encuentran a escala 1:1000000. Esta recopilación nos ayudo en la construcción de temas como la División Política Administrativa, Clima, Aspectos Físicos e Hidrografía; este último corresponde a una mezcla de la información proveniente de esta fuente y de la Carta Topográfica.

#### **2.3.1 Hidrografía**

Para la construcción de la cartografía correspondiente a este tema, se utilizó la capa de hidrografía extraída de la carta topográfica del Río Santiago que solo cubre la zona inferior de la microcuenca a una escala 1:50000, es decir una precisión y un nivel de detalle mayor al proporcionado por la hidrografía que se encuentra en el AEE cuya información esta a 1:250000, necesaria para cubrir el Norte de la zona. Lo aquí expuesto es claramente visible en la gráfica que se presenta a continuación donde se distingue la información por los colores, los ríos celeste corresponden a la carta topográfica mientras que los de color azul son los del AEE, estos últimos con

rasgos menos marcados y que nos da una perspectiva de los ríos al norte de la microcuenca a un nivel muy general.

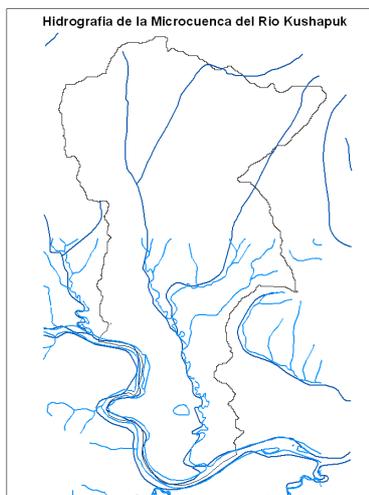


Figura 4: Hidrografía completa para la Microcuenca del Río Kushapuk.

### 2.3.2 División Política Administrativa

Para la representación cartográfica de esta temática, utilizamos información proveniente del ODEPLAN 2002 (Tabla 3) disponible en coordenadas planas UTM con *Datum* PSAD56.

<i>DATOS DEL ODEPLAN</i>		
Nombre	Descripción	Ubicación
Provincias	Provincias del Ecuador	Ecuador SAM56\ODEPLAN2002\Mapas
Pro_14	Provincia de Morona Santiago separada de las demás provincias del Ecuador	Ecuador SAM56\ODEPLAN2002\Mapas
Can_14	Cantones de la provincia de Morona Santiago	Ecuador SAM56\ODEPLAN2002\Mapas
Par_14	Parroquias de la provincia de Morona Santiago	Ecuador SAM56\ODEPLAN2002\Mapas

Tabla 3: Datos provenientes del ODEPLAN necesarios para la ubicación de la microcuenca.

Los temas mencionados en la tabla 3 contienen información referente al Ecuador y a la provincia de Morona Santiago con sus respectivos cantones y parroquias, sirviéndonos para ubicar la microcuenca dentro de un entorno político administrativo, empezando desde el concepto más amplio como es el caso de su localización dentro del Ecuador hasta uno con más detalle como la representación de la microcuenca dentro de las parroquias correspondientes.

### 2.3.3 Aspectos físicos

Aquí se abarcara aspectos referentes al suelo como la forma, la estructura y evolución de la tierra, encajando en dos grandes temas como son la geología y la geomorfología de la microcuenca en estudio; el primero se creó a partir de la digitalización manual del mapa a escala 1:1000000 realizada por el Centro Internacional del Maíz y el Trigo (CIMMYT), el segundo se partió de la digitalización del mapa de Paisajes Naturales del Ecuador a la misma escala que la geología y que fue realizado por la Alianza Jatun Sacha-CDC-Ecuador Departamento de Información ambiental. (Almanaque Electronico Ecuatoriano (AEE), 2002)

**Geología:** Con la implementación de la herramienta *Clip*, se pudo obtener la información visualizada en la tabla 4 para la zona de estudio.

AREA ha	PERIM.	SIMBOL.	SECTOR ORI	PERIODO EP
321.55	18092.47	J S	Fm. Santiago (1500-2700m) Calizas, lutitas, areniscas	Jurasico
3525.05	37061.77	J C	Unidad Chapiza. Capas rojas, lutitas, rocas volcánicas	Jurasico
628.72	11002.88	Q A	Depósitos aluviales (arcillas, arenas)	Cuaternario

Tabla 4. Información de los aspectos geológicos obtenidos para la microcuenca.

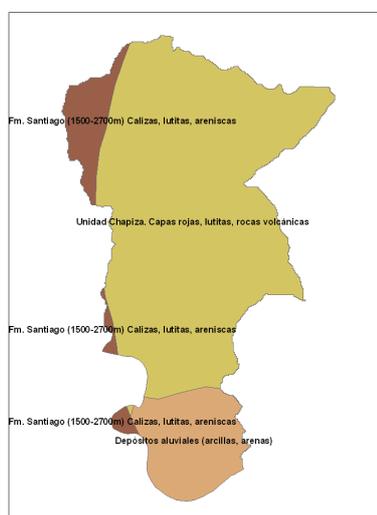


Figura 5: Geología de la Microcuenca del Río Kushapuk.

**Geomorfología:** Para la zona de estudio se pudo obtener la siguiente información con respecto a la forma del suelo.

<i>REGIÓN</i>	<i>GOMORF GEN</i>	<i>Descripción</i>	<i>AREA HA</i>	<i>PERIMETER</i>
AMAZONIA	Relieves subandinos	Cordilleras subandinas	3033.639	35083.366
AMAZONIA	Amazonía periandina	Medio aluvial	1441.681	21515.517

Tabla 5. Información de los aspectos geomorfológicos obtenidos para la microcuenca.

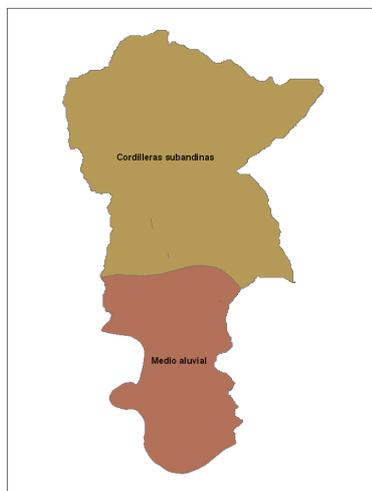


Figura 6: Geomorfología de la Microcuenca del Río Kushapuk

### 2.3.4 Clima

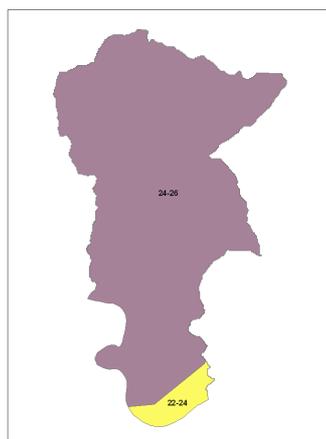
Para el estudio de este tema se consideraron aspectos como la temperatura y las precipitaciones que usualmente se presentan en la Microcuenca del Río Kushapuk y que son registrados gracias a las estaciones meteorológicas y pluviométricas; estas zonas de monitoreo se encuentran distribuidas a lo largo de todo el país, pero desafortunadamente no existe una dentro de la zona de estudio, por lo que los valores aquí utilizados no son exactos sino aproximaciones proporcionada por la estación más cercana ubicada en Santiago.

Partiendo de información proporcionada por el AEE, se elaboró cartografía referente a las isotermas e isoyetas, obteniendo como resultado:

<i>Temática</i>	<i>RANGO</i>	<i>Area ha</i>	<i>Perímetro m</i>
<b>Isotermas</b>	22-24	197.46	7672.05
	24-26	4277.86	45291.56
<b>Isoyetas</b>	3000-4000	4475.32	47315.76

Tabla 6. Información de Isoyetas e Isotermas obtenidos para la microcuenca

### Isoterma



### Isoyeta

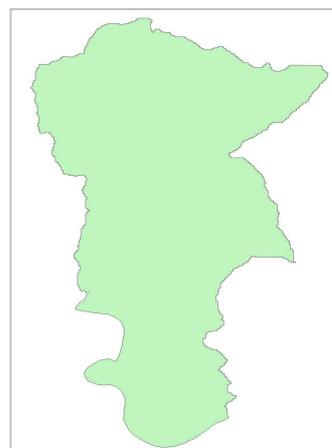


Figura 7: Isoyetas e Isotermas de la Microcuenca del Río Kushapuk.

### 2.3.5 Áreas Mineras

Para el desarrollo de este tema fue fundamental determinar la existencia de concesiones mineras dentro de la zona de estudio, para lo cual se realizó un análisis a un archivo en formato dwg proporcionado por La Dirección Regional de Minería que contenía todas las concesiones del Ecuador continental en las dos zonas UTM, 17 y 18 sur, hasta el 10 de febrero del 2009. De estos archivos, uno para cada zona, utilizamos la subdivisión en una geometría de líneas para realizar la separación por niveles de los diferentes tipos de concesiones, esta división se hizo utilizando la herramienta “*select by attributes*” en donde los discriminadores fueron los campos de *Color* y *Layer*; el primero contiene el número que representa a un color para cada tipo y el segundo el nivel en el cual se encuentran. Las concesiones mineras de nuestro interés son las activas, las archivadas, en trámite y de manifiesto, encontrándose con el color 147, 4, 2, 5 y en el nivel 36, 26, 22 y 32, respectivamente. (Tabla 7)

<i>Tipo de áreas mineras</i>	<i>Color</i>	<i>Layer</i>
Área minera activa	147	36
Área minera archivada	4	26
Área minera en trámite	2	22
Área minera manifiesto	5	32

Tabla 7: Concesiones mineras en función al número de color y layer.

Posteriormente, estos archivos que están en una geometría *polyline*, debieron transformarse a polígono, para lo cual se utilizó la herramienta “*feature to polygon*” que se encuentra ubicada en *Arctoolbox > Datamanagement Tools > Features*.

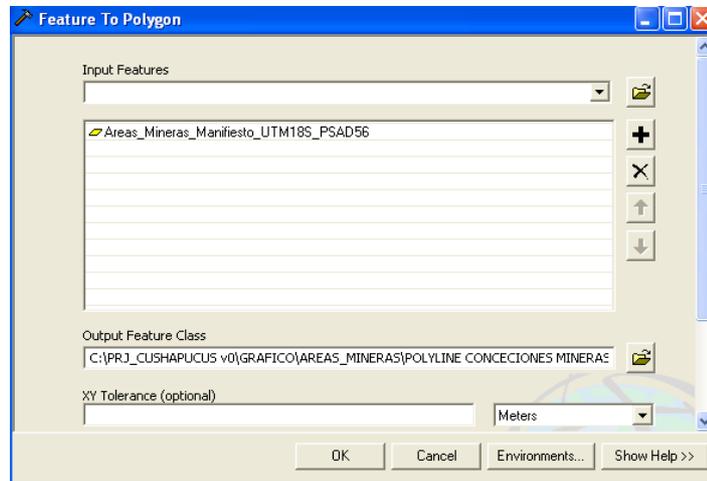


Figura 8: Ventana de la herramienta “Feature To Polygon”.

Dentro de la ventana visualizada en la figura 13, es necesario insertar dos parámetros, el primero consiste en el o los archivos de tipo *polyline* que se desea transformar y el segundo la ruta y nombre del archivo resultante. Al ya tener cada tipo de concesión en un archivo *shape* con una geometría de polígono, se aumentó dos campos en la tabla de atributos con el fin de calcular el área y el perímetro que ocupan, operaciones que se realizan mediante la opción *Calculate Geometry* que nos permite escoger la operación y las unidades en las cuales se representaran estos valores, correspondiendo la hectárea para la superficie y el metro para el perímetro.

Al tener la información en formato y geometría apropiada, procedemos a analizarla para obtener el tipo de concesión que atraviesa por terrenos ocupados por la microcuenca, de aquí se obtiene que es una de manifiesto que se visualiza en la figura a continuación.

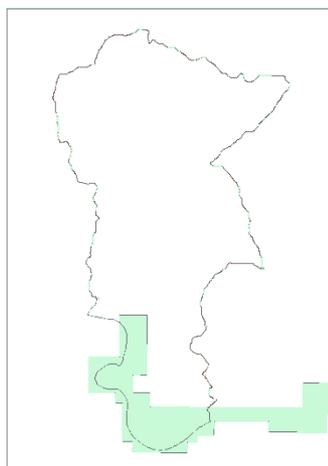


Figura 9: Concesión Minera de la Microcuenca del Río Kushapuk

## 2.4 Obtención del MDT y sus productos derivados a partir de la imagen satelital.

La imagen satelital adquirida por el IERSE fue capturada por el sensor ASTER, instrumento de detección a bordo del satélite TERRA que fue lanzado en 1999, contiene información de 14 bandas del espectro electromagnético, que están divididas en 3 zonas de acuerdo a su longitud de onda, cada una de ellas a resoluciones diferentes, la infrarroja termal o TIR que ocupa 5 bandas tiene una resolución de 90 metros, la Infrarroja de Onda Corta o SWIR con 6 bandas tiene 30 metros de resolución y la Infrarroja Visible/Cercana o VNIR con 4 bandas tiene 15 metros de resolución (Tabla 8). Las escenas capturadas por este satélite que opera en una órbita casi polar a altitudes de 705 km, cubre áreas de 60 X 60 Km, debiendo esperar 16 días para que regrese a un mismo lugar, tiempo denominado de revisita.

ASTER Users Handbook

Subsystem	Band No.	Spectral Range ( $\mu\text{m}$ )	Spatial Resolution, m	Quantization Levels
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	1.60-1.70	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		

Tabla 8. Longitudes de onda en las cuales el sensor ASTER proporciona información.

(Fuente: (Abrams & Hook))

La imagen satelital ASTER para el plan de manejo de la microcuenca del Río Kushapuk, corresponde a una ortorectificada que fue tomada el 17 de octubre del 2003 y se encuentra en el sistema de coordenadas UTM WGS84.

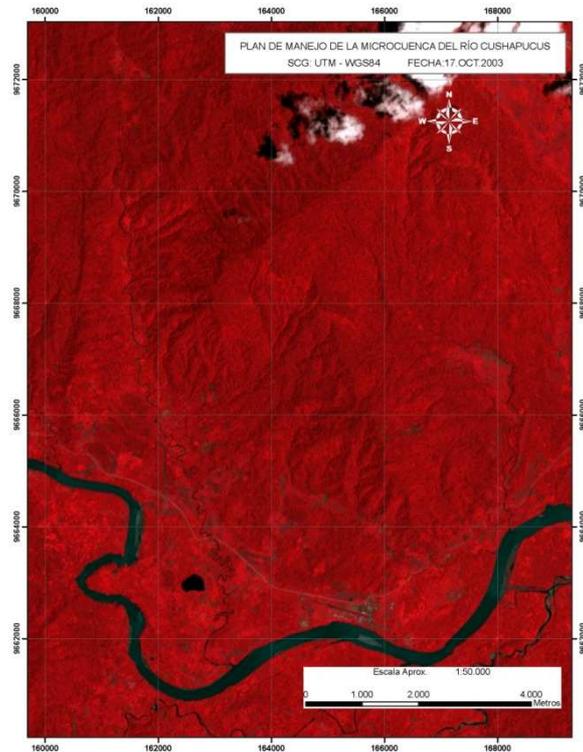


Figura 10: Imagen Satelital ASTER correspondiente a la Microcuenca del Río Kushapuk.

#### 2.4.1 Modelo Digital de Terreno

El modelo digital del terreno, MDT o DEM por sus siglas en inglés de Digital Elevation Model, que se define como la estructura informática de datos que representa la elevación de la superficie del terreno (Felicísimo (1994)), se obtuvo a partir de las bandas 3N (nadir) y 3B (backward), pertenecientes a la zona infrarrojo cercano o VNIR del espectro electromagnético; tienen un error de 50 metros en las coordenadas X, Y, y de 15 metros en Z, llegando hasta los 3000 m de altura. (Marquetti, Marin, Kaku, Kohno, & Yokokawa, 2003)

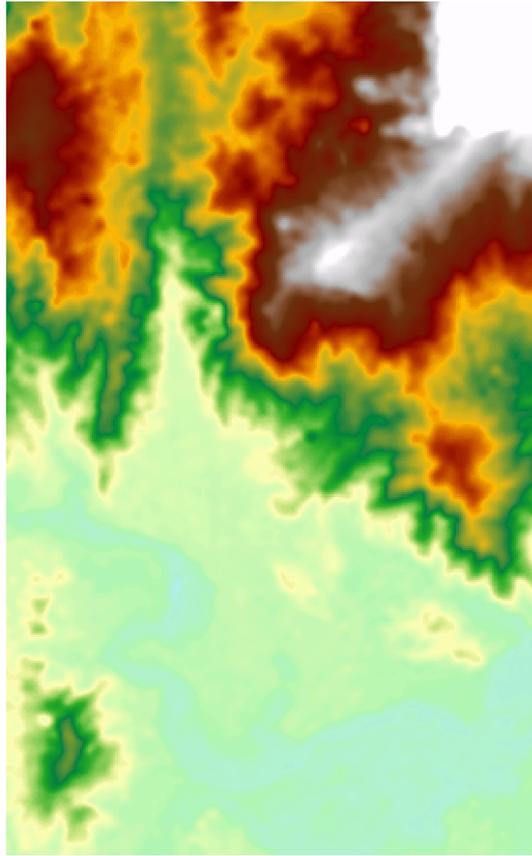


Figura11. Modelo Digital del Terreno correspondiente al Área de Estudio

#### 2.4.2 Productos derivados del MDT

A partir de la imagen *raster* del modelo digital del terreno, se pueden generar información referente a 3 tópicos como son el mapa de aspectos, de sombras y de pendientes. Es importante recalcar que el MDT fue utilizado también para obtener la definición de la microcuenca en formato *shape*, base para todos los temas a desarrollar.

**Definición de la microcuenca del Río Kushapuk y el Área de estudio:** Para la definición de la microcuenca se utilizó el software “*Hidrology*”, herramienta compatible con la versión 8.3 de ArcMap; la cual nos permite determinar las fuentes de origen y desembocadura del agua, el cálculo de su distribución y sus movimientos sobre la superficie terrestre, ayudándonos a definir las unidades de cuencas, subcuencas y microcuencas. Los procesos a realizar para la definición de la microcuenca son:

- 1- “*Fill sinks*”: Encargada de rellenar la altura máxima de las elevaciones, debido a que en el modelo digital del terreno estas pueden venir cortadas.
- 2- “*Flow Direction*”: Prevé la dirección natural que tendrá el flujo del agua basándose en las pendientes existentes.
- 3- “*Flow Acumulación*”: Define los lugares en donde se acumula el agua de acuerdo a su flujo.
- 4- “*Watershed*”: Permite la creación de unidades hidrográficas basada en el flujo y acumulación del agua, para esto utiliza los archivos generados en los puntos 2 y 3. Para cumplir exitosamente este proceso, es aconsejable realizar varios ensayos con distinto número y tamaño de pixel, hasta obtener aquellas unidades de microcuenca que mejor se adapte a las exigencias del proyecto y donde los ríos y quebradas encajen correctamente.
- 5- Luego se procede a convertir el archivo *raster* a *shape* mediante el procedimiento *Raster to Feature* que se encuentra ubicado en *3D Analyst > Convert*; dentro de la tabla de atributos del archivo con extensión shp que se produjo como resultado de esta conversión, encontramos un campo denominado *Unit* que contiene un código numérico generado automáticamente que nos sirvió para identificar las unidades que pertenecen a cada microcuenca; esta clasificación no precisamente va a calzar con nuestros requerimientos, razón por la cual la selección se realiza de preferencia basada en nuestro criterio. Para formar un solo archivo con las unidades señaladas utilizamos la herramienta *Merge* ubicada en *Editor*, la cual ejecutaremos después de iniciar la edición.

La microcuenca objeto de nuestro análisis, fue definida agrupando todas las unidades de microcuenca que contengan caudales de agua cuya desembocadura sea sobre el río Kushapuk, tomando un número de 2000 pixeles para cada unidad y con un tamaño por pixel de 30m x 30m. Como resultado obtenemos la imagen que visualizamos a continuación.

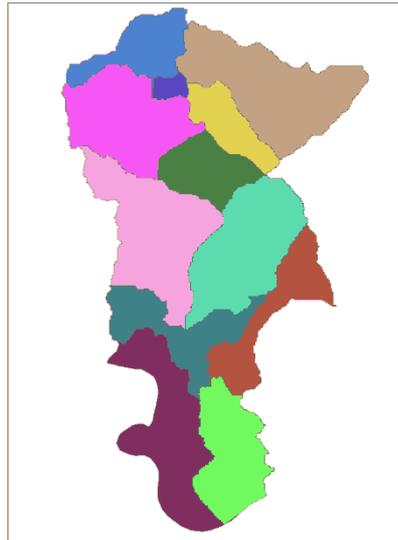


Figura 12: Unidades de microcuena que forman parte de la Microcuena del Río Kushapuk

Una vez definida la microcuena del Río Kushapuk se procede a establecer el área de estudio (Figura 13), para la cual se enmarcó la microcuena a una distancia aproximada de un kilómetro partiendo de las partes más sobresalientes, sus coordenadas están en UTM 18S WGS84 y coinciden con las mencionadas en la siguiente tabla.

X	Y
159000	9673000
167000	9673000
167000	9660000
159000	9660000

Tabla 9. Coordenadas del área de estudio en UTM de la zona 18S con Datum WGS84.

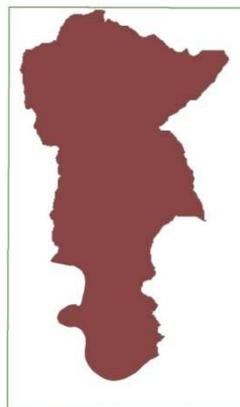


Figura 13: Área de Estudio en función de la microcuena.

**Mapa de Iluminación:** Esta cartografía nos ayuda a visualizar el relieve del terreno por medio de sombras que cubre una superficie igual a la imagen satelital, oscureciendo las laderas no iluminadas al ubicar el sol en una determinada posición; es así que para la construcción de este mapa, al escoger *Hillshade* localizado en *3D Analyst > Surface Analysis*, se nos despliega una ventana en donde indicamos principalmente 5 parámetros, el primero corresponde al MDT, el segundo al *azimuth*, el tercero a la altitud, el cuarto al tamaño de celda utilizada el mismo que debe coincidir con el del MDT que para nuestro caso es de 30 metros y por último la ruta y nombre del archivo que contendrá el resultado de este proceso.

**Azimuth:** Es la dirección angular del sol medida en sentido horario, correspondiendo los 0° al Este, 90° al Norte, 180° al Oeste y 270° al Sur. (Ochoa, 2006)

**Altitude:** Ángulo de iluminación con respecto al horizonte, correspondiendo 0° en la mañana, 90° a medio día y 180° en la tarde. (Ochoa, 2006)

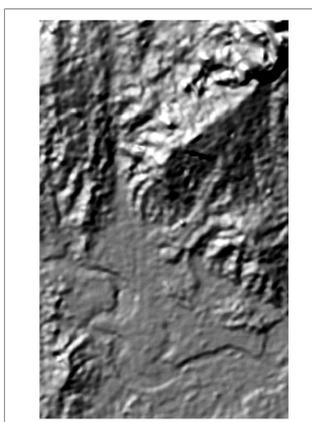


Figura 14. Mapa de iluminación

**Mapa de Aspectos:** Nos proporciona la dirección que tiene cada una de las caras de la superficie del terreno de toda el área de estudio, dependiendo de la cantidad de sol que reciba la zona. Para generarla escogemos *3D Analyst > Surface Analysis > Aspect* donde se despliega una ventana en la cual ingresamos 3 valores, la imagen Raster del MDT, el tamaño de la celda y por último la ruta y nombre del archivo resultante.

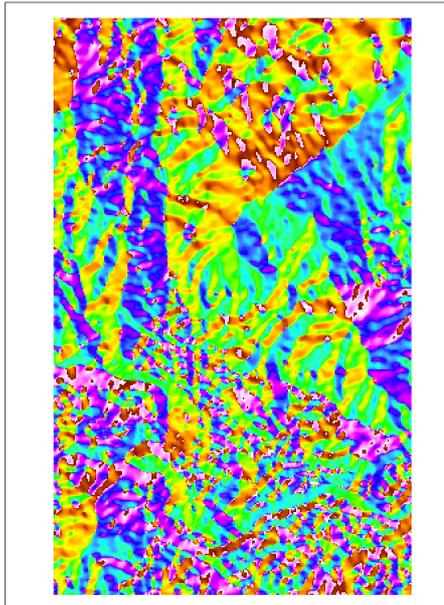


Figura 15: Mapa de aspectos

**Mapa de Pendientes:** Para generar el mapa de pendientes partimos del MDT que cubre toda el área de estudio, el cual lo cargamos en ArcMap, aquí hacemos un *slope*, función que se encuentra en *3D Analyst > Surface Analysis*. Para obtener la cartografía de nuestro interés, debemos realizar algunos pasos, los mismos de detallaremos a continuación.

- 1. Pendientes en porcentaje:** Dentro de la ventana que se despliega al escoger la opción *slope*, especificamos en primer lugar el archivo raster correspondiente al MDT, luego el tipo de archivo de pendientes que deseamos, en nuestro caso corresponderá a porcentajes y por último el tamaño de celda que debe ser el mismo que el del Modelo Digital del Terreno, por lo tanto para nosotros será un tamaño de 30m.

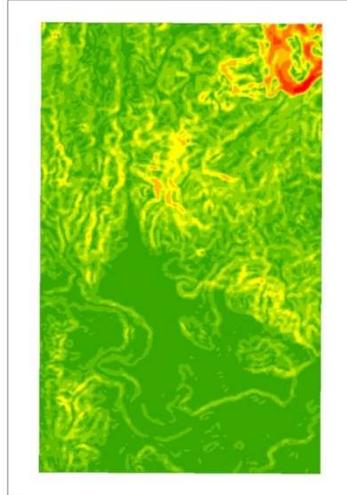


Figura 16: Imagen Raster resultado de escoger la opción Slope.

- 2. Reclasificación del mapa de pendientes “reclasificación de un raster”:** A la imagen raster creada en el paso anterior, es necesario realizarle una reclasificación en 6 rangos expresados en porcentajes y que para nuestro caso corresponden de 0 a 5, de 5 a 12, de 12 a 25, de 25 a 50, de 50 a 70 y mayores a 70. Para esta operación, utilizamos la función *Reclassify* que está ubicada en 3D Analyst, donde especificamos como método *Natural Breaks* y señalamos que la división se realizara en 6 clases, debiendo indicarse solo los límites superiores de cada rango.



Figura 17: Imagen raster de pendientes clasificada en 6 rangos, correspondiente al MDT del ASTER

- 3. Conversión de Raster a shape (polygon):** Este proceso es requerido debido a que para realizar el análisis correspondiente, es mejor trabajar con información vectorial que raster. Aquí utilizamos la herramienta *Raster to Features* ubicada en *3D Analyst > Convert*, donde se determina los parámetros necesarios para la conversión, necesitando especificar como archivo de entrada el que se generó de la clasificación en 6 clases, posteriormente se especifica la geometría que en este caso es polígono y por último el nombre y ubicación del archivo resultante.



Figura 18: Imagen shape de pendientes clasificada en 6 rangos, correspondiente a la imagen satelital

- 4. Determinación de rangos y cálculo del área en metros cuadrados y hectáreas:** Para la realización del cálculo de áreas, es necesario crear previamente dentro de la tabla de atributos del archivo de tipo shape 2 campos más, el primero corresponderá a la descripción del rango y el segundo al área en hectáreas. Una vez creadas estas columnas, realizamos una consulta por el campo *gridcode*, al cual le igualamos a valores del 1 al 6 por las 6 clases que fueron creadas, al tener seleccionado el resultado, llenamos el campo rango con la descripción correspondiente a cada *gridcode* utilizando la herramienta *Field calculator*; los valores fueron llenados de acuerdo a la siguiente tabla.

<i>GRIDCODE</i>	<i>RANGO</i>
1	0-5
2	5-12
3	12-25
4	25-50
5	50-70
6	>70

Tabla 10: Tabla de discriminación de los rangos de pendientes basados en el campo gridcode.

Después de la especificación del rango correspondiente a cada uno de los polígonos del archivo, calculamos el área que ocupan, para lo cual procedemos a escoger la opción “*Calculate geometry*”, disponible al dar un *click* derecho sobre el campo que ocupará el valor, donde se escogerá el tipo de cálculo a realizar y las unidades. Finalmente utilizando la herramienta *clip* cortamos de acuerdo a la microcuenca, dándonos como resultado la siguiente imagen.

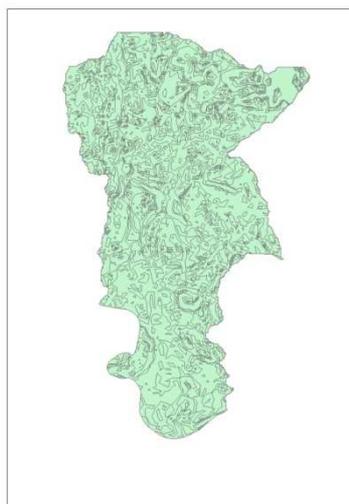


Figura 19: Imagen de las Pendientes clasificadas en 6 rangos, correspondiente a la Microcuenca del Río Kushapuk

### 2.4.3 Cobertura de suelo

La cobertura del suelo de la microcuenca del Río Kushapuk se obtuvo a partir de las 4 bandas VNIR a una resolución de 15 m, de las cuales tenemos información gracias a la imagen satelital ortorectificada ASTER; para la elaboración de este tema se procedió a realizar los siguientes pasos (IERSE, 2009):

**Definición de leyenda de trabajo:** Esta se realiza en función al grado de discriminación en las bandas de la imagen satelital, donde pudimos encontrar agua, nubes, silvospasturas o fincas, suelo descubierto y vegetación leñosa.

**Reconocimiento y verificación en el terreno:** Este paso tuvo como objetivo comprobar mediante trabajo en terreno, los tipos de cobertura de suelo existentes y que se pudieron diferenciar en la imagen satelital; durante este proceso se obtuvo muestras de cada cobertura y sus coordenadas fueron levantadas mediante un receptor GPS para posteriormente plasmarlas en un mapa.

**Método de análisis:** Para el tratamiento de la imagen satelital, se empleo el método del análisis digital utilizando un software denominado ENVI en su versión 4.3.

**Categorización de imágenes:** Este proceso consiste en la clasificación digital de las diferentes coberturas que se puede observar en la imagen satelital, pudiendo hacerse por dos métodos, el supervisado y el no supervisado.

- **Clasificación digital por el método supervisado:** Este método es el utilizado en nuestro estudio y parte de un conocimiento previo del terreno, ya que es necesario seleccionar las muestras para cada una de las categorías.
- **Clasificación digital por el método no supervisado:** Aquí se procede a buscar automáticamente los grupos con valores homogéneos dentro de la imagen satelital para agruparles dentro de una misma clasificación; después de esto, el usuario deberá comprobar el resultado con la realidad.

En la categorización de la imagen satelital, se diferencian 3 etapas fundamentales que son:

**Fase de entrenamiento:** En esta fase se utilizó los puntos tomados por el GPS, que deben ser representativos para que sirvan como muestras y entrenen al ordenador en el reconocimiento de las diferentes categorías, el mismo que generará un valor ND único en cada caso; para luego, basado en este identificador asigne el resto de los píxeles de la imagen a una de las categorías ya definidas. Una vez seleccionada las áreas de entrenamiento, el ordenador calcula las estadísticas elementales de cada

categoría como media, rango, desviación típica, matriz de varianza, covarianza, etc. En la tabla a continuación se indica los sitios de muestreo empleados.

<i>Cobertura</i>	<i>Número de Pixeles</i>
Agua	105
Suelo descubierto	98
Silvospasturas	98
Vegetación leñosa	97
Nubes	

Tabla 11: Sitios de muestreo empleados en la clasificación supervisada.

**Análisis de las estadísticas de los sitios de entrenamiento:** Esta fase es fundamental ya que aquí se identifica si las muestras están correctamente asignadas y no existe la posibilidad de confusión entre ellas, para lo cual se debe asegurar una separabilidad mediante el índice de divergencia transformada mayor a 1.98, considerando que el valor máximo es de 2. En nuestro caso los índices para cada una de las categorías se muestran en la tabla 12.

<i>Separabilidad</i>	<i>Índice de Divergencia Transformada</i>
Agua (105 points) and Suelo descubierto (98 points)	1.98258383
Fincas (98 points) and Veg leñosa (97 points)	1.9960924
Suelo descubierto (98 points) and Veg leñosa (97 points)	1.99698491
Suelo descubierto (98 points) and Fincas (98 points)	1.99853834
Agua (105 points) and Veg leñosa (97 points)	2
Agua (105 points) and Fincas (98 points)	2

Tabla 12: Indices de Separabilidad en el analisis estadistico de la clasificacion de cobertura (IERSE, 2009).

**Fase de asignación (método de máxima probabilidad):** Luego de la asignación de cada píxel de la imagen satelital a la categoría que corresponda y del análisis estadístico indicado anteriormente, se crea una nueva imagen correspondiendo a la cartografía de cobertura del suelo. En este estudio inicialmente se plantea trabajar

con el clasificador de máxima probabilidad por ser un clasificador estadísticamente muy robusto.

## 2.5 Mediciones levantadas por el GPS.

Los archivos generados por el GPS vienen en un formato gpx que se ubican dentro de la memoria del receptor, al conectar este hardware a la PC utilizando un puerto USB nos reconocerá una unidad adicional, pudiendo acceder a ella y copiar los archivos de interés al disco duro de la computadora para realizar el procesamiento deseado. El formato original de estos archivos no son reconocidos por ArcGIS 9.2, debiendo ser transformados a un formato shape de ESRI utilizando una software denominado GPS Utility, en el cual se realiza un proceso que lo detallamos a continuación:

1. Abrimos el archivo gpx.
2. Visualizamos en pantalla todos los puntos levantados pertenecientes al mismo archivo, estos vendrán georeferenciados al sistema de coordenadas y al Datum empleado en el momento del levantamiento que por lo general es WGS84.
3. Al cargar la información que contiene el archivo en cuestión, procedemos a cambiarlo de formato para lo cual nos vamos a *File > Save as*, en la ventana que se nos despliega, colocamos el nombre de salida y en el tipo escogemos *DBF waypoints fileset(dbf+ shp,shx)* en caso de tratarse de un archivo de puntos o sino *shapefiles* para trazados.

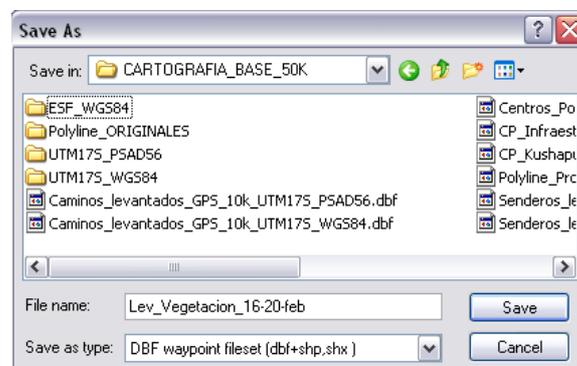


Figura 20: Ventana de cambio de formato de gpx a Shape

4. El archivo de salida generado en el paso 4 ya podrá ser cargado, analizado y tratado desde ArcGis.

De la cartografía temática que se realizó, corresponden a puntos levantados mediante GPS las muestras de suelo, centros poblados, sitios de estudio de etnobotánica, áreas mineras, caminos y senderos; a continuación describiremos el procedimiento de construcción de la cartografía mencionada.

**Centros poblados:** De los diferentes archivos que ahora se encuentran en formato *shape* gracias al GPS Utility, se procedió a hacer una selección para aislar en un archivo independiente todos aquellos sectores que corresponden a asentamientos poblacionales y que se ubican dentro de la microcuenca o que sería importante considerarlos por estar cerca de ella; el proceso de discriminación se realizó utilizando la opción *Select by Attribute*, donde separamos según la descripción, como resultado de este procedimiento se identificó 3 localidades dentro de los límites de la zona de estudio, respondiendo a los nombres de San José, Kiim y Kushapuk y una aldeaña al sector como es Tiwintza.

DESCRIPCION	COD	X	Y
KIIM	1	829345.01	9666363.73
TIWINTZA	2	833001.86	9662883.72
SAN JOSE	3	828614.85	9672772.35
KUSHAPUK	0	830112.48	9663295.66

Tabla 13. Información sobre centros poblados encontrados dentro de los límites de la zona de estudio y los cercanos a esta.

**Senderos:** La información utilizada para la construcción de esta cartografía también fue levantada mediante el GPS, pero fue tomada en modo de tramos mas no como puntos, ya que el objetivo era establecer rutas. Al visualizar estos tramos (Figura 21) en un formato *shape*, se observaron ciertas irregularidades, errores que se generaron debido a la interferencia que ocasiona la cobertura vegetal, la reflectividad del agua, etc., en la señal que recibe el GPS.

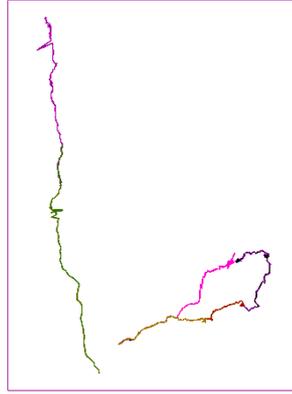


Figura 21: Senderos Levantados originales

Las irregularidades marcadas en los senderos levantados, fueron editadas con el fin de obtener tramos más regulares. En este proceso utilizando *ArcCatalog*, donde nos creamos un archivo *shape* de geometría *polyline* dentro de nuestra carpeta PRJ\_KUSHAPUK/GRAFICOS/CARTOGRAFÍA\_BASE\_50K, este mismo archivo nos subimos a *ArcMap*, ya que sobre el realizaremos la edición. No debemos olvidar que los tramos originales (Aquellos que vamos a corregir) deben estar cargados en el proyecto debido a que son la base de la edición.

Dando un *click* en *Editor >Star Editing*, nos pedirá escoger la carpeta que contiene el archivo que va a ser editado, luego escogemos la opción *Sketch Tool* ubicada en la misma barra de edición, la cual nos permite ir estableciendo a nosotros mismo la dirección de cada tramo y corregir aquellas irregularidades tan visibles, obteniendo como resultado el siguiente archivo.

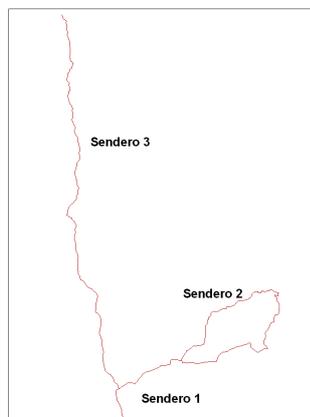


Figura 22: Senderos Levantados después de la edición

**Caminos:** Los caminos existentes en la zona han sido levantados mediante un receptor GPS en modo de tramos al igual que los senderos, debiendo ser rectificados debido a que la información original presentaba irregularidades bruscas. El resultado de la edición de estos archivos en tipo *shape* se visualizan a continuación.

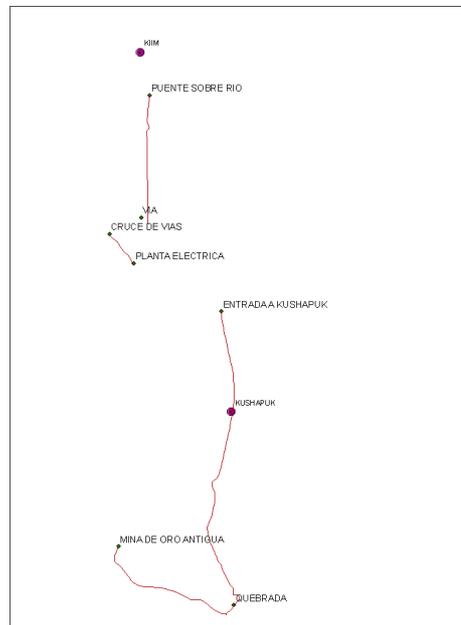


Figura 23: Caminos Levantados

**Muestras de suelo:** Consiste en la elaboración de la cartografía con la localización de las diferentes muestras de suelo tomadas por expertos, las mismas que deben ser significativas para que proporcionen los resultados correctos; para este propósito se ha dividido a la zona de estudio en cuatro cuadrantes, teniendo como ejes el Río Kushapuk que recorre la microcuenca de Norte a Sur y la vía principal que comunica a la ciudad de Santiago con Méndez por el Este y por el Oeste con Puerto Morona. Los criterios empleados para la recolección de las muestras fueron las pendientes del terreno, clasificadas para este propósito como bajas, intermedias o altas y el tipo de cobertura que puede ser bosque primario, bosque secundario o asociación de pastos y árboles. Las personas encargadas del levantamiento de esta información, nos proporcionaron una ficha con una descripción detallada de cada sitio de calicata construido.

Las muestras fueron tomadas en varios días por lo que la información estaba distribuida en archivos diferentes, siendo necesario utilizar la herramienta “Merge”

para unirlos en un solo shape con una geometría de puntos; esta herramienta se encuentra localizada dentro de *ArcToolBox* en “*Datamangemet Tools*” > “*General*”. Al hacer click aquí obtenemos la siguiente pantalla.

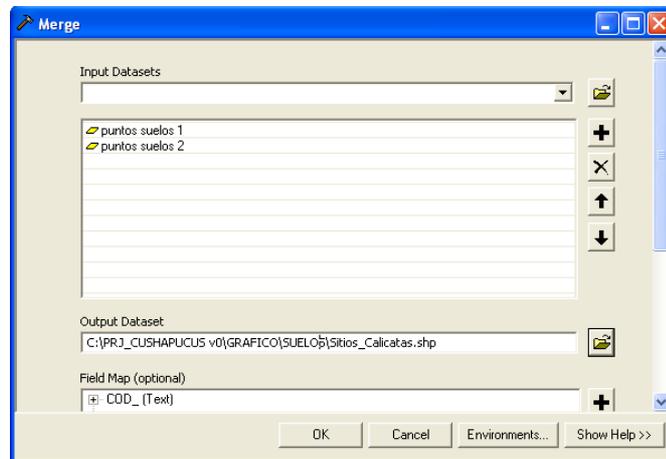


Figura 24: Ventana de la herramienta Merge.

En el casillero de *Input Datasets* se escoge los archivos de puntos que se desea unir y en *Output Dataset* se especifica el *path* y nombre del archivo que se generará como producto de la unión, es importante considerar que para que esta operación tenga éxito, todos los archivos de entrada deben tener la misma estructura, es decir igual número de campos y del mismo tipo. El archivo resultante de este proceso nos proporcionó la siguiente información.

<i>LONGNAME</i>	<i>ID_SUELO</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
MUESTRA SUELO 1	MS-1	829190.71	9662161.9
MUESTRA SUELO 2 -	MS-2	829873.11	9662816.74
MUESTRA SUELO 7 -	MS-7	830026.25	9662532.23
MUESTRA SUELO 8 -	MS-8	830111.54	9664295.34
MUESTRA SUELO 6 -	MS-6	830484.53	9661940.65
MUESTRA SUELO 5 -	MS-5	831257.67	9662545.43
MUESTRA SUELO 3 -	MS-3	829131.01	9664737.27
MUESTRA SUELO 4 -	MS-4	829345.95	9664670.28
MUESTRA SUELO KM1	MS-9	829371.71	9666157.09
MUESTRA SUELO 10	MS-10	831024.85	9666907.03
MUESTRA SUELO 11	MS-11	830956.03	9667512.29
MUESTRA SUELO 12	MS-12	828725.2	9671034.35
MUESTRA SUELO 13	MS-13	829856.72	9666366.09
MUESTRA SUELO 14	MS-14	830066	9666485

Tabla 14. Información sobre muestras de suelo levantadas mediante GPS.

**Etnobotánica:** Esta información fue construida a partir de 4 puntos levantados con el GPS, donde un equipo de biólogos expertos en la materia tomaron muestras de vegetación mediante la realización de transectos. Para el caso de Bosques Maduros, se realizó dos transectos de 50m x 4m, dándonos un total de 400 m<sup>2</sup>, para los Bosques Secundarios se realizaron tres transectos de 50m x 4m con un total de 600 m<sup>2</sup>, llegando a estudiar 1000 m<sup>2</sup> entre los dos. La descripción de los puntos tomados se presenta en la tabla a continuación. (IERSE, 2009)

<i>PUNTO</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>DESCRIPCIO</i>
P1	829743	9666815	Bosque Maduro
P2	829575	9667041	Bosque Maduro
P3	828838	9669657	Bosque Secundario
P4	829716	9663157	Finca
P5	829386	9666387	Finca

Tabla 15. Información sobre muestras de vegetación levantadas mediante GPS.

**Áreas Mineras:** Representación cartográfica de los sectores en donde se experimenta una actividad minera por parte de los habitantes; aquí tenemos la mina de oro antigua y un lavadero de oro, cuya localización se presenta en la tabla 16.

<i>DESCRIPCION</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>COD</i>
MINA DE ORO ANTIGUA	829047.7212	9662177.054	0
LAVADERO DE ORO	830120.7314	9661752.054	1

Tabla 16. Información de actividad minera existente en la zona de estudio.

**Sectores Turísticos:** Para la elaboración de la cartografía correspondiente a los sectores turísticos de la microcuenca, se partió del único punto que encajaría dentro de esta temática y que fue levantado mediante GPS, este corresponde a la Cueva de los Tayos 1; a partir del archivo *shape* resultante de la separación de este punto del resto que pertenecen a otras temáticas, procedemos a realizar una edición para ubicar la laguna y la Cueva de los Tayos 2; para el primer caso nos apoyamos en la hidrografía ya que allí se registra este elemento y para el segundo, nos basamos en la muestra de suelo número 12, ya que a 50 metros aproximadamente se encuentra la Cueva de los Tayos 2, donde no se detectaba señal alguna debido a la cobertura natural. Como resultado de todo este proceso se obtiene un archivo *shape* con una

geometría de puntos donde se localizan los lugares turísticos existentes y cuyas coordenadas se visualizan a continuación.

<i>DESCRIPCIO</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
CUEVA TAYOS 1	828783	9668545.34
CUEVA TAYOS 2	828676.7	9671033.14
LAGUNA PITIU	829875.89	9663395.16

Tabla 17. Información de sectores turísticos levantados.

## CAPÍTULO 3

# ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA

### 3.1 Introducción

Al tener recopilada, generada, evaluada y validada la información geográfica que representan la caracterización territorial de la microcuenca y que servirán de base para la zonificación y el Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk, fue necesario definir ciertos lineamientos que permitieron una óptima organización y estructuración fundamentales dentro de la gestión y administración del catálogo de datos. Es por esto, que en este capítulo se abordarán los sistema de coordenadas en los que se encuentra proyectada la cartografía que son UTM PSAD56 17S y UTM WGS84 17S, la estructura a seguir para nombrar los archivos según el formato al que obedezca de forma que pueda ser administrada mediante un SIG, los mismos que son *shape*, *raster* y tablas con extensión dbf; por último, establecemos un esquema de organización para toda la información generada, incluyendo cartografía, mapas y tablas, tanto a nivel de carpetas como a nivel de una geodatabase; dentro de este capítulo se incluye también la creación de metadatos para toda la cartografía existente de forma que se registren las características más relevantes del archivo bajo un formato FGDC.

### 3.2 Definición del sistema de referencia

La cartografía utilizada y generada durante el estudio de la microcuenca, deberá estar en una proyección UTM con Datum horizontal Provisional para América del Sur PSAD56, y el mundial WGS84, lineamientos que fueron establecidos al inicio del estudio. Dentro del presente proyecto se vio la necesidad de manejar dos procedimientos que manipulen el sistema de coordenadas, tal es el caso de definir las

coordenadas en las que se encuentra y el de proyectar la cartografía a coordenadas diferente a las que originalmente posee.

**Definición del Sistema de coordenadas:** Este procedimiento se lleva a cabo en los casos en que la cartografía ya se encuentre georeferenciada, proporcionándonos en el ArcMap una ubicación real de un determinado punto, pero sin reconocer el sistema de coordenadas al que obedece. Este proceso fue necesario realizarlo en diversas ocasiones durante la fase de elaboración de la cartografía, donde se sabía que la información proporcionada estaba en UTM PSAS56 pero no se reconocía dentro del SIG, requiriendo ser definida; tal es el caso cuando se utilizó cartografía temática existente tipo *shape* provenientes del AEE y del ODEPLAN y cuando se partió de archivos con extensión *dwg* como las concesiones mineras y la carta topografía del Río Santiago.

Para cumplir con este objetivo, utilizamos la función *Define Projection* de *ArcToolbox*, la misma que está localizada en *Data Management Tool > Projections and Transformations*, aquí se abrirá una ventana donde escogemos el archivo a definir y el sistema de coordenadas al cual debe obedecer, el mismo que puede ser importado de algún archivo ya existente o elegido de las opciones que ArcGis nos otorga y que se encuentran en la carpeta *Projected Coordinate Systems*.

**Proyectar a un sistema de coordenadas:** Proceso a realizar en caso de que la información geográfica se encuentre definida dentro de un sistema de coordenadas pero que por diferentes motivos sea necesaria proyectarla a uno diferente. Dentro de nuestro estudio fue fundamental realizar la conversión de proyección en dos sentidos ya que unas de nuestras múltiples fuentes de información nos proporcionaron datos en PSAD56 y otras en WGS84; requiriendo por especificaciones iniciales que toda la cartografía se encuentre en ambos Datum.

Este procedimiento se lo puede realizar desde ArcMap utilizando la herramienta *Project* que se encuentra ubicada en *ArcToolBox > Data Management Tools > Projections and transformations > Feature*; en la ventana que se presenta al escoger esta opción se especificará los siguientes datos: en la primera casilla *Input Dataset or*

*Feature class* debe ir el archivo al cual se le va a realizar la conversión, luego en *Output Dataset or Feature class* la dirección donde se ubicará el archivo con la nueva proyección y el nombre del mismo, en la tercera casilla se pondrá el sistema de coordenadas finales, que al igual que en la definición de coordenadas, se escoge de la carpeta *Projected Coordinate Systems* o se importará de otro archivo; por último escogemos en nuestro caso la primera opción de la lista que se despliega, la misma que corresponde a `PSAD_1956_to_WGS_1984_1`.

### **3.3 Establecer una Nomenclatura de archivos**

Uno de los aspectos fundamentales dentro de la administración y gestión de la información, es contar con un estándar en la nomenclatura de los archivos, de forma que nos facilite el reconocimiento de cada uno de ellos a simple vista, logrando un mayor entendimiento de los temas tratados durante el estudio, tanto para nosotros como para personas que estudiarán esta información para generar conclusiones y dar soluciones a los múltiples problemas encontrados, como es el caso de la generación del Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk.

Durante el transcurso de este proyecto, se han generado una serie de archivos en 3 formatos básicos para la sistematización de la información mediante un SIG, tal es el caso de archivos en formato *shape*, *raster* y tablas dbf, todos ellos contribuyen con datos importantes para la representación cartográfica deseada y que debido a las diferencias en las características de los datos almacenados, tendrán estándares de nomenclatura diferentes.

Para los archivos de formato *shape* se ha establecido la siguiente estructura:

- Estructura: Tema + Sector + Fuente + Escala + Proyección + Zona + Datum
- Ejemplo:  
Centros\_Poblados\_Kushapuk\_AEE\_250\_UTM17S\_PSAD56.shp

En caso de los archivos en formato *raster*, se debe generar un nombre mucho más

corto debido a que soportan una extensión máxima de 13 caracteres, es por esto que tenemos:

- Estructura: abreviatura de la temática + abreviatura del sector + proyección
- Ejemplo: dem\_ae\_psad17

Para una tabla, debido a que esta no posee información de sistema de coordenadas ni escala, se ha decidido nombrarla solo con la temática que aborda

- Estructura: Tema
- Ejemplo: Tabla\_Cob\_Suelo\_Kushapuk.dbf

### 3.4 Definición de los formatos de la cartografía

Para mayor facilidad en el manejo de la información geográfica desde una herramienta GIS como ArcMap, se determinó estandarizar la cartografía en formatos que puedan ser legibles por este software, tal es el caso de archivos *shape* para información cartográfica, *raster* para productos provenientes de la imagen satelital ASTER y tablas con extensión dbf para datos relacionados a un sector geográfico y que no forman parte de la tabla de atributos de la cartografía correspondiente.

**Formato Shape:** Formato vectorial de almacenamiento digital más utilizados para el manejo de datos geográficos y su intercambio entre diferentes SIG; utiliza para su representación figuras geométricas tales como polígonos, líneas o puntos, a los cuales asocia una tabla de valores con datos relevantes acerca de los sectores a los cuales representa. Un *shapefile* genera varios tipos de archivos entre los que tenemos:

- .shp: almacena las entidades geométricas de los objetos.
- .dbf: almacena la información de los atributos asociados a cada entidad.
- .shx: guarda el índice de las entidades.
- .prj: archivo que guarda información del sistema de coordenadas empleado.
- .shp.xml: Contiene los metadatos del *shapefile*.

Dentro de este estudio, la información que se encuentra en formato *shape* corresponde a áreas mineras, área de estudio, aspectos físicos, cartografía base,

clima, cobertura de suelo, división política administrativa, flora, hidrografía, suelos, sectores turísticos y toda aquella información levantada mediante el GPS.

**Formato Raster:** El segundo formato a considerar es el raster, aquel que sirve para la generación de imágenes donde es preciso que estas contenga información; está formado por un conjunto de píxeles de un tamaño determinado y cada uno de los cuales almacena su color en una secuencia de bytes. La resolución de la imagen dependerá básicamente de la cantidad de píxeles que contenga y de la calidad de la información almacenada, esta última es directamente proporcional con el número de bytes empleados para guardar el color, ya que a mayor número mejor será la reconstrucción del color.

En muchos casos es complejo trabajar con imágenes tipo raster requiriéndose una vectorización o transformación a formato *shape*, proceso que se puede llevar a cabo desde ArcMap escogiendo de la barra de herramientas la opción correspondiente a *3D Analyst > Convert > Raster to Feature*, este proceso fue descrito en el capítulo 2 donde se narra la generación del mapa de pendientes a partir de un raster como el MDT. Los archivos de tipo raster generados u obtenidos en el presente estudio son: los correspondientes al modelo digital del terreno, MDT y sus productos derivados como el mapa de pendientes, iluminación y aspectos; además, se tiene también los productos de cada uno de los pasos para generar la microcuenca utilizando el software denominado *Hidrology*.

**Tablas DbaseIV:** El tercer formato es el utilizado para la generación de tablas y consiste en el dBASE IV debido a que se puede acceder desde ArcMap. Los archivos con este formato son los correspondientes a la tabla de cobertura de suelos, los datos demográficos de los centros poblados e información referente a los servicios básicos, infraestructura y educación de Kiim y Kushapuk.

### **3.5 Estructuración de la información cartográfica**

Para una óptima organización de la información recolectada y elaborada durante el presente estudio, es necesario ubicarla de manera adecuada y en función a una

clasificación dependiendo de la temática que se aborda. Es importante mencionar que en los “Términos de Referencia para la Contratación del Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk, perteneciente al cantón Tiwinza, de la provincia de Morona Santiago”, los temas ya se encontraban clasificados de acuerdo al siguiente esquema.

1.- Diagnóstico de la Situación Actual

1.1.- Aspectos generales.

1.1.1.- Localización Geográfica, Política y Administrativa de la microcuenca:

1.1.2.- Estudio hidrológico

1.1.3.- Orografía.

1.1.4.- Edafología y uso del suelo.

1.1.5.- Geología y mineralogía.

1.1.6.- Estudio botánico y faunística.

1.1.7.- Caracterización Socio Económica y Cultural

1.1.7.1.- Aspectos demográficos

1.1.7.2.- Aspectos sociales

1.1.7.2.1.- Salud

1.1.7.2.2.- Educación

1.1.7.2.3.- Vivienda

1.1.7.2.4.- Instituciones y poder local

1.1.7.3.- Infraestructura de servicios y su cobertura

1.1.7.4.- Aspectos económicos

1.1.7.5.1.- Sector minero

1.1.7.5.2.- Sector Turístico

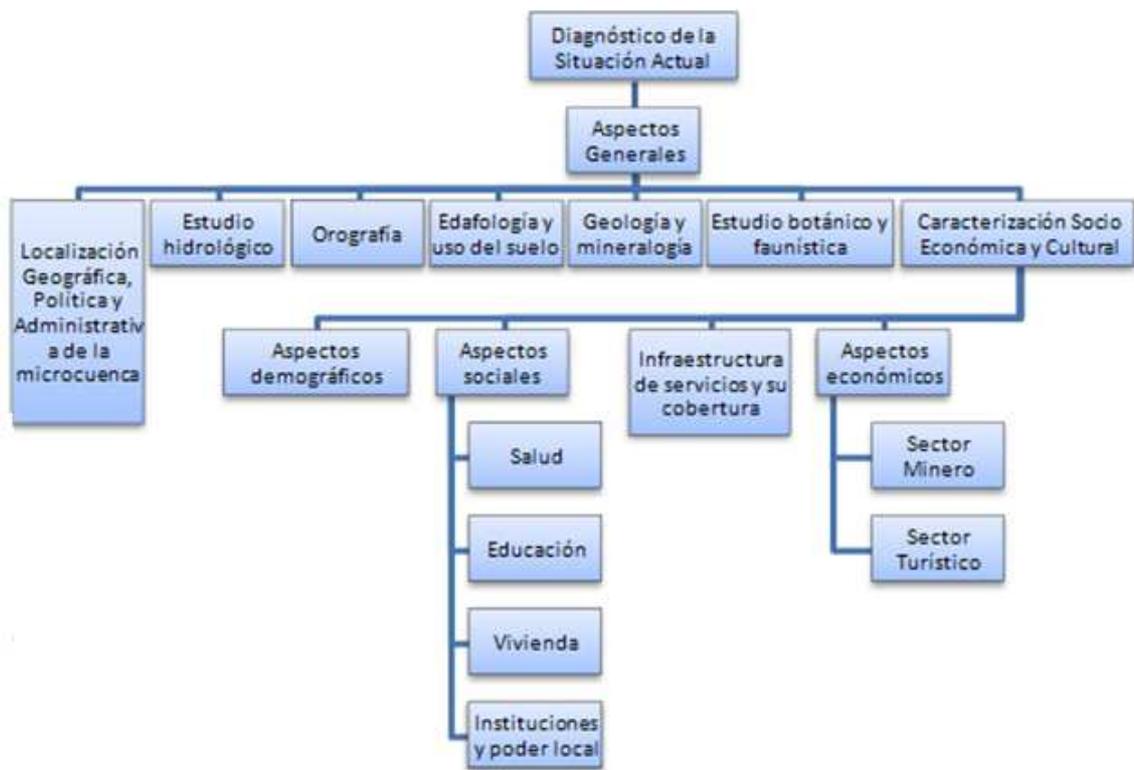


Figura 25: Organigrama inicial de estructuración de la información

Inicialmente en nuestro proyecto se respetó esta clasificación pero durante el transcurso del mismo se vio necesario realizar algunos cambios debido a los diferentes formatos en los que se encontraba la información; de manera que esté coherentemente organizada, facilitando la comprensión de las temáticas tratadas basándonos en una organización ya probada en estudios anteriores realizados por la Universidad del Azuay. Es así, que culminamos con un esquema de carpetas y subcarpetas que se detalla a continuación.

**1.- GRAFICO:** Esta carpeta contiene toda la cartografía base y temática generada durante el transcurso del proyecto y que está en formato shape, a excepción de las concesiones mineras originales y la carta topográfica del Río Santiago que tienen un formato dwg. La información aquí disponible se encuentra clasificada en subcarpetas de acuerdo a la temática tratada y al sistema de coordenadas utilizado ya

que todos los archivos deben estar proyectados a PSAD56 17 sur y WGS84 17 sur; a excepción del área de estudio y de las concesiones mineras que también están en la zona 18 sur.

**1.1.- AREA\_ESTUDIO:** Contiene los archivos referentes al área de estudio, que no es más que un rectángulo que enmarca la microcuenca tomando una distancia de un kilómetro aproximadamente a partir de las partes más sobresalientes. Se cuenta con información en PSAD56 17 sur, PSAD56 18 sur, WGS84 17 sur, WGS84 18 sur.

**1.2.- AREAS\_MINERAS:** Se almacena la cartografía referente a los sitios donde se registra una actividad minera para la zona de estudio, información que fue levantada mediante el GPS; contamos también con las concesiones mineras de todo el Ecuador y de la microcuenca del Río Kushapuk. Los datos existentes se encuentran en un sistema de coordenadas planas, con un Datum WGS84 y PSAD56 tanto para la zona 17 sur como para la 18 sur. Aquí encontramos la siguiente subdivisión.

**1.2.1.- CONCESIONES\_MINERAS\_ORIGINALES:** Dentro de esta carpeta se encuentra los archivos en formato dwg originales correspondientes a las concesiones mineras del Ecuador hasta el 10 de febrero del 2009 que nos fue entregado por La Dirección Regional de Minería.

**1.2.2.- POLIGONO\_CONCESIONES\_MINERAS\_ECUADOR:** Contiene todas las concesiones mineras del Ecuador en una geometría de polígonos, las mismas que están clasificadas de acuerdo a los Datum PSAD56 y WGS84.

**1.2.2.1.- CONCESIONES\_MINERAS\_PSAD56:** Concesiones mineras de las zonas UTM 17 y 18 Sur en PSAD56, las mismas que están separadas de acuerdo al tipo de concesión, pudiendo ser activa, archivada, en trámite o de manifiesto.

**1.2.2.2.- CONCESIONES\_MINERAS\_WGS84:** Concesiones mineras de las zonas UTM 17 y 18 Sur en WGS84, contiene archivos shapefile de las concesiones activas, archivadas, en trámite y de manifiesto.

**1.2.2.- POLYLINE CONCESIONES MINERAS ECUADOR:** Contiene todas las concesiones mineras del Ecuador separadas por el tipo de área y en una geometría de líneas en los Datum PSAD56 y WGS84.

**1.2.2.1.- CONCESIONES\_MINERAS\_PSAD56:** Concesiones mineras de las zonas UTM 17 y 18 Sur en PSAD56 y en una geometría de líneas.

**1.2.2.2.- CONCESIONES\_MINERAS\_WGS84:** Concesiones mineras de las zonas UTM 17 y 18 Sur en WGS84 en la misma geometría que la carpeta anterior.

**1.3.- ASPECTOS\_FÍSICOS:** Aquí se agrupan archivos en formato shape que indican la estructura del suelo y su forma, necesarios para construir el mapa geológico y geomorfológico de la zona.

**1.4.- CARTOGRAFÍA\_BASE\_50K:** Contiene la cartografía base de la microcuenca del Río Kushapuk en PSAD56 y WGS84, necesaria para todas las temáticas abordadas a lo largo del proyecto. Aquí se consideraron dos fuentes de información como serían la carta topográfica del Río Santiago y los levantamientos por GPS para la construcción cartográfica de caminos, senderos y centros poblados.

**1.4.1.- CARTA\_TOPOGRAFICA\_RIO\_SANTIAGO:** Contiene el archivo original de la carta topográfica del Río Santiago en formato digital dwg que fue entregado por el CREA, el cual se encuentra proyectado en coordenadas planas UTM PSAD56 17 Sur. Aquí encontraremos una subdivisión en carpetas de acuerdo al sistema de coordenadas en los cuales se encuentra los temas discriminados a partir de esta fuente de información.

**1.4.1.- CARTA\_TOPOGRAFICA\_RIO\_SANTIAGO\_AREA\_ESTUDIO:** Contiene información de vegetación, topología, vías y vías tratadas correspondiente a la zona de estudio tanto en PSAD56 como en WGS84 para la zona UTM 17 sur.

**1.4.2.- CARTA\_TOPOGRAFICA\_RIO\_SANTIAGO\_ESF\_WGS84:** Contiene la hidrografía, vegetación, vías, vías tratadas y topografía en coordenadas esféricas WGS84, necesarias para transportarlas al GPS.

**1.4.2.- CARTA\_TOPOGRAFICA\_RIO\_SANTIAGO\_UTM17S\_PSAD56:** Contiene las mismas temáticas de la carpeta anterior pero en coordenadas planas y utilizando como Datum el PSAD56.

**1.4.3. CARTA\_TOPOGRAFICA\_RIO\_SANTIAGO\_UTM17S\_WGS84:** Contiene también los archivos de las diferentes temáticas explicadas anteriormente en coordenadas planas pero con Datum WGS84.

**1.5.- CLIMA:** Almacena cartografía en PSAD56 y WGS84 referente al clima en el sector, aquí tenemos isoyetas, isotermas, meses secos y las estaciones meteorológicas.

**1.6.- COB\_SUELO:** Contiene cartografía en PSAD56 y WGS84 en formato *shape* referente a la cobertura de suelo de la microcuenca.

**1.7.- DPA:** Almacena cartografía para construir el mapa de la división política administrativa de Morona Santiago, provincia donde se encuentra la microcuenca en estudio. Para esto es necesario contar con archivos en formato *shape* de todas las provincias del Ecuador y la provincia de Morona Santiago con sus cantones y parroquias, proyectados en UTM PSAD56 17 Sur y UTM WG84 17 Sur

**1.8.- FLORA:** Se almacena archivos tipo *shape* con información referente a la vegetación existente en la zona, lo cual proviene de datos levantados en el campo mediante un GPS y se encuentran en PSAD56 y WGS84.

**1.9.- GPS:** Contiene archivos de los puntos y senderos levantados mediante GPS tanto en PSAD56 como en WGS84, esta información fue utilizada para construir varias temáticas, tales como flora, sitios turísticos, centros poblados, muestras de suelo y actividades mineras.

**1.10.- HIDROGRAFIA:** Esta formada por archivos que contienen información hidrográfica para la microcuenca, tal es el caso de ríos, microcuencas y unidades de microcuenca, todos ellos en PSAD56 y WGS84.

**1.11.- SUELOS:** Cartografía proyectada tanto en PSAD56 como en WGS84, que contiene los puntos donde se recolectaron muestras de suelo para un posterior análisis.

**1.12.- TURISMO:** Aquí se encuentra cartografía en donde se ubican los tres sectores turísticos de la zona proyectadas en coordenadas planas UTM, en la zona 17 Sur y con Datum PSAD56 y WGS84.

**2.- MAPAS:** Proyectos creados en ArcMap que contienen los diferentes mapas requeridos en los términos definitivos del Plan de Manejo del Río Kushapuk.

**3.- JPG:** Dentro de esta carpeta se encuentran los diferentes mapas temáticos en formato JPG para facilitar su portabilidad.

**4.- RASTER:** Contiene archivos en formato raster correspondientes al MDT y sus productos derivados, así como también aquellos archivos generados durante la extracción de la microcuenca mediante el *Hidrology*.

**4.1.- DEM:** Aquí se encuentra el Modelo Digital del Terreno del área de estudio, tanto en PSAD56 17 sur, PSAD56 18 sur, WGS84 17 sur y WGS84 18 sur.

**4.2.- HIDROLOGY:** Archivos que se obtuvieron durante el proceso de definición de la microcuenca del Río Kushapuk mediante el software *Hidrology*.

**4.3.- MAPAS\_DERIVADOS\_MDT:** Mapas que se generan a partir del MDT como el de pendientes, iluminación y aspectos.

**5.- TABLAS:** Contiene información relevante dentro del estudio propuesto pero que se encuentra organizada en tablas con un formato dbf, adicionalmente tenemos una

base de datos en *Access* para las tablas de datos poblacionales y de infraestructura y servicios.

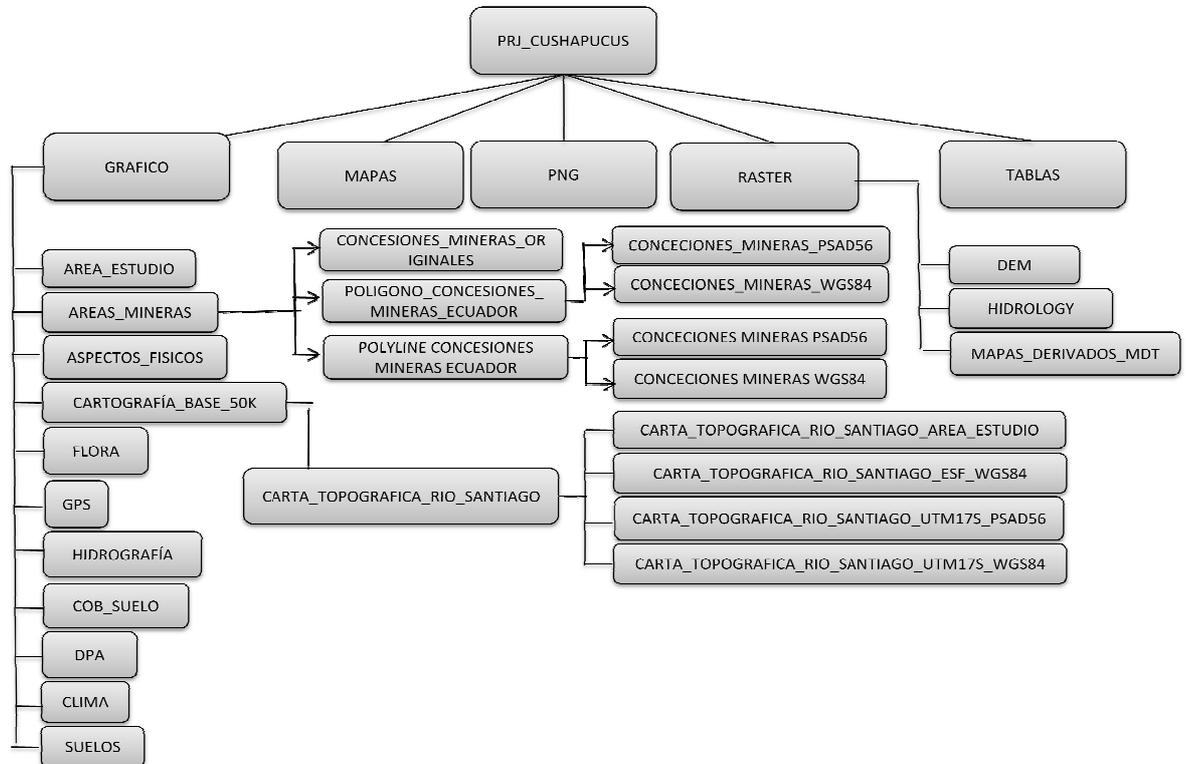


Figura 26: Organigrama Final de estructuración de la información

### 3.6 Construcción de geodatabase

Con la información cartográfica distribuida a nivel de carpetas de acuerdo al tipo de información almacenada y a las temáticas propuestas, es necesario construir una geodatabase de forma que los datos disponibles para la microcuenca el Río Kushapuk nos permita representar la realidad existente de la mejor manera, aprovechando las múltiples ventajas que un gestor nos puede proporcionar. Mediante estos repositorios, lograremos una gestión y administración de la geoinformación apropiada.

**Creación de una geodatabase en Arcgis:** Dentro del presente estudio se crearon 2 geodatabases de forma que la información se encuentre clasificada dependiendo del

sistema de coordenadas a la que obedezca, construyendo una para los datos que están en PSAD56 17 Sur y otra para WGS84 17 Sur. Para crear una geodatabase, empezamos abriendo ArcCatalog donde nos ubicamos en la carpeta que contendrá estos repositorios; en nuestro caso, todas ellas estarán dentro de la carpeta PRJ\_CUSHAPUCUS; haciendo un *click* sobre la carpeta padre se nos despliega un menú, escogemos la opción *New* donde encontraremos dos tipos de geodatabases, *File Geodatabase* y *Personal Geodatabase*, las características y diferencias de estos dos tipos se describieron en el primer capítulo.

Una vez creado el repositorio principal, es necesario establecer el conjunto de datos que formará parte de este, requiriéndose la creación de un *Feature DataSet* por cada grupo de información relacionada, que en nuestro caso corresponde a uno por temática. Para su creación, procedemos a:

- Dar un *click* derecho sobre la geodatabase donde escogemos la opción *New > Feature DataSet* del menú desplegable.
- En la ventana que se nos presenta escogemos un nombre apropiado para el conjunto de datos.
- Posteriormente se definirá el sistema de coordenadas que contendrá la información a depositar dentro de él.
- Y por último la tolerancia en X, Y, distancia mínima entre coordenadas que se considera antes de declararlas iguales, generalmente estos valores no se les altera, dejando aquellos presentados por defecto.

Al finalizar esta secuencia de pasos, quedamos con un *Feature DataSet* vacío que requiere que se le ingrese información, lo que se logra mediante la importación de nuestra cartografía ya existente y localizada en las diferentes carpetas de acuerdo a la temática. La organización de la geoinformación estar estructurada de la siguiente manera:

## **1. KUSHAPUK\_UTM17S\_PSAD56**

### **1.1 AREA\_ESTUDIO**

#### **1.1.1 Area\_Estudio\_Kushapuk\_ASTER\_8867\_UTM17S\_PSAD56**

#### **1.1.2 Area\_sin\_Nubes\_Kushapuk\_ASTER\_UTM17S\_PSAD56**

1.1.3 Nubes\_Kushapuk\_ASTER\_8867\_UTM17S\_PSAD56

## 1.2 AREAS\_MINERAS

1.2.1 Areas\_Mineras\_Activas\_DRME\_50k\_UTM17S\_PSAD56

1.2.2 Areas\_Mineras\_Archivadas\_DRME\_50k\_UTM17S\_PSAD56

1.2.3 Areas\_Mineras\_En\_Tramite\_DRME\_50k\_UTM17S\_PSAD56

1.2.4 Areas\_Mineras\_kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_PSAD56

1.2.5 Areas\_Mineras\_Manifiesto\_DRME\_50k\_UTM17S\_PSAD56

1.2.6 Concesion\_Minera\_Kushapuk\_DRME\_50k\_UTM17S\_PSAD56

## 1.3 ASPECTOS\_FISICOS

1.3.1 Geologico\_Area\_Estudios\_1000k\_AEE\_UTM17S\_PSAD56

1.3.2 Geologico\_kushapuk\_1000k\_AEE\_UTM17S\_PSAD56

1.3.3 Geomorfologico\_Area\_Estudios\_1000k\_AEE\_UTM17S  
\_PSAD56

1.3.4 Geomorfologico\_kushapuk\_1000k\_AEE\_UTM17S\_PSAD56

## 1.4 CARTOGRAFIA\_BASE\_50K

1.4.1 Caminos\_levantados\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_PSAD56

1.4.2 Centros\_Poblados\_Kushapuk\_250K\_AEE\_UTM17S\_PSAD56

1.4.3 CP\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_PSAD56

1.4.4 Hidrografia\_Río\_Santiago\_CT\_50k\_UTM17S\_PSAD56

1.4.5 RioSantiago\_50k\_CT\_UTM17S\_PSAD56

1.4.6 Sectores\_Censales\_Kushapuk\_UTM17S\_PSAD56

1.4.7 Senderos\_levantados\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_PSAD56

1.4.8 Topografia\_Area\_Estudio\_CT\_50k\_UTM17S\_PSAD56

1.4.9 Topografia\_Río\_Santiago\_CT\_50k\_UTM17S\_PSAD56

1.4.10 Vegetacion\_Area\_Estudio\_CT\_50k\_UTM17S\_PSAD56

1.4.11 Vegetacion\_Río\_Santiago\_CT\_50k\_UTM17S\_PSAD56

1.4.12 Via\_Area\_Estudio\_CT\_50k\_UTM17S\_PSAD56

1.4.13 Via\_Río\_Santiago\_CT\_50k\_UTM17S\_PSAD56

1.4.14 Via\_Tratada\_Area\_Estudio\_CT\_50k\_UTM17S\_PSAD56

1.4.15 Via\_Tratada\_Río\_Santiago\_CT\_50k\_UTM17S\_PSAD56

## 1.5 CLIMA

1.5.1 Est\_Met\_AreaEstudio\_odeplan\_UTM17S\_PSAD56

- 1.5.2 Est\_Met\_Morona\_odeplan\_UTM17S\_PSAD56
- 1.5.3 Isotermas\_kushapuk\_odeplan\_UTM17S\_PSAD56
- 1.5.4 Isoyetas\_kushapuk\_odeplan\_UTM17S\_PSAD56
- 1.5.5 msecs\_kushapuk\_odeplan\_UTM17S\_PSAD56
- 1.5.6 tclima\_kushapuk\_odeplan\_UTM17S\_PSAD56
- 1.6 COB\_SUELO
  - 1.6.1 Cob\_Suelo\_Kushapuk\_50k\_Maxlile\_UTM17S\_PSAD56
- 1.7 DPA
  - 1.7.1 cantones\_Morona\_Santiago\_Odeplan\_250k\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.7.2 parroquias\_Kushapuk\_Odeplan\_250K\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.7.3 parroquias\_Morona\_Odeplan\_250K\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.7.4 Perfil\_Ecuador\_Odeplan\_250k\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.7.5 Provincia\_Morona\_Santiago\_Odeplan\_250k\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.7.6 provincias\_Ecuador\_AEE\_250k\_UTM17S\_PSAD56
- 1.8 FLORA
  - 1.8.1 Etnobotanica\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.8.2 P\_Etnobotanica\_Kushapuk\_UTM17S\_PSAD56
- 1.9 GPS
  - 1.9.1 Estructuras\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.9.2 Muestreo\_Cob\_Suelo\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.9.3 Rios\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.9.4 Trazados\_Kushapuk\_a\_Kiim\_GPS\_10k\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.9.5 Trazados\_Kushapuk\_Kiim\_GPS\_10k\_UTM17S\_PSAD56
- 1.10 HIDROGRAFIA
  - 1.10.1 Hidrografia\_Kushapuk\_AEE\_250k\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.10.2 Hidrografia\_Kushapuk\_CT\_50k\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.10.3 Microcuenca\_kushapuk\_MDT\_100k\_UTM17S\_PSAD56
  - 1.10.4 Unidades\_kushapuk\_MDT\_100k\_UTM17S\_PSAD56\_MDT
- 1.11 SUELOS
  - 1.11.1 Calicatas\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_PSAD56

1.11.2 P\_Calicatas\_Kushapuk\_UTM17S\_PSAD56

## 1.12 TURISMO

1.12.1 Sitos\_Turisticos\_Kushapuk\_GPS\_UTM17S\_PSAD56

1.12.2 Poligono\_Sitios\_Turisticos\_Kushapuk\_UTM17S\_PSAD56

## 2. KUSHAPUK\_UTM17S\_WGS84

### 2.1 AREA\_ESTUDIO

2.1.1 Area\_Estudio\_Kushapuk\_ASTER\_8867\_UTM17S\_WGS84

2.1.2 Area\_sin\_Nubes\_Kushapuk\_ASTER\_UTM17S\_WGS84

2.1.3 Nubes\_Kushapuk\_ASTER\_8867\_UTM17S\_WGS84

### 1.2AREAS\_MINERAS

2.2.1 Areas\_Mineras\_Activas\_DRME\_50k\_UTM17S\_WGS84

2.2.2 Areas\_Mineras\_Archivadas\_DRME\_50k\_UTM17S\_WGS84

2.2.3 Areas\_Mineras\_En\_Tramite\_DRME\_50k\_UTM17S\_WGS84

2.2.4 Areas\_Mineras\_kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_WGS84

2.2.5 Areas\_Mineras\_Manifiesto\_DRME\_50k\_UTM17S\_WGS84

2.2.6 Concesion\_Minera\_Kushapuk\_DRME\_50k\_UTM17S\_WGS84

### 2.3 ASPECTOS\_FISICOS

2.3.1 Geologico\_Area\_Estudios\_1000k\_AEE\_UTM17S\_WGS84

2.3.2 Geologico\_kushapuk\_1000k\_AEE\_UTM17S\_WGS84

2.3.3 Geomorfologico\_Area\_Estudios\_1000k\_AEE\_UTM17S  
\_WGS84

2.3.4 Geomorfologico\_kushapuk\_1000k\_AEE\_UTM17S\_WGS84

### 2.4 CARTOGRAFIA\_BASE\_50K

2.4.1 Caminos\_levantados\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_WGS84

2.4.2 Centros\_Poblados\_Kushapuk\_250K\_AEE\_UTM17S\_WGS84

2.4.3 CP\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_WGS84

2.4.4 Hidrografia\_Rio\_Santiago\_CT\_50k\_UTM17S\_WGS84

2.4.5 RioSantiago\_50k\_CT\_UTM17S\_WGS84

2.4.6 Sectores\_Censales\_Kushapuk\_UTM17S\_WGS84

2.4.7 Senderos\_levantados\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_WGS84

2.4.8 Topografia\_Area\_Estudio\_CT\_50k\_UTM17S\_WGS84

2.4.9 Topografia\_Rio\_Santiago\_CT\_50k\_UTM17S\_WGS84

2.4.10 Vegetacion\_Area\_Estudio\_CT\_50k\_UTM17S\_WGS84

- 2.4.11 Vegetacion\_Río\_Santiago\_CT\_50k\_UTM17S\_WGS84
- 2.4.12 Via\_Area\_Estudio\_CT\_50k\_UTM17S\_WGS84
- 2.4.13 Via\_Río\_Santiago\_CT\_50k\_UTM17S\_WGS84
- 2.4.14 Via\_Tratada\_Area\_Estudio\_CT\_50k\_UTM17S\_WGS84
- 2.4.15 Via\_Tratada\_Río\_Santiago\_CT\_50k\_UTM17S\_WGS84

## 2.5 CLIMA

- 2.5.1 Est\_Met\_AreaEstudio\_odeplan\_UTM17S\_WGS84
- 2.5.2 Est\_Met\_Morona\_odeplan\_UTM17S\_WGS84
- 2.5.3 Isotermas\_kushapuk\_odeplan\_UTM17S\_WGS84
- 2.5.4 Isoyetas\_kushapuk\_odeplan\_UTM17S\_WGS84
- 2.5.5 msecos\_kushapuk\_odeplan\_UTM17S\_WGS84
- 2.5.6 tclima\_kushapuk\_odeplan\_UTM17S\_WGS84

## 2.6 COB\_SUELO

- 2.6.1 Cob\_Suelo\_Kushapuk\_50k\_Maxlile\_UTM17S\_WGS84

## 2.7 DPA

- 2.7.1 cantones\_Morona\_Santiago\_Odeplan\_250k\_UTM17S\_WGS84
- 2.7.2 parroquias\_Kushapuk\_Odeplan\_250K\_UTM17S\_WGS84
- 2.7.3 parroquias\_Morona\_Odeplan\_250K\_UTM17S\_WGS84
- 2.7.4 Perfil\_Ecuador\_Odeplan\_250k\_UTM17S\_WGS84
- 2.7.5 Provincia\_Morona\_Santiago\_Odeplan\_250k\_UTM17S\_WGS84
- 2.7.6 provincias\_Ecuador\_AEE\_250k\_UTM17S\_WGS84

## 2.8 FLORA

- 2.8.1 Etnobotanica\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_WGS84
- 2.8.2 P\_Etnobotanica\_Kushapuk\_UTM17S\_WGS84

## 2.9 GPS

- 2.9.1 Estructuras\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_WGS84
- 2.9.2 Muestreo\_Cob\_Suelo\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_WGS84
- 2.9.3 Rios\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_WGS84
- 2.9.4 Trazados\_Kushapuk\_a\_Kiim\_GPS\_10k\_UTM17S\_WGS84

2.9.5 Trazados\_Kushapuk\_Kiim\_GPS\_10k\_UTM17S\_WGS84

## 2.10 HIDROGRAFIA

2.10.1 Hidrografia\_Kushapuk\_AEE\_250k\_UTM17S\_WGS84

2.10.2 Hidrografia\_Kushapuk\_CT\_50k\_UTM17S\_WGS84

2.10.3 Microcuenca\_kushapuk\_MDT\_100k\_UTM17S\_WGS84

2.10.4 Unidades\_kushapuk\_MDT\_100k\_UTM17S\_WGS84\_MDT

## 2.11 SUELOS

2.11.1 Calicatas\_Kushapuk\_GPS\_10k\_UTM17S\_WGS84

2.11.2 P\_Calicatas\_Kushapuk\_UTM17S\_WGS84

## 2.12 TURISMO

2.12.1 Sitos\_Turisticos\_Kushapuk\_GPS\_UTM17S\_WGS84

2.12.2 Poligono\_Sitios\_Turisticos\_Kushapuk\_UTM17S\_WGS84

### **3.7 Registrar la información de cartografía digital en la estructura de metadatos.**

Para un adecuado almacenamiento, organización, gestión y administración de la información disponible para la microcuenca del Río Kushapuk, es preciso contar con metadatos que describan las características de la geoinformación, de forma que pueda ser aplicada de manera correcta ya que se detallará aspectos como la escala, fecha de elaboración, sistema de referencia, la propiedad y disponibilidad de los datos; aquí se utilizará el formato propuesto por *Federal Geographic Data Committee* (FGDC) en la norma FGDC-STS-001-1998. Este proceso se realizó a partir de ArcCatalog donde tenemos una sección destinada a los metadatos, ya sea para leerlos, crearlos, editarlos, importarlos o exportarlos, los mismos que se encuentran clasificados en 3 secciones que corresponden a la descripción de la información, características espaciales y por último los atributos que tiene. (Ochoa, 2006)

Para visualizar los metadatos, se puede escoger el formato en el que deseamos se nos presente la información, opciones que ya viene definidas en ArcCatalog en el combo correspondiente a *stylesheet*. El proceso de construcción de esta información se lo realiza a partir de la opción *Edit Metadatos*, donde se nos presenta una ventana dividida en pestañas, cada una de las cuales contiene una serie de campos y la

descripción correspondiente, indicándonos también si es o no requerido. A continuación detallaremos la información que consideramos importante y debe llenarse.

**Identificación:** En esta sección se describe información general a cerca de la información geográfica, como su propósito, su origen, sus autores, su estado, su frecuencia de actualización, su fecha de publicación y las herramientas utilizadas para su creación, además se indica datos de las personas u organizaciones a quienes se puede contactar para la obtención de la misma. A nivel detallado presentamos cada uno de los campos a llenar.

- *General*
  - *Abstract:* Descripción breve del conjunto de datos.
  - *Purpose:* El propósito, el mismo que está basado en el objetivo general del proyecto.
  - *Supplemental Information:* Campo no requerido donde se indica datos adicionales que se quiera especificar, en nuestro caso se ha especificado la fuente de información utilizada para generar la cartografía.
  - *Access Constraints:* Medios por los cuales se puede acceder a la información.
  - *Use constraints:* Manera de citar el trabajo en caso de ser utilizado en otros proyectos, de forma que se proteja la propiedad intelectual o privacidad. Aquí se detallará también las restricciones existentes para el uso de la información.
  - *Data Set Credit:* Instituciones o personas que crearon la cartografía en cuestión.
  - *Native Data Set Enviroment:* Campo que se carga por defecto donde están los programas o entornos de trabajo utilizados.
  - *Native Data set Format:* Contiene el formato del archivo, el cual se carga por defecto.
- *Contact*
  - *Contact information*
    - *Primary contact:* Se especifica si el contacto es una persona u organización.

- *Person*: Nombre del contacto para obtener la información en cuestión.
  - *Organization*: Nombre de la organización a la que pertenece el contacto.
  - *Position*: Tipo de área o cargo que ocupa la persona.
  - *General*: La información de esta sección puede contener varios valores para el mismo campo.
    - *Contact voice telephone*: Teléfono del contacto.
    - *Contact Fax number*: Fax del contacto.
    - *Contact email adress*: Dirección de correo electrónico del contacto.
- *Citation*
  - *General*
    - *Title*: Se carga por defecto el nombre del archivo del cual se está creando los metadatos, pudiendo ser modificado en caso de necesitarse, ya que este debe ser lo más informativo y conciso posible.
    - *Originator*: Contiene los nombres de los creadores de la cartografía.
    - *Publication date*: Fecha de publicación del proyecto.
- *Status*
  - *Progress*: Aquí se indica el estado de los datos, el mismo que puede ser completo, en proceso o planeado.
  - *Update frequency*: Si ha sido planeada la frecuencia de actualización.
- *Keywords*: Aquí se citarán las palabras claves o frases que resumen el conjunto de datos, resaltando su significado o la idea principal, puede ser de los siguientes tipos:
  - *Theme*: palabras claves con respecto al tema.
  - *Place*: palabras claves de acuerdo a la localización geográfica del conjunto de datos.
- *Cross reference*
  - *Citation information*
    - *Title*: Título de la cartografía que origina los metadatos.

- *Originator*: Personas u organizaciones a cargo de la información.
- **Data Quality**: Describe el origen de los datos y la forma en la que fueron extraídos para conformar la cartografía resultante, de manera que se garantice calidad y fiabilidad en la información.
  - *Logical consistency report*: Se indica la fuente de donde fueron extraídos los datos.
  - *Process step*: Se indica brevemente los procesos realizados para obtener el resultado final.
- **Data organization**: Contiene información sobre la ubicación política del área de estudio, indicándose aspectos como el país y la provincia a la que pertenece para una orientación a nivel general.
  - General
    - *Indirect Spatial reference*: Referencia de ubicación a nivel de país y provincial.
- **Spatial reference**: Este campo se carga por defecto y contiene la referencia espacial en la que fue creada la cartografía, indicando valores como coordenadas geográficas, proyección y Datum.
- **Entity Attribute**: Contiene el nombre y una descripción breve de la cartografía
  - *Detailed description*
    - *Entity type*
      - *Label*: Se carga el nombre de la cartografía por defecto.
      - *Definition*: Descripción breve de la cartografía.
  - *Distribution*: Esta sección contiene información general a la cual se puede recurrir en caso de que el producto sea distribuido, como el nombre de las personas u organizaciones a quienes se puede contactar.
  - *General*
    - *Distribution Liability*: Organización o persona a quien se pueda contactar en caso de se desee informar alguna incompatibilidad u omisión en los datos.
  - *Distributor*:
    - *Contact information*

- *Primary contact*: Se especifica si el contacto es una persona u organización.
- *Person*: Nombre del contacto.
- *Organization*: Nombre de la organización a la que pertenece.
- *Position*: Tipo de área en la que se desenvuelve el contacto.
- *General*
  - *Contact voice telephone*: Teléfono del contacto
  - *Contact Fax number*: Fax del contacto
  - *Contact email adress*: Dirección de correo electrónico del contacto.

## **CAPÍTULO 4**

### **GENERACIÓN DE MAPAS**

#### **4.1 Introducción**

Al ya contar con la información geográfica organizada, es fundamental representar estos resultados de alguna manera, de forma que apoyen la caracterización territorial de la microcuenca y que sirvan de base para la zonificación y el Plan de Manejo Integral, el mismo que se realizó por temas de acuerdo a las necesidades de las comunidades aledañas al sector y de la municipalidad de Tiwintza. Por esta razón, se han generado 22 mapas temáticos que deberán ser estudiados a detalle para que contribuyan positivamente dentro del proyecto emprendido.

Los mapas a presentar dentro de este capítulo encajan dentro de temáticas como localización y administración política de la microcuenca, hidrografía, orografía, edafología y uso del suelo, geología y geomorfología, flora, aspecto demográfico del sector, infraestructura de servicios y su cobertura, y por último, aspectos económicos como turismo y minería

#### **4.2 Plantilla para la elaboración de los mapas**

Los mapas elaborados, siendo una abstracción de la realidad de la microcuenca del Río Kushapuk, los mismos que se llevaron a cabo mediante la ejecución de 3 pasos como la selección de información clave a visualizar, clasificación de los elementos espaciales para reducir la complejidad del mapa y por último la simplificación y generalización de la información para facilitar su lectura; fue necesario utilizar una serie de elementos para que estos puedan ser estudiados y comprendidos ampliamente.

**Título:** Elemento fundamental que siempre debe estar presente en todo mapa ya que constituye el conjunto de palabras claves para la descripción de la temática a tratar.

**Escala:** Relación existente entre las dimensiones reales del terreno y su correspondiente en el mapa, pudiendo utilizarse dentro de este en forma numérica o gráfica. La primera se representa en forma de fracción, indicándose la medida en el mapa (generalmente es la unidad) y su correspondiente en la realidad, separada por dos puntos como por ejemplo 1:50000. La segunda corresponde a una línea fragmentada en partes iguales, cuya medida depende de la escala utilizada.

**Cuadrícula:** Construida por líneas verticales que siempre apuntan al norte geográfico y líneas horizontales que entre sí forman ángulos rectos o cuadrados perfectos, cuyas medidas van de acuerdo a la escala y objetivo del mapa; para nuestro propósito establecimos una distancia de 2000 metros. El objetivo principal es proporcionar una ubicación aproximada de acuerdo a los ejes de las X y de las Y para cada punto representado en el mapa.

**Simbología y Leyenda:** Explicación de las figuras geométricas tales como polígonos, puntos y líneas empleadas, a las cuales se les agrega color, texto y una forma determinada, que servirán como clave para la representación de las diferentes temáticas o variables visuales que forman parte del mapa. En este punto, es importante diferenciar la simbología y la leyenda, ya que la primera corresponde a la representación gráfica de la cartografía temática mientras que la segunda es la definición de aquellas claves utilizadas en la cartografía base.

**Toponimia:** Consiste en el texto que se emplea dentro del mapa para dar a conocer el nombre de un determinado elemento geográfico, considerando que todas estas palabras tendrán un formato específico como color, tamaño, grosor y estilo, el mismo que debe ser de acuerdo al tamaño y objetivo del mapa.

**Información relevante del mapa:** Aquí se citara datos claves tales como: la fuente de donde se tomó la información, la escala y el sistema de coordenadas en el que se

encuentra la cartografía. Aquí también se mencionará el o los nombres de las personas que realizaron los mapas y en caso de pertenecer a alguna organización, se colocará los logotipos que la identifiquen.

**Norte:** Símbolo que representa la posición del norte geográfico y que por generalización, se coloca en la parte superior del mapa.

#### **4.2.1 Plantilla Generada**

Para estandarizar los mapas que fueron construidos, fue necesaria la construcción de una plantilla de contenido y ubicación para la representación de las diferentes temáticas. Es así, que la hoja del mapa se encuentra dividida en 5 secciones (Figura 27), cada una de las cuales se detalla a continuación:

- La primera sección localizada en la parte izquierda, es la más grande y notoria del mapa, ya que corresponde al apartado donde se ubicará el mapa temático con toda su cartografía.
- La segunda sección ubicada en la parte superior de la primera, pertenece al título de la temática representada en el mapa.
- La tercera sección localizada en la parte superior derecha, contiene tres mapas a una escala mucho menor que el principal, donde se visualiza la localización de la microcuenca bajo 3 conceptos; primero tenemos su representación en un concepto global como sería dentro del Ecuador completo, luego su ubicación en la provincia de Morona Santiago y por último, la microcuenca con la parroquias que ocupa y aquellas que están aledañas al sector.
- La cuarta sección esta debajo de la tercera y corresponde a la visualización de la simbología y leyenda, apartado que en algunos temas se ubica dentro del mapa principal.
- La quinta y última sección contiene información referente al mapa, nombre del proyecto a cargo de la UDA, logotipos de las instituciones participantes y nombres de las personas que elaboraron los mapas.

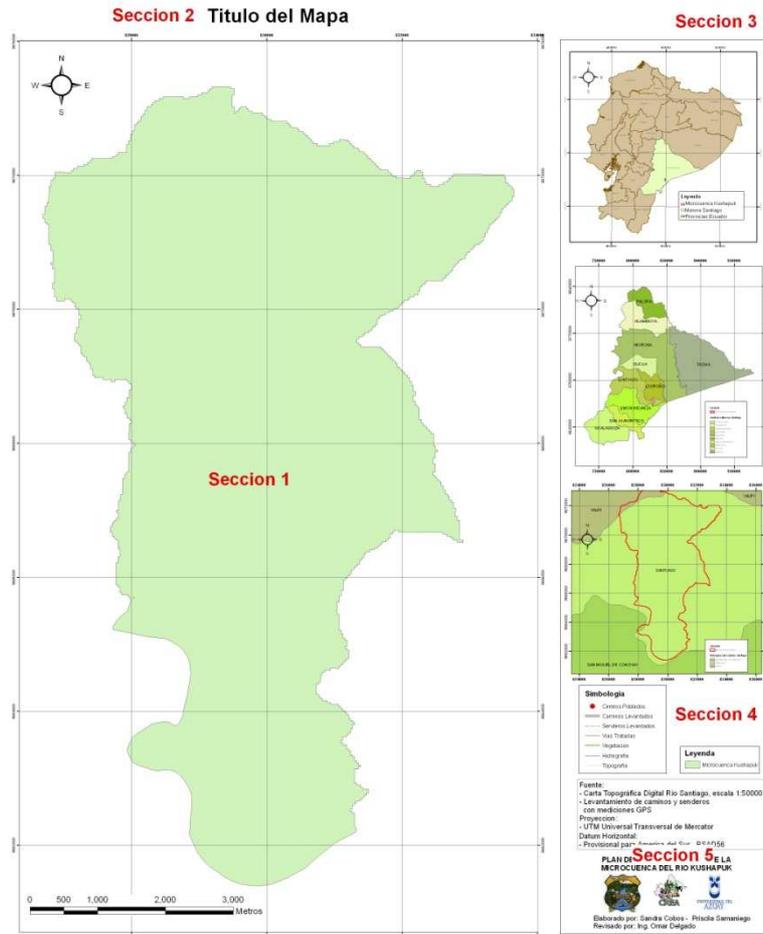


Figura 27: Plantilla de mapas.

### 4.3 Elaboración del mapa

Para la elaboración de los mapas que serán descritos a continuación, fue necesario dividir o agrupar la información en 4 *frames*, uno por cada mapa. En el primer *frame* ubicamos toda la cartografía necesaria para construir el mapa principal, aquí se considera aquella proveniente de la carta topografía del Río Santiago, la toponimia, la microcuenca y la cartografía correspondiente exclusivamente a la temática a tratar; el segundo *frame* contiene información que ubicará la microcuenca dentro de un concepto de país para lo cual necesitamos todas las provincias del Ecuador, la provincia de Morona Santiago para resaltarla y luego la microcuenca para ubicarla; El tercero corresponde a la ubicación de la microcuenca dentro de los cantones de Morona Santiago por lo que cargamos la microcuenca y los cantones de esta provincia; el cuarto *frame* corresponde a la localización de la microcuenca con

respecto a las parroquias del cantón Santiago de Tiwintza por lo que se requiere las parroquias y la microcuena.

Al ya tener organizada la información de acuerdo a los mapas a generarse, fue necesario colocar la grilla dentro del *frame*; para lo cual damos un *click* derecho sobre este y en el menú desplegable escogemos *Properties*, permitiéndonos identificar las propiedades disponibles debido a que se encuentran clasificadas por *tabs*; para esta labor escogemos el correspondiente a *Grid*, donde elegimos el tipo de grilla a utilizar que en nuestro caso es aquella que divide al mapa en unidades de mapa llamada *Measured Grid*, posteriormente especificamos el intervalo entre líneas, las cuales están cada 2000 metros. Al ya tener visualizada la grilla en el mapa, se editará el formato de la numeración de los ejes para que se presenten solo números enteros sin decimales.

Adicional a la grilla, existen otros elementos de suma importancia que deben ser insertados en un espacio apropiado dentro del mapa; para esto damos un *click* en el menú principal de ArcMap, escogemos la opción *Insert > North arrow*, donde se desplegara múltiples gráficos correspondientes al norte geográfico, siendo utilizado en el presente proyecto el que corresponde al nombre de “*ESRI North 4*”. La escala a visualizar corresponde al tipo gráfico por lo que dando un *click* en *Insert > Scale Bar* escogeremos el dibujo apropiado para esta, que en nuestro caso corresponde a la “*Double Alternating Scale Bar*”, la misma que será editada de acuerdo a nuestras exigencias, por lo que dando un *click* derecho sobre esta, dentro del menú desplegable, seleccionamos *Properties* y dentro del *tab* de *Scale and Units* escogemos que cuando se cambie el tamaño, se ajuste la anchura y luego editamos los casilleros correspondientes a la variable de división que corresponde a 1000, número de divisiones que lo igualamos a 3 y el número de subdivisiones en donde colocamos el número 2 (Figura 28)

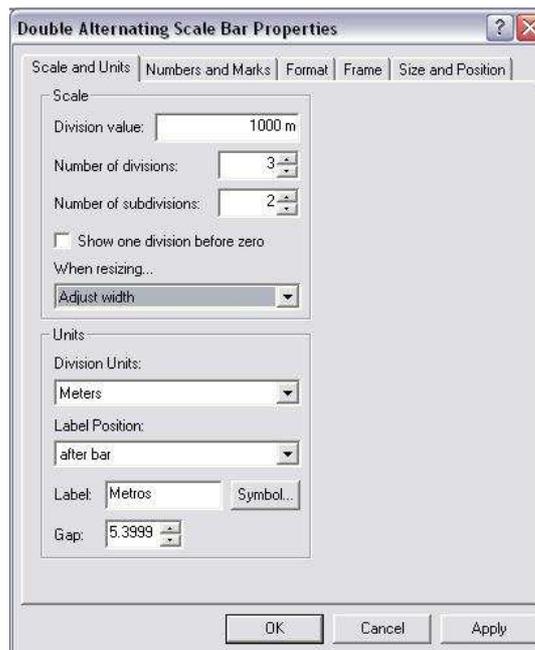


Figura 28: Ventana de edición de la escala de tipo gráfico

Al ya tener extraídos el norte y la escala, nos falta visualizar la simbología que se utiliza en el mapa temático, para lo cual dentro del menú *Insert* escogemos la opción *Legend*, donde nos permitirá escoger los *layers* de los cuales queremos su simbología. Esta opción nos permitirá separar de acuerdo a nuestro criterio, los correspondientes a leyenda y aquellos que encajan dentro de simbología, los pasos siguientes a esto, son simplemente la edición del formato como tipo y grosor de letra, bordes y fondo que tendrá el recuadro.

Además, procedimos a insertar textos para colocar el título del mapa y la información relevante del proyecto, llenando los datos de la siguiente manera:

- La fuente: Carta Topográfica Digital Río Santiago, escala 1:50000.
- Proyección: UTM Universal Transversal de Mercator.
- Datum Horizontal: Provisional para América el Sur – PSAD56.
- Nombre del Proyecto: Plan de manejo integral de la Microcuenca del Río Kushapuk.
- Elaborado por: Sandra Cobos – Priscila Samaniego.
- Revisado por: Ing. Omar Delgado.
- Logotipos: Aquí irán los logotipos de las tres organizaciones involucradas, municipalidad de Tiwintza, CREA, y Universidad del Azuay.



Figura 29: Presentación de información relevante del mapa

## 4.4 Mapas

### 4.4.1 Aspectos Generales

**Mapa Base:** Este mapa tiene la cartografía que fue considerada básica y necesaria para ser visualizada en todos los mapas, fueron escogidas considerando que forman parte de la carta topográfica del Río Santiago tales como: vías, vegetación, hidrografía, y topografía; a esto, le súmanos los senderos, caminos y centros poblados que a pesar de no formar parte de esta carta son considerados importantes para cualquier temática a tratar y que fueron levantados mediante GPS. **Ver Anexo de Mapa Base**

**Mapa de Ubicación:** La microcuenca administrativamente pertenece a la Provincia de Morona Santiago, Cantón Tiwintza, parroquia de Santiago y en la cual encontramos dos comunidades, Kushapuk y Kiim, cubre una superficie aproximada de 4476 ha y se encuentra a una distancia aproximada de 4Km de la ciudad de Santiago. El cantón Tiwintza limita al norte con el cantón de Morona, Logroño y Taisha, al Sur con la República del Perú al Este con el cantón Taisha y la República del Perú, al Oeste con los Cantones Santiago de Méndez y General Leonidas Plaza Gutiérrez. **Ver Anexo Mapa de Ubicación**

#### **4.4.2 Hidrografía**

**Mapa Hidrográfico:** Hidrográficamente la microcuenca del Río Kushapuk se delimitó a partir del Modelo Digital del Terreno, proceso que se trató en el capítulo II, ocupando un tamaño de celda de 30 m debido a la resolución espacial que presentaba para este caso la imagen satelital ASTER. El colector principal de esta microcuenca es el Río Kushapuk que va de Norte a Sur y en el cual desembocan algunos otros de menor tamaño como es el caso del Río Kiim. El Kushapuk experimenta fuertes pendientes hasta desembocar en el Río Santiago y se origina en las estribaciones de la parte sur de la Cordillera de Cutucú. (IERSE, 2009) **Ver Anexo Mapa Hidrográfico**

#### **4.4.3 Clima**

El clima del área de estudio es cálido-húmedo, típico y característico de la zona selvática tropical ecuatorial, con un régimen de lluvias abundantes que dependen de las variaciones de las corrientes marinas y desplazamiento del frente de convergencia intertropical y de la orografía. Según el mapa de estaciones meteorológicas, no existen una de estas ni una pluviométrica dentro de la microcuenca del Río Kushapuk, la más cercana corresponde a la estación de Santiago que se encuentra a una distancia aproximada de 3.350 metros de la zona de interés, razón por la cual no se cuenta con datos precisos de variabilidad de temperatura y precipitación; sin embargo, se utiliza esta información para caracterizar el clima en la zona. (IERSE, 2009) **Ver Anexo Mapa de Estaciones Meteorológicas**

**Mapa de Isoyetas e Isotermas:** Según la estación Santiago la precipitación media anual corresponde a 3749 mm, aunque se da un ligero incremento en los meses de marzo a junio, mientras que la temperatura media anual está oscilando entre los 20 y 25°C, con un máximo que puede alcanzar los 36°C, y una mínima de 9°C. (IERSE, 2009) **Ver Anexo Mapa de las Isoyetas e Isotermas**

#### 4.4.4 Orografía

**Mapa del Modelo Digital del Terreno:** En el presente mapa se visualizará el relieve que posee el terreno dentro de la zona de estudio, a partir de este podemos observar que se extiende desde los 232 m, en la desembocadura del Kushapuk con el Santiago hasta los 2066 m en la parte alta de la microcuenca. Para su representación utilizamos la cartografía base más la imagen raster correspondiente al modelo digital del Terreno (MDT), la misma que se encuentra con una discriminación de colores relacionado al relieve del sector.

Debido a que en el mapa se presenta el MDT de toda la zona de estudio, las cotas máximas y mínimas presentes no corresponden solo a la microcuenca, siendo necesario cortarla en función a esta para lo cual utilizamos la herramienta *Extract by Mask*, localizada en *ArcToolBox > Spatial Analyst Tools > Extraction*. **Ver Anexo Mapa del MDT**

**Mapa de Pendientes en Porcentajes:** Basándonos en el archivo de pendientes en formato *shape*, se realizó un análisis estadístico de acuerdo al rango, con el objetivo de obtener una tabla simplificada que represente mejor el área de estudio, obteniendo el siguiente resultado.

<b>TABLA DE DATOS DE PENDIENTES KUSHAPUK EN PORCENTAJE</b>			
<i>Rango</i>	<i>Área ha</i>	<i>Área %</i>	<i>Descripción</i>
0-5	605.1368	13.5	Pendientes débiles
5-12	741.8839	16.6	Pendientes suaves y regulares
12-25	1118.3394	25	Pendientes regulares e irregulares
25-50	1446.5996	32.3	Pendientes fuertes
50-70	353.2631	7.9	Pendientes muy fuertes
>70	210.0993	4.7	Pendientes abruptas

Tabla 18: Tabla de las Pendientes predominantes en la Microcuenca del Río Kushapulk

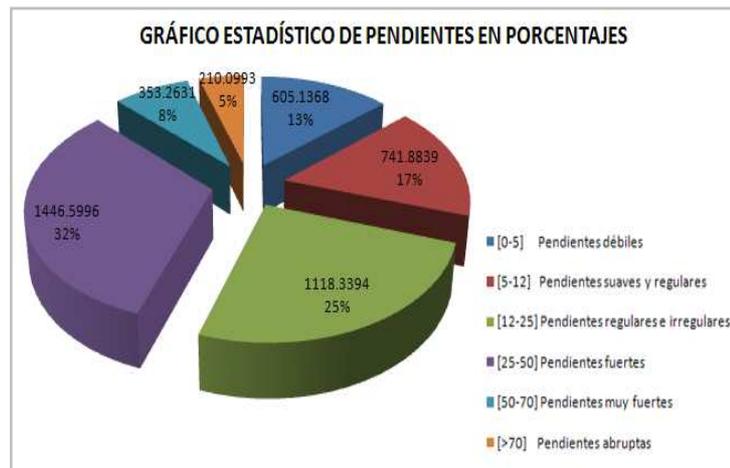


Figura 30: Gráfico estadístico de las pendientes predominantes en la Microcuenca del Río Kushapuk

Realizando un análisis a nivel general de la información proporcionada, se obtiene que las pendientes predominantes en la microcuenca corresponde a las fuertes, que van desde el 25% hasta el 50%, ocupando una superficie de 1446 ha; seguido, están las pendientes regulares e irregulares ocupando una área de 1118 ha y que van desde 12% a 25%; encontrándose en último lugar las pendientes abruptas, ya que cubren una superficie de 210 ha. Al hacer un análisis por separado para Kiim y Kushapuk, vemos que los resultados globales no son los mismos ya que solo en la primera comunidad las pendientes predominantes son las mismas que las ya mencionadas, mientras que en la segunda, los sitios son planos con pendientes débiles (0 a 5%) y suaves (5 a 12%). (IERSE, 2009) **Ver Anexo Mapa de Pendientes**

#### 4.4.5 Edafología y uso del suelo

**Mapa de Suelos:** Para la caracterización de los suelos de la zona de influencia, donde podemos observar que están cubiertos por vegetación natural y desmontes, es preciso conocer su potencialidad y las limitaciones que sufre, para lo cual se hicieron pequeños orificios en el terreno para la recolección de muestras, también llamados calicatas, las mismas que servirán en la planificación de su uso y manejo de manera que permita la conservación del mismo.

La ubicación de cada uno de estos puntos de muestreo fueron levantados mediante GPS y suman un total de 14, los mismos que están detallados en la ficha de

levantamiento de información, redactada por los expertos responsables del estudio. Informe mediante el cual se concluye que se trata de un suelo un tanto pobre dado que hay lixiviación, el horizonte orgánico superficial se caracteriza por el reciclaje continuo de nutrientes, además corresponden a suelos erosionados ferralíticos y pseudo-ferralíticos que edafológicamente se han desarrollado a partir de rocas antiguas, macizos localmente con restos de formas estructurales, calizas y areniscas (Moreno, 2001) **Ver Anexo Mapa de Suelos**

Los 14 puntos referentes a muestras de suelo y que se pueden observar en el mapa corresponden a:

- Bosque secundario cercano a mina de oro abandonada con árboles de regeneración.
- Cultivo en finca cerca de la comunidad de Kushapuk.
- Bosque secundario con árboles de regeneración (Cecropias) y árboles maderables jóvenes.
- Pasto con árboles, ganadería leve.
- Pasto con árboles, cercano a quebrada.
- Bosque secundario, en bocana con el Río Santiago.
- Pasto con árboles en finca.
- Junto al río Kushapuk en árboles con pasto.
- Junto al río Kushapuk en árboles con pasto.
- Bosque secundario.
- Bosque primario (bosque maduro).
- Bosque secundario, anteriormente utilizado para extracción de madera.
- Bosque secundario en regeneración, cercano a cultivo de yuca.
- Bosque secundario en regeneración.

**Mapa de Cobertura Vegetal:** Este mapa visualiza las categorías de cobertura de suelo discriminadas a partir de la imagen satelital de donde se pudo obtener los siguientes tipos: agua ocupando una superficie igual a 15.5 ha, nubes con 132.3 ha, silvopasturas 459.3 ha, suelos descubiertos con 292.4 ha y vegetación leñosa con un área igual a 3515.8 ha.

TABLA DE DATOS DE COBERTURA DE SUELO		
Descripción	Área (ha)	Área (%)
Agua	75.5	1.7
Nubes	132.3	3
Silvopasturas	459.3	10.3
Suelo Descubierta	292.4	6.5
Vegetación Leñosa	3515.8	78.6

Tabla 19: Tabla descriptiva de los tipos de cobertura de suelo

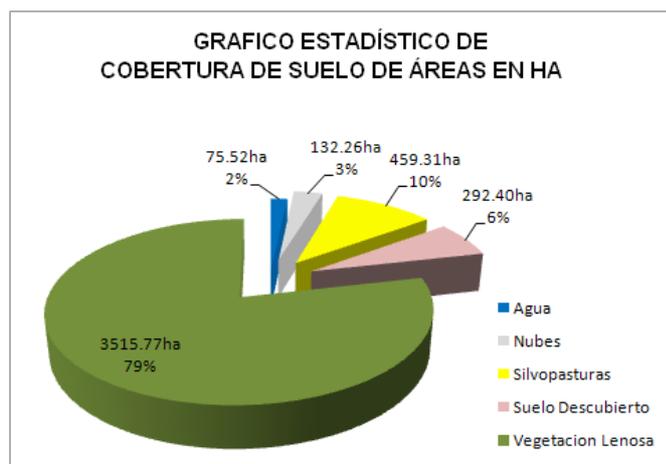


Figura 31: Gráfico estadístico de las pendientes predominantes en la Microcuenca del Río Kushapuk

Según los datos presentados, se puede observar que 3515.8 ha correspondientes al 78,6% de la superficie total de la microcuenca, están cubiertas por una vegetación leñosa, presente en su gran mayoría en la comunidad de Kiim que ocupa la parte media alta de la zona de interés; estos bosques se encuentran en un buen estado de conservación y albergan una gran biodiversidad de flora y fauna. El 10.3% está ocupado por silvopasturas y fincas localizadas especialmente en la zona baja donde se encuentra la comunidad de Kushapuk, también está presente en menor intensidad en la zona media en donde los sitios son planos y con pendientes moderadas. El 6% de la microcuenca corresponde a suelo descubierto, cubriendo un área igual a 292.4 ha que constituye vías, centros poblados, suelo preparado para cultivar, zonas de playa en las riberas del río Santiago, minas y escombreras. (IERSE, 2009) **Ver Anexo Mapa de Cobertura Vegetal**

#### 4.4.6 Aspecto Geológico y Geomorfológico

**Mapa de Geología y Geomorfología:** En el mapa geológico se describe la composición, estructura, textura, mecanismo de formación y la evolución que ha tenido la tierra desde su origen, sobre el cual se realizó un análisis estadístico, que nos permitió concluir que un 79% de la microcuenca del Río Kushapuk, correspondiendo a una superficie de 3525.05 ha, está formada por unidades chapiza, capas rojas, lutitas y rocas volcánicas; mientras que el 14%, 628.72 ha esta originado por depósitos aluviales tales como arcillas y arenas y tan solo un 7% igual a 321.55 ha del terreno corresponde a una formación denominada Santiago que contiene calizas, lutitas y areniscas.

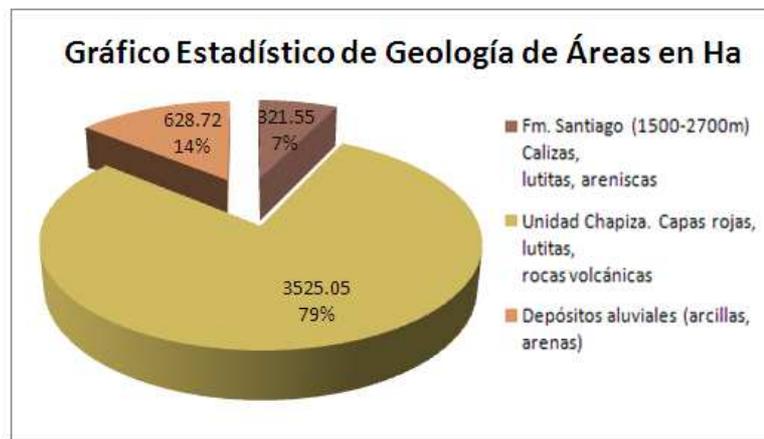


Figura 32: Gráfico estadístico de geologías en la Microcuenca del Río Kushapuk

El mapa geomorfológico nos indica la descripción y la explicación del relieve terrestre, continental y submarino; de este, se obtiene que el 68% del terreno de la microcuenca, correspondiendo a una superficie de 3033.639 ha, posee un relieve propio de la cordillera subandina, mientras que el 32% restante, igual a 1441.681 ha, es un medio aluvial.

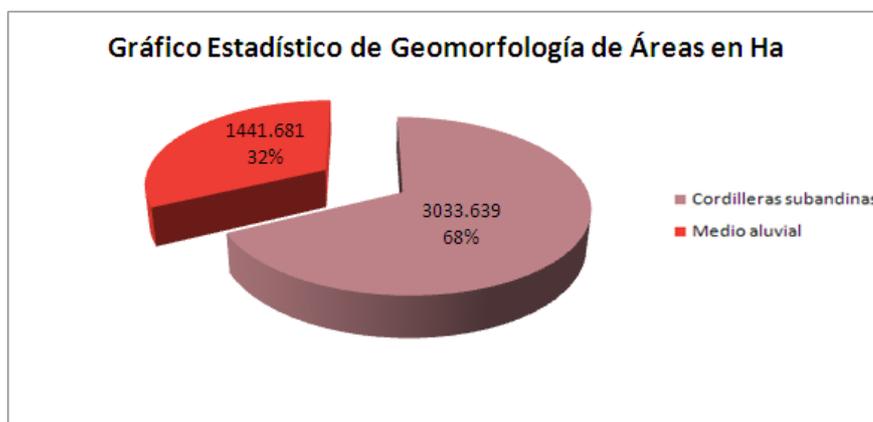


Figura 33: Gráfico estadístico de geomorfologías en la Microcuenca del Río Kushapuk.

### Ver Anexo Mapa Geológico y Geomorfológico

#### 4.4.7 Botánica y Faunística

**Mapa Etnobotánica:** Este mapa nos ayuda a localizar los 4 puntos de muestra de vegetación levantados por GPS, para lo cual se utilizó como criterio, 3 tipos de cobertura que corresponden a bosque maduro, los cuales poseen un dosel que llega hasta los 30 metros de altura, bosques secundarios que contiene un dosel de hasta 15 m de altura y finalmente las fincas que tienen un mosaico de cultivos y arboles que se han preservado con fines madereros y alimentarios; entre las especies que sobresalen en esta última cobertura tenemos la Ayahuasca y el matico, plantas usualmente utilizadas en rituales espirituales y medicinales. (IERSE, 2009) **Ver Anexo Mapa Etnobotánica**

En base a los estudios realizados por los expertos, se concluye que el área posee un potencial forestal ya que cuenta con al menos 14 especies madereras de las cuales 6 son maderas finas de gran valor comercial, entre las que más sobresalen tenemos al Caoba, el Cedro rojo, el Yumbingue y el Laurel, este último es el único explotado por los habitantes. Además, se dice que el área es muy diversa, pero su endemismo es bajo y la vegetación y flora no corresponde a propia de la cordillera del cóndor, ya que se trata de una vegetación propia de la Amazonía baja. (Neil, 2007), (IERSE, 2009)

## 4.4.8 Caracterización socioeconómica y cultural

### 4.4.8.1 Aspectos Demográficos

La información considerada para el estudio de la población de la Microcuenca de Río Kushapuk, fue tomada de los sectores censales de las Áreas No. 140555999007 y 140555999008 del VI Censo de Población realizado por el Instituto Nacional de estadística y Censos del Ecuador (INEC, 2001), información que fue dividida en 13 rangos, los mismos que son: de 0 a 4 años, de 5 a 9, de 10 a 19, de 20 a 24, de 25 a 29, de 30 a 34, de 35 a 39, de 40 a 44, de 45 a 49, de 50 a 54, de 55 a 59 y de 60 en adelante, información que se detalla en la (Tabla 20)

Grupo de edad	Hombres		Mujeres		Total	
	Personas	%	Personas	%	Personas	%
0 a 4 años	21	20.19	34	27.87	55	24.34
5 a 9 años	18	17.31	20	16.39	38	16.81
10 a 14 años	11	10.58	16	13.11	27	11.95
15 a 19 años	11	10.58	13	10.66	24	10.62
20 a 24 años	3	2.88	7	5.74	10	4.42
25 a 29 años	13	12.50	9	7.38	22	9.73
30 a 34 años	5	4.81	8	6.56	13	5.75
35 a 39 años	5	4.81	4	3.28	9	3.98
40 a 44 años	4	3.85	6	4.92	10	4.42
45 a 49 años	4	3.85	3	2.46	7	3.10
50 a 54 años	2	1.92	0	0.00	2	0.88
55 a 59 años	4	3.85	1	0.82	5	2.21
60 en adelante	3	2.88	1	0.82	4	1.77
<b>Totales</b>	<b>104</b>	<b>100</b>	<b>122</b>	<b>100.00</b>	<b>226</b>	<b>100</b>

Tabla 20: Datos Poblacionales de la Microcuenca por rangos de edad (INEC, 2001)

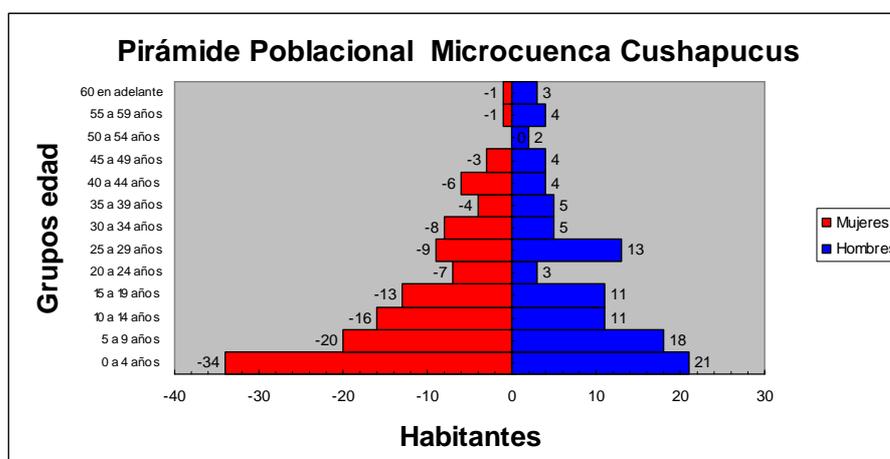


Figura 34: Pirámide Poblacional de la Microcuenca del Río Kushapuk (IERSE, 2009)

Basándonos en el gráfico anterior, se puede observar que hay un crecimiento poblacional en las edades comprendidas entre los 0 a 19 años; sin embargo, se experimenta un decrecimiento entre los 20 a 24, por lo cual la actividad productiva del sector disminuye al no haber gente en edades prudentes para trabajar, que de acuerdo a las características de los habitantes del sector empieza a partir de los 15 años.

Para la población de Kiim, vemos que tenemos un total de 105 habitantes de los cuales 49 son hombres y 56 mujeres, distribuidos de la siguiente manera.

<i>Grupo de edad</i>	<i>Hombres</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Total</i>
0 a 4	8	18	26
5 a 9	11	8	19
10 a 14	7	10	17
15 a 19	4	7	11
20 a 24	3	1	4
25 a 29	6	2	8
30 a 34	2	4	6
35 a 39	2	2	4
40 a 44	1	3	4
45 a 49	3	0	3
50 a 54	1	0	1
55 a 59	1	0	1
60 en adelante	0	1	1
<b>Totales</b>	<b>49</b>	<b>56</b>	<b>105</b>

Tabla 21: Datos Poblacionales de la población de Kiim por rangos de edad (INEC, 2001)

Para la población de Kushapuk hemos obtenido un total de 121 personas divididas en 55 hombres y 66 mujeres distribuidos de la siguiente manera.

<i>Grupo de edad</i>	<i>Hombres</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Total</i>
0 a 4	13	16	29
5 a 9	7	12	19
10 a 14	4	6	10
15 a 19	7	6	13
20 a 24	0	6	6
25 a 29	7	7	14
30 a 34	3	4	7
35 a 39	3	2	5
40 a 44	3	3	6
45 a 49	1	3	4
50 a 54	1	0	1
55 a 59	3	1	4
60 en adelante	3	0	3
<b>Totales</b>	<b>55</b>	<b>66</b>	<b>121</b>

Tabla 22: Datos Poblacionales de la población de Kushapuk por rangos de edad (INEC, 2001)

Para obtener información actualizada y debido a que no existe documentos en el registro civil de la cabecera cantonal por falta de notificación en caso de nacimiento o muerte por parte de los habitantes; se ha basado en la información de las fichas de caracterización aplicadas en las 2 comunidades de estudio y en las entrevistas a informantes claves por parte del personal enviado a campo; obteniendo como resultado que en la comunidad de Kushapuk, el total de habitantes es mayor a las 500 personas, con un número aproximado de 70 familias, mientras que en la comunidad de Kiim habitan 125 personas con un número de 30 familias; de esta forma se obtiene a nivel general una relación de 6 mujeres a 4 hombres. (IERSE, 2009)

<b>DATOS POBLACIONALES AL 2009</b>		
<i>Grupo de edades</i>	<i>Kushapuk</i>	<i>Kiim</i>
< a 1 años	15%	28%
1 a 4 años	14%	16%
5 a 14 años	52%	37%
15 a 49 años	12%	11%
50 a 64 años	5%	7%
65 años y más	3%	1%

Tabla 23: Datos Poblacionales en porcentajes de las comunidades de la microcuenca del Río Kushapuk en el 2009 (IERSE, 2009)

En los 4 mapas que se describirán a continuación, utilizamos la cartografía base y una tabla que contiene los datos poblacionales, información que se encuentra relacionada mediante un *join*, sirviendo como clave de enlace un campo denominado Código, existente tanto en la tabla como en la cartografía de los centros poblados y que para Kushapuk tiene un valor igual a 0 y para Kiim tiene el 1. Al ya tener todos los datos requeridos dentro de la tabla de atributos de los centros poblados, procedemos a dar un *click* derecho sobre este layer para extraer sus propiedades y posteriormente trasladarnos a la simbología, en donde escogemos la opción *Chart > Bar/Column* lo cual nos ayudará a visualizar dentro del mapa un gráfico en barras de los campos seleccionados, teniendo la opción de cambiar los colores de visualización al escoger el deseado dentro de *Color Scheme*.

**Mapa de Hombres por rango de edad:** En este mapa podemos observar claramente que el mayor número de hombres dentro de la zona de Kiim se encuentra

entre un rango de 5 a 9 años con un número de 11 , siguiéndole luego los niños de entre 0 y 4 años con un número de 8; el último lugar se encuentra representado por los rangos de 40 a 44, 50 a 54, 55 a 59 años, todos ellos están representados por un solo hombre, es importante mencionar también que no existen hombres mayores de 60 años en esta población.

Para la población de Kushapuk, el mayor número de hombres se encuentra entre los 0 a 4 años de edad con un total de 13 niños, siguiéndole en segundo lugar, los rangos comprendidos entre 5 a 9 años, de 15 a 19 y de 25 con 29 años, todos ellos con 7 hombres; por último vemos que se encuentran los rangos entre 45 a 49 años con un solo hombre al igual que el de 50 a 54, mientras que se puede ver que no hay hombres entre los 20 y los 24 años de edad. **Ver Anexo Mapa de hombres por rango de edad**

**Mapa de Mujeres por rangos de edad:** El mapa de mujeres fue construido de igual forma que el resto de mapas demográficos, obteniendo como resultado que en la población de Kiim, el mayor número de mujeres se encuentra entre los 0 a 4 años de edad con un total de 18 mujeres, siguiéndole el comprendido entre los 10 a 14 años con un número de 10 y por último están las de 20 a 24 y las mayores de 60, ambos con una sola mujer. Es importante mencionar que no existe personas del sexo femenino entre los 45 a 49 años, 50 a 54 años y de 55 a 59 años de edad dentro de esta comunidad.

Para la población de Kushapuk, el primer lugar también está ocupado por el rango comprendido entre los 0 a 4 años de edad con un total de 16 mujeres, ocupando un segundo lugar en volumen, las mujeres entre los 5 a 9 años con un total de 12; vemos también en el mapa que el último lugar con una sola mujer está el rango entre los 55 a 59 años de edad y que no existe ningún habitante del sexo femenino en los rangos comprendidos entre los 50 a 54 y de 60 en adelante. **Ver Anexo Mapa de mujeres por rango de edad**

**Mapa del total de habitantes por rangos de edad:** Uniendo prácticamente la información ocupada en los dos mapas anteriores, pudimos construir este tercer mapa

demográfico donde visualizamos el total de habitantes por rangos de edad. De aquí podemos concluir que en la población de Kiim la mayor cantidad de personas, sin hacer una discriminación entre hombres y mujeres, se encuentran entre los 0 a 4 años de edad, con un total de 26 habitantes mientras que entre los rangos comprendidos entre los 50 y 54, 55 y 59 y de 60 en adelante, existe solo un habitante en cada uno de ellos.

Para el caso de Kushapuk, un total de 29 personas se encuentran también entre los 0 y 4 años de edad mientras que no existe habitantes de 50 a 54 años ni de 60 en adelante, teniendo solo una persona de 55 a 59 años. **Ver Anexo Mapa de poblacional total rangos**

**Mapa Poblacional total generos:** Por último tenemos un mapa que visualiza el género predominante en cada una de las 2 comunidades en cuestión, es así que en Kiim tenemos un mayor número de mujeres que de hombres, con una diferencia de 7 personas ya que existen 56 habitantes del género femenino y 49 habitantes del género masculino. Dentro de la población de Kushapuk vemos también que las mujeres se encuentran en un mayor número, con una diferencia de 11 personas ya que existen 66 mujeres y 55 hombres. **Ver Anexo Mapa Poblacional Total Generos**

#### **4.4.8.2 Aspectos económicos:**

**Mapa de Equipamiento, Salud y Educación:** En este mapa visualizaremos todos los recursos e instalaciones cubiertas y abiertas, fijas y móviles de carácter público, destinadas a complementar las diferentes actividades básicas de la comunidad. Aquí vemos que el centro poblado de Kushapuk está abastecido por un centro educativo denominado “Tiwiram”, comedor escolar y jardín de infantes llamado “EBC”, careciendo por completo de puestos de salud para la población. Por otro lado Kiim sí posee un centro de salud y una escuela llamada “Santa Rosa” pero no tiene comedor escolar ni jardín de infantes **Ver Anexo Mapa de Equipamiento, Salud y Educación**

**Mapa de Infraestructura:** Indica las instalaciones con las que cuentan las 2 comunidades en estudio, proporcionándonos como información que Kushapuk cuenta con una planta de agua y una planta hidroeléctrica que proporciona 300 Kw de potencia, cubriendo el 80% de este centro poblado, además de la población de Santiago, el Batallón de Selva No 61 Santiago y la población fronteriza de San José de Morona; esta comunidad también cuenta con una casa comunal pero carece de una iglesia. Por otro lado Kiim sí posee una iglesia, una casa comunal y planta de agua, pero no tiene planta hidroeléctrica, cubriendo tan solo el 50% de la comunidad con energía eléctrica. **Ver Anexo Mapa de Infraestructura**

**Mapa de Servicios Básicos:** Este mapa muestra el tipo de servicios básicos de los cuáles gozan o carecen cada centro poblado; como se puede observar tanto Kiim como Kushapuk están abastecidos de electricidad, agua y letrificación pero carecen de servicio telefónico y de alcantarillado, así como también de saneamiento ya que los desechos son depositados a “Cielo Abierto” es decir al intemperie donde posteriormente son incinerados, los sectores más usuales por los habitantes para realizar esta actividad son los ríos y quebradas, afectando la calidad de agua y convirtiéndose en un foco de enfermedades gastro-intestinales. **Ver Anexo Mapa de Servicios Básicos**

#### **4.4.8.3 Aspectos Culturales:**

**Mapa Turístico:** En este mapa podemos observar los sectores turísticos de mayor importancia dentro de la zona de estudio, una actividad que es llevada de forma rudimentaria y que es difícil de realizar debido al mal estado de las vías de acceso, la falta de infraestructura hotelera, equipamiento y servicios básicos que alejan a los turistas.

Sin embargo, la comunidad de Kushapuk cuenta con la laguna de Pitiu como un atractivo, la misma que se ubica a 5 minutos de la vía principal y cuenta con una cabaña turística y canoas para realizar recorridos sobre ella; a su alrededor se mantiene una superficie de 80 metros como área de conservación, existiendo senderos para que pueda ser recorrida por los turistas, quienes podrán observar una vegetación natural de gran importancia durante toda la trayectoria. La comunidad de

Kiim posee varios puntos de interés dentro de esta temática, tal es el caso de las cuevas de los Tayos, que para llegar a ella se realiza una caminata de 3 horas aproximadamente por la planicie de la ribera del Río Kushapuk, además se cuenta con las cascadas y los senderos de recorrido a través de bosque no intervenido, adornados por una gran diversidad de flora y fauna nativa. (IERSE, 2009)**Ver Anexo**

### **Mapa Turístico**

**Mapa de Áreas Mineras:** En este mapa se refleja la actividad minera existente dentro de la microcuenca, visualizando en primer lugar la concesión presente en el sector, que corresponde a una de manifiesto, es decir otorgada por el Ministerio de Minería, ocupa una superficie total de 1178 ha, encontrándose tan solo 436,12 ha dentro de nuestra zona de interés, el resto se sale de sus límites. Aquí visualizamos también dos puntos levantados mediante el GPS donde se experimenta una actividad minera, el primero corresponde a una mina de oro que estaba en funcionamiento hasta antes de los 90's y que por oposición de la población se retiró; el segundo es un lavadero de oro en la desembocadura del Río Kushapuk con el Río Santiago, donde la población realiza la minería como una forma de ingreso pero artesanalmente. **Ver Anexo Mapa de Áreas Mineras.**

## **CAPÍTULO 5**

### **PERSONALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

#### **5.1 Introducción**

Considerando que el objetivo de toda información es ser difundida y analizada de forma eficiente, para que basados en ella se tomen las mejores decisiones por parte del personal a cargo; se ha considerado oportuno elaborar un mecanismo de transmisión de la geoinformación obtenida a lo largo de este proyecto para que contribuya en la generación del Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk; pudiendo ser analizada por los expertos a cargo y así concluyan en soluciones enfocadas en la realidad de la zona; además, será un medio de difusión para que la población adquiera un conocimiento de las riquezas propias de su localidad, de forma que puedan aprovecharlas de la mejor manera para su beneficio.

Pensando principalmente en el aspecto socio económico y cultural de la población, donde el nivel de educación alcanza al primario y difícilmente llega al secundario; se ha elaborado una interfaz personalizada totalmente amigable e intuitiva, desarrollada mediante un macro de ArcGis 9.2 y cuyo entorno de programación corresponde a Visual Basic 6.0. De esta forma, nuestros resultados no serán visibles solo para los expertos en el manejo de herramientas SIG tales como ArcGis, sino llegarán a los sectores realmente interesados, como la I. Municipalidad de Tiwintza, preocupada de sus recursos naturales y con ella a los centros poblados de Kiim y Kushapuk, comunidades dentro de la microcuenca en estudio.

#### **5.2. Información a visualizar**

La información a visualizar utilizando un aplicativo personalizado programado en un lenguaje de alto nivel y en un entorno de Visual Basic 6.0, corresponde a los mapas

generados en el capítulo anterior, los mismos que para su construcción se utilizó ArcMap, donde se formó proyectos con extensión mxd, propios de esta herramienta y que vinculan ficheros en diferentes formatos como *shapefile*, raster, plantillas entre otros. Estos proyectos contienen punteros a toda la cartografía requerida, la misma que se encuentra ubicada en diferentes rutas y que unida nos proporciona el mapa temático deseado, ventaja que se obtiene con la utilización de un SIG ya que forman un *layer* por cada nivel, el mismo que puede ser modificado y analizado mediante su tabla de atributos.

### **5.3 Elaboración de un interfaz de visualización de resultados**

La interfaz donde visualizaremos los mapas se construyó a partir de un macro dentro de ArcMap que lo podemos ubicar dentro del menú principal de esta herramienta bajo la siguiente secuencia Tools > Macros > Visual Basic. Al escoger esta opción, se nos presentará un entorno igual a Visual Basic en su versión 6.0, teniendo disponible algunas de las herramientas propias de este lenguaje y otras adicionales proporcionadas por ESRI; además, la codificación y sintaxis corresponde a la utilizada en el lenguaje ya mencionado.

La herramienta principal que utilizamos dentro de esta interfaz, es el objeto MapControl, encargado de visualizar y manipular la información almacenada en un proyecto mxd, que para nuestro caso corresponden a los mapas y las distintas capas de información que lo constituyen. Para emplearlos, debemos en primera instancia traerlo a nuestro cuadro de herramientas presente dentro del entorno de trabajo, acción que se logra dando *click* derecho sobre la caja de herramientas y en el menú que se despliega, escogiendo la opción de *Additional Controls*, dentro de los múltiples controladores que se presentan, escogemos el que corresponde al nombre de ESRI MapControl; esto permitirá que le tengamos disponible dentro de Toolbox y listo para utilizarlo.

Para darle la funcionalidad deseada, se debe enlazar con la ruta del proyecto a visualizar, para esto, dentro de las propiedades escogemos la correspondiente a “*Custom*”, aquí seleccionamos la ruta y el mapa ya que dentro de un mismo archivo

mxd pueden existir varios mapas; dentro de esta propiedad también nos permite escoger el orden en que serán presentados los *layers*, parte fundamental ya que existen superficies con apariencia sólida que cubren figuras como puntos o líneas, pudiendo solucionarlo fácilmente si se cuenta con una correcta secuencia en la presentación de las capas temáticas.

La información presentada en el controlador, será manejada directamente por el usuario, ya que las diferentes capas de información que conforman el mapa se presentan en un control *Treeview*, pudiendo habilitarse y deshabilitarse cualquier nivel en el momento en que se crea conveniente dependiendo de los requerimientos del usuario. Para generar este resultado, hemos cargado el controlador de forma automática con los layers existentes en el MapControl y que son recuperados con la propiedad *layers(index).name* de este objeto, posteriormente se le cargara al árbol con la siguiente instrucción

*“Set Nodo = arbol.Nodes.Add (“MapaPrincipal”,twChild, nombre,  
Me.MapControl1.Layer(i). Name)”*

Donde “Mapa Principal” corresponde al nombre del nodo padre, “TvWChild” significa que es nodo hijo, “nombre” corresponde a la clave propia de cada nodo y con la instrucción final, *Me.MapControl1.Layer(i). Name*, se recupera el nombre del layer.

Aquí también agregamos funcionalidades típicas de las herramientas SIG que permiten un manejo apropiado de la cartografía, tal es el caso de:

- *“Full Extend”*: Nos permite tener una vista total del mapa en función al layer con mayor frontera, para esto utilizamos la siguiente sentencia  
*Me.MapControl2.Extent = Me.MapControl2.FullExtent*
- *“Zoom”*: Nos permite acercarse a un área trazada por el mouse.  
*Me.MapControl2.Extent = Me.MapControl2.TrackRectangle*
- *“Pan”*: Función que permite cambiar la vista del área del trabajo sin modificar su escala.  
*Me.MapControl2.Pan*

Dentro de algunas temáticas tales como áreas mineras, suelos, mapas poblacionales, mapa de infraestructura, servicios, educación, mapa geológico, geomorfológico, y turismo; proporcionamos al usuario la opción de acercarse a un determinado punto que corresponderá a una capa de información en particular, la misma que de antemano debe estar cargada en el objeto MapControl. Para este propósito adicionamos un objeto combobox que de forma estática se encuentra llenado con los nombres de los puntos a los cuales se puede acercarse dependiendo del tema en el que se encuentre. Este objetivo se lleva a cabo gracias a un filtrado de la tabla de atributos del layer correspondiente, que se realiza mediante una consulta ya sea por su código, nombre, descripción, etc.

Dentro de esta personalización se considera también a los datos referentes a la infraestructura y servicios como a los datos poblacionales, los mismos que se encuentran como tablas formando parte de una base de datos en *Access 2007* y que fueron importadas desde su correspondiente en formato dbf; proceso que fue fundamental realizarlo para permitir al usuario que modifique los valores correspondientes a cualquier campo dentro de la tabla y que estos cambios se noten dentro del mapa visualizado en el objeto MapControl, control que forma nuestra área de trabajo.

Para esto, dentro de la misma base de datos se creó un formulario para cada tabla, lo cual se logra al escoger la opción Crear > Formulario dentro del menú principal de Access, es fundamental que antes se esté posicionado en la tabla correspondiente. Al concluir este proceso, se nos visualizará un formulario cuyas etiquetas se pueden modificar de acuerdo a nuestras exigencias. Posteriormente se crearon dos macros que permitirán llamar a cada formulario existente en la base; para este propósito se trasladó al menú Crear > Macros > Macros donde en la acción escogemos “abrir formulario” e indicamos el nombre del formulario que se abrirá al ejecutarlo (Figura 35).

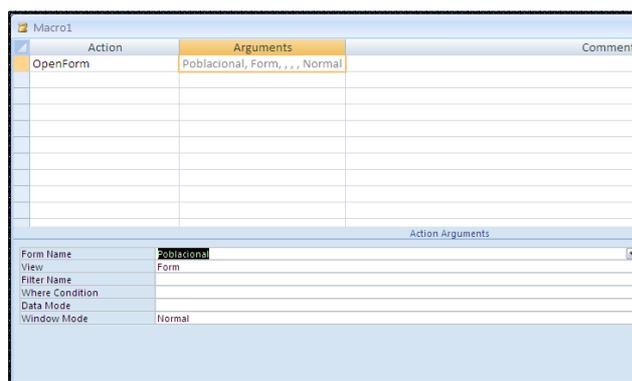


Figura 35: Ventana de Creación de un macro desde Access 2007

Estos macros posteriormente serán llamados desde el entorno de Visual Basic para que el usuario lo pueda abrir con facilidad, para lo cual utilizamos la siguiente instrucción dentro de un objeto *button* en el formulario correspondiente.

```
Call Shell("C:\Archivos de Programa\Microsoft Office\OFFICE12\MSACCESS.EXE C:\PRJ_CUSHAPUCUS\TABLAS\BD.mdb /EXCL /X MacroPoblacion")
```

Donde “C:\Archivos de Programa\Microsoft Office\OFFICE12\MSACCESS.EXE” nos proporciona la ruta del archivo ejecutable de Microsoft Access, “C:\PRJ\_CUSHAPUCUS\TABLAS\BD.mdb” corresponde a la ruta de la base de datos donde se encuentra el macro a ejecutar y “MacroPoblacion” es el nombre del macro.

Toda la información disponible será manejada desde una página principal en donde contamos con información importante referente a la cartografía empleada y con un menú presentado en un control *TreeView* con una estructura de árbol que contiene los mapas disponibles y el cual se encuentra clasificado de acuerdo a los aspectos mencionados en los Términos de Referencia para la Contratación del Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk.

## 5.4 Manual de Usuario

El programa de personalización de la información, se ejecutará a partir del archivo denominado Administracion.mxd, el mismo que al abrirlo se nos presentara baja la estructura de ArcMap ya que es un archivo generado por esta herramienta; dentro de este entorno nos ubicamos en el menú principal, en la pestaña de Tools escogemos Macros > Visual Basic Editor, tal como se muestra en la Figura 36 o simplemente presionando Alt + F11.

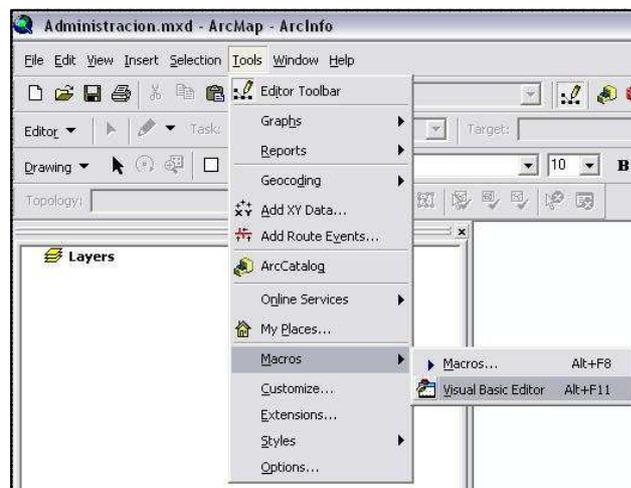


Figura 36: Menú para entrar al macro de Visual Basic

Al seguir la secuencia representada en la grafica anterior, nos encontramos frente al entorno de trabajo del software desarrollado, sección que se utiliza para la codificación, pero que no debe ser modificado por un usuario principiante, ya que alterara el óptimo funcionamiento del mismo.

**Ejecución del sistema:** Para correr el macro, se lo puede hacer de varias maneras:

- Presionando F5 directamente desde el entorno de trabajo presentado
- Dando un click en *Run Sub/UserForm* 
- Dirigiéndose al menú principal y bajo la opción Run escogemos *Run Sub/UserForm*, tal como se visualiza en la Figura 37.

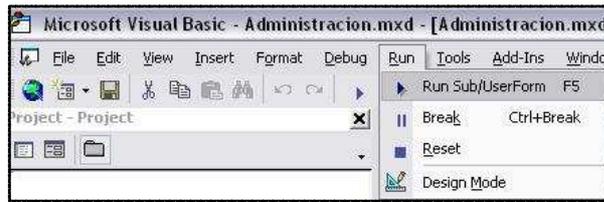


Figura 37: Menú de ejecución del macro

**Portada:** Ya ejecutado el sistema, se nos presentará la portada desde la cual podemos manejar todos los mapas disponibles Ver Figura 38

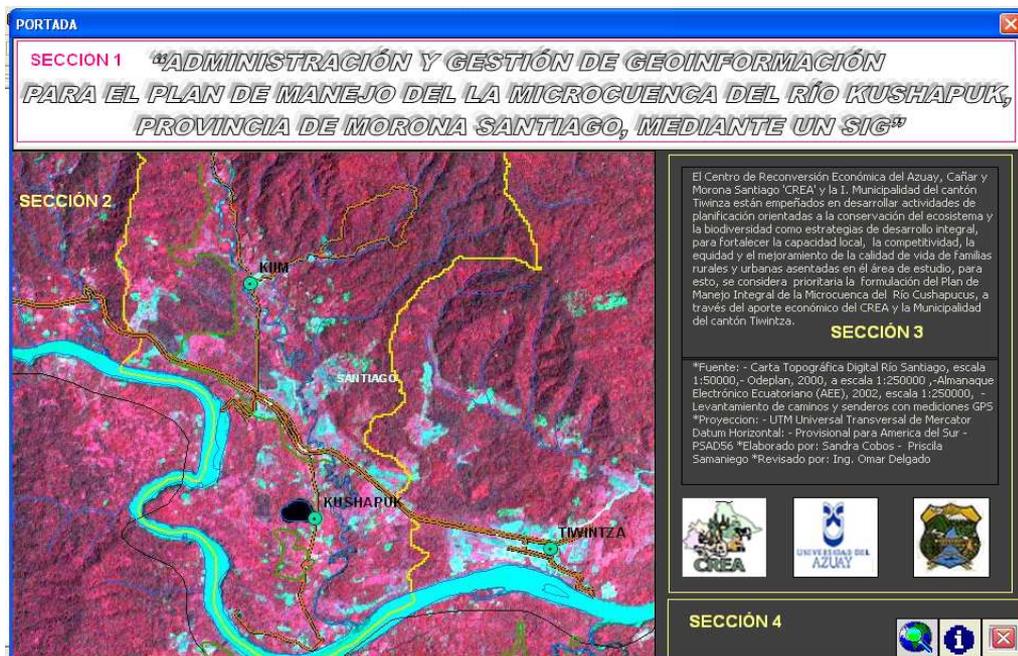


Figura 38: Portada de la interfaz personalizada en Visual Basic

- Sección 1: Título del Proyecto
- Sección 2: Imagen satelital ASTER de la microcuenca del Río Kushapuk, enfocada a la mitad inferior donde podemos visualizar los centros poblados de Kiim y Kushapuk, el contorno de la microcuenca; y los senderos y caminos levantados mediante GPS.
- Sección 3: Apartado para visualizar la información dependiendo de las opciones disponibles. En primer lugar tenemos datos relacionados a las 3 organizaciones que forman parte de este proyecto como son la UDA, el CREA y la I. Municipalidad de Tiwintza, para visualizarlo, debemos dar un *click* en los logotipos correspondientes. Ver Figura 39



Figura 39: Logotipos de las organizaciones participantes del proyecto

- Sección 4: Aquí se presentan los iconos que nos permitirán manejar el programa, donde contamos con:



- Al hacer *click* sobre este ícono, se nos desplegará en la sección 3 todos los mapas disponibles y organizados por temáticas en una estructura de árbol, al hacer *click* sobre el mapa correspondiente, se nos visualizará la información temática requerida. Ver Figura 40

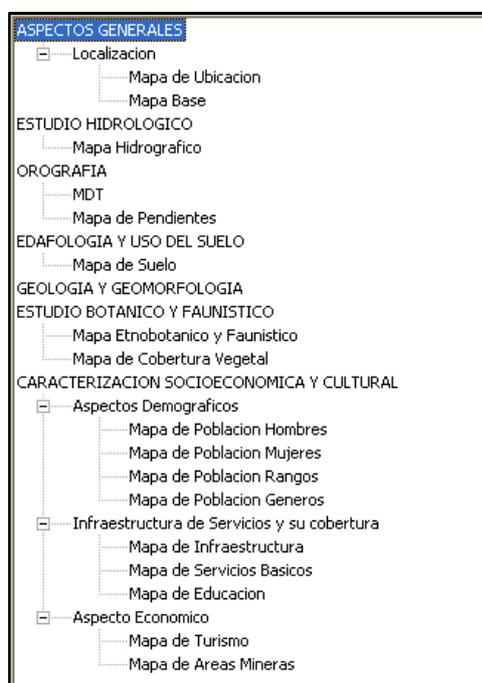


Figura 40: Menú de presentación de los mapas en estructura de árbol

-  Ícono que nos permite visualizar la información relacionada a los mapas, como la fuente, escala y proyección.
-  Ícono que nos permite salir del sistema

**Ventana de información temática:** Al hacer *click* en el menú de mapas presentado en la portada, se nos desplegará una ventana en donde podemos manejar la información requerida de acuerdo a capas, aplicando sobre ellas algunas funciones propias de ArcMap. A continuación las secciones que contiene esta ventana.

**Menú:** Nos permite escoger la capa de información geográfica que queremos visualizar, proporcionándonos como opciones, solo aquellos layers que forman parte de la temática escogida. Para prender o apagar estos niveles, se necesita señalar o quitar la señalización de los *checkbox* presentados a la izquierda de cada opción; tenemos también la posibilidad de visualizar el mapa completo solo con señalar el *check* correspondiente al padre, que en la figura 44 corresponde a “Servicios Básicos”



Figura 41: Estructura del menú de las capas de información a visualizar en un mapa

Como se puede observar en la figura anterior, al estar señalado el padre, automáticamente se señalan todos los hijos ya que se entiende que el objetivo es presentar todo el mapa, por lo que si se desea quitar del espacio de trabajo algún nivel de información, es necesario que el padre no esté señalado; de esta forma se

podrá prender y apagar capa opción de acuerdo a nuestros requerimientos siendo factible en cualquier momento habilitar el mapa completo nuevamente.

**Área de trabajo:** Cada capa de información o el mapa completo será visualizado dentro de una sección determinada que se constituye en nuestra área de trabajo ya que sobre ella se realizarán las distintas operaciones, este espacio presentara un *scroll* bar tanto horizontal y/o vertical en caso de necesitarlo por aumentos en el tamaño del mapa.

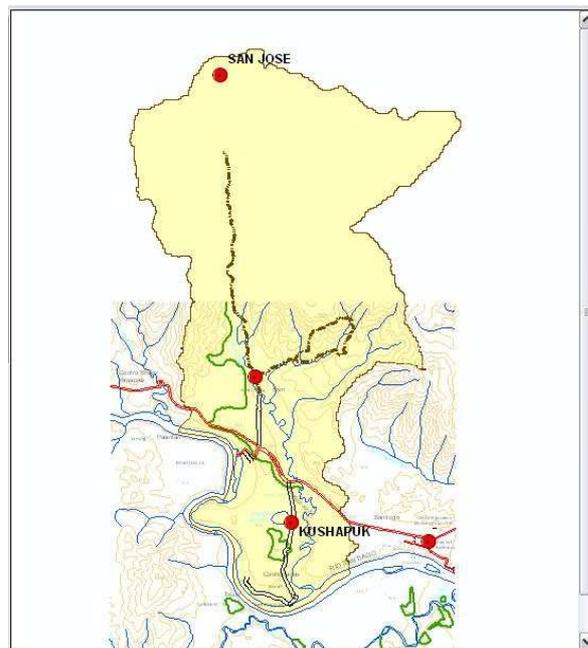


Figura 42: Sección correspondiente al área de trabajo

**Barra de Herramientas:** Dentro de la barra de herramientas tenemos varias opciones a realizar con la información presentada en el espacio de trabajo.

- **Tabla:**  Esta opción solo está disponible en los mapas poblacionales y en los referentes a los servicios básicos, educación e infraestructura ya que nos permite editar la información con un mayor índice de variabilidad. Al hacer un *click* sobre este ícono, se nos presentara un formulario de Access desde el cual podemos realizar la modificación correspondiente sobre cualquier campo, generando una actualización automática del mapa visualizado.

FrmInfraestructura

## Infraestructura

CODIGO:	<input type="text"/>	PUESTOS DE SALUD:	<input type="text" value="NO"/>
POBLADO:	<input type="text" value="KUSHAPUK"/>	CENTROS EDUCATIVOS:	<input type="text" value="SI"/>
ELECTRICIDAD:	<input type="text" value="SI"/>	COMEDOR ESCOLAR:	<input type="text" value="SI"/>
AGUA:	<input type="text" value="SI"/>	JARDIN DE INFANTES:	<input type="text" value="SI"/>
TELÉFONO:	<input type="text" value="NO"/>	CASA COMUNAL:	<input type="text" value="SI"/>
ALCANTARILLADO:	<input type="text" value="NO"/>	IGLESIA:	<input type="text" value="NO"/>
LETRINIZACIÓN:	<input type="text" value="SI"/>	PLANTA HIDROELÉCTRICA:	<input type="text" value="SI"/>
RECOLECCIÓN:	<input type="text" value="NO"/>	PLANTA DE AGUA:	<input type="text" value="SI"/>

Registro: 1 de 2 Sin filtro Buscar

Figura 43: Ventana de actualización de datos desde Access

- Vista completa:**  Esta herramienta nos permite tener una vista completa del mapa, en relación al tema con mayor frontera.
- Cambios de vista:**  Permite mover la vista que tenemos del mapa sin cambiar de escala.
- Acercamiento:**  Esta herramienta nos permite acercarnos a un área determinada del mapa, la misma que deberá ser dibujada previamente con el ratón.
- Información:**  Esta herramienta nos permite visualizar información adicional y relevante para la comprensión del mapa en un formato pdf.
- Salir:**  Ícono que al hacer *click* sobre él, nos permite cerrar la pantalla correspondiente al mapa señalado, regresándonos a la portada y por tanto al menú principal.

**Acercamiento a un punto específico del mapa:** Dependiendo de la temática deseada, encontraremos la posibilidad de acercarnos a un área específica del mapa. Para esta labor, disponemos de un *combobox* en el cual se despliegan los sectores que se pueden acercar, solo basta con escoger la opción requerida, que inmediatamente experimentaremos en nuestra área de trabajo un enfoque a dicho punto.

**Leyenda:** Dentro del formulario encontraremos la leyenda y simbología correspondiente al tema seleccionado en el menú principal, esta sección corresponde a la descripción de cada símbolo utilizado en las diferentes capas de información y ayudará a la lectura del mapa.



Figura 44: Leyenda correspondiente al mapa señalado

**Ubicación de la microcuencia:** Dentro de todas las temáticas tratadas en este aplicativo, visualizaremos los mapas de ubicación de la microcuencia ya que forman parte de la plantilla, estos 3 mapas tienen su propio espacio dentro del formulario correspondiente al mapa de ubicación.

## CONCLUSIONES

- La información recuperada y generada plasmada generalmente en cartografía, es el componente más importante dentro de cualquier estudio geográfico, debiendo ser cuidadosamente tratada, gestionada y administrada. Es así que en la actualidad y utilizando los múltiples sistemas de información geográficos disponibles en el mercado se puede contar con cartografía en formato digital, que facilita el trabajo manual a realizar por el hombre; siendo posible además, automatizar y controlar el conjunto de datos disponibles, para evitar errores propios del ser humano, ayudándonos en la generación de resultados precisos y en un tiempo menor que si se estuviera utilizando procedimientos analógicos y rudimentarios.
- El sistema global de posicionamiento con su receptor de tipo navegador, contribuyó dentro de nuestro proyecto en el levantamiento de puntos de áreas mineras, sitios turístico, muestras de suelo, muestras de vegetación y en los trazados de caminos y senderos; convirtiéndose en una de nuestras principales fuentes de información ya que nos proporciona mayor precisión y detalle en los datos resultantes a una escala 1:10000.
- La información discriminada de la carta topográfica del Río Santiago como vías, vías tratadas, vegetación, topografía e hidrografía, proyectadas en coordenadas esféricas WGS84, fueron transferidas a un receptor GPS para que apoye en el levantamiento de coordenadas de los diferentes puntos y trazados de interés, realizados por un grupo de expertos que trabajaron en terreno.
- Mediante la evaluación y validación de los datos geográficos, se ha podido determinar que la carta topografía del Río Santiago a escala 1:50000, una de las principales fuentes de información, nos proporciona datos únicamente de la parte inferior de la microcuenca, que aproximadamente es la mitad de la superficie total, siendo necesario realizar un proceso de fotorestitución para

cubrir la parte restante. Como consecuencia de esto, el aspecto hidrográfico del área de estudio se encuentra incompleto, por lo que fue preciso utilizar datos menos detallados provenientes del AEE para que nos proporcione una idea general de la información hidrográfica al norte de la zona; sin embargo los aspectos de minería, turismo, etnobotánica y suelos están completos, debido a que los puntos levantados mediante GPS utilizados para estos temas, fueron suficientes.

- La organización en directorios de la información geográfica correspondiente a la microcuenca del Río Kushapuk, ha sido probada en investigaciones y trabajos anteriores realizados en la Universidad del Azuay, tal es el caso del proyecto de la cuenca del Río Paute (CRP\_SAM56\_V3,2008), donde se cuenta con una clasificación en base al formato del archivo y a la temática que aborda la cartografía; la misma que en el presente proyecto nos ha proporcionado un manejo intuitivo y fácil de los datos durante su gestión y administración en ArcGis.
- Toda la cartografía construida para el Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk cuenta con metadatos registrados bajo el formato propuesto por *Federal Geographic Data Committee* (FGDC), los cuales sumados a un correcto estándar en la nomenclatura de los archivos, permiten identificar y tener una vista detallada de la información disponible, pudiendo consultar aspectos referentes a la descripción del ítem, escala, proyección, fuente, palabras claves, proceso de construcción, autores, contactos y más aspectos relevantes indispensables para contar con un buen catálogo de datos geográficos.
- Para una mejor gestión y administración de la información se han generado 2 geodatabases en el sistema de coordenadas UTM, una para la cartografía en PSAD56 y la otra para aquella en WGS84; cada base de datos geográfica cuenta con 12 *features dataset* que corresponden a los temas abordados dentro del presente estudio y que abarcan clases en diferentes geometrías pero dentro del mismo contexto.

- La geoinformación obtenida y generada en el presente estudio ha servido para la elaboración de 22 mapas temáticos que representan la caracterización territorial de la zona de interés y que servirán de base para la zonificación y el Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk, utilizando para esto la cartografía proyectada en PSAD56 ya que es el formato oficial en nuestro país. Dentro de los mapas disponibles, encontramos aquellos correspondientes al aspecto físico del suelo y al clima que desafortunadamente para su construcción no contamos con información específica para la microcuenca, por lo que se utilizó aquella proporcionada por el AEE a escala 1:1000000 y por el ODEPLAN a escala 1:250000 respectivamente, ambas pertenecientes al año 2002 y que nos brindan tan solo información general de la estructura y forma del suelo como de la temperatura y precipitaciones del lugar.
- La interfaz de personalización para la geoinformación nos proporciona un medio fácil e intuitivo para administrar y gestionar los datos geográficos en términos básicos, ya que no cuenta con todas las herramientas disponibles dentro de un SIG; sin embargo, brinda al usuario no familiarizado en el manejo de sistemas de información geográficos, una opción de manipular los mapas y analizar cada capa de acuerdo a sus requerimientos, para lo cual dispone básicamente de un manual de usuario que le guiará durante todo este proceso. La aplicación generada desde Visual Basic permite también la actualización de información con mayor índice de variabilidad como son los servicios básicos, infraestructura y datos demográficos de las comunidades de Kiim y Kushapuk que serán directamente visualizados en los mapas correspondientes, sin requerir de un experto para realizarlo.

## RECOMENDACIONES

- Es preciso realizar actualizaciones de la geoinformación existente hasta el momento, así como la recopilación de datos dentro de otras temáticas no abarcadas en el presente estudio tales como vivienda, ecología, biodiversidad en fauna, aptitudes agrícolas, nacionalidades indígenas, migración, población económicamente activa y conflictos de uso del suelo; de forma que los resultados aquí planteados no se queden obsoletos sino más bien se conviertan en un firme punto de partida para futuros estudios que estén de acuerdo a la realidad en ese momento.
- Es necesario recolectar información detallada en relación a la geología y geomorfología de la microcuenca ya que los mapas correspondientes a esta temática, requieren de datos más específicos para obtener resultados con un mayor grado de precisión, a pesar que con los que se posee en la actualidad si tenemos información general del suelo y su relieve. De la misma manera, la cartografía de isoyetas e isotermas necesita ser construida a partir de información tomada de una fuente mucho más cercana a la estación meteorológica de Santiago utilizada para este estudio, recomendándose de ser posible, la captura de la variabilidad de los eventos meteorológicos como temperatura, precipitación, vientos, etc., desde un sitio dentro de la microcuenca.
- Se recomienda la construcción de topologías sobre las geodatabases creadas, de forma que se controle y valide el comportamiento y la representación correcta de la realidad en la cartografía; para que de esta forma se cumpla con aquellas reglas existentes entre los objetos geográficos que otorgan sentido y personalidad a las geometrías presentes en los archivos digitales.
- En caso de que la interfaz de personalización de los resultados obtenidos en el presente estudio no brinde las facilidades requeridas por el personal encargado de su manejo, este sistema deberá estar sujeto a las modificaciones necesarias de forma que satisfaga todos sus requerimientos y cumpla con el

objetivo de difundir, transmitir e informar a las comunidades involucradas sobre los recursos naturales que poseen y su responsabilidad dentro del manejo y la conservación de los mismos.

- Los datos geográficos obtenidos a lo largo del presente proyecto deberán ser difundidos entre las diferentes organizaciones interesadas en los recursos naturales de la zona y su óptimo manejo siempre y cuando se respete los derechos de autor. Además, están destinados a ser estudiados minuciosamente por un grupo de expertos en las respectivas áreas de forma que aporten positivamente en el desarrollo del Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Kushapuk.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abrams, M., & Hook, S. (s.f.). *ASTER User Handbook*. California, Estados Unidos de America.
- Almanaque Electronico Ecuatoriano (AEE). (2002). *Sistemas de Informacion Geografica para Aplicaciones Agropecuarias en el Ordenamiento de Territorios y Manejo Integral de Cuencas*. Fundacion Jatun Sacha, CDC - Ecuador, Escuela Politecnica del Ejercito, CIMMYT, Mud Springs . Alianza Jatun Sacha/CDC - Ecuador.
- AstroMia. (s.f.). *AstroMia*. Obtenido de Astronomía Educativa. Tierra, Sistema Solar y Universo: <http://www.astromia.com/glosario/gps.htm>
- Delgado, O. (febrero de 2006). *Fundamentos Cartograficos*. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Delgado, O. I. (Febrero de 2006). *Sistemas Satelitales de Navegación Global*. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- efdeportes. (Marzo de 1998). *efdeportes*. Obtenido de Tecnología - Actividades de Aventura en la Naturaleza : <http://www.efdeportes.com/efd9/gps.htm>
- ESRI. (14 de Enero de 2008). Obtenido de ArcGis 9.2 Desktop Help: [http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=An\\_overview\\_of\\_the\\_Geodatabase](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=An_overview_of_the_Geodatabase)
- ESRI Chile S.A. (s.f.). *ESRI Chile Official Esri Distributor*. Obtenido de [http://www.esri-chile.com/biblioteca/Que\\_es\\_un\\_SIG.pdf](http://www.esri-chile.com/biblioteca/Que_es_un_SIG.pdf)
- ESRI España Grupo EP. (27 de Enero de 2004). *Documento Tecnico*. Obtenido de <http://www.esri-es.com/img/Topologia.pdf>
- Franco, A. R. (11 de Septiembre de 1999). Obtenido de [http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas\\_utm.html](http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas_utm.html)
- GeoTecnologias SA. (s.f.). Obtenido de Programa Capacity 21: <http://www.geotecnologias.com/Documentos/GIS.pdf>
- IERSE. (2009). *Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Rio Kushapuk*. Cuenca, Azuay.
- IERSE. (2009). *Plan de Manejo Integral de la Microcuenca del Rio Kushapuk*. Universidad del Azuay, IERSE, Cuenca.
- Ilustre Municipalidad de Cuenca. (2008). *Cuenca Digital*. Obtenido de [http://digital.cuenca.gov.ec/index.php?option=com\\_content&task=view&id=152&Itemid=78](http://digital.cuenca.gov.ec/index.php?option=com_content&task=view&id=152&Itemid=78)
- Instituto Geografico Agustin Codazzi. (2008). Obtenido de IGAC: [http://www.igac.gov.co:8080/igac\\_web/contenidos/plantilla\\_proyectos\\_eventos\\_memorias.jsp?idMenu=176](http://www.igac.gov.co:8080/igac_web/contenidos/plantilla_proyectos_eventos_memorias.jsp?idMenu=176)
- Leiva, C. A. (s.f.). Obtenido de [http://www.igm.gov.ec/cms/files/Param\\_Transf.pdf](http://www.igm.gov.ec/cms/files/Param_Transf.pdf)
- Marquetti, C., Marin, G., Kaku, M., Kohno, I., & Yokokawa, K. (05-10 de Abril de 2003). Obtenido de <http://marte.dpi.inpe.br/rep/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.20.23.08?languagebutton=pt-BR>
- Martinez, L. L. (Mayo de 2008). Obtenido de <http://ocw.um.es/ciencias/sistemas-de-informacion-geografica-aplicados-a-la/material-de-clase-1/sesion-14-postgis-y-geodatabases.pdf>

Moreno, A. (2001). *Proyecto Hidroelectrico Santiago, Diagnostico, Impacto Ambiental*. Morono Santiago.

Neil, D. (2007). *Flora de la Cordillera del Condor*.

Ochoa, P. (2006). *Tutorial de Prácticas ArcGis*. Cuenca.

Peña Llopis, J. (Diciembre de 2006). *Scielo*. (R. d. Grande, Ed.) Obtenido de Scielo: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34022006000200007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34022006000200007&script=sci_arttext)

Posada Toledo, N. (1999). *Tesis*. Obtenido de <http://mipagina.cantv.net/dolmary/Pagina/PaginasSIG/SistemasdelG.htm>

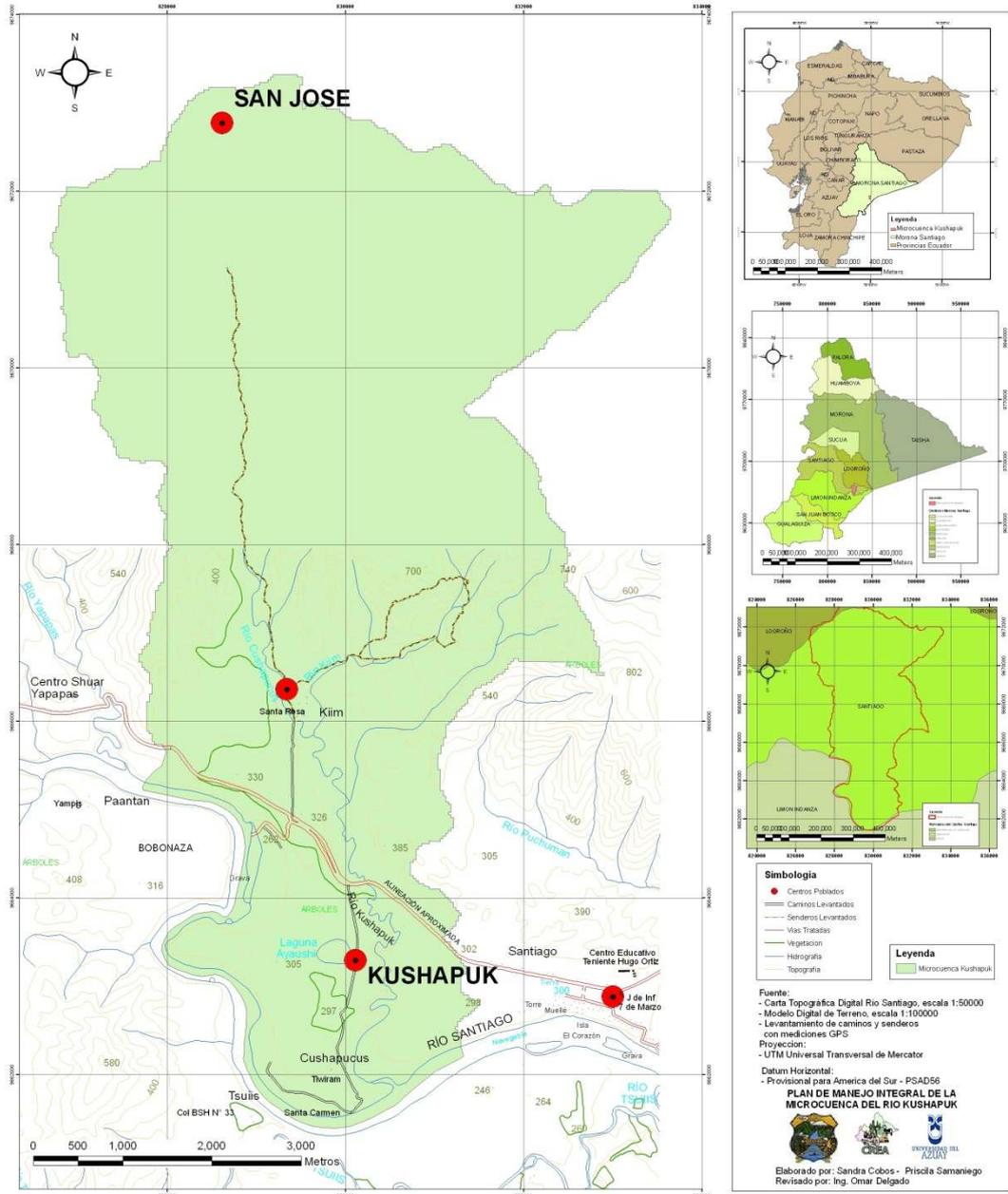
RAIG. (5 de Mayo de 2009). *Raig*. Obtenido de Raig. Astronomía, Meteorología, Óptica para profesionales y aficionados: <http://www.raig.com/cursoGPS.aspx?link=5>

Ramirez Romero, J. M. (2004). Obtenido de [http://74.125.93.104/search?q=cache:22iYSYeUNXsJ:www.cucsur.udg.mx/lservicios/SIG/Conceptos\\_basicos\\_SIG.doc+Tareas+de+un+SIG&cd=8&hl=es&ct=clnk&gl=ec](http://74.125.93.104/search?q=cache:22iYSYeUNXsJ:www.cucsur.udg.mx/lservicios/SIG/Conceptos_basicos_SIG.doc+Tareas+de+un+SIG&cd=8&hl=es&ct=clnk&gl=ec).

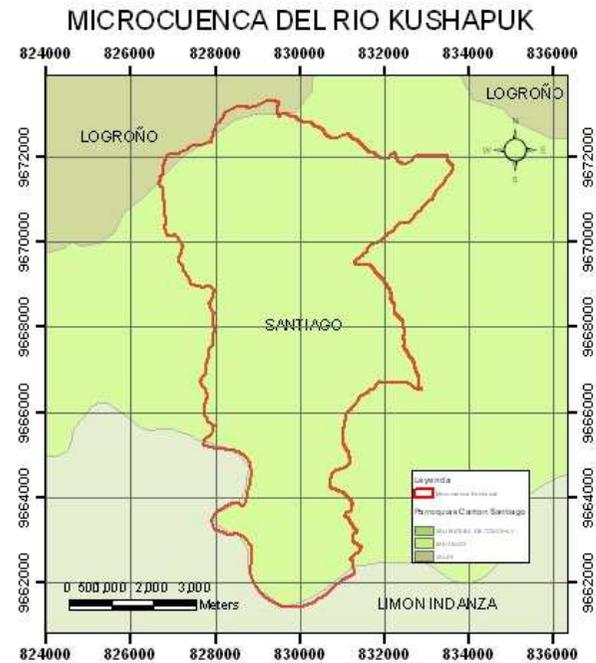
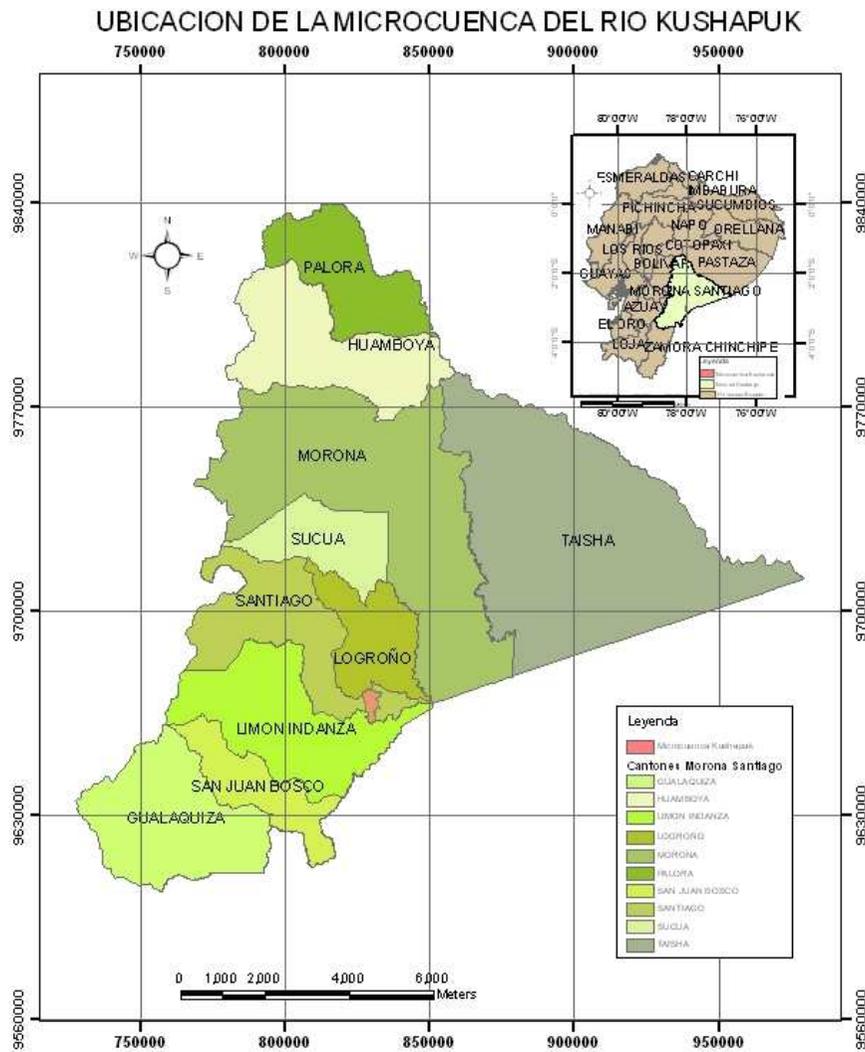
Space - Based Positioning Navigation & Timing (<http://pnt.gov/>). (s.f.). Obtenido de Gobierno USA: <http://www.gps.gov/systems/gps/spanish.html>

# Anexo Mapa Base

## Mapa Base de la Microcuenca del Río Kushapuk



## Anexo Mapa de Ubicación



Fuente:

- Odeplan, escala 1:250000
- Carta Topográfica Digital Río Santiago, escala 1:50000
- Modelo Digital de Terreno, escala 1:100000
- Levantamiento de caminos y senderos con mediciones GPS

Proyeccion:

- UTM Universal Transversal de Mercator
- Datum Horizontal
- Provisional para America del Sur - PSAD56

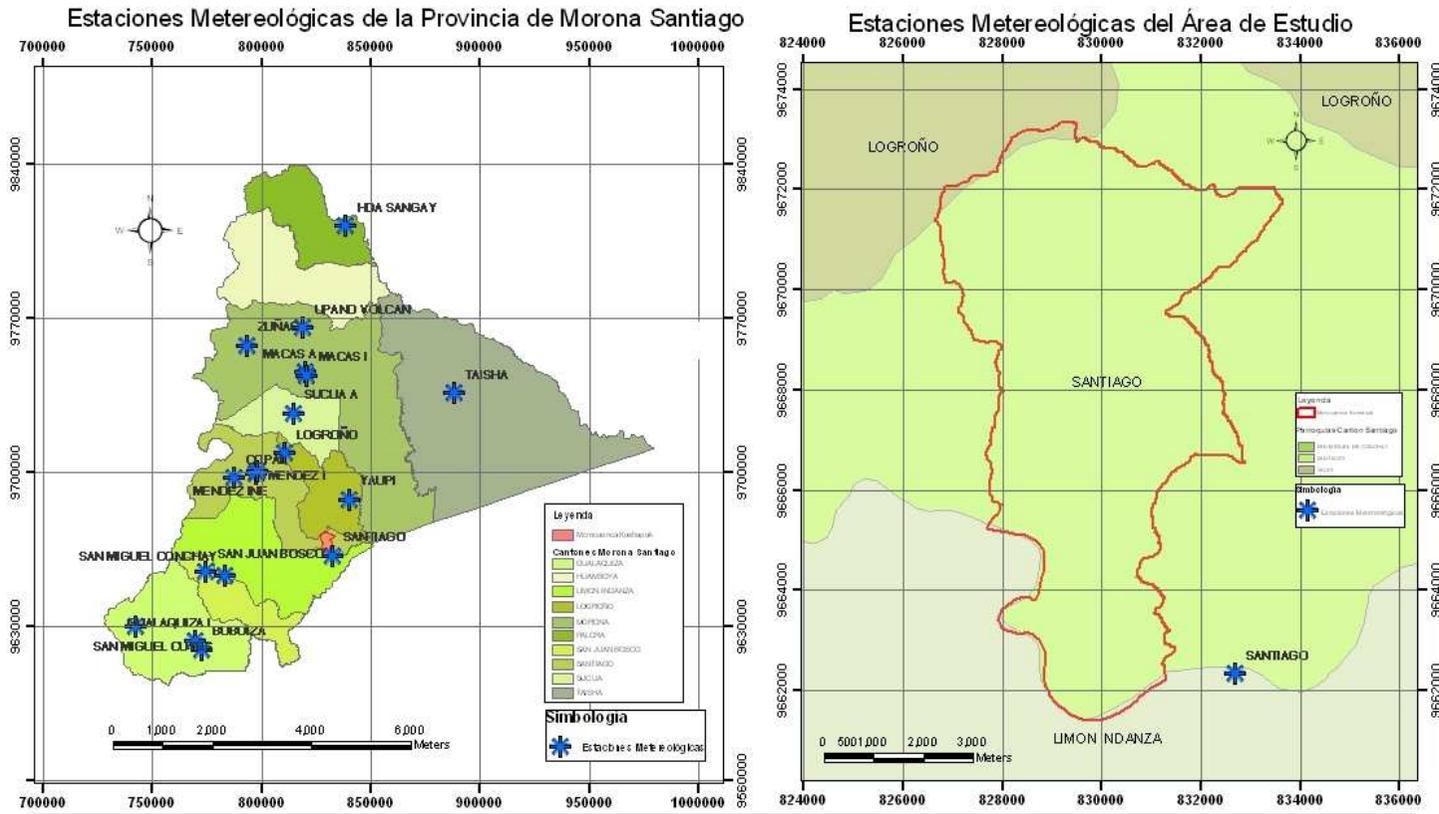
### PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RIO KUSHAPUK



Elaborado por: Sandra Cobos - Priscila Samaniego  
Revisado por: Ing. Omar Delgado



# Anexo Mapa de Estaciones Meteorológicas



Fuente:  
 - Odeplan, escala 1:250000  
 - Carta Topográfica Digital Río Santiago, escala 1:50000  
 - Modelo Digital de Terreno, escala 1:100000  
 - Levantamiento de caminos y senderos con mediciones GPS  
 Proyección:  
 - UTM Universal Transversal de Mercator

Datum Horizontal:  
 - Provisional para America del Sur - PSAD56

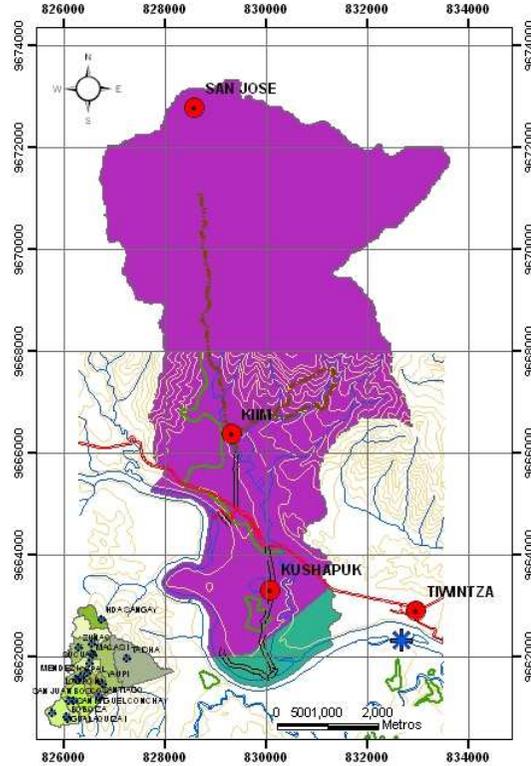
Elaborado por: Sandra Cobos - Priscila Samaniego  
 Revisado por: Ing. Omar Delgado

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO KUSHAPUK**

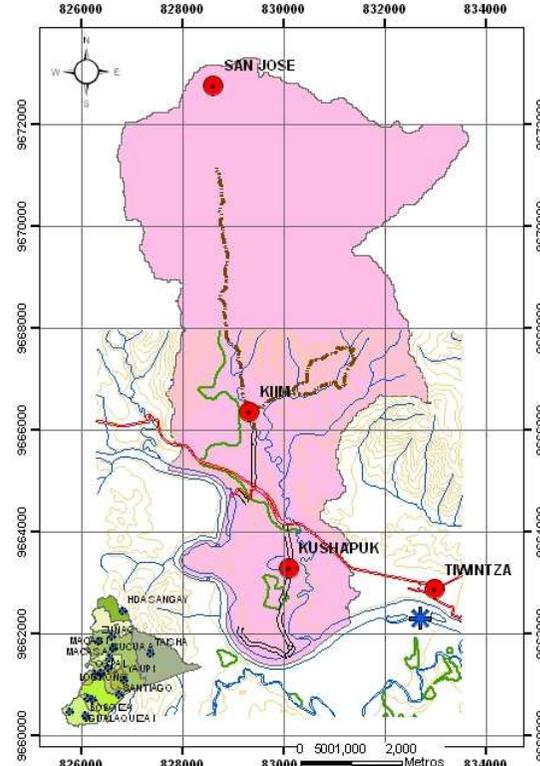


## Anexo Mapa de las Isoyetas e Isotermas

Mapa de Isotermas- Microcuenca del Río Kushapuk



Mapa de Isoyetas - Microcuenca del Río Kushapuk



Simbología	
<span style="color: red;">●</span>	Centros Poblados
<span style="color: blue;">✱</span>	Estadone: Estancia
<span style="color: blue;">—</span>	Caminos: Asfaltados
<span style="color: blue;">—</span>	Caminos: Levanitados
<span style="color: green;">—</span>	Uso: Trabajo
<span style="color: green;">—</span>	Uso: Pastoreo
<span style="color: green;">—</span>	Mitigación
<span style="color: green;">—</span>	Topografía

Isotermas	
<span style="color: green;">—</span>	14°C
<span style="color: red;">—</span>	16°C
<span style="color: purple;">—</span>	18°C

Isoyetas	
<span style="color: green;">—</span>	1000 mm
<span style="color: red;">—</span>	1200 mm
<span style="color: purple;">—</span>	1400 mm

- Fuente:
  - Carta Topográfica Digital Río Santiago, escala 1:50,000
  - ODEPLAN, escala 1:25,000
  - Levantamiento de caminos y senderos con mediciones GPS
- Proyección: UTM Universal Transversal de Mercator
- Datum Horizontal: Provisional para América del Sur-PSAD56

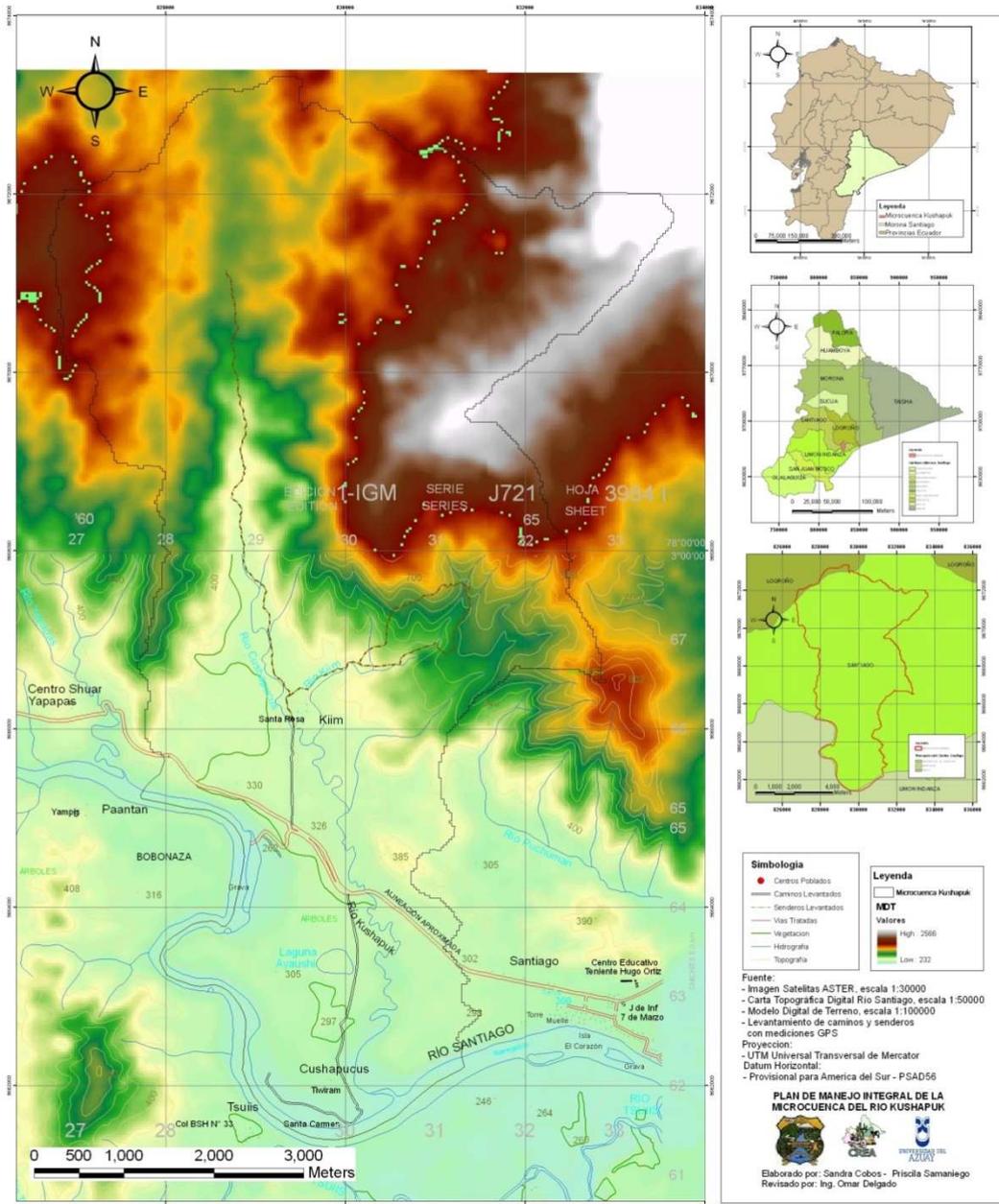
### PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO KUSHAPUK

Elaborado por: Sandra Cobos - Priscila Samaniego  
Revisado: Ing. Omar Delgado



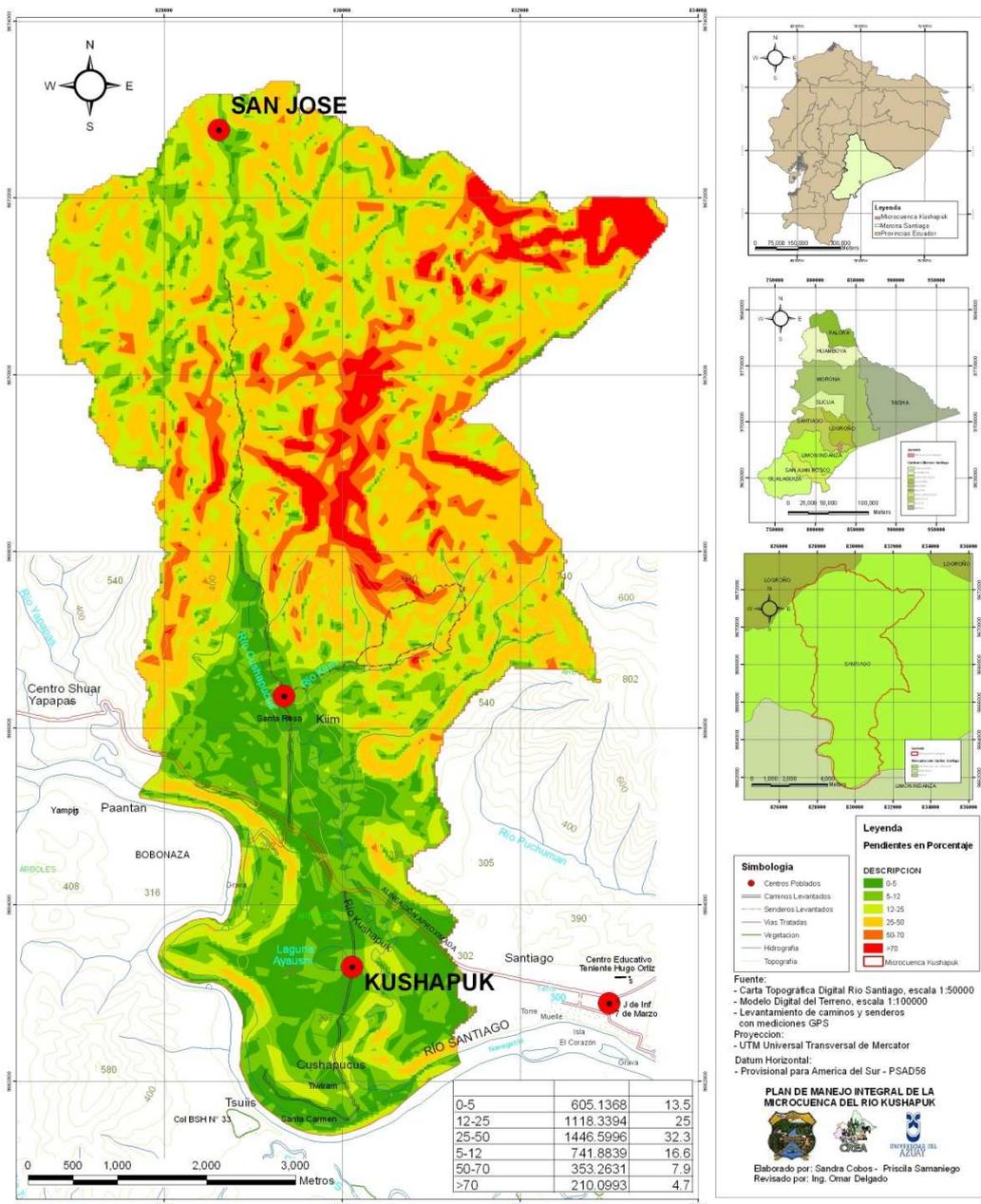
# Anexo Mapa del MDT

Mapa del Modelo Digital del Terreno de la Microcuenca del Kushapuk



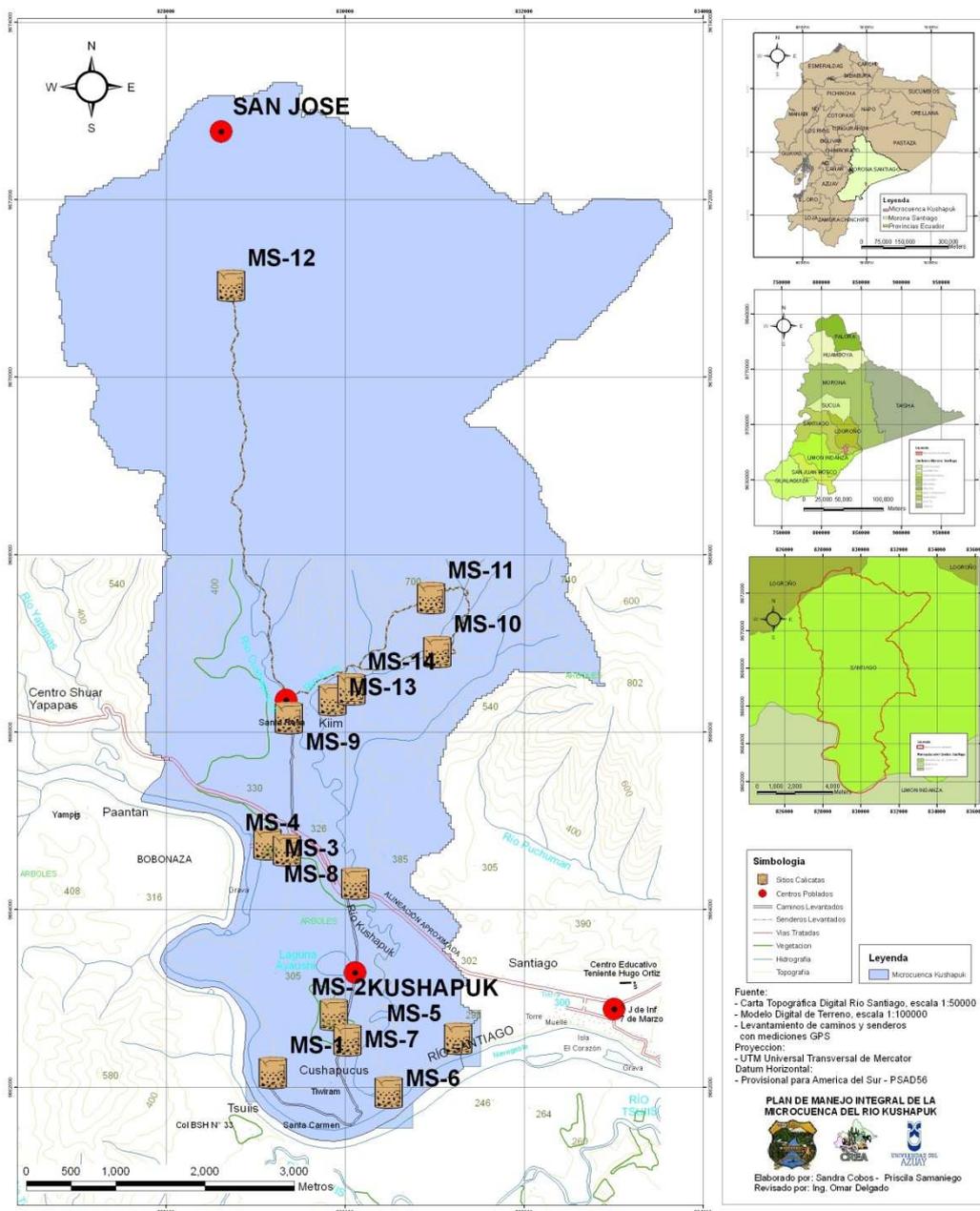
# Anexo Mapa de Pendientes

Pendientes en Porcentaje de la Microcuenca del Río Kushapuk



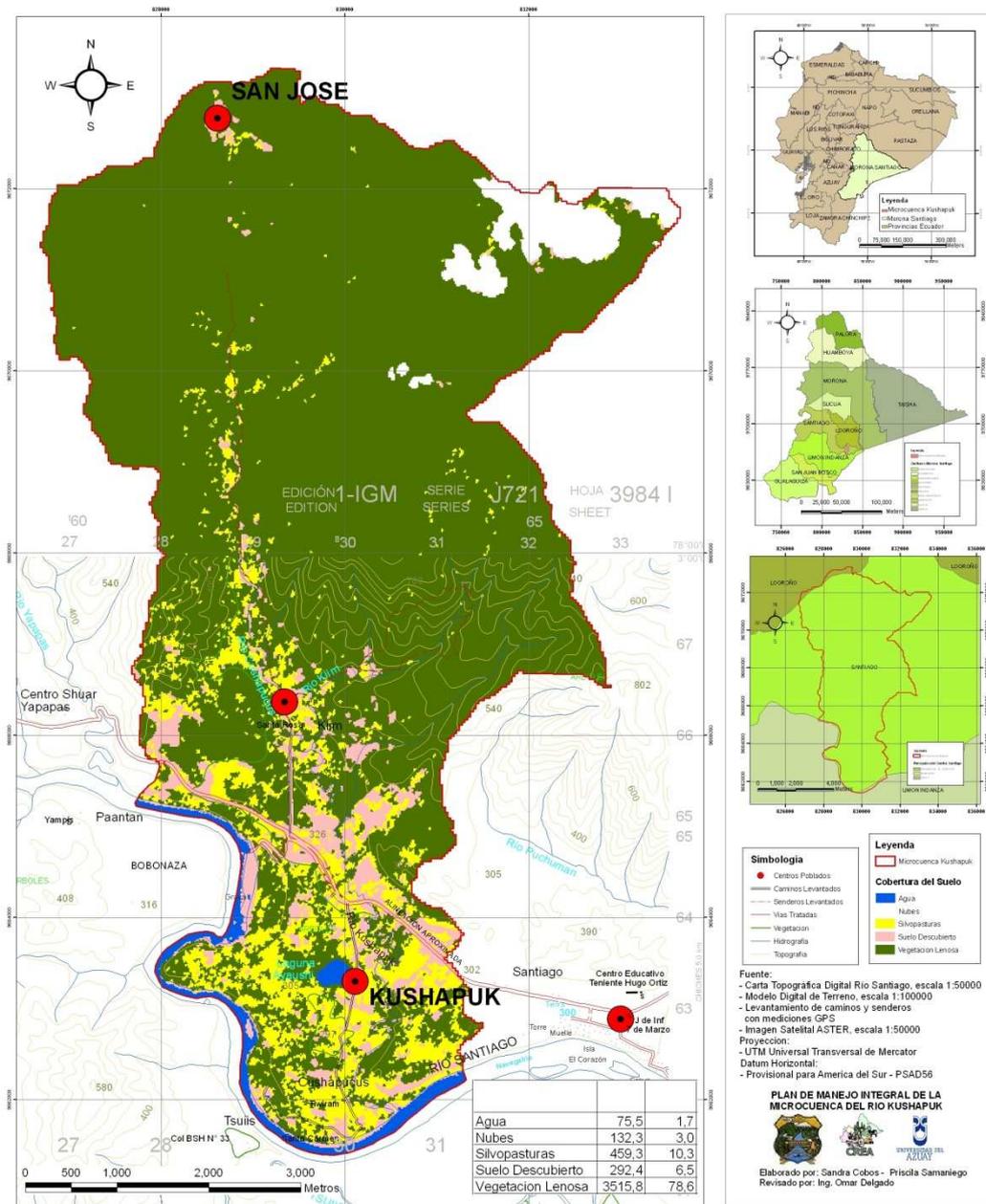
# Anexo Mapa de Suelos

Localización de Calicatas de Suelo en la Microcuenca del Río Kushapuk

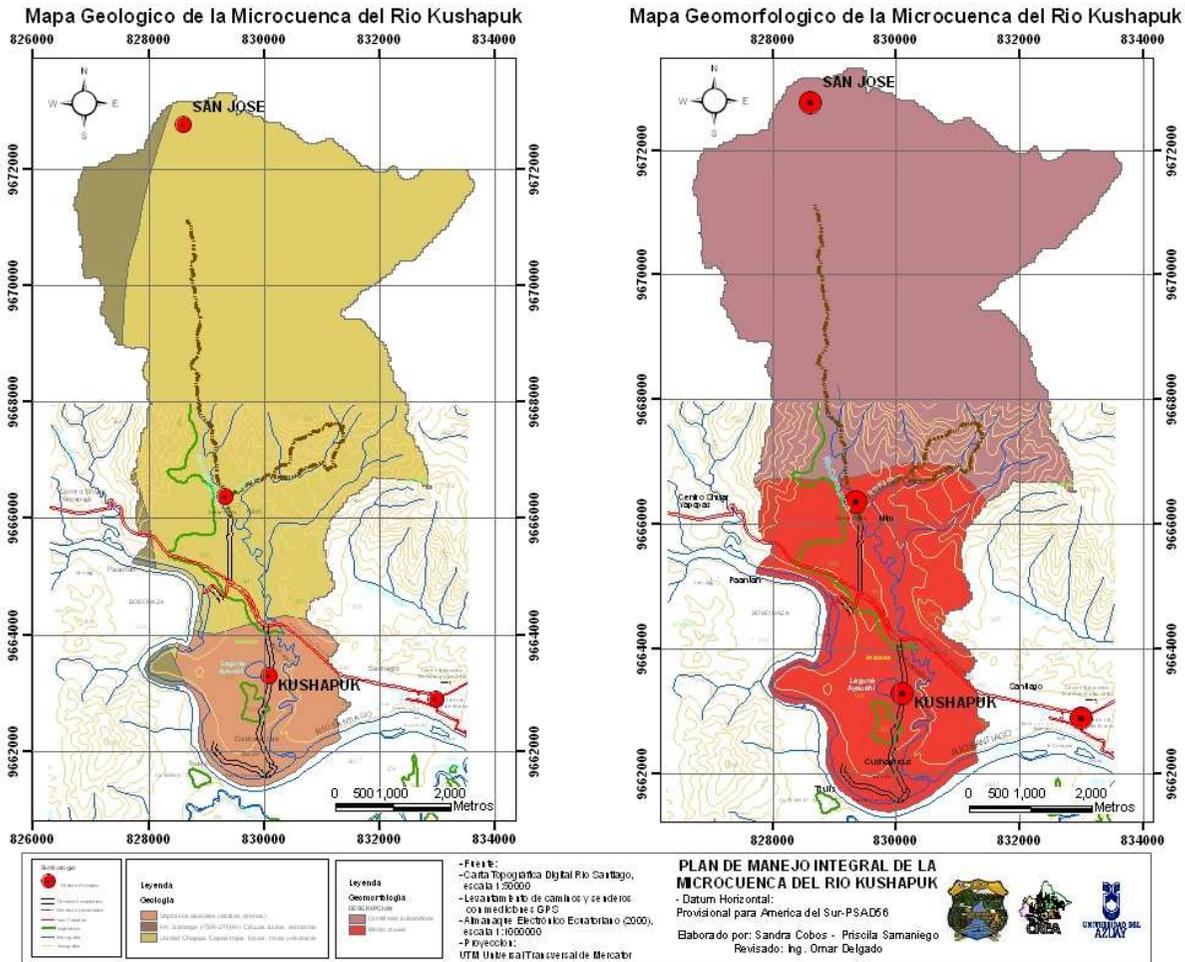


# Anexo Mapa de Cobertura Vegetal

## Cobertura del Suelo de la Microcuenca del Río Kushapuk

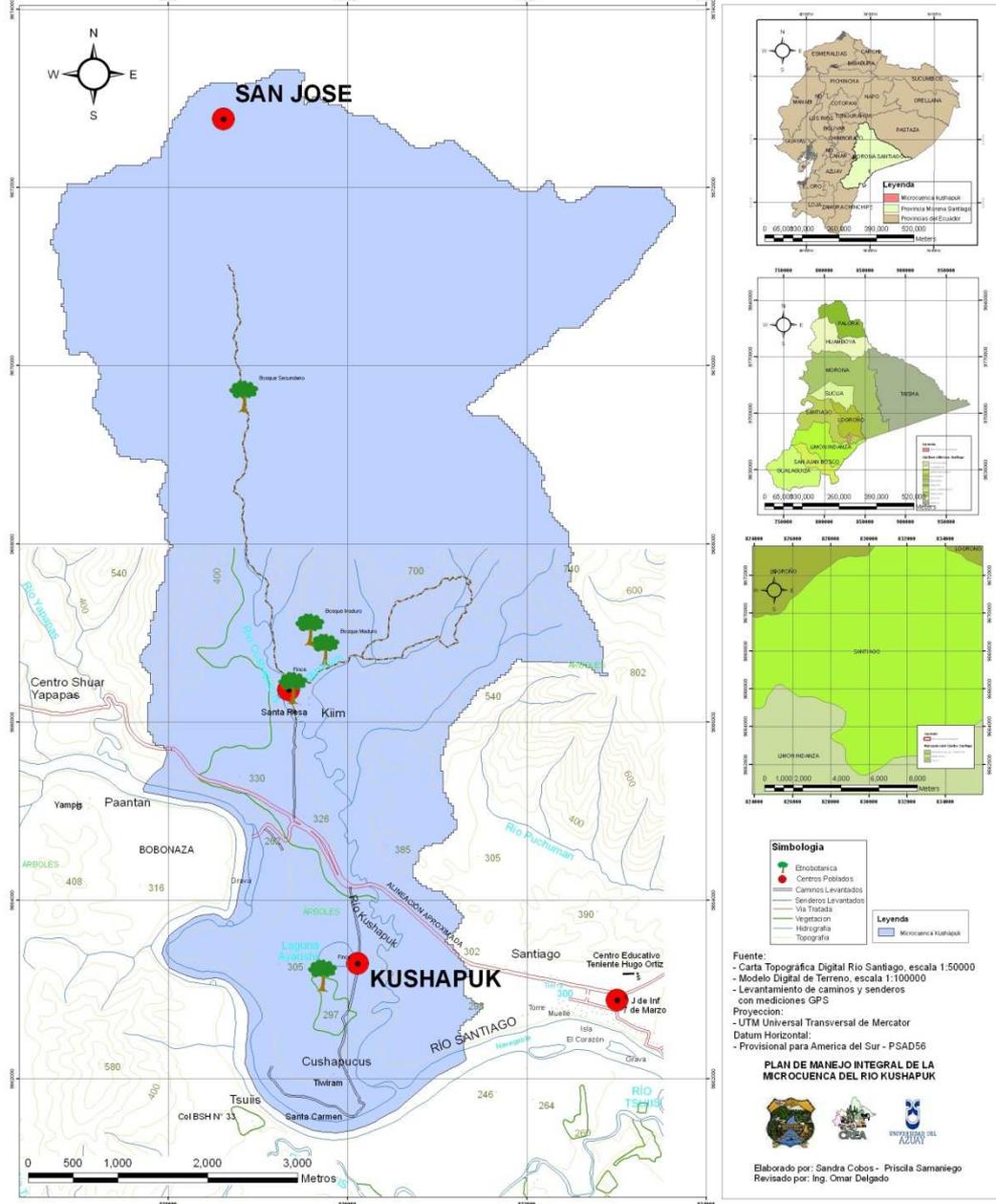


## Anexo Mapa Geológico y Geomorfológico



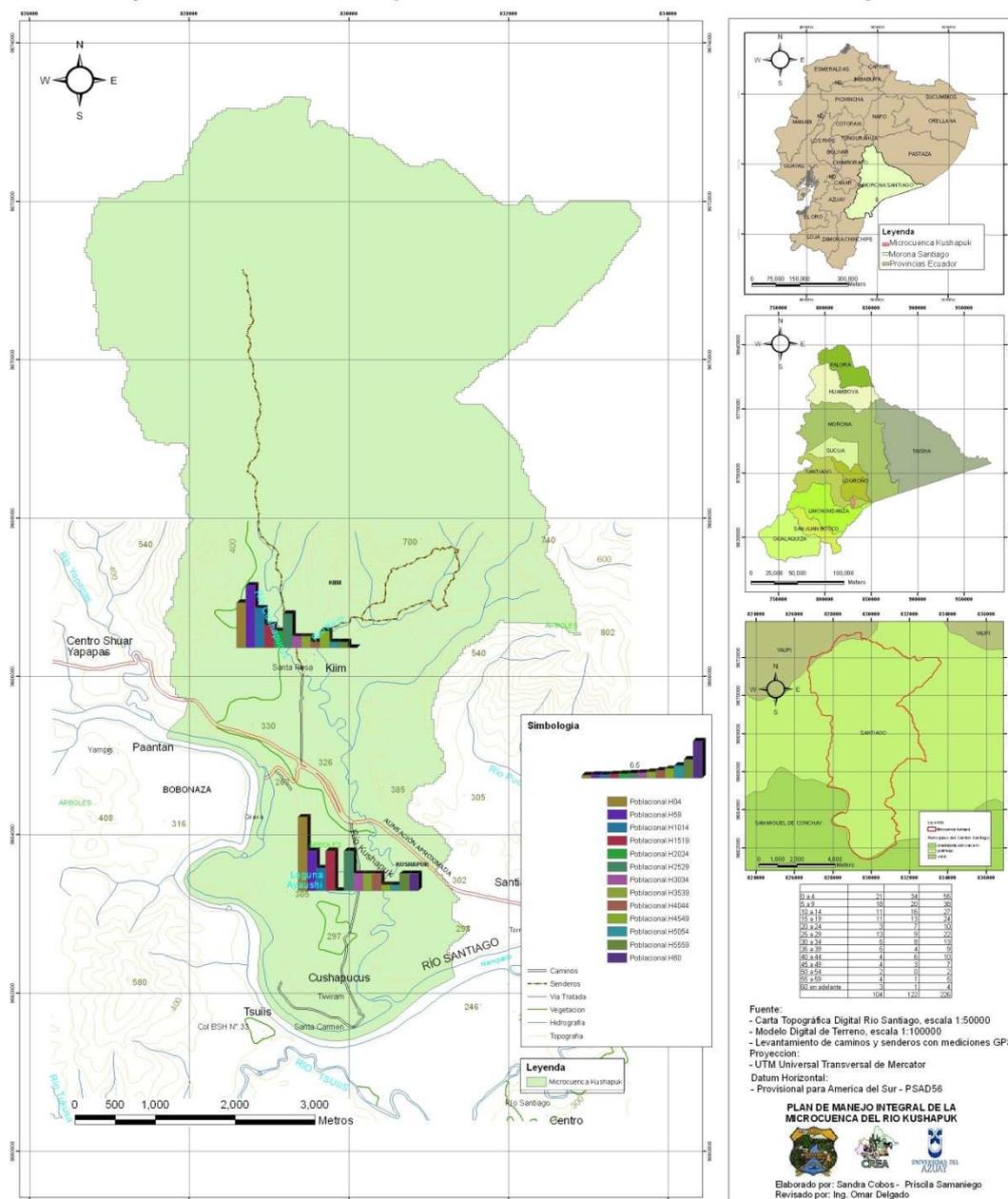
# Anexo Mapa Etnobotánica

Ubicación de Levantamiento Etnobotánico en la Microcuenca del Río Kushapuk



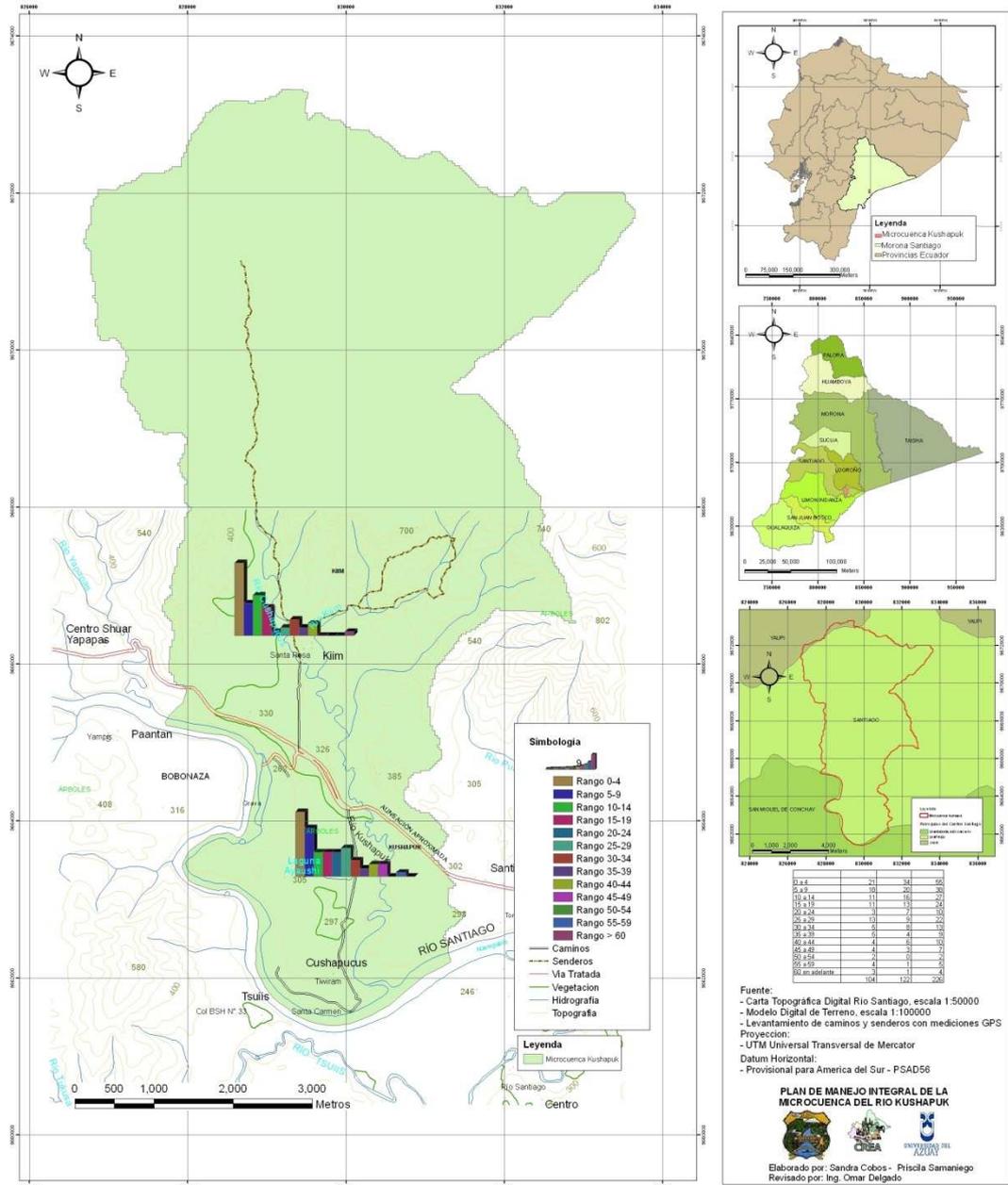
# Anexo Mapa de hombres por rango de edad

## Mapa Poblacional de Mujeres de la Microcuenca del Rio Kushapuk



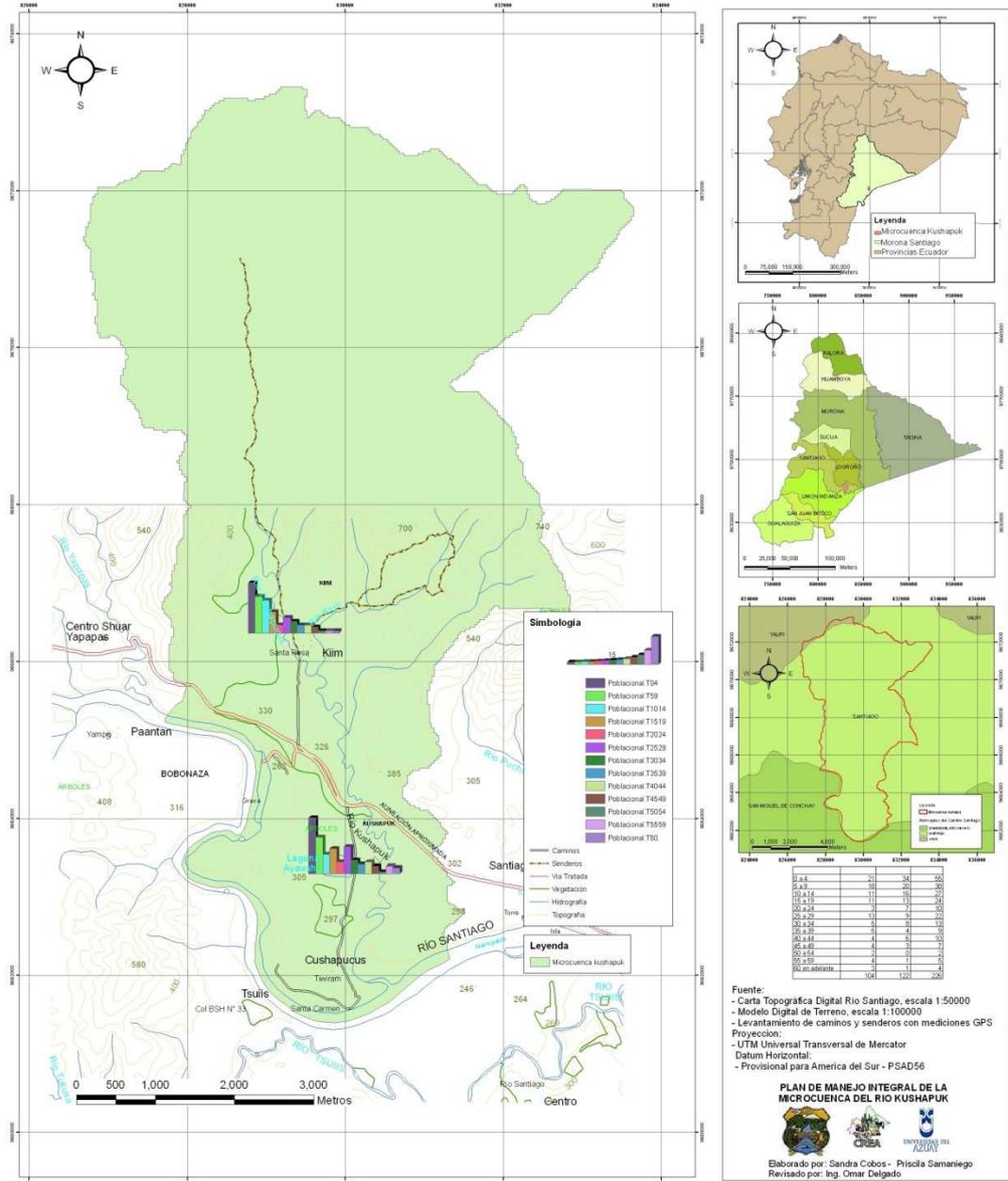
# Anexo Mapa de mujeres por rango de edad

## Mapa Poblacional de Mujeres de la Microcuenca del Rio Kushapuk



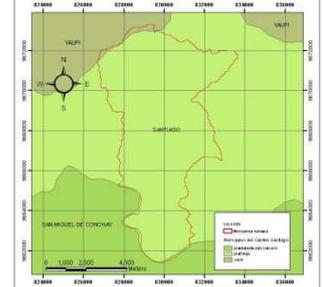
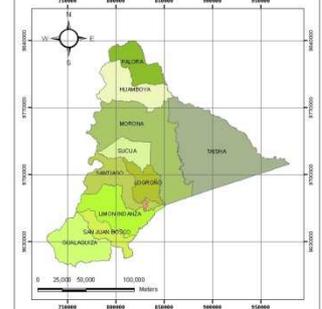
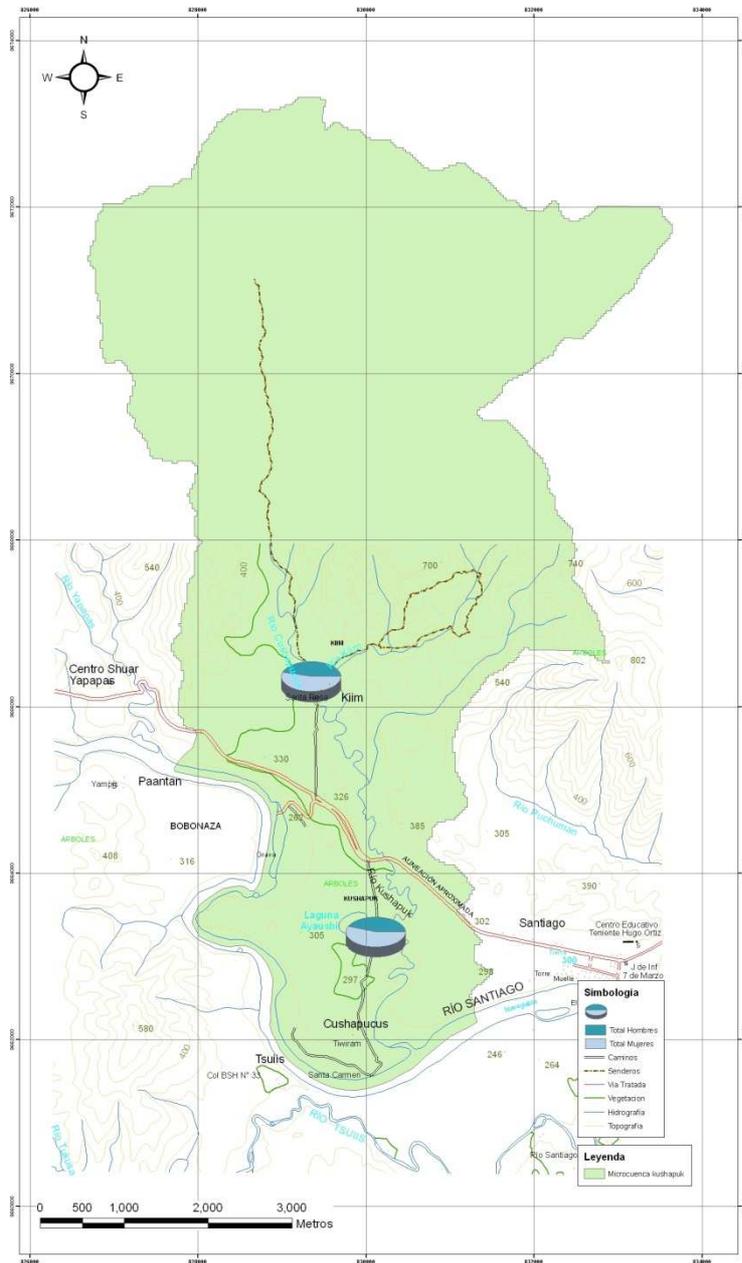
# Anexo Mapa de poblacional total rangos

## Mapa Poblacional por Rangos de Edad de la Microcuenca del Rio Kushapuk



# Anexo Mapa Poblacional Total Generos

## Mapa Poblacional - Hombres por Rangos de Edad



Edad	Hombres	Mujeres	Total
0 a 4	31	34	65
5 a 9	38	29	67
10 a 14	11	10	21
15 a 19	11	13	24
20 a 24	26	15	41
25 a 29	13	9	22
30 a 34	5	6	11
35 a 39	2	4	6
40 a 44	4	3	7
45 a 49	4	1	5
50 a 54	4	1	5
55 a 59	1	1	2
60 años y más	104	122	226

Fuente:  
 - Carta Topográfica Digital Rio Santiago, escala 1:50000  
 - Modelo Digital de Terreno, escala 1:100000  
 - Levantamiento de caminos y senderos con mediciones GPS  
 Proyección:  
 - UTM Universal Transversal de Mercator  
 Datum Horizontal:  
 - Provisional para America del Sur - PSAD56

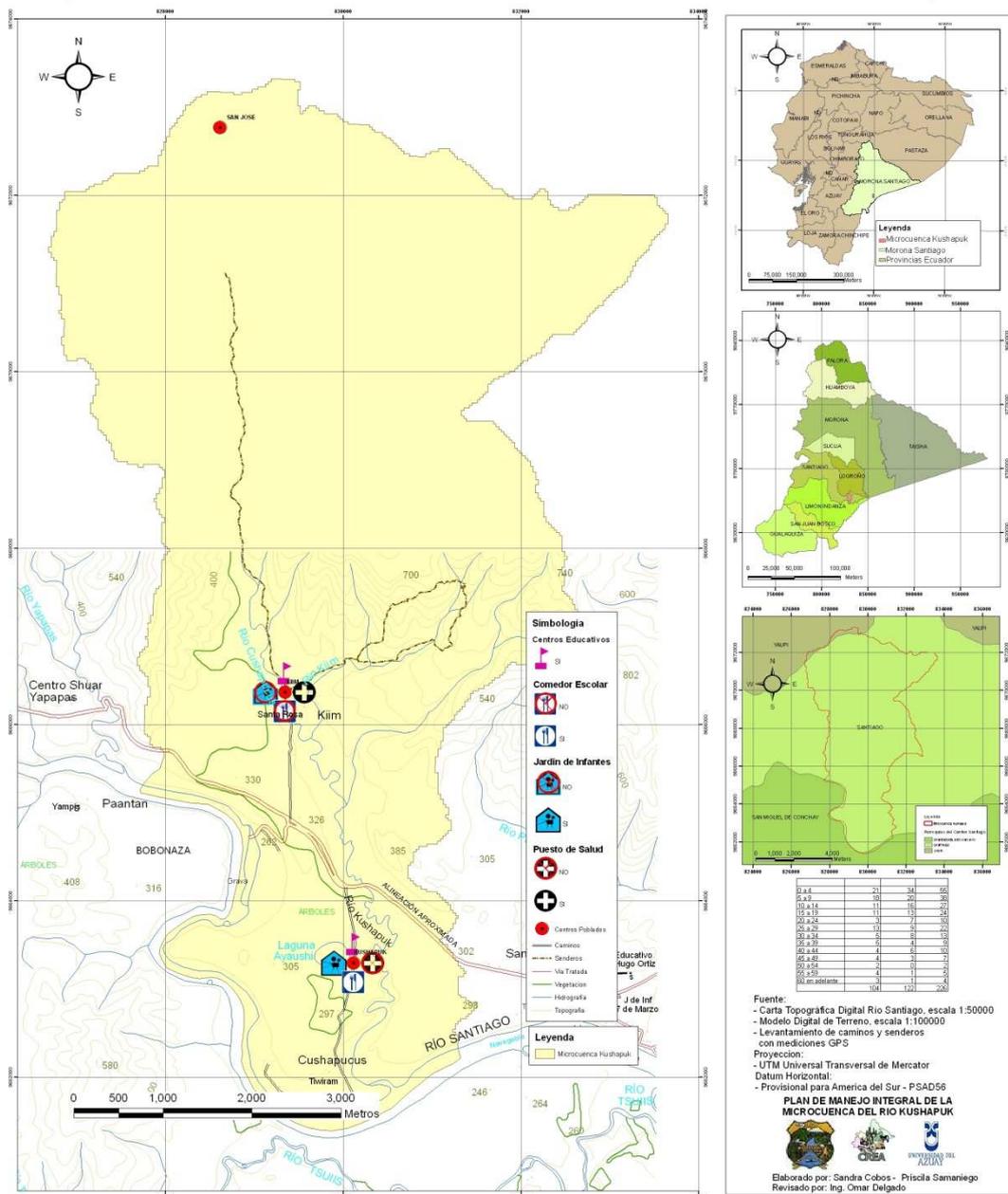
### PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RIO KUSHAPUK



Elaborado por: Sandra Cobos - Priscila Samaniego  
 Revisado por: Ing. Omar Delgado

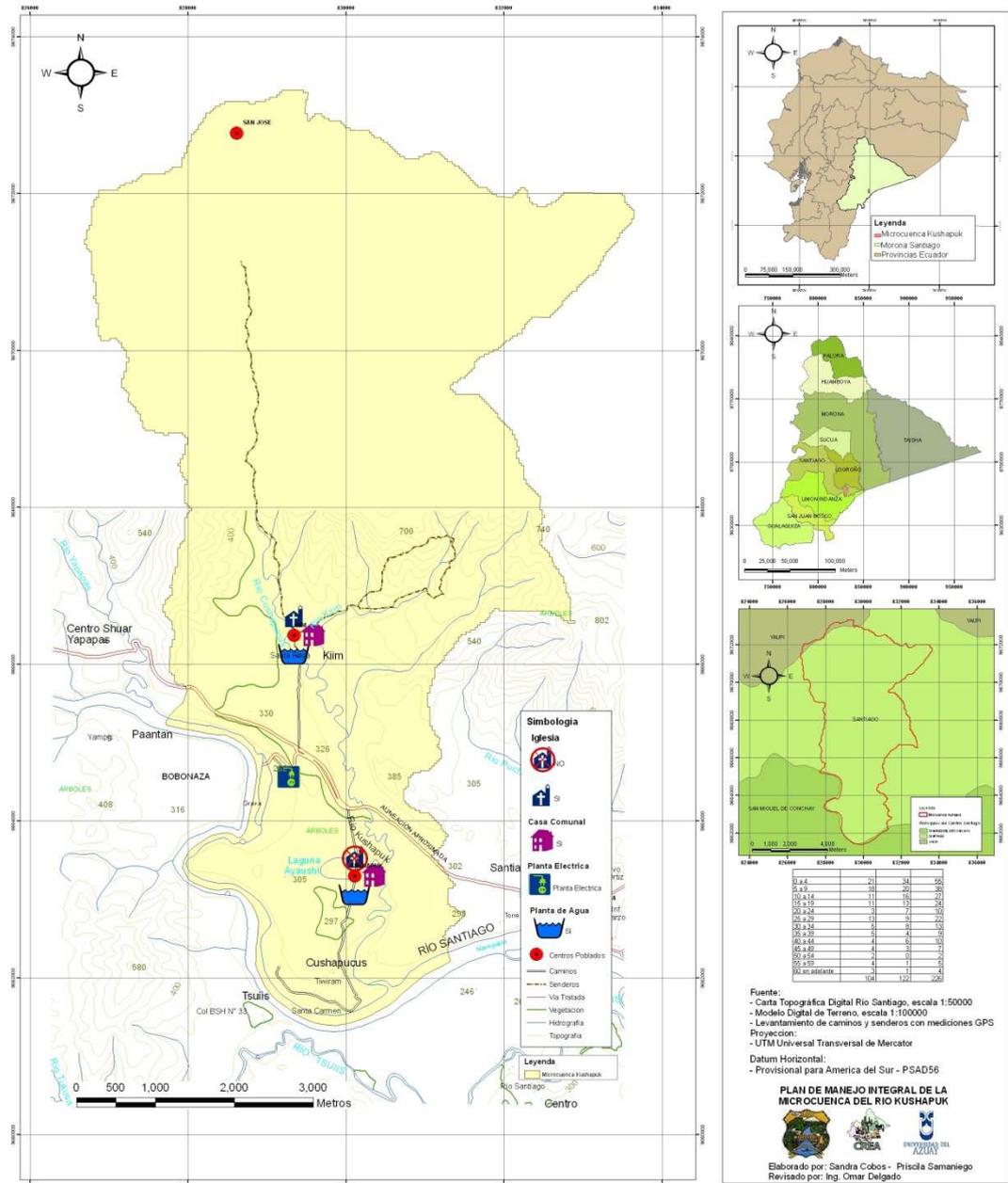
# Anexo Mapa de Equipamiento en Salud y Educación

## Mapa de Educacion de las comunidades de la Microcuenca del Rio Kushapuk



# Anexo Mapa de Infraestructura

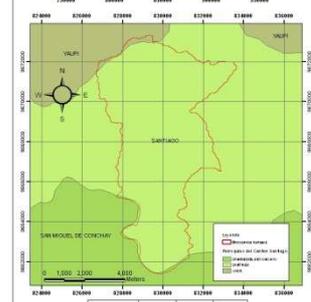
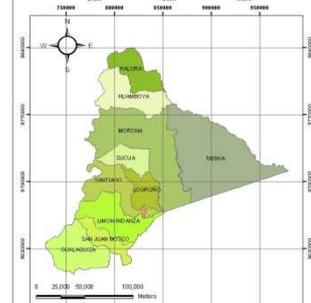
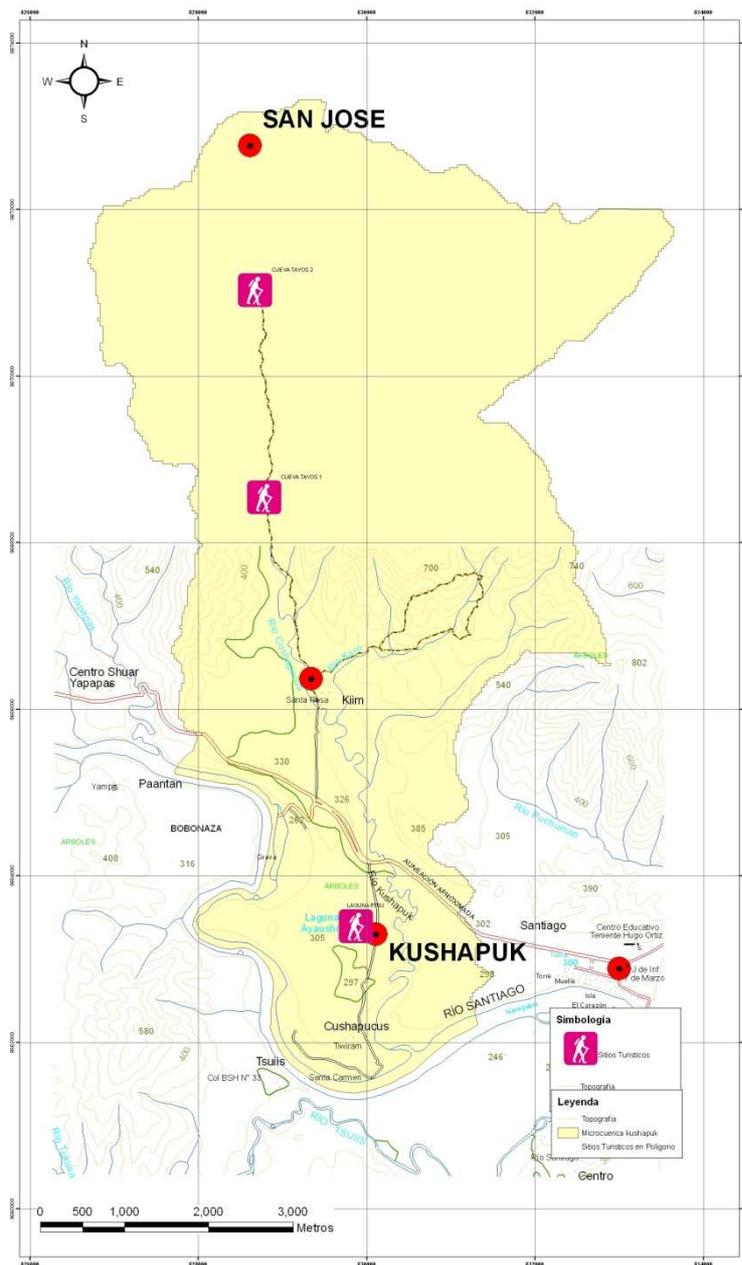
Mapa de Infraestructura de las comunidades de la Microcuenca del Rio Kushapuk





# Anexo Mapa Turístico

## Mapa Turístico



Escala	1:50.000	1:100.000	1:200.000
1:50.000	11	34	52
1:100.000	108	202	305
1:200.000	111	185	272
1:300.000	11	15	24
1:400.000	10	14	22
1:500.000	10	14	22
1:600.000	9	13	21
1:700.000	8	12	20
1:800.000	7	11	19
1:900.000	6	10	18
1:1.000.000	5	9	17
1:1.100.000	4	8	16
1:1.200.000	3	7	15
1:1.300.000	2	6	14
1:1.400.000	1	5	13
1:1.500.000	1	4	12
1:1.600.000	1	4	12
1:1.700.000	1	3	11
1:1.800.000	1	3	11
1:1.900.000	1	3	11
1:2.000.000	1	2	10

Fuente:  
 - Carta Topográfica Digital Río Santiago, escala 1:50000  
 - Levantamiento de caminos y senderos con mediciones GPS  
 - Modelo Digital del Terreno, escala 1:100000  
 Proyección:  
 - UTM Universal Transversal de Mercator  
 Datum Horizontal:  
 - Provisional para América del Sur - PSAD56

### PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO KUSHAPUK



Elaborado por: Sandra Cobos - Priscila Samaniego  
 Revisado por: Ing. Omar Delgado

# Anexo Mapa de Áreas Mineras.

## Áreas Mineras en la Microcuenca del Río Kushapuk

