Modelo para Determinar el efecto sobre el Recurso Hídrico de la Sierra de las Minas y El Cerro Alux

Contenido

1. Antecedentes 3
1.1 Reserva de la Biosfera de Sierra de las Minas (RBSM) 3
1.2 Reserva Protectora de Manantiales Cordillera Cerro Alux 4
2. Objetivo 6
3. Diseño Del Modelo 7
3.1 Recolección de Datos Existentes 7
3.1.1. Sierra de la Minas: 7
3.1.2. Cerro Alux: 10
3.2 Análisis de la Información 14
3.2.1 Sierra de las Minas 14
3.2.2 Cerro Alux 16
3.3 Definición del Modelo Conceptual 16
3.4 Estructura del Modelo 18
3.4.1 Permanentes: 18
3.4.2 Capas que cambian con el Tiempo 18
3.4.3 Capas que cambian con la Modelación 19
3.5 Calibración 19
3.6 Escenarios 20
4. Resultados 22
5. Consideraciones 24
6. Conclusiones 25
7. Comentarios Sobre El Cerro Alux 26
8. Recomendaciones 27
9. Bibliografía y Fuentes de Datos 28

1. Antecedentes

Como parte del programa de Fortalecimiento Institucional en Políticas Ambientales FIPA, se decidieron varias líneas de investigación, una de ellas relacionada con los Mecanismos de Financiamiento y Planes de Negocios en el Sector Ambiental que viabilicen la sostenibilidad financiera de las diferentes actividades vinculadas al manejo y la conservación de la biodiversidad.

Uno de estos mecanismos es el mercado de los servicios ambientales, en la que se vende el valor agregado producido por un área protegida, por ejemplo se protege la zona de recarga de las fuentes de agua o el pulmón de oxigeno de un área con alta contaminación del aire.

Siguiendo esta línea de ideas se busco una zona en Guatemala para realizar una investigación de este tipo. Después de un cuidadoso análisis se determino que la reservas de la Sierra de las Minas y el Cerro Alux eran dos zonas adecuadas para estudiar el mercado de los servicios ambientales. Ambas áreas protegidas tienen dos características muy importantes: la primera es ser considerada una importante zona de recarga hídrica y la segunda tener usuarios fácilmente identificables. En el caso de los usuarios los de Sierras de las Minas el uso es principalmente agrícola mientras que en el Cerro Alux es para consumo humano.

1.1 Reserva de la Biosfera de Sierra de las Minas (RBSM)

La Reserva de la Biosfera de Sierra de las Minas cuenta con una extensión de _____ y fue establecida mediante el decreto 49-90 de Octubre de 1990. Se localiza al este del país, en el macizo montañoso del mismo nombre, entre los departamentos de El Progreso, Baja Verapaz, Alta Verapaz, Zacapa e Izabal. Es una región montañosa que va desde los 150 a más de 3,000 metros sobre el nivel del mar. Constituye la reserva de bosque nuboso más importante del país, pero al mismo tiempo, incluye bosques tropicales y bosques de coníferas debido a su extensión y variedad de altitud.

Entre las especies arbóreas, en Sierra de las Minas se puede encontrar abetos, cedros, encinos, liquidámbares y pinos. La conservación de sus bosques la han hecho un refugio para mamíferos mayores (jaguares, pumas, venados), y aves amenazadas como el quetzal y el pajuil. Es, además, el único lugar en Guatemala donde se ha registrado la existencia de águila arpía en los últimos años.

Desde el aspecto social, dentro de sus límites existen comunidades de los grupos k'ekchí, pokomchí y ladino.

Hidrográficamente la Sierra de las Minas divide la cuenca del rió Polochic (Norte) y del Río Motagua (Sur). Una de las razones primordiales para declararla área protegida fue que se le considera de vital importancia para el mantenimiento del recurso hídrico de la zona, especialmente para el río Motagua que es la zona más seca del país.

Los usuarios del recurso hídrico son especialmente agricultores, dedicados a melón y otros productos de exportación. También hay algunas industrias de bebidas alcohólicas y gaseosas y plantas de generación de energía eléctrica. La Figura No.1 muestra el mapa de la zona.

1.2 Reserva Protectora de Manantiales Cordillera Cerro Alux

La Cordillera Alux fue declarada área protegida bajo la categoría: "Manejo Reserva Forestal Protectora de Manantiales" por el Congreso de la República de Guatemala mediante el Decreto Legislativo 41-97 del veintinueve de mayo de 1997, publicado en el Diario de Centro América el 1 de julio de 1997. El área total conforme la declaratoria es de 53.72 kilómetros cuadrados, equivalente a 5,372 hectáreas.

Es parte de la jurisdicción de los municipios de San Lucas Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez del departamento de Sacatepéquez, y los municipios de Mixco, San Pedro Sacatepéquez y San Juan Sacatepéquez del departamento de Guatemala.

Tiene una topografía variada que oscila entre los 1,800 a 2,300 metros sobre el nivel del mar. Presenta un relieve que va desde terrenos ligeramente ondulados hasta terrenos escarpados. Sus pendientes varían desde 4% a más de 32%. Sobresalen en la cordillera los cerros Alux, Miramundo, Chilayón y el Astillero, además de la serie de colinas y pequeños valles intercolinares. Hidrográficamente el cerro Alux esta en la divisoria de Aguas de las Cuencas del Río María Linda y el Río Motagua. La figura No.2 muestra un mapa de la zona.

Una de las razones primordiales para declararla área protegida fue que se le considera de vital importancia para el mantenimiento de los manantiales de la zona.

Los usuarios del recurso hídrico son especialmente los sistemas de agua potable de la zona, que abarca zonas urbanas importantes como la Ciudad de Guatemala, Mixco, San Juan, San Lucas y San Pedro Sacatepéquez.

Figura 1. Ubicación del Área de Estudio de Sierra de las Minas

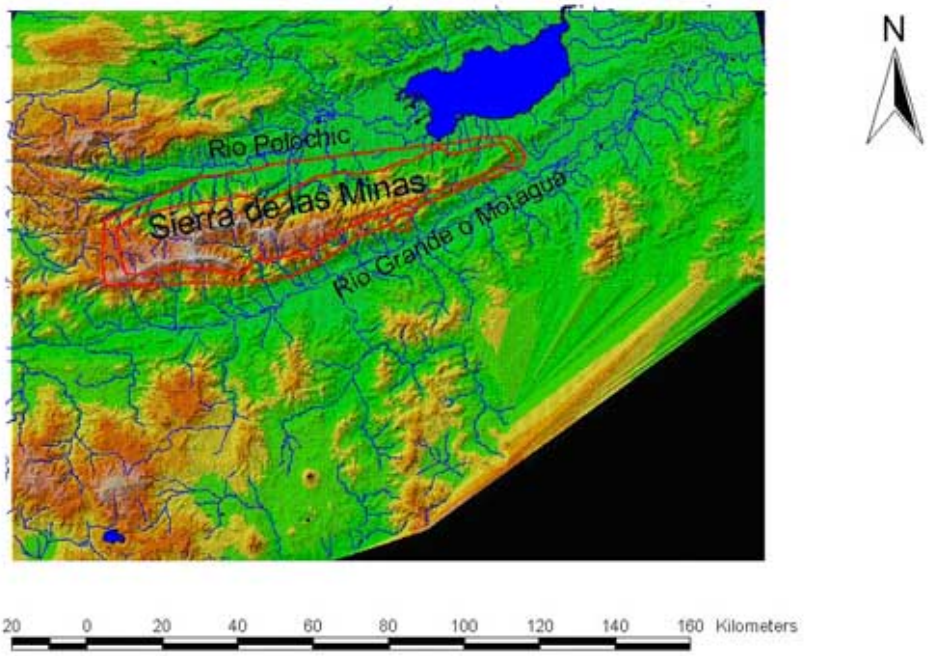
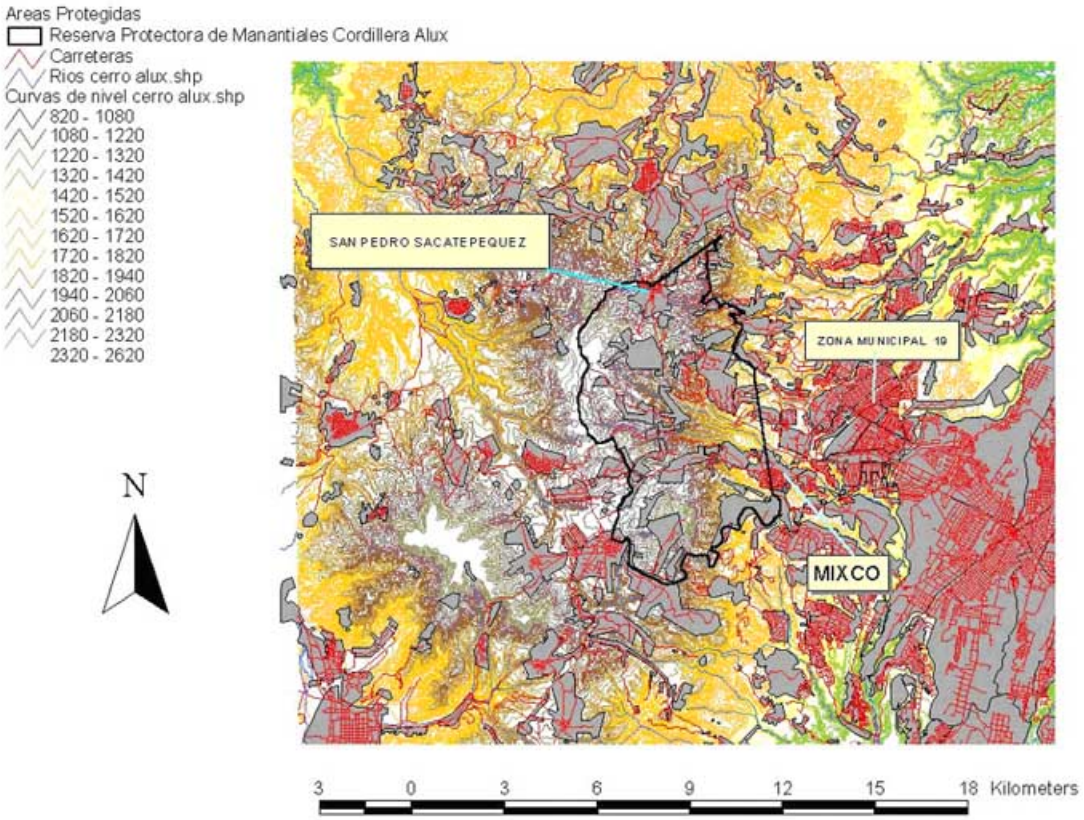


Figura 2. Mapa de la zona del Cerro Alux



2. Objetivo

1. Definir, con base a la limitada información existente, un modelo simple de Balance de Agua en Ambiente GIS, que permita cuantificar el efecto de los cambios en el uso de la tierra, en el recurso hídrico.
2. Que el modelo destaque la importancia de La Sierra de las Minas y el Cerro Alux como zonas de impacto en el comportamiento del Recurso Hídrico.
3. Las magnitudes obtenidas servirán para valorar económicamente los beneficios de las áreas protegidas y determinar el valor de los servicios ambientales.

3. Diseño Del Modelo

Un modelo adecuado, normalmente, requiere una gran cantidad de datos de geología, morfología, meteorología (temperatura, evaporación, precipitación, humedad, etc.), hidrología, vegetación y topografía. Este no es el caso para ninguno de los sitios de interés y en general para Guatemala. Por ello es necesario determinar la calidad y cantidad de información existente, evaluar la información, definir un modelo conceptual, construir el modelo y calibrarlo. El proceso de calibración y construcción es iterativo, ya que los resultados obtenidos pueden generar cambios en la construcción e incluso en el modelo conceptual.

Las etapas del diseño del modelo en este estudio son: I) recolección de Datos Existentes, ii) Análisis de la información, iii) Definición del Modelo Conceptual, iv) Estructura del Modelo y v) Calibración.

3.1 Recolección de Datos Existentes

Para obtener los datos, la Ing. Claudia Santizo busco en diversas instituciones, incluyendo Defensores de la Naturaleza (ONG a cargo de la Reserva de Sierras de las Minas), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), Instituto Geográfico Nacional (IGN) Asociación Desarrollo para Todos (ASODEST). Los datos disponibles para cada una de las áreas son los siguientes:

3.1.1. Sierra de la Minas:

Para esta zona se tienen mapas digitales, información hidrológica y meteorológica.

A. Mapas Digitales

Existen mapas digitales generados por el programa de Prevención de Desastres del MAGA, a escala 1:250,000, de los siguiente parámetros:

- Elevación del terreno con curvas a cada 100 metros.
- Isoyetas Medias Mensuales de Precipitación
- Isoyetas Anuales de Precipitación
- Temperaturas Medias Anuales Máximas y Mínimas
- Cobertura Vegetal
- Suelos
- Uso del Suelo
- Poblaciones
- Carreteras
- Geología (incompleta)

Estos mapas base se muestran en el Anexo I Mapas Base de Sierra de las Minas.

B. Hidrología

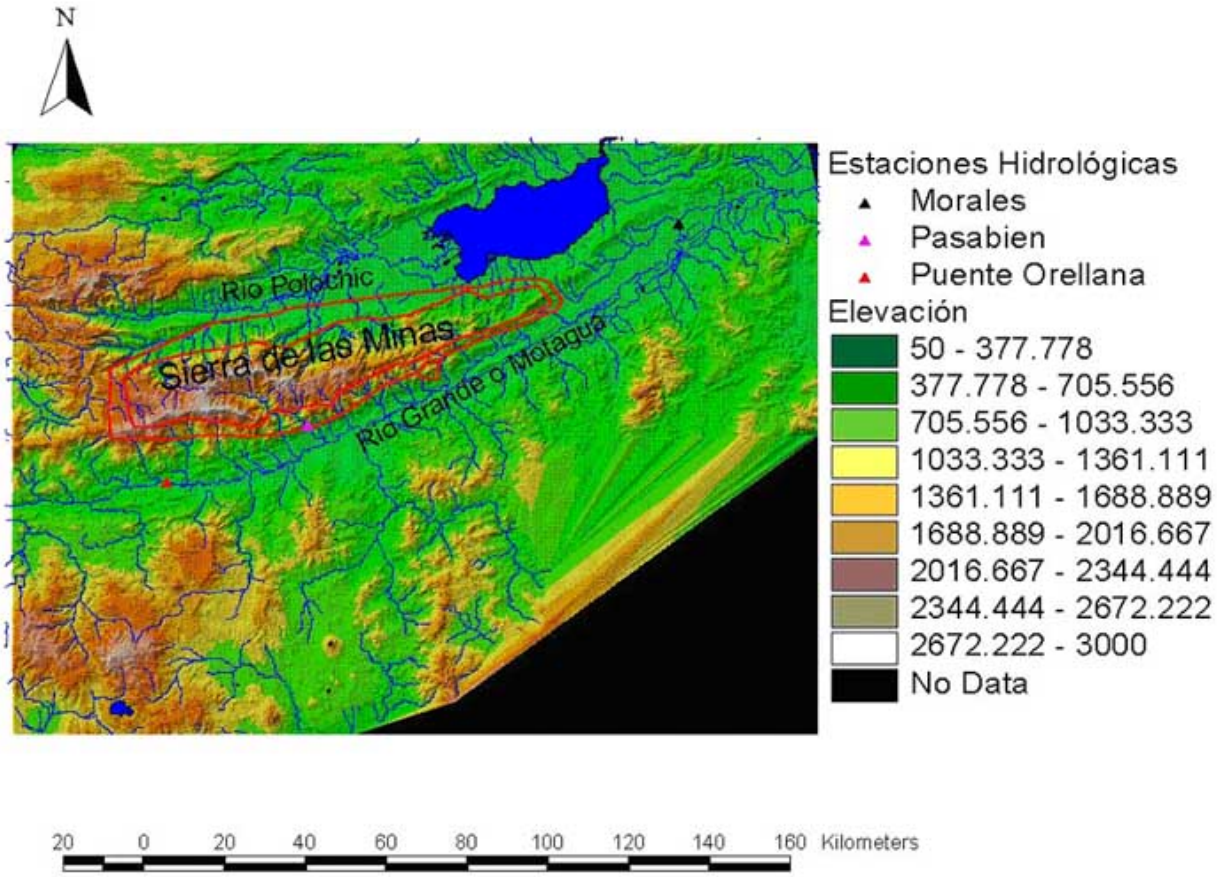
Existen varias estaciones Hidrológicas del INSIVUMEH en el área de Sierra de las Minas. La mayoría de estaciones cuentan con más de diez años de registro. El cuadro No.1 muestra la lista de las estaciones, su ubicación en coordenadas y su caudal medio anual.

Cuadro No. 1 Estaciones Hidrológicas en el Área de Sierra de las Minas

Cuenca	Estación	Longitud	Latitud	Área Km2	Años de Registro	Caudal Medio Anual m3/s
Motagua	Puente Orellana	90°00’07”	15°55’07”	5,803	16	61
	Morales	88°49’15”	15°28’47”	14,453	16	207
	Pasabien	89°41’08”	15°02’36”	79	9	3
Polochic	Matucuy	89°53’25”	15°17’45”	845	10	44
	Telemán	89°44’00”	15°20’00”	1,541	12	66
	Tucurú	90°05’38”	15°18’14”	69	6	5
	Panzos	89°37’51”	15°23’40”	2,158	5	97
	Boca Nueva	89°40’08”	15°23’04”	170	10	13

La Figura No.3 muestra su ubicación con respecto a la Sierra de las Minas. En el Anexo II de Datos Hidrometeorológicos aparecen los datos correspondientes a las Estaciones de la Cuenca del Motagua.

Figura 3. Ubicación de las Estaciones Hidrológicas



C. Meteorología

Las estaciones dentro del área se muestran en el Cuadro No.2 y su ubicación en la Figura No.4. Sin embargo, sus periodos de registro son muy diferentes. Por ello se considera mejor usar las isoyetas medias que se muestran en la Figura No.5. Estas isoyetas fueron elaboradas por técnicos del INSIVUMEH basándose en toda la información disponible, y tomando en cuenta la elevación la forma de las montañas y los microclimas. Además tienen la gran ventaja que ya están en formato digital. En el Anexo III Datos Climáticos las Figuras 1 a 12 muestran el comportamiento de la precipitación para cada mes.

Cuadro No.2 Estaciones Meteorológicas en el Área de Sierra de las Minas

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN m	PRECIPITACIÓN ANUAL EN mm
CAHABON	15º36'30	89º48'38	380	2365
PANZOS PHC	15º23'50	89º38'38	30	2749
SAN JERONIMO BV	15º04'40	90º15'00	1000	916
CAMOTAN	14º49'14	89º22'22	471	1020
ESQUIPULAS	14º33'32	89º20'31	950	1610
IPALA	14º37'15	89º37'05	828	875
MARISCOS	15º25'26	89º04'54	1	2626
LOS AMATES	15º15'05	89º05'44	76	1765

3.1.2. Cerro Alux:

La información del Cerro Alux es más limítada. El área es más pequeña, por consiguiente se necesita mayor detalle. Por lo que se procedió, a través del proyecto FIPA, a digitar alguna de la información a escala 1:50,000.

A. Mapas Digitales

A escala 1:50,000

- Elevación con curvas cada 20 metros
- Caminos
- Geología
- Fallas Geológicas
- Cobertura Vegetal

A escala 1:250,000

- Isoyetas Medias Mensuales de Largo Plazo
- Isoyetas de Precipitación Promedio Anual de Largo Plazo
- Temperaturas Medias Anuales Máximas y Mínimas
- Poblaciones

Estos mapas base se muestran en el Anexo IV Mapas Base del Area Protegida del Cerro Alux.

Figura 4. Ubicación de las Estaciones Meteorológicas en Sierra de las Minas

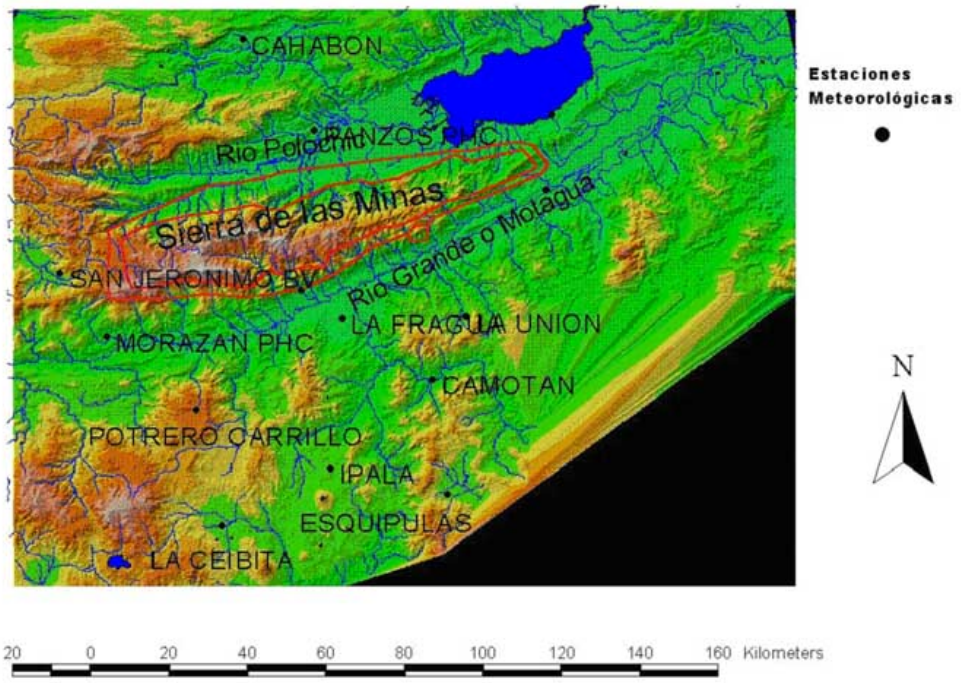
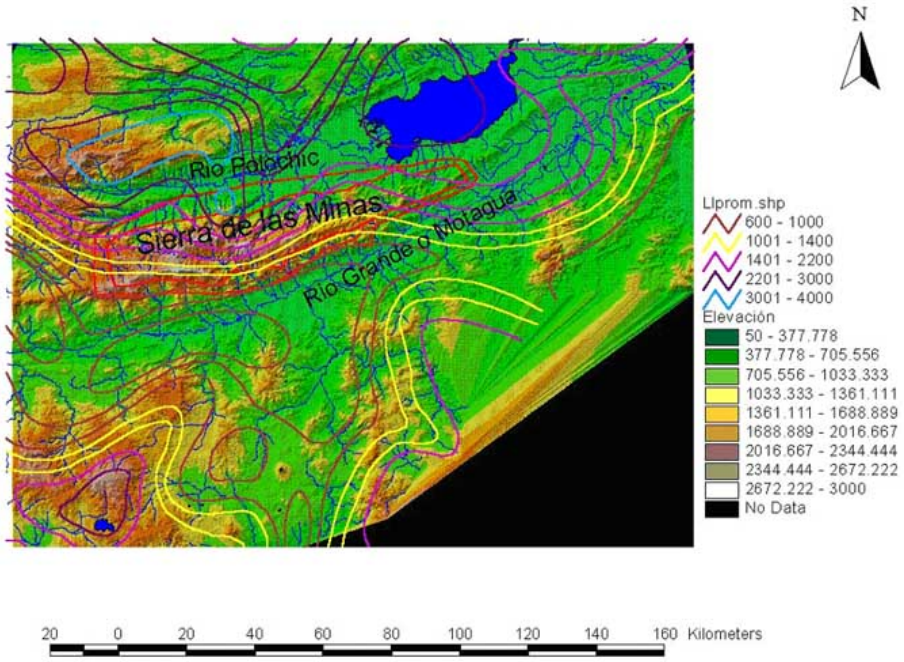


Figura 5. Isoyetas Medias Anuales de la Zona de las Sierra de las Minas



B. Hidrología

No existe ninguna estación hidrológica en el área. Por lo que no hay información de Caudales Medios. La Ingeniera Claudia Santizo investigó unas estaciones de corto registro colocadas por la municipalidad de Guatemala, pero los registros se han perdido y nadie pudo proporcionar información de las mismas.

C. Meteorología

Las estaciones dentro del área se muestran en el Cuadro No.3 y su ubicación en la Figura No.6. Sin embargo, sus periodos de registro son muy diferentes. Por ello se considera mejor usar las isoyetas medias que se muestran en la Figura No.7. Estas isoyetas fueron elaboradas por técnicos del INSIVUMEH basándose en toda la información disponible, y tomando en cuenta la elevación la forma de las montañas y los microclimas.

Cuadro No.3 Estaciones Meteorológicas del Cerro Alux

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN m	PRECIPITACIÓN ANUAL EN mm
INSIVUMEH	14º35'11	90º31'58	1502	1120
JARDÍN BOTANICO	14º36'48	90º30'48	1500	1799
SAN ANTONIO LA FLORES	14º44'50	90º29'58	1105	1117
SAN AGUSTIN MINA	14º31'43	90º31'03	1350	1182
SUIZA CONTENTA	14º37'01	90º39'30	2105	1079
FLORENCIA	14º33'00	90º41'00	1980	1116
EL PILAR	14°42'22	90°42'44	1840	1320

Figura 6. Ubicación de las Estaciones Meteorológicas del Cerro Alux

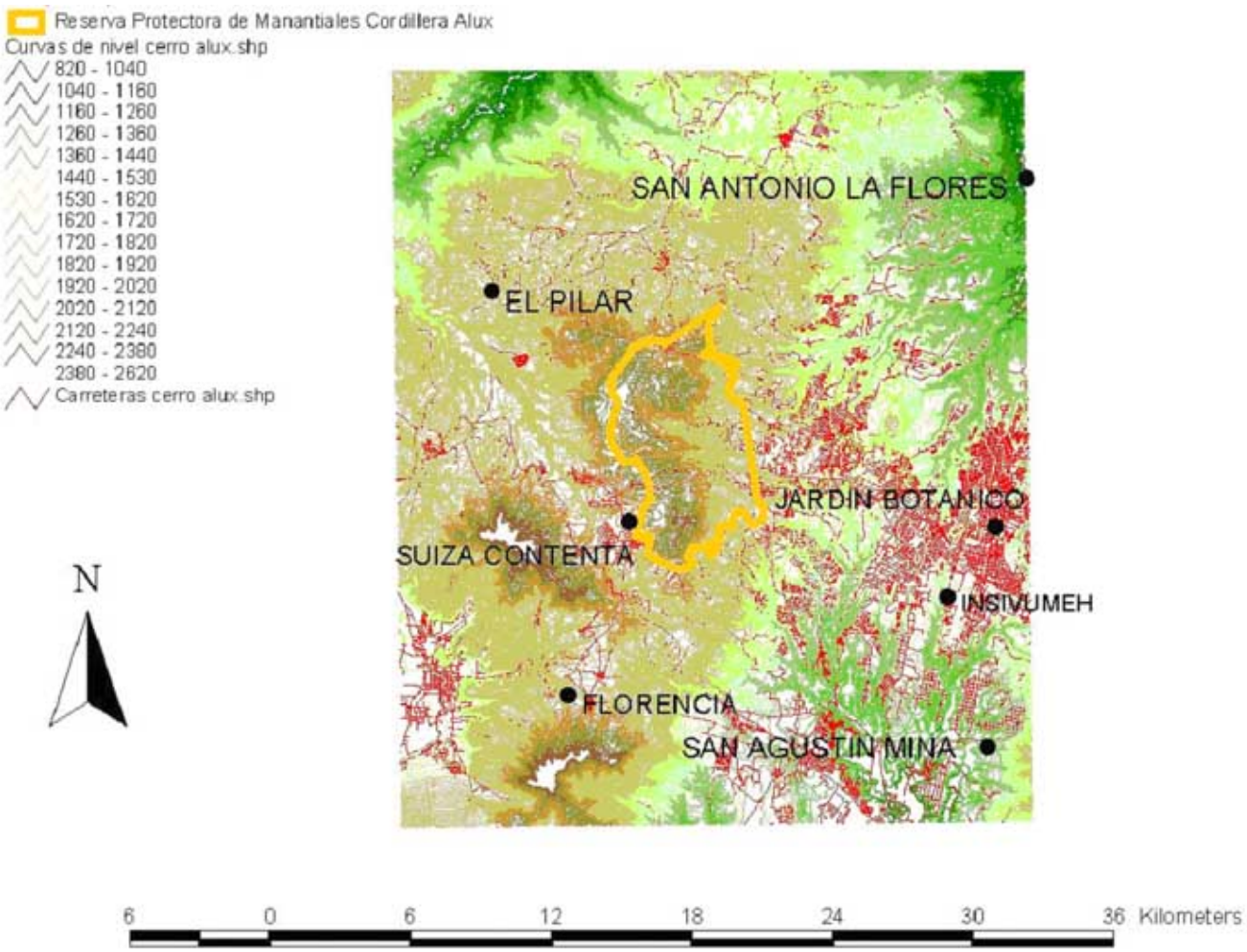
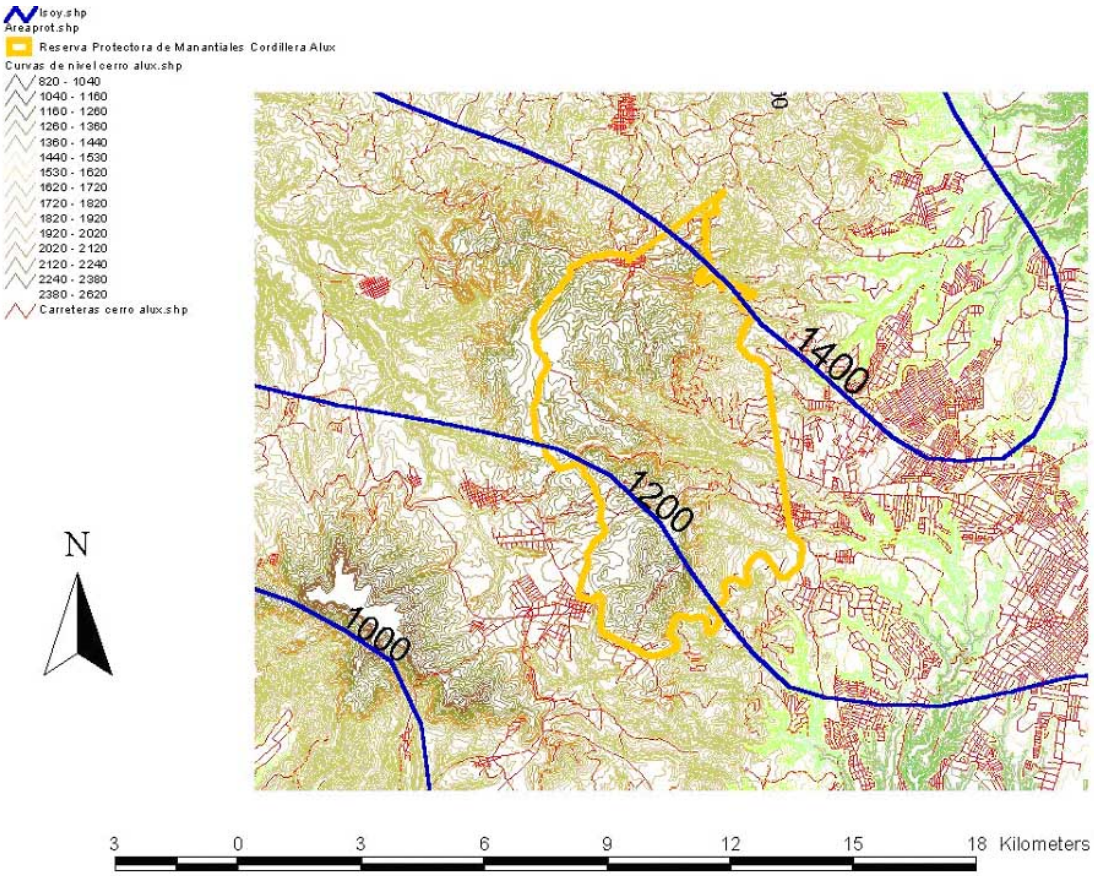


Figura 7. Isoyetas Medias Anuales de la Zona del Cerro Alux



3.2 Análisis de la Información

Es importante que no se pierda de vista que el objeto del modelo es predecir los cambios relativos en los volúmenes de agua que genera los cambios en la cobertura forestal, y no predecir exactamente el volumen de los caudales.

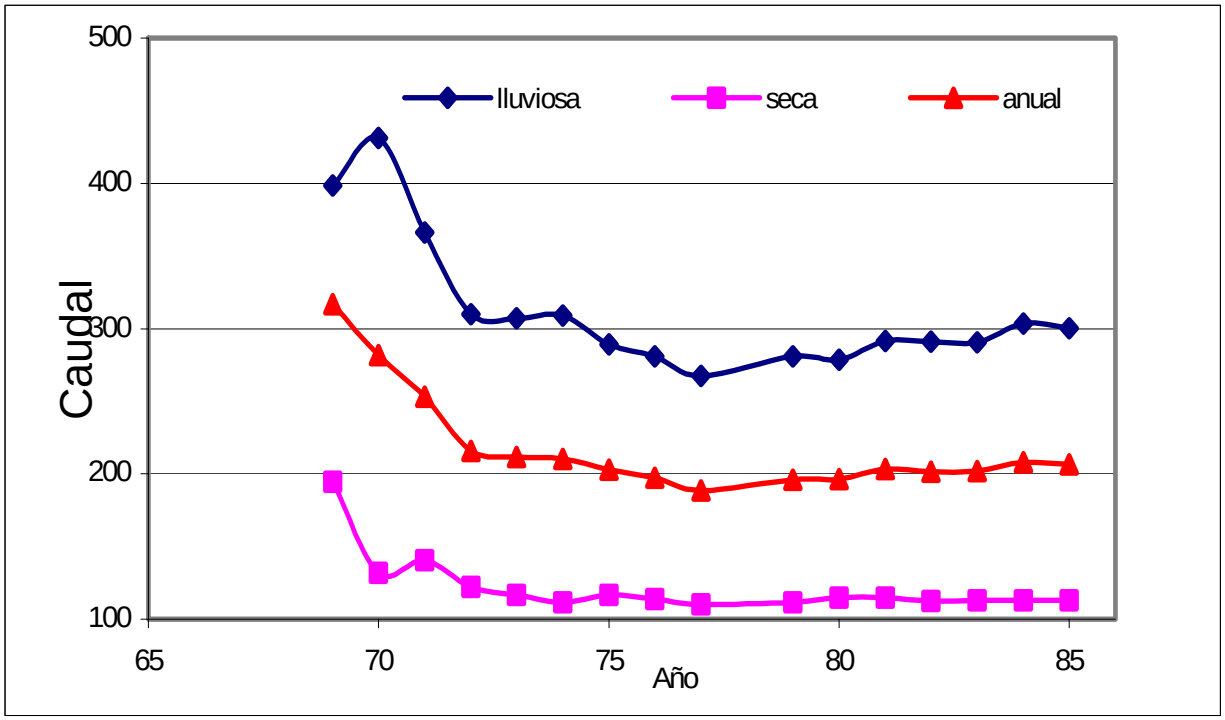
3.2.1 Sierra de las Minas

La variación de caudales en el cauce del Motagua permite identificar que el lado de la Sierra de las Minas genera 33 lts/seg/km2 contra 17 lts/seg/km2 de los tributarios de la parte sur. En el Anexo I se podrá encontrar un mapa con las subcuencas, las cuencas y las áreas de las mismas.

Sin embargo, la variación de los caudales medios anuales a lo largo del tiempo no parece ser significativa, es decir que no hay un incremento sustancial en los caudales medios anuales, sino solamente una pequeña variación debido a la diferencia de precipitación en cada año. Si se separan los caudales de la época seca y la época lluviosa se obtiene la Gráfica No. 1. Como se puede observar en términos de caudal medio anual prácticamente se mantiene estable. Pero el caudal de época lluviosa parece tener una pequeña tendencia al aumento, mientras la época seca presenta una pequeña reducción.

Esto parece indicar que la cobertura forestal y los cambios de uso de la tierra afectan el comportamiento estacional del agua pero no la cantidad total.

Gráfica No. 1 Caudales por época lluviosa y seca, estación Morales



Basándose en estos resultados, se puede concluir que si el caudal medio multianual se mantiene estable, la precipitación también se ha mantenido estable, los cambios que han sucedido en el uso de la tierra afectan la disponibilidad estacional del recurso, pero no la cantidad total.

En otras palabras, el análisis de la información existente permite inferir que un cambio en el uso del suelo afectará la disponibilidad estacional, es decir que si se reducen las áreas boscosas, habrá mayor escorrentía en la época lluviosa reduciendo los caudales en verano, y un incremento en la cobertura vegetal permanente reducirá la escorrentía en la época de lluvia e incrementará los caudales en la época seca ya que habrá más almacenamiento.

Con este razonamiento, el modelo deberá reflejar el cambio estacional producido por los cambios de uso de suelo. Entonces se utilizaran las isoyetas medias mensuales para la región de los mapas digitales del MAGA. Estas isoyetas tienen la ventaja de que fueron elaboradas con todos los datos disponibles de lluvia y fueron trazadas tomando en cuenta las condiciones orográficas. Además representan el comportamiento de la lluvia para un período de más de diez años y no solo el de un año en especial.

El almacenamiento va a depender de las características del suelo y de la geología del lugar. Desafortunadamente la información geológica del área es muy limitada. Presentando solo pequeñas áreas describiendo las condiciones geológicas.

3.2.2 Cerro Alux

Aunque se tiene mejor escala de mapas, estaciones meteorológicas y una geología relativamente buena, la falta total de información hidrológica superficial del Cerro Alux, hace prácticamente imposible calibrar ningún modelo. Por ello, se preparó el modelo para el área de Sierra de las Minas, con la intención de extrapolarlo al Cerro Alux. Sin embargo la modelación de agua subterránea en Sierra de las Minas, no es lo suficientemente confiable para extrapolarla a la zona del Cerro Alux.

3.3 Definición del Modelo Conceptual

El modelo se basará en un balance hídrico basado en el siguiente proceso esquemático para la cuenca del Río Motagua en el sector de Sierra de Las Minas. El esquema conceptual con el que se trabajo inicialmente se muestra en la Figura No. 8.

Sin embargo, la modelación del agua subterránea y el almacenamiento en el suelo no fue del todo adecuada polo que el modelo conceptual se convirtió esencialmente en lo que se muestra en la Figura No.9.

Figura No. 8 Esquema Conceptual del Modelo

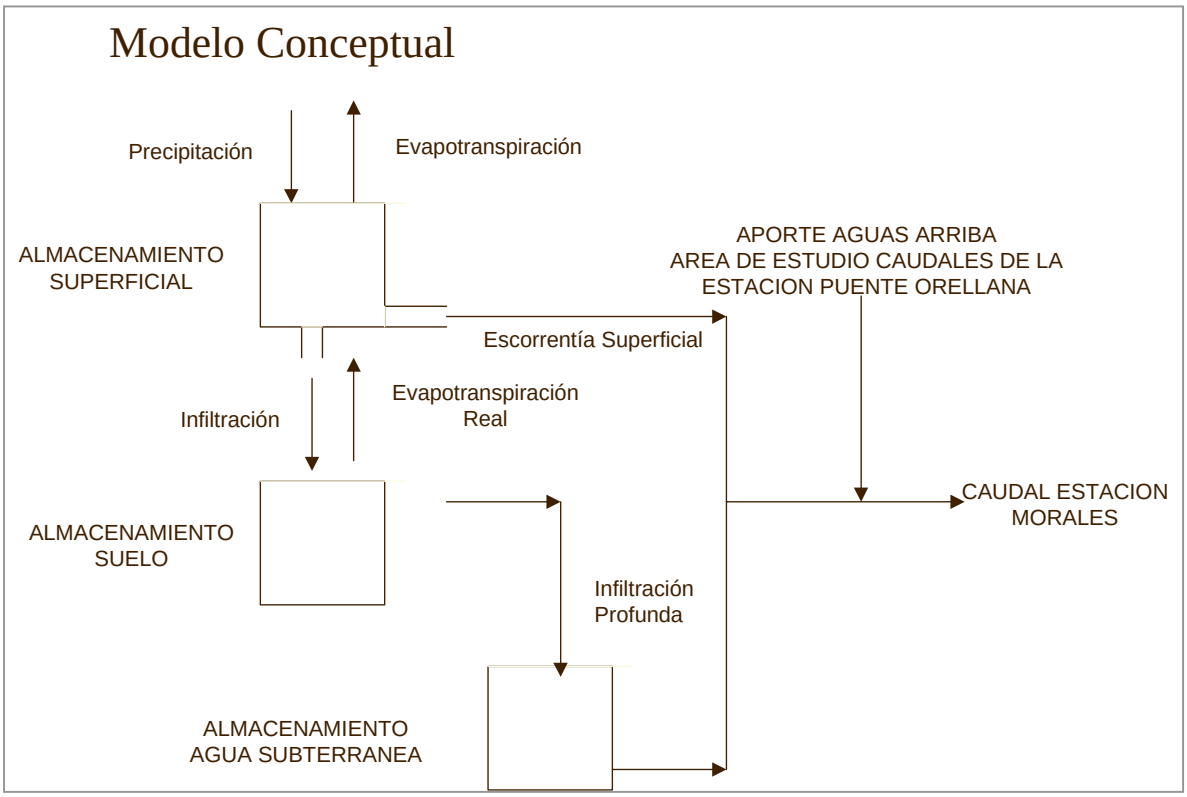
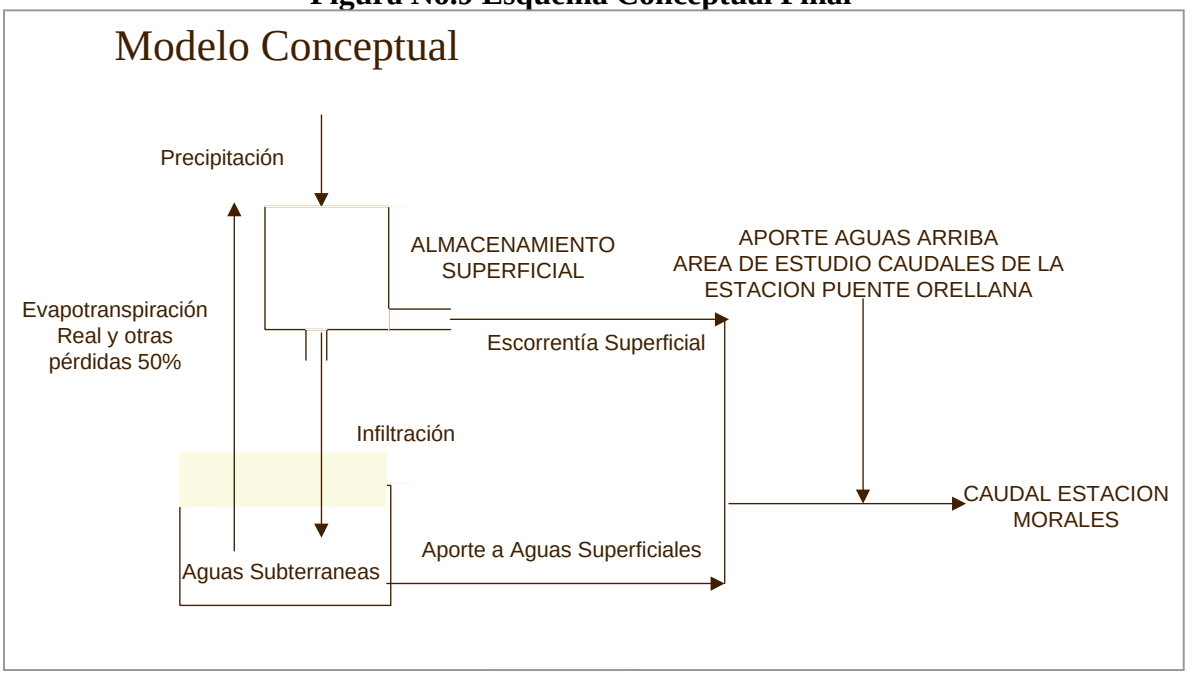


Figura No.9 Esquema Conceptual Final



3.4 Estructura del Modelo

Para estructurar el modelo en función de GIS se necesitan definir las capas y su modo de operación en el modelo. Podemos dividir las capas, en aquellas que son permanentes, las que cambian en el tiempo, y las que cambian por la modelación. En el Anexo V de los tipos de capas se muestran cada uno de los mapas mencionados y las tablas relacionadas a los mismos.

3.4.1 Permanentes:

- **Topografía y Modelo de Elevación Digital:** La curvas de nivel de la topografía se obtuvieron del mapa digital del MAGA y se realizó una Red de Triangulación Irregular (TIN) para generar un modelo de elevación digital (DEM). El TIN se convirtió a una cuadricula (GRID) de 100 por 100 metros y fue revisada para encontrar agujeros producidos por la interpolación. Una vez corregidos todos los agujeros se genera el mapa de elevación digital (DEM). (Ver Anexo I)

- **Dirección de Flujo:** En base al DEM se genera el mapa de dirección de flujo, utilizando la función de FlowDirectión de ArcView. Esta función define la dirección de flujo en cada celda, para determinar hacía donde se dirige el flujo, dándole un código para cada una de las ocho celdas vecinas, determinando las direcciones finales de flujo. (Ver Anexo III)

- **Cuencas:** Se delimitaron las cuencas en base a los datos de la topografía digital. (Ver Anexo III)

- **Suelos:** El mapa de suelos base que se utilizó fue el digitalizado por el MAGA. (Ver Anexo I)

- **Cobertura y Uso de la Tierra:** Se utilizó el mapa digitalizado por el MAGA. (Ver Anexo I).

- **Clasificación Hidrológica de los Suelos:** Se clasificaron los suelos de acuerdo al cuadro No. 4 con base al mapa de suelos. (Ver Anexo III).

- **Clasificación Hidrológica de las Coberturas:** Se clasificaron las coberturas en una distribución más simplificda de acuerdo a un criterio hidrológico. (Ver Anexo III).

3.4.2 Capas que cambian con el Tiempo

- **Precipitación:** Se usaron las isoyetas medias mensuales del mapa 1:250,000 digitalizado para la región, y se convirtieron a "GRID" de 100x100 metros. Una para cada mes.

- **Evapotranspiración:** Se calculó la Evapotranspiración basada en la temperatura media anual debido a la escasa variación de temperatura en la región de Sierra de Las Minas. Se utilizó el Método de Thorntwaite con los ajustes necesarios por latitud y mes del año. Se genero un mapa de evaporación mensual.

3.4.3 Capas que cambian con la Modelación

- **Infiltración:** En base al tipo de material y utilizando el criterio de la oficina de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (USSCS) se determinaron los coeficientes N de los diferentes suelos, de acuerdo al mapa de suelos y al de cobertura vegetal, creando un mapa de factores N. Se genero un mapa para la condiciones secas, otro para las saturadas y otro para las normales.

- **Precipitación Efectiva:** Aplicando la formula de infiltración del USSCS en mm para la escorrentía efectiva:

  Pe= ((P-5080/N+50.80)^2)/(P+20320/N-203.2)

Entonces se operan los mapas de la precipitación mensual utilizando los valores de infiltración del mapa de infiltración. Por la cantidad de precipitación sobre todo en los meses secos no hay escorrentía efectiva, y la mayoría de lluvia se infiltra. El resultado de esta operación es el mapa de Precipitación Efectiva, es decir de la precipitación que se convierte directamente en escorrentía.

- **Escurrimiento:** La lluvia efectiva se convierte a metros cúbicos por unidad de área. Como el GRID es de 100* 100 metros los milímetros de precipitación efectiva se multiplican por 10 para obtener el volumen en metros cúbicos. Con base al mapa de Dirección de Flujo y el de Precipitación Efectiva se obtiene el mapa de Acumulación de Flujo, utilizando la función de FlowAccumulation de ArcView[8]. Esta función define el flujo que se acumula en cada celda proveniente de otras, generando un esbozo de la red de drenajes.

3.5 Calibración

Durante el proceso de calibración se realizaron varias actividades. Primero se generaron las capas permanentes. Del modelo de elevación digital (DEM) se generaron las corrientes. El mapa de corrientes coincide bastante bien con las corrientes en la zona montañosa, sin embargo, en la zona plana su dirección es muy diferente, debido al proceso de interpolación y a la falta de información más detallada, pues se debe recordar que las curvas de nivel a escala 1:250,000 son cada 100 metros. Ver Figura de corrientes en el Anexo V. En este caso por razones de simplificación se selecciono un punto en el cauce generado que representara a la estación de Morales.

Se generaron las cuadriculas de precipitación y evaporación para cada mes. Para la precipitación se realizaron en base a las isoyetas mensuales del MAGA, para la evapotranspiración se uso temperatura usando la formula de Thornwaite ajustada por mes. Una vez teniendo estas capas listas se procedió a calcular la escorrentía, primero estimando la diferencia entre precipitación menos evapotranspiración. Estos primeros intentos no fueron exitosos, pues la mayor parte del año la evapotranspiración excedía la precipitación dejando muy poca precipitación para infiltrarse o escurrir.

Por ello se procedió a utilizar el método del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (USSCS). Primero se clasifico el mapa de suelos de acuerdo a su capacidad hidrológica en A, B, C y D según la siguiente tabla:

Cuadro No. 4 Clasificación Hidrológica de Tipo de Suelo

Tipo de Suelo	***Textura del Suelo***
A	Arenas con poco limo y arcilla
B	Arenas finas y limo
C	Arenas muy finas, limo, suelos con alto contenido de arcilla
D	Arcillas en grandes cantidades, suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana, suelos muy impermeables

Luego se unifico con el mapa de uso de la tierra y se genero el mapa con el número de suelo utilizado por el método de USSCS. Se elaboró un mapa para cada una de las tres condiciones que acepta el método: saturado, normal y seco. Este proceso no ha sido automatizado, y es totalmente manual, por lo que depende mucho del criterio de la persona que lo realiza. La tabla para asignación de número conforme al tipo de suelo hidrológico y la cobertura vegetal aparece en el Anexo V junto con los mapas resultantes que muestran la infiltración Normal, Seca y Saturada.

Se construyo un archivo Script (Verlo en el Aneo V) que calcula la precipitación efectiva con la precipitación de cada mes y para cada una de las situaciones (normal, saturado y seco). Una vez definida la precipitación efectiva para cada celda se calculo el flujo acumulado con la función FlowAccumulation de ArcView. Con los puntos de estaciones conocidas se determina la escorrentía superficial mensual con lo que se puede determinar el aporte de aguas subterráneas. Se trato de obtener diferentes relaciones entre el volumen infiltrado y el caudal base, pero después de múltiples intentos no se obtuvo ninguna correlación razonable, por lo que se opto por usar un balance cerrado, asumiendo que las condiciones del volumen total anual no difieren en el tiempo, y que las diferencias son estacionales. Por lo que las diferencias en escurrimiento mostraran los cambios en la descarga subterránea y por consiguiente en el almacenamiento.

3.6 Escenarios

Una vez calibrado el modelo se procedió a construir dos escenarios diferentes. El primero consiste en talar toda la cobertura forestal de la cuenca lo que da cambios significativos en el caudal mensual. El segundo consistió en talar exclusivamente la

cobertura forestal de la Sierra de las Minas para analizar solamente el efecto del área protegida sobre los caudales. En el Anexo VI se presentan un manual del uso del modelo y los pasos a seguir.

4. Resultados

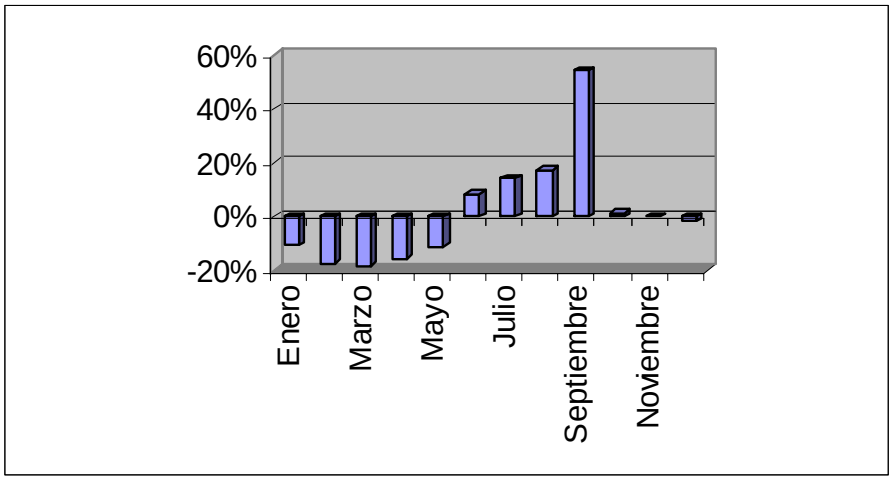
Los resultados obtenidos eliminando toda la cobertura forestal de la zona estudiada y comparándola con la situación actual se muestran en el cuadro a continuación

Cuadro No.5 Volúmenes Mensuales con y sin Cobertura Forestal Total

Meses	Volumenes Mensuales de Agua en M3 Cobertura Forestal		Cambio en la descarga	
	Con	Sin	%	M^3/s
Enero	119,464,024.23	106,690,214.61	-11%	(4.769)
Febrero	334,956,641.04	276,893,927.13	-17%	(24.001)
Marzo	441,035,674.62	361,221,857.61	-18%	(29.799)
Abril	568,240,731.87	480,565,036.89	-15%	(33.825)
Mayo	847,707,400.62	757,638,080.97	-11%	(34.749)
Junio	761,196,519.64	827,007,520.52	9%	25.390
Julio	446,551,893.18	508,531,481.46	14%	23.912
Agosto	450,732,087.00	526,098,579.01	17%	29.077
Septiembre	234,331,401.95	361,337,760.00	54%	48.999
Octubre	190,463,989.95	192,733,023.07	1%	0.875
Noviembre	121,810,710.77	121,748,236.20	0%	(0.024)
Diciembre	86,832,540.32	85,500,095.77	-2%	(0.514)

El gráfico muestra en forma más clara los cambios relativos que se producen debido a la deforestación total de la cuenca. Preliminarmente se estimaba que el total de estos cambios en los caudales que dependía directamente de la Sierra de las Minas era de un 75 a un 80%. Se estimo el área del acuífero en 1271 Km^2 asumiendo que el suelo del valle del Motagua es el principal reservorio. La diferencia en el cambio del volumen del agua almacenada producirá reducciones en el nivel del manto acuífero que vararan del 18 al 33%.

Grafico No. 4 Cambio en Caudal Medio Mensual por Deforestación Total

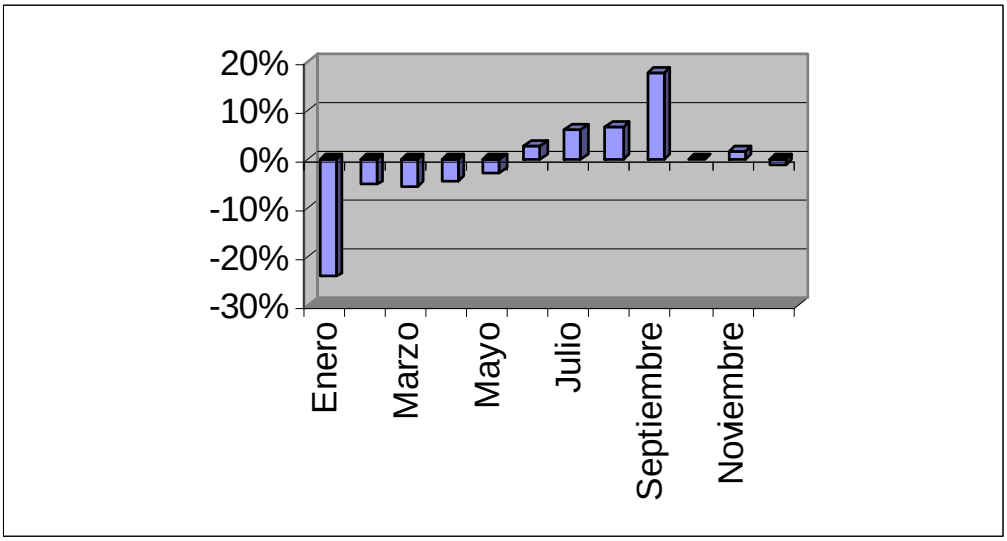


Los resultados del segundo escenario que elimina únicamente la cobertura forestal del área protegida de Sierra de la Minas. Este escenario nos mostró el siguiente resultado:

Meses	Volumenes Mensuales de Agua en M3 Cobertura Forestal		Cambio en la descarga	
	Con	Sin	%	M^3/s
Enero	119,464,024.23	90,565,633.39	-24%	(10.789)
Febrero	334,956,641.04	317,149,163.19	-5%	(7.361)
Marzo	441,035,674.62	417,109,470.40	-5%	(8.933)
Abril	568,240,731.87	543,841,722.62	-4%	(9.413)
Mayo	847,707,400.62	825,351,190.06	-3%	(8.625)
Junio	761,196,519.64	783,099,220.08	3%	8.450
Julio	446,551,893.18	472,984,195.08	6%	10.198
Agosto	450,732,087.00	480,241,821.44	7%	11.385
Septiembre	234,331,401.95	276,060,960.00	18%	16.099
Octubre	190,463,989.95	189,798,035.42	0%	(0.257)
Noviembre	121,810,710.77	123,741,587.34	2%	0.745
Diciembre	86,832,540.32	86,022,814.23	-1%	(0.312)

Al hacer el cálculo exacto la Sierra de las Minas representa un 43% del efecto total de deforestación en los caudales. Lo que es un poco menor que lo estimado originalmente. Al igual que en el escenario anterior (el acuífero 1271 Km^2). La diferencia en el cambio del volumen del agua almacenada producirá reducciones en el nivel del manto acuífero que variarán del 5 al 9%.

Grafico No. 5 Cambio en Caudal Medio Mensual por Deforestación de la Sierra de las Minas



5. Consideraciones

- Por la escala los cauces de los ríos en la zona plana no coinciden con las estaciones hidrológicas.
- Hubo necesidad de usar un factor de ajuste de 50 % en los caudales superficiales proporconados por la formulaa de USSCS, esto debe ser a causa de las áreas de inundación y factores de la evapotranspiración que no se consideraron a detalle
- La falta de información Geológica y la no correlación de datos no permite una modelación adecuada del agua subterránea

6. Conclusiones

- La eliminación de la cobertura forestal incrementa las crecidas en la época lluviosa y reduce los caudales entre un 10 a 20 por ciento en los meses secos.
- Siendo el área de la Sierra de las Minas más del 50% de la cobertura forestal de la cuenca, y encontrándose en la zona más lluviosa es responsable del 43% de este cambio.
- Habrá una reducción de al menos 5 % del nivel del manto acuífero, pero podría llegar hasta un 33% en condiciones extremas.
- La tala de los bosques ocasiona problemas de crecidas e inundaciones en la época lluviosa y de caudales menores en la época seca.

7. Comentarios Sobre El Cerro Alux

En base a los resultados de Sierra de las Minas se pueden inferir resultados similares para la zona de Cerro Alux, es decir un incremento de la escorrentía en época lluviosa y un decremento en la época seca. Incluso se puede predecir que el incremento será más dramático, pues el cambio de uso de la tierra es de zona boscosa a urbana, con la reducción total de la infiltración. Las limitaciones de los datos hacen poco factible correr el modelo y obtener resultados razonables.

8. Recomendaciones

- Mejorar la calidad del Modelo incluyendo otros parametros
    - Geología
    - Suelos y Topografía a Escala 1:50,000
    - Calcular el Registro hasta el 2000 de las Estaciones
    - Mejorar la determinación de Agua Subterranea
- Mejorando información básica
    - Estaciones Hidrológicas y Meteorológicas en la cuenca del Río Hondo y Pasabien.
- Estudiar la posibilidad de aplicar el modelo Swat de la Universidad de Texas. Sin embargo, esto requeriría varios meses par procesar los datos en el formato adecuado, pues el programa necesita datos a nivel diario.

9. Bibliografía y Fuentes de Datos

1. **Handbook of Applied Hydrology**, *V.T. Chow*, McGraw Hill book Company, 1964.
2. **Hydrology for Engineers,** *Linsley, Kohler and Paulhus,* McGraw Hill Book Company, 1985.
3. **Fundamentos de Hidrología de Superficie,** *Francisco Aparicio Mijares,* Editorial LIMUSA, 1989.
4. **Boletines Hidrológicos,** *INSIVUMEH*, Publicaciones del INSIVUMEH 1969-1989
5. **CD de Mapas 1:250,000,** *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA- Unidad de Políticas e Información Estratégica –UPIE- Programa de Emergencia por Desastres Naturales –PEDN*-.MAGA Marzo 2001.
6. **Design of Small Dams,** *Bureau of Reclamation United States Department of Interior,* Reprint 1977.
7. **Introduction to the Use of Geographic Information Systems for Practical Hydrology,** *Meijerink, Brouer, Mannaerts y Valenzuela,* UNESCO International Hydrological Programme and International Institute for Aerospace, Survey and Earth Science (ITC), 1994
8. **Working with ArcView Spatial Analyst,** *Environmental System Research Institute, Inc. ESRI,* February 1998.

INDICE DE ANEXOS

ANEXO I	Mapas Base de Sierra de las Minas
ANEXO II	Datos Hidrológicos de Sierra de las Minas
ANEXO III	Datos Climáticos de Sierra de las Minas
ANEXO IV	Mapas Base del Cerro Alux
ANEXO V	Capas del Modelo
ANEXO VI	Instrucciones de Operación del Modelo

ANEXO I
Mapas Base de la Sierra de las Minas

Figura 1. Mapa de Curvas de Nivel de la Zona de Sierra de las Minas

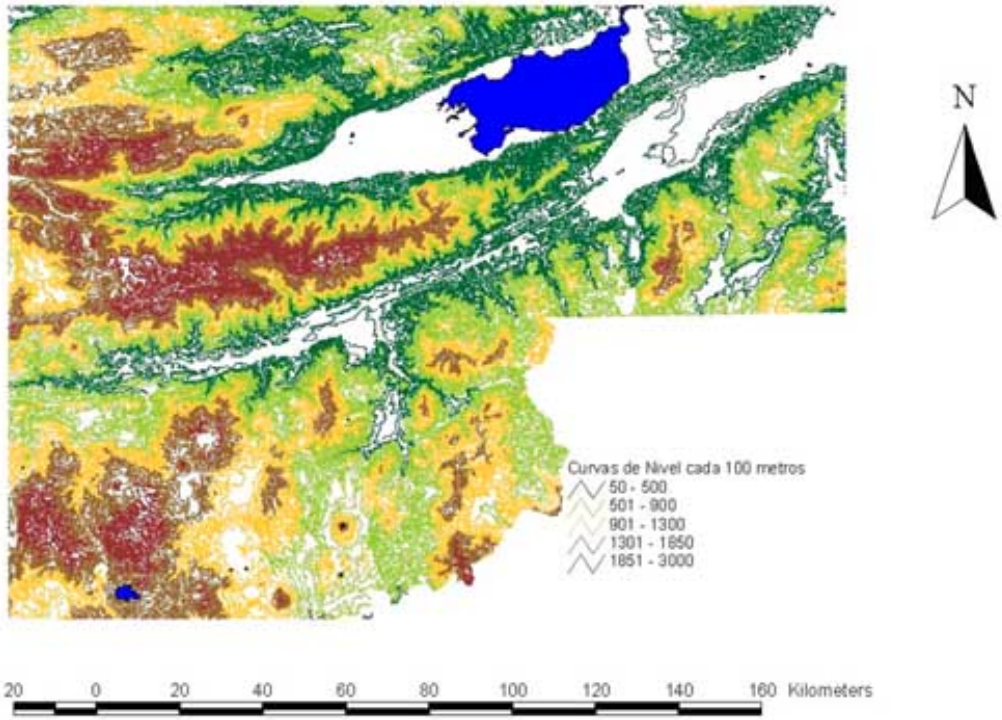


Figura No. 2 Temperaturas Medias Anuales de la Zona de Sierra de las Minas

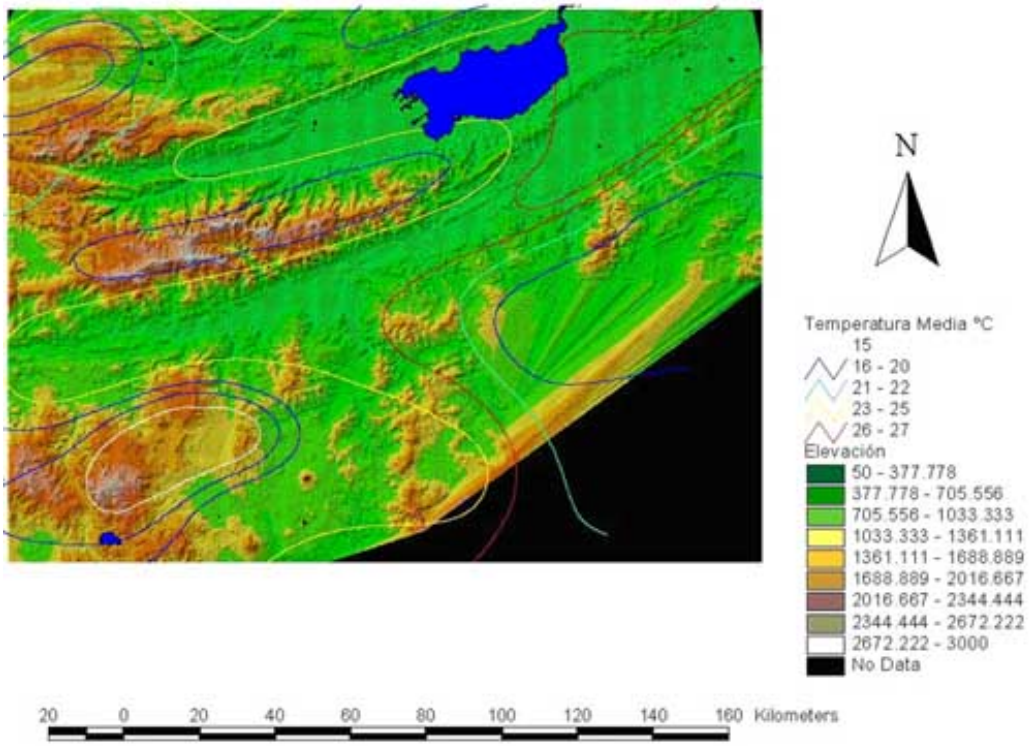


Figura No3 Temperaturas Máximas Anuales de la Zona de Sierra de las Minas

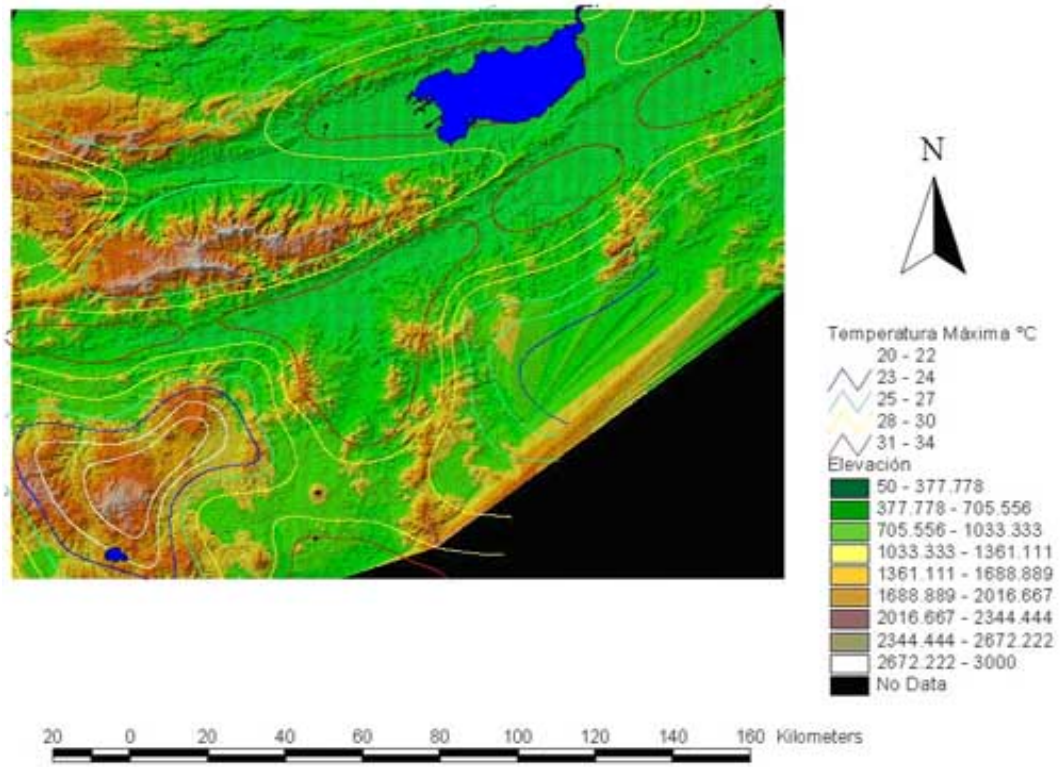


Figura No. 4 Temperaturas Mínimas Anuales de la Zona de Sierra de las Minas

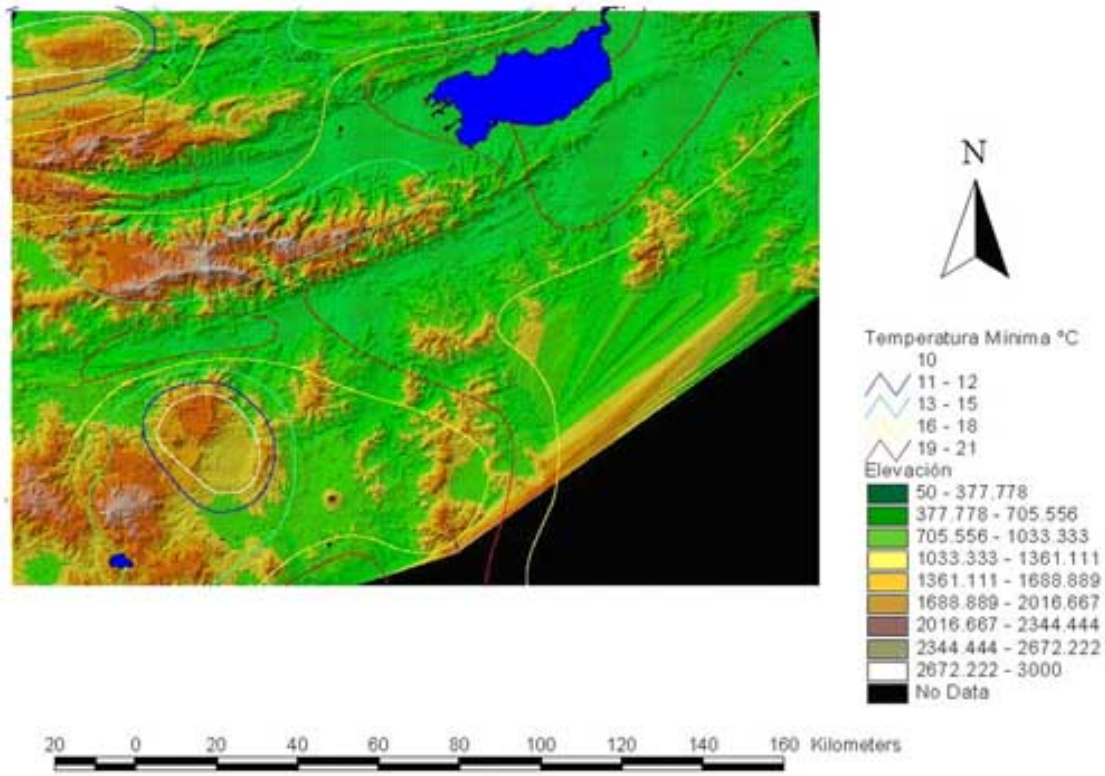


Figura No. 5 Cobertura Vegetal

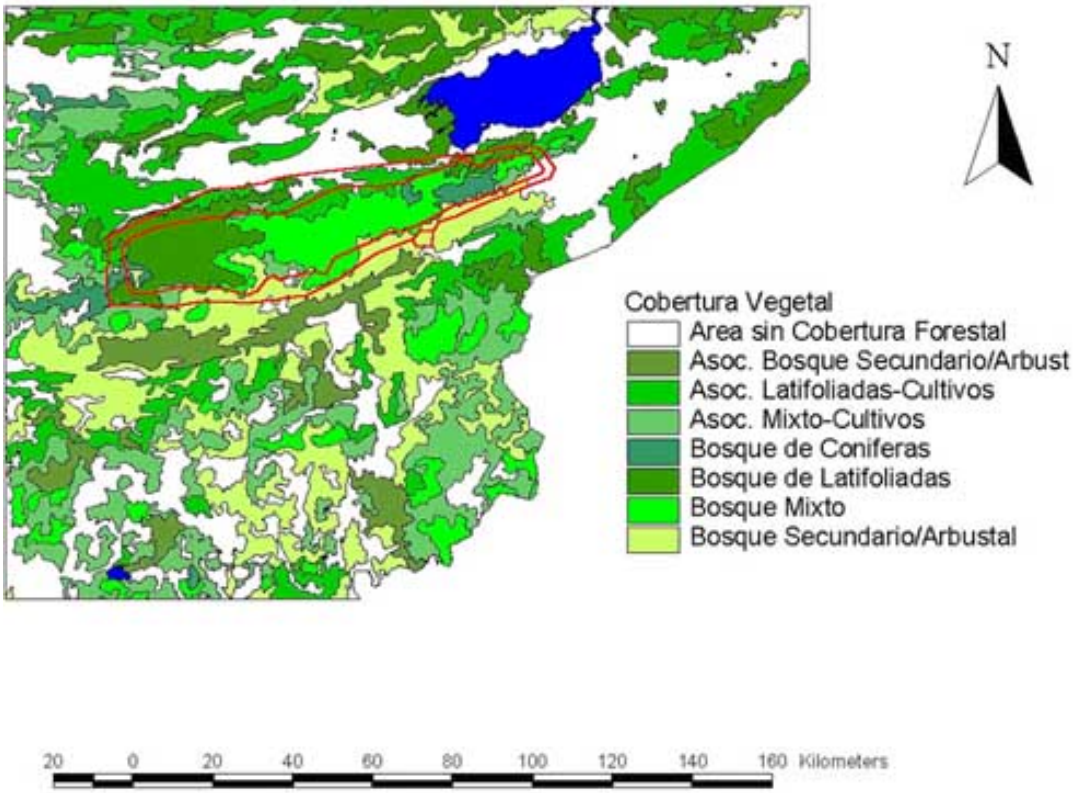


Figura No. 6 Suelos

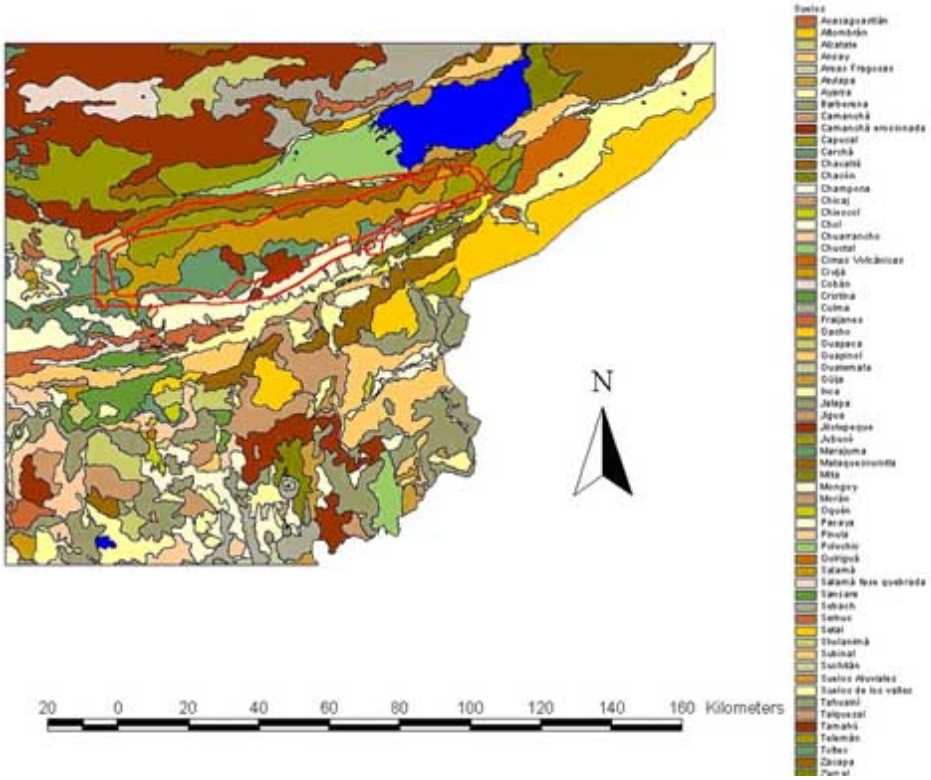


Figura No. 7 Uso de la Tierra en la Zona de Sierra de las Minas

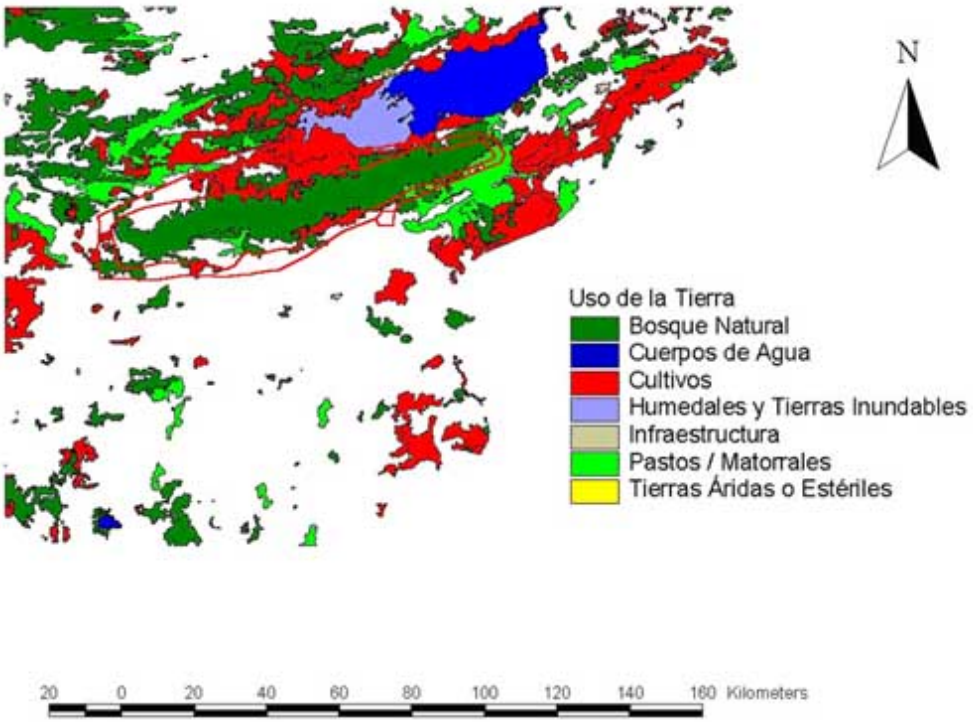


Figura No.8 Densidad de Poblaciones en la Zona de Sierra de las Minas

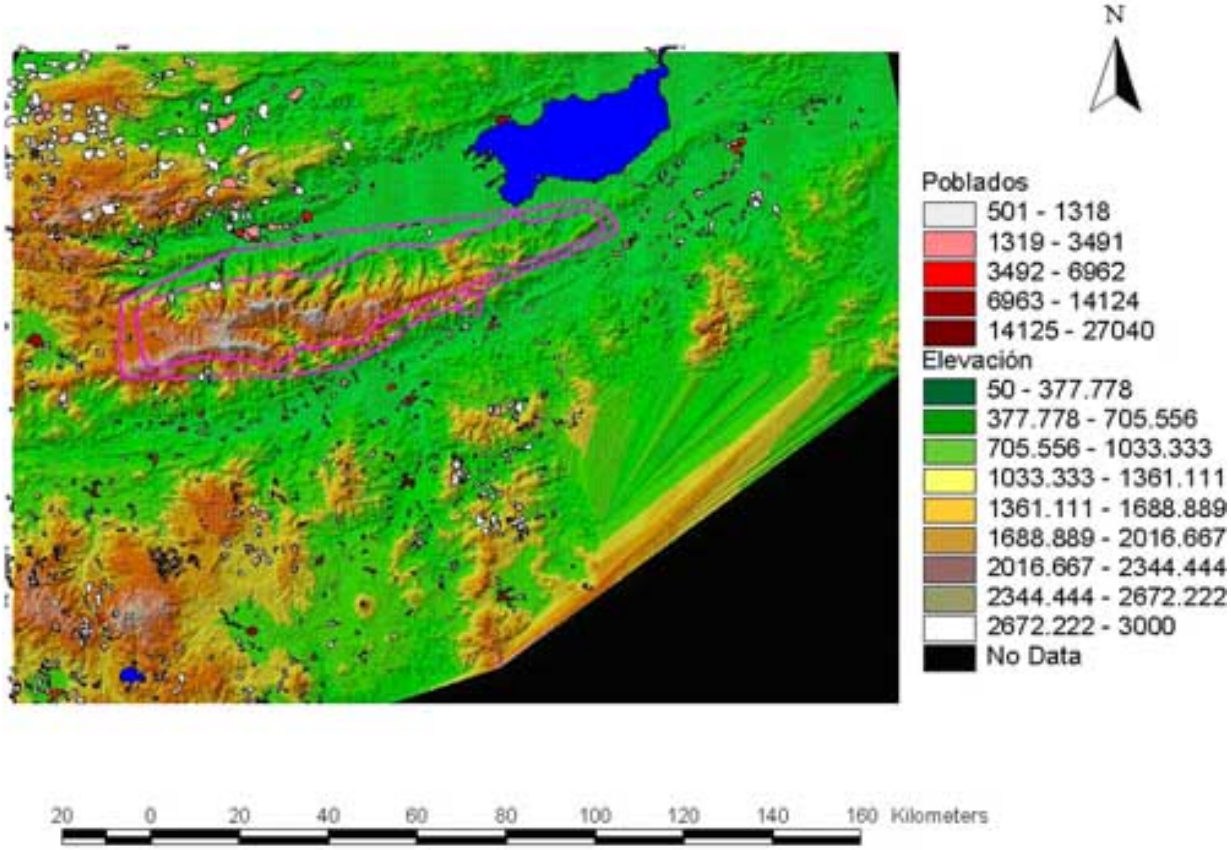


Figura No. 9 Accesos y Carreteras de la Zona de las Sierras de las Minas

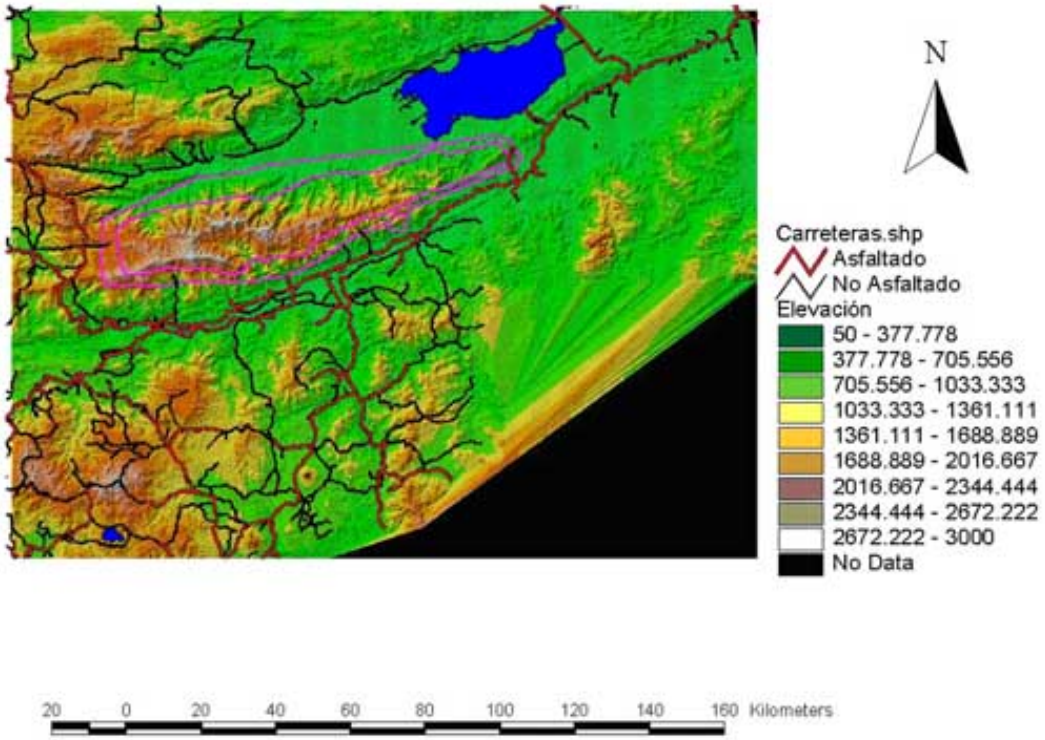
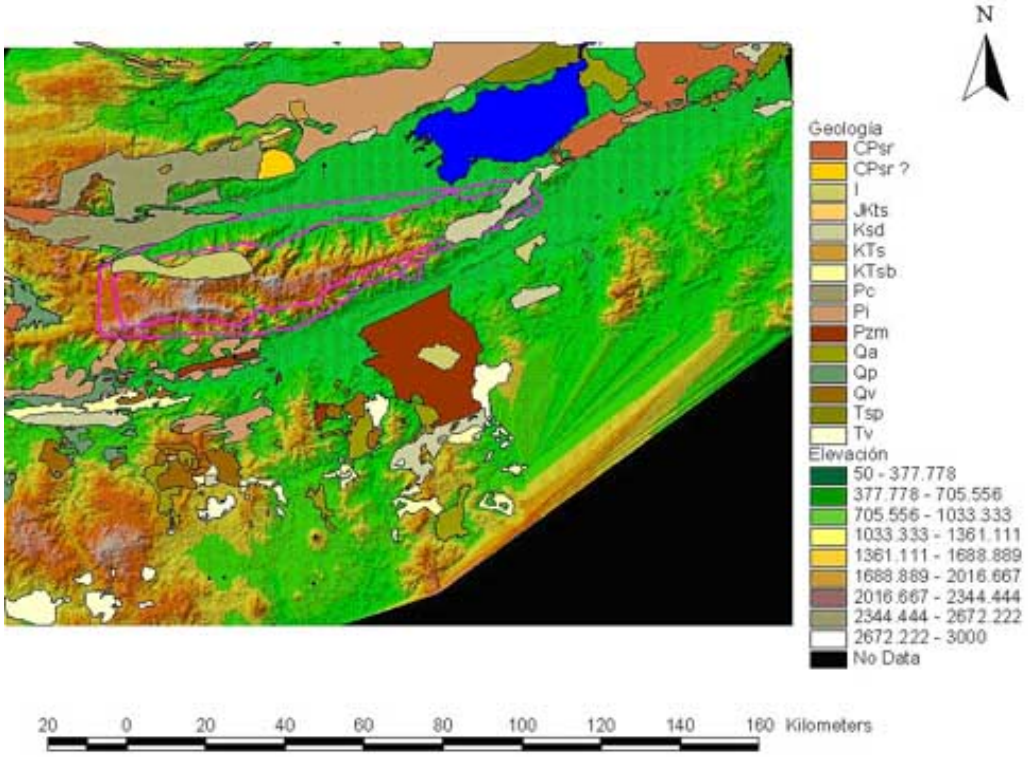


Figura No. 10 Geología de la Zona de la Sierra de las Minas



ANEXO II

Datos Hidrológicos de la Sierra de las Minas

Caudales Mensuales
Estación: **Morales**
Promedio Mensual por Año
Anual Morales

meses	69	70	71	72	73	74	75	76	77	79	80	81	82	83	84	85
may		65.26761	49.30855	48.56884	42.56674	67.70742	35.86387	81.14839	210.1387	73.3129	63.50639	55.48555	62.50987	37.91945	117.3704	49.117
jun		99.32803	68.32947	151.5198	283.8067	383.0513	72.76933	351.8233	55.63	228.1867	224.5529	445.8192	214.2924	177.2144	409.1842	143.7787
jul	233.4646	366.904	120.5699	162.9084	208.1204	328.961	69.90871	299.9032	132.6452	305.4516	210.7669	401.933	201.3834	356.3684	432.7334	219.4421
ago	693.8497	545.3053	207.903	182.2383	379.9433	170.689	120.1329	148.1226	197.4839	411.6774	357.9397	525.3764	174.3965	186.0921	610.5031	251.0711
sep	967.3919	1209.994	510.6663	175.357	324.7609	479.6537	426.0817	160.4667	245.3567	779.2333	309.0476	498.27	483.4127	585.1675	939.1296	421.682
oct	496.7879	497.3136	461.6471	119.5924	542.4224	486.2361	292.0358	288.1935	125.5774	598.9677	383.6457	672.1999	561.9255	392.4369	395.13	420.5851
nov	234.622	278.964	230.0692	83.63423	202.6477	175.491	307.3577	150.97	134.9467	234.9333	237.7165	210.2221	161.2728	224.4272	208.8706	184.4344
dic	260.0795	214.3111	451.1932	134.5539	138.0165	141.7161	167.8148	215.129	89.78387	245.9032	214.1395	202.2633	104.8495	130.4684	136.7125	149.3713
ene	92.58858	121.3495	82.32681	60.424	74.67058	83.50903	159.6161	71.76129	71.2	110.0484	114.4205	116.1763	90.96519	154.6868	102.8736	162.13
feb	98.70596	84.17121	85.16593	51.72746	62.75561	56.49071	121.6234	50.86786	73.675	69.44483	159.8905	77.49157	57.19396	104.175	80.45011	91.86861
mar	58.32939	54.02626	60.20335	36.33719	54.14345	42.42194	68.93065	44.78065	60.11613	53.33226	78.889	59.06665	46.82487	64.93284	75.02765	57.13419
abr	34.5706	49.97923	37.443	32.12683	35.93117	26.993	48.46867	44.20667	42.93667	38.34	57.61553	37.57983	45.35893		50.01147	53.81013
Anual	317.039	298.9095	197.0688	103.249	195.8155	203.5767	157.5503	158.9478	119.9575	262.4026	201.0109	275.157	183.6988	219.4444	296.4997	183.7021

Caudales Mensuales
Estación: **Morales**
Promedio Todo el Registro
Anual Morales

meses	69	70	71	72	73	74	75	76	77	79	80	81	82	83	84	85	Promedio
may		65.26761	59.94792	57.10315	54.19587	56.4478	53.50724	56.96238	73.98197	73.91506	72.96882	71.51188	70.81942	68.46942	71.72948	70.3162	71.39004
jun		99.32803	88.99518	104.6263	140.4624	180.8939	165.4475	188.7445	173.954	179.3773	183.4841	205.3454	206.0336	203.9751	217.6557	213.0384	201.2728
jul	233.4646	300.1843	240.3128	220.9617	218.3935	236.8214	212.9767	223.8425	213.7095	222.8837	221.7822	236.7947	234.0708	242.8063	255.4681	253.2165	238.1461
ago	693.8497	619.5775	482.3527	407.3241	401.8479	363.3214	328.5802	306.023	293.9631	305.7345	310.4805	328.3885	316.5429	307.225	327.4436	322.6703	316.9265
sep	967.3919	1088.693	896.0173	715.8522	637.6339	611.3039	584.8436	531.7965	499.9698	527.8962	508.0008	507.1899	505.3609	511.0614	539.5993	532.2294	518.7626
oct	496.7879	497.0508	485.2495	393.8352	423.5527	433.9999	413.7193	398.0286	367.7563	390.8774	390.22	413.7183	425.1189	422.7844	420.9408	420.9186	412.0826
nov	234.622	256.793	247.8851	206.8224	205.9874	200.9047	216.1123	207.9695	199.8558	203.3636	206.4866	206.7979	203.2959	204.8053	205.0763	203.7862	204.8017
dic	260.0795	237.1953	308.5279	265.0344	239.6308	223.3117	215.3836	215.3518	201.3998	205.8501	206.6037	206.242	198.4426	193.5873	189.7956	187.2691	198.2558
ene	92.58858	106.969	98.75497	89.17223	86.2719	85.81142	96.35495	93.28074	90.82733	92.74943	94.71952	96.50759	96.08125	100.2674	100.4411	104.2967	97.86613
feb	98.70596	91.43859	89.3477	79.94264	76.50524	73.16948	80.09148	76.43853	76.13147	75.4628	83.13804	82.66751	80.708	82.38421	82.25527	82.85611	81.35314
mar	58.32939	56.17782	57.51967	52.22405	52.60793	50.91026	53.4846	52.39661	53.25433	53.26213	55.59184	55.88141	55.18475	55.88104	57.15748	57.15603	55.73067
abr	34.5706	42.27492	40.66428	38.52992	38.01017	36.17397	37.93036	38.7149	39.18398	39.09958	40.78285	40.51593	40.88847	40.88847	41.49667	42.26626	40.84832
Annual	317.039	288.4125	257.9646	219.2857	214.5916	212.7558	204.8693	199.1291	190.3323	197.5393	197.8549	204.2968	202.7123	202.8446	209.0883	207.5016	203.1197

Caudales Mensuales
Estación: N Puente Orellana
Promedio Mensual por Año
Anual Pte. Orellana

meses	69	70	71	72	73	74	75	76	77	79	80	81	82	83	84	85
may	33.37519	18.73674	24.00513	19.88365	16.80494	36.62742	11.76125	31.21935	19.14839	17.12839	13.3388	20.31965	16.95265	13.93042	37.62516	15.29042
jun	126.1373	27.95433	35.86347	56.02763	52.44013	85.514	9.5	142.0733	41.68333	55	39.99507	88.84947	67.52977	81.6326	133.5921	50.17217
jul	192.8642	122.8056	46.09452	64.20161	54.20813	51.27581	5.477419	78.22903	120.5258	129.7645	45.90761	101.0098	63.38442	103.2998	161.6649	76.12932
ago	194.5344	237.8042	114.1071	51.01897	147.1186	32.20516	26.73516	38.25806	62.37097	176.1194	93.17106	147.6412	31.74161	86.80771	129.9136	85.51835
sep	376.1301	295.5337	150.7834	45.1523	96.0182	92.51333	123.667	85.96667	222.6233	867.9	142.1097	179.502	151.5021	134.932	302.9839	184.3903
oct	163.4077	131.3029	226.6119	38.05577	183.8192	56.72645	105.9584	144.9871	71.8129	223.8581	67.03929	197.4414	84.62326	93.44858	90.23348	156.6268
nov	47.0572	59.905	42.86553	20.42547	40.966	23.18567	33.00267	21.93	30.35667	38.78333	20.79253	52.11383	25.3965	52.5044	31.2436	52.477
dic	23.08884	24.954	25.85323	13.49868	22.60861	14.74355	2.416452	15.15484	8.674194	21.9	16.08832	23.97229	18.56271	24.54874	16.94865	30.74723
ene	13.42523	14.50897	19.54081	11.15613	16.81245	12.04129	0.1848	12.09774	7.629032	12.74194	14.65145	21.84013	16.26994	17.25787	12.39239	19.70635
feb	12.81336	11.377	14.70731	9.681643	12.88404	9.924643	3.9716	8.030714	6.742857	9.085517	13.833	17.19707	17.80811	14.60124	9.345143	15.91675
mar	10.56858	9.075	10.64765	9.248645	12.42829	9.263226	2.253226	5.002581	6.567742	6.66	13.91039	13.20177	19.40232	13.45471	7.980903	12.91345
abr	12.10127	7.6152	9.499	10.30663	9.403567	7.523333	4.036667	5.263667	15.7	7.155667	13.67967	10.64887	12.30417	13.397	6.522067	12.39053
Anual	100.4586	80.13105	60.04825	29.05476	55.45935	35.96199	27.41372	49.01776	51.15294	130.5081	41.20974	72.81146	43.7898	54.15126	78.37049	59.35656

Caudales Mensuales
Estación: **Puente Orellana**
Promedio Todo el Registro
Anual Pte. Orellana

meses	69	70	71	72	73	74	75	76	78	79	80	81	82	83	84	85	Promedio
may	33.37519	26.05597	25.37235	24.00018	22.56113	24.90551	23.02776	24.05171	23.5069	22.86904	22.00266	21.86241	21.48473	20.94514	22.05714	21.63422	21.83648
jun	126.1373	77.0458	63.31836	61.49568	59.68457	63.98947	56.20526	66.93877	64.13261	63.21935	61.10805	63.41984	63.73598	65.01431	69.58616	68.37279	64.92236
jul	192.8642	157.8349	120.5881	106.4915	96.03481	88.57498	76.7039	76.89454	81.74246	86.54466	82.85039	84.36367	82.74988	84.21774	89.38088	88.55266	85.52284
ago	194.5344	216.1693	182.1485	149.3662	148.9167	129.4647	114.7891	105.2227	100.4614	108.0272	106.6766	110.0904	104.0635	102.831	104.6365	103.4416	105.681
sep	376.1301	335.8319	274.1491	216.8999	192.7235	176.0218	168.5426	158.2206	165.3765	235.6288	227.1271	223.1583	217.6463	211.7381	217.8212	215.7318	221.2645
oct	163.4077	147.3553	173.7742	139.8446	148.6395	133.3207	129.4118	131.3587	124.7425	134.654	128.5072	134.2518	130.4342	127.7924	125.2884	127.2471	129.7393
nov	47.0572	53.4811	49.94258	42.5633	42.24384	39.06748	38.20108	36.16719	35.52158	35.84775	34.4791	35.94866	35.13695	36.37749	36.03523	37.06284	35.84114
dic	23.08884	24.02142	24.63202	21.84869	22.00067	20.79115	18.16619	17.78977	16.77693	17.28924	17.18006	17.74608	17.8089	18.29032	18.20087	18.98502	17.92864
ene	13.42523	13.9671	15.825	14.65778	15.08872	14.58081	12.52424	12.47093	11.93294	12.01384	12.25362	13.0525	13.29999	13.5827	13.50334	13.89103	13.08529
feb	12.81336	12.09518	12.96589	12.14483	12.29267	11.898	10.76566	10.42379	10.0148	9.921868	10.27743	10.85406	11.38899	11.61844	11.46688	11.745	11.03895
mar	10.56858	9.82179	10.09708	9.884968	10.39363	10.20523	9.06923	8.560899	8.339437	8.171494	8.693211	9.068925	9.863801	10.12029	9.977669	10.16116	9.43665
abr	12.10127	9.858233	9.738489	9.880525	9.785133	9.408167	8.64081	8.218667	9.049926	8.8605	9.298606	9.411128	9.633669	9.902479	9.677118	9.846706	9.518601
Anual	100.4586	90.29483	80.21264	67.42317	65.03041	60.18567	55.50396	54.69319	54.29983	61.92065	60.03784	61.10231	59.77058	59.3692	60.63595	60.55599	60.48464

Caudales Mensuales
Estación: **Pasabien**
Promedio Mensual por Año
Anual Pasabien

meses	76	77	79	80	81	82	84	85
may	1.077323	1.476355	0.805645	0.854065	0.909065	1.542806	0.86129	0.534581
jun	3.808667	5.098933	1.876267	1.5747	5.9194	3.364433	2.6688	2.402167
jul	2.804516	2.162968	1.541419	3.018452	4.125516	2.297387	3.925613	1.605806
ago	2.208387	1.248516	2.511516	3.092419	5.10871	1.872484	7.587419	1.551484
sep	1.534		5.932	4.749767	4.353267	3.430067	7.2317	3.9907
oct	3.659032	17.65706	7.170968	12.54603	4.716548	4.113161	4.216161	4.254677
nov		3.654667	7.039	4.239667	3.071167	1.779567	3.400167	3.2117
dic		5.315903	7.877419	4.029129	3.476516	1.344806	3.248226	2.677419
ene	0.775355	1.42671	1.835484	1.930677	3.50129	2.087452	1.998935	1.811742
feb	0.64125	1.825571	1.636034	2.832929	2.37125	1.241893	2.202321	0.77275
mar	0.586613	1.28229	1.12329	1.044226	1.231387	0.884613	2.426581	1.20571
abr	1.3188	0.7558	2.298833	0.994	1.152033	0.900833	1.307567	0.842567
Anual	1.841394	3.809525	3.470656	3.408838	3.328012	2.071625	3.422898	2.071775

Caudales Mensuales
Estación: **Pasabien**
Promedio Todo el Registro
Anual Pasabien

meses	76	78	79	80	81	82	84	85	Promedio
may	1.077323	0.906376	0.881194	0.875768	0.881317	0.975816	0.9615	0.914065	0.914943
jun	3.808667	3.079467	2.778667	2.537873	3.101461	3.139029	3.08025	3.004907	2.940365
jul	2.804516	2.072	1.939355	2.155174	2.483565	2.456968	2.640548	2.525577	2.366864
ago	2.208387	1.522946	1.770089	2.034555	2.546914	2.450567	3.092673	2.92143	2.469371
sep	1.534	1.555483	2.649613	3.069643	3.283581	3.304507	3.795406	3.817106	3.319976
oct	3.659032	7.797946	7.641202	8.622168	7.971231	7.420078	7.019589	6.712376	7.564441
nov		2.7	3.78475	3.875733	3.741639	3.461343	3.453696	3.426807	3.623995
dic		2.596204	3.916508	3.939032	3.861946	3.502355	3.470589	3.382459	3.678815
ene	0.775355	1.135516	1.310508	1.434542	1.779	1.823065	1.845048	1.841348	1.672252
feb	0.64125	1.491071	1.527312	1.788435	1.885571	1.793617	1.844705	1.725599	1.760873
mar	0.586613	1.011419	1.039387	1.040355	1.072194	1.045396	1.218044	1.216674	1.105342
abr	1.3188	0.899689	1.249475	1.19838	1.190656	1.149252	1.169042	1.132767	1.181595
Anual	1.841394	2.230677	2.540672	2.714305	2.81659	2.710166	2.799258	2.718426	2.716569

ANEXO III
Datos Meteorológicos de la Sierra de las Minas

Figura 1. Isoyetas del Mes de Enero

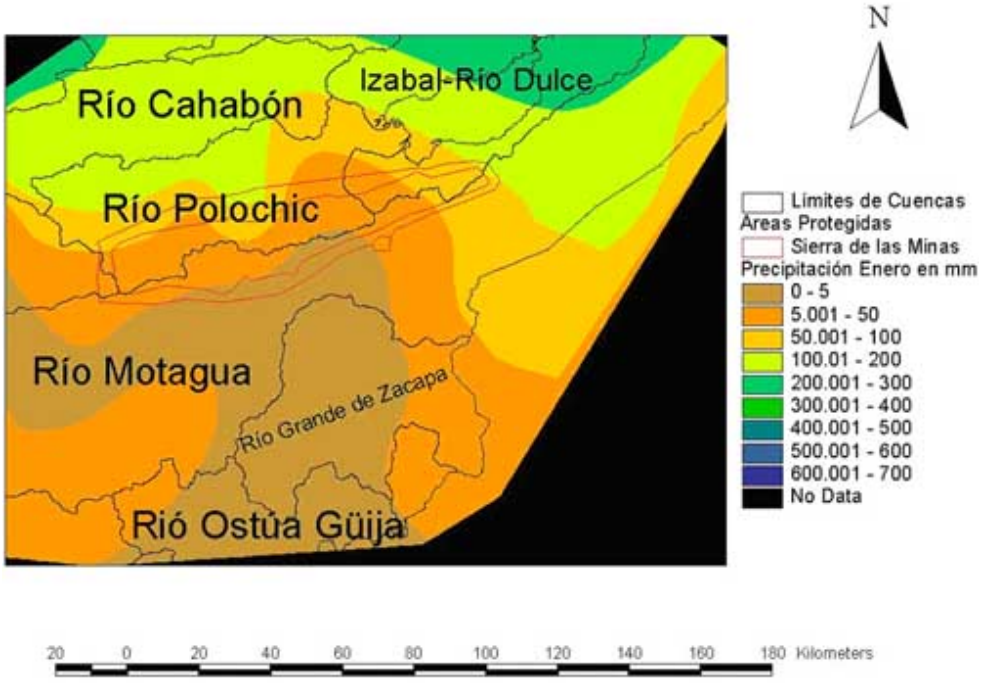


Figura No. 2 Isoyetas del Mes de Febrero

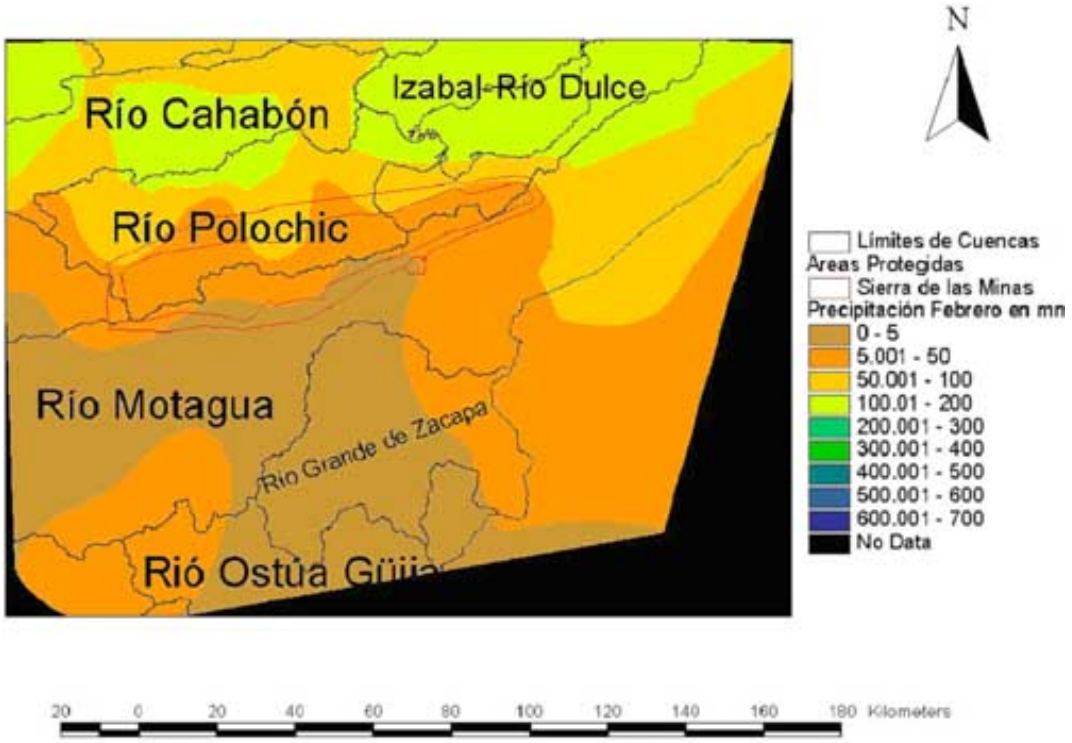


Figura No3 Isoyetas del Mes de Marzo

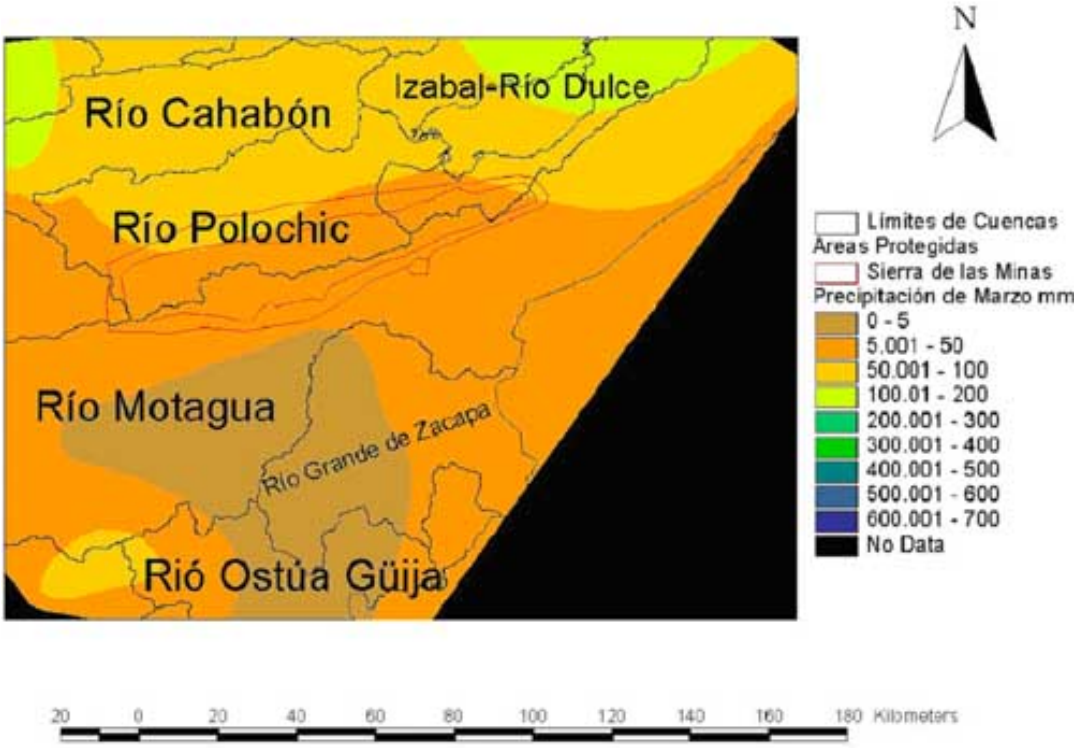


Figura No. 4 Isoyetas del Mes de Abril

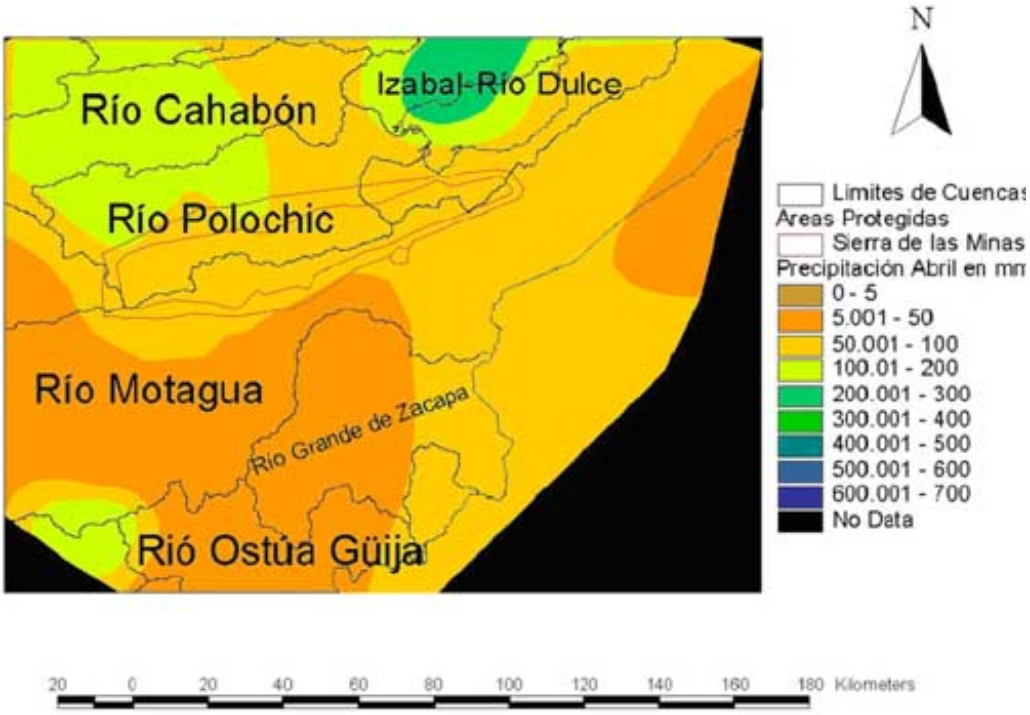


Figura No. 5 Isoyetas del Mes de Mayo

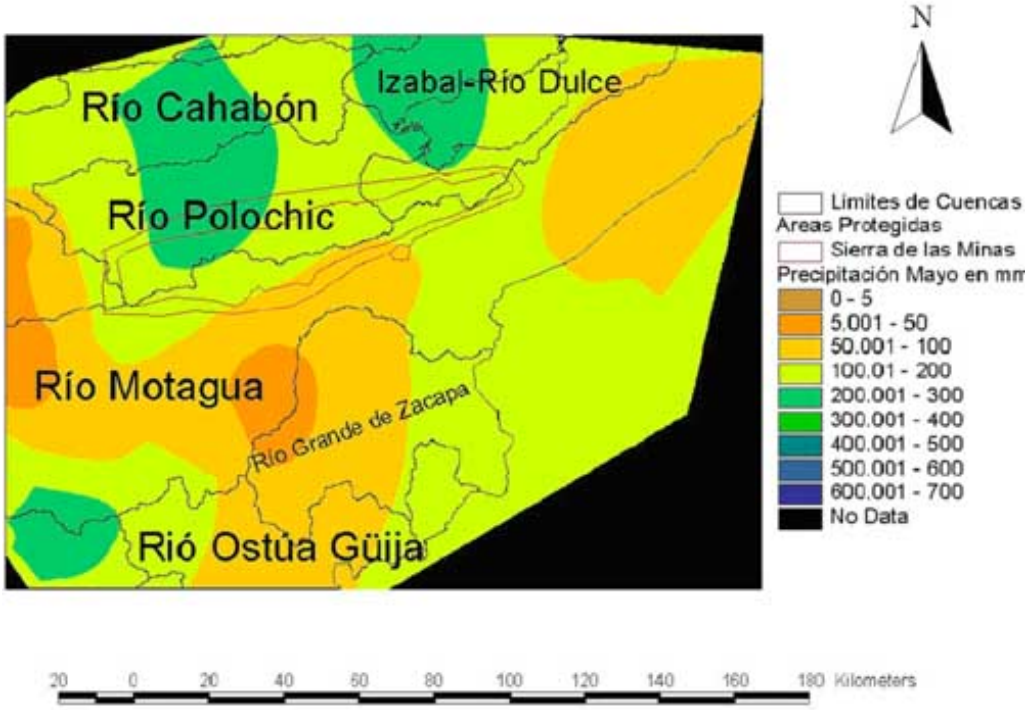


Figura No. 6 Isoyetas del Mes de Junio

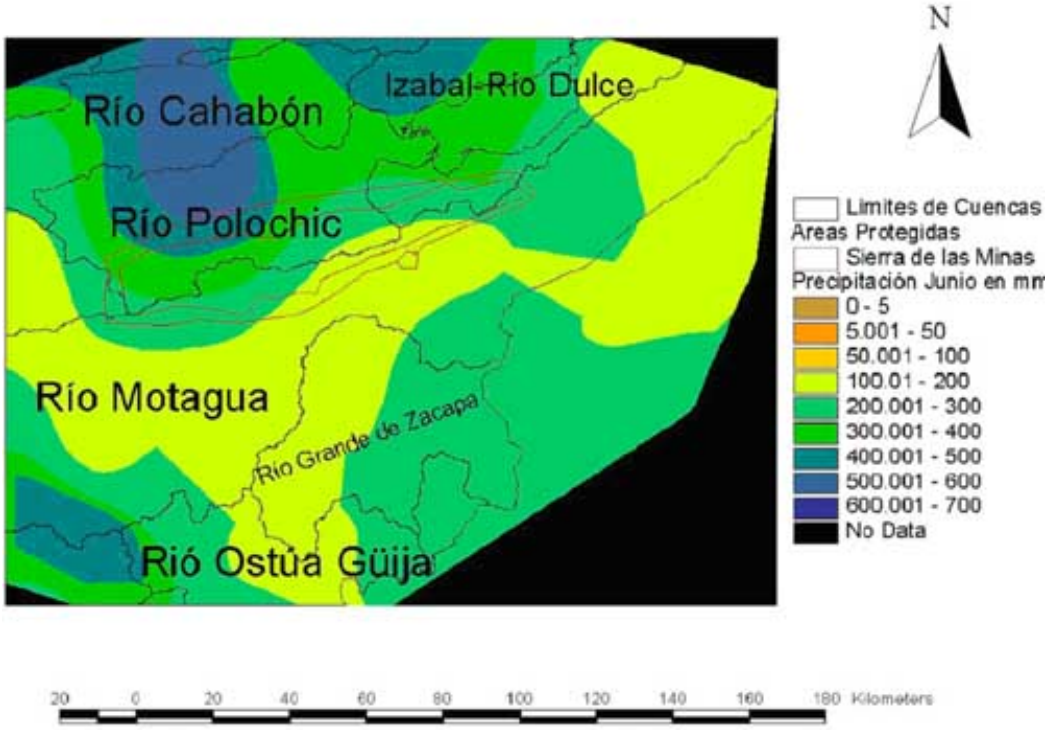


Figura No. 7 Isoyetas del Mes de Julio

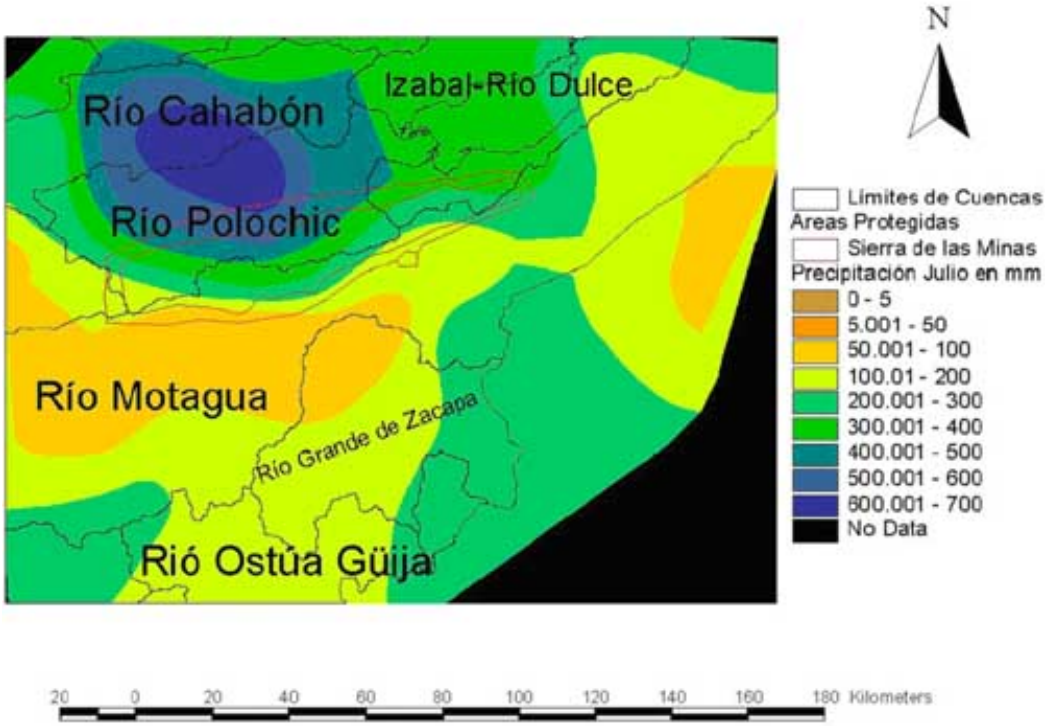


Figura No.8 Isoyetas del Mes de Agosto

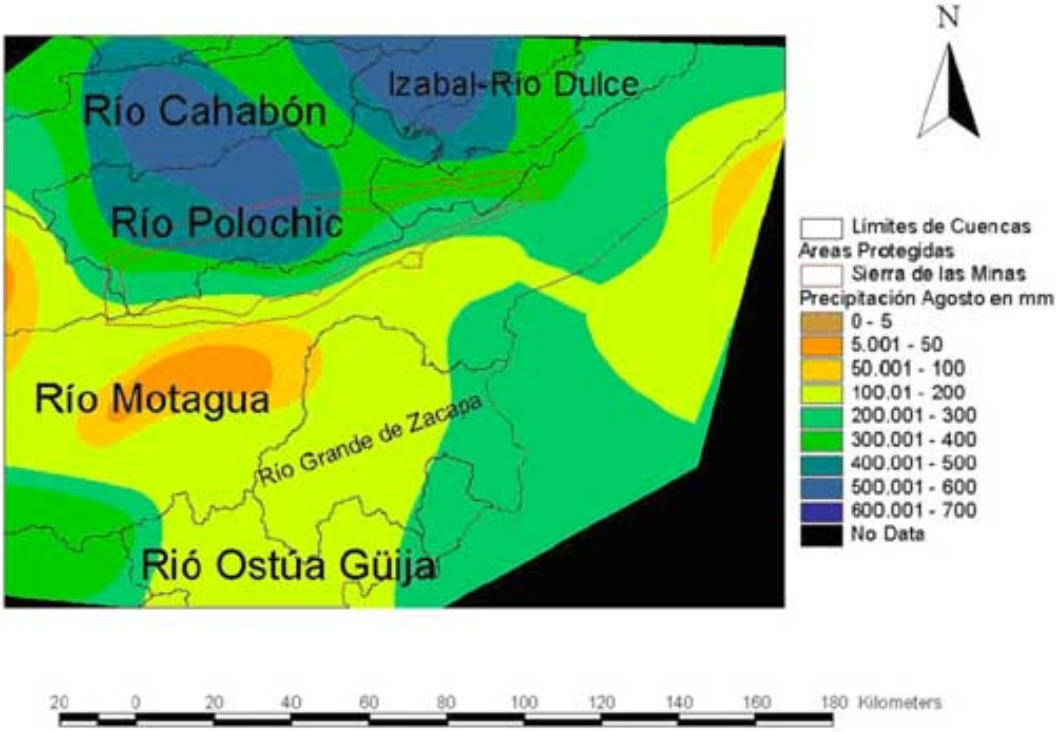


Figura No. 9 Isoyetas del Mes de Septiembre

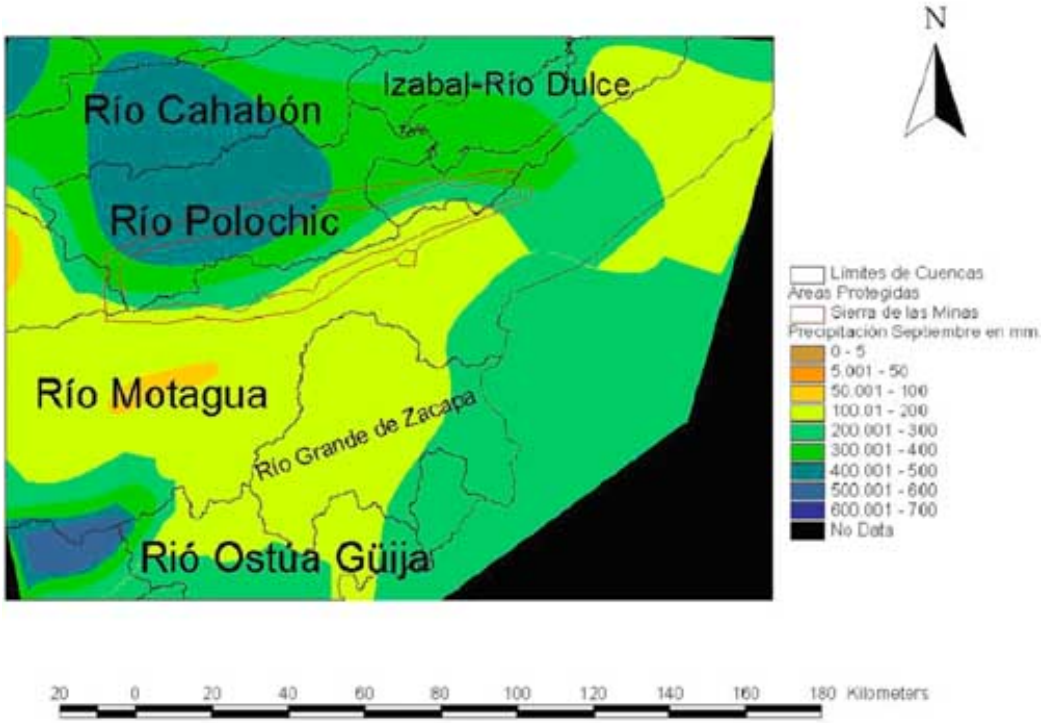


Figura No. 10 Isoyetas del Mes de Octubre

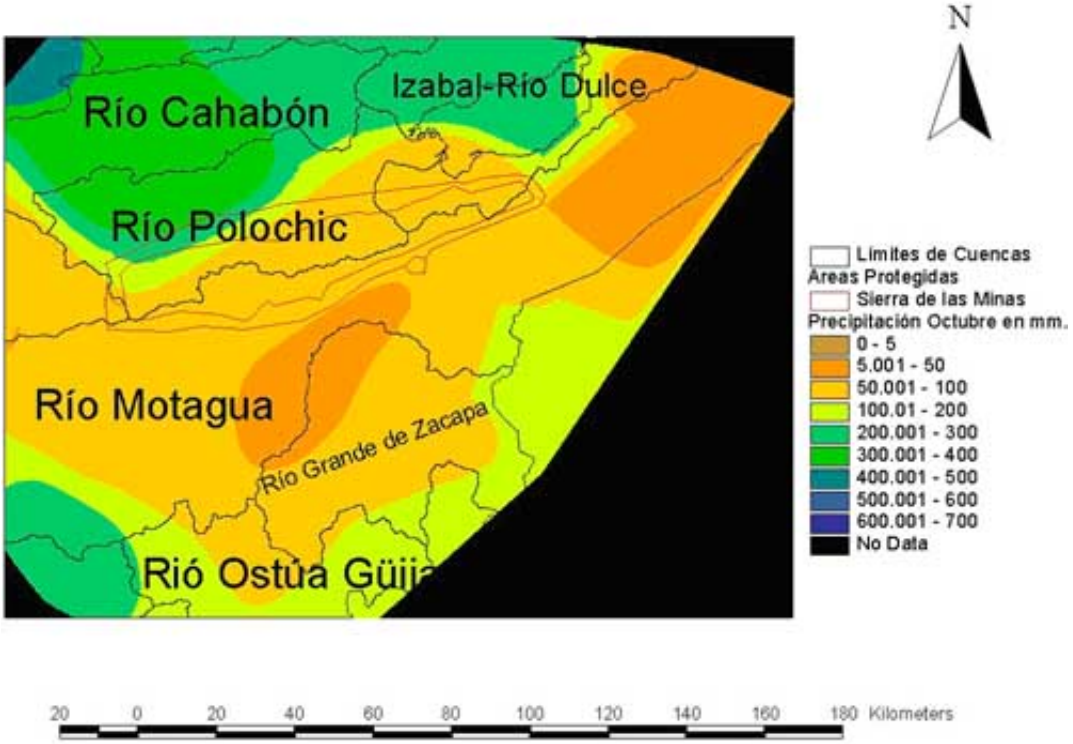


Figura No. 11 Isoyetas del Mes de Noviembre

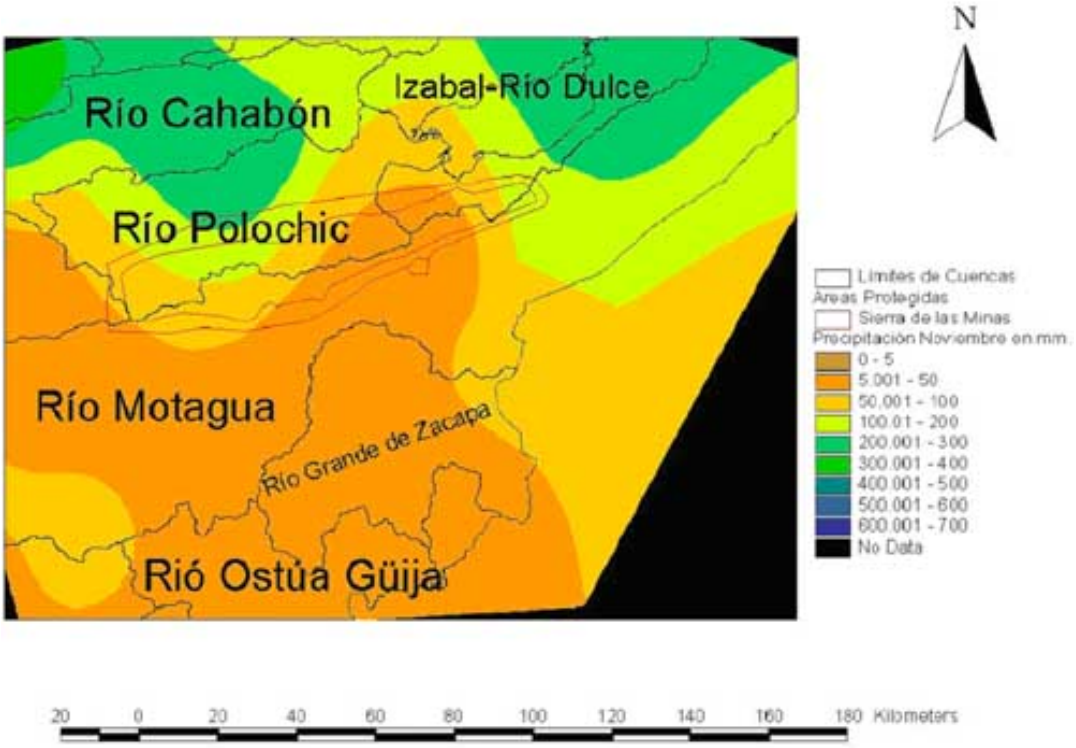


Figura No. 12 Isoyetas del Mes de Diciembre

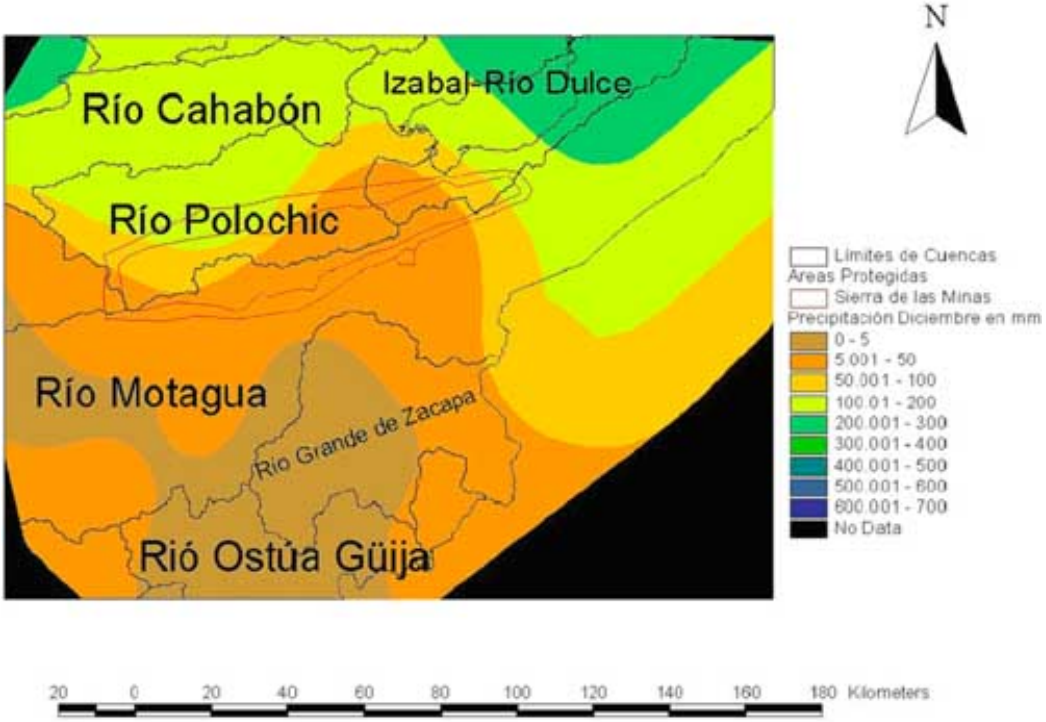


Figura 13. Evapotranspiración del Mes de Enero

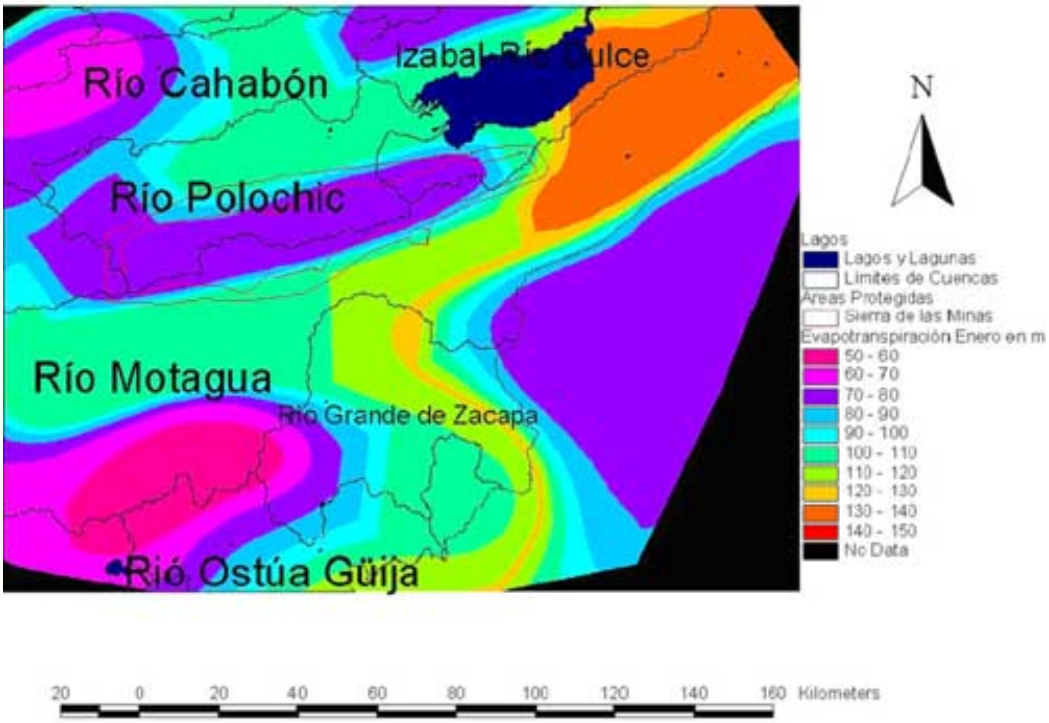


Figura No. 14. Evapotranspiración del Mes de Febrero

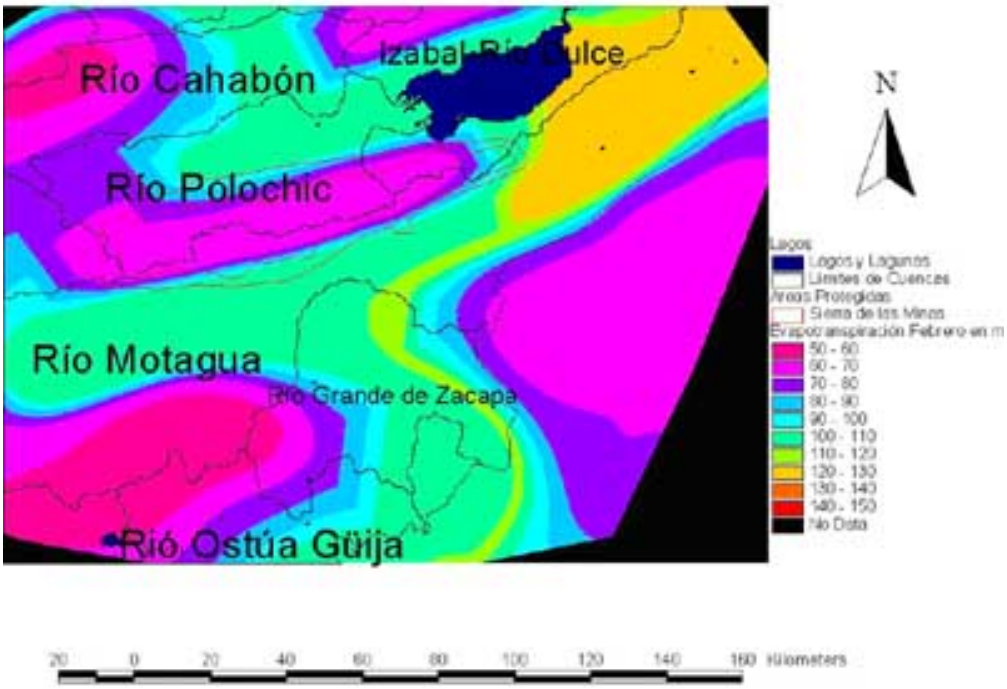


Figura No 15. Evapotranspiración del Mes de Marzo

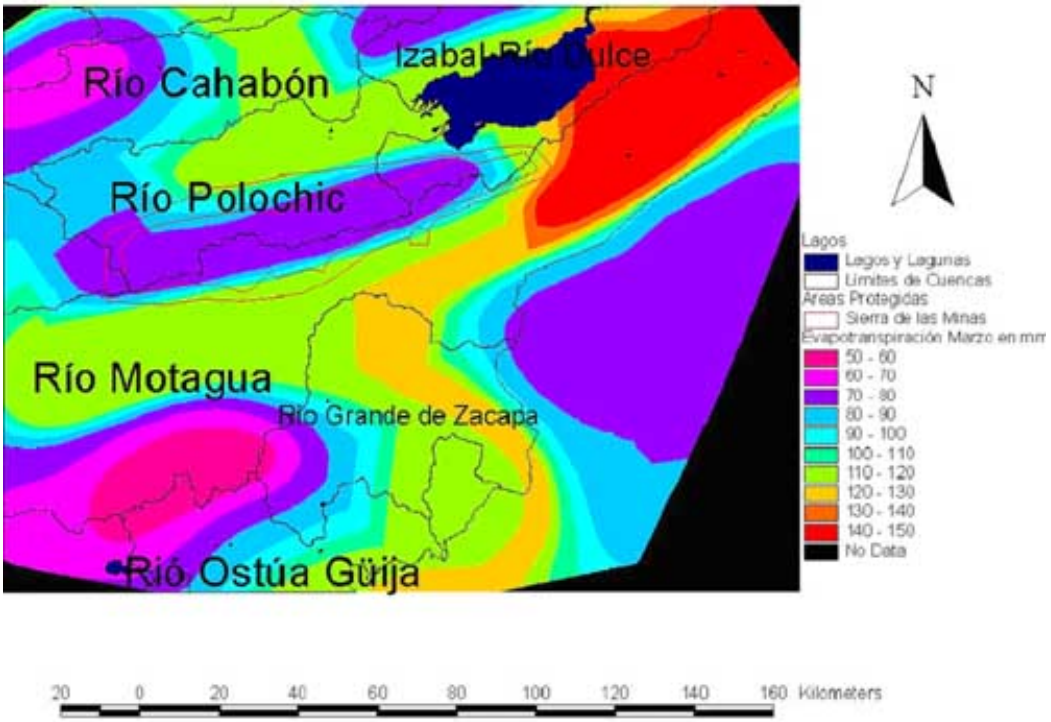


Figura No. 16 Evapotranspiración del Mes de Abril

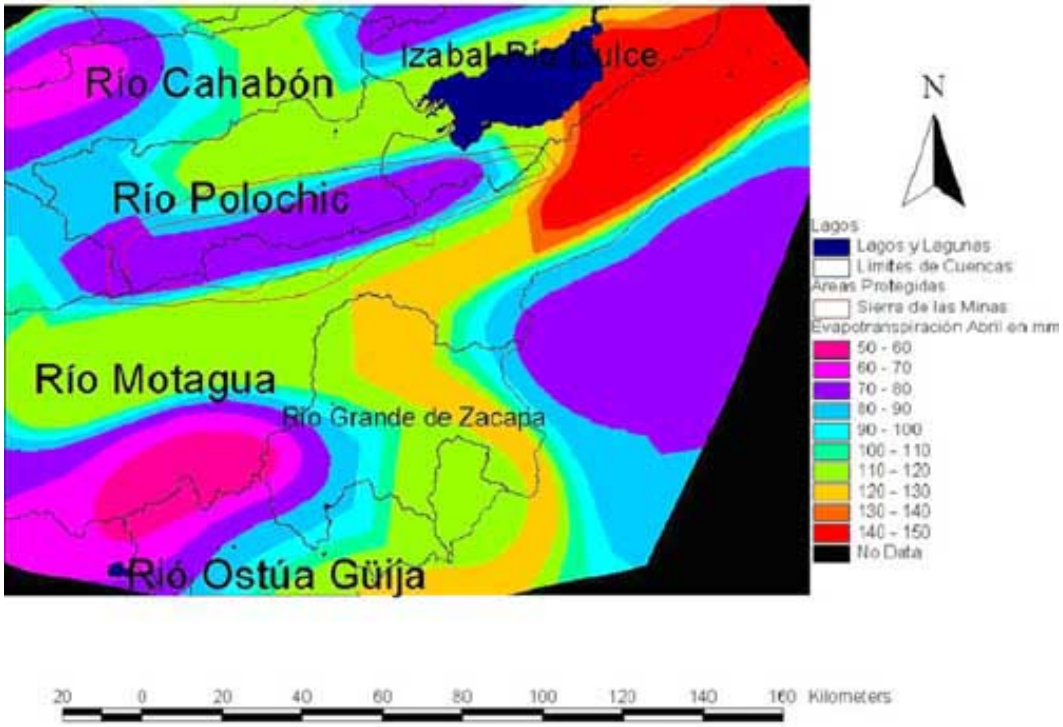


Figura No. 17 Evapotranspiración del Mes de Mayo

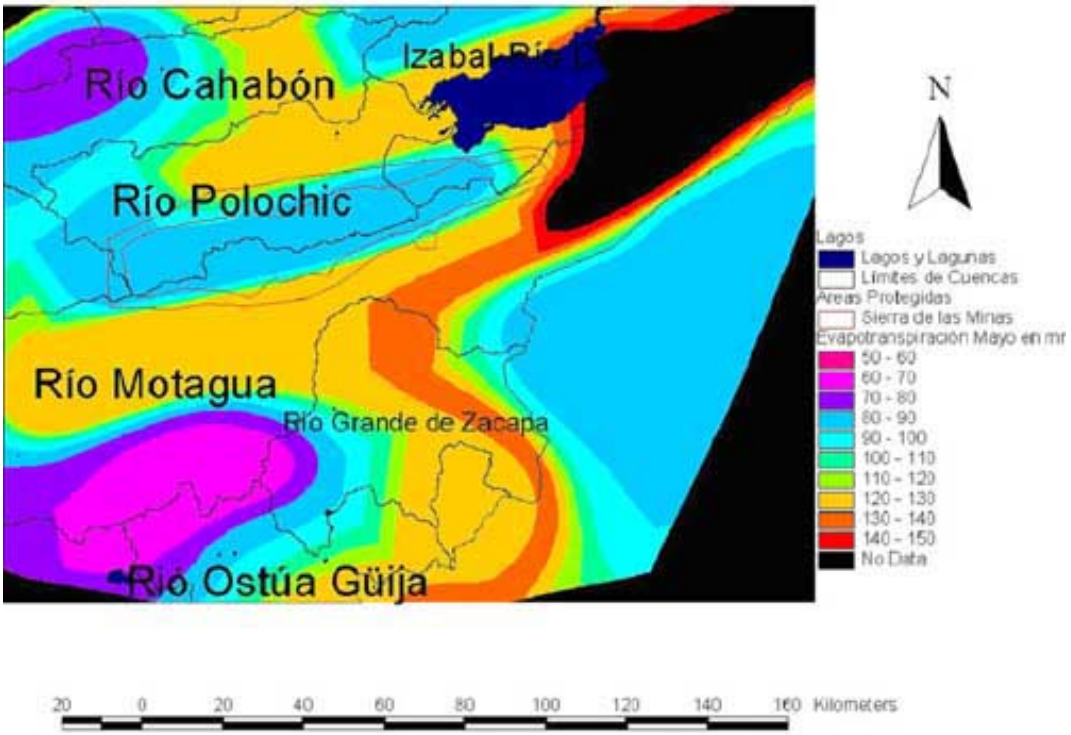


Figura No. 18 Evapotranspiración del Mes de Junio

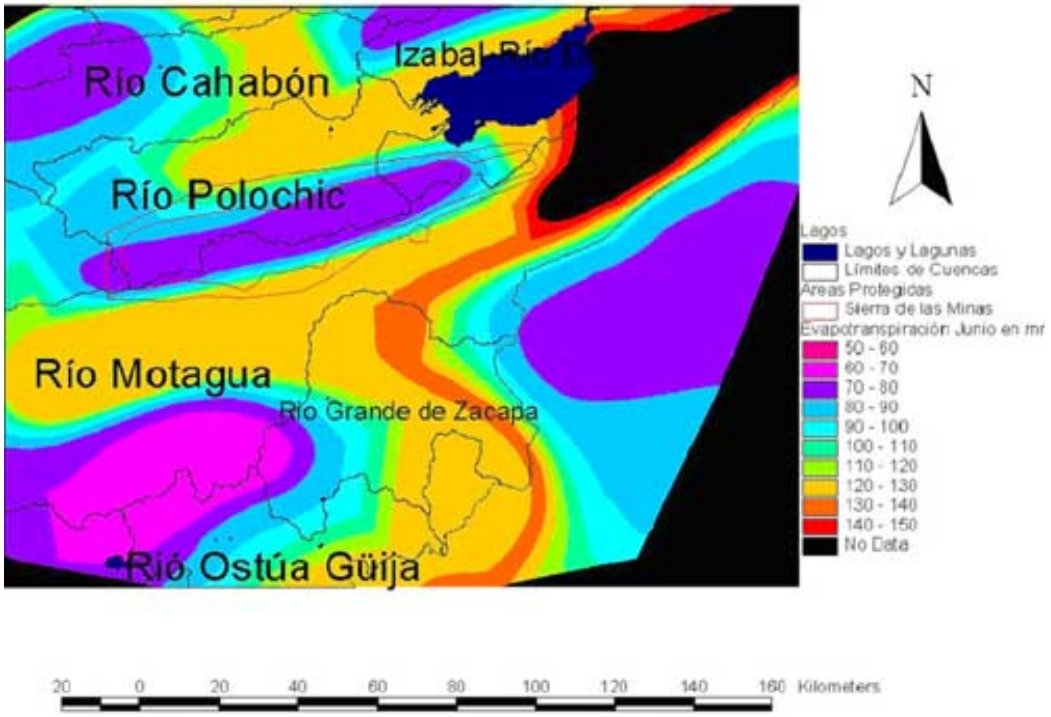


Figura No. 19 Evapotranspiración del Mes de Julio

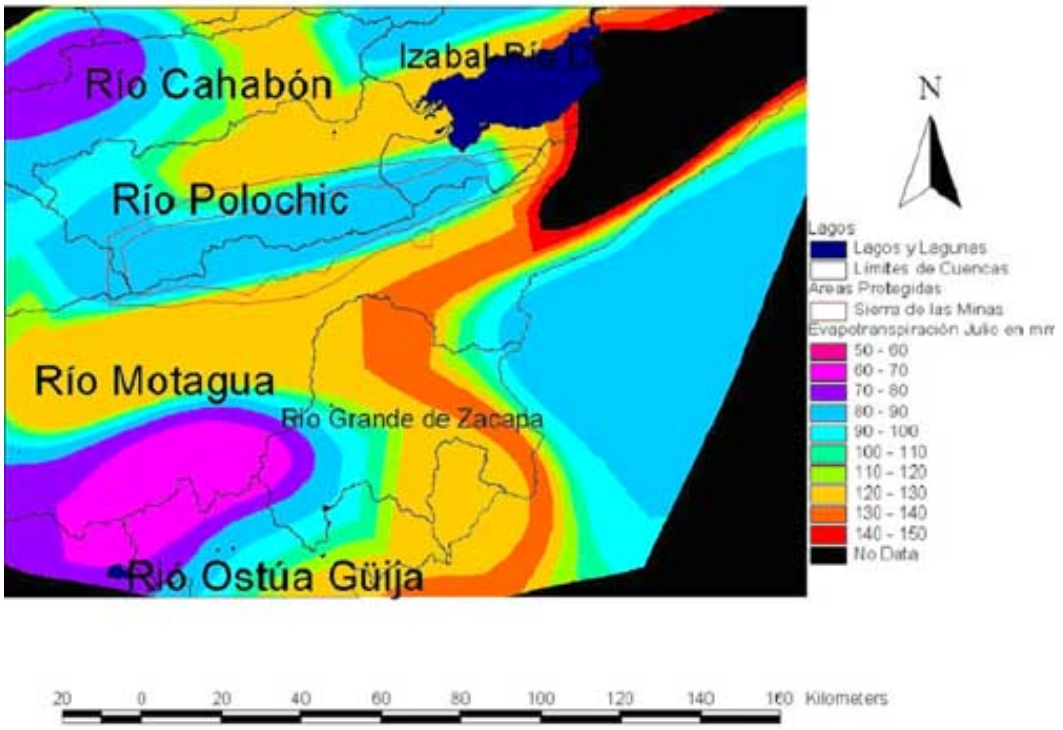


Figura No.20 Evapotranspiración del Mes de Agosto

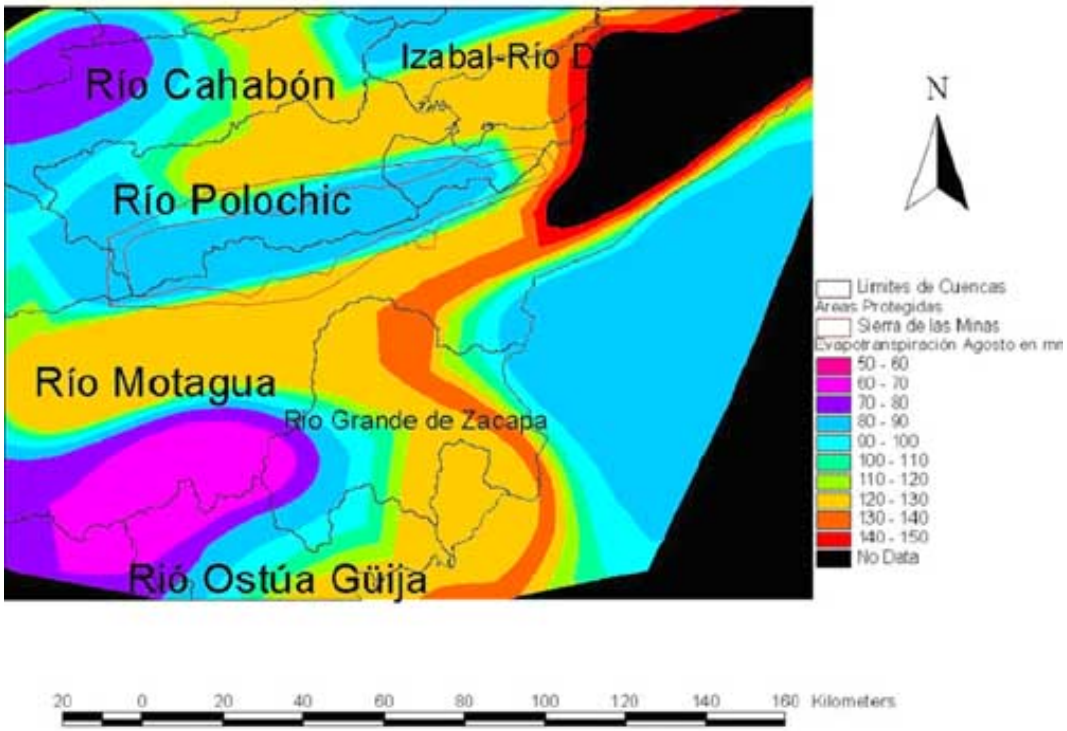


Figura No. 21 Evapotranspiración del Mes de Septiembre

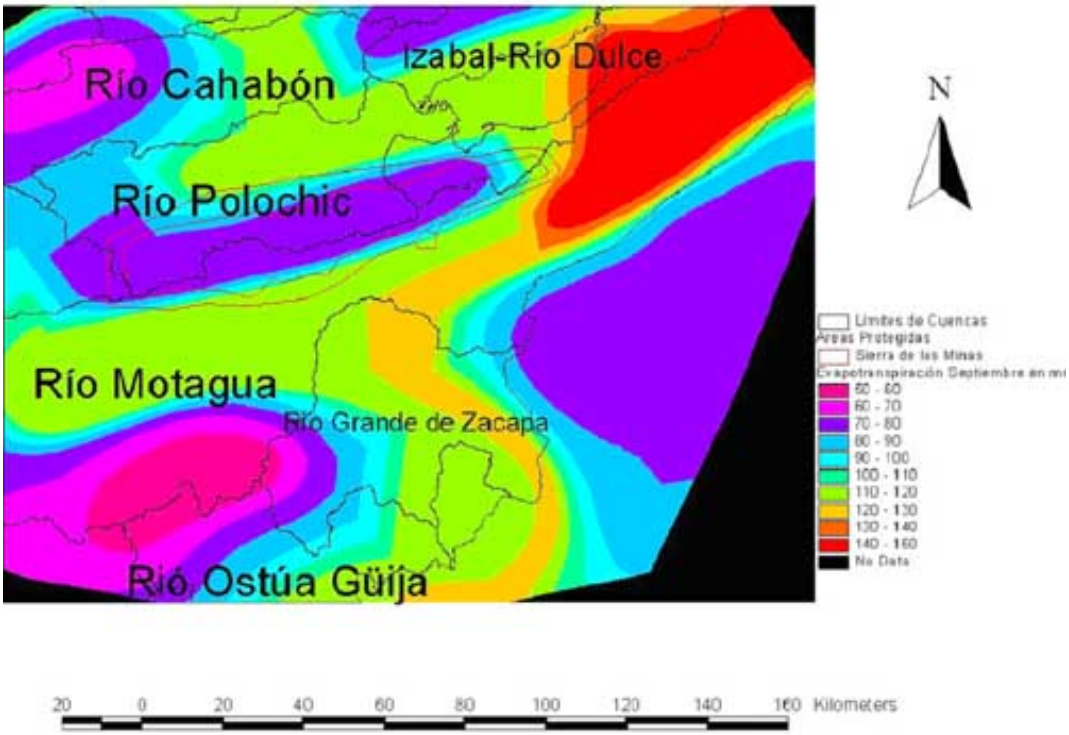


Figura No. 22 Evapotranspiración del Mes de Octubre

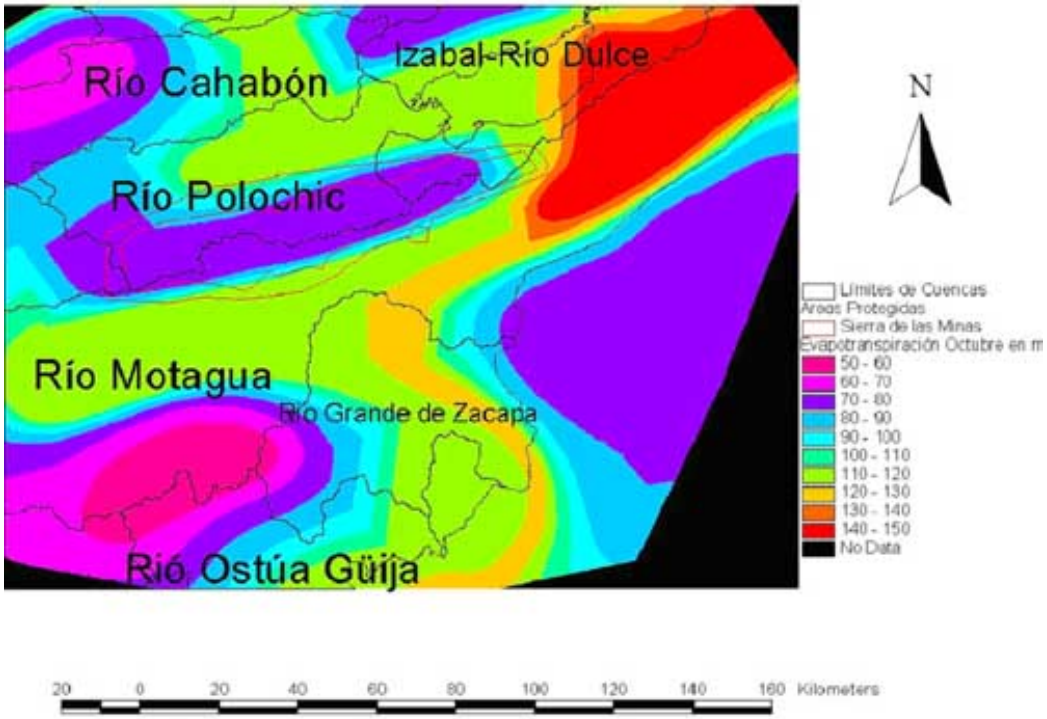


Figura No. 23 Evapotranspiración del Mes de Noviembre

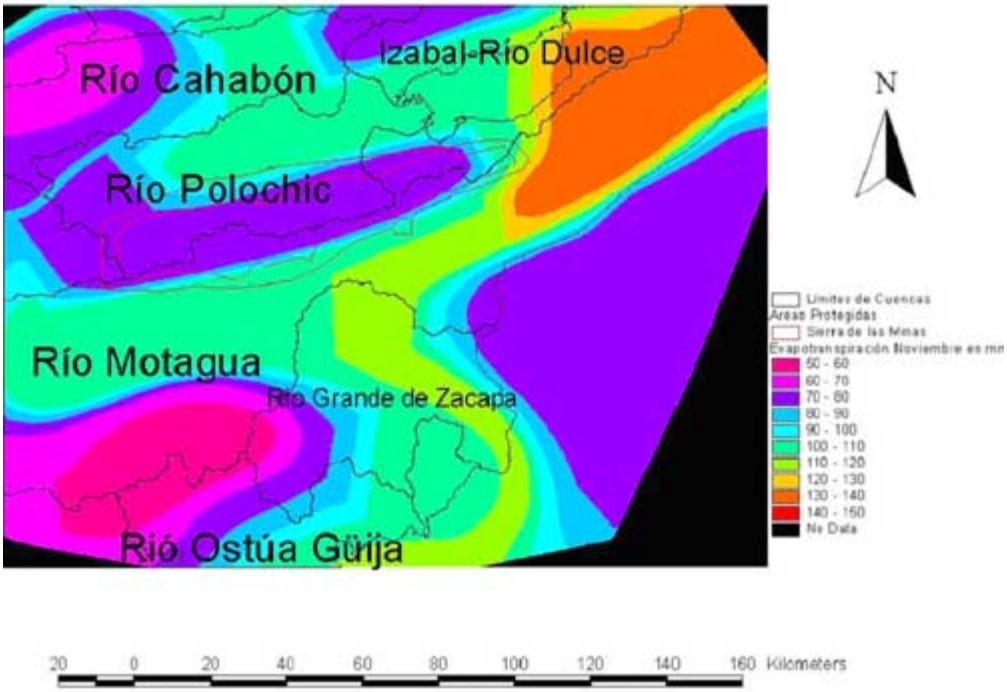
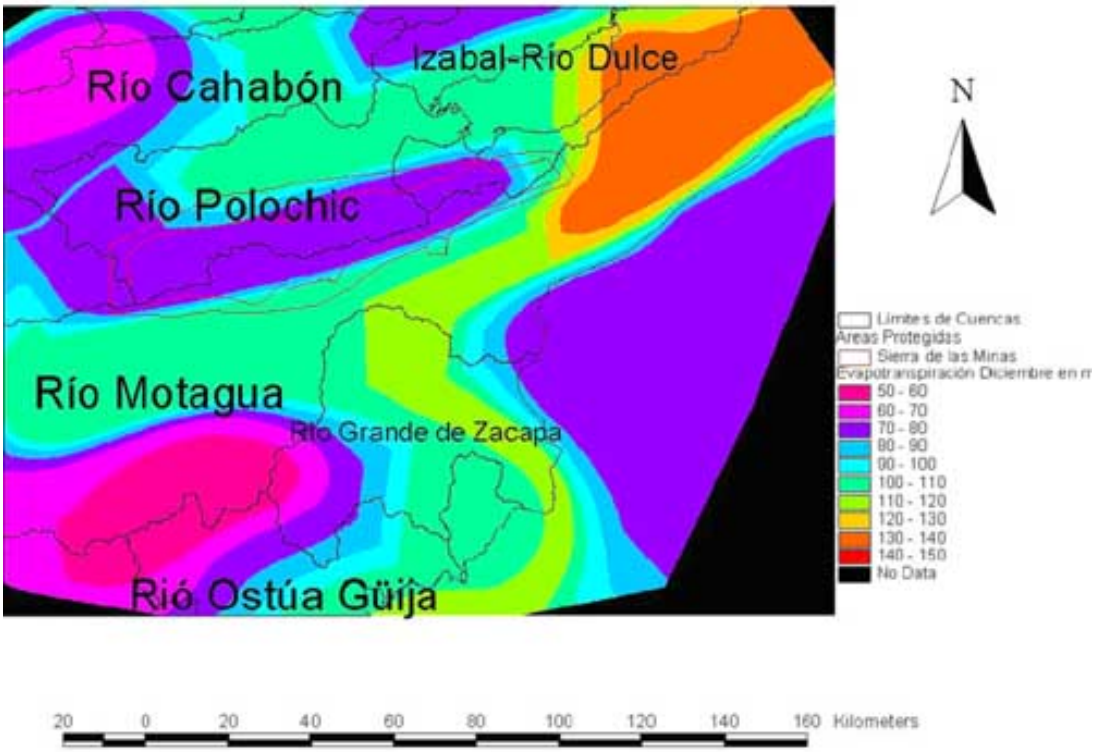


Figura No. 24 Evapotranspiración del Mes de Diciembre



ANEXO IV
Mapas Base del Cerro Alux

Figura 1. Mapa de Curvas de Nivel del Cerro Alux 1:50,0000

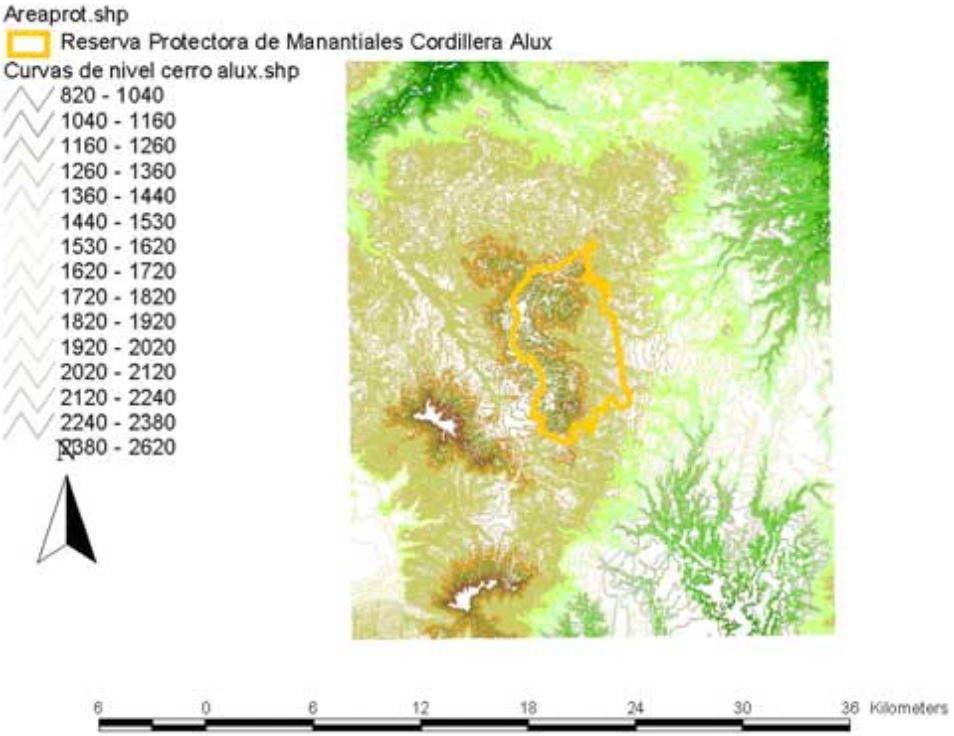


Figura No. 2 Temperaturas Medias Anuales del Cerro Alux

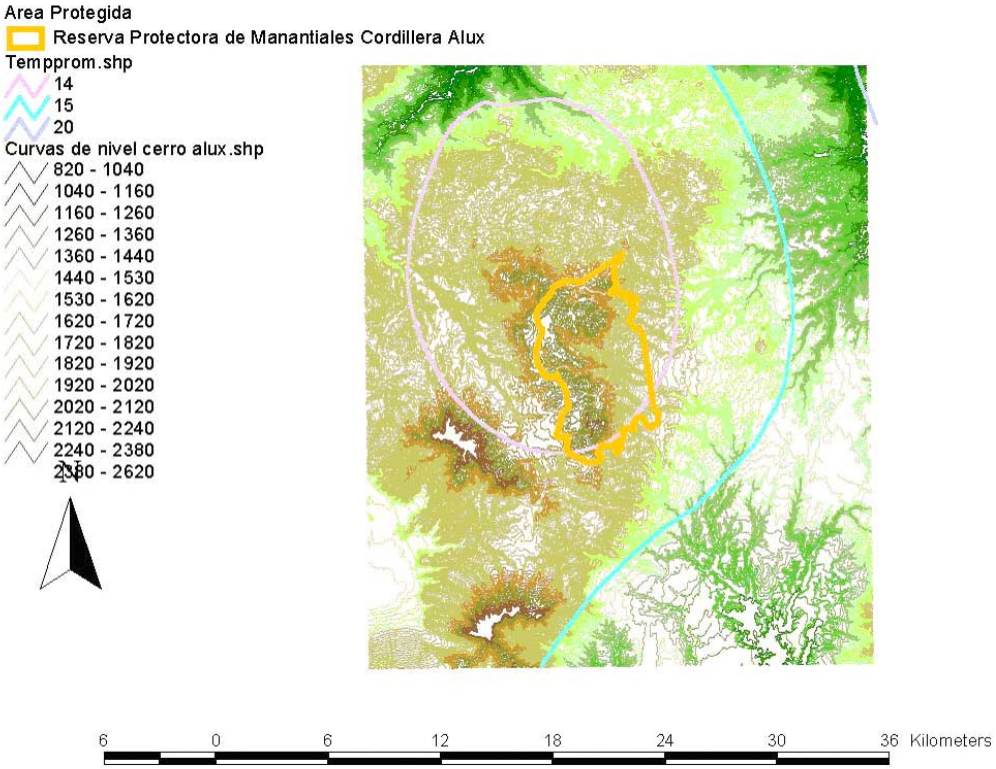


Figura No3 Temperaturas Máximas Anuales del Cerro Alux

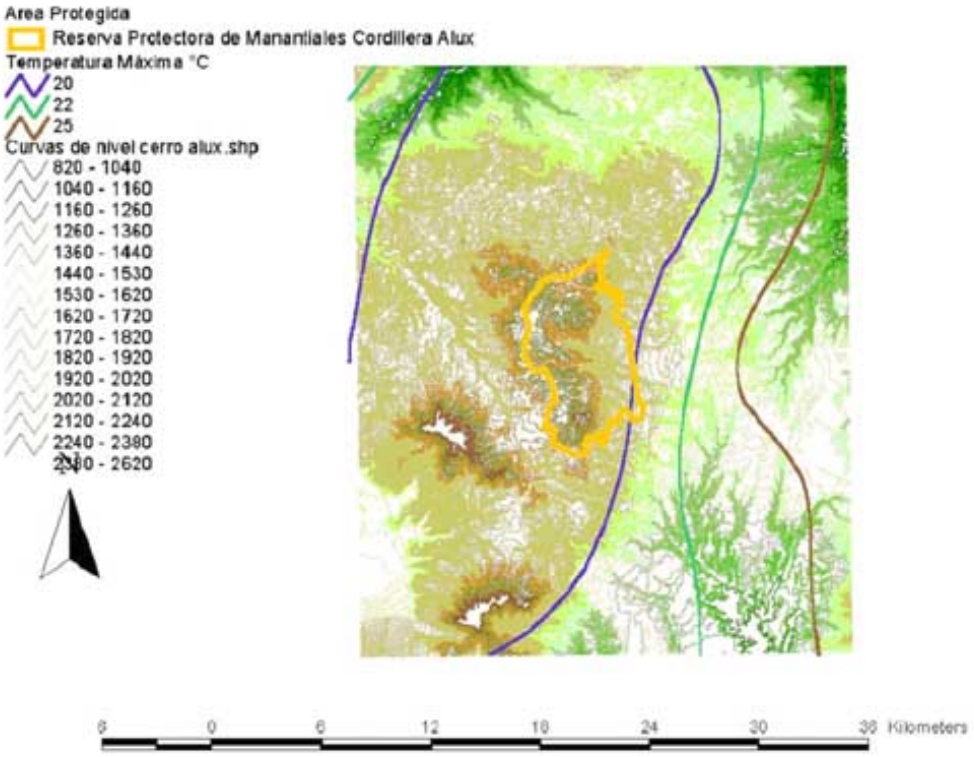


Figura No. 4 Temperaturas Mínimas Anuales del Cerro Alux

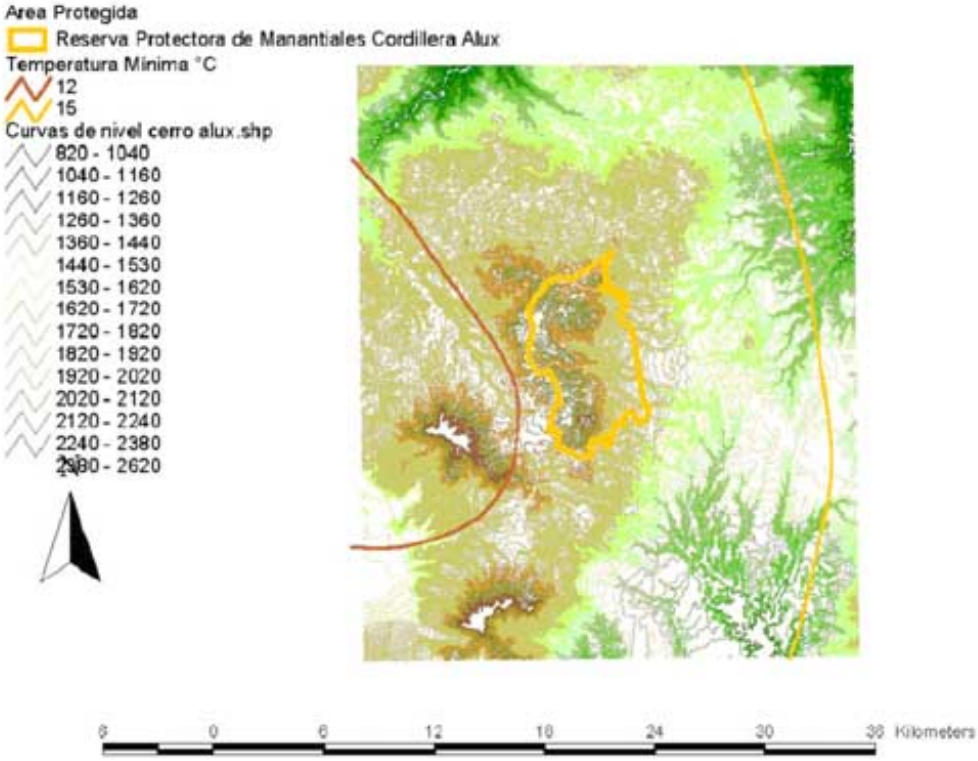


Figura No. 5 Cobertura Vegetal del Cerro Alux

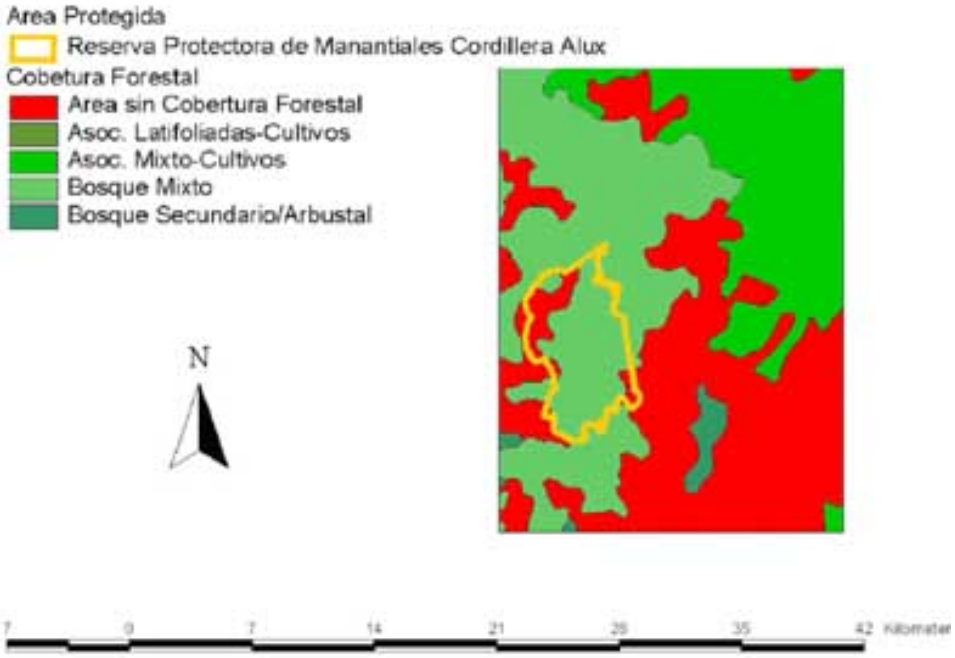
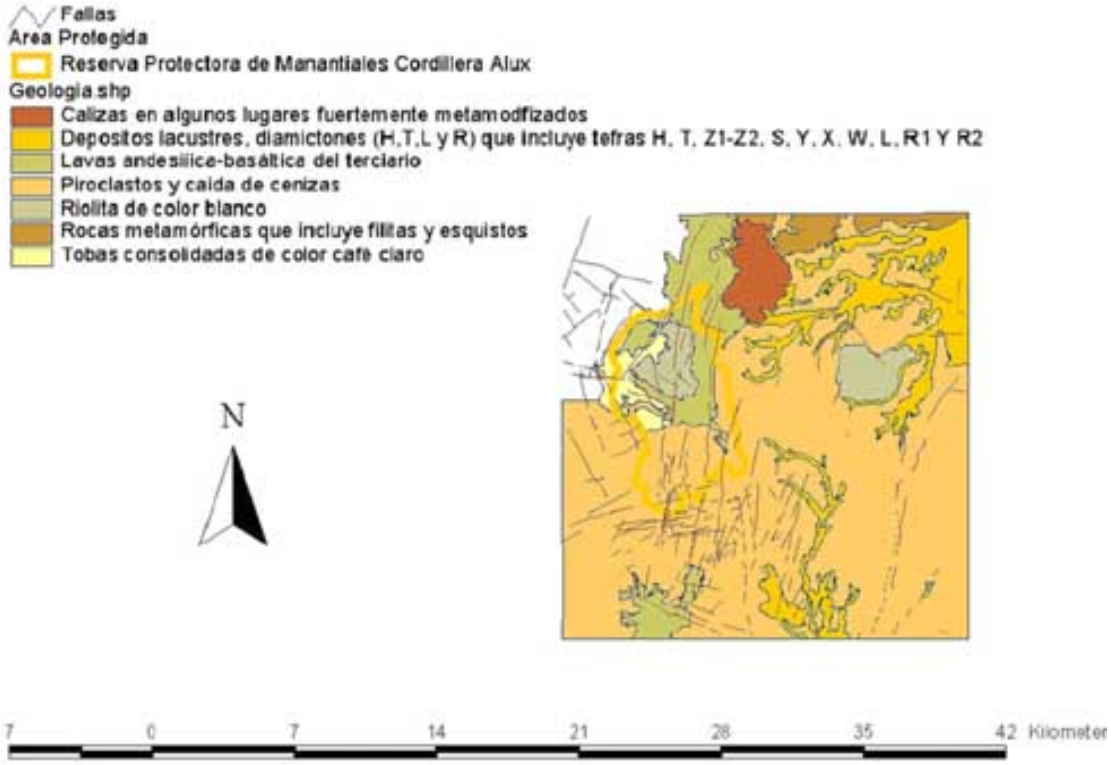


Figura No. 6 Geología de la Zona del Cerro Alux



ANEXO V
CAPAS DEL MODELO

SCRIPT Para Calcular Precipitación Efectiva “Preciefec”

```
theView = av.GetActiveDoc
' fill active GTheme
for each t in theView.GetActiveThemes
if (t.Is(GTHEME)) then
   ' get grid and display source name
   theGrid = t.GetGrid
   if (t.AsString="Ninfiltra") then
    infilGrid= t.GetGrid
    else if (t.AsString="Satninfiltra") then
      infilsaGrid= t.GetGrid
      else if (t.AsString="Secoinfilt") then
        infilseGrid= t.GetGrid
        else if (t.AsString="direccf") then
           direccfGrid= t.GetGrid
        else
         prcipGrid = t.GetGrid
        end
       end
      end
   end
  end
end
' genera precipitación efectiva condición normal

primanGrid =(prcipGrid - (5080.AsGrid/(infilGrid)) + 50.8).Int
newGrid = (primanGrid > 0.AsGrid).Con(1.AsGrid,0.AsGrid)
preGrid = primanGrid*newGrid
preceGrid =(preGrid.Abs*preGrid)/(prcipGrid + (20320.AsGrid/(infilGrid))-203.2)
precefeGrid=((preceGrid)*10)
caudalnmensual=((direccfGrid).FlowAccumulation(precefeGrid))
' create a theme
theGTheme = GTheme.Make(caudalnmensual)
' set name of theme
theGTheme.SetName("caudalnmensual")
' add theme to the view
theView.AddTheme(theGTheme)

' genera precipitación efectiva condición saturada
primasaGrid =(prcipGrid - (5080.AsGrid/(infilsaGrid)) + 50.8).Int
newsaGrid = (primasaGrid > 0.AsGrid).Con(1.AsGrid,0.AsGrid)
presaGrid = primasaGrid*newsaGrid
precesaGrid =(presaGrid.Abs*presaGrid)/(prcipGrid + (20320.AsGrid/(infilsaGrid))-203.2)
precefesaGrid=((precesaGrid)*10)
caudalsamensual=((direccfGrid).FlowAccumulation(precefesaGrid))
' create a theme
theGTheme = GTheme.Make(caudalsamensual)
' set name of theme
theGTheme.SetName("caudalsamensual")
' add theme to the view
theView.AddTheme(theGTheme)

' genera precipitación efectiva condición seca
primaseGrid =(prcipGrid - (5080.AsGrid/(infilseGrid)) + 50.8).Int
newseGrid = (primaseGrid > 0.AsGrid).Con(1.AsGrid,0.AsGrid)
preseGrid = primaseGrid*newseGrid
```

```
  preceseGrid =(preseGrid.Abs*preseGrid)/(prcipGrid + (20320.AsGrid/(infilseGrid))-203.2)
precefeseGrid=((preceseGrid)*10)
caudalsemensual=((direccfGrid).FlowAccumulation(precefeseGrid))
' create a theme
theGTheme = GTheme.Make(caudalsemensual)
' set name of theme
theGTheme.SetName("caudalsemensual")
' add theme to the view
theView.AddTheme(theGTheme)
```

Figura 1. Mapa de Dirección de Flujo

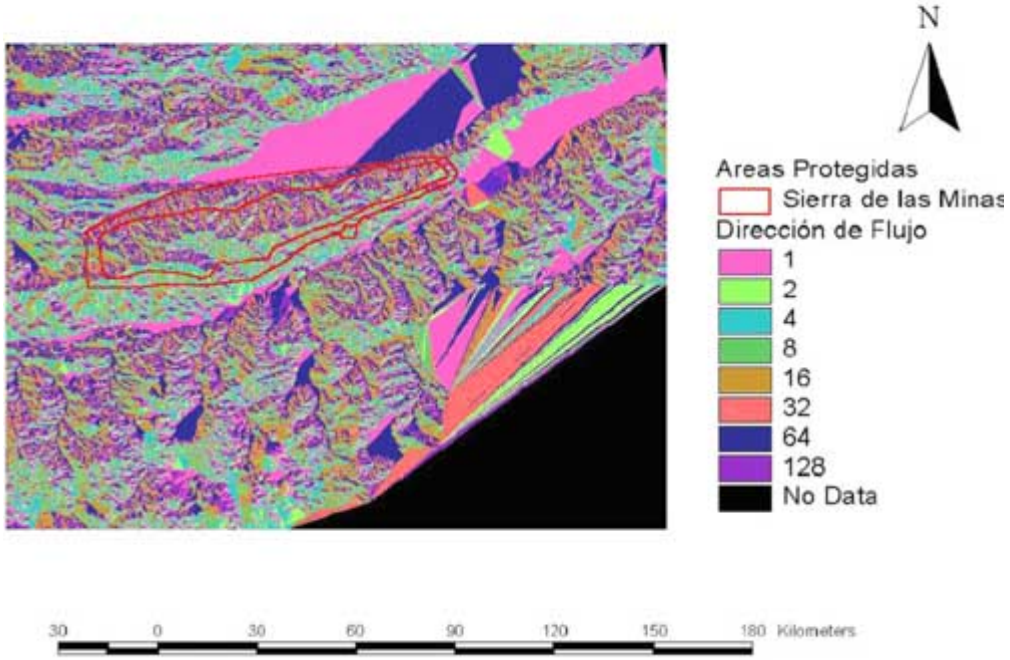


Figura No. 2 Límites de Cuencas

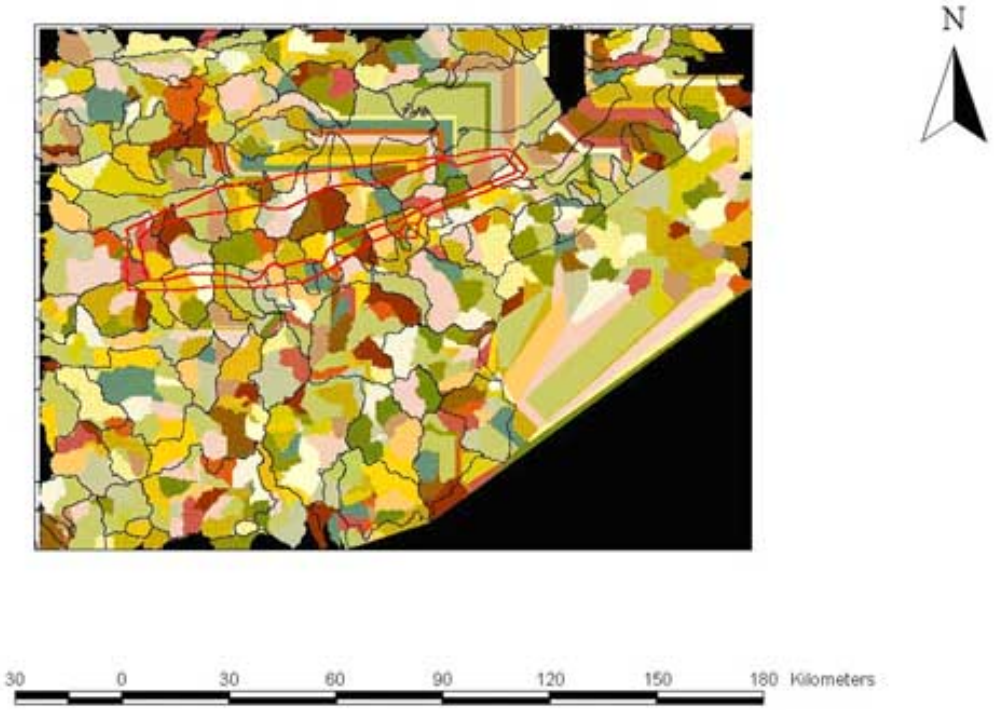


Figura No3 Clasificación Hidrológica de los Suelos

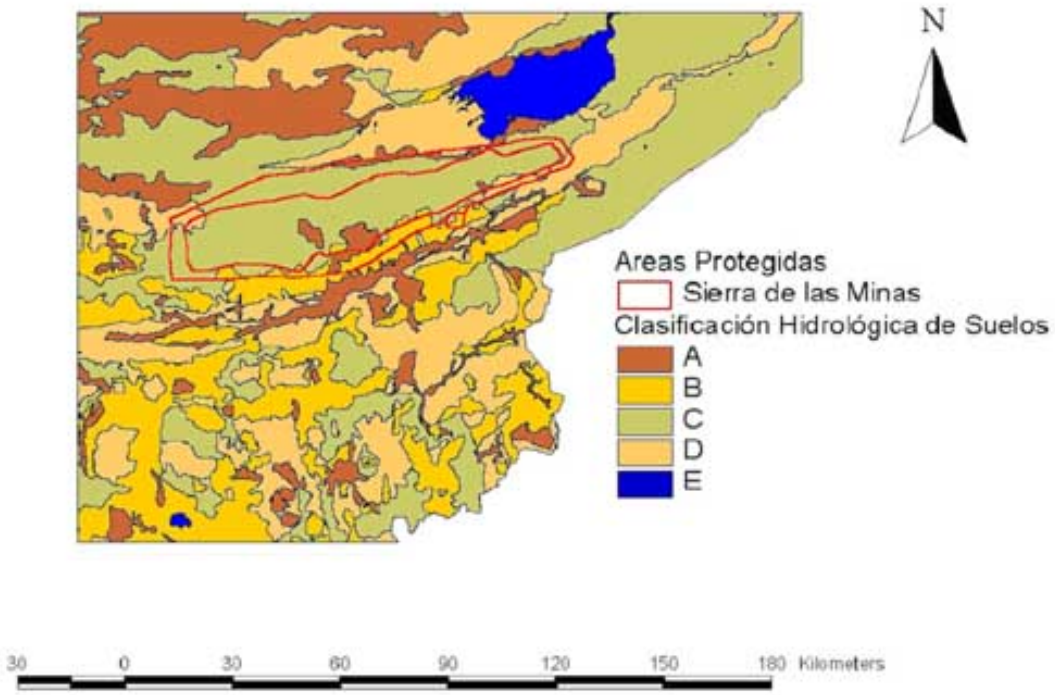


Figura No. 4 Clasificación Hidrológica de la Cobertura

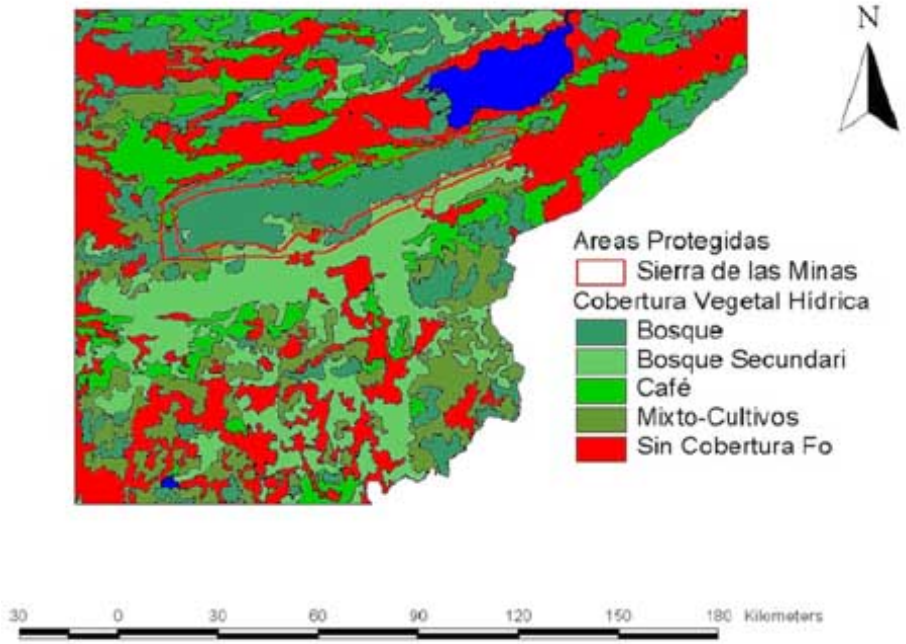


Figura No. 5 Coeficiente de Infiltración para Condición Normal Situación Base

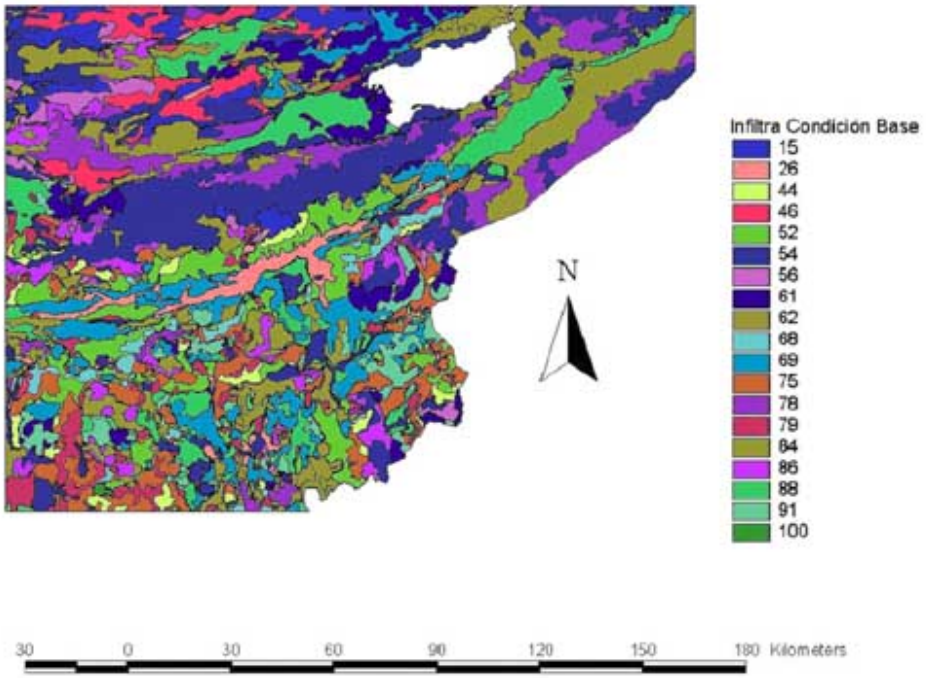


Figura No. 6 Coeficiente de Infiltración para Condición Seca Situación Base N

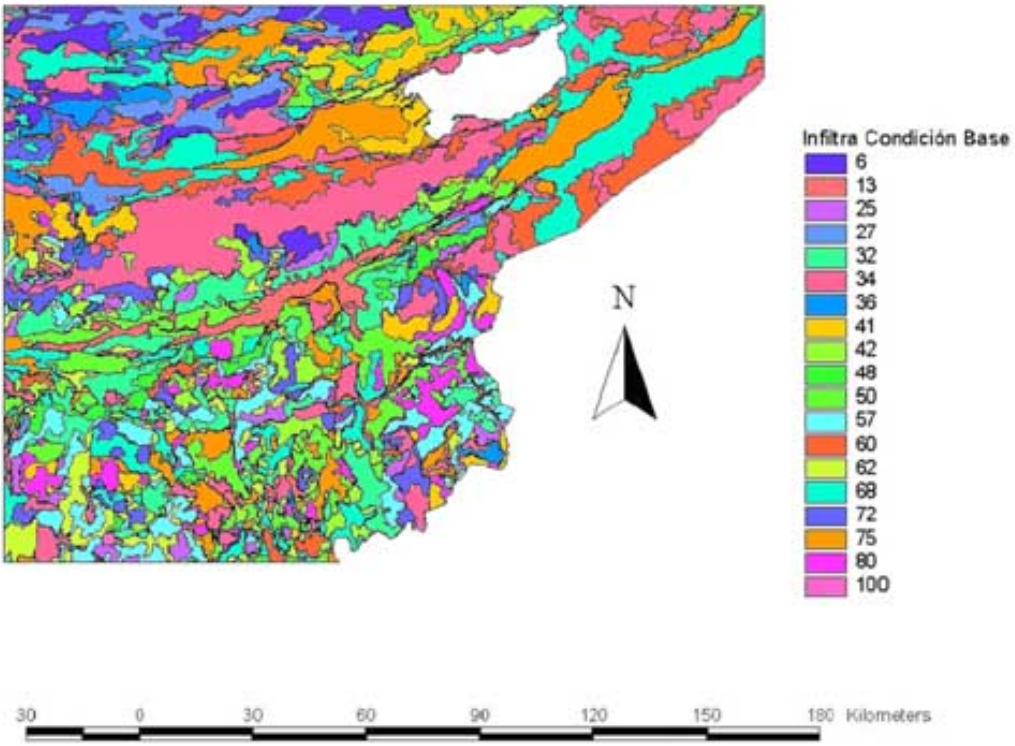


Figura No. 7 Coeficiente de Infiltración para Condición Saturada Situación Base

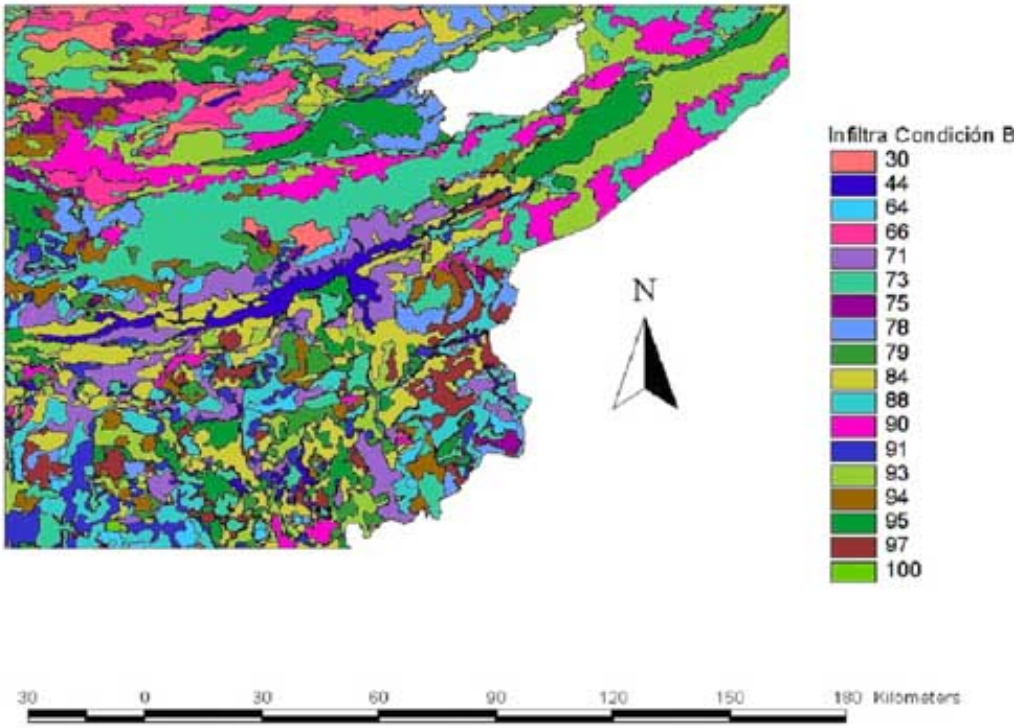


Figura No.8 Coeficiente de Infiltración para Condición Normal Situación Escenario 1

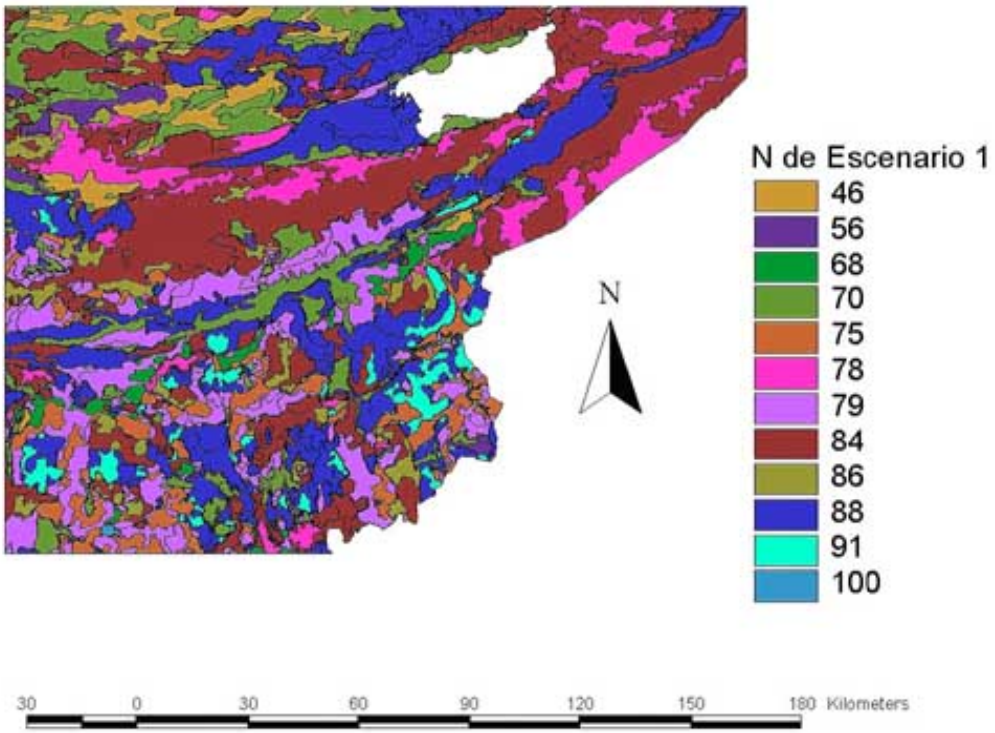


Figura No. 9 Coeficiente de Infiltración para Condición Seca Situación Escenario 1

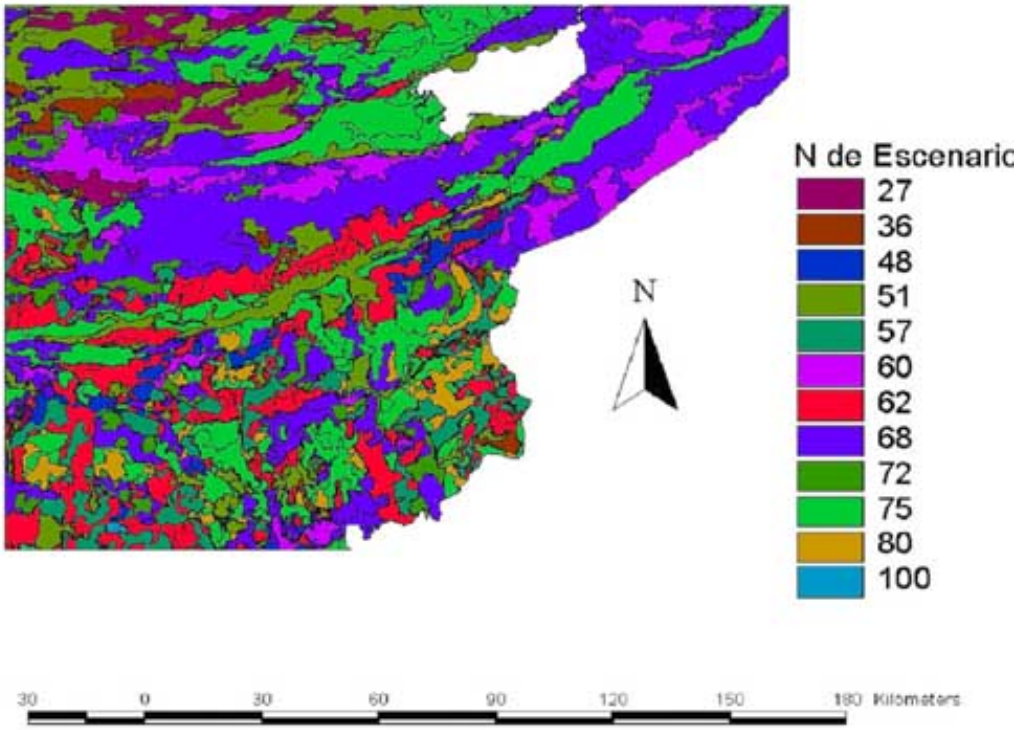


Figura No. 10 Coeficiente de Infiltración para Condición Saturado Situación Escenario 1

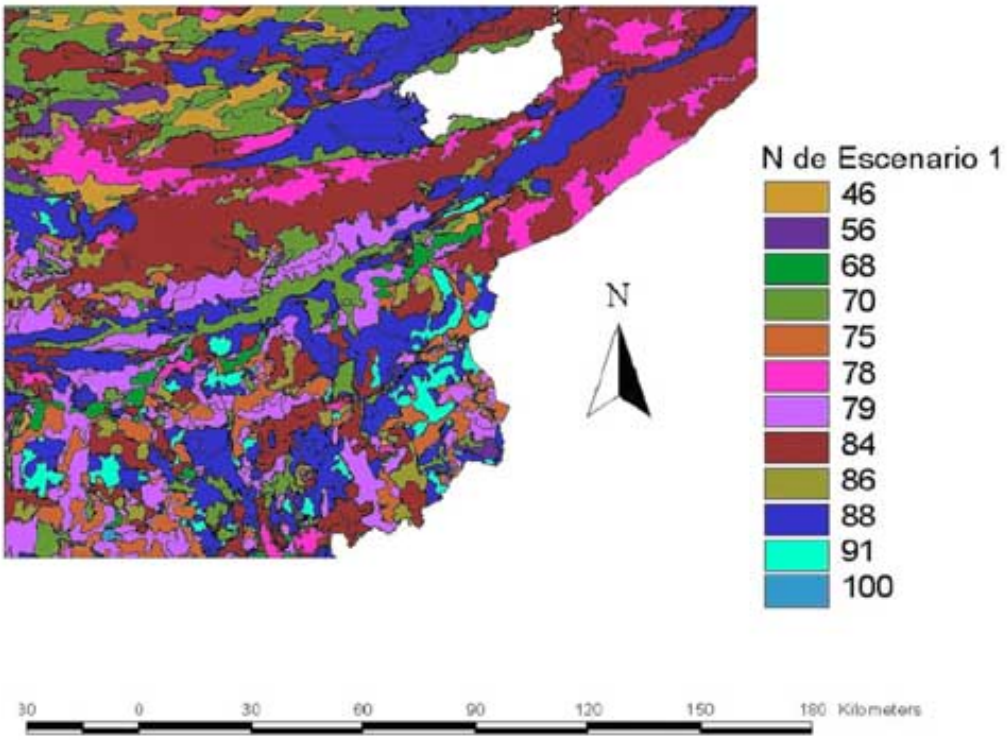


Figura No.11 Coeficiente de Infiltración para Condición Normal Situación Escenario 2

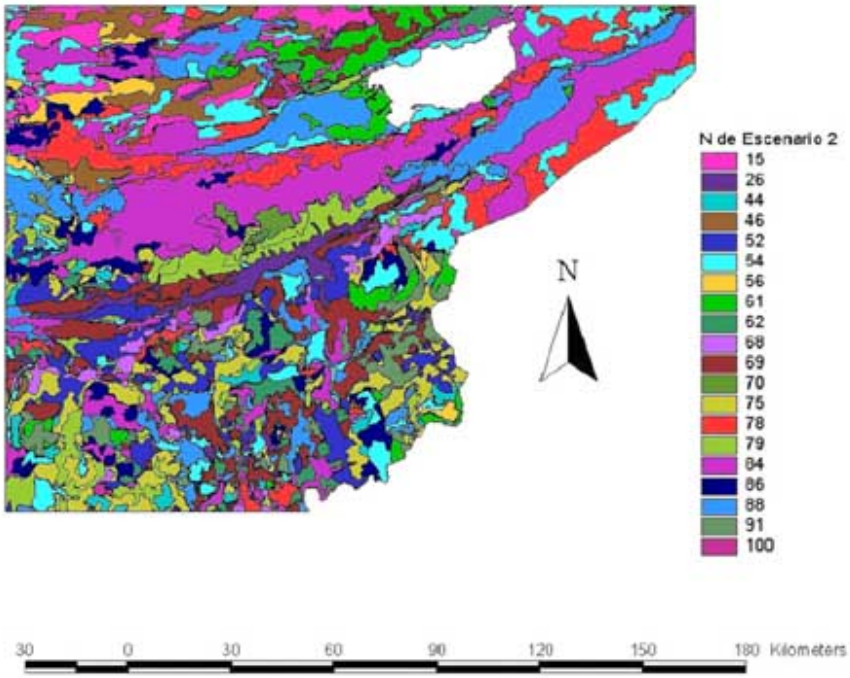


Figura No. 12 Coeficiente de Infiltración para Condición Seca Situación Escenario 2

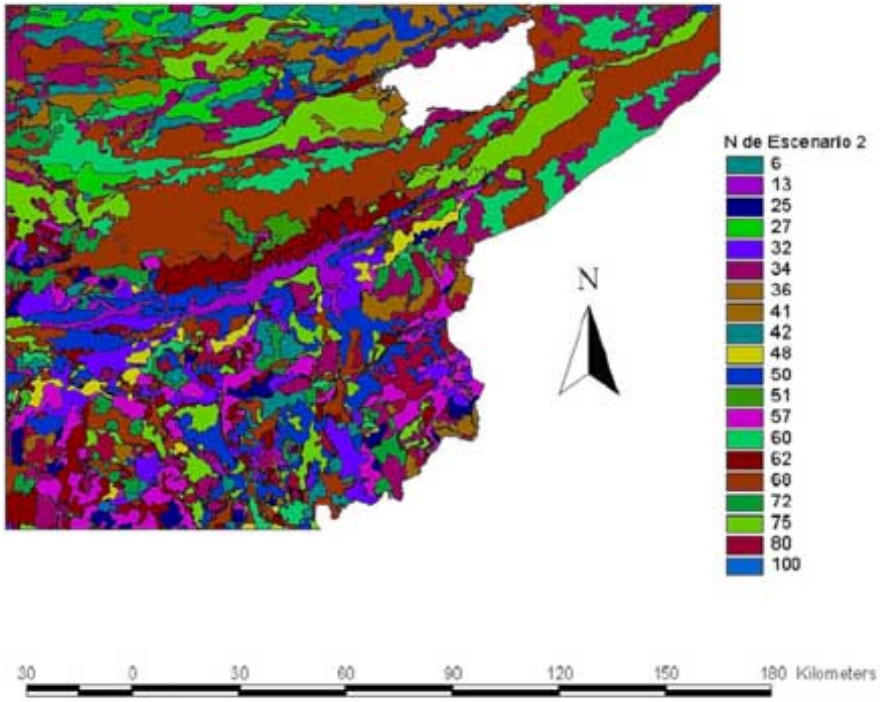
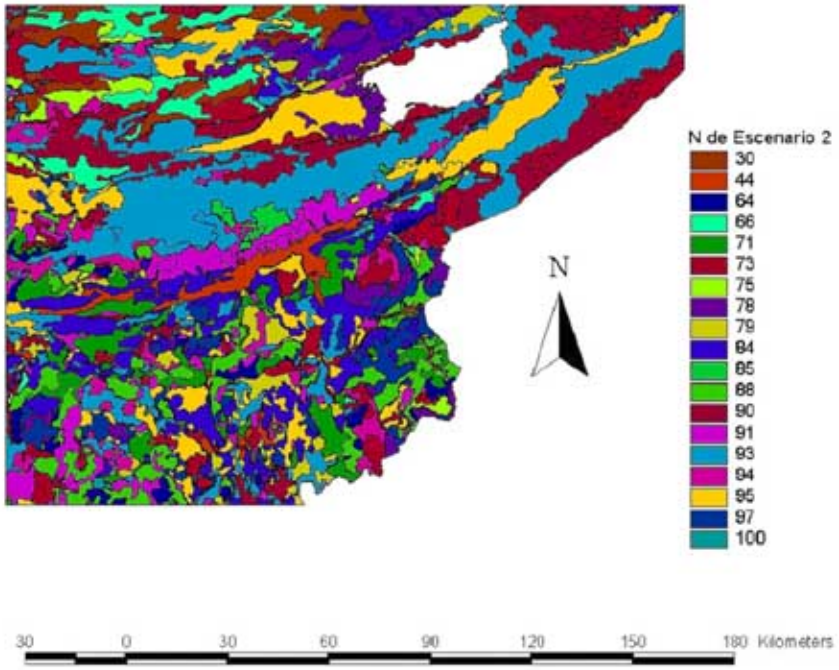


Figura No. 13 Coeficiente de Infiltración para Condición Saturado Situación Escenario 2



CUADRO DE INFORMACIÓN DE SUELOS EN EL AREA DE SIERRA DE LAS MINAS

SIMBOLO	SERIE	MATERIAL ORIGINAL	DRENAJE INTERNO	RELIEVE	CLASE DRENAJE
Ab	Altombrán	Granito, Gneis y Esquisto	Bueno	Ondulado a Escarpado	Buen Drenaje
Ac	Acasaguastlán	Roca Serpentina	Bueno	Ondulado a Inclinado	Buen Drenaje
Ae	Alzatate	Ceniza Volcánica o Toba	Bueno	Moderadamente Escarpado a Escarpado	Buen Drenaje
AF	Areas Fragosas	-999	-999	Barrancos	-999
As	Ansay	Ceniza Volcánica o Toba	Malo	Suavemente Inclinado	Drenaje muy Pobre
Au	Atulapa	Ceniza Volcánica	Bueno	Inclinado	Buen Drenaje
Ay	Ayarza	Ceniza Volcánica o Toba	Bueno	Inclinado	Buen Drenaje
Bb	Barberena	Flujo Lodoso o Lahar Máfico	Bueno	Ondulado a Inclinado	Buen Drenaje
Cb	Cobán	Caliza	Bueno	Inclinado a Ondulado	Buen Drenaje
Cha	ChacaltÚ	Caliza	Bueno	Karst	Buen Drenaje
Chc	Chacón	Depósitos Marinos	Bueno	Casi Plano a Ondulado	Buen Drenaje
Chg	Chol	Esquisto	Excesivo	Muy Inclinado	Drenaje Excesivo
Chj	Chicaj	Ceniza Volcánica	Malo	Casi Plano	Drenaje muy Pobre
Chp	Champona	Material Sedimentario	Bueno	Ondulado a Escarpado	Buen Drenaje
Chr	Chuarrancho	Esquisto Arcilloso	Bueno	Escarpado	Buen Drenaje
Chu	Chuctal	Ceniza Volcánica	Bueno	Escarpado	Buen Drenaje
Chx	Chixocol	Ceniza Volcánica Pomácea	Excesivo	Casi Plano	Drenaje Excesivo
Ci	Civijá	Esquisto	Bueno	Planicies Onduladas a Fuertemente inclinado	Buen Drenaje
Cm	Camanchá	Ceniza Volcánica	Bueno	Planicies Suaves a Fuertemente Onduladas	Buen Drenaje
Cme	Camanchá erosionada	Ceniza Volcánica	Bueno	Inclinado	Buen Drenaje
Cp	Capucal	Esquisto Arcilloso o Caliza	Malo	Escarpado	Drenaje muy Pobre
Cr	Carchá	Ceniza Volcánica	Bueno	Ondulado a Ligeramente Ondulado	Buen Drenaje
Ct	Cristina	Materiales Aluviales	Malo	Casi Plano	Drenaje muy Pobre
Cul	Culma	Flujo Lodoso o Lahar Máfico	Bueno	Ondulado a Fuertemente Ondulado	Buen Drenaje
CV	Cimas Volcánicas	Ceniza Volcánica	-999	Conos Volcánicos	-999
Fr	Fraijanes	Toba Volcánica	Bueno	Escarpado	Buen Drenaje
Ga	Gacho	Esquisto o Esquisto Arcilloso	Bueno	Inclinado	Buen Drenaje
Gl	Guapinol	Roca Máfica Serpentinizada o Serpentina	Bueno	Escarpado a Muy Escarpado	Buen Drenaje
Gp	Guapaca	Esquisto Arcilloso	Bueno	Ondulado	Buen Drenaje
Gt	Guatemala	Ceniza Volcánica	Bueno	Plano u Ondulado	Buen Drenaje
Gu	G³ija	Roca Máfica	Malo	Casi Plano	Drenaje muy Pobre
In	Inca	Sedimentos	Malo	Planicie	Drenaje muy Pobre
Jg	Jigua	Roca AndesÝtica	Bueno	Muy Inclinado	Buen Drenaje
Ji	Jilotepeque	Toba Volcánica o Brecha de Toba	Bueno	Declives Inclinados a Muy Inclinados	Buen Drenaje
Jl	Jalapa	Ceniza Volcánica o Toba	Excesivo	Inclinado	Drenaje Excesivo
Ju	Jubucó	Serpentina	Bueno	Ondulado a Escarpado	Buen Drenaje
Mg	Mongoy	Lava Máfica o Brecha de Toba	Bueno	Declives Muy Inclinados	Buen Drenaje
Mi	Mita	Material Máfico	Malo	Casi Plano a Suavemente Ondulado	Drenaje muy Pobre
Mj	Marajuma	Esquisto	Bueno	Escarpado	Buen Drenaje
Mq	Mataquescuintla	Ceniza volcánica	Bueno	Muy Inclinado	Buen Drenaje
Mr	Morán	Ceniza Volcánica Pomácea	Bueno	Inclinado a Ondulado	Buen Drenaje
Oq	OquÚn	Roca FelsÝtica	Bueno	Escarpado	Buen Drenaje
Pa	Pacaya	Lava Máfica	Excesivo	Quebrado	Drenaje Excesivo
Pc	Polochic	Aluvión	Malo	Plano	Drenaje muy Pobre

SIMBOLO	SERIE	TEXTURA SUPERFICIAL	TEXTURA SUB	PROFUNDIDAD	C_TEXSUB
Ab	Altombrán	Franco-Arcillo-Arenosa Fina a Franco-Limosa	Franco-Arcillosa a Franco-Arcillo-Micácea	100	Moderadamente Fina
Ac	Acasaguastlán	Franco-Arcillosa	Arcilla o Franco-Arcillosa	40	Muy Fina
Ae	Alzatate	Franca a Franco-Arcillosa	Franco-Arcillosa a Arcillosa	100	Moderadamente Fina
AF	Areas Fragosas	-999	-999	-999	-999
As	Ansay	Franco-Arcillo-Arenosa	Arcilla	50	Muy Fina
Au	Atulapa	Franco-Arcillo-Limosa	Arcilla	más de 100	Muy Fina
Ay	Ayarza	Franco-Limosa	Franco-Arcillo-Arenosa	75	Moderadamente Fina
Bb	Barberena	Franco-Arcillosa	Arcilla a Franco-Arcillosa	150	Muy Fina
Cb	Cobán	Franco-Limosa	Franco-Arcillo-Limosa a Arcilla	300	Moderadamente Fina
Cha	ChacaltÚ	Arcilla	Arcilla	50	Muy Fina
Chc	Chacón	Franco-Limosa	Franco-Limosa a Arcilla	100	Media
Chg	Chol	Franco-Arenosa-Gravosa a Franco-Arcillo-Arenosa	Franco-Arcillosa Gravosa	40	Moderadamente Fina
Chj	Chicaj	Arcilla	Arcilla	50	Muy Fina
Chp	Champona	Franco-Limosa	Arcilla	75 a 400	Muy Fina
Chr	Chuarrancho	Franca a Franco-Arcillosa	Franco-Arcillosa y Esquistosa	40	Moderadamente Fina
Chu	Chuctal	Franco-Limosa	Franco, Arcilloso a Arcilla	80	Moderadamente Fina
Chx	Chixocol	Franco-Limosa a Franco-Arenosa Fina o Muy Fina	Arcilla o Franco-Arcillosa	45	Moderadamente Fina
Ci	Civijá	Franco-Limosa	Franco-Arcillo-Limosa	150	Moderadamente Fina
Cm	Camanchá	Franca	Franco-Arcillosa o Arcilla	150	Moderadamente Fina
Cme	Camanchá erosionada	Franca	Franco-Arcillosa o Arcilla	-999	Moderadamente Fina
Cp	Capucal	Arcilla-Limosa	Arcilla a Arcillo-Limosa	35	Fina
Cr	Carchá	Franco-Limosa a Franca Arcillosa	Franco-Limosa a Franco-Arcillo-Limosa	150	Media
Ct	Cristina	Arcilla	Arcilla	100	Muy Fina
Cul	Culma	Franco-Arcillosa a Arcilla	Franco-Arcillosa a Arcilla	80	Moderadamente Fina
CV	Cimas Volcánicas	-999	-999	-999	-999
Fr	Fraijanes	Franco-Arcillosa o Franca	Franco-Arcillosa o Franca	50 o 60	Moderadamente Fina
Ga	Gacho	Franco-Limosa	Franco-Arcillo-Limosa a más Liviana	> 100	Moderadamente Fina
Gl	Guapinol	Franco-Arcillosa a Arcilla	Arcilla	90 a 100	Muy Fina
Gp	Guapaca	Arcilla	Arcilla	45	Muy Fina
Gt	Guatemala	Franco-Arcillosa a Arcilla	Arcilla a Franco- Arcillosa o Franco-Arcillo-Arenosa	> 100	Moderadamente Fina
Gu	G³ija	Arcilla	Arcilla	50	Muy Fina
In	Inca	Franco-Arcillosa a Franco-Arcillo-Micácea	Franco-Arcillo-Micácea	75	Moderadamente Fina
Jg	Jigua	Arcilla	Arcilla	50	Muy Fina
Ji	Jilotepeque	Franco-Arcillosa	Arcilla	45	Muy Fina
Jl	Jalapa	Franco-Arenosa Fina	Franca o Franco-Arenosa Fina	30	Media
Ju	Jubucó	Arcilla o Franco-Arcillosa	Arcilla	45	Muy Fina
Mg	Mongoy	Arcilla	Arcilla	75	Muy Fina
Mi	Mita	Arcilla	Arcilla	70	Muy Fina
Mj	Marajuma	Franco-Limosa	Franco-Limosa a Arcilla-Micácea	100	Media
Mq	Mataquescuintla	Franco-Limosa	Franco-Arcillosa o Arcilla a Franco-Arcillo-Arenosa (cambiando con la profundidad)	130	Moderadamente Fina
Mr	Morán	Franco-Arcillosa	Franco-Arcillosa a Arcilla	100	Moderadamente Fina
Oq	OquÚn	Franco-Arcillosa	Arcilla	35	Muy Fina
Pa	Pacaya	Franco-Arenosa Muy Fina	Franco-Arenosa Fina a Arena-Franca Fina	50	Media
Pc	Polochic	Franco-Arcillo-Limosa	Franco-Arcillo-Limosa	100	Moderadamente Fina

SIMBOLO	SERIE	RIESGO EROSION	RELIEVE	PEDREGOSIDAD	C_PROF	EROSIVIDAD	PROFUNDIDAD	DRENAJE	HIDROL
Ab	Altombrán	Alto			Profundo	Riesgo de Erosión			C
Ac	Acasaguastlán	Alto			Delgado	Severamente erosiona	Profundidad		D
Ae	Alzatate	Regular a Alto			Profundo	Riesgo de Erosión			C
AF	Areas Fragosas	-999			-999			-999	C
As	Ansay	Bajo			Mediano		Profundidad	Mal Drenaje	D
Au	Atulapa	Alto	Relieve		Profundo	Riesgo de Erosión			D
Ay	Ayarza	Alto	Pendiente		Mediano	Riesgo de Erosión			B
Bb	Barberena	Regular	Pendiente	Pedregosidad	Profundo	Erosión			D
Cb	Cobán	-999			Muy Profundo				C
Cha	ChacaltÚ	Alto		Afloramientos de roca	Mediano		Profundidad		C
Chc	Chacón	Bajo			Profundo				C
Chg	Chol	Alto	Pendiente	Pedregosidad	Delgado	Riesgo de Erosión	Profundidad		B
Chj	Chicaj	Bajo			Mediano			Mal Drenaje	D
Chp	Champona	Regular a Alto	Relieve		Muy Profundo				D
Chr	Chuarrancho	Alto	Pendiente		Delgado		Profundidad		C
Chu	Chuctal	Alto	Relieve		Mediano	Riesgo de Erosión			C
Chx	Chixocol	Regular a Alto			Delgado	Riesgo de Erosión	Profundidad	Exceso de drenaje	C
Ci	Civijá	Regular			Profundo	Riesgo de Erosión		Exceso de drenaje	C
Cm	Camanchá	Regular a Bajo			Profundo	Riesgo de Erosión		Exceso de drenaje	D
Cme	Camanchá erosionada	Muy Alto	Pendiente		-999	Severamente erosionados		-999	D
Cp	Capucal	Alto	Relieve		Delgado	Riesgo de Erosión		Mal drenaje	C
Cr	Carchá	Regular a Bajo			Profundo				C
Ct	Cristina	Bajo a Regular			Profundo			Mal Drenaje	D
Cul	Culma	Regular a Alto	Inclinación	Pedregosidad	Mediano	Riesgo de Erosión			C
CV	Cimas Volcánicas	-999	Altas Pendientes		-999			-999	A
Fr	Fraijanes	Muy Alto	Relieve		Mediano	Erosión			C
Ga	Gacho	Muy Alto	Altas Pendientes		Profundo	Riesgo de Erosión			C
Gl	Guapinol	Alto	Relieve	Pedregosidad	Profundo				C
Gp	Guapaca	Regular	Relieve		Delgado	Riesgo de Erosión		Mal drenaje	D
Gt	Guatemala	Bajo (Alto en las zonas quebradas)	Barrancos		Profundo				B
Gu	G³ija	Regular a Bajo		Pedregosidad	Mediano		Profundidad	Mal Drenaje	D
In	Inca	Bajo			Mediano			Mal drenaje	C
Jg	Jigua	Alto	Relieve		Mediano		Profundidad		D
Ji	Jilotepeque	Alto	Relieve		Delgado				C
Jl	Jalapa	Alto		Afloramientos de toba en alg	Delgado	Erodabilidad	Profundidad		B
Ju	Jubucó	Regular a Alto	Relieve	Afloramientos de roca	Delgado		Profundidad		D
Mg	Mongoy	Alto	Inclinación	Pedregosidad	Mediano				D
Mi	Mita	Bajo			Mediano				D
Mj	Marajuma	Alto	Relieve		Profundo				C
Mq	Mataquescuintla	Alto	Relieve		Profundo	Riesgo de Erosión			C
Mr	Morán	Regular	Relieve		Profundo				C
Oq	OquÚn	Alto	Relieve		Delgado	Erosión	Profundidad		D
Pa	Pacaya	Alto		Pedregosidad y Afloramiento	Mediano				B
Pc	Polochic	Bajo			Profundo			Mal drenaje	D

SIMBOLO	SERIE	MATERIAL ORIGINAL	DRENAJE INTERNO	RELIEVE	CLASE DRENAJE
Pi	Pinula	Toba Volcánica o brecha de Toba de color claro	Bueno	Declives Inclinados	Buen Drenaje
Qr	Quiriguá	DÚpositos Aluviales Antiguos o Marinos	Malo	Casi Plano	Drenaje muy Pobre
SA	Suelos Aluviales	-999	-999	-999	-999
Sh	Sebach	Serpentina o Roca Máfica Serpentinizada	Bueno	Inclinado	Buen Drenaje
Sl	Salamá	Ceniza Volcánica Pomácea	Excesivo	Casi Plano a Ondulado	Drenaje Excesivo
Slq	Salamá fase quebrada	-999	-999	Relieve completamente seccionados barrancos y zanjas, con pendientes mayores del 15%	-999
Sn	Sholanimá	Serpentina	Bueno	Inclinado	Buen Drenaje
Ss	Sansare	Esquisto Arcilloso Calcáreo	Bueno	Declives Inclinados	Buen Drenaje
St	Setal	Materiales Aluviales	Bueno	Casi Plano	Buen Drenaje
Su	Semuc	Serpentina	Bueno	Ondulado	Buen Drenaje
Sub	Subinal	Caliza	Excesivo	Declives Muy Inclinados	Drenaje Excesivo
Sui	Suchitán	Ceniza Volcánica	Excesivo	Declives Muy Inclinados	Drenaje Excesivo
SV	Suelos de los valles	-999	-999	Valles	-999
Ta	TahuainÝ	Brecha de Toba Volcánica o Pórfido AndesÝtico	Bueno	Ondulado a Escarpado	Buen Drenaje
Te	Telemán	Esquisto	Bueno	Inclinado	Buen Drenaje
Tl	Talquesal	Esquisto	Bueno	Inclinado	Buen Drenaje
Tm	Tamah·	Caliza	Bueno a Excesivo	Karst	Buen Drenaje
To	Toltec	Esquisto Arcilloso	Bueno	Faldas de Monta±as	Buen Drenaje
Za	Zacapa	Roca de Granito y Gneis Intemperizado	Bueno	Inclinado a Moderadamente Inclinado	Buen Drenaje
Zr	Zarzal	Esquisto Arcilloso	Bueno	Inclinado	Buen Drenaje

SIMBOLO	SERIE	TEXTURA SUPERFICIAL	TEXTURA SUB	PROFUNDIDAD	C_TEXSUB
Pi	Pinula	Franco-Limosa	Arcillo-Arenosa-Gravosa o Arcilla a Franco-Arcillo-Arenosa	100	Moderadamente Fina
Qr	Quiriguá	Franco-Limosa	Arcilla	80 a 100	Muy Fina
SA	Suelos Aluviales	-999	-999	-999	-999
Sh	Sebach	Arcilla	Arcilla	40	Muy Fina
Sl	Salamá	Franco-Arenosa Fina	Franco-Arenosa-Fina	50	Media
Slq	Salamá fase quebrada	-999	-999	-999	-999
Sn	Sholanimá	Arcilla	Arcilla	30 ó 40	Muy Fina
Ss	Sansare	Franco-Arcillo-Esquistosa o Gravosa	Franco-Arcillo-Esquistosa o Gravosa	40 ó 50	Moderadamente Fina
St	Setal	Arcilla	Arcilla a Arcilla-Arenosa	100	Fina
Su	Semuc	Arcilla	Arcilla	100	Muy Fina
Sub	Subinal	Arcilla	Arcilla	50	Muy Fina
Sui	Suchitán	Franco-Arenosa	Franco-Arenosa o Franca	50	Media
SV	Suelos de los valles	-999	-999	-999	-999
Ta	TahuainÝ	Franco-Limosa a Franco-Arcillosa	Arcilla	200 o más	Muy Fina
Te	Telemán	Franco-Limosa	Franco-Limosa o Franco-Arcillo-Limosa a Arcilla	60 a 100	Media
Tl	Talquesal	Franco-Arenosa	Franco-Arcillo-Gravosa	50	Moderadamente Fina
Tm	Tamah·	Franca o Franca-Arcillosa	Franco-Calcáreo o Franco-Arcillosa	50	Moderadamente Fina
To	Toltec	Franco-Arcillosa	Arcilla	50 a 60	Muy Fina
Za	Zacapa	Franco-Arenosa Fina	Franco-Arcillo-Arenosa	40 a 50	Moderadamente Fina
Zr	Zarzal	Arcilla	Arcilla	35	Muy Fina

SIMBOLO	SERIE	RIESGO EROSION	RELIEVE	PEDREGOSIDAD	C_PROF	EROSIVIDAD	PROFUNDIDAD	DRENAJE	HIDROL
Pi	Pinula	Alto	Relieve		Profundo	Erosión			B
Qr	Quiriguá	Bajo			Mediano			Mal Drenaje	D
SA	Suelos Aluviales	-999			-999			-999	A
Sh	Sebach	Alto	Pendiente	Pedregosidad	Delgado	Erosión	Profundidad		D
Sl	Salamá	Regular			Mediano		Profundidad	Exceso de drenaje	B
Slq	Salamá fase quebrada	-999			-999				A
Sn	Sholanimá	Alto	Relieve		Delgado	Erosión	Profundidad		D
Ss	Sansare	Alto	Relieve	Afloramientos de esquisto ar	Delgado	Erosión	Profundidad		B
St	Setal	Bajo			Profundo				B
Su	Semuc	Regular a Bajo			Profundo				D
Sub	Subinal	Muy Alto	Relieve	Pedregosidad	Mediano	Severamente erosiona	Profundidad	Exceso de drenaje	D
Sui	Suchitán	Alto	Relieve		Mediano		Profundidad	Exceso de drenaje	B
SV	Suelos de los valles	-999			-999			-999	A
Ta	TahuainŸ	Alto	Relieve	Afloramientos de roca en alg	Muy Profundo	Erosión			D
Te	Telemán	Alto	Relieve	Fragmentos de esquisto en t	Profundo	Riesgo de Erosión			C
Tl	Talquesal	Alto	Relieve		Mediano	Erosión	Profundidad		B
Tm	Tamah·	Alto	Relieve	Pedregosidad	Mediano	Erosión	Profundidad		A
To	Toltec	Alto	Relieve		Mediano	Erosión	Profundidad		D
Za	Zacapa	Alto	Relieve	Afloramientos de roca	Delgado		Profundidad		B
Zr	Zarzal	Alto	Relieve	Afloramientos de roca	Delgado	Erosión	Profundidad		D

ANEXO VI
Instrucciones de Operación del Modelo Hidrológico con Información Limitada (MILH)

MANUAL DE MANEJO DEL MODELO HIDROLÓGICO CON INFORMACIÓN LIMITADA (MILH)

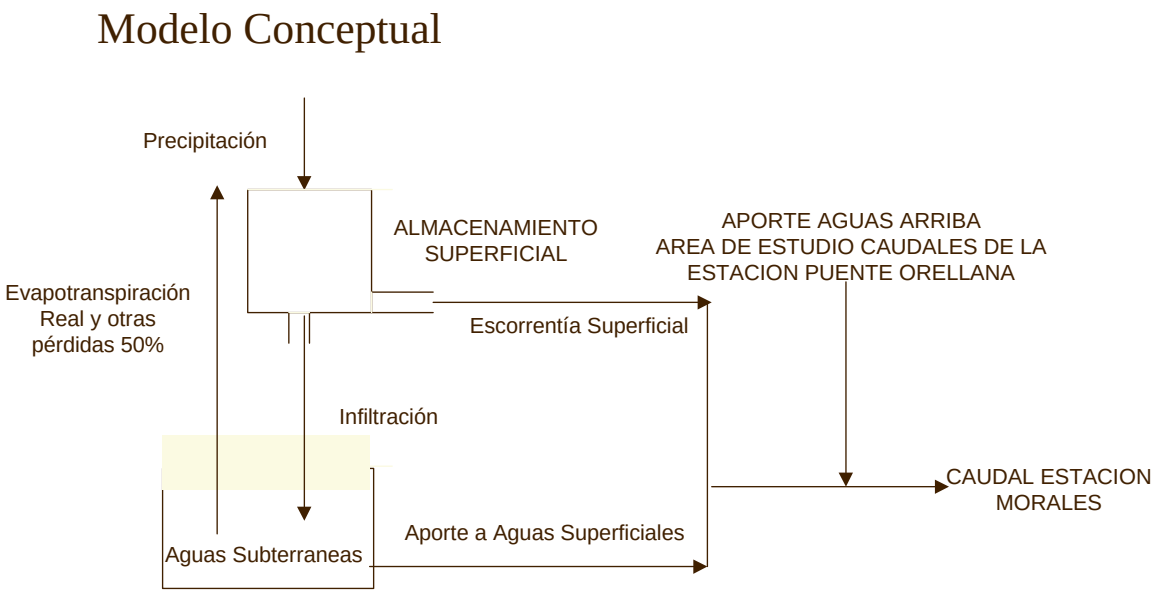
1. OBJETIVO DEL MODELO

El objetivo del modelo es estimar la variación estacional en los caudales debido a cambios en la cobertura forestal.

2. MODELO CONCEPTUAL

El siguiente diagrama muestra el esquema conceptual del modelo.

Figura No.1 Esquema Conceptual



3. MAPAS BASE E INFORMACION REQUERIDOS

Los mapas base requeridos para la adecuada aplicación del modelo son:

- Modelo de Elevación Digital
- Mapa de Uso de la Tierra
- Mapas de Lluvia Mensual
- Estaciones Hidrológicas

Además requiere los valores medios de los caudales de las estaciones hidrológicas en forma mensual.

4. OPERACIÓN DEL MODELO

La operación del modelo se basa en la creación de escenarios cambiando la cobertura forestal. Para ello es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Se generan con base a los mapas anteriores los siguiente mapas:
    a. Corrientes (GRID)
    b. Flujo Acumulado (GRID)
    c. Estaciónes Hidrológicas (GRID)
    d. Precipitación Mensual en Formato GRID
    e. Mapas de infiltración basados en el de uso de la tierra con el valor N de Escorrentia del USSCS
2. Para cambiar la cobertura forestal se modifica el mapa de infiltración existente para normal, seco y saturado cambiando los números de infiltración que asigna el USSCS de acorde al cambio de uso de la tierra que se plantea.
3. Una vez generadas estas tres capas, se le da un nombre diferente a cada una, por ejemplo secosinbosque, saturadosinbosque y normal sinbosque.
4. Se modifica el archivo script preciefectiva indicando los nombres de los nuevos mapas que se quieren utilizar.
5. En cada vista correspondiente a cada mes se agregan las nuevas capas creadas.
6. Para calcular los datos de cada mes se coloca en la vista correspondiente, por ejemplo enero, se activan los temas a utilizarse que son los tres que reflejan el cambio de cobertura con el respectivo coeficiente de infiltración, el de dirección de flujo que se llama *direccflow* la condición de lluvia que le corresponde al mes que se trabaja
7. Se oprime el botón de la función preciefectiva la cuál ejecuta un archivo script que genera las tres capas de escorrentía efectiva para las condiciones de seco, saturado y normal.
8. Al terminar el proceso que lleva varios minutos, se activan las capas resultantes y la llamada estaciones hidrológicas digitales. Con el botón de información y activando la capa de interés, por ejemplo la del resultado de la condición en seco, y se coloca el cursor en los puntos donde se marcan las estaciones sobre las corrientes.
9. Los resultados se tabulan en una hoja de Excel que permite calcular los valores finales y presenta las gráficas.