

# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**

## **“ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO”**

**ARMANDO AGUIRRE RODRÍGUEZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

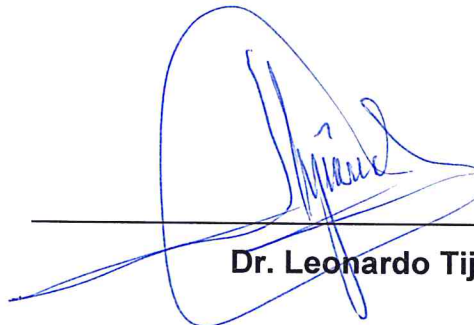
**2014**

La presente tesis titulada: “**Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México**”, realizada por el alumno Armando Aguirre Rodríguez, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
HIDROCIENCIAS

CONSEJO PARTICULAR

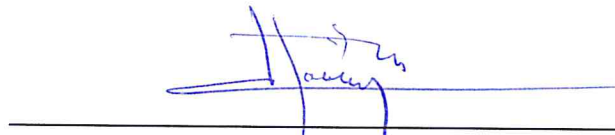
CONSEJERO



---

**Dr. Leonardo Tijerina Chávez**

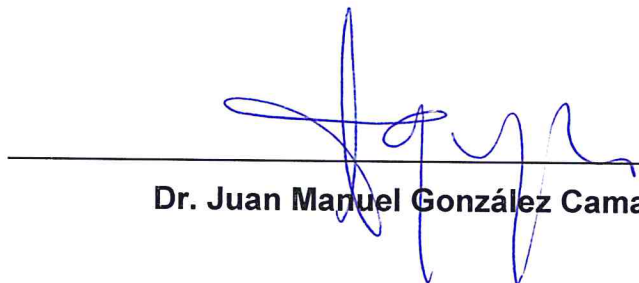
ASESOR



---

**Dr. Jesús Chávez Morales**

ASESOR



---

**Dr. Juan Manuel González Camacho**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Marzo 2014



## *Agradecimientos*

*A Dios por darme fortaleza para vencer muchos obstáculos en mi camino y permitir cumplir un sueño más en mi vida a lado de mi familia y seres queridos.*

*Al CONACYT, Colegio de Postgraduados y al Postgrado de Hidrociencias, por todo el sustento que me brindaron dentro y fuera de sus muros para formar parte de su gran historia.*

*A mi director de tesis, Dr. Leonardo Tijerina Chávez, por su paciencia, dedicación y conocimientos que me brindó para culminar esta etapa de mi vida profesional.*

*A mis asesores, Dr. Jesús Chávez Morales y Dr. Juan Manuel González Camacho, por su valiosos conocimientos, tiempo y recomendaciones aportadas en mi trabajo de investigación y formación académica.*

*Al Ing. Juan Rafael Sánchez Bravo por todo el apoyo moral y profesional que me ha dado desde que tengo la dicha de conocerlo*

*A mis amigos, casi hermanos, Rodrigo Roblero Hidalgo y Valeriano Ortega Naredo, por ofrecerme su sincera amistad, consejos y compartir muchas alegrías, tristezas y logros desde la Universidad.*

*El logro de este objetivo se lo dedico a la hermosa familia que me ha regalado Dios, mis padres Armando Aguirre Rodríguez y Adela Rodríguez Cabrea, mis lindas hermanas Lorena y Elizabeth, y mis angelitas Pamela y Ximena; por todo el amor, consejo y apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi vida...*

*...los ama su hijo, hermano, tío: Armando Aguirre Rodríguez.*



## ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.

### RESUMEN

La evapotranspiración es el proceso de transferencia más importante de agua de la superficie de la tierra (suelo, vegetación y cuerpos de agua) a la atmósfera, por lo tanto, es muy importante su estimación para el balance hídrico de las cuencas. Se presenta un método para estimar la evapotranspiración, en la cuenca del río de La Sierra (4,425.5 km<sup>2</sup>), mediante imágenes satelitales y datos de estaciones meteorológicas convencionales y automatizadas. Se calcularon el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), las temperaturas de la superficie ( $T_s$ ), ambiente ( $T_a$ ) y ( $T_s - T_a$ ), a partir de 13 y 8 imágenes de Landsat 5 correspondientes a los años 1998 y 2011 respectivamente. Se utilizó información meteorológica diaria, de 15 estaciones meteorológicas convencionales (EMC) para el año 1998 y 6 automatizadas (EMA) para 2011, para estimar la evapotranspiración diaria de referencia ( $ET_o$ ) con los métodos de la FAO Penman- Monteith y Hargreaves. Se realizó un ajuste lineal entre los datos de FAO Penman- Monteith y Hargreaves, para el año 2011, fue utilizado para corregir los resultados de  $ET_o$  producidos por el método de Hargreaves calculado con los datos de las EMC's. Se aplicó un modelo lineal para estimar  $T_a$ , ( $T_s - T_a$ ) vs  $T_s$ . Se realizaron varios análisis de regresión lineal, por dos partes de la cuenca cubiertas por imágenes Landsat, resultando para el lado izquierdo:  $ET_o = -0.973 * NDVI + 0.140 * T_s - 0.095 * (T_s - T_a) - 38.137$ , ( $R^2 = 0.750$ ) y para el lado derecho:  $ET_o = -1.565 * NDVI + 0.195 * T_s - 0.133 * (T_s - T_a) - 53.700$ , ( $R^2 = 0.875$ ). Los coeficientes de cobertura vegetal ( $K_{cv}$ ), se estimaron a partir de la carta de uso de suelo y vegetación de INEGI escala 1:250.000. La evapotranspiración real diaria, mensual y anual, se estimó como  $ET_r = ET_o * K_{cv}$ ; las medias estimadas fueron 2.355 mm\*día<sup>-1</sup>, 71.645 mm\*mes<sup>-1</sup> y 859.745 mm\*año<sup>-1</sup>, resultando 69.295% y 31.822%, de la evaporación y precipitación anual respectivamente. Se concluyó que las estimaciones de  $ET_o$ ,  $K_{cv}$  y  $ET_r$  para la Cuenca fueron aceptables

**PALABRAS CLAVE:** NDVI, temperatura de la superficie, coeficiente de cobertura vegetal, Penman- Monteith





## EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATED BY SATELLITE IMAGES IN RIVER LA SIERRA WATERSHED, CHIAPAS AND TABASCO, MÉXICO.

### ABSTRACT

Evapotranspiration is the most important transfer process of water from the earth surface (soil, vegetation and water bodies) to the atmosphere; therefore, it is very important its estimation for the watersheds water balance. A method to estimate evapotranspiration, in the La Sierra river watershed (4,425.5 km<sup>2</sup>), based in satellite images, and conventional and automated weather stations data, is presented. Normalized difference vegetation index (NDVI), surface ( $T_s$ ), ambient ( $T_a$ ) and ( $T_s - T_a$ ) temperatures, were calculated, from 13 y 8 Landsat 5 images for the 1998 and 2011 years respectively. Daily weather information, from 15 conventional (EMC's) for the 1998 year and 6 automated (EMA's) for 2011 weather stations, were used to estimate the daily evapotranspiration of reference ( $ET_o$ ) with the FAO Penman-Monteith and Hargreaves methods. A linear fit between the FAO Penman-Monteith y Hargreaves data, for the 2011 year, was used to correct the  $ET_o$  results produced by the Hargreaves method computed with data of the EMC's. A linear model, ( $T_s - T_a$ ) vs  $T_s$ , was applied to estimate  $T_a$ . Multiple linear regression analyses were performed, for two parts of the watershed covered by Landsat images, resulting for the left side:  $ET_o = -0.973 * NDVI + 0.140 * T_s - 0.095 * (T_s - T_a) - 38.137$ , ( $R^2 = 0.750$ ) and for the right side:  $ET_o = -1.565 * NDVI + 0.195 * T_s - 0.133 * (T_s - T_a) - 53.700$  ( $R^2 = 0.875$ ). Vegetation cover coefficients ( $K_{cv}$ ), were estimated from the 1:250,000 scale INEGI land use charts. Daily, monthly and annual real evapotranspiration, were estimated as  $ET_r = ET_o * K_{cv}$ ; estimated means were 2.355 mm\*day<sup>-1</sup>, 71.645 mm\*month<sup>-1</sup> and 859.745 mm\*year<sup>-1</sup>; resulting 69.295% and 31.822% from annual evaporation and precipitation respectively. It was concluded that the estimations of  $ET_o$ ,  $K_{cv}$  and  $ET_r$  for the watershed were acceptable.

**KEYWORDS:** NDVI, surface temperature, vegetation cover coefficient, Penman-Monteith.





## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
ÍNDICE DE CUADROS .....	VIII
LISTA GENERAL DE VARIABLES .....	X
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2 ALCANCE Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	2
CAPÍTULO 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	3
2.1 HIPÓTESIS.....	3
2.2 OBJETIVOS.....	3
CAPÍTULO 3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 INTRODUCCIÓN .....	4
3.2 HIDROLOGÍA .....	4
3.3 CUENCA HIDROLÓGICA .....	5
3.4 CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS HIDROLÓGICAS.....	6
3.4.1 Delimitación de cuencas.....	6
3.4.2 Análisis morfométrico .....	7
3.4.3 Aspectos lineales del sistema de cauces.....	8
3.5 PARÁMETROS DE RELIEVE .....	12
3.5.1 Pendiente media de la cuenca, J.....	12
3.5.2 Elevación media de la cuenca .....	12
3.5.3 Pendiente del Cauce .....	13
3.6 ANÁLISIS METEOROLÓGICO .....	14
3.6.1 Acervo de la información meteorológica .....	14
3.6.2 Integración de la información meteorológica.....	15
3.6.3 Variables meteorológicas.....	15
3.7 BALANCE HÍDRICO .....	19
3.7.1 Precipitación.....	21
3.7.2 Abstracciones hidrológicas .....	21
3.8 EVAPOTRANSPIRACIÓN .....	23
3.8.1 Definiciones.....	23
3.8.2 Métodos para determinar la Evapotranspiración.....	29
3.9 TELEDETECCIÓN .....	30
3.9.1 Imagen satelital .....	30
3.9.2 Banda espectral.....	31
3.9.3 Espectro electromagnético .....	31
3.10 RESPUESTA ESPECTRAL DE LA CUBIERTA VEGETAL.....	32
3.10.1 Comportamiento espectral teórico en el dominio óptico de: vegetación vigorosa, suelos y agua .....	32
3.10.2 Vegetación vigorosa .....	32
3.10.3 Suelos .....	33
3.10.4 Agua.....	33
3.11 ÍNDICES DE VEGETACIÓN .....	33
3.11.1 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).....	34
3.11.2 Índice de Vegetación de Ajuste del Suelo, <i>Soil Adjusted Vegetation Index</i> (SAVI) .....	34
3.11.3 Índice de Estrés Hídrico, <i>Crop Water Stress Index</i> (CWSI).....	35
3.11.4 Índice de Déficit de Agua, <i>Water Deficit Index</i> (WDI).....	35
3.11.5 Índice de Vegetación /Trapezoide de Temperatura (VITT).....	35



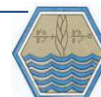


3.11.6	Índice de humedad disponible en el suelo ( $M_a$ ) .....	36
3.11.7	Temperatura superficial ( $T_s$ ) .....	37
3.12	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	37
3.13	ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN UTILIZANDO LOS SENSORES REMOTOS.....	38
3.14	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS MODELOS .....	39
3.14.1	Covarianza, ( $S_{OE}$ ).....	39
3.14.2	Correlación, ( $r_{OE}$ ) .....	40
3.14.3	El coeficiente de determinación, ( $R^2$ ) .....	41
3.14.4	Regresión lineal.....	41
3.15	ANÁLISIS DE LA REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	42
<b>CAPÍTULO 4. MATERIALES Y METODOLOGÍA .....</b>		<b>44</b>
4.1	MATERIALES .....	44
4.1.1	Información meteorológica, espectral y vectorial. ....	44
4.1.2	Equipo de cómputo y software.....	45
4.2	METODOLOGÍA .....	46
4.2.1	Recopilación, selección y sistematización de la información.....	49
4.2.2	Ajuste $ET_o$ estimada con otros métodos en relación con la del Penman-Monteith.....	78
4.2.3	Cálculo de índices espectrales a partir de las imágenes satelitales .....	86
4.2.4	Modelo de regresión lineal para estimar $ET_o$ .....	100
<b>CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>		<b>110</b>
5.1	AJUSTE DE $ET_o$ CALCULADA CON HARGREAVES.....	110
5.1.1	Selección del método para la estimación de $ET_o$ .....	112
5.2	MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE PARA ESTIMAR TEMPERATURA AMBIENTE, $T_a$ .....	113
5.3	MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA ESTIMAR $ET_o$ .....	114
5.4	ESTIMACIÓN DE LA $ET_r$ DE LA CUENCA .....	118
5.4.1	Estimación de la evapotranspiración de referencia con índices espectrales ( $ET_{oe}$ ) .....	119
5.4.2	Estimación del coeficiente de la cubierta vegetal ( $K_{cv}$ ).....	120
5.4.3	Estimación de la evapotranspiración real ( $ET_r$ ).....	121
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>128</b>
6.1	Conclusiones .....	128
6.2	Recomendaciones .....	129
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>130</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>134</b>
A.1	RELACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES DISPONIBLES .....	135
A.2	PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA (mm) .....	138
A.3	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA (°C) .	140
A.4	EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA (mm) .....	142
A.5	DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA ARROYO GRANDE, CHIAPAS.....	144
A.6	DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA CANCUC, CHIAPAS .....	151





A.7	DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA COBACH, CHIAPAS .....	159
A.8	DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA EL ESCALON, CHIAPAS .....	166
A.9	DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA LARRAINZAR .....	173
A.10	DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA TAPILULA, CHIAPAS.....	181
A.11	MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL DE LAS 6 EMA´s PARA CORRECCIÓN DE $ET_o$ .....	188
A.12	VALORES PARA OBTENER LOS MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL $ET_{oe}$ .....	190
A.13	NDVI, $K_{cv}$ , $ET_o$ Y $ET_r$ POR CADA USO DE SUELO.....	194
A.14	GRÁFICAS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN PARA CADA USO DE SUELO Y VEGETACIÓN .....	198
A.15	EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA CUENCA EN LA FECHA DE CADA IMAGEN DE SATELITE DE 1998 .....	206
A.16	MAPAS .....	212
MAPA 1.	CUENCA DEL RÍO LA SIERRA.....	213
MAPA 2.	LOCALIZACIÓN HIDROLÓGICA.....	214
MAPA 3.	HIDROGRAFÍA.....	215
MAPA 4.	CLIMA .....	216
MAPA 5.	LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS .....	217
MAPA 6.	PRECIPITACIÓN.....	218
MAPA 7.	TEMPERATURA .....	219
MAPA 8.	EVAPORACIÓN .....	220
MAPA 9.	TOPOGRAFÍA.....	221
MAPA 10.	FISIOGRAFÍA.....	222
MAPA 11.	GEOLOGÍA .....	223
MAPA 12.	EDAFOLOGÍA .....	224
MAPA 13.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN .....	225
MAPA E- 1.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (07 de enero de 1998).....	226
MAPA E- 2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (01 de febrero de 1998) .....	227
MAPA E- 3.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (08 de febrero de 1998) .....	228
MAPA E- 4.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (17 de febrero de 1998) .....	229
MAPA E- 5.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (05 de marzo de 1998).....	230
MAPA E- 6.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (28 de marzo de 1998).....	231
MAPA E- 7.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (06 de abril de 1998).....	232
MAPA E- 8.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (13 de abril de 1998).....	233
MAPA E- 9.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (09 de junio de 1998) .....	234
MAPA E- 10.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (11 de julio de 1998) .....	235
MAPA E- 11.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (12 de agosto de 1998) .....	236
MAPA E- 12.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (13 de septiembre de 1998) .....	237





## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.	Esquema de una cuenca con sus componentes.....	6
Figura 3.2.	Ciclo hidrológico. Fuente: <a href="http://ga.water.usgs.org/edu/watercycle.html">http://ga.water.usgs.org/edu/watercycle.html</a> .....	20
Figura 3.3.	Factores que afectan la evapotranspiración de referencia y conceptos relacionados de ET. Fuente: Allen <i>et al</i> , 2006 .....	25
Figura 3.4.	Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_o$ ), bajo condiciones estándar ( $ET_c$ ) y bajo condiciones no estándar ( $ET_{c_{aj}}$ ) . Fuente: Allen <i>et al</i> , 2006.....	25
Figura 3.5.	Etapas de desarrollo de diferentes cultivos. Fuente: Allen <i>et al</i> , 2006 .	29
Figura 3.6.	Trapezoide de relación entre ( $T_s-T_a$ ) y $V_c$ construido por la estimación de cuatro vértices. Fuente: Quintana, 2009 .....	36
Figura 3.7.	Componentes de un Sistema de Información Geográfica. SMBD: Sistema para el Manejo de la Base de Datos. BD: Base de Datos. ....	38
Figura 4.1.	Metodología para la estimación de Evapotranspiración en la cuenca..	48
Figura 4.2.	Localización de la Cuenca. Elaboración propia. ....	50
Figura 4.3.	Cuenca del río La Sierra. Elaboración propia. ....	51
Figura 4.4.	Topografía de la cuenca del río La Sierra. Elaboración propia. ....	52
Figura 4.5.	Fisiografía de la cuenca del río La Sierra. Elaboración propia.....	53
Figura 4.6.	Geología de la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia ..	55
Figura 4.7.	Edafología de la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia	57
Figura 4.8.	Distribución espacial del uso de suelo y vegetación de la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia .....	58
Figura 4.9.	Distribución del uso de suelo y vegetación en la cuenca del río La Sierra .....	60
Figura 4.10.	Red hidrográfica de la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia.....	63
Figura 4.11.	Distribución de los tipos de clima en la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración Propia .....	65
Figura 4.12.	EMC's utilizadas para estimar la distribución espacial y temporal de la precipitación, temperatura y evaporación media mensual de la cuenca del río La Sierra.....	66
Figura 4.13.	Distribución temporal de la temperatura de la cuenca del río La Sierra .....	67
Figura 4.14.	Distribución espacial de la temperatura en la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia .....	68
Figura 4.15.	Distribución temporal de la evaporación de la cuenca del río La Sierra .....	69
Figura 4.16.	Distribución espacial de la evaporación en la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia .....	70
Figura 4.17.	Distribución temporal de la precipitación de la cuenca del río La Sierra .....	71
Figura 4.18.	Distribución espacial de la precipitación en la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia .....	72
Figura 4.19.	Plataforma de descarga de las imágenes de satélite, USGS 2012.....	73
Figura 4.20.	Cobertura de las imágenes de satélite. Fuente: Elaboración propia ....	73







Figura 4.21.	Estaciones con información en las imágenes del Lado A en las fechas seleccionadas .....	75
Figura 4.22.	Estaciones con información en las imágenes del Lado B en las fechas seleccionadas .....	76
Figura 4.23.	Estaciones meteorológicas utilizadas en el Estudio. Fuente: Elaboración propia.....	78
Figura 4.24.	Presentación gráfica de la temperatura con OTT HYDRAS.....	79
Figura 4.25.	Proceso para calcular $ET_o$ FAO Penman- Monteith.....	80
Figura 4.26.	Modelo de regresión lineal para ajustar $ET_o$ calculada con Hargreaves a nivel diario. ....	86
Figura 4.27.	Estructura del archivo .LOT .....	89
Figura 4.28.	Leer el archivo en el programa CorLandsat.....	89
Figura 4.29.	Procesos para corregir la reflectancia de las imágenes.....	90
Figura 4.30.	Reflectancia corregida de la banda 4.....	90
Figura 4.31.	Clases determinadas con CorLandsat de la imagen.....	91
Figura 4.32.	Calculo del NDVI mediante el módulo VegIndex .....	92
Figura 4.33.	Imagen con valores de NDVI .....	92
Figura 4.34.	Diagrama de cálculo de la $T_s$ .....	93
Figura 4.35.	Cuadro de diálogo para calcular SAVI .....	94
Figura 4.36.	Imagen con los datos de SAVI.....	95
Figura 4.37.	Ecuaciones 4.24 y 4.26 en la calculadora de IDRISI .....	97
Figura 4.38.	Imagen con valores de emisividad.....	97
Figura 4.39.	Imagen con valores de $R_c$ .....	99
Figura 4.40.	Imagen con valores de $T_s$ .....	100
Figura 4.41.	Ubicación de las estaciones para extracción de valores de NDVI .....	103
Figura 4.42.	Datos de NDVI para cada estación.....	103
Figura 4.43.	Modelo de regresión lineal de datos de 2011 .....	106
Figura 5.1.	$R^2$ para la $ET_o$ diaria.....	111
Figura 5.2.	$R^2$ para la $ET_o$ de 10 días .....	112
Figura 5.3.	$R^2$ para la $ET_o$ mensual .....	112
Figura 5.4.	Comportamiento del $R^2$ en los casos para estimar $T_a$ .....	114
Figura 5.5.	$R^2$ de los modelos de regresión lineal múltiple probados.....	117
Figura 5.6.	Modelo para estimar $T_a$ en la calculadora de IDRISI e imagen con valores de $T_a$ .....	119
Figura 5.7.	Modelo M-Lado A en la calculadora de IDRISI y la imagen con valores de $ET_o$ .....	120
Figura 5.8.	Imagen con valores de $K_{cv}$ .....	121
Figura 5.9.	Valores de NDVI, $K_{cv}$ y $ET_o$ extraídos para cada uso de suelo y vegetación .....	122
Figura 5.10.	Volumen diario evapotranspirado en la cuenca del río La Sierra a 9 fechas mencionadas de 1998. ....	124
Figura 5.11.	Distribución anual de $P_j$ , $EV_j$ y $ETR_j$ en la cuenca del río La Sierra.....	126





## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1.	Estructuras geológicas en la Cuenca, Roblero <i>et al</i> 2013.....	54
Cuadro 4.2.	Tipos de suelo en la Cuenca, Roblero <i>et al</i> 2013.....	56
Cuadro 4.3.	Uso de suelo y vegetación de la cuenca del río La Sierra.....	59
Cuadro 4.4.	Comparación de métodos e insumos utilizados para la cartografía 1: 250,000 de Uso de suelo y Vegetación de INEGI .....	61
Cuadro 4.5.	Características morfométricas, fisiográficas e hidrográficas de la cuenca del río La Sierra .....	62
Cuadro 4.6.	Climas predominantes en la cuenca del río La Sierra.....	64
Cuadro 4.7.	EMC's utilizadas para el análisis temporal.....	66
Cuadro 4.8.	Media, máxima y mínima temperatura media mensual (°C) de la cuenca del río La Sierra .....	67
Cuadro 4.9.	Media, máxima y mínima evaporación media mensual (mm) de la cuenca del río La Sierra .....	69
Cuadro 4.10.	Precipitación media, máxima y media mensual (mm) de la cuenca del río La Sierra.....	71
Cuadro 4.11.	Relación de imágenes utilizadas (1998 y 2011). Fuente: Elaboración propia .....	74
Cuadro 4.12.	Estaciones meteorológicas seleccionadas.....	77
Cuadro 4.13.	Matriz de entrada de datos para cálculo de $ET_0$ obtenida de las EMA's .....	81
Cuadro 4.14.	Matriz de cálculo de $ET_0$ con Penman-Monteith.....	83
Cuadro 4.15.	Matriz de combinaciones para cada caso .....	85
Cuadro 4.16.	Valores de radianza máxima y mínima para cada banda de Landsat 5 .....	87
Cuadro 4.17.	Valores de ESUN para cada tipo de satélite. ....	88
Cuadro 4.18.	Constantes $K_1$ y $K_2$ para Landsat en $W*m^{-2}*sr^{-1}*\mu m^{-1}$ .....	94
Cuadro 4.19.	Casos de regresión lineal.....	101
Cuadro 4.20.	Valores para la regresión del año 2011 del Lado A .....	105
Cuadro 4.21.	Estadísticas de la regresión lineal simple y análisis de varianza para estimar $T_a$ a partir de $T_s$ calculada con imágenes satelitales .	105
Cuadro 4.22.	Combinaciones de las variables para la regresión lineal múltiple ..	107
Cuadro 4.23.	Valores para la regresión lineal múltiple.....	108
Cuadro 4.24.	Estadísticas de la regresión lineal múltiple y análisis de varianza .	108
Cuadro 5.1.	Valores de $R^2$ de las regresiones lineales $ET_{OPM}$ vs $ET_0$ de otros métodos obtenido para ajustar $ET_0$ en las EMA's .....	110
Cuadro 5.2.	Parámetros de regresión lineal entre $ET_{OPM}$ vs $ET_{OHG}$ para ajustar $ET_0$ a nivel diario con Hargreaves .....	113
Cuadro 5.3.	Parámetros de regresión para estimar $T_a=(1-\alpha)*T_s-\beta$ .....	113
Cuadro 5.4.	Parámetros de regresión para la combinación $ET_0=$ $a_1*T_s+a_2*NDVI+ b$ .....	115
Cuadro 5.5.	Parámetros de regresión para la combinación $ET_0= a_1*(T_s-$ $T_a)+a_2*NDVI+ b$ .....	115
Cuadro 5.6.	Parámetros de regresión para la combinación $ET_0= a_1*(T_s-$ $T_a)+a_2*T_s+ b$ .....	116





Cuadro 5.7. Parámetros de regresión para la combinación $ET_o = a_1 * NDVI + a_2 * T_s + a_3 * (T_s - T_a) + b$ .....	116
Cuadro 5.8. Imágenes utilizadas en la aplicación del modelo aceptado .....	118
Cuadro 5.9. Datos de evapotranspiración para la cuenca del río La Sierra en el día 7 de enero de 1998 .....	123
Cuadro 5.10. Volúmenes evapotranspirados por día en la cuenca del río La Sierra .....	124
Cuadro 5.11. Análisis y contraste mensual de la $ET_r$ de la cuenca del río La Sierra .....	125
Cuadro 5.12. Análisis y contraste anual de la $ET_r$ de la cuenca del río La Sierra .....	126
Cuadro 5.13. Volúmenes mensuales evapotranspirados en la cuenca del río La Sierra .....	127





## LISTA GENERAL DE VARIABLES

<b>A:</b> Almacenamiento	<b>ET<sub>oHGa</sub>:</b> Evapotranspiración de referencia calculada con Hargreaves ajustada
<b>A<sub>c</sub>:</b> Área de la cuenca	<b>ET<sub>oPTa</sub>:</b> Evapotranspiración de referencia calculada con Priestley y Taylor ajustada
<b>Cos <math>\theta</math>:</b> Coseno del ángulo cenital	<b>ET<sub>oTca</sub>:</b> Evapotranspiración de referencia calculada con Turc ajustada
<b>CWSI:</b> Índice de Estrés Hídrico	<b>ET<sub>r</sub>:</b> Evapotranspiración real
<b><math>\Delta</math>:</b> Pendiente de la curva de presión de vapor	<b><math>\varphi</math>:</b> Latitud
<b>Dd:</b> Densidad de drenaje	<b>F<sub>sub</sub>:</b> Flujo subterráneo
<b>Dj:</b> Día juliano	<b>F<sub>sup</sub>:</b> Flujo superficial
<b>DN:</b> Número digital	<b><math>\gamma</math>:</b> Constante psicrométrica
<b>d<sub>r</sub>:</b> es la distancia relativa Tierra-Sol	<b>G:</b> Flujo de calor del suelo
<b>E:</b> Evaporación	<b>G<sub>sc</sub>:</b> Constante solar
<b>e<sub>a</sub>:</b> presión de vapor actual	<b>Hd:</b> Desnivel
<b>Elev<sub>i</sub>:</b> elevación de las intersecciones <i>i</i>	<b>H:</b> Flujo de calor sensible
<b>Em:</b> Elevación media de la cuenca	<b>h<sub>local</sub>:</b> Hora local
<b><math>\varepsilon_{NB}</math>:</b> Emisividad	<b>H<sub>max</sub>:</b> Cota del punto más alto
<b>e<sub>s</sub>:</b> Presión de vapor de saturación	<b>h<sub>meridional</sub>:</b> Hora de la toma de la imagen satelital
<b>ESUN<sub>b</sub>:</b> promedio de la irradiancia exo-atmosférica para la banda <i>b</i>	<b>H<sub>min</sub>:</b> Cota del punto más bajo
<b>ET:</b> Evapotranspiración	<b>J:</b> Pendiente media de la cuenca
<b>ET<sub>c aj</sub>:</b> Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar	<b>k:</b> Orden del cauce o segmento troncal
<b>ET<sub>c</sub>:</b> Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar	<b>K:</b> Coeficiente de cultivo
<b>ET<sub>o HG</sub>:</b> Evapotranspiración de referencia calculada con Hargreaves	<b>K<sub>c</sub>:</b> Coeficiente de cultivo bien regado en condiciones agronómicas óptimas
<b>ET<sub>o PM</sub>:</b> Evapotranspiración de referencia calculada con FAO Penman- Monteith	<b>K<sub>cb</sub>:</b> Coeficiente de cultivo basal
<b>ET<sub>o PT</sub>:</b> Evapotranspiración de referencia calculada con Priestley y Taylor	<b>K<sub>cv</sub>:</b> Coeficiente de cobertura vegetal
<b>ET<sub>o Tc</sub>:</b> Evapotranspiración de referencia calculada con Turc	<b>K<sub>e</sub>:</b> Coeficiente de evaporación de suelo
<b>ET<sub>o</sub>:</b> Evapotranspiración de referencia	<b>K<sub>s</sub>:</b> Factor de ajuste de K <sub>c</sub>
<b>ET<sub>o e</sub>:</b> Evapotranspiración de referencia estimada con índices espectrales	<b><math>\lambda</math>:</b> Longitud
	<b>L:</b> Longitud del cauce principal
	<b>L<sub>6</sub>:</b> Radianza espectral de la banda 6
	<b>LAI:</b> Índice de Área Foliar





<b>L<sub>b</sub></b> : Longitud de la cuenca	<b>R<sub>sc</sub></b> : Radiación neta en un día despejado
<b>L<sub>b</sub></b> : Radianza espectral de la banda b	<b>R<sub>sky</sub></b> : Radiación térmica baja en el estrecho de banda para un cielo limpio
<b>λ<sub>ET</sub></b> : Flujo de calor latente	<b>σ</b> : Constante de Stefan-Boltzman
<b>L<sub>g</sub></b> : Longitud de flujo de superficie	<b>S</b> : pendiente del cauce
<b>L<sub>u</sub></b> : Longitud media de los cauces de orden u	<b>SAVI</b> : Índice de Vegetación de Ajuste del Suelo
<b>Ma</b> : Índice de humedad disponible en el suelo	<b>S<sub>OE</sub></b> : Covarianza
<b>NAR</b> : Número de años de registro	<b>T</b> : Temperatura
<b>Nc</b> : Número de corrientes o cauces	<b>T<sub>3</sub></b> : Temperatura media de 3 días
<b>NDM</b> : Número de días del mes	<b>T<sub>a inst</sub></b> : Temperatura del ambiente instantánea
<b>NDVI</b> : Índice de Vegetación Normalizada	<b>T<sub>a</sub></b> : Temperatura del aire o ambiente
<b>Nelev</b> : Número de intersecciones de la cuadrícula en la cuenca	<b>T<sub>max</sub></b> : Temperatura máxima
<b>N<sub>u</sub></b> : Número de orden de corrientes	<b>T<sub>min</sub></b> : Temperatura mínima
<b>P</b> : Precipitación	<b>τ<sub>NB</sub></b> : Transmisividad del aire en el estrecho de banda
<b>Pa</b> : Presión atmosférica	<b>Tr</b> : Transpiración
<b>p<sub>c,f</sub></b> : Pixel de la columna c y fila f	<b>T<sub>rocío</sub></b> : Temperatura del punto de rocío
<b>ρ<sub>t,b</sub></b> : reflectancia arriba de la atmosfera para la banda b	<b>T<sub>s</sub></b> : Temperatura de la superficie
<b>R<sup>2</sup></b> : coeficiente de determinación	<b>u</b> : orden de corrientes
<b>R<sub>a</sub></b> : Radiación extraterrestre	<b>U<sub>2</sub></b> : Velocidad del viento a 2 m de altura
<b>R<sub>b<sub>u</sub></sub></b> : Relación de bifurcación de orden u	<b>U<sub>z</sub></b> : Velocidad del viento
<b>R<sub>c</sub></b> : Radianza térmica corregida	<b>V<sub>c</sub></b> : Cubierta vegetal
<b>R<sub>f</sub></b> : Factor adimensional de forma	<b>VET<sub>r</sub></b> : Volumen de evapotranspiración real
<b>R<sub>n</sub></b> : Radiación neta	<b>VITT</b> : Índice de Vegetación/Trapezoide de Temperatura
<b>ρ<sub>NIR</sub></b> : Espectro del infrarrojo cercano	<b>WDI</b> : Índice de Déficit de Agua
<b>R<sub>nl</sub></b> : Radiación neta de onda larga	<b>w<sub>s</sub></b> : Ángulo de radiación a la puesta de sol
<b>R<sub>ns</sub></b> : Radiación neta de onda corta	<b>z</b> : Elevación sobre el nivel del mar
<b>r<sub>OE</sub></b> : Correlación	
<b>R<sub>p</sub></b> : Radianza en dirección al satélite	
<b>ρ<sub>R</sub></b> : Espectro del rojo	
<b>R<sub>s</sub></b> : Radiación solar	





## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

A partir de las últimas dos décadas del siglo veinte, y durante lo que va del siglo actual, ha habido un acelerado avance en el desarrollo de software, abaratamiento de las computadoras, así como un aumento en su capacidad y velocidad operativa, lo cual ha permitido el desarrollo de sistemas de información que están facilitando la creación y el manejo de grandes bases de datos, las cuales se han combinado con el uso de información geográfica y la teledetección mediante sensores remotos, que son herramientas fundamentales para facilitar el manejo del agua, los suelos y los cultivos en el sector agrícola y propiciar el incremento de su productividad (Palacios, 2007).

La relación agua-suelo-planta-atmósfera involucra una serie de fenómenos determinantes para la coexistencia en la naturaleza, los que se han intentado simular a través de modelos empíricos o físicamente basados. La mayor disponibilidad y mejor calidad de información extraíble desde los sensores remotos satelitales, ha permitido incrementar la precisión para estimar la Evapotranspiración a gran escala, con el propósito de cuantificar los diferentes requerimientos de agua, por ejemplo en cuencas (Quintana, 2009).

En el presente trabajo de investigación, se presenta un método para calcular la evapotranspiración de una cuenca de clima húmedo ubicada entre los estados de Chiapas y Tabasco. La evapotranspiración en la Cuenca se obtiene como el producto de la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) estimada mediante un modelo de regresión múltiple calibrado con la  $ET_o$  y del  $K_{cv}$  de cada cobertura vegetal estimado con ecuación empírica.





## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Además de la precipitación y escorrentía, la evapotranspiración (ET) representa un proceso fundamental en el ciclo hidrológico y un elemento clave en el manejo de los recursos hídricos (Gao *et al*, 2008), no solo en las regiones de clima árido o semiárido sino también en regiones con climas húmedos, los cuales se encuentran principalmente en el sureste de México. La estimación de evapotranspiración es un parámetro de interés común tanto en estudios climatológicos, hidrológicos, agrícolas y forestales, siendo aun difícil de cuantificar a través de métodos indirectos sin requerir de costosos equipos disponibles en terreno (Melesse *et al*, 2007).

## 1.2 ALCANCE Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación que se presenta, se realizó en la cuenca del río La Sierra que se localiza en los estados Chiapas y Tabasco, para lo cual, los datos meteorológicos se obtuvieron de estaciones meteorológicas que tienen influencia en la Cuenca, además se utilizó información de las imágenes satelitales Landsat 5 TM de los años 1998 y 2011. La evapotranspiración,  $ET_r$ , en la cuenca del río La Sierra se estimó como el producto del coeficiente de cobertura vegetal,  $K_{cv}$ , obtenido de datos satelitales, por la evapotranspiración de referencia,  $ET_o$ , estimada con la ecuación de Hargreaves corregida con la de Penman- Monteith, por regresión múltiple.





## CAPÍTULO 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

### 2.1 HIPÓTESIS

Se puede estimar la evapotranspiración en una cuenca hidrológica mediante la combinación de información meteorológica y de imágenes satélites.

### 2.2 OBJETIVOS

Los objetivos de la presente investigación se presentan a continuación

#### **Objetivo General**

Desarrollar una metodología para estimar la evapotranspiración de una cuenca hidrológica mediante información meteorológica combinada con la de imágenes satelitales.

#### **Objetivos Específicos**

- Estimar la evapotranspiración de referencia,  $ET_o$ , a partir de información meteorológica y satelital.
- Calcular el valor del coeficiente de cobertura vegetal,  $K_{cv}$ , a partir de información satelital
- Estimar la evapotranspiración de la cobertura vegetal como  $ET_r = K_{cv} * ET_o$







## **CAPÍTULO 3. REVISIÓN DE LITERATURA**

En la revisión de literatura de esta investigación se abarcaron diversos conceptos como hidrología, cuenca hidrológica, balance hídrico, evapotranspiración, imágenes satelitales, índices espectrales, entre otros; los cuales permitieron conocer la importancia de estimar la evapotranspiración en cuencas hidrológicas mediante imágenes satelitales.

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

La evapotranspiración, ET, en sus diferentes acepciones es un proceso de transferencia de energía a través del calor latente de evaporación desde la superficie del suelo, vegetación y cuerpos de agua a la atmósfera. Es un parámetro clave en el balance de energía del sistema Tierra-Atmósfera, en la detección de estrés hídrico vegetal, en la predicción del rendimiento de los cultivos, en el cálculo de balances hídricos de cuencas hidrológicas y en la caracterización climática de las distintas regiones. Sin embargo, dada la complejidad del proceso y la diversidad de factores de los que depende, es difícil de determinar la magnitud e intensidad del fenómeno. Ello se demuestra por la profusión y diversidad de los métodos o modelos que se han elaborado, y siguen elaborando aún en la actualidad, para su determinación, Sánchez y Carvacho (2006).

### **3.2 HIDROLOGÍA**

Desde es el punto de vista etimológico la Hidrología es el estudio del agua; lo que marca un amplio panorama, por lo tanto es necesario considerar el terreno en que interviene, para enfocar su estudio, es decir, que de acuerdo con las características en que interviene el agua, es necesario hacer estudios por separado y designarlos con un nombre específico, así se tiene como ejemplo: la Hidráulica y la Hidrometría





La Hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo seres vivos (Aparicio, 2001).

El Consejo Federal de Ciencia y tecnología de los EUA recomendó la definición siguiente, presentada por Linsley, y es la más aceptada actualmente, Chávez (2009):

"La Hidrología es la ciencia que trata del agua de la tierra, su ocurrencia, circulación y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su reacción con su medio ambiente, incluye su relación con los seres vivientes".

La hidrología no debe considerarse como una ciencia independiente. Las principales ciencias en las que se apoya la ingeniería hidrológica son la geografía, física. La meteorología, la hidráulica, las matemáticas y la estadística, aunque también es posible encontrar relaciones con otras disciplinas.

### **3.3 CUENCA HIDROLÓGICA**

En los estudios hidrológicos, la unidad básica de estudio es la cuenca hidrológica, esta unidad es única y con límites bien definidos que permiten hasta cierto punto aislar sus procesos de y entenderlos aceptablemente.

La Ley de Aguas Nacionales (2012) la define como “unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parteaguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma a diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente.



La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas”.

### 3.4 CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS HIDROLÓGICAS

La caracterización de cuencas hidrológicas, incluye varias fases como: compilación de información referente existente, reconocimiento preliminar en campo, delimitación de la cuenca con la definición de la hidrografía y del parteaguas, levantamientos topográficos, si son necesarios y elaboración del mapa de la cuenca y su caracterización geométrica, fisiográfica, lineal, de área y de relieve.

#### 3.4.1 Delimitación de cuencas

La delimitación se refiere a definir, a partir de su hidrografía y su configuración topográfica, en forma precisa el parteaguas de la cuenca y la red de cauces que concentran el escurrimiento de agua por los cauces, debido a la precipitación pluvial y a la alimentación subterránea (Figura 3.1. ).

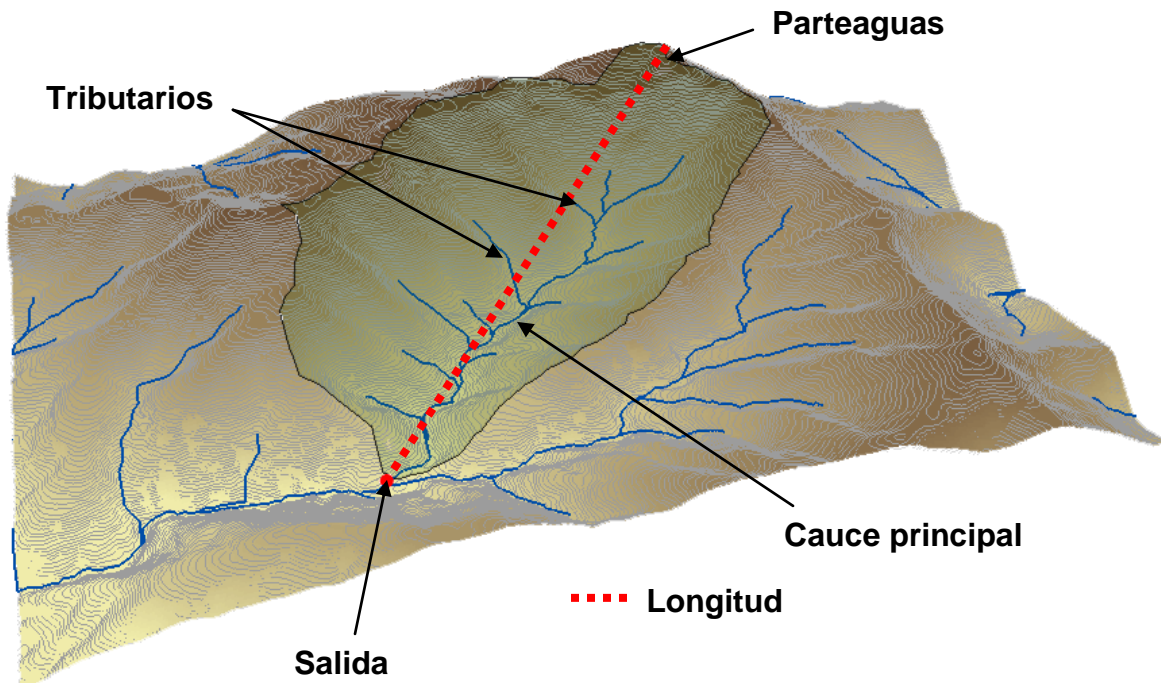


Figura 3.1. Esquema de una cuenca con sus componentes



### 3.4.2 Análisis morfométrico

La descripción sistemática de la Geometría de una cuenca hidrológica y su sistema de cauces requiere de la definición de aspectos de área de la cuenca, de medidas lineales del sistema de drenaje, y del relieve del sistema de cauces y pendientes del suelo de áreas contribuyentes.

#### 3.4.2.1 Área de la cuenca

El área de la cuenca  $A_c$ , es el área de la proyección horizontal del parteaguas. La superficie del área de la cuenca se obtiene del mapa elaborado, con un planímetro o bien con una cuadrícula. Cuando se utilizan sistemas de información geográfica, la cuenca se digitaliza ya sea directamente de un mapa o con un modelo hidrológico que las delimite, a partir de un Modelo Digital de Elevaciones del terreno, DEM; dichos sistemas cuentan con facilidades para calcular el área de las cuencas como polígonos.

#### 3.4.2.2 Forma de la cuenca

La forma de la cuenca afecta los hidrogramas y las tasas de flujo máximo. La forma se puede describir cualitativa o cuantitativamente

##### A. Forma Aparente

Una primera aproximación es indicar la forma aproximada de la cuenca de acuerdo a su aspecto: geométrico, (triangular, rectangular, circular, etc.), otro puede ser su aspecto con una figura conocida (pera, hoja, o alguna silueta de animal u objeto conocido, etc.).

##### B. Factor de Forma

Horton y Chow, 1964, citado por Chávez (2009), sugirió una expresión cuantitativa a través de un factor adimensional de forma  $R_f$ , como índice de forma de una





cuenca, el cual es la relación adimensional del área de la cuenca  $A_c$ , al cuadrado del la longitud de la cuenca  $L_b$ , según la ecuación:

$$R_f = \frac{A_c}{L_b^2} \quad (3.1)$$

donde:

$R_f$  = Factor de forma, adimensional,

$A_c$  = Área de la cuenca, en  $\text{km}^2$  y

$L_b$  = Longitud de la cuenca, en km.

La longitud de la cuenca en este caso se mide desde el punto de salida del cauce hasta el límite de la cuenca en la cabecera del cauce más largo, en línea recta.

### 3.4.3 Aspectos lineales del sistema de cauces

Las relaciones lineales de caracterización de las cuencas son en relación con su longitud, área y su red de cauces o hidrografía

#### 3.4.3.1 Hidrografía

La hidrografía de la cuenca está representada por el desarrollo de todos sus cauces de concentración de ella. Los cauces principales o corrientes que concentran al escurrimiento total y los tributarios que son los cauces que conducen las corrientes al cauce principal. Una corriente puede ser Efímera, Intermitente o Perenne

#### A. Orden de corrientes, u

Un cauce de *primer orden* ( $u=1$ ) es un tributario pequeño sin ramificaciones; un cauce de *segundo orden* ( $u=2$ ) es el que posee únicamente ramificaciones de primer orden; un cauce de *tercer orden* es el que posee solo tributarios de primero y segundo orden, etc. El número de orden de la cuenca está dado por el número de orden del cauce principal.





## B. Relación de Bifurcación

El número de segmentos de un orden dado  $u$ , será menor que el del siguiente orden inferior,  $u-1$  y más que el del orden superior,  $u+1$ . Las relaciones del número de segmentos de un orden dado con el que le sigue  $N_{u+1}$  se denominan relaciones de bifurcación  $Rb_u$  y se expresan como:

$$Rb_u = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (3.2)$$

en la que:

$Rb_u$  = Relación de bifurcación de orden  $u$ , adimensional,

$N_u$  = Número de cauces de orden  $u$ , adimensional,

$N_{u+1}$  = Número de cauces de orden  $u + 1$ , adimensional.

## C. Ley de los números de orden de las cuencas

Esta observación es la base de la “Ley de los números de orden de las corrientes” establecida por Horton, la que dice que “los números de segmentos de cauces de cada orden forman una geométrica inversa al número de orden”.

$$N_u = Rb_u^{K-u} \quad (3.3)$$

donde:

$K$  = Es el orden del cauce o segmento troncal.

## D. Relación de Bifurcación Media

Para un sistema de cauces dado, la Relación de Bifurcación Promedio ( $Rb$ ), se puede estimar determinando la pendiente de la línea de regresión ajustada al número de cauces de orden  $u$  (ordenada) versus el número de orden  $u$ . Por ejemplo en la ecuación de regresión lineal:

$$\log N_u = a - b_u \quad (3.4)$$





### E. Número total de cauces

Horton demuestra que el número total de cauces de todos los órdenes en un sistema hidrográfico se puede estimar si se conoce la Relación de Bifurcación Promedio y el orden del cauce a la salida de la cuenca,  $\kappa$ , con la ecuación:

$$\sum_{u=1}^{\kappa} Nu = \frac{Rb^{\kappa} - 1}{Rb - 1} \quad (3.5)$$

### F. Longitudes medias de

Para obtener la longitud media de los cauces de orden  $u$ , se divide la longitud total de orden  $u$  entre el número de segmentos  $N_u$ :

$$\bar{L}_u = \frac{\sum_{i=1}^{N_u} L_{ui}}{N_u} \quad (3.6)$$

### G. Densidad de drenaje

La longitud total de los cauces dentro de una cuenca, dividida entre su área total de drenaje, define la *densidad de drenaje* o longitud de cauces por unidad de área.

$$Dd = \frac{Lc}{Ac} \quad (3.7)$$

donde:

$Dd$  = Densidad de drenaje,  $\text{km}/\text{km}^2$  ó  $\text{km}/\text{ha}$ ,

$Lc$  = Longitud total de corrientes,  $\text{km}$  y

$Ac$  = Área de drenaje,  $\text{km}^2$ .

### H. Densidad de corrientes

Se representa como la relación existente entre el número de corrientes y el área drenada total:

$$Dc = \frac{Nc}{Ac} \quad (3.8)$$





donde:

$D_c$  = Densidad de corrientes, cauces/  $\text{km}^2$  o ha,

$N_c$  = Número de corrientes o cauces, adimensional y

$A_c$  = Área de la cuenca, en  $\text{km}^2$ .

### I. Longitud media de flujo de superficie

Según Linsley, 1977 citado por Chávez (2009), la longitud promedio del flujo de superficie se puede estimar con la ecuación siguiente:

$$\overline{L}_g = \frac{1}{2D_d} \quad (3.9)$$

en la que:

$\overline{L}_g$  = Longitud de flujo de superficie, km,

$D_d$  = Densidad de drenaje,  $\text{km}/\text{km}^2$  ó  $\text{km}/\text{ha}$ .

### J. Relaciones de área

Las observaciones de un buen número de cuencas alrededor del mundo, han permitido establecer la existencia de relaciones entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal, estas relaciones pueden ser de diferente tipo, como la siguiente:

$$L = \alpha A_c^\beta \quad (3.10)$$

en la que:

$L$  = Longitud del cauce principal, km,

$A_c$  = Área de la cuenca,  $\text{km}^2$ ,

$\alpha, \beta$  = parámetros de regresión.







### 3.5 PARÁMETROS DE RELIEVE

El relieve ó topografía de una cuenca puede tener más influencia sobre su respuesta hidrológica que la forma de la misma.

#### 3.5.1 Pendiente media de la cuenca, J

La pendiente media de una cuenca tiene aun más importancia que su forma y densidad de drenaje en la respuesta de una cuenca a una precipitación. El tiempo de concentración y la duración total de la escorrentía superficial producida por una precipitación son función de la pendiente de la cuenca, García (2010).

El concepto de pendiente media se aplica tanto a las cuencas como a sus cauces, existiendo distintas metodologías para su cálculo. A continuación se presenta una expresión muy sencilla del concepto de pendiente topográfica:

$$J = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \quad (3.11)$$

Donde  $H_{\max}$  y  $H_{\min}$  son la cota del punto más alto y más bajo de la cuenca en m, mientras que L es la longitud del cauce principal, también en m.

#### 3.5.2 Elevación media de la cuenca

Cuando uno o más factores de interés en la cuenca dependen de la elevación, es útil saber cómo está distribuida la cuenca en función de la elevación. La elevación media de una cuenca se puede estimar de varias maneras, se presentan dos: el método de Intersecciones y el método de la Curva Hipsométrica

##### 3.5.2.1 Método de las Intersecciones

Para la aplicación de este método se utiliza la cuadrícula rectangular del método de Horton para estimar la pendiente. Se estiman las elevaciones de cada una de las intersecciones de la cuadrícula que caen dentro del parteaguas mediante interpolación de las curvas de nivel para cada vértice y se cuentan las





intersecciones con dicha elevación estimada dentro de la cuenca. La elevación promedio de la cuenca es la media de las elevaciones de las intersecciones.

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^{Nelev} Elev_i}{Nelev} \quad (3.12)$$

donde:

$E_m$  = Elevación media de la cuenca, en msnm,

$Elev_i$  = Elevación de las intersecciones  $i$ , en msnm,

$Nelev$  = Número de intersecciones de la cuadrícula en la cuenca.

### 3.5.2.2 Método de la curva Hipsométrica

Es la representación gráfica, en coordenadas rectangulares, de las superficies a diferentes elevaciones de la cuenca expresada en valores absolutos, en tanto por ciento acumulados contra altitud. Esta forma de representación proporciona una idea de la distribución altimétrica de la superficie de la cuenca

### 3.5.3 Pendiente del Cauce

La pendiente del cauce influye sobre la velocidad del flujo y debe jugar un papel muy importante en la forma de los hidrogramas. Los perfiles típicos de los cauces naturales son cóncavos hacia arriba; además, todas las cuencas, con excepción de las más pequeñas tienen varios cauces cada uno con un perfil diferente

#### 3.5.3.1 Método de la relación Longitud Elevación

Un método muy utilizado es el de la relación Longitud Elevación; en general, la pendiente de un tramo de cauce se considera como el desnivel entre los extremos del tramo, dividido entre la longitud horizontal de dicho tramo.

$$S = \frac{Hd}{L} \quad (3.13)$$

donde:

$S$  = Pendiente del cauce, adimensional,

$Hd$  = Desnivel, en km,

$L$  = Longitud del cauce, en km.





### 3.6 ANÁLISIS METEOROLÓGICO

Es importante conocer los elementos que forman el clima y el tiempo atmosférico, entender su distribución espacial y temporal de un lugar; realizar análisis probabilísticos de ocurrencia e intensidad de algunos de tales elementos, que permita analizar el cambio del clima, realizar balances de energía y humedad para cualquier sitio o región.

#### 3.6.1 Acervo de la información meteorológica

En México, la institución encargada de la información meteorológica es el Servicio Meteorológico Nacional, SMN, que depende de la Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. Los objetivos del SMN se concentran en la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas. El SMN también realiza el acopio de la información climatológica nacional.

Cuenta con diversas fuentes para la recopilación de información meteorológica como:

- Red sinóptica de superficie
- Red sinóptica de altura
- Red de 13 radares meteorológicos
- Estación terrena receptora
- Estaciones meteorológicas convencionales (EMC)
- Estaciones meteorológicas automáticas (EMA)

El ERIC, es el extractor rápido de información climatológica, es un software que desarrollo el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), es muy usado ya que cuenta con información histórica diaria, mensual y anual de las variables climáticas.





Presenta la información digital en formato \*.txt, el cual es utilizado y ejecutado desde una plataforma que permite su visualización, programada en algún ambiente visual, que permite una presentación dinámica de sus contenidos, IMTA (2006).

### 3.6.2 Integración de la información meteorológica

La información meteorológica utilizada para el conocimiento del régimen atmosférico e hidrológico de una cuenca, conviene que provenga de estaciones meteorológicas localizadas dentro de la misma; es necesario seleccionar, depurar y procesar dicha información de tal forma que se cuente con información confiable y se facilite su consulta y manipulación.

### 3.6.3 Variables meteorológicas

Al analizar el clima de un lugar es necesario conocer el comportamiento temporal y la distribución espacial de la mayor cantidad de variables meteorológicas posibles, entre más variables se conozcan de un lugar mejor se puede estudiar sus condiciones atmosféricas. Algunas de las variables son: temperatura, precipitación, evaporación, presión atmosférica, humedad atmosférica, velocidad del viento, etc.

A continuación se describen los análisis de temperatura, precipitación y evaporación:

#### 3.6.3.1 Temperatura

La temperatura se analiza de diferente forma con respecto a la precipitación, la media diaria, media mensual, media anual, entre otras. Enseguida se presentan las ecuaciones (3.14) a la (3.18) para determinar cada una.

Temperatura diaria, día  $i$  mes  $j$  año  $k$ :

$$T_{ij_k} \quad (3.14)$$





Temperatura mensual del año k:

$$T_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{NDMj} T_{ijk}}{NDM} \quad (3.15)$$

Temperatura anual del año k:

$$T_k = \frac{\sum_{j=1}^{12} T_{ijk}}{12} \quad (3.16)$$

Temperatura media mensual, mes j:

$$\bar{T}_j = \frac{\sum_{k=1}^{NAR} T_{jk}}{NAR} \quad (3.17)$$

Temperatura media anual:

$$\bar{T}_{anual} = \frac{\sum_{k=1}^{NAR} T_k}{NAR} \quad (3.18)$$

donde:

$T_{ijk}$  = Temperatura del día i del mes j del año k, °C,

i = Número de día del mes j, (i= 1,2,3,...,NDMj ),

j = Número de mes (j= 1,2,3,...,12),

k = Número de año (k= 1,2,3,...,NAR),

NDMj = Número de días del mes j, (28, 29,30 ó 31).

NAR = Número de años de registro.

### 3.6.3.2 Precipitación

El análisis de la precipitación se realiza utilizando los registros históricos de la precipitación diaria observada en las estaciones meteorológicas. A partir de esta información se sintetizan los diferentes expresiones de ella, como son la precipitaciones mensuales, anuales, medias mensuales, y medias anuales, Ecuaciones (3.19) a la (3.23) (Chávez, 2009).





Precipitación diaria, día  $i$  mes  $j$  año  $k$ , mm:

$$P_{ijk} \quad (3.19)$$

Precipitación mensual del año  $k$ :

$$P_{jk} = \sum_{i=1}^{NDMj} P_{ijk} \quad (3.20)$$

Precipitación anual del año  $k$ :

$$P_k = \sum_{j=1}^{12} P_{jk} \quad (3.21)$$

Precipitación media mensual, mes  $j$ :

$$\overline{P_j} = \frac{\sum_{k=1}^{NAR} P_{jk}}{NAR} \quad (3.22)$$

Precipitación media anual:

$$\overline{P_{anual}} = \frac{\sum_{k=1}^{NAR} P_k}{NAR} \quad (3.23)$$

donde:

$P_{ijk}$  = Precipitación del día  $i$  del mes  $j$  del año  $k$ , mm,

$i$  = Número de día del mes  $j$ , ( $i= 1,2,3,\dots,NDMj$ ),

$j$  = Número de mes ( $j= 1,2,3,\dots,12$ ),

$k$  = Número de año ( $k= 1,2,3,\dots,NAR$ ),

$NDMj$  = Número de días del mes  $j$ , (28, 29,30 ó 31).

$NAR$  = Número de años de registro.

### 3.6.3.3 Evaporación

A partir de la información de estaciones meteorológicas se sintetizan diferentes expresiones como información se sintetizan los diferentes expresiones de ella, como son la evaporación mensual, anual, medias mensuales, y medias anuales, Ecuaciones (3.24) a la (3.28).





Evaporación diaria, día  $i$  mes  $j$  año  $k$ , mm:

$$E_{ijk} \quad (3.24)$$

Evaporación mensual del año  $k$ :

$$E_{jk} = \sum_{i=1}^{NDMj} E_{ijk} \quad (3.25)$$

Evaporación anual del año  $k$ :

$$E_k = \sum_{j=1}^{12} E_{jk} \quad (3.26)$$

Evaporación media mensual, mes  $j$ :

$$\overline{E}_j = \frac{\sum_{k=1}^{NAR} E_{jk}}{NAR} \quad (3.27)$$

Evaporación media anual:

$$\overline{E}_{anual} = \frac{\sum_{k=1}^{NAR} E_k}{NAR} \quad (3.28)$$

donde:

$E_{ijk}$  = Evaporación del día  $i$  del mes  $j$  del año  $k$ , mm,

$i$  = Número de día del mes  $j$ , ( $i= 1,2,3,\dots,NDMj$ ),

$j$  = Número de mes ( $j= 1,2,3,\dots,12$ ),

$k$  = Número de año ( $k= 1,2,3,\dots,NAR$ ),

$NDMj$  = Número de días del mes  $j$ , (28, 29,30 ó 31).

$NAR$  = Número de años de registro.





### 3.7 BALANCE HÍDRICO

El ciclo hidrológico es el foco central de la hidrología. El ciclo no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua. En la Figura 3.2. se muestran los flujos del agua atmosférica, superficial y subsuperficial (Chow, 2000).

El ciclo hidrológico, como ya se mencionó, se considera el concepto fundamental de la hidrología. El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre o muy cerca de ella se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento. El vapor de agua, que así se forma, se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de nubes hasta que se condensa y cae hacia la tierra en forma de precipitación. Durante su trayecto hacia la superficie de la tierra, el agua precipitada puede volver a evaporarse o ser interceptada por las plantas o las construcciones, luego fluye por la superficie hasta las corrientes o se infiltra. El agua interceptada y una parte de la infiltrada y de la que corre por la superficie se evapora nuevamente. De la precipitación que llega a las corrientes, una parte se infiltra y otra llega hasta los océanos y otros grandes cuerpos de agua, como presas y lagos. Del agua infiltrada, una parte es absorbida por las plantas y posteriormente es transpirada, casi en su totalidad, hacia la atmósfera y otra parte fluye bajo la superficie de la tierra hacia las corrientes, el mar u otros cuerpos de agua, o bien hacia zonas profundas del suelo (percolación) para ser almacenada como agua subterránea y después aflorar en manantiales, ríos o el mar (Aparicio, 2001).







Figura 3.2. Ciclo hidrológico. Fuente: <http://ga.water.usgs.org/edu/watercycle.html>

En términos matemáticos el balance hídrico se puede expresar como:

$$P - F_{\text{Sup}} - F_{\text{Sub}} - E - Tr = A \quad (3.29)$$

donde:

- P: Precipitación,
- $F_{\text{Sup}}$ : Flujo superficial,
- $F_{\text{Sub}}$ : Flujo subterráneo,
- E: Evaporación,
- Tr: Transpiración,
- A: Almacenamiento.

La Evapotranspiración (ET) es suma de E y T la Ecuación (3.29) se transforma en:

$$P - F_{\text{Sup}} - F_{\text{Sub}} - ET = A \quad (3.30)$$

de donde

$$ET = A - P + F_{\text{Sup}} + F_{\text{Sub}} \quad (3.31)$$



### 3.7.1 Precipitación

Roblero *et al* (2013), mencionan que el estudio de la precipitación es de suma importancia, ya que es la fuente a partir de la cual los continentes se suministran de agua cíclicamente, por lo que tiene una relación directa con los de más fenómenos del ciclo hidrológico.

Actualmente se sabe que la principal fuente de humedad para la precipitación es la evaporación de los océanos y que probablemente sólo el 10% de la precipitación continental se puede atribuir a la evaporación de los continentes.

La cantidad de humedad atmosférica sobre una región es determinada por factores climáticos y geográficos. La localización de ésta con respecto al sistema general de circulación, la latitud y la distancia a la fuente de humedad, son variables que tienen influencia en el clima. Las barreras orográficas a menudo ejercen una influencia mucho mayor en el clima de una región que la cercanía a la fuente de humedad. Bajo el término de precipitación se engloba todas las aguas meteóricas que caen en la superficie de la tierra tanto forma líquida como sólida

### 3.7.2 Abstracciones hidrológicas

La diferencia entre el volumen de agua que llueve en una cuenca y el que escurre por su salida recibe el nombre de pérdidas o abstracciones hidrológicas. En general, las pérdidas están constituidas por la intercepción en el follaje de las plantas, evaporación, evapotranspiración, almacenamiento en depresiones y la infiltración.

#### 3.7.2.1 Intercepción

La cantidad de la precipitación que finalmente llega a la superficie del suelo depende de la naturaleza y de la densidad de la cubierta vegetal, si esta existe, o de la cobertura artificial (edificios, caminos y pavimentados de todo tipo). La cobertura, sea natural o artificial, intercepta parte de la precipitación, deteniéndola





temporalmente en sus superficies, de ahí el agua es evaporada para regresar a la atmósfera durante o después de la tormenta, o bien, cae al suelo. A proceso anterior se le conoce como intercepción.

### **3.7.2.2 Almacenamiento en depresiones y detención superficial**

El almacenamiento en depresiones, se define como el volumen de agua necesario para llenar las pequeñas depresiones naturales del terreno, a cotas superiores a las de derrame. Este volumen de agua es generado por la precipitación que llega al suelo, tan pronto como la intensidad de lluvia excede a su capacidad de infiltración. Entonces, una parte de la lluvia que no se infiltra, ni se evapora (lluvia en exceso) empieza a llenar huecos, zanjas y otras depresiones del terreno; si el proceso de precipitación continúa, el resto de ella comienza a cubrir la superficie del suelo con una delgada capa o película de agua, denominada *detención superficial*, iniciándose el escurrimiento superficial pendiente abajo, hacia un cauce ya establecido

### **3.7.2.3 Infiltración**

La infiltración se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares (Aparicio, 2001).

El proceso de infiltración puede describirse de la siguiente manera: considerando una área de suelo suficientemente pequeña, de modo que sus características (tipo de suelo, cobertura vegetal, etc.), así como la intensidad de la lluvia donde pueda considerarse uniforme, aunque hay que aclarar que esta cambia en el tiempo.

### **3.7.2.4 Escurrimiento superficial**

Una vez que la precipitación alcanza la superficie del suelo se infiltra hasta que las capas superiores del mismo se saturan. Posteriormente, se comienzan a llenar las depresiones y al mismo tiempo el agua comienza a escurrir. Este escurrimiento se





conoce como flujo en la superficie del terreno y se produce mientras el agua no llegue a cauces bien definidos (García, 2010).

### **3.7.2.5 Evaporación y transpiración**

Evaporación es el proceso por el cual el agua pasa del estado líquido en que se encuentra en los almacenamientos, conducciones y en el suelo, en las capas cercanas a su superficie, a estado gaseoso y se transfiere a la atmosfera.

Transpiración es el agua que se despiden en forma de vapor de las hojas de las plantas. Esta agua es tomada por las plantas, naturalmente del suelo.

La combinación de los procesos de transpiración y evaporación del suelo adyacente a las plantas es lo que se denomina evapotranspiración.

Uso consuntivo es la combinación de evapotranspiración y el agua que las plantas retienen para su nutrición. Esta última cantidad es pequeña en comparación con la evapotranspiración (aproximadamente representa sólo 1%), por lo que los términos evapotranspiración y uso consuntivo se usan como sinónimos (Aparicio, 2001).

## **3.8 EVAPOTRANSPIRACIÓN**

La evapotranspiración en una cuenca hidrológica constituye la salida de agua dentro del balance hídrico más importante; en un balance anual global del agua, la evaporación desde la superficie terrestre consume 61% del volumen anual de precipitación (100%), Chow, (2000).

### **3.8.1 Definiciones**

La evapotranspiración (ET) se define como a la combinación de dos procesos por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración de los vegetales (Allen *et al.*, 2006).





La cantidad de agua que evapotranspira una planta, depende de dos grupos de factores, unos que influyen en la demanda de agua y otros en la oferta o disponibilidad de este elemento. Generalmente los factores de demanda, son de carácter climático o meteorológico y los de oferta, depende de las características de las plantas y de las características físicas y químicas del suelo, Figura 3.3.

El concepto de evapotranspiración, en el caso de cultivos según Allen *et al.* 2006, incluye tres definiciones:

- Evapotranspiración de referencia,  $ET_o$ ;
- Evapotranspiración bajo condiciones estándar

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (3.32)$$

en la que  $K_c$  es un factor de cultivo bien regado en condiciones agronómicas óptimas; y

- Evapotranspiración bajo condiciones no estándar

$$ET_{caj} = ET_c * K_s * K_c \quad (3.33)$$

en la que  $K_s$  es un factor de ajuste de  $K_c$  del cultivo bajo estrés hídrico y ambiental, Figura 3.4.

Estos conceptos se pueden asimilar a la evapotranspiración en cuencas hidrológicas estimando la  $ET_o$  y los factores de ajuste de  $K$  de acuerdo al tipo de cobertura que presenten; su integración será la evapotranspiración de la cuenca.



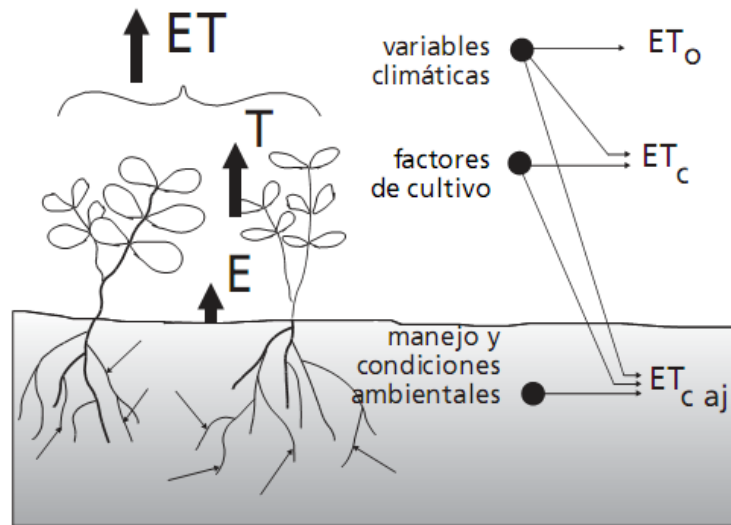


Figura 3.3. Factores que afectan la evapotranspiración de referencia y conceptos relacionados de ET. Fuente: Allen *et al*, 2006

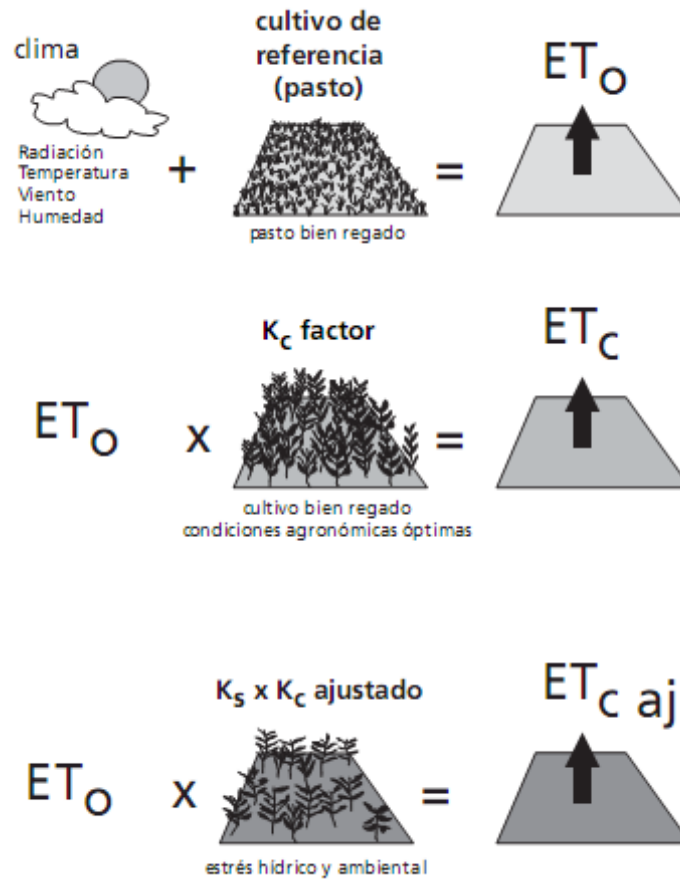


Figura 3.4. Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_o$ ), bajo condiciones estándar ( $ET_c$ ) y bajo condiciones no estándar ( $ET_{c aj}$ ). Fuente: Allen *et al*, 2006



### 3.8.1.1 Evapotranspiración de referencia, $ET_0$ .

La tasa de evapotranspiración de una superficie de cultivo de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración de referencia,  $ET_0$ .

La superficie de referencia es un cultivo hipotético de pasto, con una altura asumida de 0.12 m, con una resistencia superficial fija de  $70 \text{ s m}^{-1}$  y un albedo de 0.23. La superficie de referencia es muy similar a una superficie extensa de pasto verde, bien regada, de altura uniforme, creciendo activamente y dando sombra totalmente al suelo. La resistencia superficial fija de  $70 \text{ s m}^{-1}$  implica un suelo moderadamente seco que recibe riego con una frecuencia semanal aproximadamente (Allen *et al*, 2006).

### 3.8.1.2 Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar, $ET_c$ .

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina  $ET_c$ , y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes (Allen *et al*, 2006).

A pesar de que los valores de la evapotranspiración del cultivo y de las necesidades de agua del cultivo son idénticos, sus definiciones conceptuales son diferentes. Los requerimientos de agua del cultivo se refieren a la cantidad de agua que necesita ser proporcionada al cultivo como riego o precipitación; mientras que la evapotranspiración del cultivo se refiere a la cantidad de agua que se gasta a través de la evapotranspiración. El requerimiento de riego, básicamente representa la diferencia entre el requerimiento de agua del cultivo menos la precipitación efectiva.







La relación  $ET_c/ET_o$ , puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos, se define como coeficiente del cultivo,  $K_c$ , y se utiliza para relacionar la  $ET_c$  y la  $ET_o$  de manera que si

$$K_c = ET_c/ET_o \quad (3.34)$$

la evapotranspiración del cultivo es

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (3.35)$$

### 3.8.1.3 Evapotranspiración del cultivo en condiciones no-estándar, $ET_{c_{aj}}$

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar,  $ET_{c_{aj}}$  se refiere a la evapotranspiración de cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes de las condiciones estándar. Bajo condiciones de campo, la evapotranspiración real del cultivo puede desviarse de  $ET_c$  debido a condiciones no óptimas como son la presencia de plagas y enfermedades, salinidad del suelo, baja fertilidad del suelo y limitación o exceso de agua. Esto puede resultar en un reducido crecimiento de las plantas, menor densidad de plantas y así reducir la tasa de evapotranspiración por debajo de los valores de  $ET_c$  (Allen *et al*, 2006).

### 3.8.1.4 Coeficiente de cultivo, $K_c$

El factor  $K_c$  representa el resumen de las diferencias físicas y fisiológicas entre los cultivos y la definición de cultivo de referencia (Allen *et al*, 2006).

Ángeles (2002), menciona que el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) expresa la relación entre la evapotranspiración del cultivo en consideración ( $ET_c$ ) y la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_o$ ) en una etapa de crecimiento concreta, Ecuación (3.34).

González *et al* (2005), define el  $K_c$  como la suma del coeficiente de cultivo basal,  $K_{cb}$ , y el coeficiente de evaporación de suelo,  $K_e$ , para el cálculo de  $K_c$ , donde  $E$  es la evaporación del suelo y  $Tr$  la transpiración de vegetación







$$K_{cb} = \frac{Tr}{ET_0} \quad (3.36)$$

y

$$K_e = \frac{E}{ET_0} \quad (3.37)$$

por lo que

$$K_c = \frac{Tr + E}{ET_0} = \frac{Tr}{ET_0} + \frac{E}{ET_0} = K_{cb} + K_e \quad (3.38)$$

### 3.8.1.5 Cálculo de $K_c$ con imágenes satelitales

Sánchez y Carvacho citado por Sánchez *et al* (2006), mencionan que los métodos hoy en uso para determinar la ET pueden dividirse en los que utilizan información recolectada en la superficie y aquellos que emplean información obtenida desde el espacio por percepción remota. Los primeros pueden, a su vez, clasificarse en directos, teóricos y empíricos, siendo los primeros aquellos que calculan la ET a través del control de las entradas y salidas de agua en el suelo, mientras que los teóricos se generan fundamentalmente en la consideración de la evapotranspiración como elemento que forma parte del balance de energía y su papel en la transferencia de masa de vapor de agua entre la Tierra y la atmósfera; por último, los empíricos, los métodos más utilizados en los estudios geográficos y medioambientales, son, en general, simplificaciones de los métodos anteriores que, a través de correlaciones entre medidas obtenidas por aquellos y medidas de una o más variables climáticas o meteorológicas, han permitido derivar fórmulas empíricas para estimar la capacidad evaporativa de un ambiente determinado, por ello también se denominan métodos climatológicos.

Con imágenes satelitales, el  $K_c$  se puede calcular a partir del índice de vegetación normalizada (NDVI), con la expresión de Calera *et al* (2008):

$$K_c = 1.15 * NDVI + 0.17 \quad (3.39)$$

En la Figura 3.5. se muestra que el valor de  $K_c$  de un cultivo anual a mediados de temporada de crecimiento (máximo desarrollo) tiene el mismo comportamiento que



un cultivo arbóreo siempre verde en toda su etapa de crecimiento, Allen *et al* (2006).

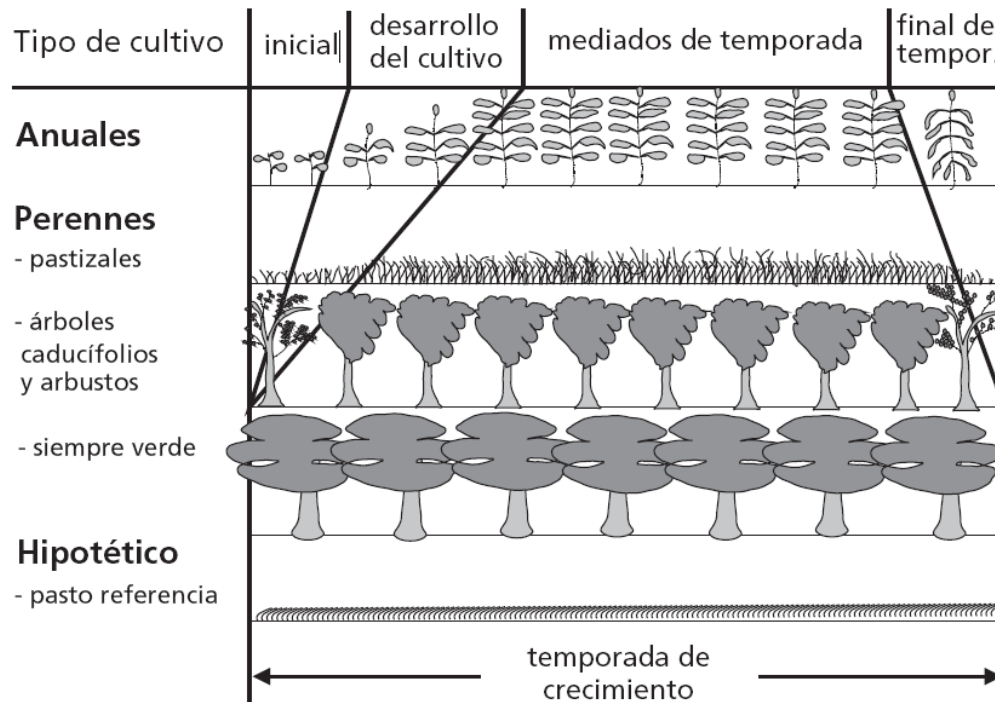


Figura 3.5. Etapas de desarrollo de diferentes cultivos. Fuente: Allen *et al*, 2006

### 3.8.2 Métodos para determinar la Evapotranspiración

Dentro de los métodos que utilizan datos satelitales se pueden distinguir dos tipos de modelos:

- Aquellos, a partir de los cuales es posible obtener todos los parámetros necesarios para estimar la ET, y
- otros que requieren el uso de datos satelitales en combinación con datos recolectados en tierra a través de estaciones meteorológicas (Sánchez *et al*, 2006).

Sánchez (2001), señala que los métodos indirectos (teóricos y empíricos) existentes pueden clasificarse de acuerdo a la complejidad de los modelos y los datos que requiere, distinguiéndose:



- Aquellos basados en datos de temperatura del aire y humedad relativa (Hargreaves, Ivanov, Papadakis);
- Métodos basados en la relación entre evapotranspiración de bandeja y evapotranspiración (Grassi y Christiansen, Toso);
- Métodos basados en datos de radiación solar (Turc, Jensen-Haise); y
- Métodos basados en la ecuación de combinación del balance de energía y transferencia turbulenta de vapor de agua (Penman, Penman- Monteith, Buoza).

Actualmente el método de Penman-Monteith propuesto por la FAO (Allen *et al*, 2006) es uno de los más utilizados, sin embargo Quintana (2009) menciona que sus resultados no son directamente extrapolables a escala regional ante las condiciones homogéneas que supone este modelo en parámetros como resistencia aerodinámica, humedad del suelo, radiación disponible y déficit de presión de vapor; el equipo meteorológico debe estar bien calibrado.

### **3.9 TELEDETECCIÓN**

En la teledetección se hace uso de sensores remotos los cuales son montados en satélites que son enviados al espacio exterior y que circulan en torno a la Tierra. Los sensores remotos que se utilizan para captar principalmente la energía del sol que los cuerpos reflejan se les conocen como sensores pasivos.

#### **3.9.1 Imagen satelital**

Las imágenes son arreglos de celdas llamadas píxeles, formadas por un determinado número de filas y columnas. Cada una de esas celdas representa un área geográfica indivisible, determinado así el detalle espacial mínimo que se puede distinguir dentro de la imagen. El tamaño de la superficie que puede ser representada (es decir, el tamaño del pixel), varía dependiendo del satélite y de los sensores que tomen la imagen.





Cada pixel contiene un valor numérico, que representa en promedio la cantidad de energía solar que esa superficie refleja. Como la energía que se refleja depende de lo que haya sobre ella (cultivo, barbecho, suelo desnudo, asfalto), los sensores ubicados en los satélites captan distintos niveles y calidades de energía, que luego pasan a ser distintos colores en una imagen ya formada.

### 3.9.2 Banda espectral

Es la energía que se refleja en un rango distinto del espectro electromagnético. En consecuencia, cada uno de los sensores capta distintos valores de energía para el mismo pixel en cuestión, generando una imagen distinta del mismo lugar geográfico.

### 3.9.3 Espectro electromagnético

Cada tipo de energía radiante tiene parámetros que la caracterizan, como por ejemplo la frecuencia y la longitud de onda. A toda esa gama de radiaciones con diversas características se le denomina espectro electromagnético.

El espectro está subdividido en distintas zonas agrupando a las radiaciones electromagnéticas según su comportamiento. La gama del ultravioleta, el visible y el infrarrojo son las bandas espectrales más utilizadas por los sensores remotos ubicados en los satélites:

- Espectro visible (0.4 a 0.7  $\mu\text{m}$ ): es la única radiación electromagnética que el ojo humano puede percibir. Dentro de este espectro se pueden distinguir tres fajas: azul, verde y rojo.
- Infrarrojo cercano (0.7 a 1.3  $\mu\text{m}$ ): resulta de especial importancia por su capacidad para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad.
- Infrarrojo medio (1.3 a 8.0  $\mu\text{m}$ ): resulta idóneo para estimar contenidos de humedad en la vegetación y para la detección de focos de temperatura.





- Infrarrojo lejano o térmico (8.0 a 14.0  $\mu\text{m}$ ): detecta el calor proveniente de la mayor parte de las cubiertas terrestres.
- Microondas (desde 1 mm): son de interés porque es un tipo de energía bastante transparente a la cubierta nubosa.

### 3.10 RESPUESTA ESPECTRAL DE LA CUBIERTA VEGETAL

La reflectancia de la hoja sana es bastante baja en la porción del espectro electromagnético correspondiente al visible. Esto es así porque la mayor parte de la energía de ese tipo que llega a la hoja es absorbida y transmitida, y una cantidad mucho menor es reflejada.

En la porción del infrarrojo cercano, el aumento en la reflectancia se debe a la estructura interna de las hojas, mientras que la reflectancia en el infrarrojo medio aumenta si el contenido de humedad de las hojas es mayor.

#### 3.10.1 Comportamiento espectral teórico en el dominio óptico de: vegetación vigorosa, suelos y agua

El comportamiento espectral de la vegetación, suelos y agua es diferente entre ellos, ya que cada uno tiene características diferentes.

#### 3.10.2 Vegetación vigorosa

La estructura celular interna da la elevada reflectividad en el infrarrojo cercano que luego va reduciéndose paulatinamente hacia el infrarrojo medio. Por tanto, el contraste más nítido se presenta entre las bandas visibles (especialmente rojo) y el infrarrojo cercano. Cuanto mayor sea ese contraste, mayor será el vigor de la vegetación.





### 3.10.3 Suelos

El comportamiento espectral del suelo desnudo es mucho más uniforme que el de la vegetación, mostrando una curva espectral bastante plana y de carácter ascendente. La reflectividad espectral presenta mayores valores en suelos de textura gruesa, apelmazados, secos y sin materia orgánica. El contenido de humedad es uno de los elementos destacados en la reflectividad en longitudes de onda largas (infrarrojo medio) y así suelos con alto contenido de humedad darán una reflectividad alta en esa banda.

### 3.10.4 Agua

El agua absorbe o transmite la mayor parte de la radiación visible que recibe. Por tanto presenta una curva espectral plana, baja y de sentido descendente. De todas formas, en aguas poco profundas, la reflectividad aumenta. Los factores que afectan a este comportamiento son: profundidad, contenido en materias en suspensión y rugosidad de la superficie.

Por su parte, la nieve ofrece un comportamiento completamente diferente al del agua, con una reflectividad elevada en las bandas visibles, reduciéndose drásticamente en el infrarrojo cercano.

## 3.11 ÍNDICES DE VEGETACIÓN

Se puede señalar que los índices de vegetación se basan en la combinación de bandas para enfatizar las cubiertas vegetales sobre el suelo desnudo. El diseño de estos índices se apoya en el comportamiento radiativo que caracteriza a estas cubiertas ante absorciones moleculares específicas del espectro electromagnético (Chuvieco, 2009), destacándose la diferencia del espectro comprendido en el infrarrojo cercano respecto al espectro del rojo.





### 3.11.1 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Es un índice ampliamente utilizado por su simplicidad de cálculo, y su rango varía de -1 a 1. Sin embargo, presenta inconvenientes por su sensibilidad a la reflectividad del suelo sobre el que se sitúa el cultivo, de hecho, este problema se agrava cuando la cubierta vegetal es menor de 50% (Sánchez *et al*, 2000).

Es un índice que se calcula a partir de las distintas reflectancias que presentan la vegetación sana y la enferma o senescente, en lo que respecta a las bandas del rojo y del infrarrojo cercano. El NDVI también es conocido como “índice verde”, permite observar el nivel de desarrollo de la vegetación.

Rouse *et al*, 1973, citado por Palacios (2007), expresa que se propuso un índice de diferencias normalizadas, éste tiene la ventaja de que su variación está muy bien determinada entre -1 y 1.

El NDVI se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad (3.40)$$

donde:

$\rho_{NIR}$  es el espectro del infrarrojo cercano, y

$\rho_R$  el espectro del rojo.

### 3.11.2 Índice de Vegetación de Ajuste del Suelo, *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)*

Debido a que el NDVI tiene el inconveniente de sensibilidad cuando se presenta una cubierta vegetal menor a 50%, se creó el SAVI para corregirlo, este índice incorpora el factor “L” que depende de la densidad de la vegetación, tomando





valores entre 0 y 1; el factor “L” se calcula a partir de la reflectividad en el rojo y el infrarrojo cercano de una serie de píxeles de suelo desnudo localizados en la imagen, por análisis de regresión en el que la banda roja se toma como variable independiente y la banda infrarroja como dependiente (Quintana, 2009). En caso de suelo con vegetación de densidad media, L toma un valor 0.5.

$$SAVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R + L} * (1 + L) \quad (3.41)$$

donde  $\rho_{NIR}$  es el espectro del infrarrojo cercano,  $\rho_R$  el espectro del rojo y L es el factor de corrección del suelo

### 3.11.3 Índice de Estrés Hídrico, *Crop Water Stress Index (CWSI)*

La reflectancia de la hoja verde en el infrarrojo cercano, permanece con poca variación, por lo que es posible definir un índice de humedad en el follaje, si se relacionan las bandas del infrarrojo medio entre el infrarrojo cercano, como lo han sugerido Rock *et al* citado por Palacios (2007), quienes proponen un índice de estrés de humedad. El índice también se puede normalizar en forma similar al NDVI, como se muestra en la ecuación:

$$CWSI = \frac{\rho_{IR} - \rho_{NIR}}{\rho_{IR} + \rho_{NIR}} \quad (3.42)$$

### 3.11.4 Índice de Déficit de Agua, *Water Deficit Index (WDI)*

Este índice se refiere al cociente entre  $ET_c$  y  $ET_o$  con lo que se evidencia la estrecha relación entre ET y el estrés hídrico, Quintana (2009).

### 3.11.5 Índice de Vegetación /Trapezoide de Temperatura (VITT)

Basado en la relación índice de vegetación y temperatura de la superficie y el desarrollo del WDI, se obtuvo el índice de vegetación/Trapezoide de temperatura (VITT), cuya aproximación se basa en la hipótesis de que un trapezoide puede formarse al graficar la diferencia entre temperatura de la superficie y temperatura





del aire ( $T_s - T_a$ ), versus la cubierta vegetal ( $V_c$ ). Los vértices del trapezoide en la Figura 3.6. se obtienen del análisis de secciones o ventanas conformadas por pixeles de una región característica dentro de la imagen, correspondientes a: (1) cubierta vegetal máxima, muy húmeda; (2) cubierta vegetal máxima, muy estresada; (3) suelo desnudo saturado, y (4) suelo desnudo seco.

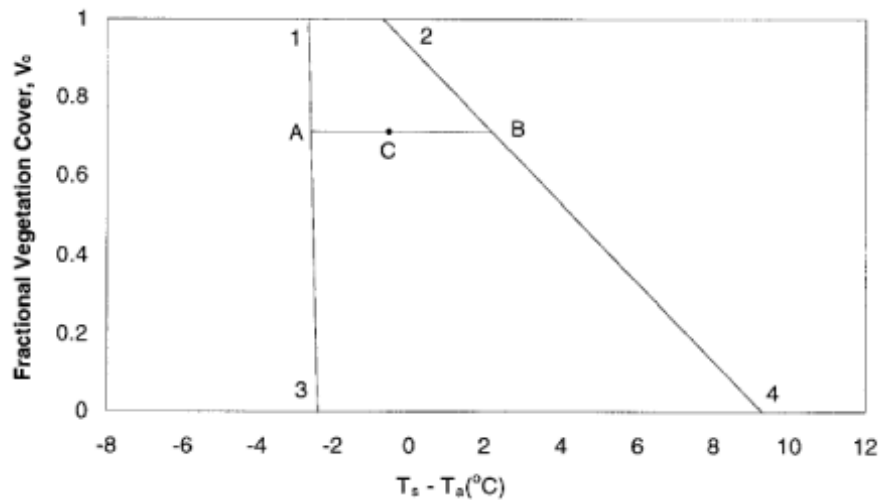


Figura 3.6. Trapezoide de relación entre ( $T_s - T_a$ ) y  $V_c$  construido por la estimación de cuatro vértices. Fuente: Quintana, 2009

### 3.11.6 Índice de humedad disponible en el suelo ( $Ma$ )

Se relaciona estrechamente con WDI y con él la diferencia entre temperaturas extremas de la superficie en estudio, respecto a la temperatura del aire (Quintana, 2009); a continuación se presentan dos ecuaciones:

$$Ma = 1 - WDI = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (3.43)$$

$$\frac{ET_c}{ET_o} = \frac{(T_s - T_a)_{\max} - (T_s - T_a)_r}{(T_s - T_a)_{\max} - (T_s - T_a)_{\min}} \quad (3.44)$$

donde  $r$  se refiere al valor registrado y  $T_a$  es la temperatura del aire, los demás términos ya se han definidos.



### 3.11.7 Temperatura superficial ( $T_s$ )

Cabe señalar que al utilizar imágenes Landsat, la estimación de temperatura superficial ( $T_s$ ) debe calcularse con base en los números digitales (DN) de la banda térmica del sensor Landsat TM (banda 6), comenzando por convertir de DN a radiancia espectral y luego a temperatura, de acuerdo a lo mencionado por Quintana (2009). Cogliati y Suárez (2008) mencionan que la diferencia entre la temperatura de la superficie y del aire depende de las condiciones de tiempo meteorológico.

### 3.12 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un sistema de información geográfica (SIG, o más común GIS por sus iniciales en Inglés Geographic Information System), es una herramienta para la adquisición, almacenamiento, manejo y despliegue gráfico, de información espacialmente dispuesta. También se puede definir como un sistema automatizado para la captura almacenamiento, recuperación, análisis y visualización de información espacialmente referenciada mediante sus coordenadas geográficas Clarke 2001, citado por Palacios (2007).

Con un poco de más detalle, se pueden definir los componentes de un SIG, acorde a lo que se muestra en la Figura 3.7.



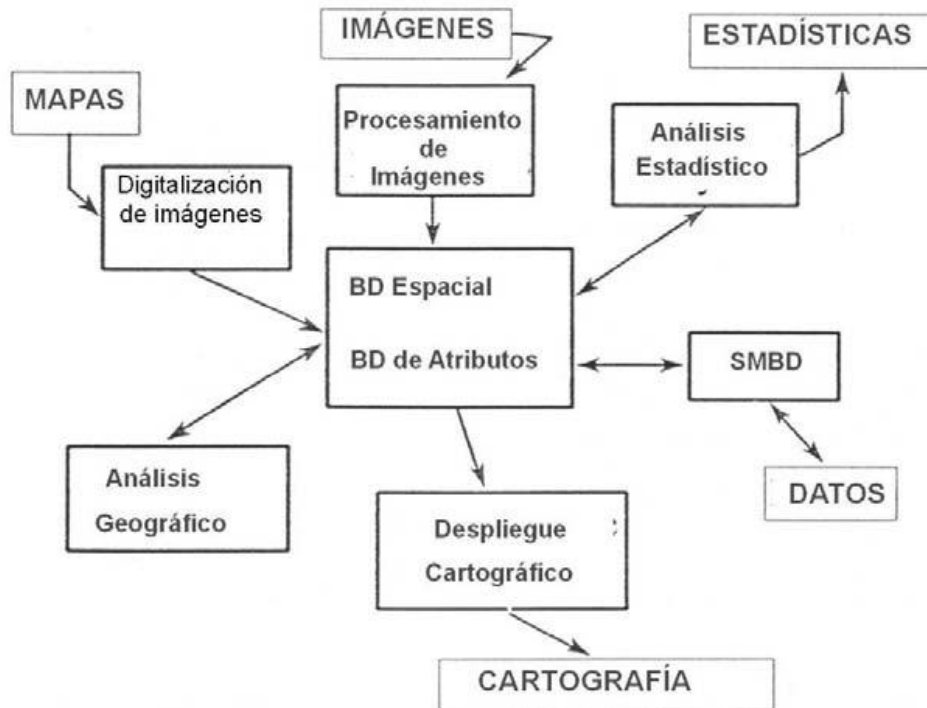


Figura 3.7. Componentes de un Sistema de Información Geográfica. SMBD: Sistema para el Manejo de la Base de Datos. BD: Base de Datos.

### 3.13 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN UTILIZANDO LOS SENSORES REMOTOS

Un aporte importante del uso de sensores remotos satelitales es proporcionar información que permite caracterizar indirectamente numerosos parámetros de superficie que se relacionan con la ET, como son: temperatura superficial, albedo, tipo de cubierta vegetal y radiación solar, lo que ha permitido extender los modelos de estimación de ET a amplias zonas con diferentes requerimientos de datos de terreno, Quintana (2009).

González-Dugo *et al* (2007), destaca dos enfoques principales que se aplican en la estimación de evapotranspiración utilizando sensores remotos:



1. Basado en la relación respuesta espectral - índices de vegetación - coeficiente de cultivo, unido a la estimación de evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) utilizando datos de estaciones meteorológicas.
2. Basado en el balance de energía en superficie, en que ET (o  $\lambda ET$ ) es obtenida como residuo del balance. La condición de contorno básica en estos modelos la establece la medida remota de temperatura de la superficie, tomando además en consideración variables meteorológicas y otros datos derivados.

$$\lambda ET = R_n - H - G \quad (3.45)$$

donde:

$\lambda ET$  es el flujo de calor latente o ET,

$R_n$  es la radiación neta,

$H$  es el flujo de calor sensible, y

$G$  es el flujo de calor del suelo

### 3.14 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS MODELOS

Con la finalidad de evaluar y definir si algún modelo es aceptable es muy importante determinar algunos estadísticos. A continuación se mencionan algunas para analizar un par de conjunto de datos.

#### 3.14.1 Covarianza, ( $S_{OE}$ )

Infante y Zarate de Lara (2005), analizan que la covarianza entre valores observados (O) y estimados (E) puede calcularse:

$$S_{OE} = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n O_i E_i - \frac{(\sum_{i=1}^n O_i)(\sum_{i=1}^n E_i)}{n} \right] \quad (3.46)$$

donde:

$S_{OE}$ : es la covarianza;





$O_i$ : es el valor observado i-ésimo;

$E_i$ : es el i-ésimo valor estimado;

n: total de datos.

Este estadístico es el promedio de los productos de las desviaciones de cada una de las variables respecto a sus medias respectivas, dando como resultado la relación existente entre el par de conjuntos (por ejemplo: O y E). Entre más cercano sea su valor a cero menor será la relación entre los conjuntos; la covarianza puede ser positiva o negativa, sí es positiva quiere decir que al aumentar los valores de un conjunto, los del otro también aumenta y si es negativa, al aumentar los valores de un conjunto los del otro decrece y viceversa.

### 3.14.2 Correlación, ( $r_{O E}$ )

Sean  $(O_1, E_1), (O_2, E_2), \dots, (O_n, E_n)$ , n observaciones hechas en dos características. Sean  $S_{O E}$ ,  $S_O$  y  $S_E$ , la covarianza entre ellas y las desviaciones estándar correspondientes a cada conjunto de datos observados (O) y estimados (E). El coeficiente de correlación, o simplemente la correlación, entre las dos variables, tiene como expresión (Infante y Zarate de Lara, 2005):

$$r_{O E} = \frac{S_{O E}}{S_O * S_E} \quad (3.47)$$

De manera explícita:

$$r_{O E} = \frac{\frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n O_i E_i - \frac{(\sum_{i=1}^n O_i)(\sum_{i=1}^n E_i)}{n} \right]}{\left\{ \left[ \sum_{i=1}^n O_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n O_i)^2}{n} \right] \left[ \sum_{i=1}^n E_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n E_i)^2}{n} \right] \right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (3.48)$$

donde:

$r_{OE}$ : es la correlación;

$S_{OE}$ : es la covarianza;

$S_E$ : es la varianza de los valores estimados;

$S_O$ : es la varianza de los valores observados;

$O_i$ : es el i-ésimo valor observado;





$E_i$ : es el  $i$ -ésimo valor estimado;

$n$ : total de datos.

La correlación muestra la dependencia existente entre el conjunto de valores estimados y observados; mientras más cercano a uno sea su valor, mayor será su dependencia.

### 3.14.3 El coeficiente de determinación, ( $R^2$ )

$$R^2 = \frac{[\sum(E_i - \bar{E})(O_i - \bar{O})]^2}{\sum(E_i - \bar{E})^2 \sum(O_i - \bar{O})^2} \quad (3.49)$$

donde,  $\bar{O}$  y  $\bar{E}$  son los promedios del arreglo de datos  $i$ -ésimo de  $O$  ( $O_i$ ) y  $E$  respectivamente ( $E_i$ ) Puede demostrarse que el valor de  $R^2$  es el cuadrado del coeficiente de correlación, es decir:

$$R^2 = [r_{OE}]^2 \quad (3.50)$$

Este estadístico es un indicador menos flexible que el coeficiente de correlación es que al elevar al cuadrado un valor menor que la unidad el resultado es un valor más pequeño. Para aprobar un modelo mediante este estadístico su valor de  $R \geq 0.80$  y lo más cercano a la unidad.

### 3.14.4 Regresión lineal

Infante y Zarate de Lara (2005), mencionan una amplia explicación acerca de la regresión lineal simple. La define como un modelo que pretende describir la relación entre dos variables, una llamada independiente o predictora y otra llamada dependiente, además de realizar inferencias sobre el comportamiento de la variable dependiente.

Con el propósito de simplificar se analizará el caso donde la relación  $E$  y  $O$  puede modelarse mediante una línea recta.

$$E_i = O_o + m * O_i + e_i; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.51)$$





donde:

$O_0$ : ordenada al origen;

$m$ : pendiente de la recta o coeficiente de regresión;

$e$ :  $i$ -ésimo error;

$O_i$ : es el  $i$ -ésimo valor observado;

$E_i$ : es el  $i$ -ésimo valor estimado;

$n$ : total de datos.

Este modelo tiene las siguientes suposiciones:

- $O_1, O_2, \dots, O_n$  son observaciones de la variable independiente.
- $O_0$  y  $m$  son parámetros desconocidos que determinan la recta de regresión.
- $e_1, e_2, \dots, e_n$ : son variables aleatorias no observables, independientes, distribuidas normalmente, con media cero y varianza  $\sigma^2$ .
- Las suposiciones distribucionales sobre las variables aleatorias  $e_i$  pueden expresarse equivalentemente en las  $E_i$ .

### 3.15 ANALISIS DE LA REVISIÓN DE LA LITERATURA

De acuerdo a la revisión de literatura de esta investigación se concluye que la cuenca hidrológica es la unidad de gestión del recurso hídrico, en la cual intervienen muchos factores y elementos que compiten por tal recurso, conocer su disponibilidad es muy importante. El balance hídrico permite saber la cantidad de agua disponible del total que precipita para su aprovechamiento tanto superficial como subterránea.

Dentro del balance hídrico, la evapotranspiración es la abstracción hidrológica que representa más de 50% del agua total que se precipita, de ahí la importancia de cuantificarla. A pesar de su gran importancia, su estimación y medición, es difícil, ya que en ella intervienen diversos factores como suelo, vegetación, temperatura, radiación, humedad del aire y velocidad del viento.





Existen gran cantidad de métodos indirectos que permiten la estimación de la evapotranspiración, algunos son costosos, otros requieren bastante información, otros no se pueden aplicar a grandes superficies, otros más son fáciles de calcular pero sus resultados no son muy aceptables; desde mi punto de vista, los métodos que se basan en la respuesta de los índices espectrales de vegetación unidos a la estimación de la evapotranspiración potencial son una buena alternativa para conocer la evapotranspiración de una cuenca hidrológica.

Por lo tanto, al resaltar la importancia, dificultad y complejidad de la evapotranspiración, y al conocer las experiencias de autores en trabajos referentes, en la presente investigación se propone un método para estimar la evapotranspiración de referencia,  $ET_o$ , coeficiente de cobertura vegetal,  $K_c$ , y la evapotranspiración real,  $ET_r$ , mediante modelos de regresión lineal utilizando datos diarios de estaciones meteorológicas convencionales, EMC's, y automáticas, EMA's, y datos espectrales de imágenes de satélite; el cual facilite el cálculo, se pueda aplicar a grandes superficies y tenga aceptable proximidad a la realidad.







## **CAPÍTULO 4. MATERIALES Y METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del presente trabajo, se tiene como estudio de caso la cuenca hidrológica del río La Sierra ubicada en los estados Tabasco y Chiapas; de aquí en adelante se le denominará Cuenca.

### **4.1 MATERIALES**

Los materiales utilizados para estimar la evapotranspiración en la Cuenca, son los siguientes:

#### **4.1.1 Información meteorológica, espectral y vectorial.**

El tipo de información utilizada en esta investigación es espacial y estadística, la cual se clasifica en: meteorológica, espectral y vectorial. A continuación se presenta la utilizada de cada tipo.

##### **4.1.1.1 Información meteorológica**

Se utilizaron datos diarios de 6 estaciones meteorológicas automáticas (EMA) y 15 estaciones meteorológicas convencionales (EMC). Las variables que se consideraron son: Temperatura máxima ( $T_{max}$ ), temperatura mínima ( $T_{min}$ ), temperatura del punto de rocío ( $T_{rocío}$ ), velocidad del viento ( $U_z$ ), precipitación (P), presión atmosférica (Pa), Radiación solar ( $R_s$ ); además datos de tiempo y espacio como: día juliano (Dj), latitud ( $\varphi$ ), longitud ( $\lambda$ ), elevación sobre el nivel del mar (z). La información de todas las variables enunciadas solamente se obtuvieron de las EMA's mientras que de las EMC's solo se obtuvieron  $T_{max}$ ,  $T_{min}$ , P y evaporación (E).

##### **4.1.1.2 Información espectral**

Se descargaron un total de 104 imágenes del satélite Landsat 5 TM disponibles en línea USGS (2012) que cubren toda el área de la Cuenca, pero sólo se trabajó con 13 del año 1998 y 8 de 2011. Las imágenes están en formato GeoTIFF, son de 8





bits, tienen resolución espacial de 30 m, y cada una se integra de 7 bandas, georreferenciadas, Dátum WGS 84, Anexo A.1

#### **4.1.1.3 Información vectorial**

Se utilizó la información vectorial de Uso de suelo y Vegetación Serie III 1:250,000, límite estatal y nacional del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). El límite de la Cuenca fue obtenido de Roblero, *et al* (2013) a fin de complementar investigaciones referidas al balance hídrico de esa área.

También se utilizaron otros vectoriales de INEGI (topografía, fisiografía, geología, edafología, entre otros) con la finalidad de describir de manera general la Cuenca.

#### **4.1.2 Equipo de cómputo y software**

Con el fin de desarrollar este trabajo se utilizó una computadora personal SONY VAIO con las siguientes características: Sistema operativo de 64 bits Microsoft Windows 7 *ultimate*; equipo Intel (R) Core (TM)2 Duo CPU P8600 @2.40GHz 2.40GHz RAM 4.00 GB.

Para el manejo, procesamiento, análisis y presentación se utilizaron los siguientes programas:

- Microsoft Office 2007: Excel, Power Point y Word.
- ArcGIS 10.1: para manejo de información geográfica y realización de mapas.
- IDRISI: para el procesamiento y análisis de las imágenes satelitales.
- HYDRAS 3 (OTT, 2011): permite la consulta y descarga de información meteorológica instantánea, diaria, mensual, anual de las EMA's.
- Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC): mediante éste se consiguió la información de las EMC's.
- CorAtmLandsat: con este programa se realizó la corrección atmosférica de la reflectancia de las imágenes satelitales.





## 4.2 METODOLOGÍA

La metodología que se siguió para estimar la evapotranspiración en la Cuenca incluye los siguientes procesos, Figura 4.1:

- Recopilación, selección y sistematización de la información
- Ajuste de  $ET_o$  calculada con otros métodos
- Cálculo de índices espectrales a partir de imágenes satelitales
- Estimación de  $ET_o$  de la Cuenca
- Estimación de  $ET_r$  de la Cuenca

Estos procesos se describen en detalle a continuación.

Se recopila la información de diversas fuentes confiables, la cual es seleccionada y sistematizada para el óptimo desarrollo de los procesos subsecuentes; se caracteriza la Cuenca de forma general, en la cual se obtiene el parteaguas y el uso de suelo y vegetación como información primordial; posterior, se seleccionan las imágenes de satélite de mejor calidad y se analizan en conjunto con la información de las estaciones meteorológicas para determinar las Estaciones con la mayor calidad y cantidad de información disponible que corresponda a las fechas de las Imágenes seleccionadas.

Debido que las estaciones meteorológicas convencionales, EMC's, no cuentan con la información requerida para estimar la evapotranspiración de referencia,  $ET_o$ , con el método referente, FAO Penman- Monteith, se calculó la  $ET_o$  con otros métodos (Hargreaves, Priestley y Taylor y Turc) utilizando la información de las estaciones meteorológicas automáticas, EMA's, y mediante un modelo de regresión lineal se obtuvo una ecuación para aproximar los resultados a los del método referente.

Posterior, se calculan los índices espectrales (radianza, reflectancia, NDVI, SAVI,  $T_s$ , IAF) de las imágenes satelitales seleccionadas. Para determinar los valores de los Índices de cada estación meteorológica de cada imagen satelital, se convierte





en formato raster la capa vectorial de las Estaciones con misma resolución espacial que las Imágenes (tamaño de pixel 30m), se hace uso del comando “extract” del programa IDRISI, en el cual se sobrepone la capa de las Estaciones sobre los raster de los Índices de cada Imagen, como resultado se obtiene un archivo de texto con los valores de cada índice espectral de cada imagen satelital para cada Estación.

Los resultados de  $ET_o$  y de los índices espectrales de todas las estaciones meteorológicas se sistematizan en una matriz; se determinaron once casos posibles de acuerdo al tipo de información meteorológica y espectral, también se definen cuatro combinaciones entre  $ET_o$  y los índices espectrales considerados, por lo tanto se realizaron 44 regresiones lineales con el fin de encontrar el modelo más apropiado, es decir, la dependencia lineal de cada combinación se estudió para cada caso; además, se estudió la dependencia de la  $T_a$  y  $T_s$  en los mismos. Con base al coeficiente de determinación,  $R^2$ , se seleccionaron los modelos apropiados para estimar la evapotranspiración de referencia,  $ET_o$ , y la temperatura del ambiente,  $T_a$ , en toda la Cuenca.

Para cada fecha de las imágenes satelitales del año 1998 se estimó la evapotranspiración real,  $ET_r$ , de la Cuenca, se hizo multiplicando los valores de la evapotranspiración de referencia,  $ET_o$ , por los valores del coeficiente de cobertura vegetal,  $K_{cv}$ , para lo cual se aplicaron respectivamente los modelos aceptados de  $T_a$  y  $ET_o$ , y la ecuación que proponen Calera y González (2008). Por último se extrajeron los valores de  $ET_o$ ,  $K_{cv}$  y  $ET_r$  para cada uso de suelo y vegetación mediante el comando “extract” de IDRISI.



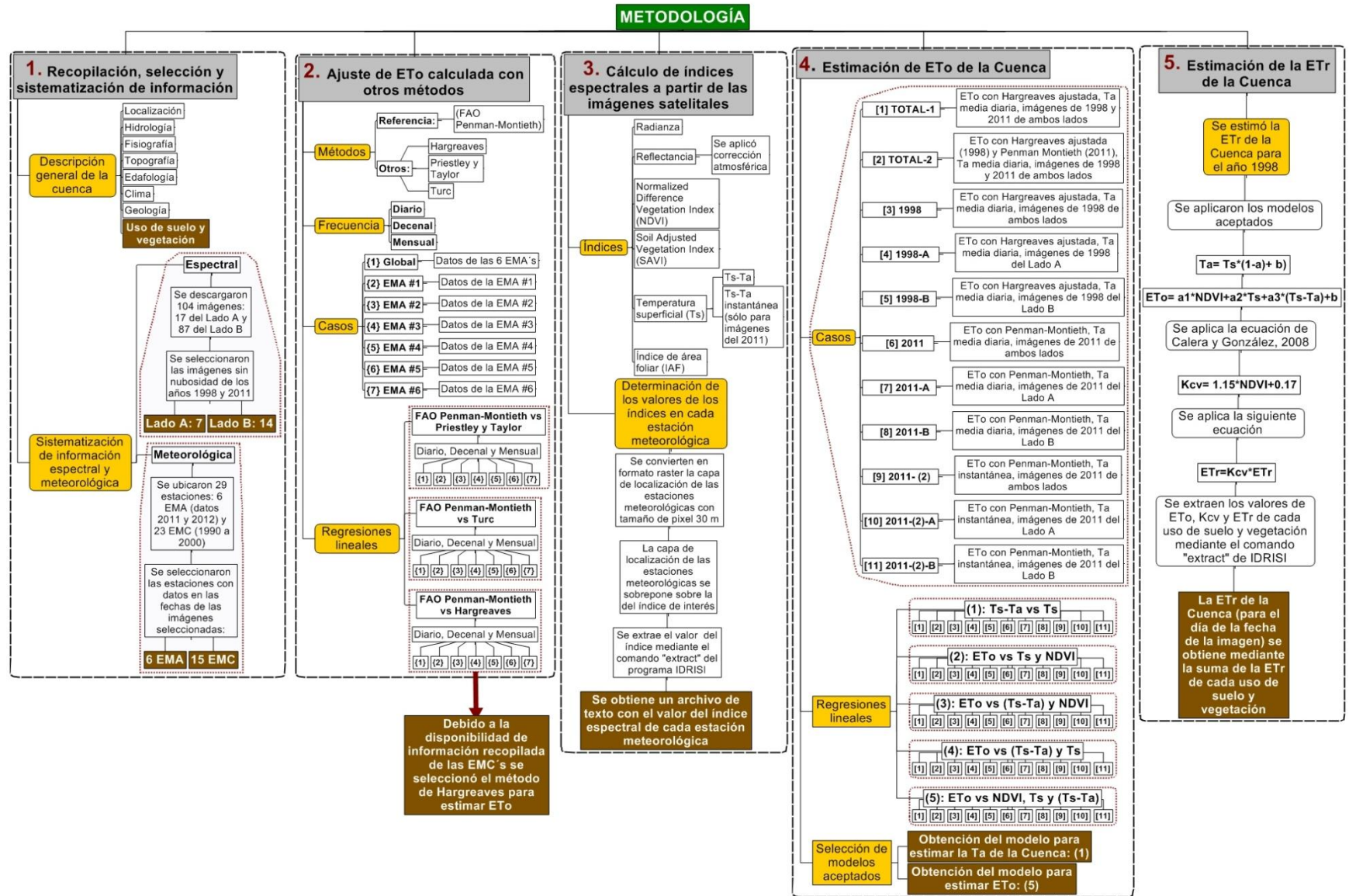


Figura 4.1. Metodología para la estimación de Evapotranspiración en la cuenca.



## **4.2.1 Recopilación, selección y sistematización de la información**

La información después de haber sido recopilada se seleccionó y posteriormente fue sistematizada para facilitar los procesos. Una parte de la información se utilizó para describir la Cuenca y la otra para estimar la evapotranspiración real de la misma.

### **4.2.1.1 Descripción general de la Cuenca**

Se realizó una recopilación de la información de la zona de estudio, esto permitió conocer características de la Cuenca como: ubicación, morfometría, hidrografía, clima, uso de suelo y vegetación, topografía, fisiografía, geología y edafología.

Todos los mapas fueron realizados a partir del mapa base elaborado en un Sistema de Información Geográfica (SIG) del área de estudio con el programa ArcGIS 10.1, en el cual se apoyó todo el estudio espacial con información topológica básica obtenida de la página web de INEGI, 2013.

#### **A. Ubicación**

La Cuenca se encuentra ubicada entre los estados Tabasco y Chiapas en la Región hidrológica número 30 Grijalva-Usumacinta hacia la zona que genéricamente se conoce como sureste y corresponde a la vertiente del Golfo de México, Figura 4.2.





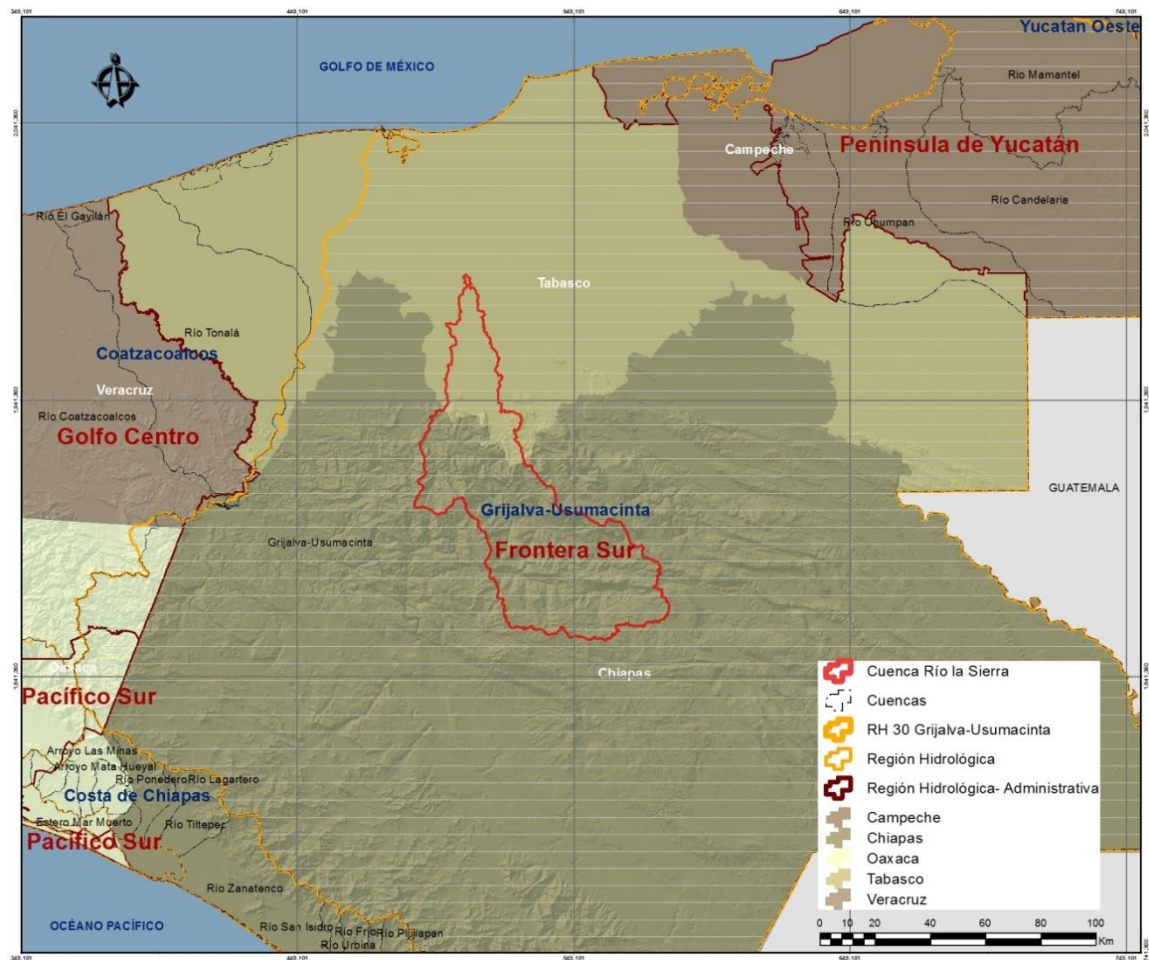


Figura 4.2. Localización de la Cuenca. Elaboración propia.

## B. Río La Sierra

El río La Sierra (Subdirección de Hidrología, 1980), nace aproximadamente a 2800 m de altitud en un punto situado a 12 km al noroeste de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas y describe una amplia curva mediante la cual llega a las cercanías de Simojovel; en este primer tramo se le conoce con el nombre de río Chacté. En un punto situado a 5 km al noroeste de Simojovel recibe un afluente izquierdo de importancia, llamado río Plátanos, de dirección general sur-norte y desde la confluencia el rumbo varía y sigue un cauce muy sinuoso de dirección general N 5° W hasta la desembocadura en el Grijalva a la altura de Villahermosa, Tabasco. Aguas abajo de la confluencia del río Plátanos en el Chacté la corriente principal se conoce como río Oxolotán; el cual, pasa por Oxolotán y Tapijulapa, Tabasco y

aguas abajo de esta ciudad recibe otro nuevo nombre, que es el río de Tacotalpa. A unos 23 km aguas arriba de la desembocadura en el Grijalva recibe la aportación izquierda del río Teapa, que viene con dirección general sur-norte desde Ixhuatán, pasa por Teapa, Tabasco y entra al Tacotalpa aproximadamente a 32 km aguas abajo del cruce de la corriente principal donde se encuentra el ferrocarril del sureste.

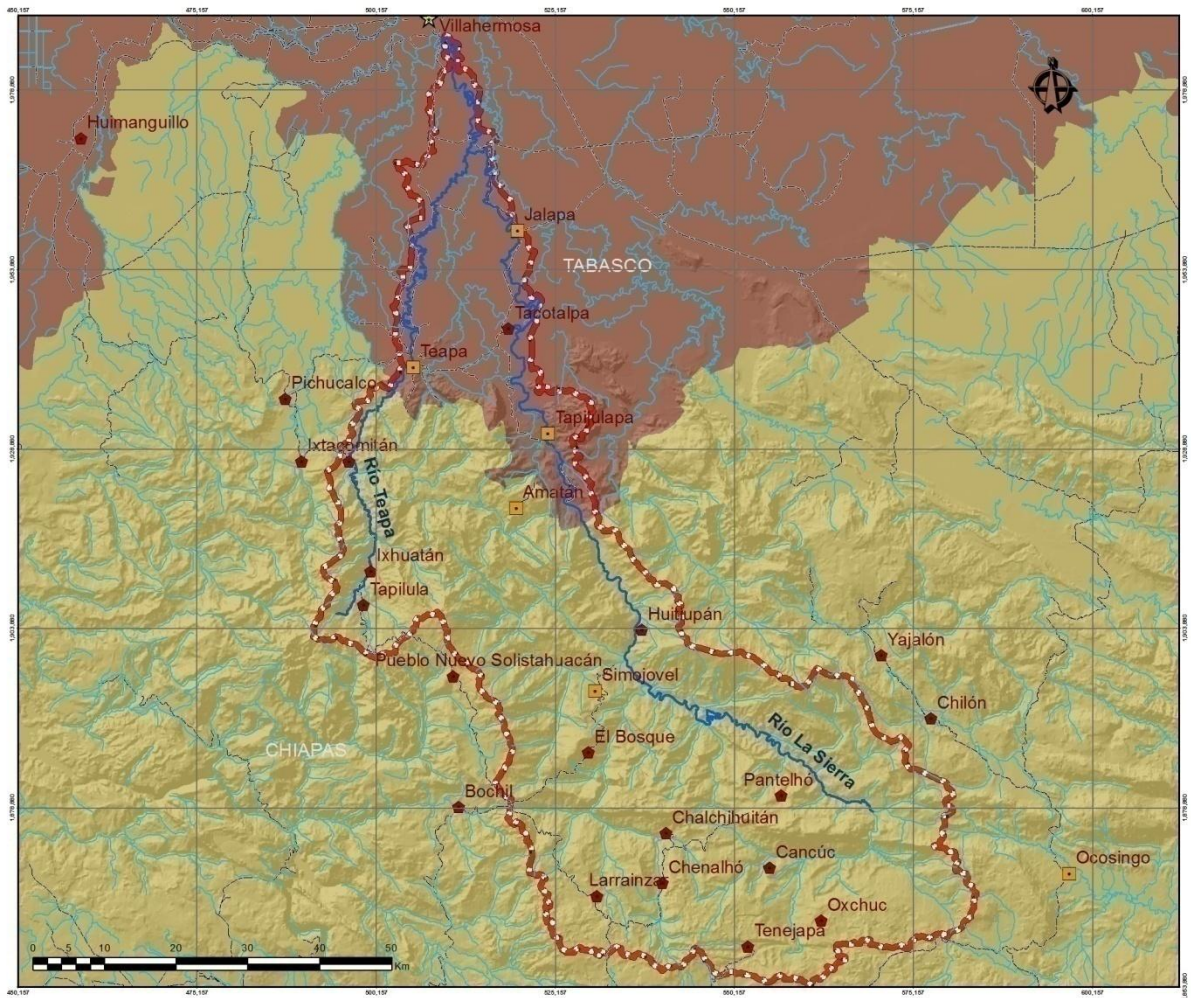


Figura 4.3. Cuenca del río La Sierra. Elaboración propia.

El río Teapa afluente del río La Sierra, tiene la longitud de 82 km a lo largo de su cauce principal y su cuenca un área de 608 km<sup>2</sup> hasta la confluencia con el Tacotalpa. De la confluencia hacia abajo el río se conoce como río de La Sierra en el tramo final del recorrido hasta conectarse con el viejo Mezcalapa.



### C. Caracterización de la Cuenca

A continuación se presentan características morfométricas, hidrográficas y climáticas de la Cuenca.

#### a. Topografía

La topografía se obtuvo mediante el modelo digital de elevaciones de INEGI 1:50,000; cabe señalar que la altitud de la Cuenca varía drásticamente de 10 a 2,800 m.s.n.m. de norte a sur de zonas bajas a altas respectivamente (Figura 4.4).

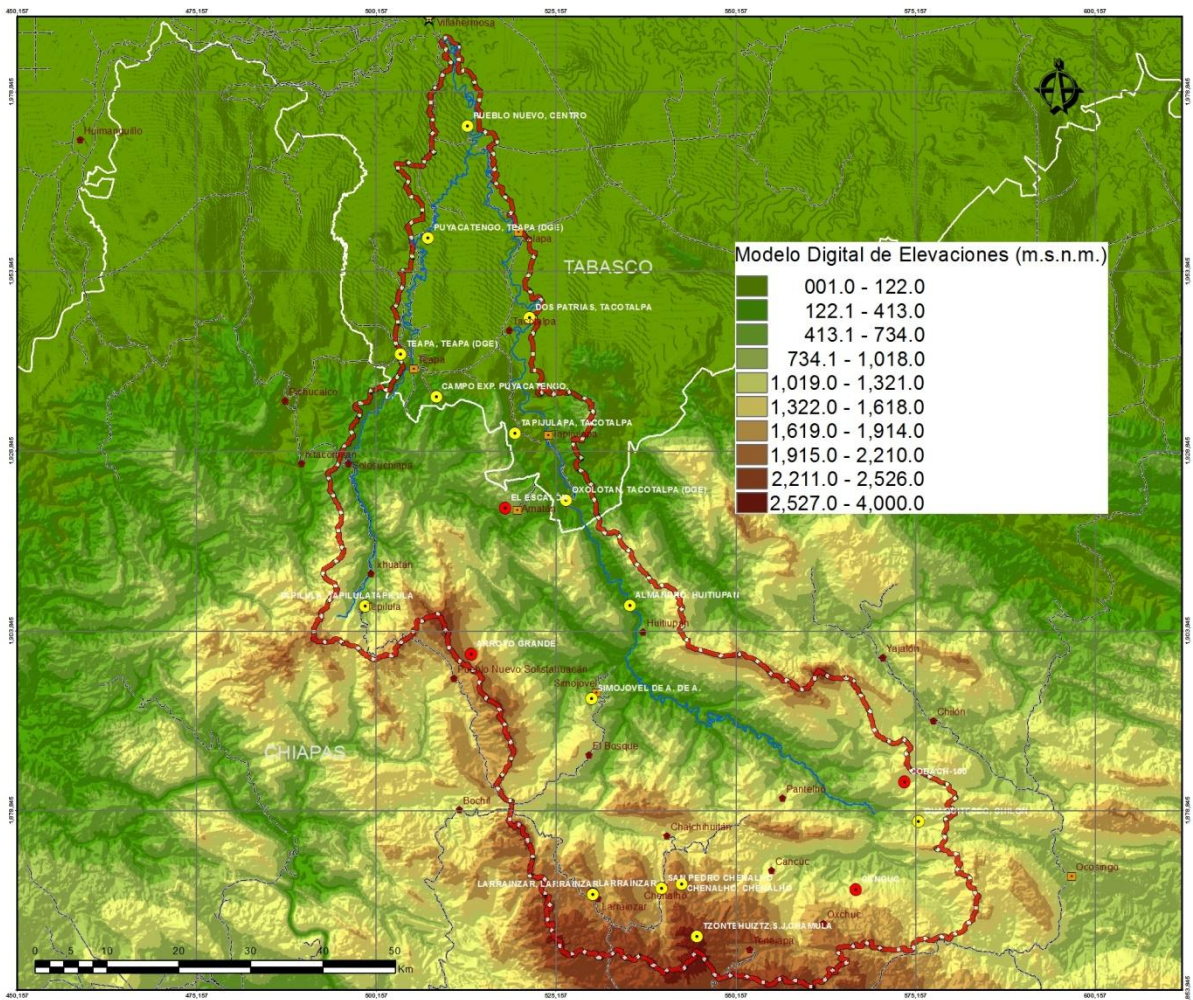


Figura 4.4. Topografía de la cuenca del río La Sierra. Elaboración propia.

La zona con mayores altitudes se encuentra principalmente en Chiapas y con menores en Tabasco, salvo algunos valles y depresiones en las partes media y alta.

### b. Fisiografía

La Cuenca se encuentra ubicada en tres subprovincias fisiográficas, las cuales pertenecen a dos provincias: Sierras del Norte de Chiapas y Altos de Chiapas, pertenecientes a la provincia fisiográfica Sierras de Chiapas y Guatemala; y Llanuras y Pantanos Tabasqueños perteneciente a la Llanura Costera del Golfo Sur (Figura 4.5).

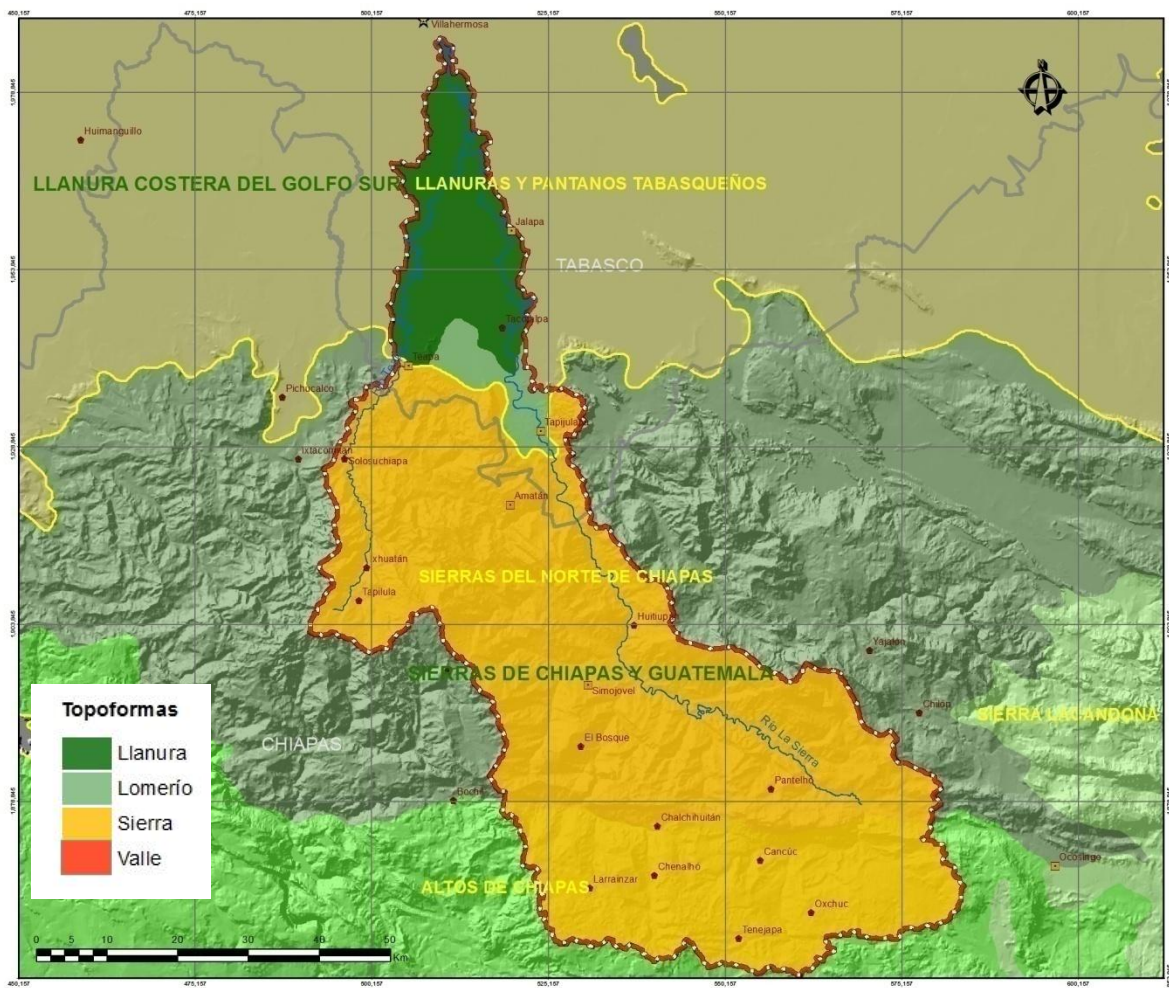


Figura 4.5. Fisiografía de la cuenca del río La Sierra. Elaboración propia.





Aproximadamente 75% de la superficie de la Cuenca corresponde a Sierras de Chiapas y Guatemala y 25% a la Llanura Costera del Golfo Sur (prácticamente la parte que pertenece a Tabasco).

Las topofomas presentes en la Cuenca son: llanura, lomerío, sierra y valle. La parte de la Cuenca que corresponde a Chiapas se caracteriza por ser sierra y la de Tabasco principalmente llanura, aunque en los límites con Chiapas se puede encontrar lomerío, sierra y una pequeña zona de valle cerca de Tapijulapa.

### c. Geología

El mapa de geología que se utilizó es de INEGI elaborado en el año 2005, el Cuadro 4.1. presenta las estructuras geológicas y su superficie que representan en la Cuenca.

Cuadro 4.1. Estructuras geológicas en la Cuenca, Roblero *et al* 2013.

Tipo	Clave	Clase	Sistema y/o serie	Área (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)
Caliza	To(cz)	Sedimentaria	Terciario-Oligoceno	1133.369	25.61
Caliza	Ks(cz)	Sedimentaria	Cretácico inferior	667.807	15.09
Lutita-Arenisca	Tpal(lu-ar)	Sedimentaria	Terciario-Paleoceno	561.153	12.68
Lutita-Arenisca	To(lu-ar)	Sedimentaria	Terciario-Oligoceno	494.328	11.17
Suelo	Q(s)	Suelo	Cuaternario	439.009	9.92
Limolita-Arenisca	Te(lm-ar)	Sedimentaria	Terciario- Eoceno	376.167	8.50
Arenisca	Tm(ar)	Sedimentaria	Terciario-Mioceno	269.955	6.10
Lutita-Arenisca	Te(lu-ar)	Sedimentaria	Terciario- Eoceno	254.023	5.74
Caliza	Tpal(cz)	Sedimentaria	Terciario-Paleoceno	91.608	2.07
Ígnea extrusiva básica	Ts(lgei)	Ígnea extrusiva	Neógeno	75.676	1.71
Caliza	Ki(cz)	Sedimentaria	Cretácico superior	39.387	0.89
Ígnea extrusiva intermedia	Q(lgei)	Ígnea extrusiva	Cuaternario	23.455	0.53
Total=				4,425.495	100.00



Como elementos estructurales por su formación, se desarrolla un sinclinal, que tiene orígenes desde Ocosingo hasta Amatán en dirección sureste a noroeste, a todo lo largo de la Cuenca.

La formación geológica con mayor superficie corresponde al tipo caliza, que pertenece a la clase sedimentaria y con formación en el periodo cenozoico, pero del mioceno con 25%, como segundo lugar por su superficie es la caliza sedimentaria pero con formación en el cretácico superior con 15%, la superficie con menor porcentaje es del tipo Ígnea extrusiva intermedia con 0.5%.

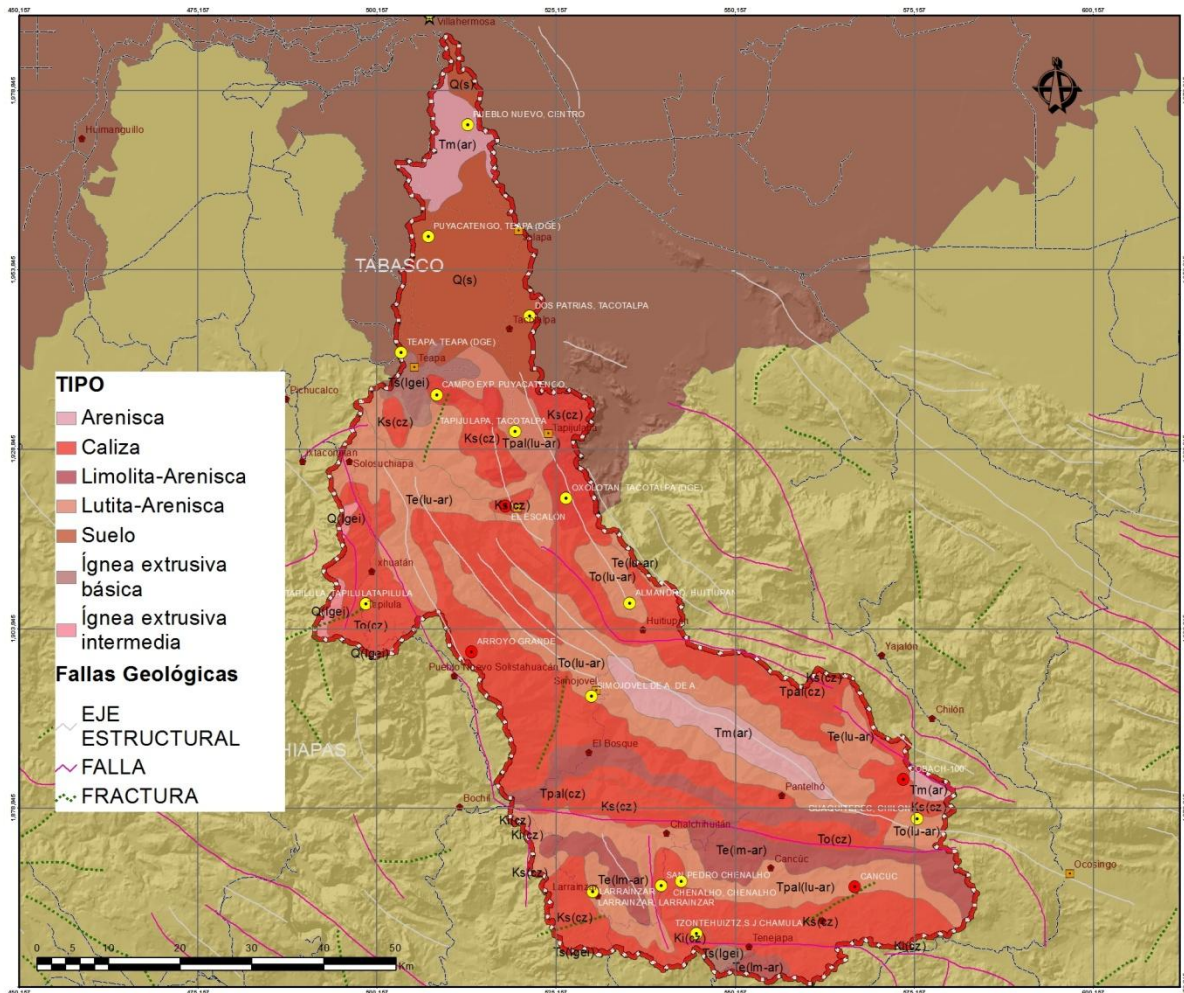


Figura 4.6. Geología de la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia

El anticlinal, se localiza desde Yoshib, hasta Simojovel, localizado de sureste a noroeste paralela al sinclinal en la parte inferior.



#### d. Edafología

Los tipos de suelo que se identificaron en la Cuenca, son dieciséis (Cuadro 4.2. ), prevalece la textura media (80% aproximadamente) le sigue la fina y después la gruesa en muy bajas proporciones.

Cuadro 4.2. Tipos de suelo en la Cuenca, Roblero *et al* 2013.

Tipo de suelo	Clave	Área (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)
Luvisol crómico	Lc	1,530.336	34.580
Acrisol húmico	Ah	770.036	17.400
Rendzina	E	473.971	10.710
Feozem haplico	Hh	408.916	9.240
Luvisol ortico	Lo	281.019	6.350
Gleysol eutrico	Ge	250.483	5.660
Litosol	I	208.441	4.710
Acrisol ortico	Ao	162.858	3.680
Fluvisol gleyico	Jg	124.356	2.810
Acrisol plintico	Ap	85.412	1.930
Gleysol molico	Gm	41.600	0.940
Gleysol vertico	Gv	25.668	0.580
Fluvisol eutrico	Je	23.455	0.530
Luvisol albico	La	20.357	0.460
Gleysol calcico	Gc	16.374	0.370
*Cuerpo de agua	N/A	2.168	0.049
Fluvisol calcarico	Jc	0.044	0.001
Total=		4,425.495	100.000

\* No es tipo de suelo pero se considera para sumar el total del área



La mayor superficie de la Cuenca es del tipo de suelo luvisol crómico (Lc) con el 35%, seguida del Acrisol húmico, redzina y feozén háplico con 17%, 11% y 9% respectivamente; el de menor presencia es fluvisol calcárico con solamente 0.001%.

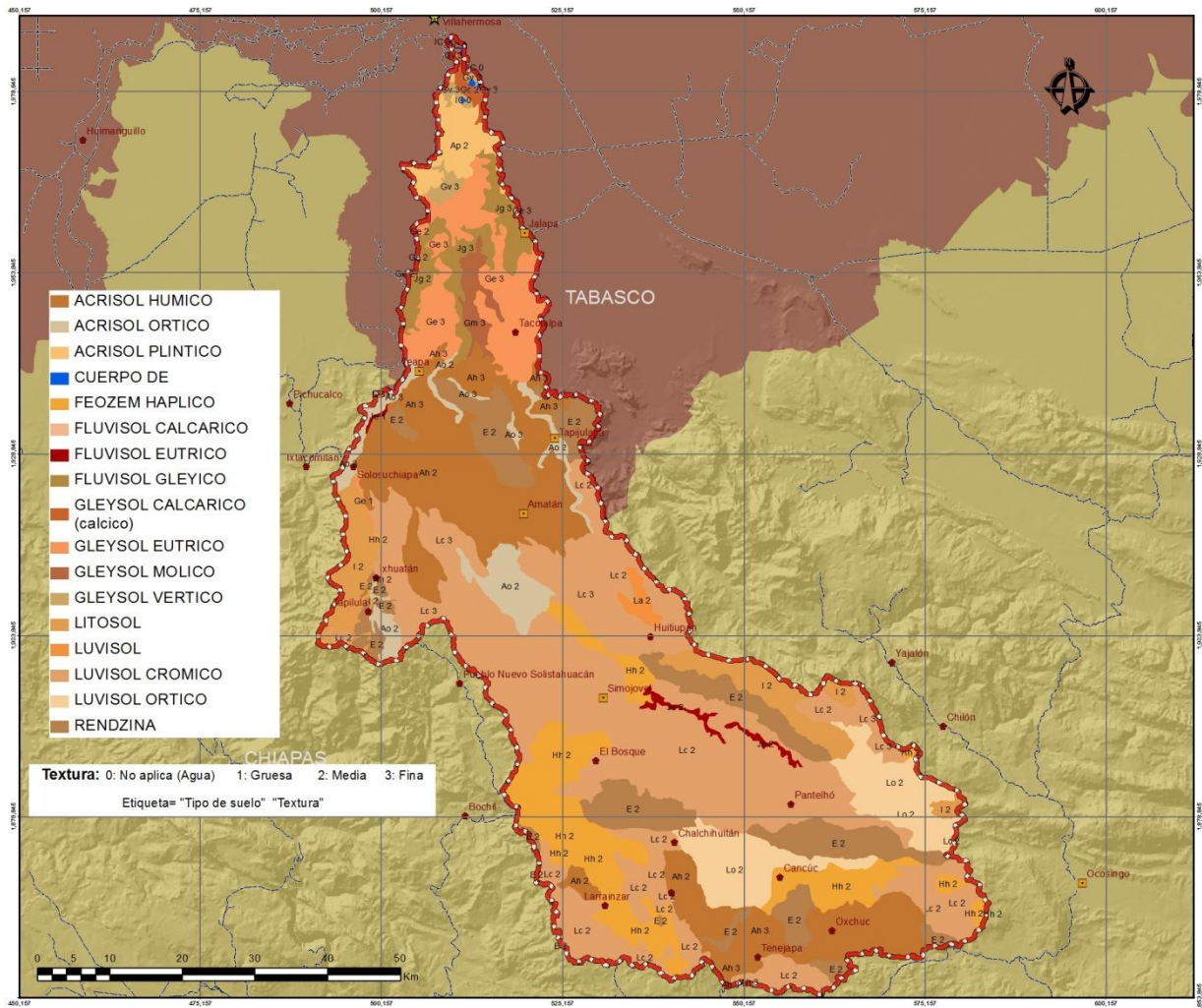


Figura 4.7. Edafología de la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia



### e. Uso de suelo y vegetación

El uso de suelo y vegetación de la Cuenca (Figura 4.9) fue determinado mediante la carta de uso de suelo y vegetación Serie III 1:250,000, INEGI 2013, la cual fue recortada con ArcGIS tomando como línea de corte el parteaguas de la Cuenca.

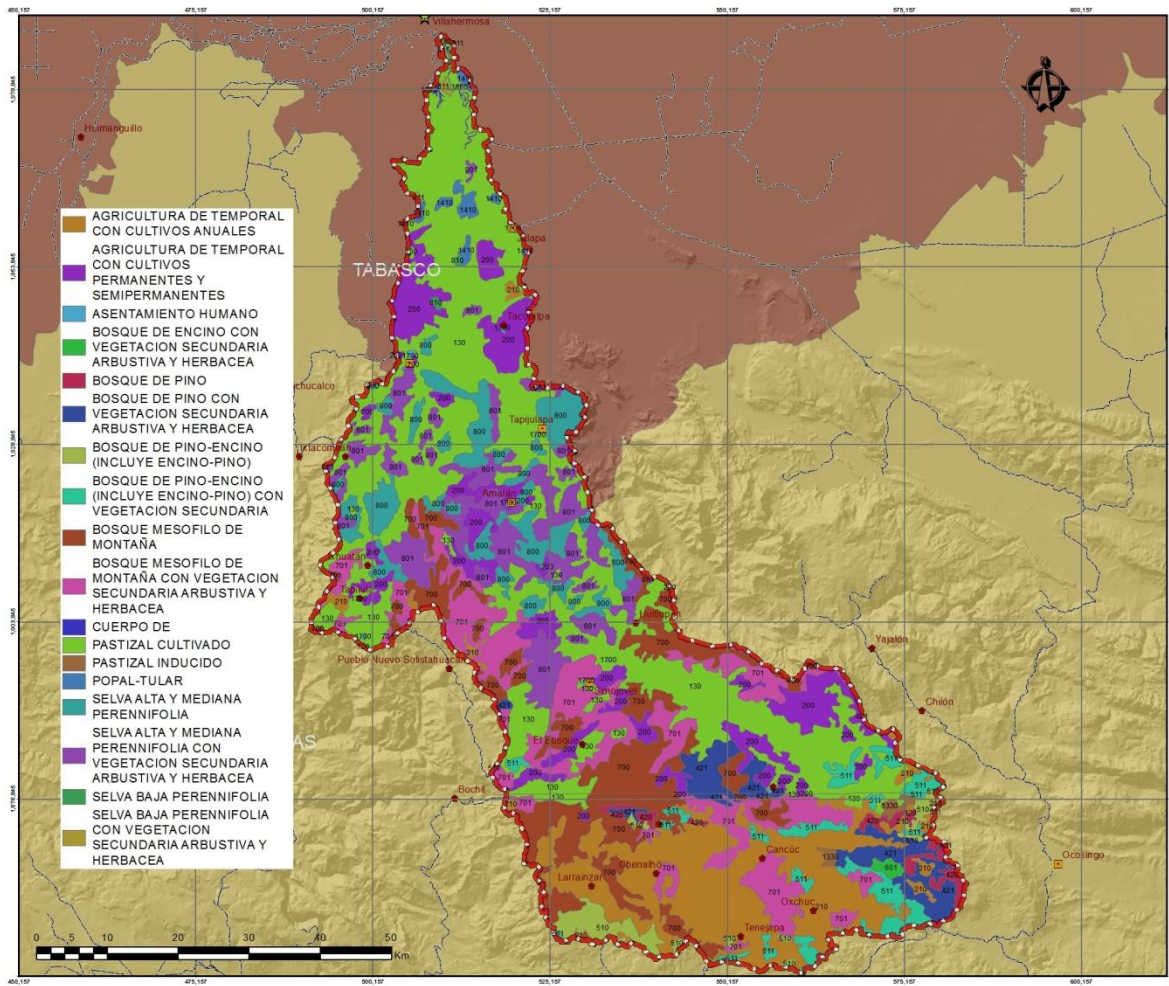


Figura 4.8. Distribución espacial del uso de suelo y vegetación de la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia

El pastizal cultivado cubre 30 %, es el uso de suelo que abarca más superficie, le siguen la agricultura de temporal (cultivos anuales y permanentes) y el bosque mesófilo de montaña (sin y con vegetación secundaria arbustiva y herbácea) con 23% y 22 % respectivamente, Cuadro 4.3. ; es decir que aproximadamente la mitad de la superficie de la Cuenca se encuentra intervenida por el hombre.



Cuadro 4.3. Uso de suelo y vegetación de la cuenca del río La Sierra

Uso de Suelo	Clave	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
PASTIZAL CULTIVADO	130	1326.4	30.0
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210	587.1	13.3
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701	495.1	11.2
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700	491.0	11.1
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200	413.6	9.3
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801	367.1	8.3
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800	276.0	6.2
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421	143.0	3.2
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511	136.8	3.1
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510	75.3	1.7
BOSQUE DE PINO	420	44.7	1.0
POPAL-TULAR	1410	28.6	0.6
PASTIZAL INDUCIDO	1330	12.7	0.3
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601	8.5	0.2
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810	3.4	0.1
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811	4.9	0.1
ASENTAMIENTO HUMANO	1700	6.0	0.1
CUERPO DE AGUA	1800	5.4	0.1
	<b>TOTAL=</b>	<b>4,425.6105</b>	<b>100.0</b>

Para mayor visualización de la distribución del uso de suelo y vegetación de la Cuenca se presenta la Figura 4.9.





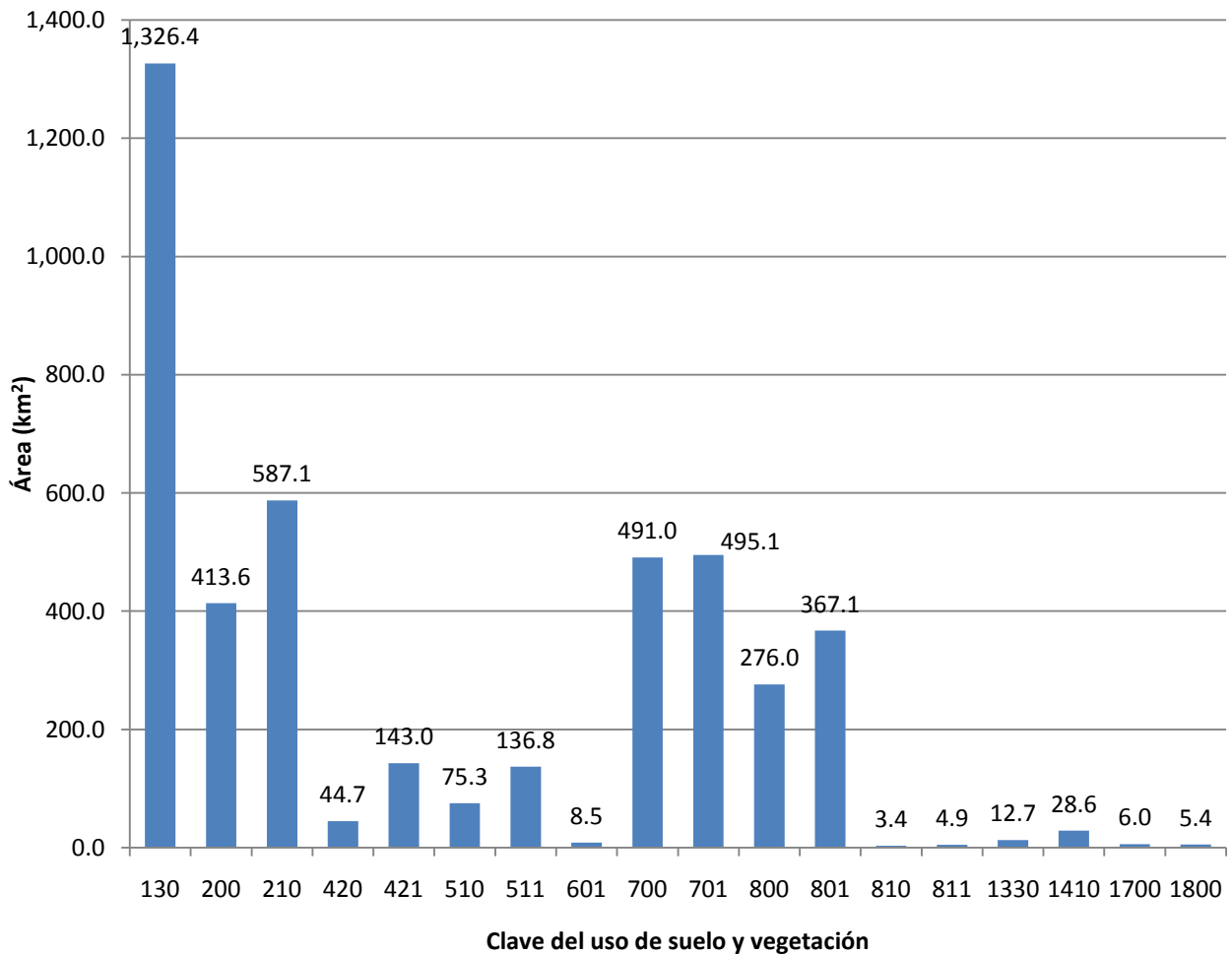


Figura 4.9. Distribución del uso de suelo y vegetación en la cuenca del río La Sierra

Victoria *et al* (2012) presenta el siguiente cuadro comparativo de las características de las Series de INEGI para la cartografía 1:250,000 de uso de suelo y vegetación.





Cuadro 4.4. Comparación de métodos e insumos utilizados para la cartografía 1: 250,000 de Uso de suelo y Vegetación de INEGI

EVENTO	FUENTE DE DATOS ESPACIALES	RESOLUCIÓN	METODOLOGÍA	FECHA DE REFERENCIA EDITORIAL	FECHA DE DATOS DE CAMPO	INTERVALO
SERIE I	Fotografía aérea. Escalas de 1:50,000 a 1:80,000 (1968-1986). B/N y sepia	Grano de emulsión / escala del vuelo.	Tecnología analógica. Equipos óptico - mecánicos. Transferido a formato digital por digitalización manual y de barrido.	80's	(1968) 1971-1986	-
						10 años
SERIE II	Compuestos (espacio mapas) de imágenes Landsat TM (1993). Multiespectral.	Pixel de 50 metros de origen. Interpretación sobre imagen impresa a escala 1:250,000.	Tecnología analógica. Equipos óptico - mecánicos. Transferido a formato digital por digitalización manual y de barrido.	90's	1993- 1998	10 años
SERIE III	Imágenes Landsat ETM (2002). Multiespectral.	Pixel de 27.5 metros.	Tecnología Digital: plataforma PC y software SIG	2002-2005	2002- 2003	5 años
SERIE IV	Imágenes SPOT (2007 y 2008). Multiespectral.	Pixel de 10 metros.	Tecnología Digital: plataforma PC y software SIG	2006-2009	2007-2008	5 años*
SERIE V	Imágenes SPOT (2012 al 2013*). Multiespectral.	Pixel de 10 metros.	Tecnología Digital: plataforma PC y software SIG	*En etapa de planeación (2011-2014)	2012- 2013*	





#### f. Morfometría, fisiografía e hidrografía de la cuenca.

La caracterización de las cuencas hidrológicas consiste en el análisis morfométrico, fisiográfico y de relieve, estimación de parámetros de caracterización específica, lineales, de área y de relieve. Roblero *et al* (2013) presenta las siguientes características de la Cuenca, Cuadro 4.5.

Cuadro 4.5. Características morfométricas, fisiográficas e hidrográficas de la cuenca del río La Sierra

Características	Parámetros	Valor
Parámetros lineales asociados a la hidrografía	Longitud del cauce principal	245 km
	Orden de corriente	4° orden
	Relación de bifurcación	2.2
	Longitud media del cauce	4.73 km
	Densidad de drenaje	0.29 km/km <sup>2</sup>
	Densidad de corriente	0.58 cauces/km <sup>2</sup>
	Longitud media del flujo superficial	1.67 km
Parámetros lineales y de área de la cuenca	Área	4,425.495km <sup>2</sup>
	Forma	Hoja alargada
	Perímetro	648.22 km
	Longitud de la cuenca	136.25 km
	Coefficiente de compacidad	2.75
	Razón de elongación	0.31
	Factor de forma	0.23
Parámetros asociados al relieve	Pendiente media de la cuenca	40%
	Elevación media de la cuenca	300 m
	Pendiente del cauce	0.84%



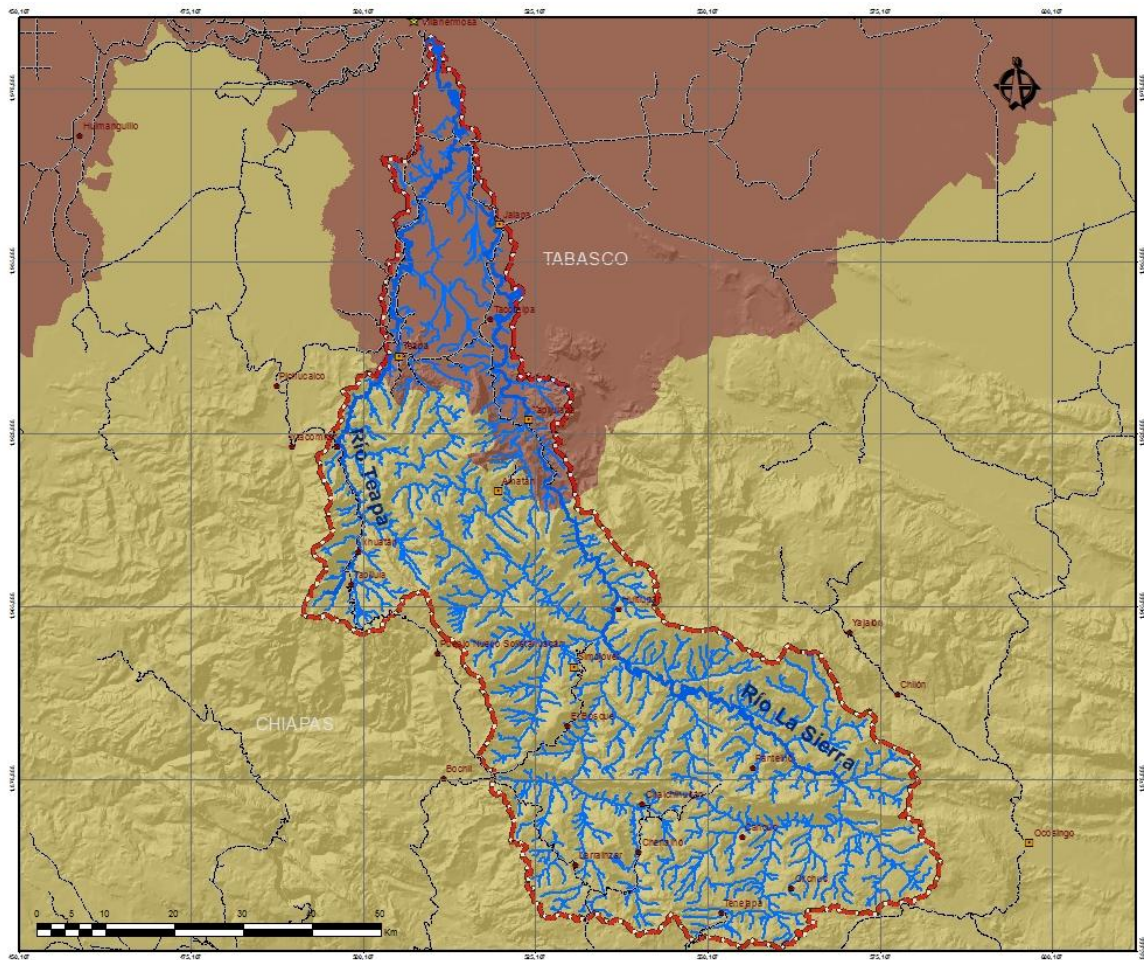


Figura 4.10. Red hidrográfica de la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia

#### D. Clima

En el área de estudio se encontraron seis subgrupos de climas predominantes de la clasificación de Köppen modificado por Enriqueta García para México, dentro de los cuales se encuentran los cálidos en la parte media y baja y templado en la parte alta, Cuadro 4.6.



Cuadro 4.6. Climas predominantes en la cuenca del río La Sierra.

<b>Tipo de clima</b>	<b>Descripción con respecto a temperatura</b>	<b>Descripción con respecto a la precipitación</b>
Am(f)	Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.	Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.
A(f)	Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.	Precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.
(A)C(m)(f)	Semi-cálido húmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Con precipitación anual mayor de 500 mm y precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.
(A)C(fm)	Semi-cálido húmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco mayor a 40 mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal menor al 18% del total anual.
Aw2(x')	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.	Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.
C(m)(f)	Templado húmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.

La distribución espacial de los climas se presenta en la Figura 4.11 en donde se observa que el clima cálido es el predominante en la Cuenca.





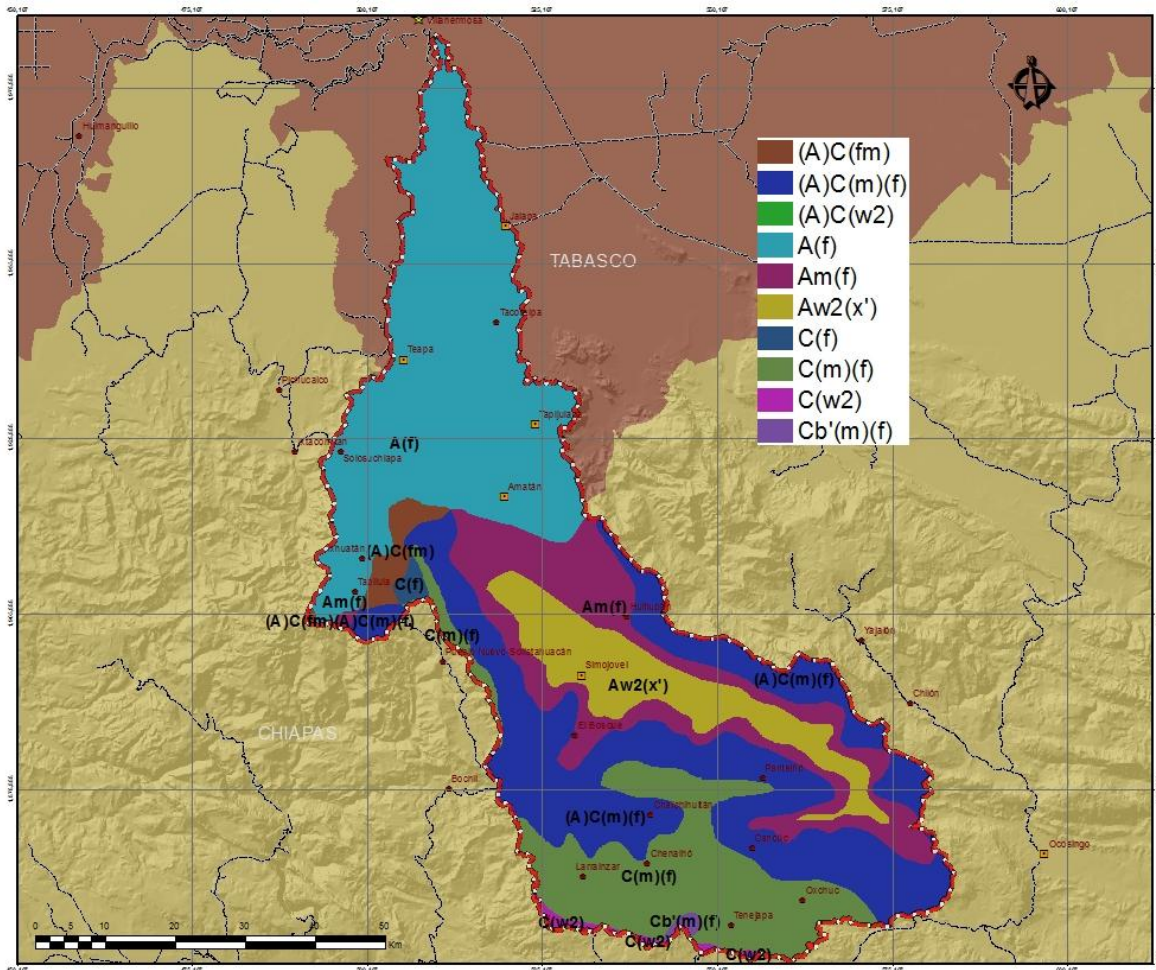


Figura 4.11. Distribución de los tipos de clima en la cuenca del río La Sierra.  
Fuente: Elaboración Propia

### E. Análisis Meteorológico

La información meteorológica se obtuvo del ERIC III para las EMC's, se obtuvieron las medias mensuales y anuales de temperatura media, evaporación y precipitación, de las 52 estaciones meteorológicas convencionales que se encuentran dentro y en la cercanía de la Cuenca; mediante ArcGIS se ubicaron en la zona y sus valores se interpolaron para estimar de manera general su distribución espacial, Figura 4.12. Para analizar la distribución temporal se seleccionaron las EMC's que se indican en el Cuadro 4.7. los datos totales se presentan en los Anexos A.2 , A.3 y A.4 .

Cuadro 4.7. EMC's utilizadas para el análisis temporal

ESTADO	CLAVE	NOMBRE	LONGITUD (°)	LATITUD (°)
Chs.	7071	GUAQUITEPEC, CHILON	-92.29	16.98
Chs.	7080	ITZANTUM, HUITIUPAN	-92.62	17.25
Chs.	7149	SAN PEDRO CHENALHO	-92.63	16.89
Chs.	7167	TAPILULA, TAPILULA	-93.01	17.25
Chs.	7217	SOLOSUCHIAPAN	-93.03	17.43
Tab.	27011	DOS PATRIAS, TACOTALPA	-92.80	17.61
Tab.	27055	VILLAHERMOSA,CENTRO(SMN)	-92.92	17.98

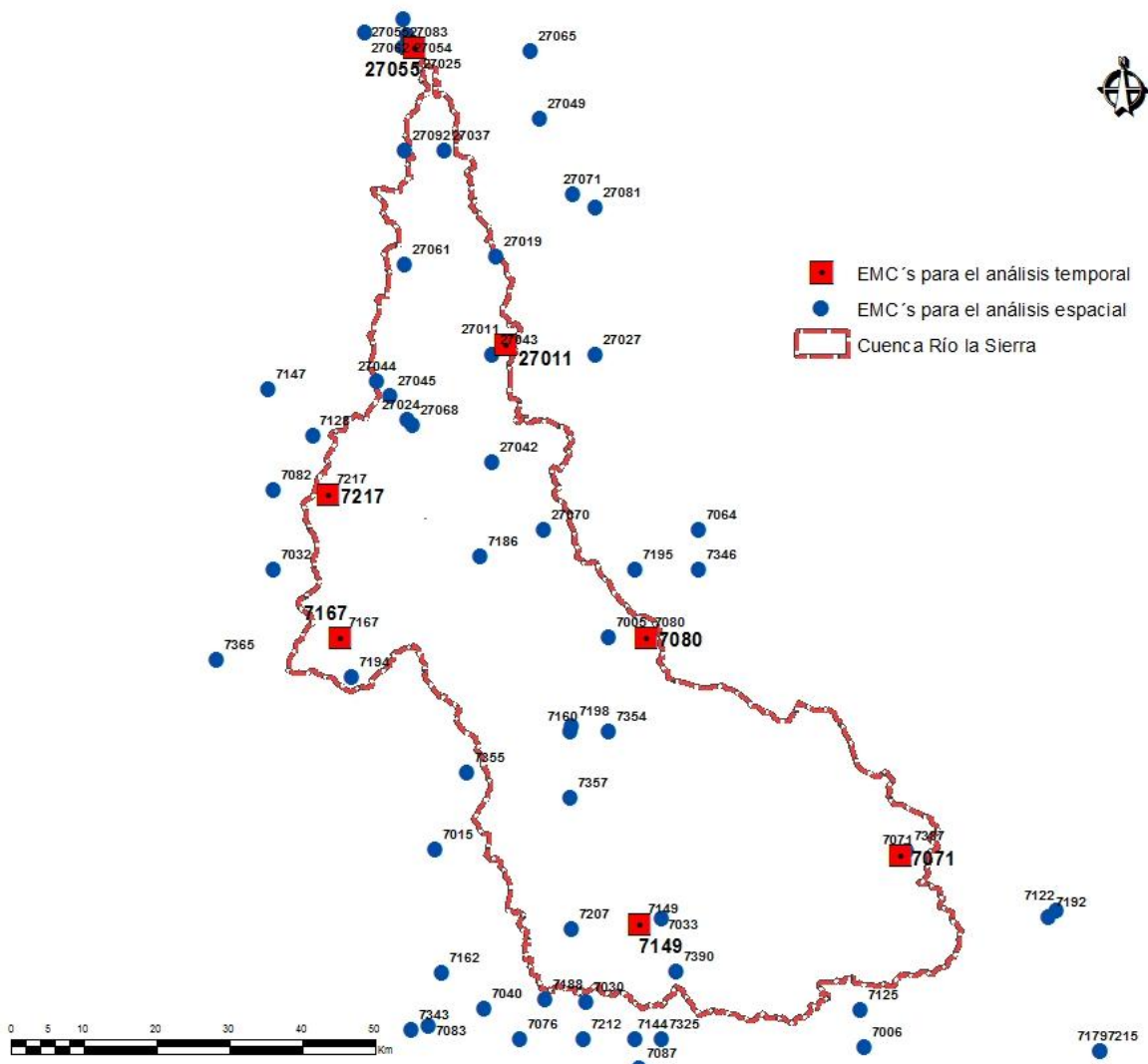


Figura 4.12. EMC's utilizadas para estimar la distribución espacial y temporal de la precipitación, temperatura y evaporación media mensual de la cuenca del río La Sierra



### a. Temperatura

Como parte del sureste mexicano, la Cuenca, además de ser muy húmeda es cálida, la media anual oscila entre 18.0 y 23.0 °C, aunque hay meses que baja hasta los 12.6 °C y sube a 25 °C, Figura 4.14. En el Cuadro 4.8. se presentan los valores medios, máximos y mínimos de la temperatura observada en las EMC's de la Cuenca.

Cuadro 4.8. Media, máxima y mínima temperatura media mensual (°C) de la cuenca del río La Sierra

CLAVE	NOMBRE	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
7071	GUAQUITEPEC, CHILON	16.4	17.1	18.8	20.8	21.9	21.7	21.3	21.3	21.0	19.9	18.8	17.5	19.7
7080	ITZANTUM, HUITIUPAN	21.3	21.3	18.8	19.8	23.2	22.3	22.1	20.7	22.0	21.5	21.3	21.3	21.3
7149	SAN PEDRO CHENALHO	12.6	13.7	15.3	17.7	18.5	17.9	17.4	17.2	17.4	16.3	14.8	13.2	16.0
7167	TAPILULA, TAPILULA	17.5	17.8	20.1	22.2	23.1	22.9	22.2	21.8	21.8	20.9	19.4	18.1	20.7
7217	SOLOSUCHIAPAN	18.5	18.8	21.1	23.0	24.9	24.7	23.9	23.7	23.4	22.5	20.9	19.2	22.1
27011	DOS PATRIAS, TACOTALPA	19.3	19.7	21.7	23.7	25.0	24.9	24.2	23.9	23.8	22.9	21.3	19.9	22.5
27055	VILLAHERMOSA, CENTRO(SMN)	20.6	21.2	22.7	24.1	24.7	24.7	24.5	24.7	24.6	23.8	22.5	21.3	23.3
	<b>Media=</b>	<b>18.0</b>	<b>18.5</b>	<b>19.8</b>	<b>21.6</b>	<b>23.0</b>	<b>22.7</b>	<b>22.2</b>	<b>21.9</b>	<b>22.0</b>	<b>21.1</b>	<b>19.9</b>	<b>18.6</b>	<b>20.8</b>
	<b>Máxima=</b>	<b>21.3</b>	<b>21.3</b>	<b>22.7</b>	<b>24.1</b>	<b>25.0</b>	<b>24.9</b>	<b>24.5</b>	<b>24.7</b>	<b>24.6</b>	<b>23.8</b>	<b>22.5</b>	<b>21.3</b>	<b>23.3</b>
	<b>Mínima=</b>	<b>12.6</b>	<b>13.7</b>	<b>15.3</b>	<b>17.7</b>	<b>18.5</b>	<b>17.9</b>	<b>17.4</b>	<b>17.2</b>	<b>17.4</b>	<b>16.3</b>	<b>14.8</b>	<b>13.2</b>	<b>16.0</b>
	<b>Mediana=</b>	<b>18.5</b>	<b>18.8</b>	<b>20.1</b>	<b>22.2</b>	<b>23.2</b>	<b>22.9</b>	<b>22.2</b>	<b>21.8</b>	<b>22.0</b>	<b>21.5</b>	<b>20.9</b>	<b>19.2</b>	<b>21.3</b>
	<b>Desviación Estándar=</b>	<b>2.9</b>	<b>2.7</b>	<b>2.5</b>	<b>2.3</b>	<b>2.3</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>	<b>2.4</b>	<b>2.5</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>2.4</b>

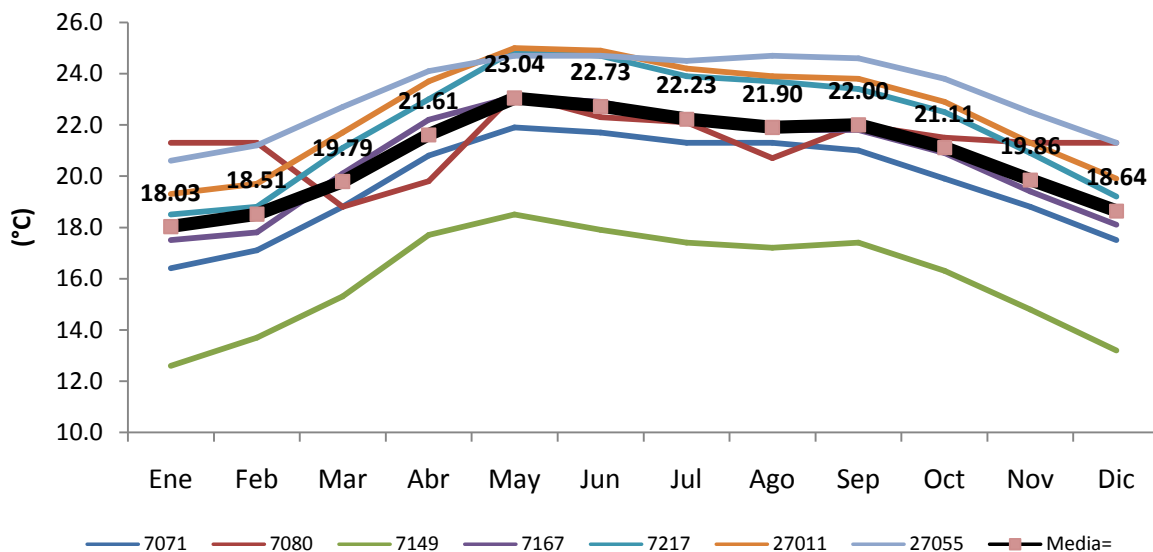


Figura 4.13. Distribución temporal de la temperatura de la cuenca del río La Sierra





El periodo con mayor temperatura es de abril a octubre y el frío de noviembre a marzo, siendo mayo el mes más caliente y enero el más frío (Figura 4.13). Los lugares de la Cuenca con temperaturas más altas se encuentran al norte y hacia el sur los más fríos.

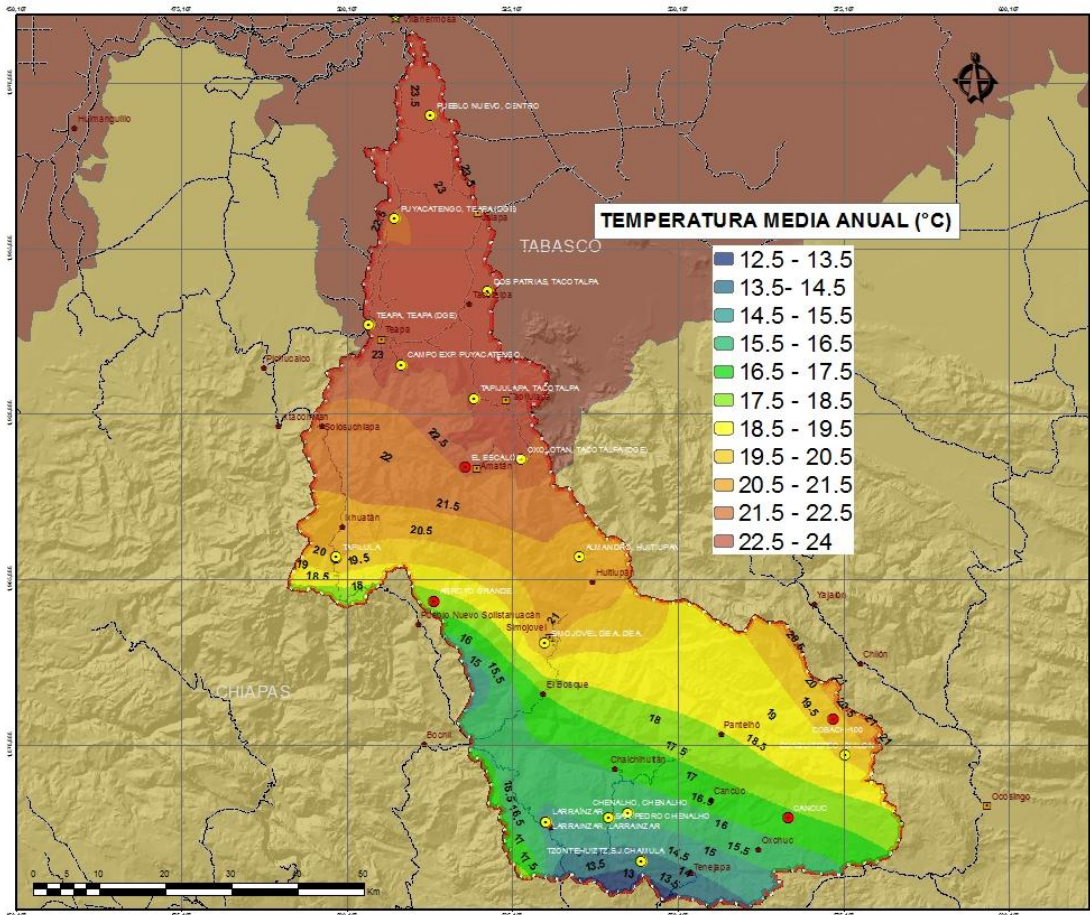


Figura 4.14. Distribución espacial de la temperatura en la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia

### b. Evaporación

La evaporación es baja en comparación con el norte de la República, esta variable en algunas fórmulas se utiliza para estimar la evapotranspiración, anualmente la cuenca evapora en promedio 1,240.8 mm y presenta valores de 1,572.5 y 916.1 mm como máxima y mínima respectivamente.



Cuadro 4.9. Media, máxima y mínima evaporación media mensual (mm) de la cuenca del río La Sierra

CLAVE	NOMBRE	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
7071	GUAQUITEPEC, CHILON	91.7	102.3	129.6	143.0	146.1	135.0	141.0	138.8	128.2	116.3	89.4	88.1	1449.5
7080	ITZANTUM, HUITIUPAN	131.0	131.0	151.1	139.6	179.5	126.4	119.2	110.1	109.7	112.7	131.0	131.0	1572.5
7149	SAN PEDRO CHENALHO	65.1	71.6	109.9	122.0	120.3	89.5	102.4	103.2	85.8	77.6	66.8	64.3	1078.5
7167	TAPILULA, TAPILULA	49.3	50.8	86.1	99.9	113.2	90.7	93.5	87.6	78.2	66.0	53.3	47.5	916.1
7217	SOLOSUCHIAPAN	51.1	50.2	90.5	102.8	128.7	97.4	102.8	99.9	86.9	76.3	58.0	48.4	993.0
27011	DOS PATRIAS, TACOTALPA	60.9	65.2	102.3	117.8	136.1	121.0	118.4	120.2	100.7	86.0	67.9	62.3	1158.8
27055	VILLAHERMOSA,CENTRO(SMN)	85.0	93.2	137.2	152.0	178.2	153.8	169.7	154.6	116.3	108.6	94.9	73.4	1516.9
	<b>Media=</b>	<b>76.3</b>	<b>80.6</b>	<b>115.2</b>	<b>125.3</b>	<b>143.2</b>	<b>116.3</b>	<b>121.0</b>	<b>116.3</b>	<b>100.8</b>	<b>91.9</b>	<b>80.2</b>	<b>73.6</b>	<b>1240.8</b>
	<b>Máxima=</b>	<b>131.0</b>	<b>131.0</b>	<b>151.1</b>	<b>152.0</b>	<b>179.5</b>	<b>153.8</b>	<b>169.7</b>	<b>154.6</b>	<b>128.2</b>	<b>116.3</b>	<b>131.0</b>	<b>131.0</b>	<b>1572.5</b>
	<b>Mínima=</b>	<b>49.3</b>	<b>50.2</b>	<b>86.1</b>	<b>99.9</b>	<b>113.2</b>	<b>89.5</b>	<b>93.5</b>	<b>87.6</b>	<b>78.2</b>	<b>66.0</b>	<b>53.3</b>	<b>47.5</b>	<b>916.1</b>
	<b>Mediana=</b>	<b>65.1</b>	<b>71.6</b>	<b>109.9</b>	<b>122.0</b>	<b>136.1</b>	<b>121.0</b>	<b>118.4</b>	<b>110.1</b>	<b>100.7</b>	<b>86.0</b>	<b>67.9</b>	<b>64.3</b>	<b>1158.8</b>
	<b>Desviación Estándar=</b>	<b>29.0</b>	<b>29.7</b>	<b>24.6</b>	<b>20.2</b>	<b>26.6</b>	<b>24.5</b>	<b>26.5</b>	<b>23.4</b>	<b>18.3</b>	<b>20.2</b>	<b>27.2</b>	<b>29.0</b>	<b>267.6</b>

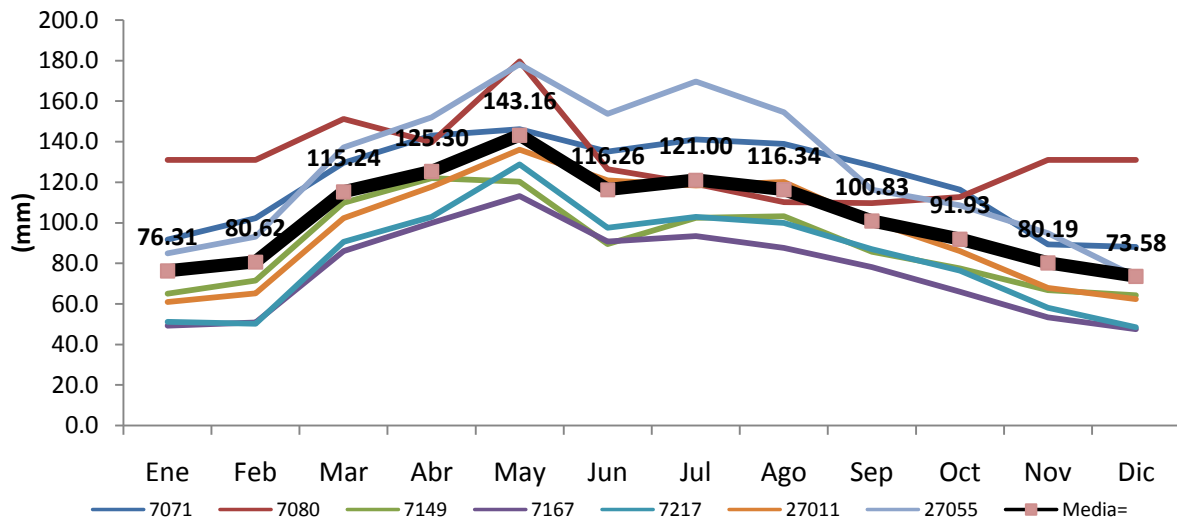


Figura 4.15. Distribución temporal de la evaporación de la cuenca del río La Sierra

La evaporación media mensual oscila en promedio de 73.6 a 143.2 mm durante el año, se incrementa en los meses secos con mayor temperatura y disminuye en la temporada de lluvias y cuando la temperatura es menor (Figura 4.15).



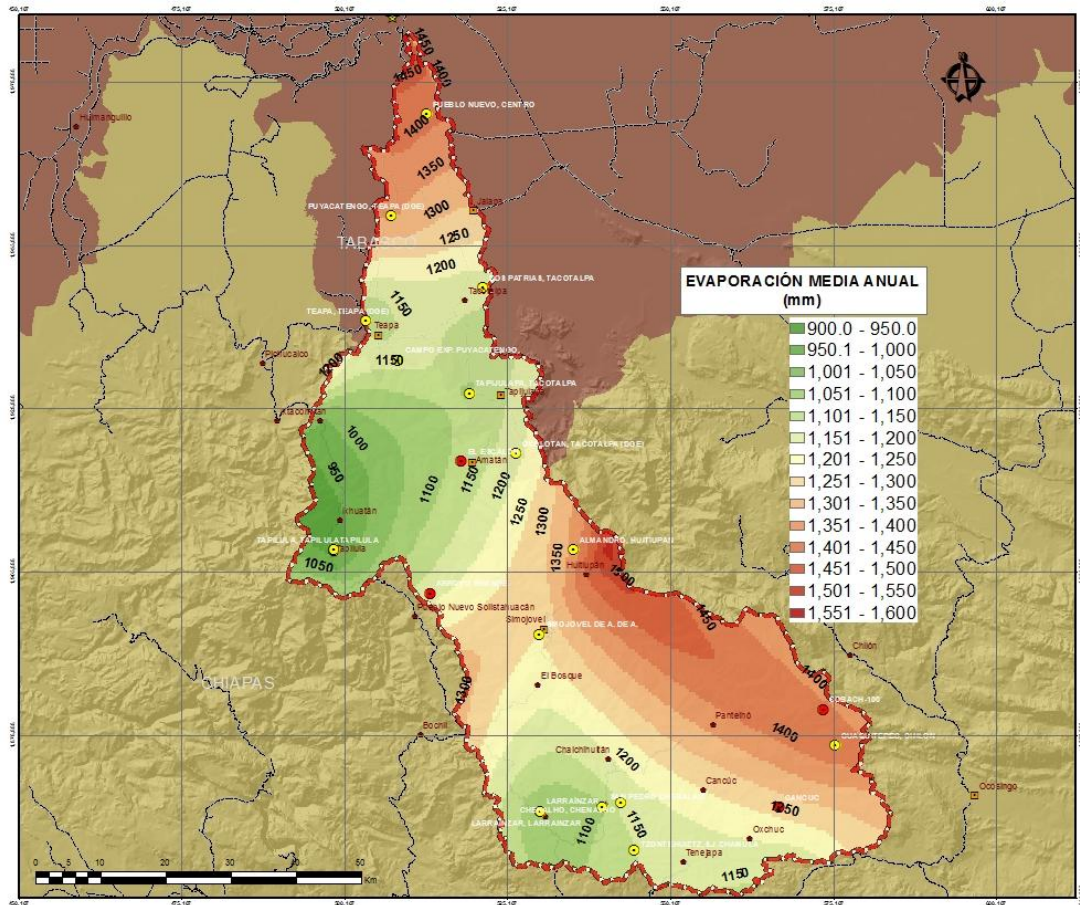


Figura 4.16. Distribución espacial de la evaporación en la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia

La evaporación máxima se observan en el norte y sureste de la Cuenca, mientras que las menores en el oeste, zona de mayor precipitación, Figura 4.16.

### c. Precipitación

Esta zona es una de las más lluviosas en el país, con una precipitación media anual máxima de 5,137.6 mm, la cual se registra en la estación 7217 Solosuchiapa, en el estado Chiapas; en la Cuenca las precipitaciones medias anuales están en promedio 2,701.7 mm, la máxima en 5,137.6 y mínima 1,189.4 mm. En el Cuadro 4.10. se presentan los valores medios mensuales y anuales de las EMC's consideradas.



Cuadro 4.10. Precipitación media, máxima y media mensual (mm) de la cuenca del río La Sierra

CLAVE	NOMBRE	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
7071	GUAQUITEPEC, CHILON	84.2	64.5	65.3	78.5	139.9	279.2	180.7	229.8	325.0	229.2	125.4	98.5	1900.2
7080	ITZANTUM, HUITIUPAN	180.1	180.1	120.5	38.0	59.5	208.0	232.1	317.0	311.5	154.5	180.1	180.1	2161.7
7149	SAN PEDRO CHENALHO	37.8	36.6	30.1	48.6	109.4	279.8	218.2	263.6	291.4	167.3	66.2	47.0	1596.0
7167	TAPILULA, TAPILULA	189.0	167.4	97.5	105.1	161.6	331.5	275.6	318.4	417.2	391.4	259.7	209.3	2923.7
7217	SOLOSUCHIAPAN	344.7	356.2	190.8	204.8	197.0	499.2	448.3	557.1	699.9	743.2	483.1	413.3	5137.6
27011	DOS PATRIAS, TACOTALPA	187.8	145.3	103.7	96.5	152.9	307.9	291.0	350.8	482.0	414.4	259.4	208.6	3000.3
27055	VILLAHERMOSA,CENTRO(SMN)	155.2	93.3	81.5	54.6	100.4	234.0	224.7	233.4	343.7	314.9	187.8	169.0	2192.5
	<b>Media=</b>	<b>168.4</b>	<b>149.1</b>	<b>98.5</b>	<b>89.4</b>	<b>131.5</b>	<b>305.7</b>	<b>267.2</b>	<b>324.3</b>	<b>410.1</b>	<b>345.0</b>	<b>223.1</b>	<b>189.4</b>	<b>2701.7</b>
	<b>Máxima=</b>	<b>344.7</b>	<b>356.2</b>	<b>190.8</b>	<b>204.8</b>	<b>197.0</b>	<b>499.2</b>	<b>448.3</b>	<b>557.1</b>	<b>699.9</b>	<b>743.2</b>	<b>483.1</b>	<b>413.3</b>	<b>5137.6</b>
	<b>Mínima=</b>	<b>37.8</b>	<b>36.6</b>	<b>30.1</b>	<b>38.0</b>	<b>59.5</b>	<b>208.0</b>	<b>180.7</b>	<b>229.8</b>	<b>291.4</b>	<b>154.5</b>	<b>66.2</b>	<b>47.0</b>	<b>1596.0</b>
	<b>Mediana=</b>	<b>180.1</b>	<b>145.3</b>	<b>97.5</b>	<b>78.5</b>	<b>139.9</b>	<b>279.8</b>	<b>232.1</b>	<b>317.0</b>	<b>343.7</b>	<b>314.9</b>	<b>187.8</b>	<b>180.1</b>	<b>2192.5</b>
	<b>Desviación Estándar=</b>	<b>96.9</b>	<b>105.8</b>	<b>50.2</b>	<b>56.6</b>	<b>45.4</b>	<b>95.0</b>	<b>87.9</b>	<b>112.4</b>	<b>144.1</b>	<b>203.2</b>	<b>133.9</b>	<b>115.4</b>	<b>1189.4</b>

Como se observa en la Figura 4.17 el mes en que llueve menos es abril con un promedio de 89.44 mm/mes y el que más es septiembre con una media de 410.10 mm/mes.

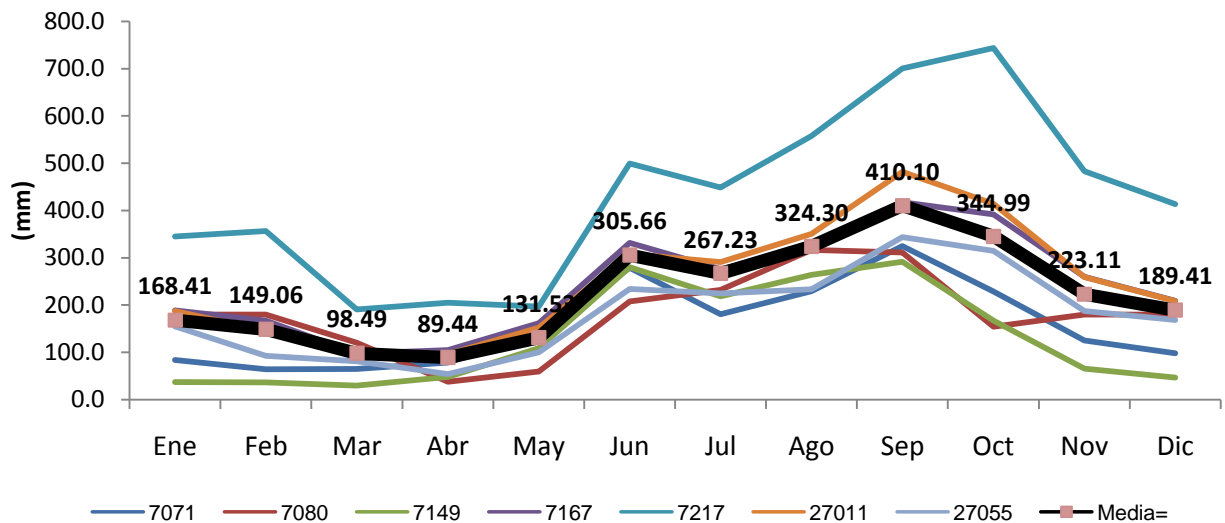


Figura 4.17. Distribución temporal de la precipitación de la cuenca del río La Sierra

En la Figura 4.18 se observa la distribución espacial de la precipitación en la Cuenca; la mayor se concentra en los límites de Tabasco y Chiapas, y la más baja en el sur de ésta.





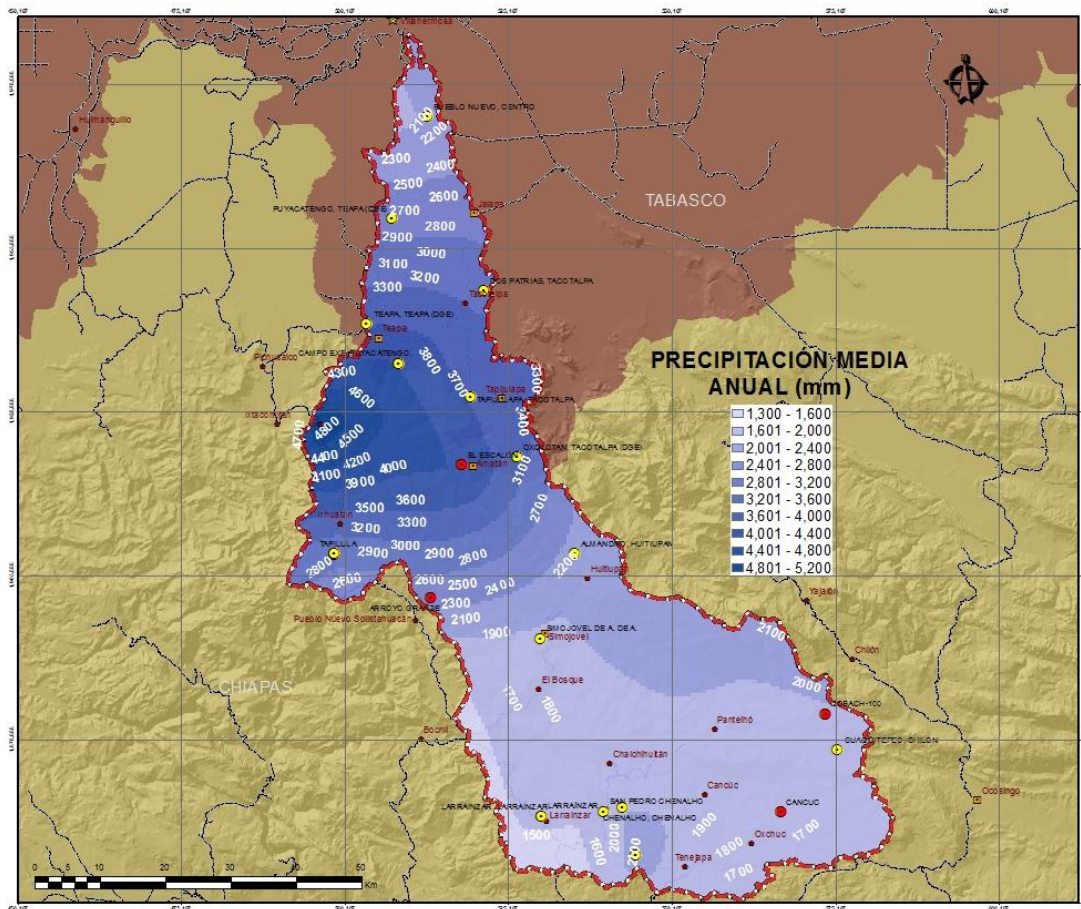


Figura 4.18. Distribución espacial de la precipitación en la cuenca del río La Sierra. Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1.2 Sistematización de información espectral y meteorológica

La información meteorológica de registros históricos de EMC's y EMA's y espectral de imágenes satelitales se recopiló de diferentes fuentes, se seleccionó de manera particular, de acuerdo a su disponibilidad y relacionándola con las fechas de las imágenes de satélite seleccionadas y con los datos de las estaciones meteorológicas.

##### A. Información vectorial

Las capas vectoriales de las entidades federativas de la República Mexicana y el límite de la misma, sólo se transformaron al sistema de coordenadas WGS 1984 con ArcGIS; el parteaguas de la Cuenca fue la capa base para esta investigación, se trabajó directamente sin hacer ninguna modificación.

## B. Imágenes satelitales

Las imágenes satelitales se obtuvieron mediante la plataforma de descarga de USGS (2012) que se muestra en la Figura 4.19.

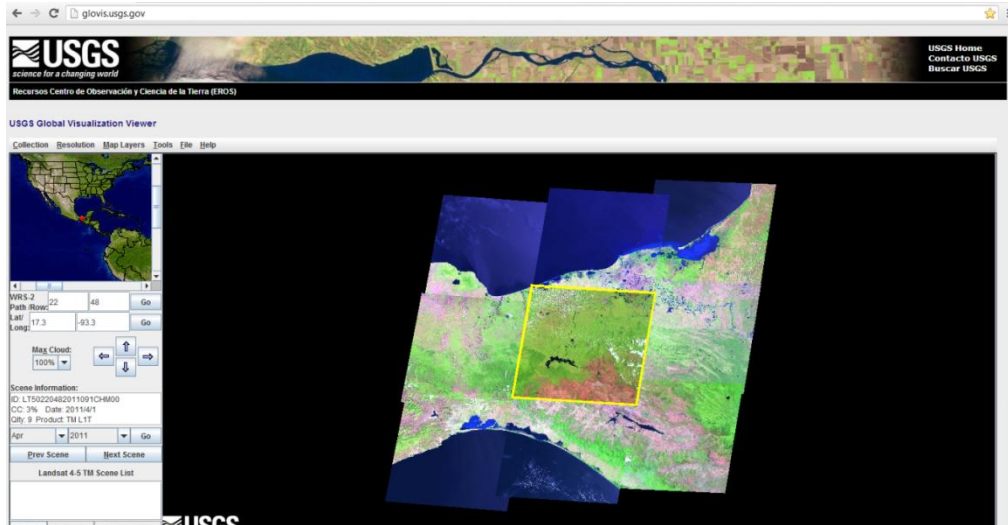


Figura 4.19. Plataforma de descarga de las imágenes de satélite, USGS 2012

La Cuenca es cubierta por dos imágenes, para fines de este trabajo se le denominó a la parte izquierda Lado A y a la parte derecha Lado B, Figura 4.20, lo que complica la resolución temporal, ya que no se encontraron las imágenes de los dos lados en la misma fecha.

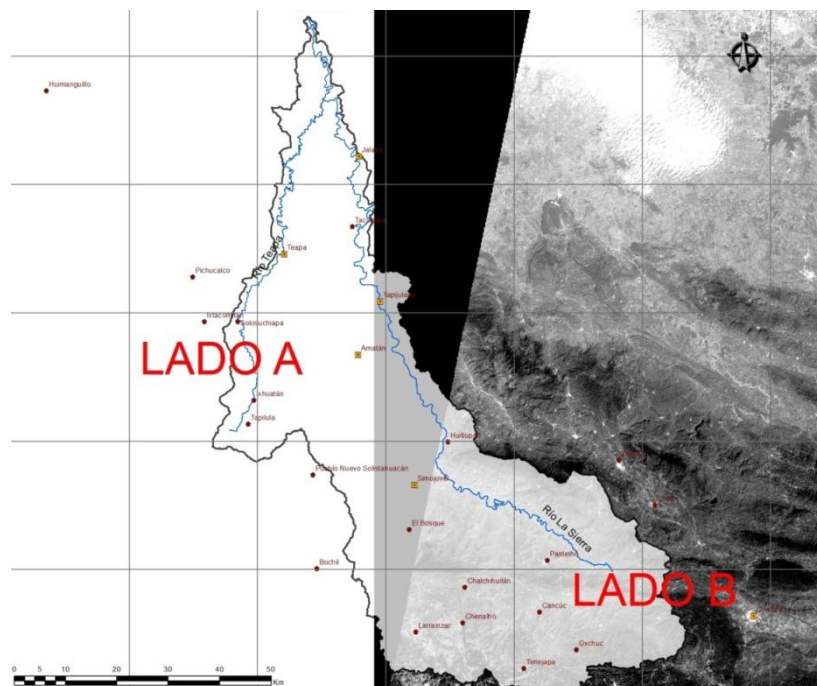


Figura 4.20. Cobertura de las imágenes de satélite. Fuente: Elaboración propia



Se seleccionaron las imágenes de los dos lados en las fechas que tuvieran 0% cobertura de nubes, salvo casos especiales en los que la cubierta de nubosidad no afectaba a la Cuenca y del año de 1990 hasta la más reciente. Hubo mayor disponibilidad de imágenes del Lado B (87) que del Lado A (17), por lo tanto se determinó trabajar con 7 del Lado A y 14 del Lado B, 21, 13 con fechas 1998 y 8 con fechas de 2011, Cuadro 4.11.

Cuadro 4.11. Relación de imágenes utilizadas (1998 y 2011). Fuente: Elaboración propia

No.	Lado	Hora	Día	Mes	Año	Columnas (pixel)	Líneas (pixel)	Cobertura de nubes (%)
1	A	16:11:00	7	1	1998	7791	7041	0
2	A	16:11:42	8	2	1998	7771	7041	0
3	A	16:12:27	28	3	1998	7781	7041	0
4	A	16:12:39	13	4	1998	7781	7041	0
5	A	16:25:31	1	4	2011	7911	6981	3
6	A	16:25:18	3	5	2011	7891	6981	59
7	A	16:25:08	4	6	2011	7931	6991	44
1	B	16:05:22	1	2	1998	7731	7001	0
2	B	16:05:41	17	2	1998	7731	6991	0
3	B	16:05:56	5	3	1998	7731	7001	0
4	B	16:06:23	6	4	1998	7751	7001	0
5	B	16:07:20	9	6	1998	7731	7001	10
6	B	16:07:43	11	7	1998	7731	7001	10
7	B	16:07:57	12	8	1998	7751	7001	10
8	B	16:08:15	13	9	1998	7741	6991	10
9	B	16:08:30	18	12	1998	7751	7001	15
10	B	16:19:26	4	1	2011	7861	6931	10
11	B	16:19:26	20	1	2011	7881	6931	19
12	B	16:19:29	21	2	2011	7891	6941	0
13	B	16:19:26	9	3	2011	7881	6931	0
14	B	16:19:17	10	4	2011	7871	6941	7

Se seleccionaron estos dos años, para comparar con los resultados del análisis meteorológico de las EMC's y de EMA's, ya que debido su corto registro (2 años) solamente se puede correlacionar la información meteorológica de estas últimas con la de las imágenes del año 2011. Los datos de las EMC's se podían





correlacionar con las de otros años, pero se seleccionó el año 1998 porque es el que tiene más imágenes en diferentes meses.

### C. Información meteorológica

La información de las EMA's, que son estaciones actuales y modernas, comprende de enero de 2011 a abril de 2012, y la información se obtuvo con el software OTT HYDRAS 3. Las EMC's, SMN (2006), en las que se encontró registro histórico, la mayoría comprende de 1990 hasta el año 2000. En promedio el Lado A tienen entre 6 y 11 estaciones y en el Lado B entre 0 y 6, para 44 fechas, con información para cada imagen respectivamente. La mayor parte la superficie de la Cuenca es cubierta por el Lado A (4,110.711 km<sup>2</sup>), mientras que la del Lado B (2,438.559 km<sup>2</sup>), existe la superficie de traslape entre las imágenes satelitales la cual es de 2,123.66 km<sup>2</sup>

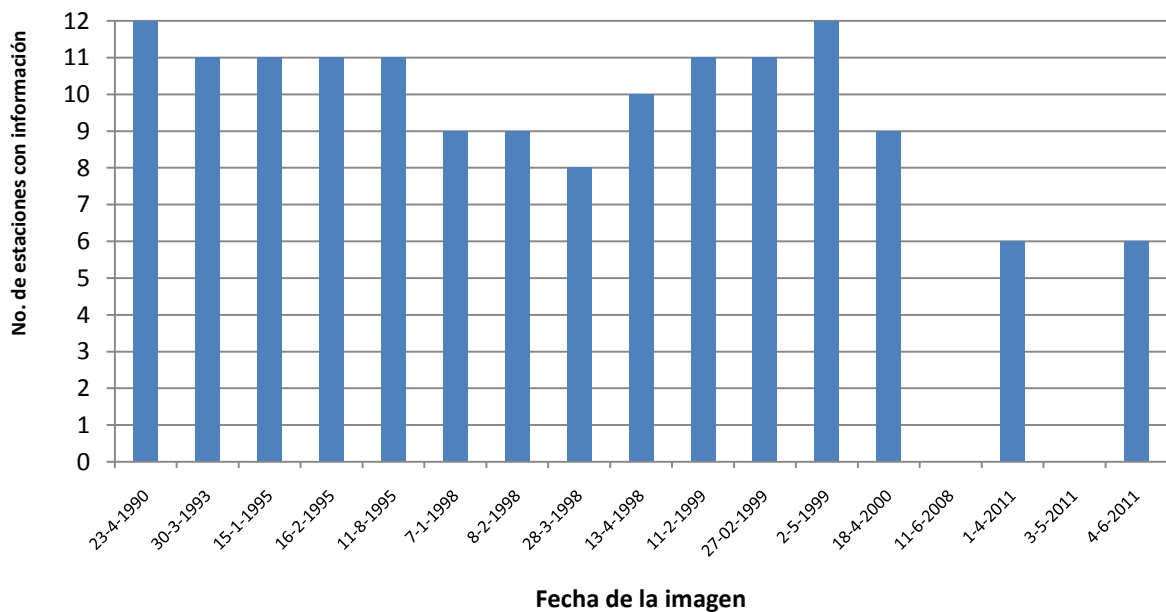


Figura 4.21. Estaciones con información en las imágenes del Lado A en las fechas seleccionadas





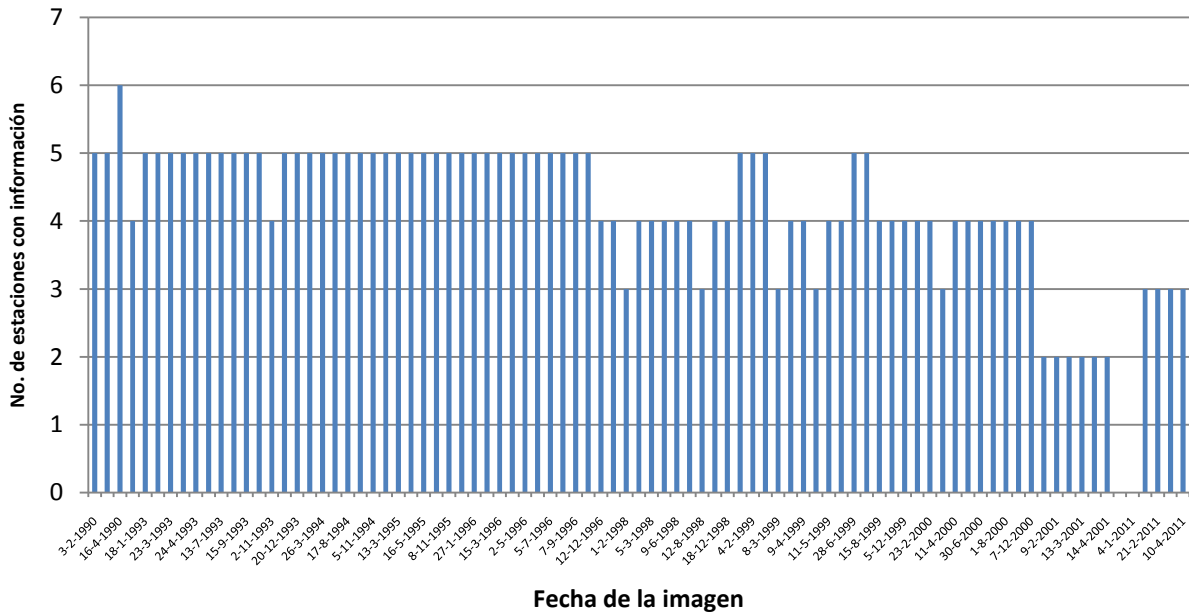


Figura 4.22. Estaciones con información en las imágenes del Lado B en las fechas seleccionadas

Para seleccionar las EMC's se siguieron los siguientes criterios:

1. Localización dentro de la Cuenca
2. Contar con datos diarios meteorológicos (temperatura máxima y mínima)
3. Contar con los datos diarios meteorológicos de las fechas de las imágenes seleccionadas

En el caso de la selección de las EMA's los criterios fueron parecidos, los datos diarios meteorológicos utilizados fueron:

- Temperatura máxima ( $T_{max}$ ),
- Temperatura mínima ( $T_{min}$ ),
- Temperatura del punto de rocío ( $T_{rocío}$ ),
- Velocidad del viento ( $U_z$ ),
- Precipitación ( $P$ ),
- Presión atmosférica ( $Pa$ ),
- Radiación solar ( $R_s$ ).

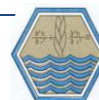


Finalmente las estaciones meteorológicas seleccionadas para este estudio fueron las 6 automáticas y 15 convencionales Cuadro 4.12.

Cuadro 4.12. Estaciones meteorológicas seleccionadas

No.	Estación	Estado	Tipo	Latitud (°)	Longitud (°)
1	COBACH-100	Chiapas	EMA	17.0278	-92.3079
2	CANCUC	Chiapas	EMA	16.8920	-92.3722
3	LARRAÍNZAR	Chiapas	EMA	16.8877	-92.7155
4	EL ESCALÉN	Chiapas	EMA	17.3730	-92.8297
5	TAPILULA	Chiapas	EMA	17.2496	-93.0129
6	ARROYO GRANDE	Chiapas	EMA	17.1895	-92.8747
7	ALMANDRO, HUITIUPAN	Chiapas	EMC	17.2500	-92.6670
8	CHENALHO, CHENALHO	Chiapas	EMC	16.9000	-92.6000
9	GUAQUITEPEC, CHILON	Chiapas	EMC	16.9780	-92.2900
10	SAN PEDRO CHENALHO	Chiapas	EMC	16.8940	-92.6260
11	SIMOJOVEL DE A. DE A.	Chiapas	EMC	17.1330	-92.7170
12	TAPILULA, TAPILULA	Chiapas	EMC	17.2500	-93.0130
13	LARRAINZAR, LARRAINZAR	Chiapas	EMC	16.8870	-92.7160
14	TZONTEHUIZTZ,S.J.CHAMULA	Chiapas	EMC	16.8340	-92.5800
15	DOS PATRIAS, TACOTALPA	Tabasco	EMC	17.6130	-92.7980
15	PUEBLO NUEVO, CENTRO	Tabasco	EMC	17.8540	-92.8790
17	TAPIJULAPA, TACOTALPA	Tabasco	EMC	17.4670	-92.8170
18	TEAPA, TEAPA (DGE)	Tabasco	EMC	17.5670	-92.9670
19	PUYACATENGO, TEAPA (DGE)	Tabasco	EMC	17.7130	-92.9310
20	CAMPO EXP. PUYACATENGO,	Tabasco	EMC	17.5130	-92.9200
21	OXOLOTAN, TACOTALPA (DGE)	Tabasco	EMC	17.3830	-92.7500

EMA: Estación Meteorológica Automática; EMC: Estación Meteorológica Convencional.



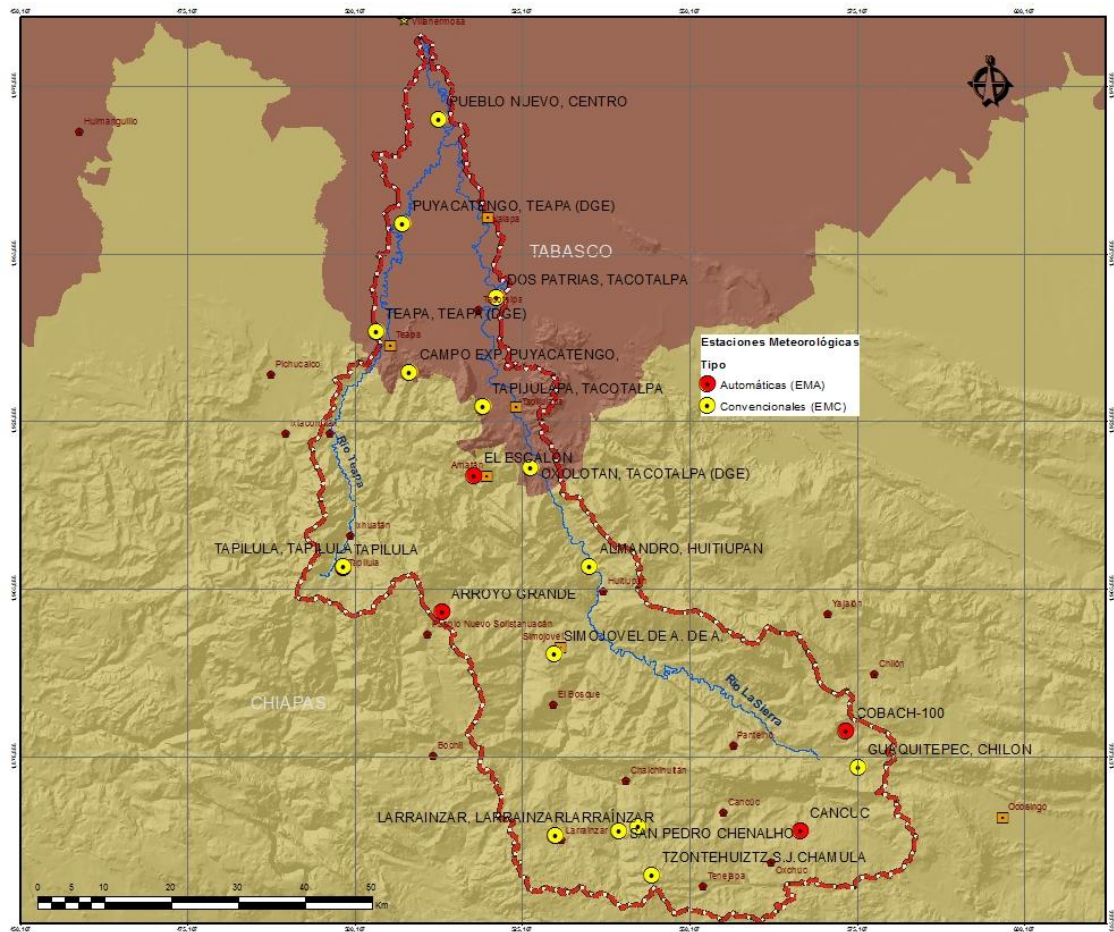


Figura 4.23. Estaciones meteorológicas utilizadas en el Estudio. Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2 Ajuste $ET_0$ estimada con otros métodos en relación con la del Penman-Monteith.

Allen *et al* (2006) menciona que es recomendable corregir la  $ET_0$  calculada con Hargreaves mediante un modelo de regresión lineal para aproximarse a la  $ET_0$  calculada con Penman-Monteith.

Este ajuste se llevó a cabo con los datos diarios de las 6 EMA's, el periodo de estudio fue de enero de 2011 a abril de 2012, se trabajó con aproximadamente 2,500 datos de cada una de las variables meteorológicas, en promedio: 415 por cada EMA, como sigue:

- La  $ET_0$  se calculó con cuatro métodos: FAO Penman-Monteith (método de referencia), Hargreaves, Priestley y Taylor y Turc.
- Posteriormente se obtuvieron regresiones lineales del método de referencia contra los otros tres de manera general y particular para cada estación a nivel diario, decenal y mensual.

#### 4.2.2.1 Proceso de cálculo de $ET_0$ con FAO Penman- Monteith

La información de cada variable meteorológica de cada EMA se obtuvo con el programa OTT HYDRAS, en donde se selecciona la estación, el periodo y con la aplicación “Evaluate” se muestra la información gráfica la que posteriormente se exporta a formato .xls, Figura 4.24.

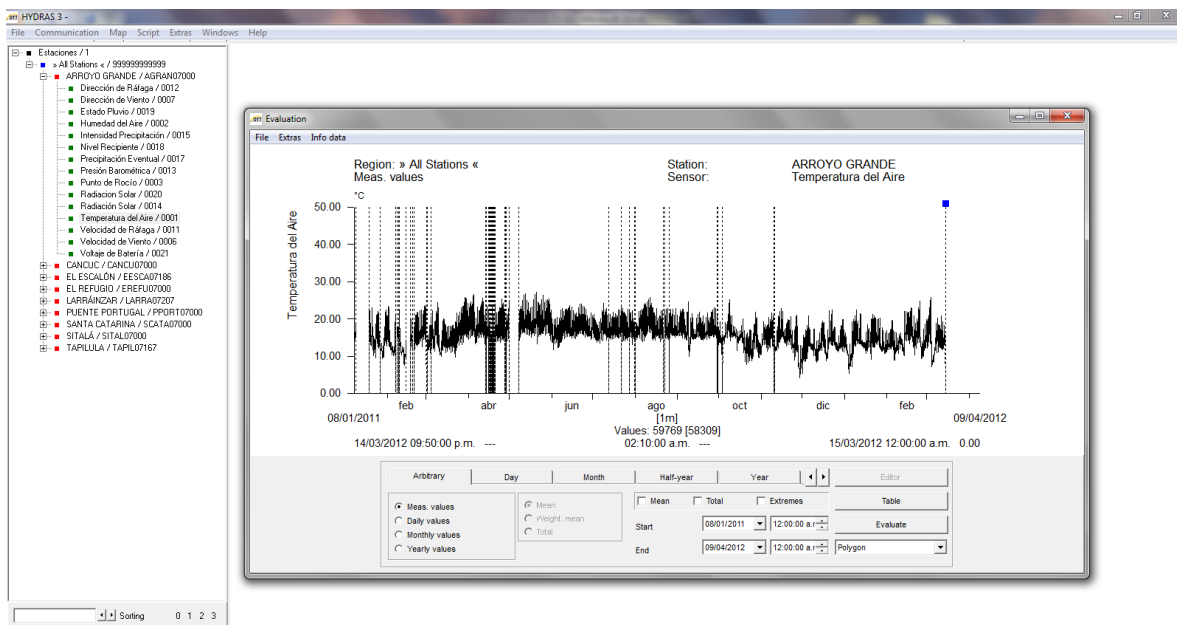


Figura 4.24. Presentación gráfica de la temperatura con OTT HYDRAS

La información de  $T_{max}$ ,  $T_{min}$ ,  $T_{rocío}$ ,  $U_z$ ,  $P$ ,  $P_a$  y  $R_s$  se concentra en un cuadro, con el cual, se elabora una plantilla de entrada de datos, Cuadro 4.13. , posteriormente se elabora otra (Figura 4.14) donde se insertan todas las fórmulas que intervienen para calcular la  $ET_0$  con Penman-Monteith (Allen *et al*, 2006), Figura 4.25.

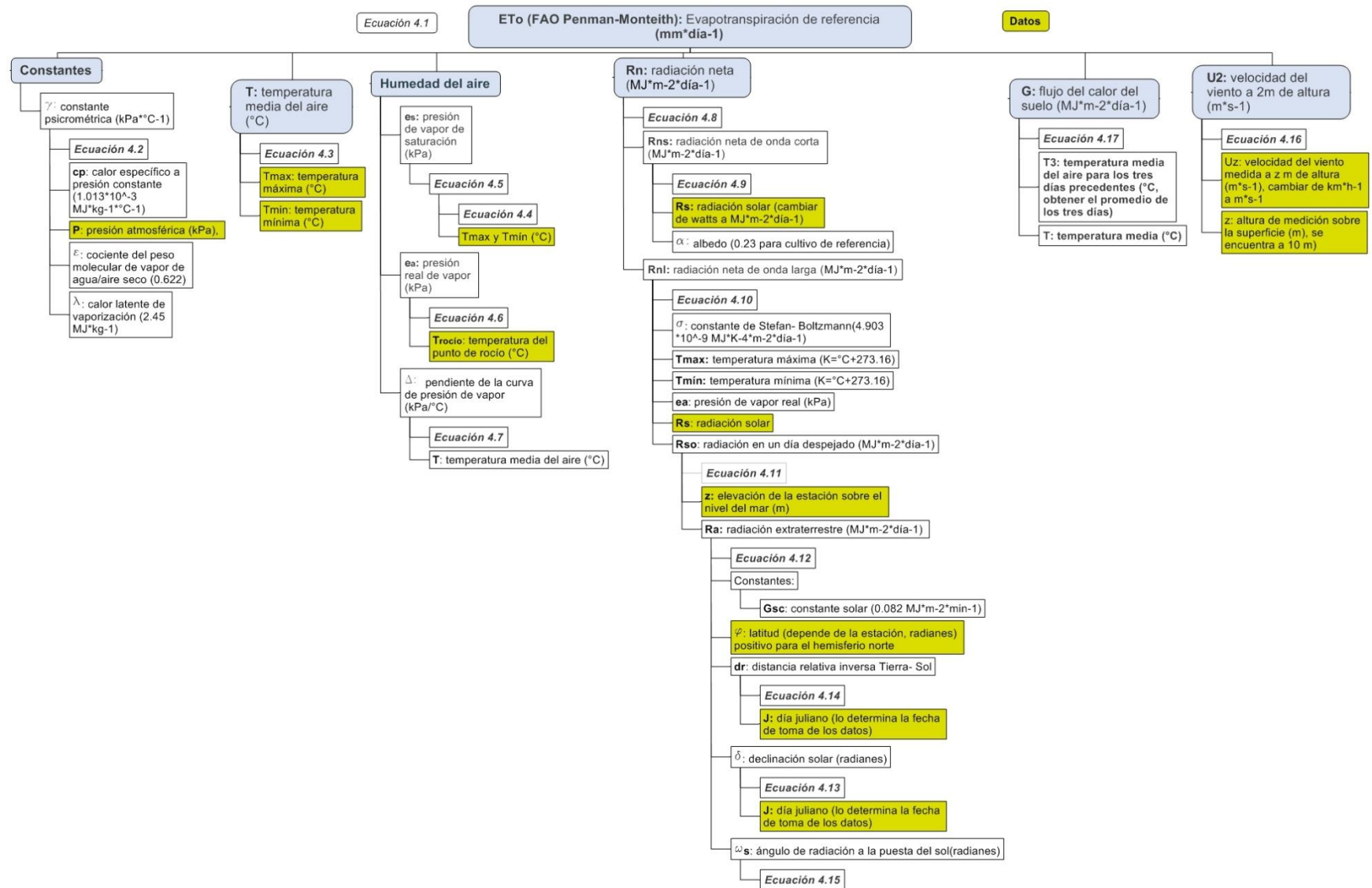


Figura 4.25. Proceso para calcular ET<sub>0</sub> FAO Penman- Monteith





Cuadro 4.13. Matriz de entrada de datos para cálculo de  $ET_o$  obtenida de las EMA's

Estación	Fecha	Día Juliano	Latitud	Longitud	Elevación	Precipitación	Presión atmosférica	Radiación solar	Temp. del punto de rocío	Temp. Media	Temp. máxima	Temp. Mínima	Temp. media 3 días	Velocidad del viento
		Dj	$\varphi$	$\lambda$	z	P	Pa	$R_s$	$T_{rocío}$	T	$T_{max}$	$T_{min}$	$T_3$	$U_2$
		día	°	°	m	mm	kPa	$W \cdot m^{-2}$	°C	°C	°C	°C	°C	$km \cdot h^{-1}$
ARROYO GRANDE	07/02/2011	38	17.1895	-92.8747	1816	0.0	819.4	41	17.22	16.97	17.71	16.50	12.87	9.1
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
TAPILULA	07/02/2011	38	17.2496	-93.0129	750	0.1	924.0	38	21.75	22.31	22.51	22.06	17.53	5.5

La ecuación para estimar la  $ET_o$  con el método de Penman- Monteith modificado por la FAO es la siguiente:

$$ET_o = \frac{0.408 * \Delta(R_n - G) + \gamma * \frac{900}{T + 273} * u_2 * (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma * (1 + 0.34 * u_2)} \quad (4.1)$$

Las ecuaciones específicas que se utilizaron para calcular la evapotranspiración de referencia,  $ET_o$ , por el método de la FAO Penman-Monteith se enuncian a continuación:

$$\gamma = \frac{c_p * P}{\epsilon * \lambda} = 0.000665 * P \quad (4.2)$$

$$T = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (4.3)$$

$$e(T) = 0.6108 * e^{\left(\frac{17.27 * T}{T + 237.3}\right)} \quad (4.4)$$

$$e_s = \frac{e(T_{max}) + e(T_{min})}{2} \quad (4.5)$$

$$e_a = e(T_{rocío}) = 0.6108 * e^{\left(\frac{17.27 * T_{rocío}}{T_{rocío} + 237.3}\right)} \quad (4.6)$$





$$\Delta = \frac{4098 * \left[ 0.6108 * e^{\left( \frac{17.27 * T}{T + 237.3} \right)} \right]}{(T + 237.3)^2} \quad (4.7)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (4.8)$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha) * R_s \quad (4.9)$$

$\alpha$ =albedo, para cultivo de referencia es igual a 0.23

$$R_{nl} = \sigma * \left[ \frac{T_{max, K}^4 + T_{min, K}^4}{2} \right] * (0.34 - 0.14 * \sqrt{e_a}) * \left[ 1.35 * \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right] \quad (4.10)$$

$$R_{so} = (0.75 + 2 * 10^{-5} * z) * R_a \quad (4.11)$$

$$R_a = \frac{24 * 60}{\pi} * G_{sc} * d_r * [\varpi_s * \sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \sin \varpi_s] \quad (4.12)$$

$$\delta = 0.409 * \sin \left( \frac{2 * \pi}{365} * J - 1.39 \right) \quad (4.13)$$

$$d_r = 1 + 0.033 * \cos \left( \frac{2 * \pi}{365} * J \right) \quad (4.14)$$

$$\varpi_s = \arccos[-\tan \varphi * \tan \delta] \quad (4.15)$$

$$u_2 = u_z * \frac{4.87}{\ln(67.8 * z - 5.42)} \quad (4.16)$$

Para estimar el flujo de calor del suelo se utilizó la siguiente ecuación, Comisión Nacional del Agua (1997):

$$G = c_s * (T - T_3); \quad C_s = 9 \quad (4.17)$$

$C_s$ : Coeficiente empírico para el calor específico del suelo

La matriz de cálculo de ETo con Penman- Monteith se presenta en el Cuadro 4.14.







Cuadro 4.14. Matriz de cálculo de ET<sub>o</sub> con Penman-Monteith

Estación	Fecha	$\gamma$	T	e <sub>s</sub>	e <sub>a</sub>	$\Delta$	R <sub>s</sub>	R <sub>ns</sub>	$\sigma$	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	G <sub>sc</sub>	W <sub>s</sub>	R <sub>a</sub>	R <sub>a</sub>	R <sub>so</sub>	R <sub>nl</sub>	R <sub>n</sub>	U <sub>z</sub>	U <sub>2</sub>	C <sub>s</sub>	G	G	ET <sub>o</sub>	
		kPa*°C <sup>-1</sup>	°C	kPa	kPa	kPa*°C <sup>-1</sup>	MJ*m <sup>-2</sup> *dia <sup>-1</sup>	MJ*m <sup>-2</sup> *dia <sup>-1</sup>	MJ*K <sup>-4</sup> *m <sup>2</sup> *dia <sup>-1</sup>	K	K	MJ*m <sup>-2</sup> *min <sup>-1</sup>	radianes	MJ*m <sup>-2</sup> *dia <sup>-1</sup>	mm*dia <sup>-1</sup>	MJ*m <sup>-2</sup> *dia <sup>-1</sup>	MJ*m <sup>-2</sup> *dia <sup>-1</sup>	MJ*m <sup>-2</sup> *dia <sup>-1</sup>	m*s <sup>-1</sup>	m*s <sup>-1</sup>	ly*°C <sup>-1</sup> *dia <sup>-1</sup>	ly*dia <sup>-1</sup>	MJ*m <sup>-2</sup> *dia <sup>-1</sup>	mm*dia <sup>-1</sup>	
		Constante psicrométrica	Temperatura Media	Presión de vapor de saturación	Presión de vapor actual	Pendiente de la curva de presión de vapor	Radiación solar	Radiación neta de onda corta	Constante de Stefan-Boltzman	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Constante Solar	Ángulo de radiación a la puesta de sol	Radiación extraterrestre	Radiación extraterrestre	Radiación neta en un día despejado	Radiación neta de onda larga	Radiación Neta	Velocidad del viento	Velocidad del viento	Coefficiente empírico para el calor específico del suelo	Flujo del calor del suelo	Flujo del calor del suelo	Evapotranspiración de referencia (Penman-Monteith)	
ARROYO GRANDE	07/02/2011	0.054	17.105	1.951	1.965	0.124	3.542	2.728	4.903* 10 <sup>-09</sup>	290.87	289.66	0.082	1.484	30.748	12.545	24.178	-0.762	3.489	2.528	1.891	9	38.145	1.597	0.426	
-	-	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
TAPILULA	07/02/2011	0.061	22.285	2.690	2.604	0.164	3.283	2.528	4.903* 10 <sup>-09</sup>	295.67	295.22	0.082	1.483	30.721	12.534	23.502	-0.688	3.216	1.528	1.143	9	42.810	1.792	0.456	
ET <sub>oPM</sub>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ET <sub>oHG</sub>			X							X	X	X	X	X	X										X
ET <sub>oPT</sub>		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
ET <sub>oTc</sub>			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							X







#### 4.2.2.2 Proceso de cálculo de $ET_o$ con los otros métodos

Allen *et al* 2006 mencionan que cuando no se tiene disponibilidad de datos meteorológicos de radiación solar, humedad relativa o velocidad de viento, estos deberían ser estimados; sin embargo, como opción alternativa, la  $ET_o$  se puede estimar usando otros métodos, por ejemplo: Hargreaves, Priestley y Taylor y Turc.

Se tomó la misma matriz de cálculo (Cuadro 4.14. ) para calcular  $ET_o$  para los otros tres métodos, las Ecuaciones de la (4.18) a la (4.20) necesarias, se enuncian a continuación:

##### Hargreaves

$$ET_o = 0.0023 * (T + 17.8) * (T_{max} - T_{min})^{0.5} * R_a \quad (4.18)$$

##### Priestley y Taylor

$$ET_o = \frac{1}{2.45} * \frac{\Delta * (R_n - G)}{\Delta + \gamma} * 1.26 \quad (4.19)$$

##### Turc

$$ET_o = 0.31 * \left( \frac{T}{T + 15} \right) * (R_n * 0.408 + 2.09) \quad (4.20)$$

De estos métodos y de acuerdo a la información disponible en las EMC's, el método que se seleccionó para estimar  $ET_o$  fue el de Hargreaves, debido a que solo se requiere información de temperatura.

#### 4.2.2.3 Modelo de Regresión Lineal para ajuste de $ET_o$ calculada con los otros métodos

Después de obtener el valor de  $ET_o$  diaria por los cuatro métodos, para cada una de las 6 EMA's del periodo de estudio, se obtuvo la  $ET_o$  decenal (diez días) y mensual sumando los valores de diez días y de todo del mes respectivamente; esto se realizó con la finalidad de definir la bondad de ajuste a nivel diario, decenal





y mensual; los datos diarios de evapotranspiración de referencia de las 6 EMA's se presentan del Anexo A.5 al A.10 .

El Estudio de regresión lineal se elaboró una matriz para cada una de las 6 Estaciones y una más con todos los valores en conjunto de todas las estaciones (casos); se elaboraron para cada uno de los 7 casos, 9 regresiones lineales (Cuadro 4.15. ) que dieron un total de 63 modelos de regresión lineal.

Cuadro 4.15. Matriz de combinaciones para cada caso

Frecuencia	Método de referencia	vs	Métodos alternativos		
	ET <sub>o</sub> FAO Penman-Monteith (ET <sub>o PM</sub> )		ET <sub>o</sub> Hargreaves (ET <sub>o Hg</sub> )	ET <sub>o</sub> Priestley y Taylor (ET <sub>o PT</sub> )	ET <sub>o</sub> Turc (ET <sub>o Tc</sub> )
Diario (i)	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Decenal(j)	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Mensual(k)	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

En esta investigación se utilizaron los modelos de regresión lineal a nivel diario, los otros modelos de periodo mayor solo se realizaron para observar que a mayor intervalo de tiempo del periodo, su bondad de ajuste es mejor.

El modelo general a nivel diario será:

$$ET_{o PM_{ijk}} = \alpha * ET_{o_{ijk}} (\text{método}) + \beta \quad (4.21)$$

donde:

i: indica el día,

j: indica el mes,

k: indica el año,

$\alpha$  y  $\beta$ : parámetros de regresión.

En el caso de Hargreaves:

$$ET_{o PM_{ijk}} = \alpha * ET_{o HG_{ijk}} + \beta \quad (4.22)$$



Las regresiones lineales se presentaron en forma gráfica, a las que se ajustaron una línea de tendencia lineal, en el Anexo A.11 se presentan los 63 modelos de regresión lineal obtenidos. En la Figura 4.26 se muestra el modelo obtenido para ajustar  $ET_o$  diaria calculada con Hargreaves, así como su  $R^2$ ; donde se observa que Hargreaves sobreestima sistemáticamente la evapotranspiración de Penman-Monteith en 40% aproximadamente

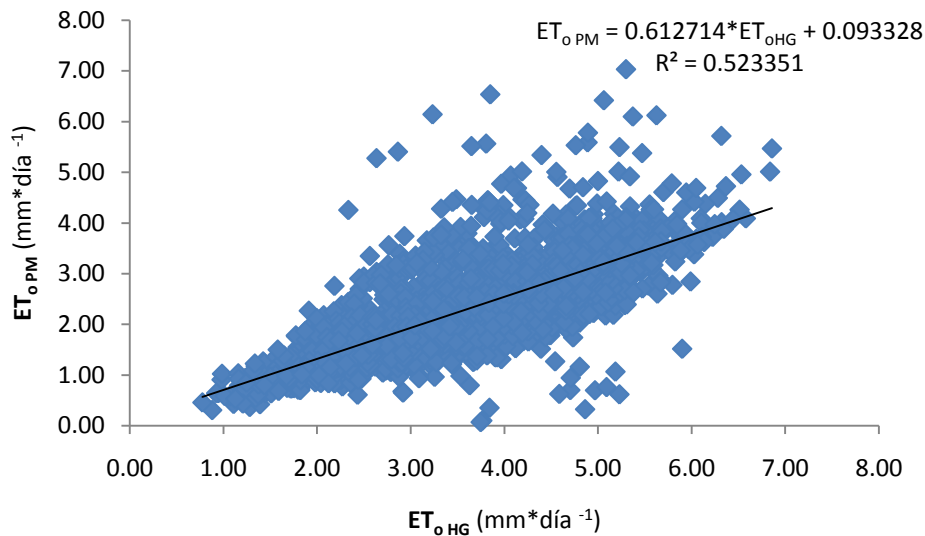


Figura 4.26. Modelo de regresión lineal para ajustar  $ET_o$  calculada con Hargreaves a nivel diario.

#### 4.2.3 Cálculo de índices espectrales a partir de las imágenes satelitales

De acuerdo a la revisión de algunos trabajos de investigación hay algunos índices espectrales que han tenido alta correlación con la estimación de  $ET_o$ ,  $ET_r$  y  $K_{cv}$ ; algunos de ellos son: el índice de vegetación normalizado (NDVI), la temperatura de la superficie ( $T_s$ ), la diferencia de temperatura entre el ambiente y superficie ( $T_s - T_a$ ), el índice de área foliar (LAI), entre otros. En esta investigación las variables dependientes que se utilizaron fueron: NDVI,  $T_s$  y  $T_s - T_a$ . Para llegar a esas variables fue necesario calcular: reflectancia, radiancia, *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), emisividad.



Como ejemplo de cálculo de los índices espectrales se toman los datos de la imagen satelital Lado A de fecha 7 de enero de 1998.

#### 4.2.3.1 Radianza

La radianza espectral es calculada para cada banda basada en los números digitales de cada pixel. Radianza espectral es el flujo de energía de la banda absorbida en la parte alta de la atmósfera por el satélite (Allen *et al*, 2007). Se calcula de la siguiente manera:

$$L_b = \left( \frac{L_{max} - L_{min}}{Qcal_{max} - Qcal_{min}} \right) * (DN - Qcal_{min}) + L_{min} \quad (4.23)$$

donde:

$L_b$ : radianza espectral de la banda “b”,  $W*m^{-2}*sr^{-1}*\mu m^{-1}$

DN: número digital de cada pixel

$L_{max}$  y  $L_{min}$ : son las constantes de calibración

$Qcal_{max}$  y  $Qcal_{min}$ : es el valor mayor y menor respectivamente de la escala de radianza en DN.

Los valores de  $L_{max}$ ,  $L_{min}$ ,  $Qcal_{max}$  y  $Qcal_{min}$  fueron obtenidos de los metadatos de cada imagen, para todas las imágenes  $Qcal_{max}= 255$  y  $Qcal_{min}= 0$

Cuadro 4.16. Valores de radianza máxima y mínima para cada banda de Landsat 5

Banda	$L_{max}$	$L_{min}$
1	169.000	-1.520
2	333.000	-2.840
3	264.000	-1.170
4	221.000	-1.510
5	30.200	-0.370
6	15.303	1.238
7	16.500	-0.150

Los valores del Cuadro 4.16. se obtuvieron de los metadatos de las imágenes satelitales. El cálculo de la radianza espectral de la banda 6 fue utilizado para calcular la temperatura de la superficie.





#### 4.2.3.2 Cálculo y corrección atmosférica de la Reflectancia

La reflectancia fue calculada con el programa desarrollado por Palacios *et al* (2006) denominado CorLandsat, donde además de calcularla, la corrige y clasifica la imagen sin campos de entrenamiento fundamentado en operaciones Booleanas que identifican los objetos por formas características de su firma espectral.

Para calcular la reflectancia se utiliza la ecuación propuesta por Allen *et al* (2007):

$$\rho_{t,b} = \frac{\pi * L_b}{ESUN_b * \cos \theta * d_r} \quad (4.24)$$

donde:

$\rho_{t,b}$ : reflectancia arriba de la atmosfera (t) para la banda b.

$L_b$ : radiancia espectral para cada una de las bandas.

$ESUN_b$ : es el promedio de la irradiancia exo atmosférica para la banda b ( $W * m^{-2} * \mu m^{-1}$ )

$\cos \theta$ : Coseno del ángulo cenital (radianes).

$d_r$ : es la distancia relativa Tierra- Sol, Ecuación (4.14).

Cuadro 4.17. Valores de ESUN para cada tipo de satélite.

Landsat	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7
5	1957	1826	1554	1036	215	1	80.67
7	1969	1840	1551	1044	225.7	1	82.07

El procedimiento que se llevó a cabo fue el siguiente:

1. Las 7 bandas de la imagen se convierten de formato GeoTIFF a formato de IDRISI (rst) mediante el módulo de importación, el archivo de salida es nombrado con la fecha, lado y banda de la imagen con la finalidad de identificarla rápidamente, por ejemplo la banda 1 de esta imagen se nombró "07-01-1998-A-B1".
2. Se crea un archivo .LOT en el Bloc de Notas con las características de la imagen como se muestra en la Figura 4.27.





```
07-01-1998-A-corRefI: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
TM5
7791 7041
19980107
39.41187748 15 358785.0 2022315.0 30.0
1000
C:\TESIS\Trabajo-IDRISI\07-01-1998-A-B1.rst
C:\TESIS\Trabajo-IDRISI\07-01-1998-A-B2.rst
C:\TESIS\Trabajo-IDRISI\07-01-1998-A-B3.rst
C:\TESIS\Trabajo-IDRISI\07-01-1998-A-B4.rst
C:\TESIS\Trabajo-IDRISI\07-01-1998-A-B5.rst
C:\TESIS\Trabajo-IDRISI\07-01-1998-A-B6.rst
C:\TESIS\Trabajo-IDRISI\07-01-1998-A-B7.rst
C:\TESIS\Trabajo-IDRISI
C:\TESIS\Trabajo-IDRISI\Clases07-01-1998.rst
C
si
0 0
```

Figura 4.27. Estructura del archivo .LOT

3. Se abre el programa CorLandsat, con el menú abrir se carga el archivo .LOT (Figura 4.28).

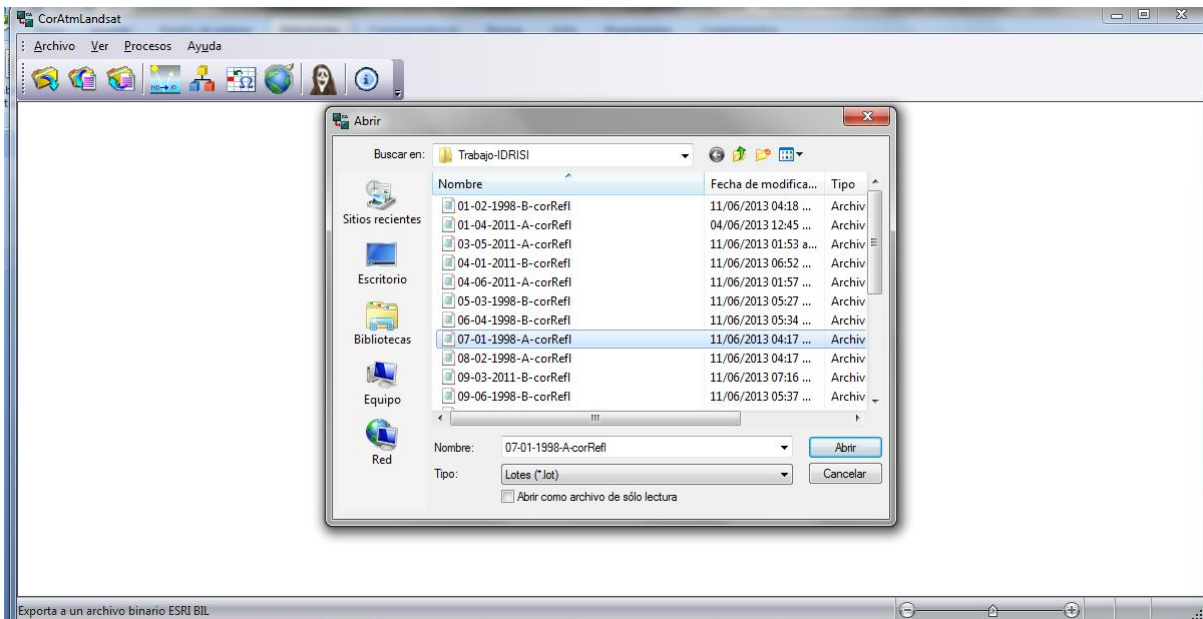


Figura 4.28. Leer el archivo en el programa CorLandsat

4. Una vez cargado el archivo se realizan los siguientes procesos en el orden que aparecen (Figura 4.29): Convertir a reflectividad, Clasificador Genérico, Estimar Parámetros y Aplicar Corrección.





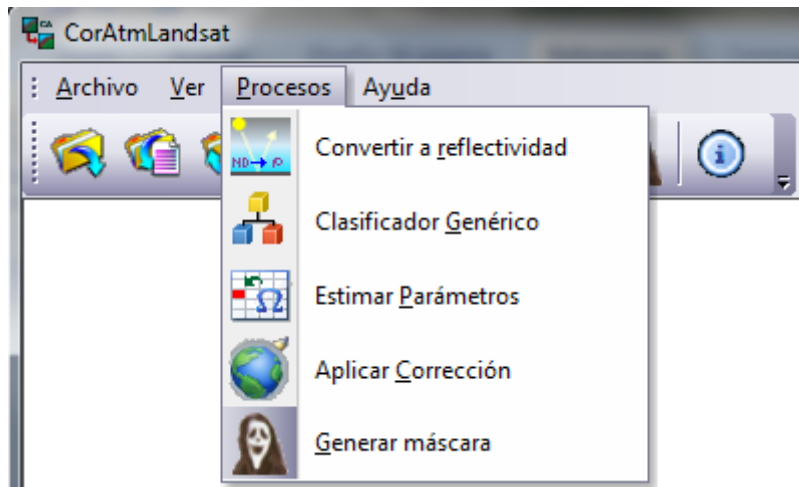


Figura 4.29. Procesos para corregir la reflectancia de las imágenes

En IDRISI se visualizan los archivos generados que llevan el mismo nombre pero les antecede la letra “c” (Figura 4.30), además se genera una imagen con las clases encontradas (Figura 4.31).

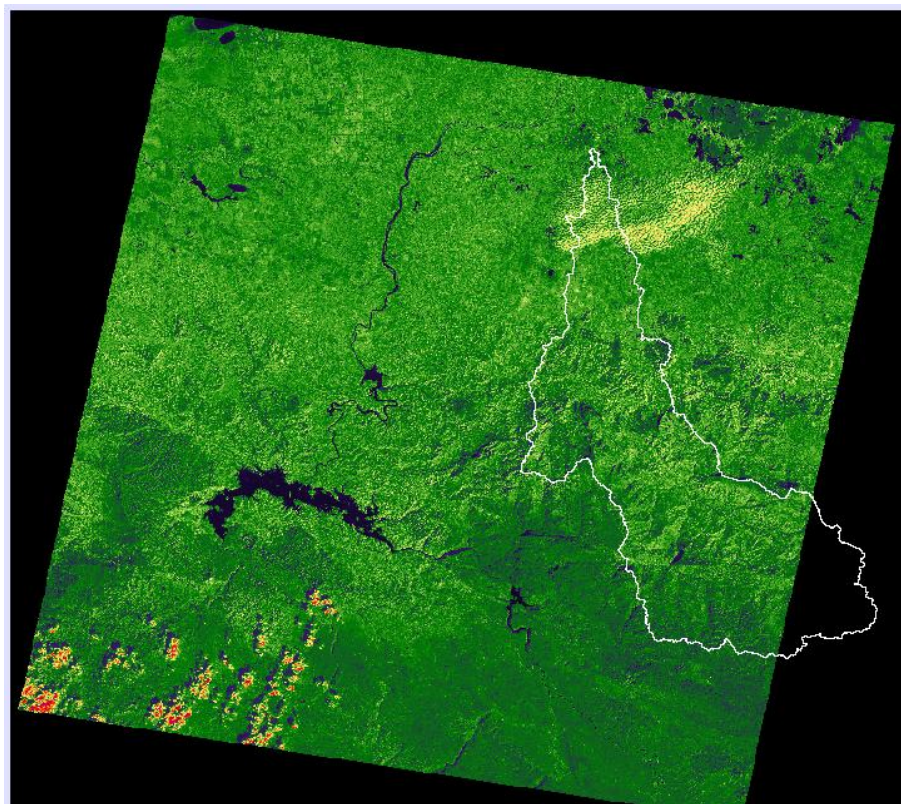


Figura 4.30. Reflectancia corregida de la banda 4

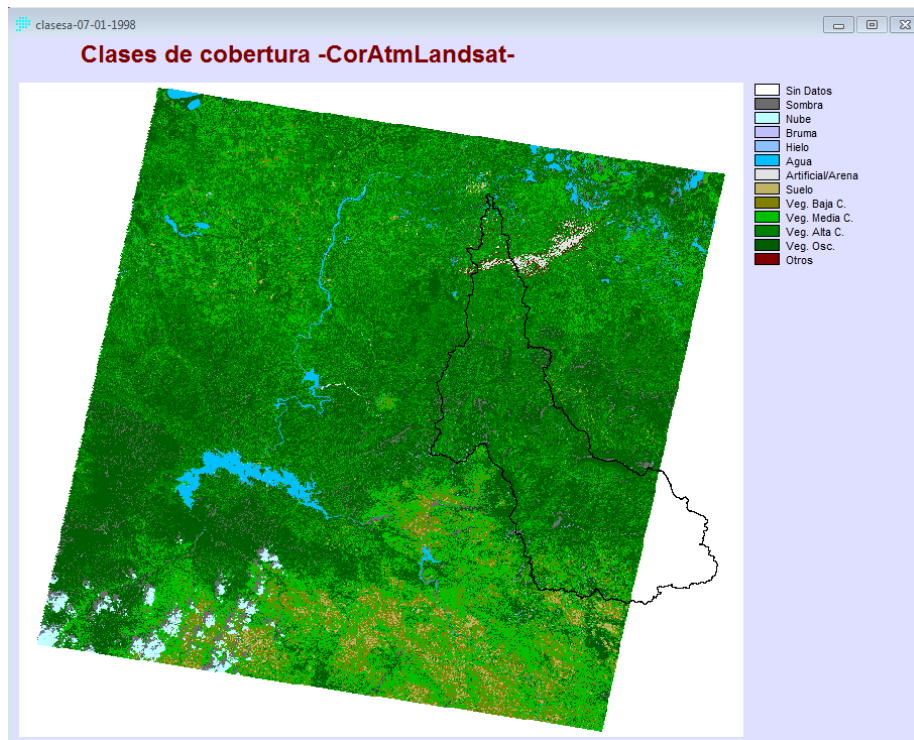


Figura 4.31. Clases determinadas con CorLandsat de la imagen

Cabe señalar que estas clases no se utilizaron para calcular el  $K_{cv}$  solo fue producto del proceso de corrección de la reflectancia de la imagen.

#### 4.2.3.3 Índice de Vegetación de Diferencias Normalizadas (NDVI)

Este índice fue calculado con el módulo "VegIndex" del programa IDRIS (Figura 4.32), el cual utiliza la misma Ecuación (3.40). La banda roja e infrarroja del Landsat 5 son la 3 y 4 respectivamente, se agregaron cada una de éstas y se le dio el nombre de salida con la terminación NDVI.

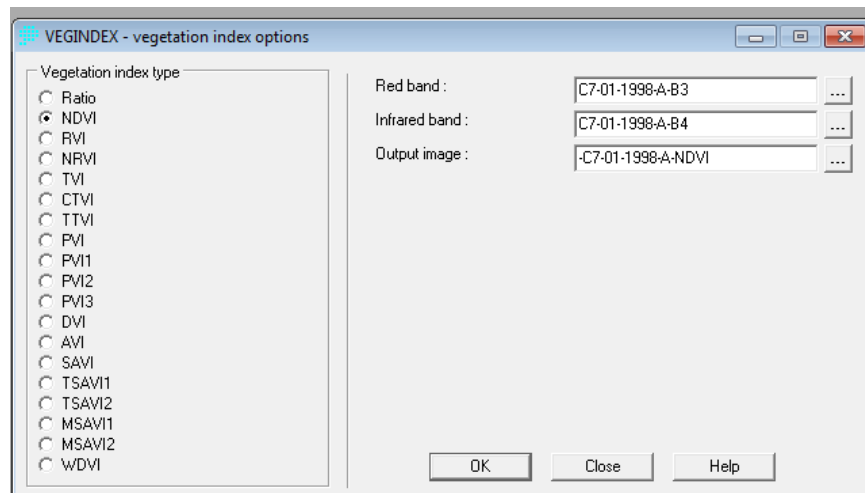


Figura 4.32. Cálculo del NDVI mediante el módulo VegIndex

Con la finalidad de realizar los procesos con mayor eficiencia, las imágenes con los valores de radiación de la banda 6, NDVI y SAVI fueron recortadas al tamaño que cubre el polígono de la Cuenca.

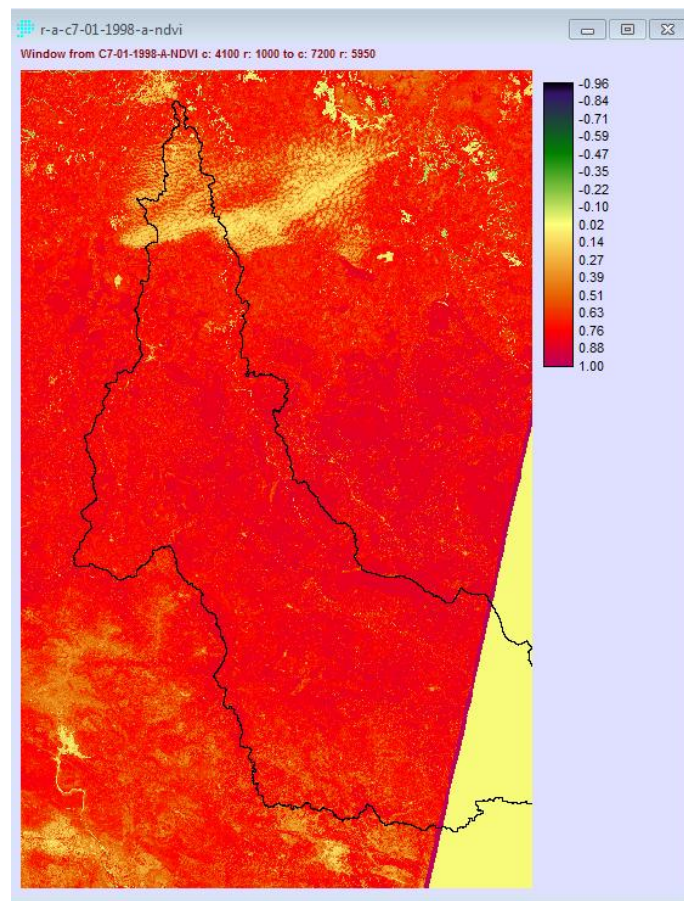


Figura 4.33. Imagen con valores de NDVI

#### 4.2.3.4 Temperatura de la Superficie ( $T_s$ )

La temperatura de la superficie se calculó con el procedimiento que presenta Allen *et al* (2007), el cual es parte del modelo *Mapping Evapotranspiration at High Resolution* (METRIC) para lo cual es necesario calcular otros índices espectrales como: SAVI, LAI,  $\epsilon_{NB}$ ,  $R_c$ .

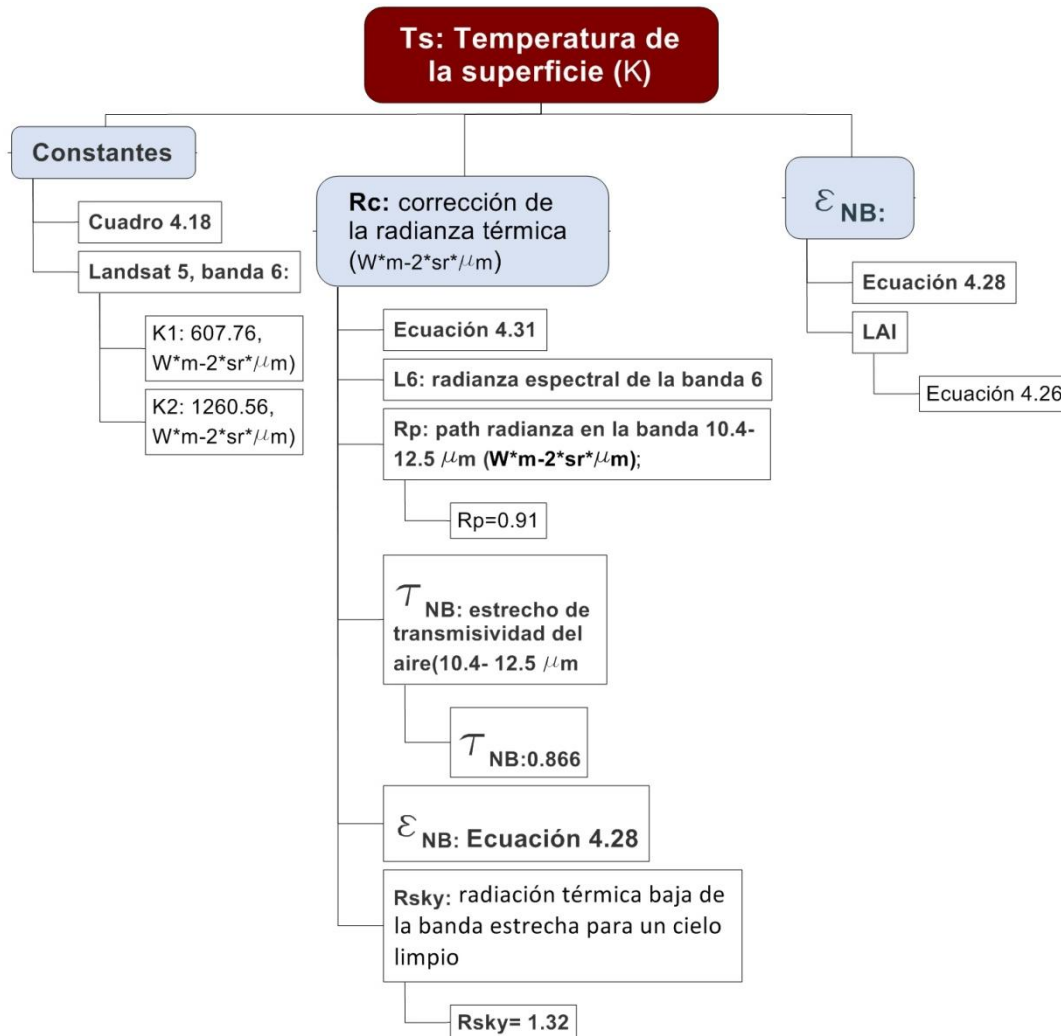


Figura 4.34. Diagrama de cálculo de la  $T_s$

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{NB} K_1}{R_c} + 1\right)} \quad (4.25)$$





donde:

$T_s$ : temperatura de la superficie, K.

$K_1$  y  $K_2$  son constantes para la Landsat 5 (Cuadro 4.18. ).

$R_c$ : radianza térmica corregida,  $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ .

$\varepsilon_{NB}$ : emisividad.

Cuadro 4.18. Constantes  $K_1$  y  $K_2$  para Landsat en  $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$

Satélite	$K_1$	$K_2$
Landsat 5, Banda 6	607.76	1260.56
Landsat 7, Banda 6	666.09	1282.71

### A. Índice de Vegetación de Ajuste del Suelo (SAVI)

Este índice es calculado de la misma forma que el NDVI, solo que en el cuadro de diálogo de “VegIndex” de IDRISI se selecciona “SAVI” (Figura 4.35), el valor del factor de ajuste del suelo que se utiliza es de 0.1.

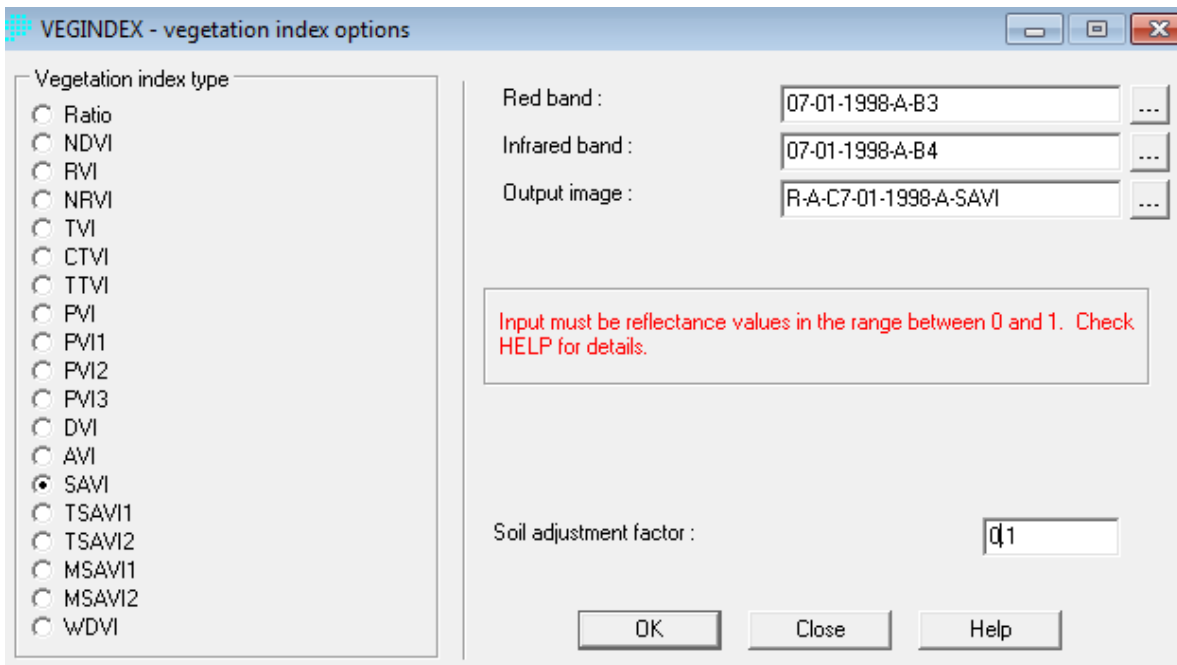


Figura 4.35. Cuadro de diálogo para calcular SAVI



La fórmula que utiliza el programa es la Ecuación (3.41) que se indicó anteriormente en este trabajo.

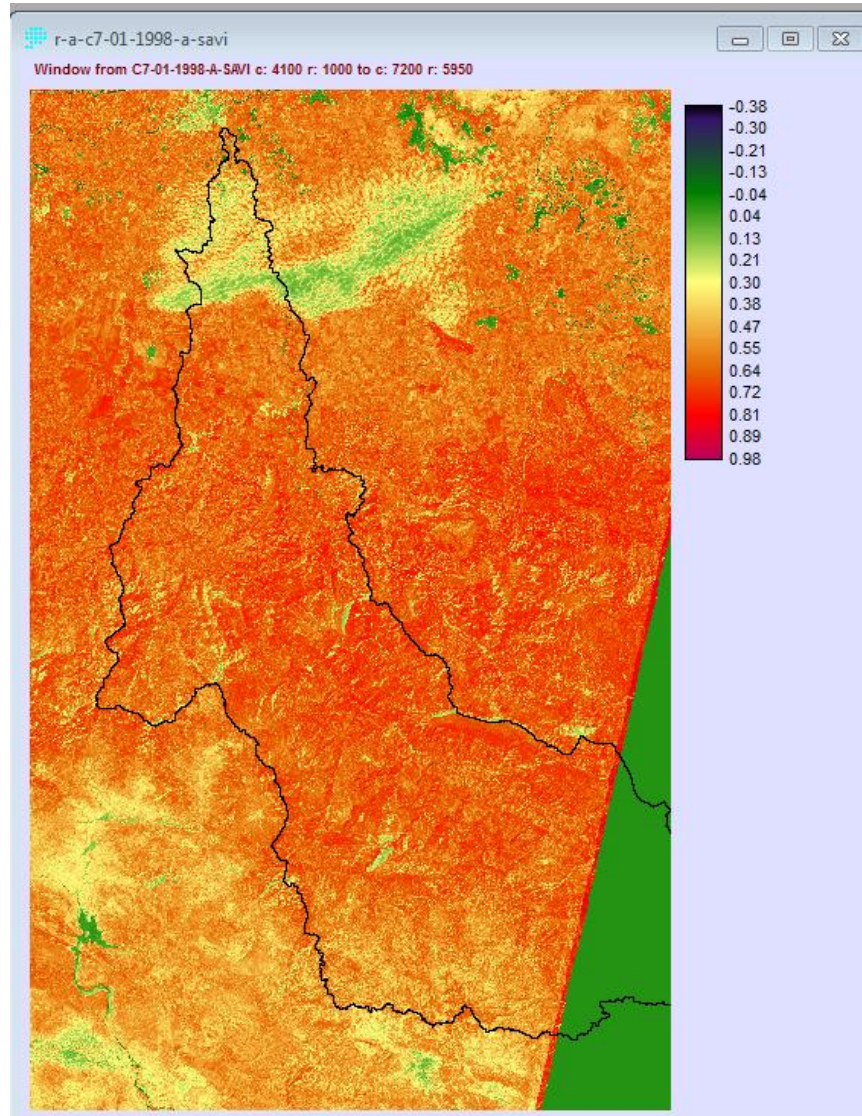


Figura 4.36. Imagen con los datos de SAVI

### B. Índice de Área Foliar (LAI)

Es la relación del área total entre de todas las hojas en la planta al área de suelo representado por la planta. Éste se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

$$LAI = 11 * SAVI^3 \quad \text{para } SAVI \leq 0.817 \quad (4.26)$$

$$LAI = 6 \quad \text{para } SAVI > 0.817 \quad (4.27)$$





Todas las imágenes resultaron para la Ecuación (4.26) la cual fue introducida en la calculadora de IDRISI junto con la Ecuación (4.28) para calcular la emisividad (Figura 4.37).

### C. Emisividad ( $\epsilon_{NB}$ )

Emisividad de la superficie es la relación de la energía térmica radiada por la superficie entre la energía térmica radiada por un cuerpo negro a la misma temperatura. METRIC utiliza dos emisividades de superficie, el primero es una emisividad que representa el comportamiento de la superficie para la emisión térmica en el estrecho de la banda 6 de Landsat (10.4 a 12.5 $\mu$ m), expresada como  $\epsilon_{NB}$ . La segunda es una emisividad que representa el comportamiento de la superficie para la emisión térmica en el amplio espectro térmico (6 a 14  $\mu$ m), expresado como  $\epsilon_0$ .  $\epsilon_{NB}$  fue la usada para el cálculo de la temperatura de la superficie ( $T_s$ ) mediante las siguientes ecuaciones según sea el caso.

Para NDVI > 0

$$\epsilon_{NB} = 0.97 + 0.0033 * LAI \quad \text{para } LAI \leq 3 \quad (4.28)$$

$$\epsilon_{NB} = 0.98 \quad \text{para } LAI > 3 \quad (4.29)$$

Para NDVI  $\leq$  0

$$\epsilon_{NB} = 0.99 \quad (4.30)$$

En todos los casos resultó utilizar la Ecuación (4.28); ésta se digitó en la calculadora de IDRISI como se muestra en la Figura 4.37 y se obtuvo la imagen de emisividad (Figura 4.38).



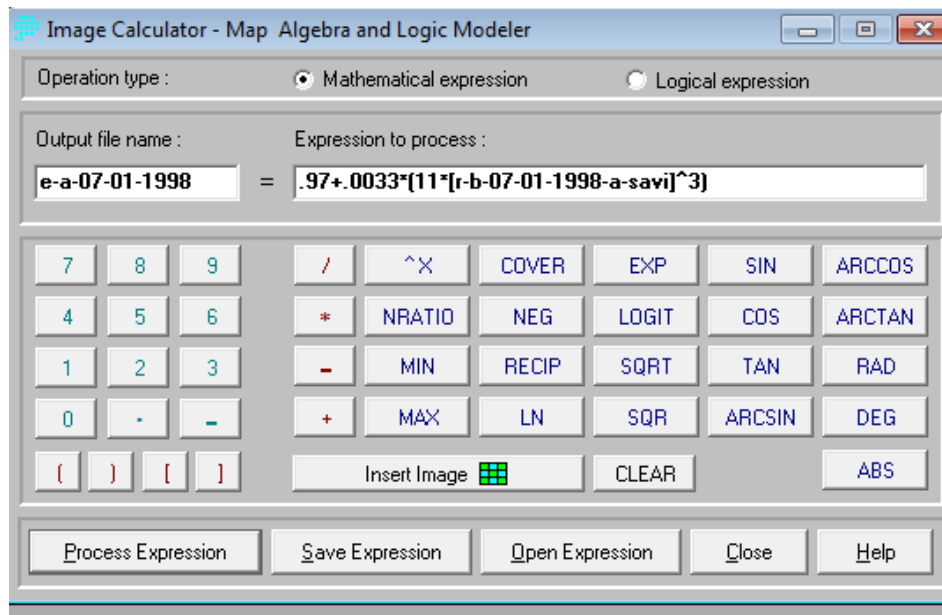


Figura 4.37. Ecuaciones 4.24 y 4.26 en la calculadora de IDRISI

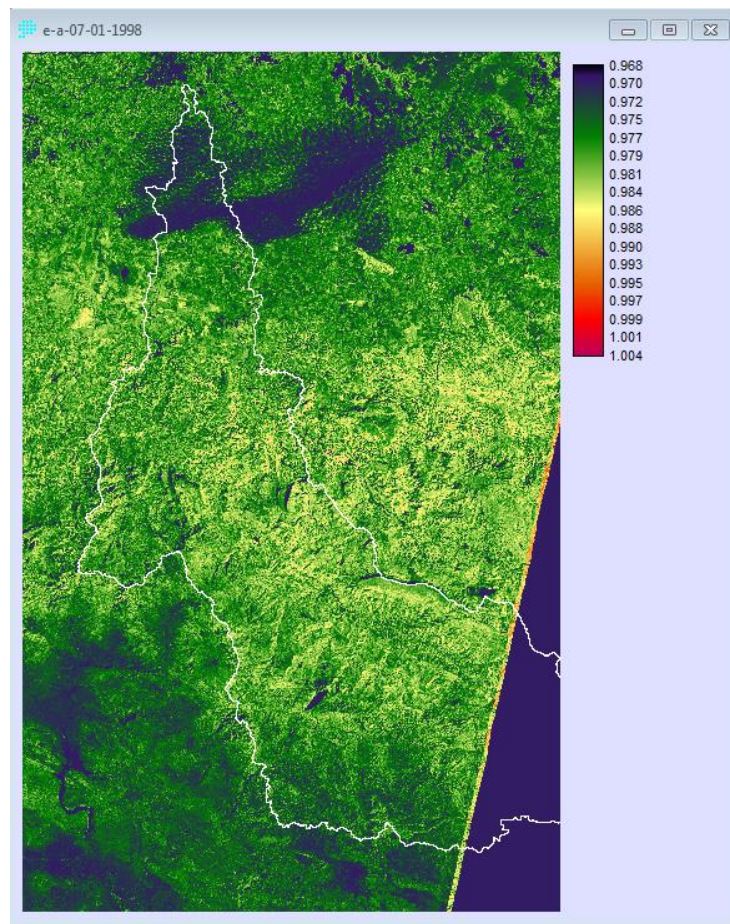


Figura 4.38. Imagen con valores de emisividad



#### D. Radianza térmica corregida ( $R_c$ )

La radianza térmica corregida ( $R_c$ ) representa la radianza emitida real de la superficie mientras  $L_6$  es la radianza que observa el satélite. Entre la superficie y el satélite ocurren dos cosas. Primero, algo de la radiación emitida es absorbida y reflejada por la atmosfera (transmisividad) y no llega al satélite. Segundo, la radiación térmica es emitida por la atmosfera en dirección del satélite y el satélite “piensa” que esta es de la superficie.

La corrección se realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{L_6 - R_p}{\tau_{NB}} - (1 - \varepsilon_{NB}) * R_{sky} \quad (4.31)$$

donde:

$L_6$ : radianza espectral de la banda 6,  $W*m^{-2}*sr^{-1}*\mu m^{-1}$ .

$R_{sky}$ : es la radiación térmica baja en el estrecho de banda para un cielo limpio =  $1.32 W*m^{-2}*sr^{-1}*\mu m^{-1}$ .

$R_p$ : es la radianza en dirección al satélite (10.4-12.5  $\mu m$ ). =  $0.91 W*m^{-2}*sr^{-1}*\mu m^{-1}$ .

$\tau_{NB}$ : transmisividad del aire en el estrecho de banda (10.4-12.5  $\mu m$ )=0.866

$R_{sky}$ ,  $R_p$ ,  $\tau_{NB}$  son valores recomendados para condiciones de aerosol del sur de Idaho, los mismos que se tomaron para nuestro estudio. El efecto de los tres parámetros sobre  $R_c$  son en gran medida auto anulados y el uso de  $L_6$  sólo proporciona una corrección atmosférica general para la mayoría de las condiciones de cielo claro y la atmosfera parece ser precisa para  $T_s$  alrededor de 290 y 300 K.

La ecuación (4.31) se introduce en la calculadora de IDRISI utilizando la imagen con valores de radianza espectral y la otra de emisividad, al procesarla se obtiene la Figura 4.39.



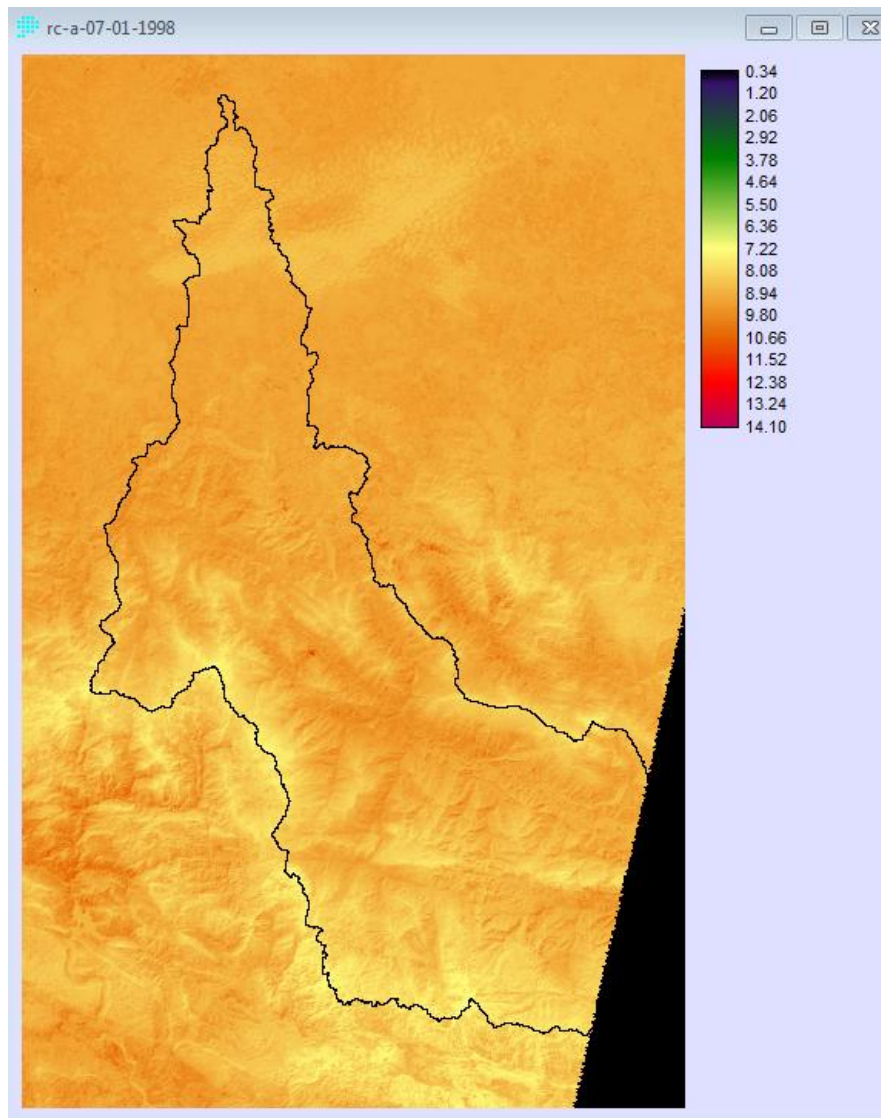


Figura 4.39. Imagen con valores de  $R_c$

Finalmente se introduce en la calculadora de IDRISI la Ecuación (4.25) para obtener la imagen de la temperatura de la superficie.

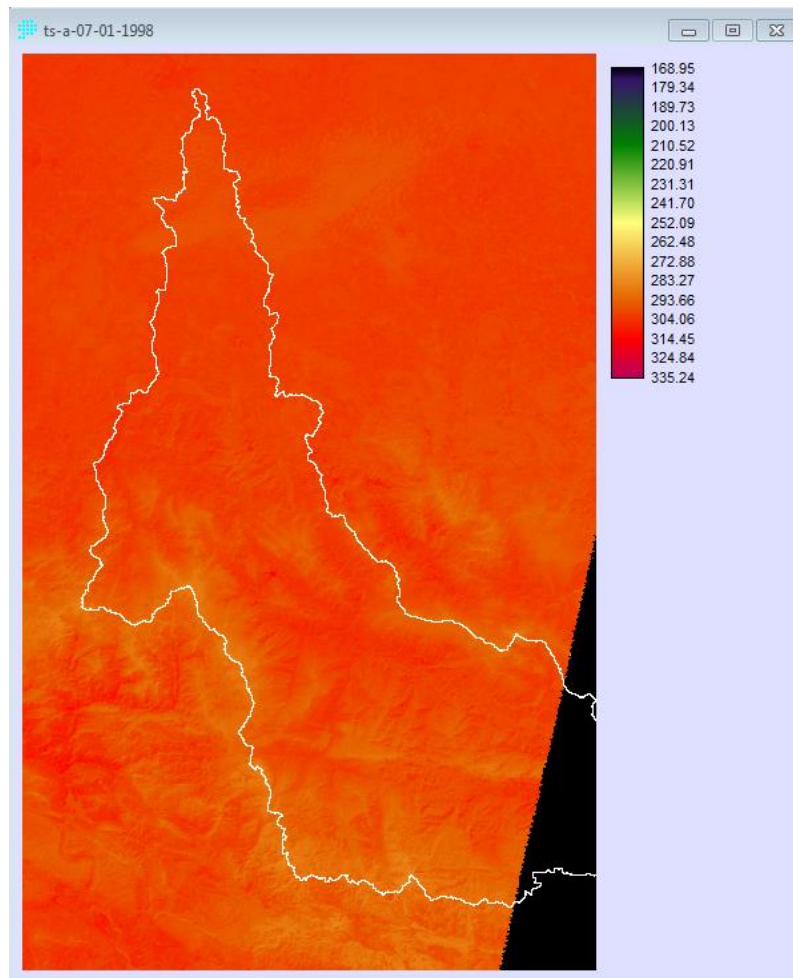


Figura 4.40. Imagen con valores de  $T_s$

#### 4.2.4 Modelo de regresión lineal para estimar $ET_o$ .

En este trabajo de investigación se seleccionó el modelo de regresión lineal Ecuación (4.32) con el más alto coeficiente de determinación ( $R^2$ ) tomando como variables dependientes los índices espectrales y como variable dependiente la  $ET_o$ . El modelo general fue:

$$ET_{o\ ijk} = a_1 * NDVI_{ijk} + a_2 * T_{sijk} + a_2 * (T_s - T_a)_{ijk} + b \quad (4.32)$$

donde:

i, j y k indican el día, mes y año respectivamente

$a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  y b son coeficientes de regresión.





Tanto para las regresiones lineales simples como las múltiples se realizaron para los casos que menciona el Cuadro 4.19.

Cuadro 4.19. Casos de regresión lineal

No.	Caso	Tipo de datos de $ET_0$	Temperatura del aire	Año	Imagen
1	TOTAL-1	Hargreaves ajustada	Media diaria	1998 y 2011	Ambos lados
2	TOTAL-2	Hargreaves ajustada (datos de 1998) y Penman-Monteith (datos de 2011)	Media diaria	1998 y 2011	Ambos lados
3	1998	Hargreaves ajustada	Media diaria	1998	Ambos lados
4	1998-A	Hargreaves ajustada	Media diaria	1998	Lado A
5	1998-B	Hargreaves ajustada	Media diaria	1998	Lado B
6	2011	Penman-Monteith	Media diaria	2011	Ambos lados
7	2011-A	Penman-Monteith	Media diaria	2011	Lado A
8	2011-B	Penman-Monteith	Media diaria	2011	Lado B
9	2011-(2)	Penman-Monteith	Instantánea	2011	Ambos lados
10	2011-(2)-A	Penman-Monteith	Instantánea	2011	Lado A
11	2011-(2)-B	Penman-Monteith	Instantánea	2011	Lado B

#### 4.2.4.1 $ET_0$ utilizando $T_s-T_a$

En investigaciones (Escribano, *et al*, 1999; Cristobal y Ninyerola, 2004; Sánchez y Carvacho, 2006) se han obtenido resultados aceptables para estimar la evapotranspiración utilizando la diferencia de temperaturas entre la superficie y el aire, por lo que se incluyó en esta investigación como posible variable independiente del modelo de regresión lineal para estimar la  $ET_0$ .

De las EMC's solo es posible conocer la temperatura media diaria, mientras que de las EMA's también se puede obtener la temperatura instantánea, por esa razón







para las imágenes del 2011 se obtuvo la diferencia de temperaturas entre la superficie y la media diaria del aire y entre la superficie y la instantánea del aire.

La temperatura instantánea del aire de las estaciones se obtuvo mediante Hydras, seleccionando la fecha y hora de la imagen satelital como el tiempo de la toma del dato de la estación. Debido que la hora de la imagen del satélite es la hora meridional fue necesario transformarla a hora local de la estación mediante la Ecuación (4.33).

$$h_{local} = h_{meridional} + \left(\frac{\lambda}{15}\right) \quad (4.33)$$

donde:

$h_{local}$ : hora local de la estación (horas).

$h_{meridional}$ : hora de la toma de la imagen satelital (horas).

$\lambda$ : longitud de la estación (°).

Por ejemplo, para la estación Larrainzar, la cual tiene longitud de  $-92.716^\circ$  y la imagen del Lado A del 4 de abril de 2011 fue tomada a las 16.4 horas, la hora local de paso del satélite por la zona es:

$$h_{local} = 16.4 + \left(\frac{-92.716}{15}\right) = 10.24 \text{ h} = 10 \text{ horas } 14.6 \text{ min}$$

La temperatura media diaria de esa estación a esa hora es  $18.050^\circ\text{C}$  mientras que la temperatura a la hora del paso del satélite es  $11.580^\circ\text{C}$ .

#### 4.2.4.2 Extracción de los índices espectrales para cada estación

Después de obtener todas las imágenes con valores de NDVI y  $T_s$ , se procedió a extraer los valores de estos índices espectrales para cada estación y finalmente realizar las regresiones lineales.



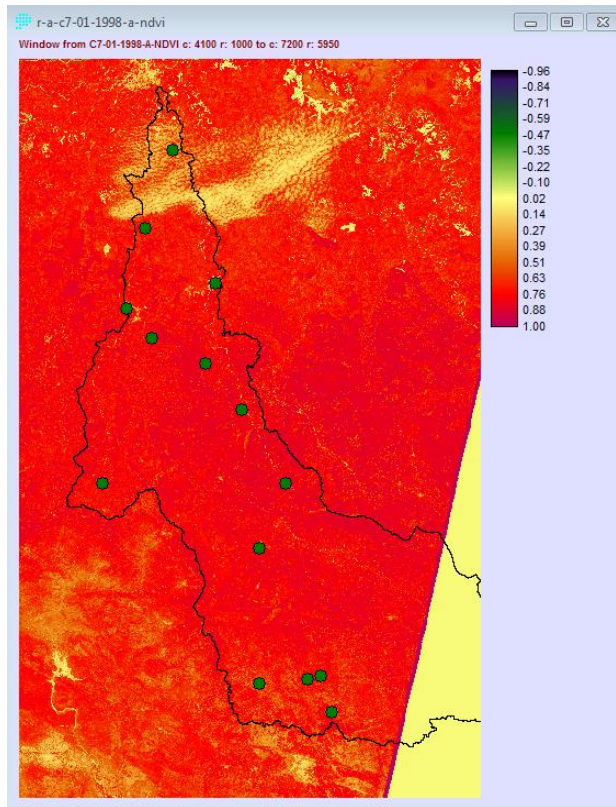


Figura 4.41. Ubicación de las estaciones para extracción de valores de NDVI

La extracción de los valores de los índices espectrales se realizó con IDRISI mediante el comando “extract”, para lo cual se utiliza la imagen de NDVI o  $T_s$  como la que será extraída y la capa de estaciones como los puntos de extracción, se obtiene un archivo txt como se muestra en la Figura 4.42 con los valores para cada extracción; este mismo procedimiento se hace para todas las imágenes.

Module Results	
Average values extracted from R-A-C7-01-1998-A-NDVI based on ESTACIONES-ERIC-A	
Category	Average
0	0.645059
1	0.810945
2	0.819277
3	0.753846
4	0.743842
5	0.807407
6	0.763934
7	0.609524
8	0.730640
9	0.294118
10	0.873085
11	0.833866
12	0.681698
13	0.881874
14	0.728707

Figura 4.42. Datos de NDVI para cada estación



Finalmente los valores para obtener los modelos de regresión lineal se presentan en el A.12

#### 4.2.4.3 Modelos de Regresión Lineal Simple

La regresión lineal simple se llevó a cabo con la herramienta de análisis de datos de Microsoft Excel, en el cual se toma como indicador de dependencia el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) entre las variables, el modelo es el siguiente:

$$Y = a * X + b \quad (4.34)$$

ó

$$ET_o = a * f(NDVI, T_s \text{ ó } T_s - T_a) + b \quad (4.35)$$

donde:

Y: variable dependiente,  $ET_o$

X: variables independientes, NDVI,  $T_s$ ,  $T_s - T_a$

a y b: coeficientes de regresión.

Se realizaron algunas regresiones pero no se encontró ninguna con dependencias aceptables, por lo que se optó por investigar en las regresiones múltiples de dos o tres variables.

Existe dificultad para conocer la temperatura del aire en toda la superficie, así que se buscó una combinación de los datos de temperatura del aire con información espectral como NDVI, SAVI,  $T_s$ , LAI y  $T_s - T_a$ , siendo este último en el que se encontró una aceptable dependencia lineal; por lo tanto del modelo de regresión que se aceptó se despejó  $T_a$  como variable dependiente y  $T_s$  como independiente.

$$(T_s - T_a) = a * T_s + b \quad (4.36)$$

Se despeja  $T_a$

$$(T_s - a * T_s) - b = T_a \quad (4.37)$$

por lo tanto

$$T_a = T_s(1 - a) - b \quad (4.38)$$





Se toman los valores del año 2011 del Lado A para ejemplificar el cálculo de los parámetros de regresión lineal.

Cuadro 4.20. Valores para la regresión del año 2011 del Lado A

No.	Fecha	Estación	Estado	$T_s$	$T_s - T_a$
				°K	°K
1	01/04/2011	LARRAÍNZAR	Chiapas	302.839832	11.6398318
2	01/04/2011	EL ESCALÓN	Chiapas	300.867895	1.61289542
3	01/04/2011	TAPILULA	Chiapas	301.234179	3.1291791
4	01/04/2011	ARROYO GRANDE	Chiapas	304.533141	12.6531414
5	04/06/2011	LARRAÍNZAR	Chiapas	267.781662	-22.403338
6	04/06/2011	EL ESCALÓN	Chiapas	303.581802	5.87180157
7	04/06/2011	TAPILULA	Chiapas	287.686367	-9.48363261
8	04/06/2011	ARROYO GRANDE	Chiapas	293.82195	3.60194989

A continuación se presenta la información de la regresión lineal de los valores del 04/06/2011, de Tapilula, Cuadro 4.21. .

Cuadro 4.21. Estadísticas de la regresión lineal simple y análisis de varianza para estimar  $T_a$  a partir de  $T_s$  calculada con imágenes satelitales

Resumen								
<b>Estadísticas de la regresión</b>								
Coefficiente de correlación múltiple	0.94976269							
Coefficiente de determinación $R^2$	0.90204917							
$R^2$ ajustado	0.88572403							
Error típico	3.92110021							
Observaciones	8							
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	1	849.550564	849.550564	55.2552247	0.00030515			
Residuos	6	92.2501612	15.3750269					
Total	7	941.800725						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-259.35422	35.029252	-7.40393259	0.00031186	-345.067712	-173.640729	-345.067712	-173.640729
Variable X 1	0.88109653	0.11853233	7.43338582	0.00030515	0.59105837	1.17113469	0.59105837	1.17113469





La regresión lineal también se puede realizar graficando los datos y se agrega la línea de tendencia (Figura 4.43), tomando como modelo general:

$$(T_s - T_a)_{ijk} = a_1 * T_{s_{ijk}} + b \quad (4.39)$$

donde:

i,j y k son el día, mes y año

a y b son parámetros de regresión

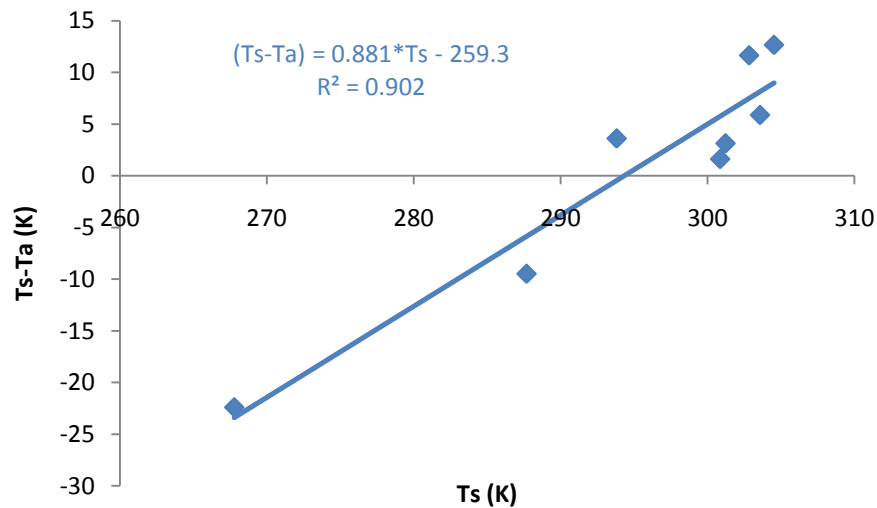


Figura 4.43. Modelo de regresión lineal de datos de 2011

Del modelo encontrado los parámetros a y b se sustituyen en la Ecuación (4.38), por lo tanto la temperatura del aire (en °K) de toda la cuenca se obtiene de la siguiente manera:

$$(T_s - T_a) = 0.881 * T_s - 259.3 \quad (4.40)$$

por lo que

$$T_a = T_s(1 - 0.881) - (-259.3) \quad (4.41)$$

$$T_a = 0.119 * T_s + 259.3 \quad (4.42)$$





La ventaja de utilizar este modelo de regresión lineal es que la  $T_s$  se puede estimar de cada pixel de las imágenes, por consiguiente se tiene el valor de  $T_a$  de toda el área de interés.

#### 4.2.4.4 Modelo de Regresión Lineal Múltiple

El modelo de regresión múltiple es la relación entre la variable dependiente con más de una variable independiente, tiene la siguiente forma:

$$Y = a_1 * X_1 + a_2 * X_2 + \dots + a_n X_n + b \quad (4.43)$$

ó

$$ET_o = a_1 * NDVI + a_2 * T_s + a_3(T_s - T_a)_n + b \quad (4.44)$$

donde:

Y: variable dependiente;  $ET_o$ .

$X_n$ : variable independiente; NDVI,  $T_s$ ,  $T_s-T_a$ .

$a_n$ , b: parámetros de la regresión

Se estudiaron diferentes combinaciones con la finalidad de encontrar el modelo de regresión lineal múltiple con mayor dependencia entre sus valores; las combinaciones son las siguientes:

Cuadro 4.22. Combinaciones de las variables para la regresión lineal múltiple

Combinación	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	Y <sub>1</sub>	NDVI	T <sub>s</sub>	---
2	Y <sub>2</sub>	NDVI	T <sub>s</sub> -T <sub>a</sub>	---
3	Y <sub>3</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>s</sub> -T <sub>a</sub>	---
4	Y <sub>4</sub>	NDVI	T <sub>s</sub>	T <sub>s</sub> -T <sub>a</sub>

Cada combinación se experimentó para los 11 casos que se mencionan en el Cuadro 4.19. , lo que da un total de 44 regresiones lineales múltiples realizadas.

Con la finalidad de ejemplificar el procedimiento se utiliza el Caso 7, Cuadro 4.19. y la Combinación 4, Cuadro 4.22. Cuadro 4.19. ; a continuación se presentan los valores utilizados en el Ejemplo y en el Anexo A.12 se muestra el total de valores:







Cuadro 4.23. Valores para la regresión lineal múltiple

No.	Fecha	Estación	Lado	NDVI	T <sub>s</sub>	T <sub>s</sub> -T <sub>a</sub>	ET <sub>o</sub>
				Adim.	°K	°K	mm*día <sup>-1</sup>
1	01/04/2011	LARRAÍNZAR	A B	0.659367	302.839832	11.6398318	2.7574461
2	01/04/2011	EL ESCALÓN	A	0.686275	300.867895	1.6128954	3.0750460
3	01/04/2011	TAPILULA	A	0.734748	301.234179	3.1291791	3.5263067
4	01/04/2011	ARROYO GRANDE	A	0.549669	304.533141	12.6531414	3.0420113
5	04/06/2011	LARRAÍNZAR	A B	0.032617	267.781662	-22.4033380	1.5656044
6	04/06/2011	EL ESCALÓN	A	0.525836	303.581802	5.8718015	2.8047250
7	04/06/2011	TAPILULA	A	0.340591	287.686367	-9.4836326	2.7568749
8	04/06/2011	ARROYO GRANDE	A	0.655738	293.821950	3.6019498	1.5270896

Con la herramienta de Microsoft Excel “Análisis de datos” se seleccionan las variables independientes (NDVI, T<sub>s</sub> y T<sub>s</sub>-T<sub>a</sub>) y la dependiente (ET<sub>o</sub>) así como el rango de datos de salida y se obtiene la siguiente información:

Cuadro 4.24. Estadísticas de la regresión lineal múltiple y análisis de varianza

Resumen								
<b>Estadísticas de la regresión</b>								
Coefficiente de correlación múltiple	0.86624021							
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.7503721							
R <sup>2</sup> ajustado	0.56315118							
Error típico	0.47289274							
Observaciones	8							
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	3	2.68886405	0.89628802	4.00795005	0.10660938			
Residuos	4	0.89451016	0.22362754					
Total	7	3.58337421						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-38.1367978	15.1380083	2.51927446	0.06540732	-80.166647	3.89305141	-80.166647	3.89305141
Variable X 1	-0.97333859	1.66081143	0.58606207	0.58930883	5.58449035	3.63781317	5.58449035	3.63781317
Variable X 2	0.14005228	0.05278783	2.65311658	0.0567967	0.00651025	0.2866148	0.00651025	0.2866148
Variable X 3	-0.09503338	0.04925096	1.92957422	0.12587702	0.23177597	0.0417092	0.23177597	0.0417092





El modelo para el ejemplo tiene un coeficiente de determinación  $R^2=0.7504$ , que corresponde a la siguiente ecuación para  $ET_o$  con índices espectrales  $ET_{oe}$ :

$$ET_{oe} = -0.97334 * NDVI + 0.14005 * T_s - 0.095003 * (T_s - T_a) - 38.13679 \quad (4.45)$$

En resumen, para ajustar la  $ET_o$  diaria calculada con otros métodos se obtuvieron las siguientes ecuaciones:

$$ET_{HG_a} = 0.613 * ET_{HG} + 0.093 \quad (4.46)$$

$$ET_{PT_a} = 0.891 * ET_{PT} + 0.084 \quad (4.47)$$

$$ET_{TC_a} = 3.911 * ET_{TC} - 1.071 \quad (4.48)$$

donde:

$ET_{HG}$ : Evapotranspiración de referencia calculada con Hargreaves

$ET_{PT}$ : Evapotranspiración de referencia calculada con Priestley y Taylor

$ET_{TC}$ : Evapotranspiración de referencia calculada con Turc

El subíndice “a” indica ajustada.

Para estimar  $ET_o$  de cada pixel que cubre la Cuenca de fecha dada, a partir de los índices espectrales de las imágenes, se obtuvo la Ecuación,

$$ET_{oe_{i,j,k} p_{c,f}} = a_1 * NDVI_{i,j,k} p_{c,f} + a_2 * T_{s_{i,j,k} p_{c,f}} + a_3 * (T_s - T_a)_{i,j,k} p_{c,f} + b \quad (4.49)$$

donde:

$$T_{a_{i,j,k} p_{c,f}} = (1 - a_0) * T_{s_{i,j,k} p_{c,f}} - b_0 \quad (4.50)$$

$ET_{oe}$ : Evapotranspiración de referencia estimada a partir de índices espectrales

NDVI: Índice de Vegetación Normalizada

$T_s$ : Temperatura de la superficie

$T_a$ : Temperatura del ambiente

i, j, k: Día, mes y año respectivamente

$p_{c,f}$ : Pixel, p, de la columna “c”, y fila “f”

$a_0, a_1, a_2, a_3, b_0$  y b: Parámetros de regresión





## CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de esta investigación se analizan mediante cuadros y graficas que concentran toda la información de manera sistemática. Además, se aplica el Modelo aceptado para conocer  $ET_o$ ,  $K_{cv}$  y  $ET_r$  de cada uso de suelo y vegetación de la Cuenca para el año 1998.

### 5.1 AJUSTE DE $ET_o$ CALCULADA CON HARGREAVES

El modelo de ajuste de  $ET_o$  fue, Ecuación (5.1):

$$ET_{oHG_a} = \alpha * ET_{oHG} + \beta \quad (5.1)$$

$ET_{oHG_a}$ : es la  $ET_o$  con Hargreaves ajustada.

$ET_{oHG}$ : es la  $ET_o$  obtenida con Hargreaves

$\alpha$  y  $\beta$ : son parámetros de la regresión entre la  $ET_{oPM}$  y  $ET_{oHG}$ .

En el Cuadro 5.1. se presentan los valores del coeficiente de determinación,  $R^2$ , de todas las regresiones lineales realizadas a nivel diario, decenal y mensual; en el Anexo A.11 se presentan todos los valores de los parámetros de regresión.

Cuadro 5.1. Valores de  $R^2$  de las regresiones lineales  $ET_{oPM}$  vs  $ET_o$  de otros métodos obtenido para ajustar  $ET_o$  en las EMA's

<b><math>R^2</math> del Análisis diario (<math>mm \cdot día^{-1}</math>)</b>							
<b>Método</b>	<b>Global</b>	<b>Arroyo Grande</b>	<b>Cancuc</b>	<b>COBACH</b>	<b>EI Escalón</b>	<b>Larrainzar</b>	<b>Tapilula</b>
<b><math>ET_{oHG}</math></b>	0.523	0.596	0.606	0.627	0.703	0.699	0.582
<b><math>ET_{oPT}</math></b>	0.724	0.827	0.763	0.916	0.909	0.811	0.528
<b><math>ET_{oTc}</math></b>	0.748	0.859	0.742	0.791	0.795	0.772	0.640
<b>MEDIA</b>	0.665	0.761	0.704	0.778	0.802	0.761	0.583
<b><math>R^2</math> del Análisis decenal (<math>mm \cdot 10</math> días)</b>							
<b>Método</b>	<b>Global</b>	<b>Arroyo Grande</b>	<b>Cancuc</b>	<b>COBACH</b>	<b>EI Escalón</b>	<b>Larrainzar</b>	<b>Tapilula</b>
<b><math>ET_{oHG}</math></b>	0.597	0.661	0.961	0.819	0.877	0.857	0.739
<b><math>ET_{oPT}</math></b>	0.734	0.791	0.978	0.946	0.949	0.845	0.706
<b><math>ET_{oTc}</math></b>	0.799	0.854	0.957	0.908	0.880	0.875	0.726
<b>MEDIA</b>	0.710	0.769	0.965	0.891	0.902	0.859	0.724





R <sup>2</sup> del Análisis mensual (mm*mes)							
Método	Global	Arroyo Grande	Cancuc	COBACH	El Escalón	Larrainzar	Tapilula
ET <sub>oHG</sub>	0.641	0.777	0.803	0.868	0.930	0.933	0.825
ET <sub>oPT</sub>	0.730	0.738	0.864	0.952	0.973	0.809	0.825
ET <sub>oTc</sub>	0.854	0.858	0.864	0.946	0.933	0.917	0.883
MEDIA	0.742	0.791	0.844	0.922	0.945	0.886	0.844

A nivel diario el Método Priestley y Taylor en la mayoría de los casos presenta mejor ajuste, le siguió el de Turc y por último el de Hargreaves. Las estaciones con mejores ajustes son COBACH y El Escalón, mientras que Tapilula es la estación con menor ajuste. De forma global Turc tiene mejor ajuste y Hargreaves sigue siendo el del menor (Figura 5.1. ).

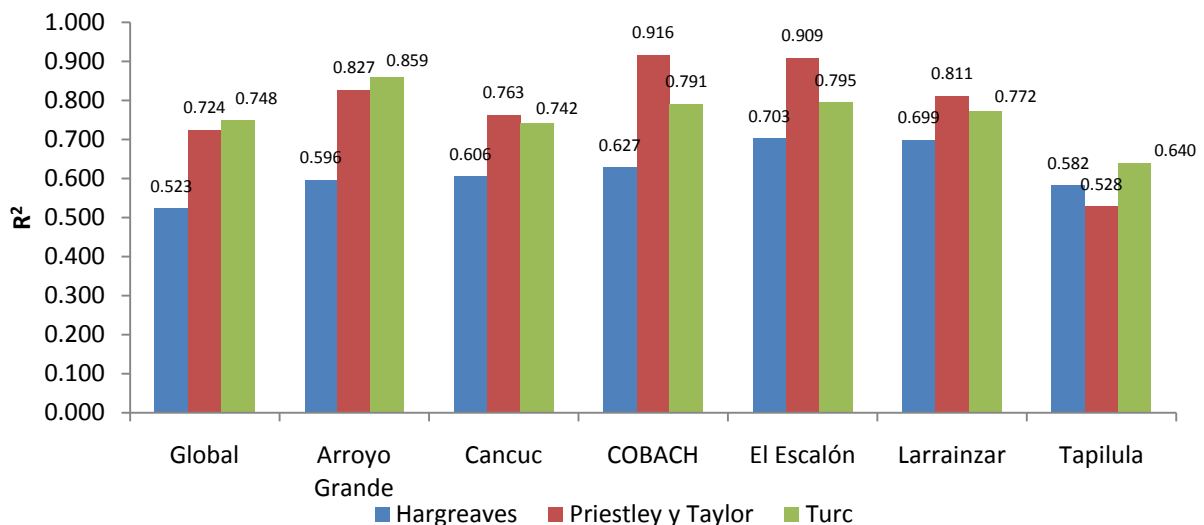


Figura 5.1. R<sup>2</sup> para la ET<sub>o</sub> diaria

La Figura 5.2. presenta el comportamiento de R<sup>2</sup> para la ET<sub>o</sub> de decenal teniendo el mismo comportamiento que a nivel diario, pero los valores de R<sup>2</sup> crecen en todos los casos, comparado con los diarios. El método con mayor R<sup>2</sup>, en el de Priestley y Taylor: 0.978



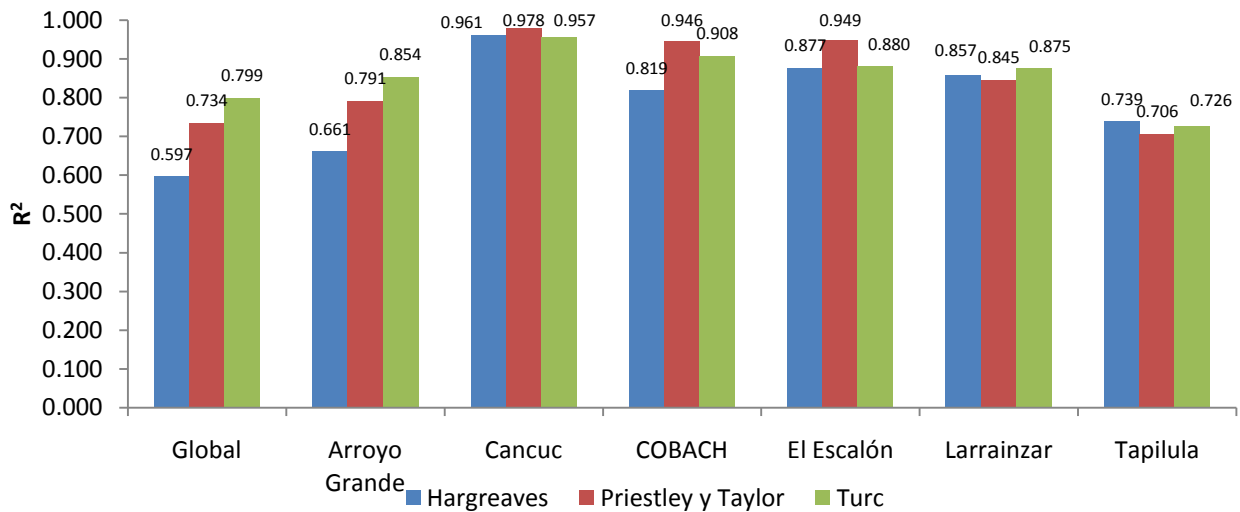


Figura 5.2.  $R^2$  para la  $ET_0$  de 10 días

A nivel mensual también aumentan todos los  $R^2$ , teniendo valores de hasta 0.973 para el método de Priestley y Taylor en el mayor ajuste y 0.641 en el menor. El comportamiento de la distribución del ajuste entre las estaciones se mantiene, solo se incrementa el valor como ya se mencionó.

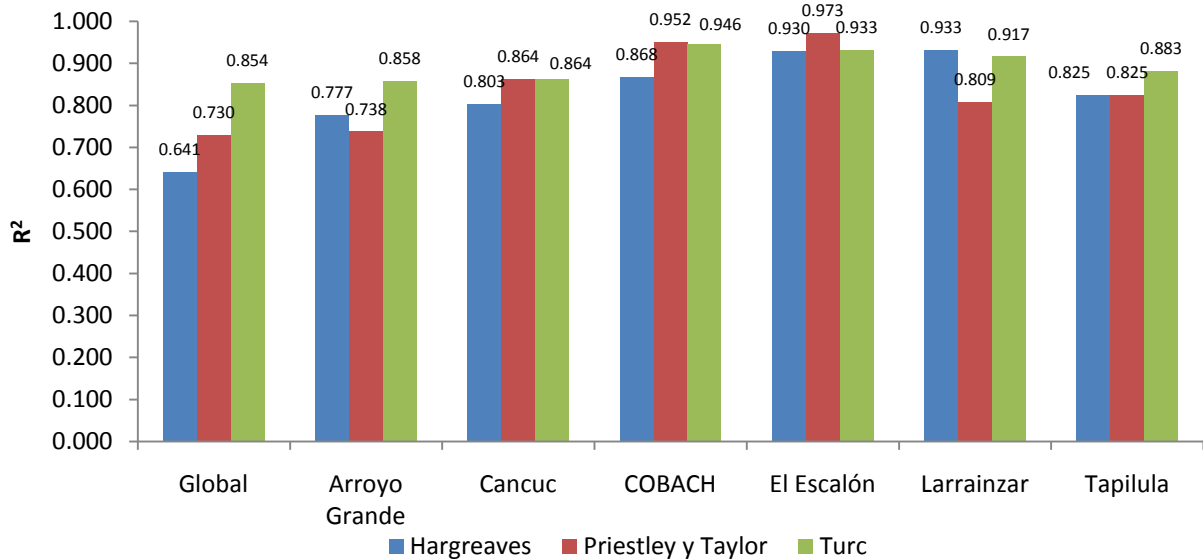


Figura 5.3.  $R^2$  para la  $ET_0$  mensual

### 5.1.1 Selección del método para la estimación de $ET_0$

Debido a que la disponibilidad de la información en las EMC's es baja, los modelos elegidos para corregir la  $ET_0$  a nivel diario son los obtenidos con la  $ET_0$





calculada con Hargreaves; en el Cuadro 5.2. se presentan los valores de los parámetros de regresión, coeficiente de correlación y de determinación de las mismas.

Cuadro 5.2. Parámetros de regresión lineal entre  $ET_{OPM}$  vs  $ET_{OHG}$  para ajustar  $ET_o$  a nivel diario con Hargreaves

Estación	$\alpha$	$\beta$	$R^2$	R
<b>Global (6 EMA's)</b>	0.613	0.093	0.523	0.723
<b>Arroyo Grande</b>	0.899	-0.229	0.596	0.772
<b>Cancuc</b>	0.679	0.003	0.605	0.778
<b>COBACH</b>	0.607	-0.085	0.627	0.792
<b>El Escalón</b>	0.579	-0.207	0.702	0.838
<b>Larrainzar</b>	0.654	-0.182	0.699	0.836
<b>Tapilula</b>	0.846	-0.717	0.582	0.763

## 5.2 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE PARA ESTIMAR TEMPERATURA AMBIENTE, $T_a$

La estimación de  $T_a$  para toda la superficie de la cuenca es necesaria debido que el modelo aceptado para estimar  $ET_o$  tiene la variable " $T_s-T_a$ " y que para calcularla se necesita  $T_a$  para cada pixel de la imagen aplicando la Ecuación (4.42).

Cuadro 5.3. Parámetros de regresión para estimar  $T_a=(1-\alpha)*T_s-\beta$

Caso	$\alpha$	$\beta$	$R^2$	$T_a=(1-\alpha)*T_s-\beta$
<b>TOTAL</b>	0.783	-229.977	0.762	$T_a= T_s^* \quad 0.217 \quad + \quad 229.977$
<b>1998</b>	0.742	-218.084	0.724	$T_a= T_s^* \quad 0.258 \quad + \quad 218.084$
<b>1998-A</b>	0.615	-179.952	0.423	$T_a= T_s^* \quad 0.385 \quad + \quad 179.952$
<b>1998-B</b>	0.826	-242.367	0.859	$T_a= T_s^* \quad 0.174 \quad + \quad 242.367$
<b>2011</b>	0.901	-264.601	0.877	$T_a= T_s^* \quad 0.099 \quad + \quad 264.601$
<b>2011-A</b>	0.881	-259.354	0.902	$T_a= T_s^* \quad 0.119 \quad + \quad 259.354$
<b>2011-B</b>	0.785	-229.245	0.497	$T_a= T_s^* \quad 0.215 \quad + \quad 229.245$
<b>2011-(2)</b>	1.021	-294.109	0.759	$T_a= T_s^* \quad -0.021 \quad + \quad 294.109$
<b>2011-(2)-A</b>	0.885	-255.974	0.887	$T_a= T_s^* \quad 0.115 \quad + \quad 255.974$
<b>2011-(2)-B</b>	1.459	-424.869	0.438	$T_a= T_s^* \quad -0.459 \quad + \quad 424.869$
Promedio=	-----	-----	0.713	
Máximo=	-----	-----	0.902	
Mínimo=	-----	-----	0.423	





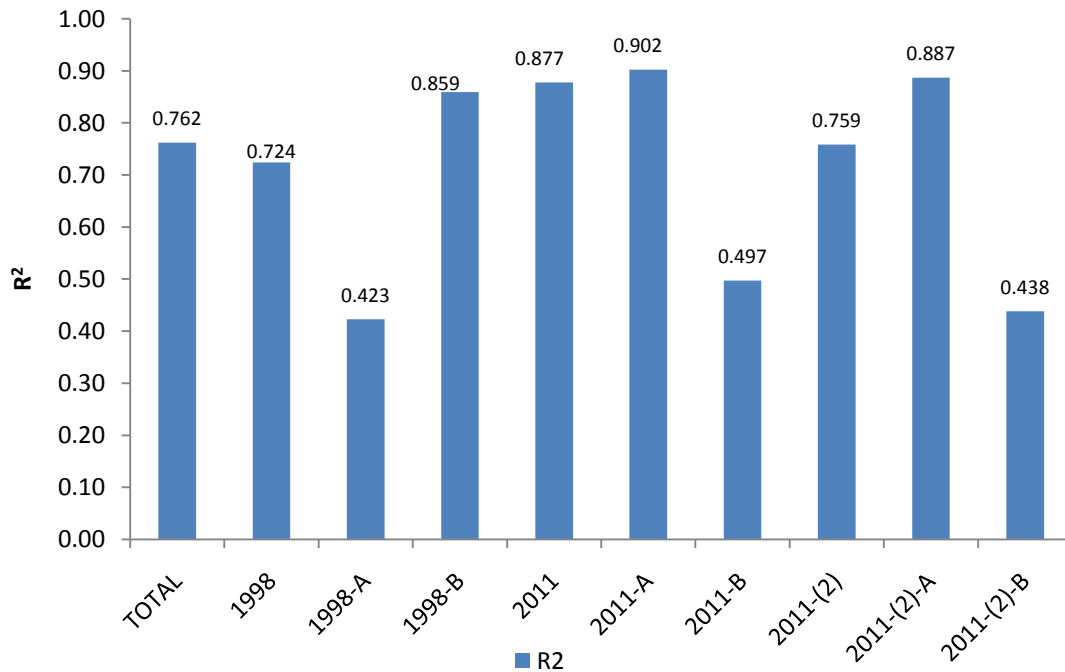


Figura 5.4. Comportamiento del R<sup>2</sup> en los casos para estimar T<sub>a</sub>

Por lo anterior, se seleccionaron los modelos de los casos 2011-A y 2011-B, como modelos aceptados para estimar T<sub>a</sub>, marcados en el Cuadro 5.3. ; el ajuste para las variables se considera aceptable, existen R<sup>2</sup> de hasta 0.902, aún cuando el del Lado B es bajo. En promedio estos modelos tienen R<sup>2</sup> de 0.713, máximo 0.902 y como mínimo 0.423.

Si no se hace distinción de la Cuenca en Lado A y B, el modelo aceptado para estimar T<sub>a</sub> es el obtenido del caso 2011, Cuadro 5.3.

### 5.3 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA ESTIMAR ET<sub>0</sub>

Los resultados de las 44 regresiones lineales múltiples se concentraron en los siguientes cuadros, en los cuales se presentan los parámetros de regresión, coeficiente de determinación y el coeficiente de determinación si la línea pasara por el origen.





Cuadro 5.4. Parámetros de regresión para la combinación  $ET_o = a_1 * T_s + a_2 * NDVI + b$

Caso	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	b	R <sup>2</sup>
TOTAL-1	0.039	-0.537	-8.302	0.234
TOTAL-2	0.047	-0.429	-10.810	0.286
1998	0.044	-0.361	-9.775	0.240
1998-A	0.111	-0.276	-30.193	0.533
1998-B	0.024	0.607	-4.349	0.195
2011	0.071	-1.549	-17.559	0.566
2011-A	0.058	-1.053	-13.839	0.518
2011-B	0.094	-1.347	-24.412	0.529
2011-(2)	0.071	-1.549	-17.559	0.566
2011-(2)-A	0.058	-1.053	-13.839	0.518
2011-(2)-B	0.094	-1.347	-24.412	0.529
Media=	-----	-----	-----	0.429
Mediana=	-----	-----	-----	0.518
Desviación Estándar=	-----	-----	-----	0.153
Máximo=	-----	-----	-----	0.566
Mínimo=	-----	-----	-----	0.195

Cuadro 5.5. Parámetros de regresión para la combinación  $ET_o = a_1 * (T_s - T_a) + a_2 * NDVI + b$

Caso	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	b	R <sup>2</sup>
TOTAL-1	0.017	-0.410	3.215	0.050
TOTAL-2	0.024	-0.269	3.099	0.067
1998	0.017	-0.449	3.290	0.047
1998-A	0.024	-1.417	3.805	0.158
1998-B	0.010	0.714	2.641	0.066
2011	0.044	-0.548	3.011	0.237
2011-A	0.011	1.236	1.977	0.311
2011-B	-0.018	-2.208	4.581	0.298
2011-(2)	0.030	-0.313	2.751	0.190
2011-(2)-A	0.013	1.131	1.972	0.316
2011-(2)-B	-0.004	-2.073	4.423	0.289
Media=	-----	-----	-----	0.184
Mediana=	-----	-----	-----	0.190
Desviación Estándar=	-----	-----	-----	0.112
Máximo=	-----	-----	-----	0.316
Mínimo=	-----	-----	-----	0.047





Cuadro 5.6. Parámetros de regresión para la combinación  $ET_0 = a_1(T_s - T_a) + a_2 T_s + b$

Caso	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	b	R <sup>2</sup>
TOTAL-1	0.102	-0.082	-27.162	0.397
TOTAL-2	0.114	-0.086	-30.772	0.455
1998	0.109	-0.086	-29.115	0.411
1998-A	0.146	-0.051	-40.817	0.585
1998-B	0.131	-0.129	-35.480	0.642
2011	0.141	-0.101	-38.799	0.667
2011-A	0.125	-0.096	-34.066	0.729
2011-B	0.214	-0.125	-60.631	0.733
2011-(2)	0.092	-0.041	-24.242	0.559
2011-(2)-A	0.105	-0.073	-27.937	0.656
2011-(2)-B	0.217	-0.069	-61.268	0.835
Media=	-----	-----	-----	0.606
Mediana=	-----	-----	-----	0.642
Desviación Estándar=	-----	-----	-----	0.141
Máximo=	-----	-----	-----	0.835
Mínimo=	-----	-----	-----	0.397

Los tres cuadros anteriores son para modelos de dos variables de los cuales el que tiene mejor ajuste es la combinación de  $T_s - T_a$  y  $T_s$  mientras la que relaciona NDVI y  $T_s - T_a$  presenta el menor ajuste.

Cuadro 5.7. Parámetros de regresión para la combinación  $ET_0 = a_1 \text{NDVI} + a_2 T_s + a_3 (T_s - T_a) + b$

Caso	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	b	R <sup>2</sup>
TOTAL-1	-0.883	0.110	-0.091	-29.106	0.454
TOTAL-2	-0.791	0.122	-0.095	-32.512	0.494
1998	-1.004	0.118	-0.102	-31.082	0.468
1998-A	-0.706	0.141	-0.060	-38.730	0.601
1998-B	-0.710	0.151	-0.153	-40.954	0.683
2011	-1.545	0.162	-0.101	-44.248	0.776
2011-A	-0.973	0.140	-0.095	-38.137	0.750
2011-B	-1.565	0.195	-0.133	-53.700	0.874
2011-(2)	-1.492	0.111	-0.040	-29.071	0.661
2011-(2)-A	-1.014	0.121	-0.073	-32.269	0.679
2011-(2)-B	-0.517	0.202	-0.065	-56.494	0.849
Media=	-----	-----	-----	-----	0.663
Mediana=	-----	-----	-----	-----	0.679
Desviación Estándar=	-----	-----	-----	-----	0.146
Máximo=	-----	-----	-----	-----	0.874
Mínimo=	-----	-----	-----	-----	0.454





Sin embargo, al probar un modelo de tres variables espectrales, NDVI,  $T_s$  y  $T_s - T_a$ , se ajusta mejor, y más específicamente para los casos “2011-A” y “2011-B”, del año 2011 de los lados A y B de la Cuenca, respectivamente, Cuadro 5.7. y Figura 5.5.

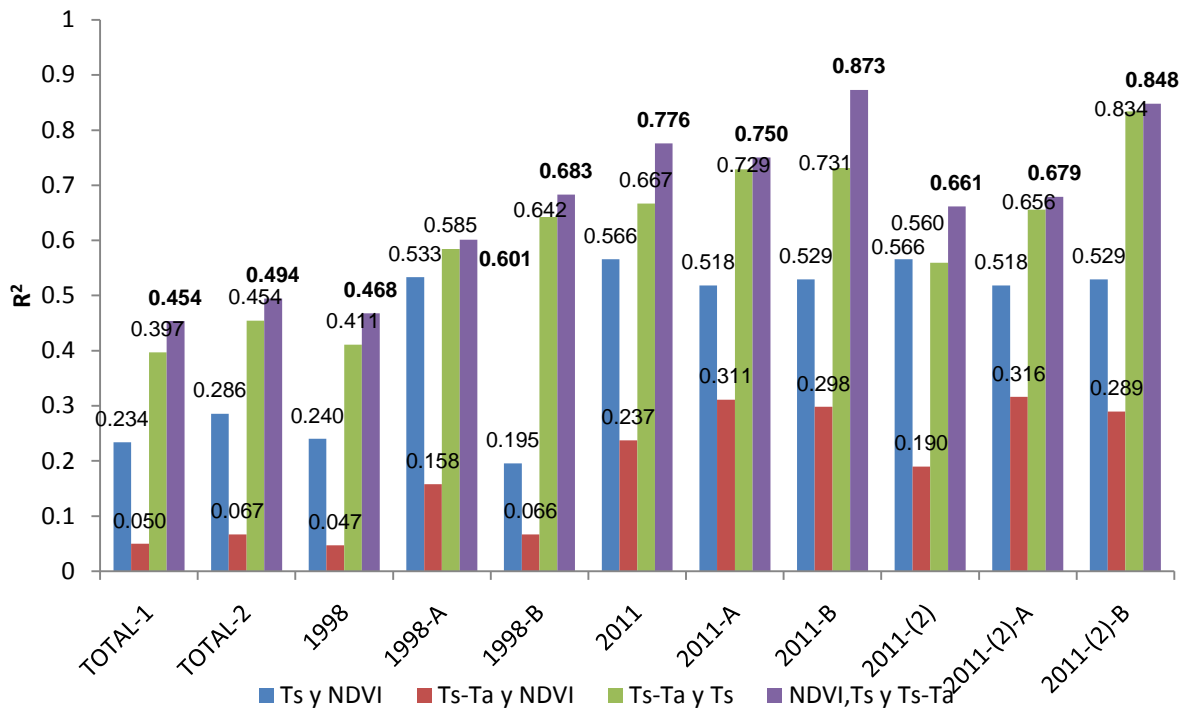


Figura 5.5.  $R^2$  de los modelos de regresión lineal múltiple probados

Por lo tanto, se eligieron los casos “2011-A” y “2011-B” y con la combinación de tres variables como los modelos de regresión lineal múltiple aceptados para estimar la  $ET_o$  diaria de la Cuenca con parámetros espectrales de las imágenes satelitales respectivas; debido a que en la mayoría de las combinaciones, los mejores ajustes se presentan en los casos “2011-A” y “2011-B” principalmente (Figura 5.5. ) y la combinación de tres variables tiene  $R^2$  mayores.

De acuerdo a lo anterior los modelos seleccionados para estimar la  $ET_o$  diaria a partir de índices espectrales,  $ET_{oe}$ , son:





M-Lado A:

$$ET_{0e} = -0.973 * NDVI + 0.140 * T_s - 0.095 * (T_s - T_a) - 38.137 \quad (5.2)$$

Con  $R^2 = 0.750$

M-Lado B:

$$ET_{0e} = -1.565 * NDVI + 0.195 * T_s - 0.133 * (T_s - T_a) - 53.700 \quad (5.3)$$

Con  $R^2 = 0.874$

Si no se hace la distinción en Lado A y B, el modelo general para estimar la Eto de la Cuenca mediante índices espectrales es:

$$ET_{0e} = -1.545 * NDVI + 0.162 * T_s - 0.101 * (T_s - T_a) - 44.248 \quad (5.4)$$

Con  $R^2 = 0.776$

#### 5.4 ESTIMACIÓN DE LA ET, DE LA CUENCA

Los modelos de regresión lineal múltiple aceptados se aplicaron a las doce imágenes de satélite pixel por pixel del año de 1998, la relación de las imágenes es la siguiente:

Cuadro 5.8. Imágenes utilizadas en la aplicación del modelo aceptado

No.	Lado	Día	Mes	Año	Píxeles		Cobertura de nubes (%)
					Columnas	Líneas	
1	A	7	1	1998	7791	7041	0
2	A	8	2	1998	7771	7041	0
3	A	28	3	1998	7781	7041	0
4	A	13	4	1998	7781	7041	0
5	B	1	2	1998	7731	7001	0
6	B	17	2	1998	7731	6991	0
7	B	5	3	1998	7731	7001	0
8	B	6	4	1998	7751	7001	0
9	B	9	6	1998	7731	7001	10
10	B	11	7	1998	7731	7001	10
11	B	12	8	1998	7751	7001	10
12	B	13	9	1998	7741	6991	10



Se tomó como ejemplo la imagen de Lado A de fecha 7 de enero de 1998 para estimar  $ET_o$ ,  $K_{cv}$  y  $ET_r$  de la Cuenca; la  $ET_r$  se calculó mediante la Ecuación (5.5).

$$ET_r = ET_{oe} * K_{cv} \quad (5.5)$$

### 5.4.1 Estimación de la evapotranspiración de referencia con índices espectrales ( $ET_{oe}$ )

Para estimar la evapotranspiración de referencia de la Cuenca mediante índices espectrales, primero fue necesario aplicar los modelos aceptados para estimar  $T_a$  y posteriormente aplicar los modelos seleccionados para estimar  $ET_{oe}$ .

#### 5.4.1.1 Estimación de $T_a$ de la Cuenca

Debido a que ya se tienen las imágenes calculadas de NDVI y  $T_s$ , falta calcular  $T_a$  para la imagen; por lo tanto se hace uso del modelo (Ecuación (4.42)) aceptado para el Lado A de  $T_a$ :

$$T_a = 0.119 * T_s + 259.354 \quad (5.6)$$

El modelo para estimar  $T_a$ , Ecuación (5.6), se introduce en la calculadora de IDRISI (Figura 5.6. ), se procesa la expresión y se obtiene la imagen con valores de  $T_a$ , como:

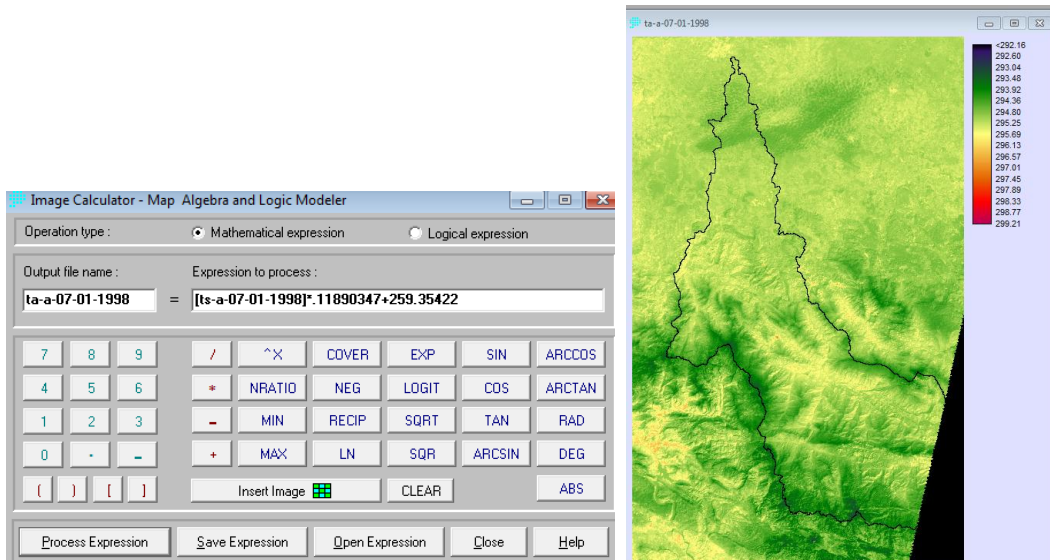


Figura 5.6. Modelo para estimar  $T_a$  en la calculadora de IDRISI e imagen con valores de  $T_a$



### 5.4.1.2 Estimación de $ET_{oe}$

La estimación de  $ET_o$  mediante imágenes satelitales se llevó a cabo con la aplicación del modelo M-Lado A:

$$ET_{oe} = -0.973 * NDVI + 0.140 * T_s - 0.095 * (T_s - T_a) - 38.137 \quad (5.7)$$

Ahora se introduce el modelo M-Lado A en la calculadora de IDRISI, éste es procesado y se obtiene la imagen con los valores de  $ET_o$  (Figura 5.7. ):

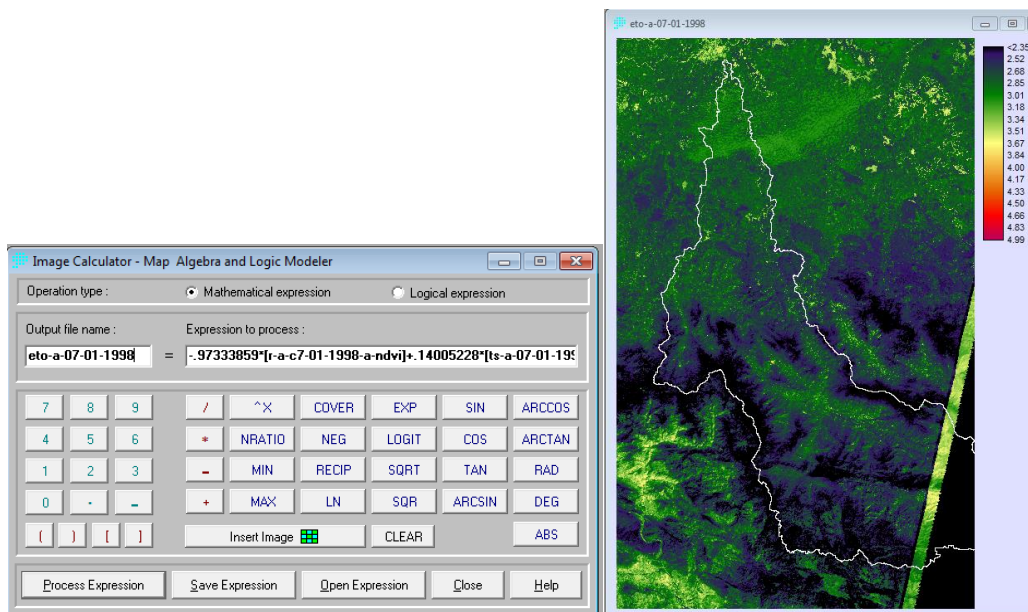


Figura 5.7. Modelo M-Lado A en la calculadora de IDRISI y la imagen con valores de  $ET_o$

### 5.4.2 Estimación del coeficiente de la cubierta vegetal ( $K_{cv}$ )

El coeficiente de la cubierta vegetal se calculó con base en la ecuación que propone Calera *et al* (2008), Ecuación (5.8), para cultivos anuales en su máximo desarrollo, donde para fines de cubierta vegetal queda:

$$K_{cv} = 1.15 * NDVI + 0.17 \quad (5.8)$$

Este cálculo se basa en lo que Allen *et al* (2006) mencionan que para cultivos anuales a mediados de temporada de crecimiento (máximo desarrollo) tiene el mismo comportamiento que un cultivo arbóreo siempre verde en toda su etapa.

Partiendo de esas bases teóricas, se introdujo la expresión en la calculadora de IDRISI y se obtiene la imagen con los valores de  $K_{cv}$  (Figura 5.8. ).

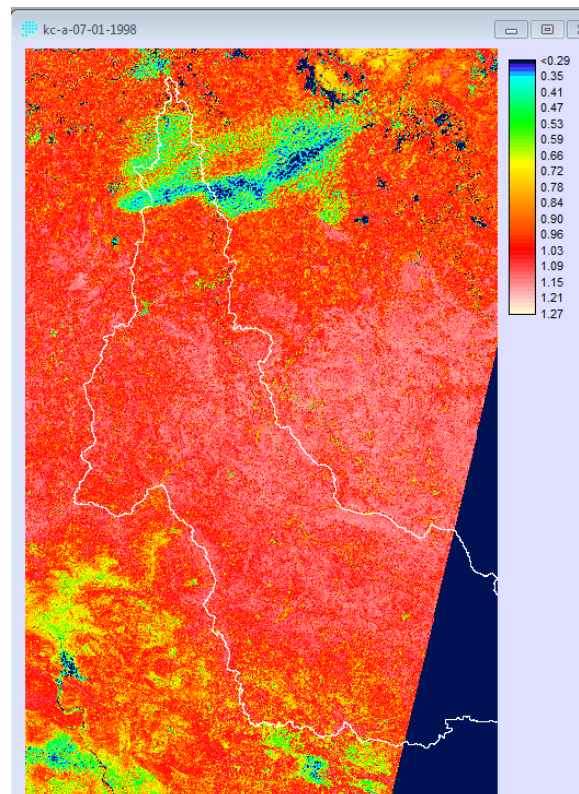


Figura 5.8. Imagen con valores de  $K_{cv}$

### 5.4.3 Estimación de la evapotranspiración real ( $ET_r$ )

Una vez estimado los valores de NDVI,  $K_{cv}$  y  $ET_{oe}$  para cada pixel, se extrajeron los promedios de éstos para cada uso de suelo y vegetación de la Cuenca mediante la función “extract” de IDRISI, para lo cual se utilizó la capa de uso de suelo y vegetación como capa extractora y las imágenes de NDVI,  $K_{cv}$  y  $ET_o$  como la que proporciona la información, Figura 5.9. y Cuadro 5.9.

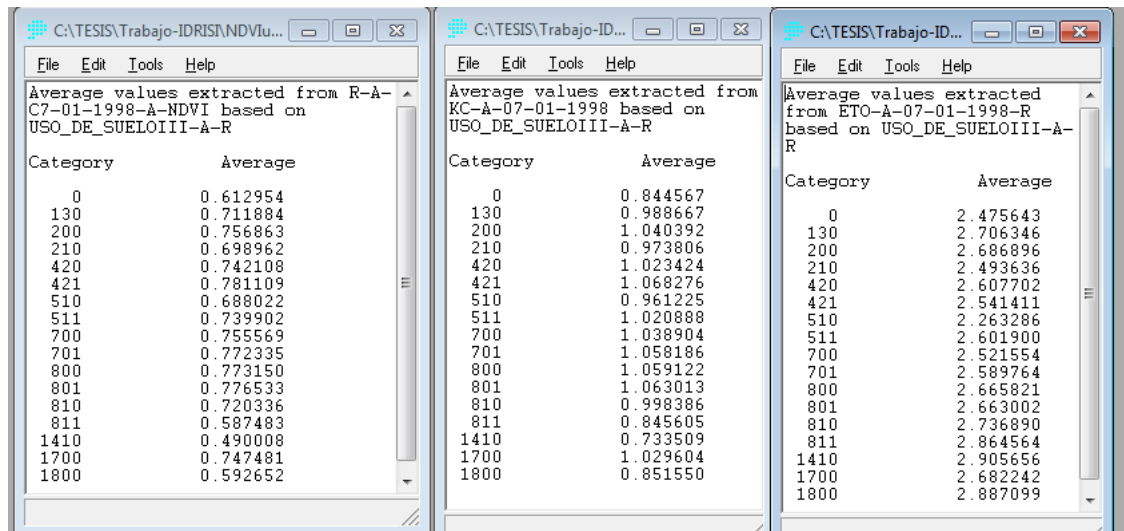


Figura 5.9. Valores de NDVI,  $K_{cv}$  y  $ET_0$  extraídos para cada uso de suelo y vegetación

Para estimar la  $ET_r$  de la Cuenca se realizó en un matriz, en la cual el valor de  $K_{cv}$  de cada uso de suelo se multiplicó por su correspondiente valor de  $ET_0$ . Ni el Lado A ni el Lado B cubren todos los usos de suelo y vegetación que tiene la Cuenca, esto implica que algunos usos de suelo y vegetación no tienen información en todas las fechas, por lo tanto se siguieron los siguientes criterios para estimar el dato faltante:

1. Cuando la fecha de la imagen del dato faltante se encuentra entre dos imágenes con fechas cercanas: se asigna el promedio de los valores de las dos fechas cercanas.
2. La fecha de la imagen del dato faltante tiene disponible una imagen con fecha cercana: se asigna el valor de esa fecha cercana.
3. Existen más de dos fechas contiguas con datos faltantes: se asigna el promedio de todos los valores de ese uso de suelo y vegetación.

Cabe señalar que a los principales usos de suelo y vegetación (cubren el 75% de la superficie de la Cuenca aproximadamente) no se les estimó ningún dato faltante. Con los cuadros de evapotranspiración completos se convirtió la lámina de  $ET_r$  a millones de metros cúbicos.



Cuadro 5.9. Datos de evapotranspiración para la cuenca del río La Sierra en el día 7 de enero de 1998

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm* día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm* día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup> * día <sup>-1</sup> )
PASTIZAL CULTIVADO	130	1,326.441	29.972%	0.712	0.989	2.706	2.676	3.549
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200	413.645	9.347%	0.757	1.040	2.687	2.795	1.156
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210	587.136	13.267%	0.699	0.974	2.494	2.428	1.426
BOSQUE DE PINO	420	44.725	1.011%	0.742	1.023	2.608	2.669	0.119
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421	143.004	3.231%	0.781	1.068	2.541	2.715	0.388
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510	75.267	1.701%	0.688	0.961	2.263	2.176	0.164
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511	136.798	3.091%	0.740	1.021	2.602	2.656	0.363
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601	* 8.479	0.192%	0.734	1.014	2.390	2.423	0.0205
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700	490.957	11.094%	0.756	1.039	2.522	2.620	1.286
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701	495.055	11.186%	0.772	1.058	2.590	2.740	1.357
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800	275.954	6.235%	0.773	1.059	2.666	2.823	0.779
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801	367.146	8.296%	0.777	1.063	2.663	2.831	1.039
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810	3.376	0.076%	0.720	0.998	2.737	2.732	0.009
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811	4.942	0.112%	0.587	0.846	2.865	2.422	0.0120
PASTIZAL INDUCIDO	1330	* 12.685	0.287%	0.732	1.011	2.568	2.597	0.033
POPAL-TULAR	1410	28.581	0.646%	0.490	0.734	2.906	2.131	0.061
ASENTAMIENTO HUMANO	1700	6.016	0.136%	-	-	-	-	0.000
CUERPO DE AGUA	1800	5.405	0.122%	-	-	-	-	0.000
<b>PROMEDIO=</b>		<b>**4,425.611</b>	<b>**100.00%</b>	<b>0.716</b>	<b>0.994</b>	<b>2.613</b>	<b>2.590</b>	<b>**11.763</b>

\* Valores estimados como dato faltante

\*\*Suma





Los volúmenes de evapotranspiración para cada fecha se presentan en el Anexo A.15 y los totales para cada fecha en el Cuadro 5.10.

Cuadro 5.10. Volúmenes evapotranspirados por día en la cuenca del río La Sierra

Fecha	*NDVI	*K <sub>cv</sub>	*ET <sub>o</sub> (mm*día <sup>-1</sup> )	*ET <sub>r</sub> (mm*día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> *10 <sup>6</sup> * día <sup>-1</sup> )
7/01/98	0.716	0.994	2.613	2.590	11.763
1/02/98	0.742	1.023	2.427	2.477	11.288
8/02/98	0.634	0.899	2.605	2.351	10.140
17/02/98	0.619	0.882	3.000	2.634	11.896
5/03/98	0.650	0.917	2.857	2.616	11.680
28/03/98	0.593	0.851	3.092	2.625	11.359
6/04/98	0.562	0.817	3.540	2.856	12.745
13/04/98	0.547	0.800	3.232	2.577	11.523
9/06/98	0.525	0.774	2.513	1.966	8.823
11/07/98	0.665	0.935	2.428	2.262	9.717
12/08/98	0.694	0.968	2.380	2.294	10.423
13/09/98	0.728	1.008	2.370	2.367	10.289

\*son los promedios de todos los usos de suelo para esa fecha

Toda la información de NDVI, K<sub>cv</sub>, ET<sub>o</sub> y ET<sub>r</sub> para todos los usos de suelo y vegetación en las diferentes fechas de las imágenes satelitales de 1998 se puede ver en el Anexo A.13 de este trabajo y en el Anexo A.14 las gráficas de los mismos.

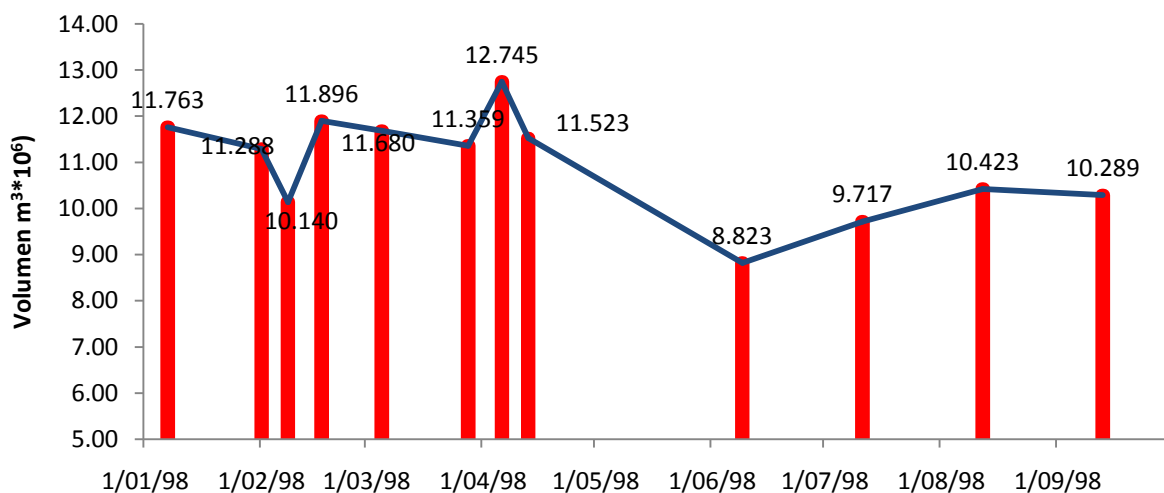


Figura 5.10. Volumen diario evapotranspirado en la cuenca del río La Sierra a 9 fechas mencionadas de 1998.





La evapotranspiración real media mensual,  $ET_{rj}$ , de la Cuenca se estima con el promedio de los valores de evapotranspiración real diario,  $ET_{ri}$ , de las fechas de cada mes; de esta forma se hace un análisis y contraste mensual con la evaporación y precipitación de la Cuenca, Cuadro 5.11.

Cuadro 5.11. Análisis y contraste mensual de la  $ET_r$  de la cuenca del río La Sierra

MESES	$ET_r$ (mm*día <sup>-1</sup> )	NDM <sub>j</sub>	$ET_{rj}$ (mm)	-Ev <sub>j</sub> (mm)	$ET_r/E$ (adim)	-P <sub>j</sub> (mm)	$ET_r/P$ (%)
Enero	2.590	31	80.290	76.30	1.052	168.4	47.68
Febrero	2.487	28	69.645	80.60	0.864	149.1	46.71
Marzo	2.621	31	81.236	115.20	0.705	98.5	82.47
Abril	2.717	30	81.495	125.30	0.650	89.4	91.16
Mayo	-----	31	-----	143.20	-----	131.5	-----
Junio	1.966	30	58.980	116.30	0.507	305.7	19.29
Julio	2.262	31	70.122	121.00	0.580	267.2	26.24
Agosto	2.294	31	71.114	116.30	0.611	324.3	21.93
Septiembre	2.367	30	71.010	100.80	0.704	410.1	17.32
<b>Suma=</b>	<b>*2.413</b>	<b>242</b>	<b>583.892</b>	<b>995.0</b>	<b>*0.709</b>	<b>1,944.2</b>	<b>*44.10</b>

\*Promedio  
-Ev<sub>j</sub> y -P<sub>j</sub>, Cuadro 4.9. y Cuadro 4.10. respectivamente.

En el Cuadro 5.11. se observa que el coeficiente  $ET_r/E$  disminuye cuando la precipitación aumenta y se incrementa cuando la precipitación disminuye, el promedio es de 0.709, muy cercano a 0.7. La fracción promedio de la precipitación que se evapotranspira,  $ET_r/P$ , en la Cuenca es de 44.10%, en el mes más seco es de 91.16% mientras que en el mes más lluvioso es de 17.32%.

Con la finalidad de obtener la distribución anual de la  $ET_{rj}$ , Figura 5.11. se estimaron sus valores para los meses faltantes (mayo, octubre, noviembre y diciembre) multiplicando el promedio de  $ET_r/E=0.709$  (Cuadro 5.11. ) por la  $E_j$  de esos meses, Cuadro 5.12.







Cuadro 5.12. Análisis y contraste anual de la  $ET_r$  de la cuenca del río La Sierra

MESES	$ET_r$ ( $mm \cdot día^{-1}$ )	$NDM_j$	$ET_{rj}$ (mm)	$-E_j$ (mm)	$ET_r/E$ (adim)	$-P_j$ (mm)	$ET_r/P$ (%)
Enero	2.590	31	80.290	76.3	1.052	168.4	47.678
Febrero	2.487	28	69.645	80.6	0.864	149.1	46.710
Marzo	2.621	31	81.236	115.2	0.705	98.5	82.473
Abril	2.717	30	81.495	125.3	0.650	89.4	91.158
Mayo	3.277	31	101.574	143.2	0.709	131.5	77.243
Junio	1.966	30	58.980	116.3	0.507	305.7	19.293
Julio	2.262	31	70.122	121.0	0.580	267.2	26.243
Agosto	2.294	31	71.114	116.3	0.611	324.3	21.928
Septiembre	2.367	30	71.010	100.8	0.704	410.1	17.315
Octubre	2.103	31	65.186	91.9	0.709	345.0	18.894
Noviembre	1.896	30	56.887	80.2	0.709	223.1	25.498
Diciembre	1.684	31	52.206	73.6	0.709	189.4	27.564
<b>Sumas</b>	<b>28.264</b>	<b>365</b>	<b>859.745</b>	<b>1240.7</b>	<b>0.693</b>	<b>2,701.7</b>	<b>31.822</b>
<b>Media mensual</b>	-----	-----	<b>71.645</b>	<b>103.4</b>	-----	<b>225.1</b>	-----
<b>Media diaria</b>	<b>2.355</b>	-----	<b>2.355</b>	<b>3.4</b>	-----	<b>7.4</b>	-----

$-E_j$  y  $P_j$ , Cuadro 4.9. y Cuadro 4.10. respectivamente.

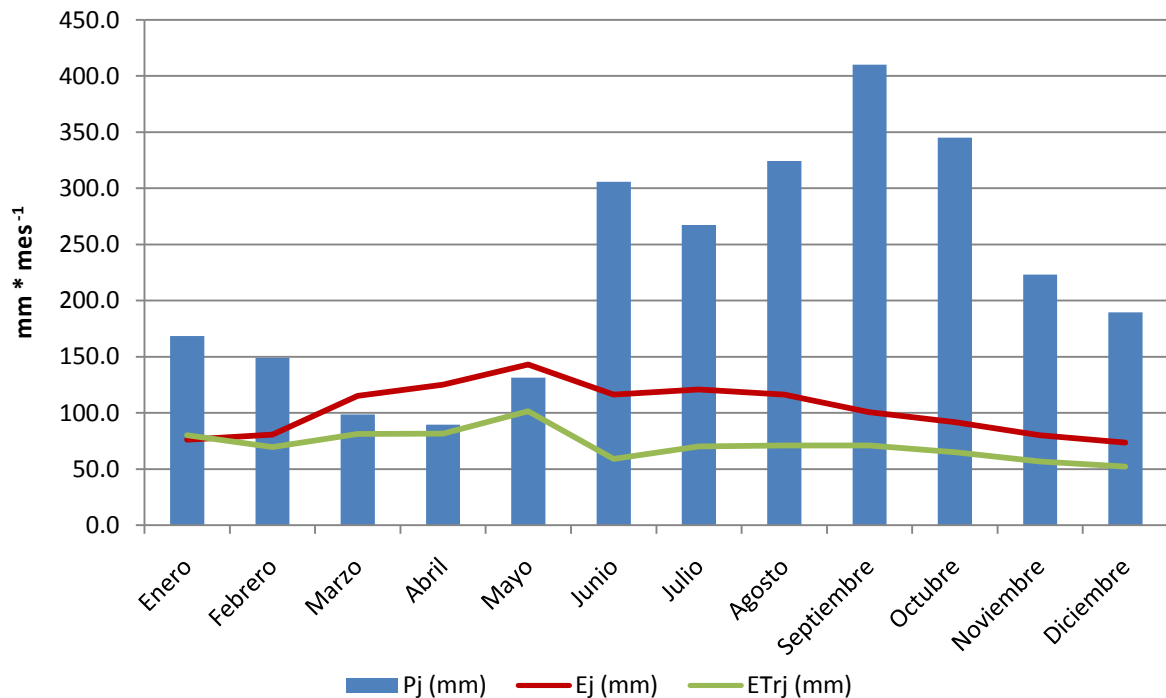


Figura 5.11. Distribución anual de  $P_j$ ,  $E_j$  y  $ET_{rj}$  en la cuenca del río La Sierra





Los volúmenes mensuales evapotranspirados en la Cuenca se calculan mediante la Ecuación

$$VET_{r_j} = \overline{ET_{r_j}} * NDM_j * A_c \quad (5.9)$$

donde:

$VET_{r_j}$ : Volumen de evapotranspiración real del mes j, m<sup>3</sup>

$\overline{ET_{r_j}}$ : Evapotranspiración real media diaria del mes j (m\*día<sup>-1</sup>)

$NDM_j$ : Número de días máximo del mes j, 28, 29, 30 o 31 días

j: indica el número del mes, 1, 2, 3,...,11,12)

$A_c$ : Área de la cuenca, m<sup>2</sup>.

Cuadro 5.13. Volúmenes mensuales evapotranspirados en la cuenca del río La Sierra

MESES	$ET_r$ (mm*día <sup>-1</sup> )	$NDM_j$	$ET_{r_j}$ (mm)	$ET_{r_j}$ (m <sup>3</sup> *10 <sup>6</sup> )
Enero	2.590	31	80.290	355.323
Febrero	2.487	28	69.645	308.215
Marzo	2.621	31	81.236	359.507
Abril	2.717	30	81.495	360.656
Mayo	3.277	31	101.574	449.516
Junio	1.966	30	58.980	261.016
Julio	2.262	31	70.122	310.325
Agosto	2.294	31	71.114	314.715
Septiembre	2.367	30	71.010	314.254
Octubre	2.103	31	65.186	288.482
Noviembre	1.896	30	56.887	251.754
Diciembre	1.684	31	52.206	231.036
<b>Sumas</b>	*2.355	365	859.745	3,804.799

\*Promedio





## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Se considera aceptable estimación de la evapotranspiración en la cuenca del río La Sierra en 12 fechas de 1998 de diferente mes para cada uso de suelo y vegetación presentes en la misma.

La corrección de la  $ET_o$  calculada con Hargreaves evita que se sobrestime el valor de evapotranspiración, existe dependencia lineal entre  $ET_o$  calculada con Penman- Monteith y los otros tres métodos; a pesar de que Hargreaves es el que menos se ajusta tiene gran ventaja sobre los otros por la disponibilidad de información para su cálculo.

Se obtuvieron modelos de regresión lineal simple para estimar la temperatura ambiente,  $T_a$ , a partir de la temperatura de la superficie,  $T_s$ , tiene la ventaja que se puede estimar la  $T_a$  para cada pixel de la imagen que cubre la Cuenca. Los modelos aceptados son:

$$\text{Lado A} \quad T_a = T_s * 0.099 + 264.601; \quad R^2=0.877$$

$$\text{Lado B} \quad T_a = T_s * 0.119 + 259.354; \quad R^2=0.902$$

$$\text{General} \quad T_a = T_s * 0.215 + 229.245; \quad R^2=0.497$$

Los modelos de regresión lineal múltiple de tres variables que estiman con mayor proximidad la  $ET_{oe}$  con los índices espectrales estimados en las imágenes satelitales son:

M-Lado A:

$$ET_{oe} = -0.973 * NDVI + 0.140 * T_s - 0.095 * (T_s - T_a) - 38.137$$

Con  $R^2= 0.750$

M-Lado B

$$ET_{oe} = -1.565 * NDVI + 0.195 * T_s - 0.133 * (T_s - T_a) - 53.700$$

Con  $R^2= 0.875$





El modelo de regresión múltiple que estima con mayor proximidad la  $ET_{oe}$  en toda la Cuenca sin hacer distinción en el Lado A y B es:

$$ET_{oe} = -1.545 * NDVI + 0.162 * T_s - 0.101 * (T_s - T_a) - 44.248$$

Con  $R^2 = 0.776$

Los coeficientes de cobertura vegetal,  $K_{cv}$ , calculados para cada uso de suelo y vegetación de la Cuenca son en su mayoría de vegetación perenne, es notable su respuesta a las condiciones climáticas a través de los meses del año.

Si se puede estimar la evapotranspiración de una cuenca a partir de imágenes satelitales; los modelos con mejor ajuste son los que involucran información meteorológica y espectral; además, los que se realizaron con información meteorológica de EMA's presentaron un ajuste aún mayor.

La estimación de la  $ET_r$  propiciará que los balances hídricos de la Cuenca sean un poco más precisos

## 6.2 Recomendaciones

Se recomienda que se realice un modelo de regresión lineal calibrado con información de campo para estimar el  $K_{cv}$  que involucre el NDVI o algún otro índice de vegetación.

Aplicar esta metodología con las imágenes del nuevo satélite Landsat 8 lanzado en este año

Se recomienda que se incremente el número de estaciones meteorológicas automáticas para tener mayor disponibilidad y calidad de información meteorológica.

Se recomienda calibrar los modelos para estimar  $ET_o$  y  $T_a$  para su utilización en otras cuencas del país.





## REFERENCIAS

- Allen R. G.; Pereira L. S.; Raes, D. y Smith M. 2006. *Evapotranspiración del cultivo: Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio FAO. Riego y drenaje, Vol. 56, FAO, Roma, 2006. pp.
- Allen, Richard; Tasumi, M.; Trezza, R. 2007. METRIC: Mapping Evapotranspiration at High Resolution. Applications Manual for Landsat Satellite Imagery. Versión 2.0.2. University of Idaho. Kimberly, Idaho, USA.
- Ángeles, Vicente M. 2002. Diseño agronómico de sistema de riego presurizado. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México.
- Aparicio, Francisco Javier M. 2001. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa S.A. de C.V., México, D.F.
- Calera, A.; Osann A. M.; Bruin de H. 2008. Methodology of Basic Products E.O. Portfolio L1- operational use. Work Package 3: "EO technology for irrigation water control and management " Project deliverable D10a. Participatory multi-Level EO-assisted tools for Irrigation water management and Agricultural Decision-support. Spain.
- Calera, B. A.; y González P. J. 2008. Parámetros biofísicos de la cubierta vegetal. Relaciones operativas para la obtención de mapas de estos parámetros desde las imágenes de satélite. Grupo de Teledetección SIG. Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Castilla La Mancha. UCLM. España.
- Chávez Morales Jesús. 2009. Hidrología Superficial. Apuntes del Curso. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Chow, Ven Te. 2000. Traducción de la primera edición en inglés de Applied Hydrology. Editorial McGraw- Hill. Santafé de Bogotá, Colombia.
- Cogliati M. y Suárez M. 2008 . Variabilidad de la temperatura de superficie en el NW de la Provincia del Neuquen a partir de información satelital. Boletín geográfico. No. 31, pp 13-25. Departamento de Geografía. Edición especial: VII Jornadas Patagónicas de Geografía. Universidad Nacional de Comahue. Neuquen.





- Comisión Nacional del Agua. 1997. Requerimientos de Agua para Riego. Capítulo 2, parte 623. Manual Nacional de Ingeniería. México.
- Cristobal, J. R. y Ninyerola, M. C. 2004. Determinación de la evapotranspiración en Cataluña mediante el uso de la teledetección los sistemas de información geográfica. España.
- E. Chuvieco. 2006. Teledetección ambiental 2ª Edición. Ariel Ciencia.
- Escribano, C. V.; Casanova, J. L. y Delgado, J. A. 1999. Estimación de la evapotranspiración a partir de imágenes de satélite NOAA-AVHRR y METEOSAT. VIII Congreso Nacional de Teledetección. Albacete, España, pp. 229-232.
- Gao, Y; Di Long, Zhao-Liang Li. 2008. "Estimation of daily actual evapotranspiration from remotely sensed data under complex terrain over the upper Chao river basin in North China". International Journal of Remote Sensing, 29:11, 3295-3315.
- García Espinosa Eduardo. 2010. Balance Hídrico de la Cuenca Hidrológica del Distrito de Riego 038 Río Mayo, Estado de Sonora. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- González, J. P.; Rubio E.; Calera A.; Cuesta A. G.; Moratalla A.; Gilabert M.A. 2005. Seguimiento de la Evapotranspiración mediante los Coeficientes de cultivo desde Teledetección. Aplicación a Maíz y Trigo. XI congreso Nacional de Teledetección, 21-23 septiembre 2005. Puerto de la Cruz, Tenerife, España.
- González-Dugo M. P., Lorite I. J., Gavilán. Berenjena J., Santos C., Serrano A. 2007. Estimación de la evapotranspiración en zonas regables combinando datos de teledetección y estaciones meteorológicas. Resumen de los trabajos desarrollados por el grupo de riegos del IFAPA.
- Infante, G. S.; y Zárata de Lara G. P. 2005. *Métodos Estadísticos*. Editorial Trillas, México, 643 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Página web consultada en marzo de 2013. <http://www.inegi.org.mx/>







- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 2006. Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC) III. México.
- Ley de Aguas Nacionales. 2012. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación 6 de junio de 2012, México.
- Melesse A. M., Weng Q., Thenkabail P.S. Senay G. B. 2007. Remote Sensing Sensors and Applications in Environmental Resources Mapping and Modeling, *Sensors*. 2007, 7, 3209-3241. ISSN 1424-8220.
- OTT Hydromet. 2011. HYDRAS 3 versión 2.70: software para hidrología, meteorología y protección del medio ambiente. Alemania.
- Palacios, Enrique V. 2007. Apuntes del Curso La operación de los sistemas de riego con apoyo de las técnicas de la información. Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Palacios, Luis A. S.; Paz, F. P.; Oropeza, J.L.M.; Figueroa, B. S.; Martínez, M. M.; Ortiz, C.A. S.; Exebio, A.G. 2006. Clasificador Genérico de Objetos en Imágenes ETM+. *Agrociencia*, septiembre-octubre. Vol. 40, número 005. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. pp 613- 626.
- Quintana, Carlos F. S. 2009. Estimación de evapotranspiración utilizando datos de sensores remotos satelitales. Facultad de Ingeniería Agrícola, Departamento de Recursos Hídricos, Universidad de Concepción. Chile.
- Roblero, Rodrigo H. 2013. Modelación hidrometeorológica de áreas con riesgos de inundación en la cuenca del río La Sierra, en los estados de Chiapas y Tabasco, México. Tesis. Programa de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, Estado de México.
- Sánchez E, Torres M., Palacios A., Aguilar M., Pino I., Granado I. 2000. Comparación del NDVI con el PVI y el SAVI como Indicadores para la Asignación de Modelos de Combustible para la Estimación del riesgo de Incendios en Andalucía. *Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible*. Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá, 2000: 164-174.





- Sánchez M. I. 2001. Métodos de estimación de evapotranspiración utilizados en Chile. Revista de Geografía Norte Grande, Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía. No. 28/2001- ISSN 0379-8682.
- Sánchez, M.; Carvacho L. 2006. Estimación de evapotranspiración potencial, ETP, a partir de imágenes NOAA-AVHRR en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Revista de Geografía Norte Grande, No. 36, p. 49-60. Chile.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2006. Extractor Rápido de Información Climatológica III. Comisión Nacional del Agua. México.
- Subdirección de Hidrología. 1980. Boletín Hidrológico. Región Hidrológica Núm. 30, Cuenca del La Sierra y Teapa. Direccione General de Estudios, Subsecretaría de Planeación. Secretaria de Recursos Hidráulicos. México.
- United States Geological Survey (USGS). Página Web consultada en marzo de 2012. <http://glovis.usgs.gov/>
- Victoria, Arturo H.; Niño, M. A.; Rodríguez, J. A. A.; Argumedo, J. A. E. (2012). Generación de Información de Uso de Suelo y Vegetación. Proyectos y Convenios escala 1:50 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.





# ANEXOS

A.1	RELACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES DISPONIBLES.....	135
A.2	PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA (mm) .....	138
A.3	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA (°C) .....	140
A.4	EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA (mm) .....	142
A.5	DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA ARROYO GRANDE, CHIAPAS.....	144
A.6	DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA CANCUC, CHIAPAS .....	151
A.7	DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA COBACH, CHIAPAS .....	159
A.8	DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA EL ESCALON, CHIAPAS .....	166
A.9	DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA LARRAINZAR .....	173
A.10	DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA TAPILULA, CHIAPAS.....	181
A.11	MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL DE LAS 6 EMA's PARA CORRECCIÓN DE $ET_o$ .....	188
A.12	VALORES PARA OBTENER LOS MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL $ET_{oe}$ .....	190
A.13	NDVI, $K_{cv}$ , $ET_o$ Y $ET_r$ POR CADA USO DE SUELO.....	194
A.14	GRÁFICAS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN PARA CADA USO DE SUELO Y VEGETACIÓN .....	198
A.15	EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA CUENCA EN LA FECHA DE CADA IMAGEN DE SATELITE DE 1998 .....	206
A.16	MAPAS.....	212





## A.1 RELACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES DISPONIBLES

Lado	Hora meridional	Día	Mes	Año	Cobertura de nubes
A	15:55:56	23	4	1990	20%
A	15:57:54	30	3	1993	0
A	15:48:15	15	1	1995	0
A	15:46:58	16	2	1995	0
A	15:39:17	11	8	1995	10
A	16:11:00	7	1	1998	0
A	16:11:42	8	2	1998	0
A	16:12:27	28	3	1998	0
A	16:12:39	13	4	1998	0
A	16:14:54	11	2	1999	10
A	16:14:54	27	2	1999	0
A	16:14:22	2	5	1999	0
A	16:10:28	18	4	2000	10
A	16:23:28	11	6	2008	25
A	16:25:31	1	4	2011	3
A	16:25:18	3	5	2011	59
A	16:25:08	4	6	2011	44
B	16:01:53	3	2	1990	0
B	16:01:39	19	2	1990	0
B	15:49:44	16	4	1990	0
B	15:51:10	3	4	1991	0
B	15:51:11	18	1	1993	10
B	15:51:21	3	2	1993	0
B	15:51:40	23	3	1993	0
B	15:51:46	8	4	1993	0
B	15:51:55	24	4	1993	0
B	15:52:02	26	5	1993	20
B	15:51:55	13	7	1993	0
B	15:51:53	29	7	1993	10
B	15:51:49	15	9	1993	0
B	15:51:41	17	10	1993	0
B	15:51:35	2	11	1993	0
B	15:51:23	4	12	1993	0
B	15:51:15	20	12	1993	0
B	15:50:26	22	2	1994	10
B	15:49:57	26	3	1994	0
B	15:48:27	14	6	1994	10





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Lado	Hora meridional	Día	Mes	Año	Cobertura de nubes
B	15:46:46	17	8	1994	20
B	15:46:23	2	9	1994	10
B	15:44:26	5	11	1994	20
B	15:43:52	21	11	1994	0
B	15:39:48	13	3	1995	0
B	15:37:47	30	4	1995	0
B	15:37:04	16	5	1995	0
B	15:34:08	19	7	1995	20
B	15:28:59	8	11	1995	0
B	15:32:32	11	1	1996	0
B	15:33:40	27	1	1996	0
B	15:35:51	28	2	1996	0
B	15:36:54	15	3	1996	0
B	15:37:55	31	3	1996	0
B	15:39:51	2	5	1996	0
B	15:40:47	18	5	1996	20
B	15:43:23	5	7	1996	20
B	15:45:05	6	8	1996	0
B	15:46:48	7	9	1996	0
B	15:49:20	25	10	1996	0
B	15:51:36	12	12	1996	0
B	15:52:22	28	12	1996	10
B	16:05:22	1	2	1998	0
B	16:05:41	17	2	1998	0
B	16:05:56	5	3	1998	0
B	16:06:23	6	4	1998	0
B	16:07:20	9	6	1998	10
B	16:07:43	11	7	1998	10
B	16:07:57	12	8	1998	10
B	16:08:15	13	9	1998	10
B	16:08:30	18	12	1998	15
B	16:08:31	19	1	1999	0
B	16:08:38	4	2	1999	20
B	16:08:46	20	2	1999	0
B	16:08:37	8	3	1999	0
B	16:08:21	24	3	1999	0
B	16:08:12	9	4	1999	0
B	16:08:14	25	4	1999	0
B	16:08:04	11	5	1999	0





Lado	Hora meridional	Día	Mes	Año	Cobertura de nubes
B	16:07:40	27	5	1999	0
B	16:07:19	28	6	1999	10
B	16:07:13	14	7	1999	10
B	16:07:06	15	8	1999	0
B	16:05:02	19	11	1999	20
B	16:04:38	5	12	1999	0
B	16:04:11	22	1	2000	0
B	16:03:03	23	2	2000	0
B	16:03:01	10	3	2000	0
B	16:03:55	11	4	2000	0
B	16:05:15	13	5	2000	0
B	16:06:14	30	6	2000	20
B	16:06:33	16	7	2000	0
B	16:06:43	1	8	2000	20
B	16:07:32	2	9	2000	20
B	16:08:45	7	12	2000	20
B	16:09:24	24	1	2001	0
B	16:09:32	9	2	2001	20
B	16:09:37	25	2	2001	20
B	16:09:37	13	3	2001	10
B	16:09:40	29	3	2001	0
B	16:09:28	14	4	2001	20
B	16:20:08	16	12	2009	49
B	16:19:26	4	1	2011	10
B	16:19:26	20	1	2011	19
B	16:19:29	21	2	2011	0
B	16:19:26	9	3	2011	0
B	16:19:17	10	4	2011	7







## A.2 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA (mm)

CLAVE	NOMBRE	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
7001	ABASOLO CHIAPAS,OCOSINGO	47.8	43.9	54.7	79.2	145.1	293.3	246.1	280.4	348.3	200.6	99.5	76.1	1915.0
7005	ALMANDRO, HUITIUPAN	53.3	38.1	30.0	47.3	123.4	245.0	201.8	246.0	282.1	177.3	91.9	67.0	1603.2
7006	ALTAMIRANO, ALTAMIRANO	51.5	44.8	48.0	59.2	134.7	262.0	215.5	218.6	285.4	196.1	84.8	70.7	1671.3
7015	BOCHIL, BOCHIL	10.0	13.5	14.4	33.3	96.1	236.8	180.8	213.5	250.3	118.6	41.3	21.0	1229.6
7030	CHAMULA, CHAMULA	37.7	34.0	29.2	48.2	112.3	224.5	142.7	170.8	219.4	134.8	63.8	43.5	1260.9
7031	CHANAL, CHENALHO	57.6	47.0	48.1	60.3	113.2	204.8	156.0	176.4	212.1	142.6	86.1	73.6	1377.8
7032	CHAPULTENANGO	295.9	220.7	192.6	189.7	232.9	393.1	426.8	428.4	573.0	570.8	377.4	313.4	4214.7
7033	CHENALHO, CHENALHO	42.5	34.5	46.0	71.3	147.8	339.3	270.1	281.3	363.7	216.2	86.0	68.7	1967.4
7036	CHILIL, HUIXTAN	22.5	21.4	22.2	39.5	131.4	207.1	134.6	167.2	210.1	119.8	57.7	33.2	1166.7
7040	EL BARRERO, IXTAPA	5.2	4.8	11.8	34.2	118.5	291.4	251.4	247.6	308.0	118.6	30.0	10.4	1431.9
7064	FINCA MORELIA, TILA	109.7	85.7	101.8	74.1	139.9	326.6	291.6	324.4	428.5	349.2	205.9	125.7	2563.1
7071	GUAQUITEPEC, CHILON	84.2	64.5	65.3	78.5	139.9	279.2	180.7	229.8	325.0	229.2	125.4	98.5	1900.2
7076	HUISTAN, HUISTAN	18.9	15.5	26.7	57.5	110.7	214.3	135.2	169.6	201.8	115.3	53.8	28.2	1147.5
7080	ITZANTUM, HUITIUPAN	180.1	180.1	120.5	38.0	59.5	208.0	232.1	317.0	311.5	154.5	180.1	180.1	2161.7
7083	IXTAPA, IXTAPA (SMN)	27.9	10.1	14.5	63.1	88.2	338.2	333.9	301.9	276.8	139.8	40.0	18.4	1652.8
7087	LA CABAÑA, S.C.LAS CASAS	9.8	11.8	16.6	44.6	107.0	225.6	144.9	152.1	213.6	107.1	34.0	12.2	1079.3
7109	LOS ARCOS, S.C.LAS CASAS	23.7	18.9	45.2	40.4	90.0	224.4	138.6	170.9	212.1	120.6	43.8	18.5	1147.1
7122	OCOSINGO, OCOSINGO (SMN)	52.0	43.7	55.6	68.4	136.5	289.0	240.6	225.6	377.3	241.4	107.6	44.3	1882.0
7125	OXCHUC, OXCHUC	63.2	46.3	45.9	70.2	126.1	224.4	161.0	214.9	275.1	176.3	114.9	71.3	1589.6
7128	PICHUCALCO, PICHUCALCO	288.1	220.7	147.6	134.7	189.8	357.7	382.2	408.1	543.3	465.5	356.7	310.3	3804.7
7147	SAN JOAQUIN, PICHUCALCO	276.5	215.7	125.5	107.2	159.5	355.2	335.8	398.1	566.6	470.5	309.9	286.0	3606.5
7149	SAN PEDRO CHENALHO	37.8	36.6	30.1	48.6	109.4	279.8	218.2	263.6	291.4	167.3	66.2	47.0	1596.0
7160	SIMOJOVEL DE A. DE A.	59.9	61.2	34.3	49.0	127.4	314.1	230.8	299.3	341.2	201.8	116.4	80.1	1915.5
7162	SOYALO, SOYALO	4.0	7.3	8.4	43.8	107.0	233.8	225.5	206.8	230.2	64.1	23.7	10.4	1165.0
7167	TAPILULA, TAPILULA	189.0	167.4	97.5	105.1	161.6	331.5	275.6	318.4	417.2	391.4	259.7	209.3	2923.7
7179	ALTAMIRANO, ALTAMIRANO	50.3	44.5	38.2	55.3	129.5	236.5	196.0	225.2	272.6	187.6	83.5	65.7	1584.9
7186	FINCA EL ESCALON, AMATÁN	197.0	224.8	187.8	125.6	228.8	442.2	389.6	450.7	605.8	598.1	282.5	263.7	3996.6
7188	IXTAPA, IXTAPA (CFE)	4.8	2.6	6.6	24.7	81.3	239.5	243.6	269.5	272.9	92.9	19.0	9.1	1266.5
7192	OCOSINGO, OCOSINGO (CFE)	46.5	43.9	42.5	53.1	119.5	218.8	154.0	168.0	233.4	167.5	75.8	54.5	1377.5
7194	RAYON, RAYON	159.6	186.9	99.2	100.7	149.3	296.8	209.9	273.0	290.8	346.3	278.9	236.6	2628.0
7195	SABANILLA, SABANILLA	77.9	71.9	47.2	57.1	127.1	261.0	205.9	247.7	329.3	274.0	142.2	94.5	1935.8
7198	SIMOJOVEL DE A. (SMN)	43.5	37.9	31.7	34.0	89.6	187.2	163.1	167.5	198.9	152.9	75.4	60.4	1242.1
7207	LARRAINZAR, LARRAINZAR	68.8	58.5	43.4	70.5	133.6	248.2	201.1	248.7	315.4	184.1	95.2	69.8	1737.3
7212	ZINACANTAN, ZINACANTAN	11.8	4.6	15.5	74.8	162.3	243.8	143.0	160.2	204.4	149.8	41.2	35.2	1246.6
7215	ALTAMIRANO, ALTAMIRANO	41.4	46.2	35.4	59.9	154.7	277.8	216.0	229.1	307.3	174.1	79.0	54.3	1675.2
7217	SOLOSUCHIAPAN	344.7	356.2	190.8	204.8	197.0	499.2	448.3	557.1	699.9	743.2	483.1	413.3	5137.6





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

CLAVE	NOMBRE	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
7325	LAS OLLAS, SAN J. CHAMULA	23.5	64.4	46.1	80.1	160.7	212.9	189.7	257.1	311.9	145.7	126.9	69.1	1688.1
7343	CUAHUTEMOC, IXTAPA	4.0	3.8	5.7	10.0	69.8	239.2	202.3	233.3	274.9	89.0	23.2	8.7	1163.9
7355	UNION ZARAGOZA, JITOTOL	44.9	44.5	26.7	39.9	121.4	262.6	210.7	238.6	270.4	155.5	97.3	80.2	1592.7
7357	EL BOSQUE, EL BOSQUE	181.5	89.8	44.3	31.6	100.0	95.2	440.7	254.5	592.9	271.0	176.1	160.0	2437.6
7365	OCOTEPEC, OCOTEPEC	241.5	214.0	119.5	127.2	148.9	279.2	232.8	284.5	470.6	485.4	326.5	326.7	3256.8
7390	TZONTEHUIZTZ,S.J.CHAMULA	2.7	4.5	10.0	41.9	168.9	433.3	317.2	445.0	466.2	262.6	40.0	9.5	2201.8
27011	DOS PATRIAS, TACOTALPA	187.8	145.3	103.7	96.5	152.9	307.9	291.0	350.8	482.0	414.4	259.4	208.6	3000.3
27014	ESCUELA INGENIERIA, DGE	123.5	88.6	48.3	39.2	55.8	229.8	152.0	181.2	227.2	281.7	197.5	92.8	1717.6
27019	JALAPA, JALAPA (DGE)	171.1	136.2	81.3	72.6	133.2	278.9	197.0	318.8	419.5	387.7	245.4	188.9	2630.6
27024	LA HUASTECA, TEAPA (DGE)	140.5	161.2	82.7	77.9	99.3	305.2	247.1	349.1	391.9	386.2	279.9	206.2	2727.2
27025	L. CARDENAS, MACUSPANA	122.8	36.4	156.8	62.8	117.1	235.4	253.2	418.6	308.5	201.0	249.5	43.6	2205.7
27027	LOMAS ALEGRES, TACOTALPA	206.2	183.1	112.6	101.1	131.6	319.0	258.7	393.3	482.7	463.0	323.1	227.5	3201.9
27037	PUEBLO NUEVO, CENTRO	134.5	82.1	59.7	47.3	97.6	238.9	192.1	240.0	348.5	303.4	182.3	134.0	2060.4
27042	TAPIJULAPA, TACOTALPA	259.4	206.4	142.9	149.2	197.5	355.4	276.8	359.7	526.9	503.7	321.3	258.9	3558.1
27043	TACOTALPA, TACOTALPA	272.7	104.3	150.0	135.9	108.1	338.3	322.6	394.3	409.1	481.6	194.9	241.2	3153.0
27044	TEAPA, TEAPA (DGE)	261.4	206.7	120.1	111.4	153.2	363.6	295.5	394.9	538.3	470.4	287.0	273.2	3475.7
27045	TEAPA,TEAPA (SMN)	297.0	250.6	157.0	128.9	172.0	367.9	337.8	448.1	599.9	480.0	339.9	322.3	3901.4
27049	TEQUILA, JALAPA (DGE)	120.9	113.1	75.1	90.1	100.7	243.2	193.3	260.8	354.2	362.4	204.4	124.9	2243.1
27054	VILLAHERMOSA,CENTRO(DGE)	120.3	75.9	54.3	46.7	96.4	208.6	181.1	217.3	320.3	304.1	181.2	149.1	1955.3
27055	VILLAHERMOSA,CENTRO(SMN)	155.2	93.3	81.5	54.6	100.4	234.0	224.7	233.4	343.7	314.9	187.8	169.0	2192.5
27061	PUYACATENGO, TEAPA (DGE)	268.4	255.0	136.4	143.4	180.2	417.0	279.1	438.9	584.7	497.7	369.6	323.7	3894.1
27065	DOS MONTES, CENTRO (DGE)	98.0	83.0	32.1	32.6	91.1	211.6	137.5	198.1	291.9	262.0	142.8	112.3	1693.0
27068	CAMPO EXP. PUYACATENGO,	305.5	253.2	165.3	133.6	187.5	379.9	284.5	390.6	584.3	528.5	389.4	342.6	3944.9
27070	OXOLOTAN, TACOTALPA (DGE)	235.8	200.7	139.0	139.3	201.3	393.8	252.4	303.0	482.3	463.6	314.1	278.8	3404.1
27071	AQUILES SERDAN SAN FDO.	120.9	115.2	66.3	72.9	136.7	274.3	165.9	269.8	353.6	332.2	158.0	164.8	2230.6
	<b>Media=</b>	<b>118.0</b>	<b>98.0</b>	<b>71.9</b>	<b>75.6</b>	<b>132.2</b>	<b>283.2</b>	<b>237.0</b>	<b>283.6</b>	<b>364.4</b>	<b>283.7</b>	<b>169.3</b>	<b>134.3</b>	<b>2251.3</b>
	<b>Máxima=</b>	<b>344.7</b>	<b>356.2</b>	<b>192.6</b>	<b>204.8</b>	<b>232.9</b>	<b>499.2</b>	<b>448.3</b>	<b>557.1</b>	<b>699.9</b>	<b>743.2</b>	<b>483.1</b>	<b>413.3</b>	<b>5137.6</b>
	<b>Mínima=</b>	<b>2.7</b>	<b>2.6</b>	<b>5.7</b>	<b>10.0</b>	<b>55.8</b>	<b>95.2</b>	<b>134.6</b>	<b>152.1</b>	<b>198.9</b>	<b>64.1</b>	<b>19.0</b>	<b>8.7</b>	<b>1079.3</b>
	<b>Mediana=</b>	<b>84.2</b>	<b>64.5</b>	<b>48.3</b>	<b>63.1</b>	<b>129.5</b>	<b>274.3</b>	<b>224.7</b>	<b>260.8</b>	<b>325.0</b>	<b>241.4</b>	<b>142.2</b>	<b>92.8</b>	<b>1935.8</b>
	<b>Desviación Estándar=</b>	<b>98.5</b>	<b>84.7</b>	<b>52.7</b>	<b>41.0</b>	<b>38.2</b>	<b>73.1</b>	<b>77.3</b>	<b>92.3</b>	<b>128.3</b>	<b>156.0</b>	<b>116.5</b>	<b>108.4</b>	<b>969.9</b>





### A.3 TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA (°C)

CLAVE	NOMBRE	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
7001	ABASOLO CHIAPAS, OCOSINGO	12.9	12.9	14.4	15.8	17.2	17.9	17.2	17.1	17.2	16.3	14.9	13.4	15.6
7005	ALMANDRO, HUITIUPAN	17.4	17.6	19.0	21.6	23.5	24.2	22.9	22.8	22.9	21.9	19.9	18.4	21.0
7006	ALTAMIRANO, ALTAMIRANO	13.7	14.1	15.9	17.3	18.2	18.5	18.1	18.1	18.1	17.2	15.8	14.5	16.6
7015	BOCHIL, BOCHIL	14.4	14.6	16.4	18.3	19.4	19.4	19.1	19.0	18.6	17.8	16.3	14.7	17.3
7030	CHAMULA, CHAMULA	10.6	10.8	12.5	14.0	14.7	14.9	14.6	14.7	14.6	13.5	12.5	11.1	13.2
7031	CHANAL, CHENALHO	10.5	10.7	12.4	14.3	15.2	14.9	14.4	14.2	14.0	13.3	12.4	11.5	13.2
7032	CHAPULTENANGO	18.7	18.9	21.0	22.8	23.8	24.1	23.3	23.4	23.0	22.0	20.4	18.0	21.6
7033	CHENALHO, CHENALHO	14.0	14.1	15.3	16.4	17.1	17.0	16.7	16.9	16.6	15.5	14.6	14.0	15.7
7036	CHILIL, HUIXTAN	11.4	11.5	12.2	12.7	13.5	13.3	13.2	13.2	13.0	13.3	12.1	11.8	12.6
7040	EL BARRERO, IXTAPA	15.6	16.3	18.6	20.6	21.2	20.9	20.5	20.3	19.9	19.2	17.7	16.2	18.9
7064	FINCA MORELIA, TILA	16.9	17.4	19.8	22.1	23.4	23.0	22.6	22.4	22.3	21.2	19.6	17.8	20.7
7071	GUAQUITEPEC, CHILON	16.4	17.1	18.8	20.8	21.9	21.7	21.3	21.3	21.0	19.9	18.8	17.5	19.7
7076	HUISTAN, HUISTAN	11.5	11.8	13.1	14.7	15.5	15.5	15.5	15.4	15.2	14.6	13.2	12.3	14.0
7080	ITZANTUM, HUITIUPAN	21.3	21.3	18.8	19.8	23.2	22.3	22.1	20.7	22.0	21.5	21.3	21.3	21.3
7083	IXTAPA, IXTAPA (SMN)	13.5	14.2	16.4	19.5	21.2	20.3	20.0	19.5	18.1	18.0	16.9	14.1	17.6
7087	LA CABAÑA, S.C.LAS CASAS	8.5	8.8	10.8	12.5	13.8	15.1	14.7	14.6	14.5	13.3	10.8	9.6	12.3
7109	LOS ARCOS, S.C.LAS CASAS	8.5	8.1	10.4	12.1	14.0	14.9	14.5	14.5	14.3	13.3	11.3	8.8	12.1
7122	OCOSINGO, OCOSINGO (SMN)	21.3	21.5	22.9	24.3	25.2	24.8	24.5	24.5	24.5	24.5	23.0	21.9	23.6
7125	OXCHUC, OXCHUC	12.6	13.1	15.3	16.4	16.9	16.7	16.5	16.4	15.9	15.3	13.8	13.0	15.2
7128	PICHUCALCO, PICHUCALCO	20.3	20.6	22.3	23.9	25.2	25.4	24.5	24.4	24.4	23.7	22.2	20.9	23.2
7147	SAN JOAQUIN, PICHUCALCO	19.2	19.5	21.4	23.8	25.4	25.5	24.7	24.6	24.4	23.3	21.4	19.8	22.8
7149	SAN PEDRO CHENALHO	12.6	13.7	15.3	17.7	18.5	17.9	17.4	17.2	17.4	16.3	14.8	13.2	16.0
7160	SIMOJOVEL DE A. DE A.	18.3	18.8	20.6	22.1	22.4	21.6	21.5	21.1	20.8	20.4	19.6	18.3	20.5
7162	SOYALO, SOYALO	16.2	16.8	19.0	21.2	22.5	22.2	21.5	21.0	20.9	20.4	18.7	17.3	19.8
7167	TAPILULA, TAPILULA	17.5	17.8	20.1	22.2	23.1	22.9	22.2	21.8	21.8	20.9	19.4	18.1	20.7
7179	ALTAMIRANO, ALTAMIRANO	12.6	13.0	15.3	17.8	19.7	20.1	19.2	19.0	19.1	18.1	15.7	13.5	16.9
7186	FINCA EL ESCALON, AMATÁN	21.1	21.0	23.3	22.5	23.9	24.2	24.4	23.8	23.5	21.0	21.2	19.6	22.5
7188	IXTAPA, IXTAPA (CFE)	15.6	16.1	18.1	19.8	20.9	20.7	20.1	19.9	19.7	18.9	17.5	16.0	18.6
7192	OCOSINGO, OCOSINGO (CFE)	16.4	16.5	17.7	19.4	20.7	21.1	20.7	20.8	20.6	20.0	18.9	17.4	19.2
7194	RAYON, RAYON	15.1	14.8	18.1	19.2	21.0	20.1	20.4	19.8	19.3	17.3	16.3	15.2	18.1
7195	SABANILLA, SABANILLA	18.3	18.7	20.7	23.2	24.5	24.2	23.5	23.1	23.0	22.1	20.7	19.2	21.8
7198	SIMOJOVEL DE A. (SMN)	18.2	19.0	20.9	22.6	23.8	22.9	23.1	22.8	22.5	21.3	20.2	19.0	21.4
7207	LARRAINZAR, LARRAINZAR	12.1	12.7	14.6	16.0	17.2	17.3	17.2	16.2	15.4	14.9	14.3	13.1	15.1
7215	ALTAMIRANO, ALTAMIRANO	12.7	13.4	15.6	17.6	18.5	18.9	18.5	18.1	17.8	17.5	15.3	13.8	16.5
7217	SOLOSUCHIAPAN	18.5	18.8	21.1	23.0	24.9	24.7	23.9	23.7	23.4	22.5	20.9	19.2	22.1
7325	LAS OLLAS, SAN J. CHAMULA	8.1	8.9	11.2	12.1	12.4	13.4	12.7	12.5	12.1	11.4	9.7	9.2	11.1





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

CLAVE	NOMBRE	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
7343	CUAHUTEMOC, IXTAPA	18.0	18.8	20.1	20.6	21.1	21.0	20.8	20.5	20.7	19.9	19.1	17.3	19.8
7346	FCA.NVA.LINDA,LA CONCORD	13.1	14.3	16.4	21.3	19.7	20.8	20.0	20.9	19.2	17.4	15.2	14.2	17.7
7355	UNION ZARAGOZA, JITOTOL	11.7	12.3	12.7	13.8	14.2	14.1	13.4	14.2	13.6	13.1	12.6	12.4	13.2
7357	EL BOSQUE, EL BOSQUE	17.0	16.9	16.7	16.4	16.9	16.9	16.9	17.5	16.9	17.8	17.4	17.4	17.1
7365	OCOTEPEC, OCOTEPEC	15.0	16.2	17.6	19.3	20.0	20.2	19.7	19.4	19.2	18.5	17.6	16.0	18.2
7390	TZONTEHUIZTZ,S.J.CHAMULA	16.2	16.4	19.8	22.2	23.4	22.9	21.9	21.6	21.9	21.0	19.6	17.2	20.3
27011	DOS PATRIAS, TACOTALPA	19.3	19.7	21.7	23.7	25.0	24.9	24.2	23.9	23.8	22.9	21.3	19.9	22.5
27014	ESCUELA INGENIERIA, DGE	20.8	20.6	23.3	25.1	26.8	26.7	26.1	25.8	25.8	24.9	23.1	21.5	24.2
27024	LA HUASTECA, TEAPA (DGE)	19.6	20.1	22.3	24.1	25.9	25.9	25.2	25.0	24.8	23.9	22.2	20.7	23.3
27027	LOMAS ALEGRES, TACOTALPA	19.7	19.8	22.0	24.2	25.7	25.4	24.7	24.6	24.7	23.6	21.9	20.1	23.0
27037	PUEBLO NUEVO, CENTRO	19.5	19.8	21.7	23.8	25.3	25.5	24.9	24.8	24.5	23.5	21.7	20.2	22.9
27042	TAPIJULAPA, TACOTALPA	19.8	20.2	22.1	24.1	25.6	25.6	24.7	24.6	24.5	23.6	22.0	20.4	23.1
27044	TEAPA, TEAPA (DGE)	19.5	20.0	21.9	24.2	25.6	25.6	24.9	24.7	24.5	23.5	21.7	20.2	23.0
27045	TEAPA,TEAPA (SMN)	20.2	20.8	22.4	24.1	25.4	25.1	24.5	24.5	24.4	23.6	22.0	20.7	23.1
27049	TEQUILA, JALAPA (DGE)	20.9	20.9	22.9	24.6	25.8	25.8	25.3	24.9	25.0	23.8	23.2	21.7	23.7
27054	VILLAHERMOSA,CENTRO(DGE)	20.6	21.1	23.0	25.1	26.6	26.7	26.2	26.0	25.6	24.6	23.1	21.5	24.2
27055	VILLAHERMOSA,CENTRO(SMN)	20.6	21.2	22.7	24.1	24.7	24.7	24.5	24.7	24.6	23.8	22.5	21.3	23.3
27061	PUYACATENGO, TEAPA (DGE)	19.9	19.7	20.7	23.1	24.5	24.3	23.4	23.7	24.2	23.1	22.0	20.0	22.4
27068	CAMPO EXP. PUYACATENGO,	19.3	19.8	21.3	23.7	25.2	25.3	24.5	24.2	24.1	23.1	21.8	20.1	22.7
27070	OXOLOTAN, TACOTALPA (DGE)	19.3	19.9	21.4	23.5	24.8	24.8	24.1	24.1	23.9	23.0	21.6	20.0	22.5
27071	AQUILES SERDAN SAN FDO.	23.2	23.7	24.3	26.2	28.0	27.3	27.3	27.2	27.0	26.3	25.0	23.9	25.8
27081	PRESIDENTE V. GOMEZ F.	20.5	20.6	21.5	22.6	25.8	26.0	25.4	25.2	24.3	23.8	22.4	19.3	23.1
27092	PLAYAS DEL ROSARIO	23.8	23.8	20.9	23.7	25.9	25.6	25.0	24.8	24.4	23.7	22.6	21.3	23.8
	<b>Media=</b>	<b>16.6</b>	<b>17.0</b>	<b>18.6</b>	<b>20.4</b>	<b>21.6</b>	<b>21.6</b>	<b>21.1</b>	<b>20.9</b>	<b>20.7</b>	<b>19.9</b>	<b>18.5</b>	<b>17.1</b>	<b>19.5</b>
	<b>Máxima=</b>	<b>23.8</b>	<b>23.8</b>	<b>24.3</b>	<b>26.2</b>	<b>28.0</b>	<b>27.3</b>	<b>27.3</b>	<b>27.2</b>	<b>27.0</b>	<b>26.3</b>	<b>25.0</b>	<b>23.9</b>	<b>25.8</b>
	<b>Mínima=</b>	<b>8.1</b>	<b>8.1</b>	<b>10.4</b>	<b>12.1</b>	<b>12.4</b>	<b>13.3</b>	<b>12.7</b>	<b>12.5</b>	<b>12.1</b>	<b>11.4</b>	<b>9.7</b>	<b>8.8</b>	<b>11.1</b>
	<b>Mediana=</b>	<b>17.4</b>	<b>17.6</b>	<b>19.8</b>	<b>21.6</b>	<b>23.1</b>	<b>22.3</b>	<b>21.9</b>	<b>21.3</b>	<b>21.8</b>	<b>20.9</b>	<b>19.6</b>	<b>17.8</b>	<b>20.5</b>
	<b>Desviación Estándar=</b>	<b>3.9</b>	<b>3.8</b>	<b>3.7</b>	<b>3.9</b>	<b>4.1</b>	<b>4.0</b>	<b>3.9</b>	<b>3.8</b>	<b>3.9</b>	<b>3.8</b>	<b>3.8</b>	<b>3.7</b>	<b>3.8</b>





## A.4 EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA (mm)

CLAVE	NOMBRE	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
7001	ABASOLO CHIAPAS, OCOSINGO	79.0	93.0	137.9	142.9	143.6	121.2	129.8	127.7	107.0	89.9	75.5	70.5	1318.0
7005	ALMANDRO, HUITIUPAN	81.5	92.5	144.3	159.1	161.0	127.3	127.2	123.7	106.4	95.0	78.6	74.6	1371.2
7006	ALTAMIRANO, ALTAMIRANO	69.9	81.5	115.3	123.6	119.4	105.2	114.8	112.0	92.8	77.8	71.9	63.2	1147.4
7015	BOCHIL, BOCHIL	102.3	98.6	120.1	132.6	139.7	129.5	132.9	132.1	122.2	119.0	107.6	102.3	1438.9
7030	CHAMULA, CHAMULA	75.4	81.0	106.6	109.4	110.2	90.5	91.8	92.2	87.8	83.6	72.3	73.8	1074.6
7031	CHANAL, CHENALHO	81.8	81.0	107.5	109.5	109.8	96.3	98.3	98.0	92.6	88.9	76.7	74.9	1115.3
7032	CHAPULTENANGO	44.9	51.2	79.2	90.4	102.8	89.8	85.6	86.4	74.2	66.7	52.4	44.2	867.8
7033	CHENALHO, CHENALHO	66.3	79.4	126.6	135.3	138.3	97.1	111.1	112.4	91.7	76.9	66.5	62.5	1164.1
7036	CHILIL, HUIXTAN	84.1	76.7	99.1	106.7	106.8	98.4	106.3	109.4	113.3	100.2	84.0	81.0	1166.0
7040	EL BARRERO, IXTAPA	88.1	106.2	149.5	149.6	133.5	92.9	97.1	93.2	82.1	76.0	71.2	73.6	1213.0
7071	GUAQUITEPEC, CHILON	91.7	102.3	129.6	143.0	146.1	135.0	141.0	138.8	128.2	116.3	89.4	88.1	1449.5
7076	HUISTAN, HUISTAN	89.8	93.6	129.1	127.0	118.0	95.7	104.7	102.6	86.6	80.0	75.0	77.4	1179.5
7080	ITZANTUM, HUITIUPAN	131.0	131.0	151.1	139.6	179.5	126.4	119.2	110.1	109.7	112.7	131.0	131.0	1572.5
7087	LA CABAÑA, S.C.LAS CASAS	90.0	97.7	128.0	126.6	124.3	106.0	119.2	122.0	103.8	96.1	89.8	81.1	1284.6
7109	LOS ARCOS, S.C.LAS CASAS	77.8	79.2	104.0	101.3	101.8	83.6	92.6	95.8	75.5	70.9	70.8	71.2	1024.5
7122	OCOSINGO, OCOSINGO (SMN)	123.0	79.6	97.3	119.3	128.8	115.9	121.2	94.9	119.2	122.4	96.8	99.9	1318.3
7125	OXCHUC, OXCHUC	79.4	81.1	92.1	93.8	110.7	99.5	97.3	101.9	97.7	93.8	91.2	85.3	1123.8
7128	PICHUCALCO, PICHUCALCO	90.1	89.9	118.9	113.2	112.7	151.2	126.0	117.6	119.0	133.2	92.9	94.2	1358.9
7147	SAN JOAQUIN, PICHUCALCO	61.4	62.3	101.6	120.9	139.5	121.5	121.0	119.4	106.1	91.4	73.6	61.5	1180.2
7149	SAN PEDRO CHENALHO	65.1	71.6	109.9	122.0	120.3	89.5	102.4	103.2	85.8	77.6	66.8	64.3	1078.5
7160	SIMOJOVEL DE A. DE A.	51.6	54.7	68.3	73.8	78.5	66.9	70.4	69.2	62.9	62.4	52.6	51.6	762.9
7162	SOYALO, SOYALO	93.7	103.5	148.7	150.4	138.7	96.7	93.0	87.4	75.9	87.1	85.8	85.1	1246.0
7167	TAPILULA, TAPILULA	49.3	50.8	86.1	99.9	113.2	90.7	93.5	87.6	78.2	66.0	53.3	47.5	916.1
7179	ALTAMIRANO, ALTAMIRANO	61.3	71.2	113.2	123.0	123.9	94.2	100.6	104.2	81.9	70.8	55.8	57.7	1057.8
7188	IXTAPA, IXTAPA (CFE)	117.2	124.5	167.3	170.4	158.9	116.0	111.2	108.0	95.6	106.6	100.2	101.2	1477.1
7192	OCOSINGO, OCOSINGO (CFE)	83.5	85.1	122.7	137.0	140.5	124.0	128.9	126.1	113.3	107.1	91.7	80.6	1340.5
7194	RAYON, RAYON	69.1	69.5	109.3	116.0	121.8	91.7	94.9	86.9	83.2	82.1	67.3	64.5	1056.3
7195	SABANILLA, SABANILLA	90.3	93.6	139.1	147.2	154.4	132.6	128.3	125.5	109.2	106.6	92.1	82.9	1401.8
7198	SIMOJOVEL DE A. (SMN)	87.6	83.1	102.1	104.0	112.4	110.7	119.4	120.9	111.1	113.2	97.6	89.3	1251.4
7207	LARRAINZAR, LARRAINZAR	75.5	84.3	107.4	107.3	106.5	86.3	93.6	91.7	85.5	76.6	70.4	68.6	1053.7
7215	ALTAMIRANO, ALTAMIRANO	79.1	81.4	127.2	133.8	141.1	114.2	128.9	124.7	101.8	95.7	74.7	70.3	1272.9
7217	SOLOSUCHIAPAN	51.1	50.2	90.5	102.8	128.7	97.4	102.8	99.9	86.9	76.3	58.0	48.4	993.0
7325	LAS OLLAS, SAN J. CHAMULA	84.9	76.0	120.7	120.9	124.8	100.6	106.5	114.6	82.4	79.4	72.8	65.6	1149.2
7343	CUAHUTEMOC, IXTAPA	108.4	114.6	147.1	155.8	148.2	115.0	113.7	116.9	110.9	98.8	95.2	101.5	1426.1
7346	FCA.NVA.LINDA, LA CONCORD	69.3	85.3	136.5	149.2	123.2	96.0	141.0	139.0	110.2	110.2	110.2	51.9	1321.9
7355	UNION ZARAGOZA, JITOTOL	105.1	99.5	121.0	117.9	120.8	112.4	113.2	120.4	104.5	112.1	107.1	108.4	1342.4
7365	OCOTEPEC, OCOTEPEC	86.7	79.4	102.8	100.7	98.3	99.7	100.2	102.3	90.5	84.5	83.6	81.7	1110.4





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

CLAVE	NOMBRE	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
7390	TZONTEHUIZTZ,S.J.CHAMULA	109.1	139.7	200.0	220.5	187.7	143.7	138.1	140.0	119.0	95.3	79.9	72.0	1645.0
27011	DOS PATRIAS, TACOTALPA	60.9	65.2	102.3	117.8	136.1	121.0	118.4	120.2	100.7	86.0	67.9	62.3	1158.8
27014	ESCUELA INGENIERIA, DGE	68.5	70.4	118.4	132.2	150.4	130.9	128.4	126.3	114.9	98.5	75.3	71.9	1286.1
27024	LA HUASTECA, TEAPA (DGE)	60.2	58.5	106.2	122.8	141.1	122.6	129.1	125.7	108.6	89.3	65.5	60.1	1189.7
27027	LOMAS ALEGRES, TACOTALPA	58.6	60.6	101.8	123.1	144.9	123.4	118.3	118.1	103.4	88.7	69.9	62.0	1172.8
27037	PUEBLO NUEVO, CENTRO	62.2	70.9	109.9	128.5	144.1	127.5	130.8	126.6	101.5	89.0	70.3	61.1	1222.4
27042	TAPIJULAPA, TACOTALPA	56.3	60.8	99.8	116.5	134.5	111.9	111.4	108.4	91.4	80.5	64.2	55.7	1091.4
27044	TEAPA, TEAPA (DGE)	47.6	53.7	93.4	121.1	147.6	125.3	116.3	110.5	87.5	73.1	57.3	50.9	1084.3
27049	TEQUILA, JALAPA (DGE)	67.1	69.5	107.0	126.3	148.1	122.3	126.4	124.0	108.7	100.8	80.1	63.0	1243.3
27054	VILLAHERMOSA,CENTRO(DGE)	81.0	92.3	136.6	154.6	171.2	155.9	156.5	157.9	129.1	109.9	91.8	80.3	1517.1
27055	VILLAHERMOSA,CENTRO(SMN)	85.0	93.2	137.2	152.0	178.2	153.8	169.7	154.6	116.3	108.6	94.9	73.4	1516.9
27061	PUYACATENGO, TEAPA (DGE)	67.1	87.5	119.8	114.6	166.9	176.2	145.6	145.2	106.9	92.5	71.1	70.5	1363.9
27068	CAMPO EXP. PUYACATENGO,	64.7	68.9	110.2	127.7	141.6	118.8	120.8	120.7	97.7	83.8	71.1	62.1	1188.1
27070	OXOLOTAN, TACOTALPA (DGE)	58.3	62.8	105.0	118.4	148.4	118.7	127.0	122.1	104.8	89.2	69.1	57.4	1181.2
27071	AQUILES SERDAN SAN FDO.	97.6	111.1	139.2	135.7	161.0	143.3	137.7	142.1	144.1	126.8	105.8	106.5	1550.9
27081	PRESIDENTE V. GOMEZ F.	64.9	66.1	119.8	148.6	170.6	130.3	126.3	133.4	110.7	98.0	78.7	72.5	1319.9
	<b>Media=</b>	<b>78.2</b>	<b>82.4</b>	<b>118.2</b>	<b>127.1</b>	<b>135.0</b>	<b>114.0</b>	<b>116.6</b>	<b>115.0</b>	<b>100.6</b>	<b>92.7</b>	<b>79.5</b>	<b>73.8</b>	<b>1233.2</b>
	<b>Máxima=</b>	<b>131.0</b>	<b>139.7</b>	<b>200.0</b>	<b>220.5</b>	<b>187.7</b>	<b>176.2</b>	<b>169.7</b>	<b>157.9</b>	<b>144.1</b>	<b>133.2</b>	<b>131.0</b>	<b>131.0</b>	<b>1645.0</b>
	<b>Mínima=</b>	<b>44.9</b>	<b>50.2</b>	<b>68.3</b>	<b>73.8</b>	<b>78.5</b>	<b>66.9</b>	<b>70.4</b>	<b>69.2</b>	<b>62.9</b>	<b>62.4</b>	<b>52.4</b>	<b>44.2</b>	<b>762.9</b>
	<b>Mediana=</b>	<b>79.0</b>	<b>81.0</b>	<b>115.3</b>	<b>123.1</b>	<b>138.3</b>	<b>115.0</b>	<b>118.4</b>	<b>117.6</b>	<b>103.4</b>	<b>89.9</b>	<b>75.3</b>	<b>71.9</b>	<b>1213.0</b>
	<b>Desviación Estándar=</b>	<b>19.4</b>	<b>20.0</b>	<b>22.9</b>	<b>23.3</b>	<b>22.9</b>	<b>21.2</b>	<b>18.7</b>	<b>18.5</b>	<b>16.1</b>	<b>16.4</b>	<b>16.4</b>	<b>17.6</b>	<b>180.9</b>







## A.5 DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA ARROYO GRANDE, CHIAPAS

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
07/02/2011	0.426	1.108	0.675	0.580
08/02/2011	0.939	1.764	1.498	0.668
04/03/2011	1.402	3.351	0.949	0.530
05/03/2011	2.798	3.558	2.788	0.934
06/03/2011	1.214	2.424	1.692	0.597
07/03/2011	2.137	3.064	2.888	0.853
08/03/2011	2.620	3.008	3.487	1.111
09/03/2011	4.142	4.019	3.009	0.998
10/03/2011	1.180	2.633	1.677	0.554
11/03/2011	0.760	1.259	1.595	0.422
12/03/2011	1.573	2.708	2.136	0.657
13/03/2011	2.452	3.238	2.963	0.953
14/03/2011	2.309	3.059	2.622	0.895
15/03/2011	2.015	2.909	2.635	0.790
16/03/2011	1.736	2.751	2.530	0.759
17/03/2011	1.555	2.609	2.108	0.718
18/03/2011	1.904	2.741	2.725	0.831
19/03/2011	1.857	2.862	2.394	0.746
20/03/2011	1.735	2.905	2.160	0.718
21/03/2011	1.807	2.522	2.139	0.720
22/03/2011	2.855	3.393	3.280	0.913
23/03/2011	2.689	3.713	2.879	0.926
24/03/2011	1.890	3.218	2.119	0.794
25/03/2011	2.570	3.579	3.064	0.958
26/03/2011	3.476	3.773	3.447	1.052
27/03/2011	4.350	3.988	3.457	1.034
28/03/2011	4.067	4.170	3.344	1.034
29/03/2011	3.475	4.252	3.437	1.101
30/03/2011	4.461	4.193	3.489	1.074
31/03/2011	4.162	3.943	3.561	1.041
01/04/2011	3.042	3.732	3.501	0.993
02/04/2011	2.879	4.081	3.224	1.000
03/04/2011	3.200	3.848	3.554	1.066
04/04/2011	3.720	4.558	3.390	1.082
05/04/2011	2.275	3.292	2.535	0.798
06/04/2011	2.823	3.188	3.860	0.993
07/04/2011	3.584	3.924	3.667	1.049
08/04/2011	3.786	3.488	5.215	1.378
09/04/2011	2.860	3.734	3.079	0.989
10/04/2011	3.694	4.110	3.558	1.087
11/04/2011	3.359	4.281	3.305	1.060
12/04/2011	3.071	3.116	3.738	1.021
13/04/2011	3.042	3.932	3.813	1.032
14/04/2011	3.364	4.032	3.728	1.068
15/04/2011	3.269	3.359	3.270	1.006
16/04/2011	2.750	3.384	3.301	0.980
17/04/2011	1.613	3.639	1.748	0.657
18/04/2011	2.382	3.987	2.303	0.808
19/04/2011	2.918	3.288	3.340	0.996
20/04/2011	3.144	4.032	3.175	1.018
21/04/2011	2.846	3.581	3.244	0.940
22/04/2011	2.412	3.597	2.804	0.877
23/04/2011	2.900	3.900	3.087	0.951
24/04/2011	3.172	3.989	3.592	1.053





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>e</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
25/04/2011	3.369	4.505	3.485	1.085
26/04/2011	4.082	4.211	3.670	1.079
27/04/2011	3.575	3.489	2.146	0.745
28/04/2011	2.638	3.067	2.088	0.741
29/04/2011	2.199	3.455	2.637	0.823
30/04/2011	3.713	4.335	3.750	1.138
08/05/2011	2.512	3.816	3.162	1.449
09/05/2011	1.349	3.901	0.764	1.030
10/05/2011	3.071	4.098	3.074	1.015
11/05/2011	3.803	4.500	3.345	1.089
12/05/2011	4.000	4.628	3.650	1.126
13/05/2011	3.431	4.211	3.768	1.081
14/05/2011	2.864	4.010	3.459	1.014
15/05/2011	2.032	3.420	2.636	0.812
16/05/2011	2.158	3.620	2.410	0.822
17/05/2011	2.696	3.886	2.897	0.914
18/05/2011	3.706	4.220	3.746	1.150
19/05/2011	4.335	4.760	3.819	1.157
20/05/2011	3.645	4.780	3.413	1.086
21/05/2011	3.441	4.509	4.127	1.093
22/05/2011	2.933	4.124	3.480	1.022
23/05/2011	2.844	3.951	3.244	0.988
24/05/2011	3.044	4.267	3.290	1.043
25/05/2011	3.188	4.565	3.374	1.070
26/05/2011	2.609	3.898	3.110	0.982
27/05/2011	2.895	4.272	3.237	0.990
28/05/2011	3.170	4.271	3.493	1.051
29/05/2011	3.525	4.290	3.661	1.096
30/05/2011	2.827	4.216	3.376	0.972
31/05/2011	3.326	3.450	3.836	1.073
01/06/2011	1.417	2.790	2.062	0.634
02/06/2011	2.352	3.504	3.283	0.884
03/06/2011	2.460	3.254	3.160	0.926
04/06/2011	1.527	3.303	1.877	0.723
05/06/2011	1.470	2.990	2.006	0.672
06/06/2011	2.265	3.524	2.755	0.853
07/06/2011	2.333	3.875	2.867	0.947
08/06/2011	3.981	3.956	5.164	1.390
09/06/2011	2.204	3.418	2.565	0.883
10/06/2011	1.999	3.687	2.341	0.812
11/06/2011	2.557	3.675	3.002	0.949
12/06/2011	2.327	3.692	2.705	0.888
13/06/2011	2.995	3.753	3.344	1.042
14/06/2011	2.396	3.504	2.810	0.887
15/06/2011	3.041	3.856	3.483	1.028
16/06/2011	2.175	3.492	2.599	0.851
17/06/2011	2.052	3.364	2.496	0.809
18/06/2011	2.552	3.427	3.368	0.985
19/06/2011	2.200	3.033	2.860	0.886
20/06/2011	2.242	3.610	2.275	0.842
21/06/2011	2.839	3.850	2.701	0.942
22/06/2011	3.319	3.850	3.480	1.067
23/06/2011	2.745	3.718	3.233	0.984
24/06/2011	2.903	3.721	3.481	1.020
25/06/2011	2.860	3.704	3.616	1.033
26/06/2011	1.840	3.016	2.435	0.793
27/06/2011	1.547	2.730	2.118	0.719
28/06/2011	1.872	2.927	2.218	0.761





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>e</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
29/06/2011	1.862	3.510	1.823	0.707
30/06/2011	1.912	3.230	1.947	0.721
01/07/2011	1.421	3.283	1.697	0.684
02/07/2011	1.670	2.884	2.184	0.748
03/07/2011	1.632	2.729	2.292	0.746
04/07/2011	1.422	2.625	2.179	0.707
05/07/2011	1.349	2.843	1.910	0.698
06/07/2011	1.207	3.203	1.711	0.672
07/07/2011	1.633	3.647	2.085	0.805
08/07/2011	4.354	4.264	5.774	1.526
09/07/2011	1.458	3.439	1.703	0.721
10/07/2011	2.645	3.612	3.310	1.011
11/07/2011	1.833	3.363	2.456	0.779
12/07/2011	2.176	3.256	2.770	0.867
13/07/2011	1.782	3.297	2.075	0.740
14/07/2011	1.739	3.091	1.973	0.706
15/07/2011	1.990	3.469	2.415	0.828
16/07/2011	1.481	3.065	1.889	0.700
17/07/2011	1.808	3.264	2.440	0.835
18/07/2011	2.377	3.127	3.377	1.001
19/07/2011	2.304	3.661	2.817	0.917
20/07/2011	2.554	3.605	3.248	0.995
21/07/2011	3.151	3.859	4.084	1.177
22/07/2011	4.465	3.486	5.737	1.488
23/07/2011	3.520	3.668	4.699	1.213
24/07/2011	3.239	3.491	4.313	1.142
25/07/2011	2.613	3.152	3.726	1.044
26/07/2011	3.497	3.772	4.688	1.271
27/07/2011	4.317	3.761	5.645	1.476
28/07/2011	3.388	3.355	4.393	1.204
29/07/2011	3.012	3.864	4.251	1.131
30/07/2011	2.263	2.823	3.104	0.919
31/07/2011	1.906	3.029	2.598	0.817
01/08/2011	1.682	2.668	2.550	0.807
02/08/2011	1.218	2.202	1.943	0.689
03/08/2011	2.822	3.354	3.808	1.144
04/08/2011	3.744	3.570	5.187	1.385
05/08/2011	4.114	3.782	5.620	1.446
06/08/2011	4.138	3.908	5.404	1.382
07/08/2011	4.444	4.223	5.918	1.522
08/08/2011	4.018	3.960	5.309	1.410
09/08/2011	4.100	4.060	5.282	1.427
10/08/2011	4.933	4.066	6.011	1.585
11/08/2011	4.359	4.265	5.265	1.429
12/08/2011	4.247	3.815	5.072	1.343
13/08/2011	4.445	3.821	5.898	1.444
14/08/2011	3.735	3.453	5.222	1.295
15/08/2011	2.737	3.249	3.842	1.039
16/08/2011	3.794	3.604	5.130	1.374
17/08/2011	1.647	2.786	2.323	0.786
18/08/2011	2.650	3.119	3.644	1.039
19/08/2011	3.458	3.675	4.653	1.235
20/08/2011	2.717	3.600	3.652	1.066
21/08/2011	1.114	1.959	1.823	0.633
22/08/2011	6.142	3.232	8.586	2.083
23/08/2011	3.490	3.614	4.702	1.283
24/08/2011	3.202	3.680	4.145	1.167
25/08/2011	2.758	3.308	3.709	1.030





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>e</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
26/08/2011	2.582	3.588	3.316	1.001
27/08/2011	2.136	2.954	2.769	0.893
28/08/2011	1.659	3.482	1.976	0.757
29/08/2011	1.955	3.001	2.548	0.833
30/08/2011	3.500	3.623	4.576	1.248
31/08/2011	2.032	2.991	2.637	0.846
01/09/2011	1.862	2.301	2.705	0.827
02/09/2011	3.449	3.380	4.301	1.210
03/09/2011	3.588	3.304	4.945	1.325
04/09/2011	3.918	3.531	5.326	1.392
05/09/2011	2.401	3.116	3.046	0.947
06/09/2011	1.744	2.226	2.757	0.797
07/09/2011	2.128	3.402	2.447	0.823
08/09/2011	3.693	4.318	5.074	1.357
09/09/2011	2.360	2.368	2.238	0.576
10/09/2011	3.368	3.255	3.640	1.025
11/09/2011	2.670	3.154	3.419	1.062
12/09/2011	0.890	1.898	1.565	0.628
13/09/2011	0.938	1.774	1.743	0.638
14/09/2011	1.887	2.821	2.621	0.867
15/09/2011	2.306	2.996	3.135	1.002
16/09/2011	2.817	3.198	3.825	1.124
17/09/2011	2.948	2.743	4.457	1.190
18/09/2011	2.282	2.568	3.423	0.956
19/09/2011	2.735	3.033	3.855	1.076
20/09/2011	1.876	2.370	2.906	0.878
21/09/2011	1.580	2.707	2.149	0.778
22/09/2011	2.503	3.226	3.323	1.006
23/09/2011	2.204	2.699	3.045	0.932
24/09/2011	2.224	2.783	3.015	0.916
25/09/2011	3.208	3.060	4.281	1.204
26/09/2011	2.895	3.156	3.897	1.137
27/09/2011	3.103	3.370	4.077	1.164
28/09/2011	3.436	3.229	4.488	1.242
29/09/2011	2.322	3.069	3.033	0.914
30/09/2011	1.574	2.159	2.438	0.714
01/10/2011	2.064	2.704	2.844	0.826
02/10/2011	0.748	1.461	1.502	0.538
03/10/2011	0.852	2.305	1.659	0.547
04/10/2011	0.366	1.280	1.012	0.509
05/10/2011	1.227	2.527	1.974	0.760
06/10/2011	1.313	2.032	2.055	0.779
07/10/2011	2.218	2.866	3.121	1.004
08/10/2011	4.354	3.650	5.218	1.492
09/10/2011	2.396	2.862	3.200	0.927
10/10/2011	1.905	2.701	2.462	0.801
11/10/2011	1.379	1.852	2.059	0.673
12/10/2011	0.899	1.674	1.506	0.607
13/10/2011	0.926	1.582	1.503	0.592
14/10/2011	0.882	2.274	1.800	0.587
15/10/2011	0.420	1.389	1.262	0.522
16/10/2011	0.814	1.634	1.393	0.604
17/10/2011	1.050	1.903	1.566	0.679
18/10/2011	1.879	2.682	2.630	0.869
19/10/2011	1.796	2.310	2.340	0.680
20/10/2011	1.915	2.283	3.100	0.743
21/10/2011	2.998	2.623	4.085	0.954
22/10/2011	1.978	2.354	2.985	0.785





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>e</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
23/10/2011	3.030	2.634	3.942	1.019
24/10/2011	2.939	2.498	4.076	1.052
25/10/2011	1.742	2.022	2.357	0.663
26/10/2011	3.558	2.764	3.438	0.978
27/10/2011	2.858	3.209	3.545	1.108
28/10/2011	2.339	2.878	3.213	0.988
29/10/2011	0.994	1.936	1.809	0.580
30/10/2011	1.319	1.719	2.306	0.597
31/10/2011	1.149	1.418	1.936	0.578
01/11/2011	0.950	2.084	1.529	0.601
02/11/2011	1.380	2.409	1.821	0.774
03/11/2011	1.357	2.199	2.005	0.756
04/11/2011	2.176	2.070	3.349	0.955
05/11/2011	2.697	2.455	3.875	1.014
06/11/2011	2.387	2.791	3.112	0.940
07/11/2011	2.158	2.605	2.916	0.898
08/11/2011	2.797	2.655	3.715	1.129
09/11/2011	2.434	2.748	3.011	0.907
10/11/2011	1.547	1.869	2.301	0.662
11/11/2011	0.809	1.218	1.561	0.485
12/11/2011	2.065	2.230	2.887	0.857
13/11/2011	2.810	2.775	3.376	1.044
14/11/2011	2.831	2.814	3.292	1.061
15/11/2011	3.388	2.882	3.488	1.090
16/11/2011	3.347	2.562	3.678	1.093
17/11/2011	1.219	1.427	1.519	0.555
18/11/2011	1.434	1.804	2.170	0.677
19/11/2011	2.376	2.261	3.184	0.905
20/11/2011	2.465	2.372	3.382	0.992
21/11/2011	2.144	2.219	3.100	0.947
22/11/2011	2.854	2.535	3.787	1.070
23/11/2011	1.954	1.924	2.803	0.777
24/11/2011	0.885	1.267	1.621	0.491
25/11/2011	2.903	2.450	3.544	0.918
26/11/2011	3.256	2.916	3.175	0.971
27/11/2011	2.183	2.401	2.449	0.757
28/11/2011	0.931	1.227	1.674	0.372
29/11/2011	1.970	2.038	2.784	0.596
30/11/2011	1.762	1.775	2.493	0.652
01/12/2011	2.107	2.385	2.845	0.776
02/12/2011	2.266	1.911	2.420	0.758
03/12/2011	2.189	2.298	2.769	0.835
04/12/2011	2.363	2.436	3.006	0.897
05/12/2011	2.643	2.726	2.938	0.960
06/12/2011	1.545	1.791	2.012	0.709
07/12/2011	0.583	1.065	1.199	0.466
08/12/2011	0.640	0.944	1.359	0.489
09/12/2011	2.253	2.178	3.126	0.880
10/12/2011	0.794	1.168	1.573	0.513
11/12/2011	1.465	1.787	2.042	0.600
12/12/2011	0.935	1.764	1.546	0.535
13/12/2011	1.200	1.799	1.817	0.692
14/12/2011	1.876	2.003	2.427	0.821
15/12/2011	2.308	2.384	2.981	0.935
16/12/2011	1.801	2.146	2.289	0.792
17/12/2011	1.268	1.734	2.395	0.691
18/12/2011	0.606	1.371	1.446	0.421
19/12/2011	2.069	2.202	2.743	0.796





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>e</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
20/12/2011	3.156	2.852	2.703	0.978
21/12/2011	2.756	2.184	2.872	0.945
22/12/2011	2.679	2.757	2.947	0.968
23/12/2011	1.779	1.772	2.345	0.709
24/12/2011	1.696	1.881	2.402	0.753
25/12/2011	0.642	1.446	1.320	0.488
26/12/2011	0.906	0.979	1.624	0.529
27/12/2011	1.129	1.671	1.740	0.603
28/12/2011	1.323	1.877	1.805	0.686
29/12/2011	1.980	2.097	2.378	0.803
30/12/2011	2.511	2.487	3.050	0.929
31/12/2011	1.769	1.972	2.328	0.713
01/01/2012	1.103	1.655	1.834	0.639
02/01/2012	0.628	1.395	1.642	0.536
03/01/2012	0.634	1.508	2.136	0.497
04/01/2012	2.118	1.997	3.163	0.707
05/01/2012	0.856	1.271	1.313	0.426
06/01/2012	2.145	2.813	2.594	0.858
07/01/2012	2.491	2.709	2.724	0.923
08/01/2012	2.831	2.562	2.702	0.963
09/01/2012	3.173	2.880	3.088	1.003
10/01/2012	2.021	2.239	2.444	0.798
11/01/2012	1.386	1.754	1.846	0.634
12/01/2012	3.008	2.649	3.512	1.037
13/01/2012	1.021	0.984	1.631	0.539
14/01/2012	0.641	0.922	1.370	0.495
15/01/2012	0.584	1.013	1.465	0.519
16/01/2012	1.552	1.983	2.513	0.769
17/01/2012	2.437	2.332	3.302	0.972
18/01/2012	1.791	1.993	2.426	0.799
19/01/2012	1.259	1.720	1.999	0.685
20/01/2012	2.904	2.880	3.560	0.969
21/01/2012	3.180	2.757	3.388	1.034
22/01/2012	2.579	2.717	3.191	0.967
23/01/2012	2.963	2.602	3.644	1.032
24/01/2012	2.573	2.413	3.004	0.904
25/01/2012	2.821	2.497	3.271	0.958
26/01/2012	2.818	2.630	2.928	0.886
27/01/2012	0.995	1.543	1.530	0.499
28/01/2012	1.938	2.281	2.627	0.779
29/01/2012	0.548	1.343	1.356	0.494
30/01/2012	1.938	2.070	2.892	0.826
31/01/2012	1.626	2.128	2.323	0.744
01/02/2012	1.863	1.873	2.297	0.742
02/02/2012	1.454	1.906	1.888	0.661
03/02/2012	1.572	2.075	2.212	0.744
04/02/2012	2.973	2.683	3.852	1.086
05/02/2012	1.745	2.105	2.606	0.781
06/02/2012	2.405	2.395	3.388	0.848
07/02/2012	1.565	2.126	2.104	0.667
08/02/2012	0.984	1.669	1.386	0.543
09/02/2012	1.238	2.057	1.704	0.617
10/02/2012	1.087	1.950	1.562	0.615
11/02/2012	0.776	1.196	1.418	0.575
12/02/2012	0.722	1.230	1.488	0.522
13/02/2012	2.975	3.465	3.774	1.109
14/02/2012	3.228	2.953	3.818	1.188
15/02/2012	2.706	2.931	3.426	1.068







Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>e</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
16/02/2012	3.737	2.932	4.146	1.162
17/02/2012	3.654	3.171	4.388	1.176
18/02/2012	3.714	3.243	4.619	1.267
19/02/2012	1.521	2.403	1.885	0.654
20/02/2012	3.353	3.051	4.696	1.195
21/02/2012	3.105	2.880	4.292	1.040
22/02/2012	3.193	2.920	4.284	1.141
23/02/2012	3.754	3.434	4.258	1.236
24/02/2012	4.439	3.826	4.287	1.266
25/02/2012	1.085	2.734	1.428	0.529
26/02/2012	1.422	2.001	2.267	0.549
27/02/2012	2.155	2.665	3.088	0.827
28/02/2012	2.557	2.759	3.536	1.011
29/02/2012	3.094	2.947	4.019	1.153
01/03/2012	3.076	3.001	3.825	1.077
02/03/2012	3.940	3.643	4.629	1.290
03/03/2012	5.014	4.187	4.579	1.330
04/03/2012	0.961	3.254	1.557	0.457
05/03/2012	0.850	1.369	1.952	0.410
06/03/2012	0.806	1.811	1.810	0.500
07/03/2012	2.549	2.910	3.742	1.124
08/03/2012	3.033	3.325	3.796	1.134
09/03/2012	2.697	2.898	3.344	0.963
10/03/2012	2.805	2.674	3.872	1.046
11/03/2012	3.911	3.357	4.619	1.238
12/03/2012	3.110	3.026	4.076	1.084
13/03/2012	2.249	2.717	3.147	0.893
14/03/2012	1.628	2.286	1.957	0.670
<b>Media=</b>	<b>2.389</b>	<b>2.910</b>	<b>2.991</b>	<b>0.906</b>
<b>Máximo=</b>	<b>6.142</b>	<b>4.780</b>	<b>8.586</b>	<b>2.083</b>
<b>Mínimo=</b>	<b>0.366</b>	<b>0.922</b>	<b>0.675</b>	<b>0.372</b>
<b>Mediana=</b>	<b>2.362</b>	<b>2.931</b>	<b>2.983</b>	<b>0.915</b>
<b>Desviación Estándar=</b>	<b>0.998</b>	<b>0.857</b>	<b>1.074</b>	<b>0.247</b>





## A.6 DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA CANCUC, CHIAPAS

Fecha	ET. diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
18/01/2011	2.129	2.367	0.590	1.251
21/01/2011	1.996	2.586	1.872	0.650
22/01/2011	1.578	2.413	1.952	0.589
23/01/2011	2.213	3.459	2.375	0.822
24/01/2011	2.330	3.331	2.307	0.874
25/01/2011	2.338	3.248	2.397	0.894
26/01/2011	1.046	1.983	1.348	0.535
27/01/2011	1.105	1.718	1.473	0.527
28/01/2011	1.188	2.046	1.575	0.547
29/01/2011	1.602	2.842	1.764	0.699
30/01/2011	2.232	3.700	2.240	0.922
31/01/2011	2.530	3.506	2.404	0.932
01/02/2011	2.584	3.858	2.368	0.897
02/02/2011	2.571	2.767	2.856	0.914
03/02/2011	1.433	2.064	1.887	0.608
04/02/2011	1.474	2.244	1.852	0.628
05/02/2011	1.101	1.997	1.468	0.529
06/02/2011	2.174	3.600	2.187	0.867
07/02/2011	0.433	1.208	0.631	0.569
08/02/2011	1.639	2.833	1.808	0.811
09/02/2011	5.276	2.634	5.475	1.580
10/02/2011	1.486	2.658	1.585	0.560
11/02/2011	1.516	2.084	2.000	0.576
12/02/2011	1.076	1.591	1.569	0.509
13/02/2011	1.133	1.964	1.557	0.519
14/02/2011	1.755	3.353	1.931	0.779
15/02/2011	2.106	3.338	2.086	0.830
16/02/2011	2.830	3.633	2.652	0.920
17/02/2011	3.014	3.766	2.533	0.896
18/02/2011	2.855	3.654	2.766	0.933
19/02/2011	2.282	3.278	2.138	0.785
20/02/2011	2.336	3.368	2.558	0.829
21/02/2011	3.078	4.052	2.986	0.987
22/02/2011	2.658	3.940	2.598	0.932
23/02/2011	2.593	3.850	2.769	0.917
24/02/2011	3.255	4.121	3.110	0.996
25/02/2011	3.227	4.011	2.952	1.008
26/02/2011	2.984	3.846	2.967	0.952
27/02/2011	2.884	4.203	2.949	0.978
28/02/2011	3.233	4.377	3.156	1.059
02/03/2011	2.498	3.430	2.800	0.858
03/03/2011	3.083	3.859	3.169	0.937
04/03/2011	3.520	4.267	3.187	1.004
05/03/2011	3.353	4.270	2.870	0.974
06/03/2011	1.832	3.267	1.961	0.711
07/03/2011	2.609	3.839	3.014	0.930
08/03/2011	2.418	4.023	2.574	0.990
09/03/2011	3.483	4.532	3.107	1.069
10/03/2011	2.454	3.530	2.734	0.843
11/03/2011	1.517	2.225	2.060	0.552
12/03/2011	2.178	3.517	2.415	0.782
13/03/2011	2.506	3.953	2.437	0.888
14/03/2011	3.152	4.046	2.969	1.003





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET. diario (mm <sup>3</sup> día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
15/03/2011	2.576	3.791	2.613	0.883
16/03/2011	2.011	3.761	2.153	0.775
17/03/2011	2.848	3.445	3.145	0.974
18/03/2011	3.241	3.657	3.368	1.012
19/03/2011	3.246	3.797	3.208	0.988
20/03/2011	3.145	3.625	3.272	0.980
21/03/2011	2.217	3.068	2.437	0.770
22/03/2011	3.566	3.947	3.355	0.996
23/03/2011	3.306	4.681	3.230	1.050
24/03/2011	3.095	4.179	3.069	1.051
25/03/2011	3.251	4.596	3.146	1.064
26/03/2011	3.278	4.821	3.257	1.093
27/03/2011	3.578	4.858	3.498	1.118
28/03/2011	3.900	4.969	3.590	1.132
29/03/2011	3.388	4.746	3.424	1.116
30/03/2011	3.928	4.845	3.545	1.141
31/03/2011	3.436	4.819	3.413	1.072
01/04/2011	3.294	4.573	3.509	1.045
02/04/2011	3.284	4.655	3.059	0.992
03/04/2011	4.162	4.657	3.665	1.153
04/04/2011	3.440	5.278	2.866	0.989
05/04/2011	3.193	4.114	3.096	0.973
06/04/2011	3.705	4.621	4.022	1.106
07/04/2011	4.066	4.856	3.757	1.120
08/04/2011	3.230	4.502	3.569	1.107
09/04/2011	3.242	4.816	3.083	1.031
10/04/2011	3.874	5.228	3.417	1.102
11/04/2011	4.194	5.349	3.600	1.157
12/04/2011	3.246	4.034	3.271	1.007
13/04/2011	3.689	4.854	3.786	1.110
14/04/2011	4.325	5.341	3.969	1.173
15/04/2011	3.978	5.554	3.252	1.090
16/04/2011	3.206	4.245	2.962	1.008
17/04/2011	2.500	4.252	2.281	0.786
18/04/2011	3.411	5.161	2.817	0.951
19/04/2011	2.853	4.569	2.904	0.974
20/04/2011	3.143	4.917	2.886	0.988
21/04/2011	3.560	4.891	3.668	1.062
22/04/2011	3.304	4.926	3.174	1.008
23/04/2011	3.345	4.924	3.222	1.020
24/04/2011	3.623	5.305	3.563	1.122
25/04/2011	3.772	5.308	3.613	1.157
26/04/2011	3.901	5.639	3.696	1.204
27/04/2011	3.303	3.987	2.169	0.819
28/04/2011	3.266	4.258	2.547	0.892
29/04/2011	2.977	4.479	3.398	0.989
30/04/2011	4.171	4.953	3.974	1.193
08/05/2011	1.266	4.541	0.287	1.080
10/05/2011	3.068	5.150	2.799	1.001
11/05/2011	3.516	5.307	3.364	1.089
12/05/2011	3.634	5.359	3.606	1.142
13/05/2011	3.260	4.864	3.379	1.071
14/05/2011	3.520	4.525	3.869	1.149
15/05/2011	3.605	4.721	3.867	1.133
16/05/2011	3.031	4.670	3.217	1.005
17/05/2011	3.119	4.911	3.356	1.063
18/05/2011	3.382	5.600	3.148	1.095





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET. diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
19/05/2011	3.736	5.879	3.473	1.158
20/05/2011	3.916	5.568	3.673	1.179
21/05/2011	4.015	5.375	3.933	1.169
22/05/2011	4.109	5.299	4.151	1.197
23/05/2011	4.057	5.318	3.931	1.161
24/05/2011	4.045	5.466	3.630	1.168
25/05/2011	3.884	5.560	3.755	1.200
26/05/2011	3.429	5.157	3.253	1.065
27/05/2011	3.904	5.016	3.367	1.066
28/05/2011	4.075	5.652	3.755	1.151
29/05/2011	3.855	5.588	3.458	1.109
30/05/2011	3.543	5.057	3.635	1.067
31/05/2011	4.088	4.940	4.053	1.162
01/06/2011	2.542	3.834	2.806	0.830
02/06/2011	2.722	4.207	3.057	0.914
03/06/2011	2.729	4.749	2.838	0.941
04/06/2011	1.869	4.136	1.924	0.767
05/06/2011	1.837	3.624	2.150	0.754
06/06/2011	2.941	4.723	3.259	1.028
07/06/2011	2.621	4.737	2.764	0.988
08/06/2011	3.572	4.639	3.652	1.154
09/06/2011	2.738	4.689	2.801	0.990
10/06/2011	2.603	4.648	2.592	0.925
11/06/2011	2.782	4.851	2.884	0.967
12/06/2011	2.299	4.567	2.504	0.863
13/06/2011	2.767	4.601	2.987	0.971
14/06/2011	2.796	4.402	2.806	0.940
15/06/2011	3.492	4.776	3.390	1.082
16/06/2011	2.555	4.320	2.378	0.875
17/06/2011	2.637	4.087	2.962	0.920
18/06/2011	2.518	4.624	2.436	0.869
19/06/2011	2.005	3.846	2.440	0.815
20/06/2011	1.957	4.676	2.055	0.842
21/06/2011	2.504	4.839	2.457	0.942
22/06/2011	3.151	4.947	3.022	1.035
23/06/2011	3.058	4.743	3.093	1.022
24/06/2011	3.170	4.752	3.526	1.033
25/06/2011	2.868	4.865	2.906	0.961
26/06/2011	2.784	4.376	3.117	0.988
27/06/2011	1.819	3.548	2.187	0.753
28/06/2011	1.677	3.525	1.974	0.743
29/06/2011	1.753	4.275	1.870	0.775
30/06/2011	2.068	4.301	1.980	0.796
01/07/2011	2.132	4.684	2.157	0.856
02/07/2011	2.403	4.166	2.716	0.904
03/07/2011	2.476	3.969	2.778	0.890
04/07/2011	2.370	3.863	2.777	0.875
05/07/2011	1.885	3.810	2.155	0.795
06/07/2011	2.030	4.204	2.284	0.855
07/07/2011	2.476	4.531	2.763	0.967
08/07/2011	2.967	4.764	2.878	1.011
09/07/2011	2.525	4.743	2.715	0.968
10/07/2011	3.024	4.568	3.389	1.059
11/07/2011	2.153	4.038	2.431	0.833
12/07/2011	2.651	4.437	2.998	0.954
13/07/2011	1.499	2.886	1.954	0.678
14/07/2011	2.173	4.128	2.508	0.864





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET. diario (mm <sup>3</sup> día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
15/07/2011	2.090	4.412	2.312	0.857
16/07/2011	2.460	4.170	2.842	0.952
17/07/2011	1.780	4.012	2.013	0.787
18/07/2011	3.310	4.209	3.878	1.155
19/07/2011	2.740	4.420	2.790	0.956
20/07/2011	3.222	4.663	3.658	1.131
21/07/2011	3.279	4.547	3.418	1.100
22/07/2011	3.640	4.589	3.837	1.162
23/07/2011	3.515	4.312	3.817	1.105
24/07/2011	3.650	4.525	3.558	1.064
25/07/2011	2.899	4.355	3.145	0.983
26/07/2011	2.641	4.725	2.789	0.952
27/07/2011	1.781	4.489	1.676	0.722
28/07/2011	2.837	4.514	3.185	1.037
29/07/2011	2.682	4.532	2.976	0.976
30/07/2011	2.422	3.900	2.898	0.905
31/07/2011	2.000	3.515	2.409	0.812
01/08/2011	1.823	3.568	2.215	0.792
02/08/2011	1.988	3.518	2.318	0.838
03/08/2011	2.561	4.471	2.825	1.013
04/08/2011	3.181	4.601	3.517	1.117
05/08/2011	3.368	4.501	3.416	1.078
06/08/2011	3.692	4.587	3.809	1.144
07/08/2011	3.039	4.723	2.989	1.005
08/08/2011	2.669	4.548	2.972	0.985
09/08/2011	3.347	4.892	3.671	1.148
10/08/2011	3.582	4.981	3.614	1.147
11/08/2011	3.674	4.965	3.646	1.155
12/08/2011	3.363	4.493	3.593	1.068
13/08/2011	3.322	4.471	3.321	1.028
14/08/2011	3.055	4.155	3.312	0.997
15/08/2011	3.116	4.072	3.422	1.020
16/08/2011	3.291	4.593	3.418	1.087
17/08/2011	2.484	4.179	2.507	0.883
18/08/2011	2.841	4.309	3.163	1.004
19/08/2011	3.184	4.471	3.741	1.088
20/08/2011	2.803	4.160	3.119	1.009
21/08/2011	1.615	3.312	1.906	0.714
22/08/2011	4.401	3.843	5.875	1.572
23/08/2011	3.206	4.216	3.641	1.133
24/08/2011	2.981	4.146	3.292	1.043
25/08/2011	2.397	4.225	2.671	0.903
26/08/2011	2.545	4.176	3.009	0.983
27/08/2011	2.091	3.556	2.546	0.871
28/08/2011	2.046	3.648	2.450	0.850
29/08/2011	2.670	4.195	3.150	1.026
30/08/2011	2.697	4.094	3.261	1.033
31/08/2011	1.979	3.720	2.373	0.837
01/09/2011	1.665	3.324	2.011	0.751
02/09/2011	2.988	4.855	3.031	1.079
03/09/2011	2.677	4.501	2.519	0.943
04/09/2011	3.181	4.308	3.198	1.043
05/09/2011	2.551	4.173	2.910	0.941
06/09/2011	2.005	3.445	2.478	0.795
07/09/2011	1.823	3.724	2.098	0.770
08/09/2011	3.214	4.700	3.435	1.135
09/09/2011	2.852	3.745	2.703	0.821





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET. diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
10/09/2011	2.497	3.944	2.558	0.852
11/09/2011	3.055	4.072	3.429	1.072
12/09/2011	1.605	2.909	2.017	0.731
13/09/2011	1.601	3.194	1.970	0.745
14/09/2011	2.116	3.687	2.504	0.900
15/09/2011	2.481	3.783	2.989	1.031
16/09/2011	2.315	4.212	2.631	0.927
17/09/2011	2.410	3.635	2.752	0.919
18/09/2011	2.296	3.616	2.684	0.874
19/09/2011	2.005	3.591	2.356	0.815
20/09/2011	1.684	3.201	2.063	0.766
21/09/2011	1.578	3.373	1.815	0.748
22/09/2011	1.985	3.644	2.339	0.867
23/09/2011	2.457	3.589	2.990	0.970
24/09/2011	2.465	3.589	3.078	0.971
25/09/2011	2.175	3.789	2.516	0.908
26/09/2011	2.259	4.052	2.375	0.899
27/09/2011	2.587	3.988	3.041	0.996
28/09/2011	3.054	3.903	3.419	1.075
29/09/2011	2.418	3.675	2.717	0.903
30/09/2011	2.025	3.326	2.433	0.805
01/10/2011	1.401	2.897	1.674	0.625
02/10/2011	1.579	3.076	1.859	0.712
03/10/2011	1.162	2.866	1.358	0.607
04/10/2011	1.012	2.127	1.299	0.592
05/10/2011	1.359	3.059	1.593	0.715
06/10/2011	1.748	3.414	1.969	0.815
07/10/2011	2.033	3.522	2.284	0.867
08/10/2011	3.219	4.386	3.089	1.107
09/10/2011	2.217	3.754	2.555	0.870
10/10/2011	1.655	3.123	1.908	0.733
11/10/2011	1.528	2.803	1.968	0.697
12/10/2011	0.963	1.898	1.324	0.574
13/10/2011	1.073	2.095	1.418	0.604
14/10/2011	1.222	2.368	1.449	0.607
15/10/2011	1.253	2.342	1.523	0.661
16/10/2011	1.087	2.347	1.265	0.620
17/10/2011	1.364	3.033	1.450	0.709
18/10/2011	2.196	3.099	2.531	0.914
19/10/2011	1.700	3.051	1.864	0.665
20/10/2011	1.866	2.411	2.310	0.681
21/10/2011	2.743	3.292	3.162	0.892
22/10/2011	2.442	2.878	2.776	0.836
23/10/2011	2.551	3.260	2.459	0.835
24/10/2011	2.461	3.059	2.613	0.874
25/10/2011	2.128	2.954	2.192	0.736
26/10/2011	2.421	3.272	2.684	0.851
27/10/2011	2.402	3.739	2.488	0.943
28/10/2011	2.218	3.330	2.092	0.856
29/10/2011	1.555	2.644	1.731	0.681
30/10/2011	1.657	2.483	2.094	0.634
31/10/2011	1.539	2.368	1.875	0.641
01/11/2011	1.281	2.534	1.418	0.624
02/11/2011	1.222	2.978	1.355	0.710
03/11/2011	1.547	2.981	1.694	0.766
04/11/2011	2.309	2.879	2.704	0.901
05/11/2011	2.265	2.984	2.482	0.797







Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET. diario (mm <sup>3</sup> día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
06/11/2011	1.950	3.095	2.274	0.798
07/11/2011	1.808	3.017	1.951	0.787
08/11/2011	2.350	3.452	2.667	0.927
09/11/2011	2.467	3.139	2.651	0.880
10/11/2011	1.301	2.310	1.408	0.579
11/11/2011	1.073	1.373	1.538	0.516
12/11/2011	1.982	2.849	2.277	0.805
13/11/2011	2.308	3.388	2.363	0.874
14/11/2011	2.449	3.444	2.237	0.905
15/11/2011	2.508	3.553	1.977	0.841
16/11/2011	2.415	3.230	2.315	0.886
17/11/2011	1.629	2.284	1.876	0.698
18/11/2011	2.580	2.776	2.764	0.873
19/11/2011	2.608	2.894	2.683	0.862
20/11/2011	2.388	2.918	2.430	0.857
21/11/2011	2.462	2.866	2.492	0.892
22/11/2011	2.335	2.984	2.439	0.854
23/11/2011	2.429	2.968	2.498	0.817
24/11/2011	1.482	2.231	1.846	0.596
25/11/2011	2.530	2.943	2.581	0.809
26/11/2011	2.427	3.312	2.250	0.815
27/11/2011	2.175	2.908	1.993	0.766
28/11/2011	1.265	1.423	1.643	0.443
29/11/2011	1.999	2.377	2.341	0.659
30/11/2011	1.879	2.321	2.114	0.681
01/12/2011	1.836	2.756	1.978	0.714
02/12/2011	1.814	2.683	1.868	0.698
03/12/2011	2.183	2.682	1.923	0.761
04/12/2011	2.131	3.080	2.004	0.784
05/12/2011	2.177	3.148	1.994	0.811
06/12/2011	2.092	3.025	1.993	0.800
07/12/2011	1.135	1.878	1.409	0.576
08/12/2011	1.027	1.507	1.476	0.543
09/12/2011	2.038	2.754	2.223	0.779
10/12/2011	1.041	1.702	1.307	0.536
11/12/2011	1.518	2.246	1.643	0.618
12/12/2011	1.652	2.598	1.741	0.669
13/12/2011	1.563	2.415	1.589	0.691
14/12/2011	2.000	2.691	1.842	0.758
15/12/2011	1.984	2.940	1.884	0.763
16/12/2011	1.821	2.715	1.971	0.760
17/12/2011	1.962	2.291	2.249	0.744
18/12/2011	1.066	1.435	1.342	0.488
19/12/2011	1.748	2.548	1.983	0.675
20/12/2011	2.060	3.305	1.824	0.824
21/12/2011	2.263	3.036	1.821	0.821
22/12/2011	2.254	3.243	2.085	0.831
23/12/2011	2.091	2.714	2.224	0.788
24/12/2011	1.776	2.647	1.944	0.712
25/12/2011	1.428	2.010	1.590	0.603
26/12/2011	1.120	1.529	1.479	0.541
27/12/2011	1.498	2.433	1.782	0.670
28/12/2011	1.307	2.309	1.528	0.668
29/12/2011	1.950	2.655	2.126	0.785
30/12/2011	2.051	3.017	2.178	0.817
31/12/2011	2.061	2.708	2.050	0.759
01/01/2012	1.728	2.415	1.808	0.706





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET. diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
02/01/2012	1.182	1.654	1.508	0.544
03/01/2012	1.231	1.745	1.745	0.501
04/01/2012	2.173	2.458	2.380	0.662
05/01/2012	1.293	1.748	1.271	0.493
06/01/2012	2.601	2.766	1.792	0.731
07/01/2012	3.762	3.324	1.681	0.810
08/01/2012	3.426	3.146	1.874	0.802
09/01/2012	3.764	3.322	1.862	0.818
10/01/2012	3.164	2.845	2.163	0.831
11/01/2012	1.866	2.431	1.864	0.685
12/01/2012	3.127	3.205	2.469	0.853
13/01/2012	1.999	2.523	1.968	0.718
14/01/2012	1.090	1.562	1.459	0.545
15/01/2012	1.479	2.398	1.639	0.662
16/01/2012	2.140	2.587	2.450	0.812
17/01/2012	1.801	2.791	1.934	0.755
18/01/2012	1.958	3.021	2.021	0.774
19/01/2012	2.000	2.590	2.111	0.777
20/01/2012	2.659	3.296	2.447	0.832
21/01/2012	2.479	3.448	2.394	0.875
22/01/2012	2.476	3.444	2.480	0.880
23/01/2012	2.461	3.381	2.453	0.861
24/01/2012	2.412	3.208	2.515	0.851
25/01/2012	2.180	3.421	2.130	0.804
26/01/2012	2.588	3.227	2.414	0.836
27/01/2012	1.142	1.788	1.500	0.539
28/01/2012	2.025	3.073	2.208	0.787
29/01/2012	1.128	2.031	1.388	0.548
30/01/2012	1.916	2.879	2.158	0.745
31/01/2012	1.443	2.355	1.558	0.635
01/02/2012	1.718	2.843	1.771	0.723
02/02/2012	1.593	2.532	1.524	0.656
03/02/2012	1.600	2.668	1.771	0.697
04/02/2012	2.429	3.369	2.574	0.892
05/02/2012	2.134	3.004	2.305	0.815
06/02/2012	2.333	2.945	2.627	0.842
07/02/2012	1.678	2.727	1.935	0.676
08/02/2012	0.904	1.280	1.190	0.510
09/02/2012	1.088	2.482	1.327	0.608
10/02/2012	1.056	2.189	1.263	0.609
11/02/2012	1.270	2.758	1.437	0.692
12/02/2012	1.146	2.208	1.558	0.587
13/02/2012	2.183	3.715	2.460	0.868
14/02/2012	2.425	3.863	2.460	0.956
15/02/2012	2.317	3.894	2.152	0.906
16/02/2012	2.602	3.962	2.614	0.919
17/02/2012	3.010	3.835	2.957	0.930
18/02/2012	3.260	4.082	2.969	0.984
19/02/2012	2.192	3.040	1.875	0.755
20/02/2012	2.718	3.627	2.915	0.911
21/02/2012	3.226	3.548	2.883	0.864
22/02/2012	3.729	3.894	2.894	0.934
23/02/2012	4.195	4.243	2.869	0.977
24/02/2012	3.217	4.514	2.717	1.020
25/02/2012	1.622	3.073	1.949	0.681
26/02/2012	1.753	2.727	2.043	0.603
27/02/2012	2.809	3.527	2.927	0.871





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET. diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
28/02/2012	2.524	3.279	2.537	0.859
29/02/2012	2.927	3.498	2.901	0.974
01/03/2012	2.915	3.980	2.723	0.948
02/03/2012	3.154	4.394	2.907	1.006
03/03/2012	3.820	4.900	2.866	1.056
04/03/2012	1.310	3.967	1.378	0.508
05/03/2012	1.136	2.008	2.042	0.505
06/03/2012	1.269	2.329	1.682	0.550
07/03/2012	2.091	3.457	2.311	0.878
08/03/2012	3.084	3.805	2.707	0.994
09/03/2012	2.589	3.649	2.394	0.861
10/03/2012	2.518	3.426	2.578	0.863
11/03/2012	4.042	4.044	3.192	1.017
12/03/2012	5.564	3.805	3.066	0.954
13/03/2012	4.413	3.445	2.491	0.837
14/03/2012	3.269	3.130	1.776	0.669
<b>Media=</b>	<b>2.492</b>	<b>3.645</b>	<b>2.553</b>	<b>0.875</b>
<b>Máximo=</b>	<b>5.564</b>	<b>5.879</b>	<b>5.875</b>	<b>1.580</b>
<b>Mínimo=</b>	<b>0.433</b>	<b>1.208</b>	<b>0.287</b>	<b>0.443</b>
<b>Mediana=</b>	<b>2.461</b>	<b>3.649</b>	<b>2.507</b>	<b>0.874</b>
<b>Desviación Estándar=</b>	<b>0.839</b>	<b>0.976</b>	<b>0.737</b>	<b>0.181</b>





## A.7 DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA COBACH, CHIAPAS

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
18/01/2011	1.760	3.160	1.035	1.466
21/01/2011	2.092	2.618	2.361	0.773
22/01/2011	1.267	2.284	1.514	0.587
23/01/2011	2.209	3.046	2.595	0.867
24/01/2011	2.255	3.504	2.190	0.922
25/01/2011	1.664	3.635	1.582	0.803
26/01/2011	0.966	2.205	1.203	0.520
27/01/2011	1.188	1.393	1.620	0.536
28/01/2011	1.316	2.145	1.555	0.618
29/01/2011	1.632	3.020	1.837	0.774
30/01/2011	2.323	3.418	2.162	0.966
31/01/2011	2.395	3.868	2.452	0.991
01/02/2011	2.684	4.211	2.480	1.006
02/02/2011	1.138	2.951	1.161	0.555
03/02/2011	1.614	2.142	2.082	0.635
04/02/2011	1.236	1.436	1.694	0.543
05/02/2011	1.036	1.766	1.408	0.545
06/02/2011	1.717	3.250	1.934	0.832
07/02/2011	0.305	0.879	0.361	0.612
08/02/2011	1.350	3.498	1.400	0.829
09/02/2011	5.404	2.862	5.908	1.701
10/02/2011	1.246	2.701	1.554	0.535
11/02/2011	1.260	1.769	1.692	0.523
12/02/2011	1.200	2.008	1.597	0.581
13/02/2011	0.978	2.136	1.225	0.529
14/02/2011	1.441	3.034	1.699	0.724
15/02/2011	0.771	2.269	1.033	0.535
16/02/2011	1.791	3.758	1.970	0.887
17/02/2011	2.506	3.555	2.553	0.970
18/02/2011	2.499	3.788	2.647	1.003
19/02/2011	4.254	2.333	4.880	1.473
20/02/2011	2.308	3.642	2.597	0.888
21/02/2011	3.054	4.027	3.000	1.010
22/02/2011	2.846	4.301	2.801	1.017
23/02/2011	2.790	4.160	2.845	1.005
24/02/2011	3.309	4.459	3.127	1.053
25/02/2011	3.075	4.378	2.709	0.990
26/02/2011	2.522	3.980	2.859	0.936
27/02/2011	3.138	4.557	3.071	1.059
28/02/2011	3.134	4.720	2.841	1.068
05/03/2011	2.712	3.353	2.048	1.681
08/03/2011	1.849	3.437	2.254	0.868
09/03/2011	3.125	5.016	2.945	1.120
10/03/2011	1.523	3.791	1.641	0.644
11/03/2011	1.183	1.655	1.696	0.493
12/03/2011	2.148	3.600	2.565	0.839
13/03/2011	2.632	3.991	2.915	1.049
14/03/2011	2.330	3.940	2.192	0.935
15/03/2011	1.574	3.508	1.844	0.727
16/03/2011	2.307	3.942	2.821	0.922
17/03/2011	2.532	3.866	2.883	1.010
18/03/2011	2.918	4.050	3.161	1.067
19/03/2011	2.956	4.174	3.359	1.050
20/03/2011	2.908	4.351	3.287	1.034
21/03/2011	2.954	3.871	2.742	0.986
22/03/2011	3.410	4.550	3.538	1.094





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
23/03/2011	3.421	4.705	3.356	1.087
24/03/2011	2.429	4.300	2.536	0.952
25/03/2011	2.686	4.857	2.912	1.014
26/03/2011	2.933	5.001	3.086	1.103
27/03/2011	3.594	5.209	3.315	1.171
28/03/2011	3.565	5.303	3.458	1.155
29/03/2011	3.374	5.048	3.674	1.172
30/03/2011	3.206	5.127	3.384	1.097
31/03/2011	2.765	4.725	3.142	0.989
01/04/2011	3.075	5.107	3.379	1.112
02/04/2011	2.638	4.841	2.856	0.999
03/04/2011	3.050	4.830	3.282	1.126
04/04/2011	3.712	5.434	3.533	1.172
05/04/2011	2.653	4.652	3.017	0.921
06/04/2011	2.852	4.231	3.451	0.999
07/04/2011	3.429	5.051	3.672	1.164
08/04/2011	2.943	4.524	3.556	1.169
09/04/2011	3.207	4.705	3.339	1.130
10/04/2011	3.529	5.072	3.626	1.173
11/04/2011	3.510	5.190	3.467	1.182
12/04/2011	2.271	4.344	2.529	0.864
13/04/2011	3.342	5.101	3.931	1.138
14/04/2011	3.755	5.423	3.709	1.181
15/04/2011	2.612	5.261	1.955	0.859
16/04/2011	3.179	4.774	3.427	1.130
17/04/2011	2.002	4.429	2.256	0.804
18/04/2011	3.325	5.101	3.179	1.087
19/04/2011	3.061	5.092	3.156	1.084
20/04/2011	3.264	4.730	3.301	1.131
21/04/2011	3.527	5.055	3.399	1.080
22/04/2011	3.200	4.672	3.461	1.061
23/04/2011	3.368	4.869	3.172	1.071
24/04/2011	3.450	5.130	3.136	1.061
25/04/2011	3.469	5.298	3.255	1.119
26/04/2011	3.745	6.138	3.546	1.217
27/04/2011	4.013	6.319	3.276	1.187
28/04/2011	2.922	4.228	2.682	0.900
29/04/2011	2.734	4.876	2.938	0.935
30/04/2011	3.869	5.724	3.944	1.231
10/05/2011	3.101	5.079	3.210	1.102
11/05/2011	3.522	5.262	3.385	1.130
12/05/2011	3.437	5.245	3.467	1.148
13/05/2011	3.294	5.209	3.525	1.142
14/05/2011	2.689	4.966	3.003	1.022
15/05/2011	2.396	4.497	2.671	0.915
16/05/2011	2.035	3.888	2.339	0.818
17/05/2011	2.677	4.979	3.027	1.004
18/05/2011	3.186	5.522	3.262	1.145
19/05/2011	3.982	5.843	3.387	1.222
20/05/2011	3.508	5.573	3.502	1.191
21/05/2011	3.887	5.668	3.973	1.215
22/05/2011	3.492	5.263	3.613	1.130
23/05/2011	3.380	5.211	3.483	1.107
24/05/2011	3.107	5.423	3.168	1.075
25/05/2011	3.053	5.369	3.102	1.082
26/05/2011	3.503	5.349	3.707	1.201
27/05/2011	3.552	5.251	3.978	1.212
28/05/2011	3.403	5.675	3.648	1.175
29/05/2011	3.732	5.355	3.657	1.179
30/05/2011	3.703	5.531	3.772	1.187





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
31/05/2011	3.853	5.088	3.756	1.178
01/06/2011	2.445	4.638	2.770	0.855
02/06/2011	2.188	4.609	2.453	0.806
03/06/2011	2.608	4.438	2.986	0.961
04/06/2011	2.805	4.771	3.133	1.073
05/06/2011	1.813	4.328	2.139	0.787
06/06/2011	2.909	5.210	3.296	1.063
07/06/2011	2.221	4.951	2.540	0.911
08/06/2011	3.177	5.251	3.566	1.224
09/06/2011	2.170	5.080	2.250	0.924
10/06/2011	2.352	4.853	2.541	0.949
11/06/2011	2.609	5.051	2.885	0.988
12/06/2011	2.431	4.795	2.721	0.926
13/06/2011	2.684	5.098	3.003	1.013
14/06/2011	2.285	4.502	2.588	0.906
15/06/2011	2.736	4.888	3.152	1.072
16/06/2011	2.232	4.899	2.497	0.920
17/06/2011	2.927	4.916	3.352	1.090
18/06/2011	2.709	4.385	2.798	0.996
19/06/2011	1.532	3.269	1.851	0.722
20/06/2011	2.028	4.801	2.130	0.897
21/06/2011	3.322	5.823	3.438	1.188
22/06/2011	3.032	5.347	3.073	1.081
23/06/2011	3.170	5.069	3.336	1.094
24/06/2011	3.323	5.054	3.553	1.111
25/06/2011	3.314	5.565	3.752	1.120
26/06/2011	2.332	4.907	2.623	0.921
27/06/2011	1.761	4.126	2.061	0.779
28/06/2011	1.564	3.610	1.870	0.742
29/06/2011	1.858	4.500	2.082	0.859
30/06/2011	1.852	4.263	1.860	0.781
01/07/2011	2.376	5.284	2.567	0.961
02/07/2011	1.886	4.181	2.178	0.800
03/07/2011	2.655	4.223	3.046	1.003
04/07/2011	2.334	4.032	2.693	0.910
05/07/2011	1.835	3.875	2.180	0.830
06/07/2011	1.574	3.869	1.820	0.759
07/07/2011	1.739	4.733	1.888	0.841
08/07/2011	2.943	5.022	3.140	1.123
09/07/2011	1.693	4.186	2.012	0.803
10/07/2011	3.008	4.749	3.574	1.136
11/07/2011	2.761	4.427	3.303	1.054
12/07/2011	2.077	4.167	2.451	0.884
13/07/2011	1.587	3.893	1.885	0.729
14/07/2011	2.251	4.594	2.430	0.901
15/07/2011	1.921	4.276	2.241	0.851
16/07/2011	1.902	4.117	2.219	0.845
17/07/2011	1.838	4.050	2.249	0.844
18/07/2011	2.365	4.390	2.834	1.017
19/07/2011	1.983	4.394	2.250	0.870
20/07/2011	2.523	4.605	2.976	1.018
21/07/2011	2.733	4.884	3.128	1.102
22/07/2011	3.366	5.022	3.779	1.216
23/07/2011	3.158	4.830	3.507	1.112
24/07/2011	3.384	4.543	3.638	1.125
25/07/2011	3.032	4.673	3.403	1.101
26/07/2011	2.709	4.697	3.178	1.050
27/07/2011	2.503	4.802	2.846	0.970
28/07/2011	3.376	4.756	4.058	1.227
29/07/2011	2.540	4.811	3.031	1.013







Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
30/07/2011	2.844	4.422	3.388	1.067
31/07/2011	2.092	4.387	2.410	0.884
01/08/2011	1.691	3.537	2.155	0.766
02/08/2011	1.845	4.381	2.079	0.851
03/08/2011	1.921	3.841	2.363	0.887
04/08/2011	2.948	4.635	3.575	1.179
05/08/2011	2.932	4.817	3.413	1.145
06/08/2011	3.350	5.185	3.799	1.221
07/08/2011	3.100	5.036	3.374	1.114
08/08/2011	2.524	4.817	3.018	1.002
09/08/2011	3.091	5.002	3.559	1.159
10/08/2011	3.275	4.909	3.735	1.215
11/08/2011	2.930	4.971	3.318	1.128
12/08/2011	2.873	4.881	3.221	1.053
13/08/2011	3.407	4.568	3.970	1.197
14/08/2011	3.289	4.807	3.802	1.155
15/08/2011	2.827	4.437	3.180	1.020
16/08/2011	2.872	4.346	3.002	1.034
17/08/2011	3.300	4.753	3.869	1.201
18/08/2011	2.802	4.441	3.270	1.033
19/08/2011	2.578	4.664	3.006	0.985
20/08/2011	2.965	4.677	3.426	1.123
21/08/2011	1.287	3.208	1.505	0.656
22/08/2011	3.969	4.409	5.040	1.459
23/08/2011	2.507	4.154	3.018	1.017
24/08/2011	2.038	4.223	2.311	0.891
25/08/2011	1.737	4.275	2.040	0.783
26/08/2011	1.991	4.287	2.326	0.866
27/08/2011	1.649	3.588	2.030	0.809
28/08/2011	1.510	3.767	1.796	0.756
29/08/2011	1.666	4.201	1.939	0.810
30/08/2011	1.896	4.168	2.210	0.858
31/08/2011	1.601	4.008	1.860	0.780
01/09/2011	1.929	4.343	2.206	0.861
02/09/2011	2.591	4.345	2.980	1.065
03/09/2011	2.720	5.228	2.841	1.085
04/09/2011	3.093	4.989	3.213	1.095
05/09/2011	2.154	4.012	2.488	0.850
06/09/2011	1.882	3.597	2.222	0.780
07/09/2011	1.992	3.936	2.092	0.777
08/09/2011	2.895	4.808	3.227	1.139
09/09/2011	2.143	3.552	2.223	0.654
10/09/2011	2.710	4.601	2.685	0.954
11/09/2011	2.189	4.257	2.575	0.924
12/09/2011	1.449	3.579	1.671	0.762
13/09/2011	1.958	3.932	2.286	0.885
14/09/2011	2.025	3.923	2.400	0.903
15/09/2011	1.996	4.027	2.385	0.917
16/09/2011	2.360	4.042	2.837	0.991
17/09/2011	2.843	4.116	3.207	1.098
18/09/2011	2.758	4.077	3.339	1.052
19/09/2011	1.541	3.409	1.911	0.714
20/09/2011	2.042	3.907	2.371	0.885
21/09/2011	1.432	3.113	1.747	0.735
22/09/2011	1.564	3.685	1.819	0.779
23/09/2011	1.818	3.950	2.111	0.855
24/09/2011	1.989	3.989	2.354	0.879
25/09/2011	1.787	3.862	2.110	0.843
26/09/2011	2.422	4.153	2.919	1.018
27/09/2011	2.324	4.227	2.672	1.012





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
28/09/2011	2.554	4.080	3.044	1.038
29/09/2011	2.357	3.877	2.781	0.957
30/09/2011	1.788	3.439	2.136	0.759
01/10/2011	1.854	3.804	2.131	0.794
02/10/2011	1.318	2.792	1.607	0.666
03/10/2011	1.520	3.516	1.781	0.735
04/10/2011	0.920	2.203	1.170	0.574
05/10/2011	1.139	2.816	1.390	0.680
06/10/2011	1.442	3.422	1.735	0.783
07/10/2011	1.926	3.528	2.318	0.932
08/10/2011	2.854	4.430	3.210	1.172
09/10/2011	1.903	3.797	2.253	0.839
10/10/2011	1.368	3.095	1.655	0.692
11/10/2011	1.422	2.962	1.755	0.690
12/10/2011	0.986	2.149	1.306	0.587
13/10/2011	1.044	2.701	1.287	0.643
14/10/2011	1.131	3.057	1.380	0.647
15/10/2011	0.901	2.253	1.151	0.588
16/10/2011	0.757	1.742	1.107	0.577
17/10/2011	1.015	1.962	1.367	0.661
18/10/2011	2.076	3.773	2.318	0.953
19/10/2011	1.400	3.239	1.588	0.704
20/10/2011	1.640	3.424	1.905	0.703
21/10/2011	2.402	3.406	2.801	0.884
22/10/2011	2.091	3.467	2.340	0.807
23/10/2011	2.710	3.903	2.876	0.979
24/10/2011	2.605	3.836	2.792	0.976
25/10/2011	2.026	3.517	2.222	0.798
26/10/2011	2.484	3.608	2.797	0.901
27/10/2011	2.045	3.579	2.361	0.893
28/10/2011	1.803	3.476	1.987	0.871
29/10/2011	1.147	2.883	1.379	0.632
30/10/2011	1.456	2.870	1.738	0.661
31/10/2011	1.470	2.998	1.603	0.683
01/11/2011	1.186	2.278	1.491	0.640
02/11/2011	1.220	2.864	1.404	0.727
03/11/2011	1.378	2.995	1.634	0.773
04/11/2011	2.032	3.426	2.219	0.907
05/11/2011	2.198	3.314	2.565	0.881
06/11/2011	1.540	2.864	1.813	0.729
07/11/2011	1.538	2.829	1.730	0.760
08/11/2011	2.100	3.450	2.553	0.962
09/11/2011	1.590	2.982	1.797	0.743
10/11/2011	1.448	2.933	1.670	0.662
11/11/2011	1.030	1.158	1.590	0.517
12/11/2011	1.755	2.857	2.106	0.784
13/11/2011	2.095	3.554	2.290	0.928
14/11/2011	2.114	3.411	2.346	0.969
15/11/2011	2.607	4.109	2.155	0.974
16/11/2011	2.617	3.553	2.580	0.982
17/11/2011	1.320	2.183	1.602	0.663
18/11/2011	2.408	3.113	2.789	0.920
19/11/2011	2.330	3.236	2.716	0.918
20/11/2011	2.150	3.321	2.454	0.911
21/11/2011	2.172	3.179	2.538	0.923
22/11/2011	2.155	3.190	2.494	0.905
23/11/2011	2.331	3.207	2.642	0.910
24/11/2011	1.679	3.115	1.865	0.711
25/11/2011	2.418	3.161	2.846	0.910
26/11/2011	2.683	3.608	2.508	0.895





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
27/11/2011	1.832	3.350	1.798	0.708
28/11/2011	1.390	1.883	1.775	0.518
29/11/2011	2.078	2.664	2.395	0.719
30/11/2011	1.780	2.673	1.727	0.724
01/12/2011	1.954	2.808	2.099	0.809
02/12/2011	1.828	2.860	2.014	0.765
03/12/2011	1.764	2.980	1.853	0.771
04/12/2011	1.969	2.986	1.959	0.845
05/12/2011	2.116	3.563	1.923	0.888
06/12/2011	1.471	3.017	1.603	0.732
07/12/2011	1.099	2.152	1.347	0.589
08/12/2011	1.176	1.344	1.599	0.581
09/12/2011	1.030	1.604	1.379	0.549
10/12/2011	1.564	2.781	1.592	0.730
11/12/2011	1.551	2.697	1.787	0.697
12/12/2011	1.350	2.492	1.628	0.670
13/12/2011	1.811	2.948	2.019	0.852
14/12/2011	1.839	2.921	1.987	0.856
15/12/2011	1.856	3.058	2.116	0.846
16/12/2011	1.651	2.791	1.928	0.787
17/12/2011	2.003	3.006	2.232	0.830
18/12/2011	1.276	2.017	1.636	0.590
19/12/2011	2.186	3.116	2.510	0.852
20/12/2011	2.241	3.436	2.010	0.889
21/12/2011	1.638	2.899	1.632	0.779
22/12/2011	2.184	3.549	2.167	0.901
23/12/2011	1.581	2.643	1.845	0.756
24/12/2011	1.564	2.747	1.833	0.737
25/12/2011	1.499	2.773	1.742	0.699
26/12/2011	1.145	1.855	1.494	0.576
27/12/2011	1.104	2.187	1.332	0.599
28/12/2011	0.945	1.946	1.148	0.588
29/12/2011	0.996	2.176	1.217	0.607
30/12/2011	1.670	2.991	1.897	0.799
31/12/2011	1.585	2.946	1.805	0.775
01/01/2012	1.787	2.850	2.023	0.833
02/01/2012	1.477	2.378	1.684	0.704
03/01/2012	1.754	2.238	2.055	0.676
04/01/2012	2.131	2.622	2.559	0.737
05/01/2012	1.227	2.133	1.505	0.560
06/01/2012	1.516	2.935	1.642	0.715
07/01/2012	1.750	3.159	1.845	0.842
08/01/2012	1.813	2.973	1.853	0.843
09/01/2012	2.291	3.609	1.903	0.922
10/01/2012	1.598	2.864	1.650	0.754
11/01/2012	1.134	1.879	1.486	0.582
12/01/2012	1.848	3.225	2.190	0.818
13/01/2012	0.941	1.647	1.240	0.567
14/01/2012	0.824	1.568	1.120	0.545
15/01/2012	1.426	2.436	1.735	0.722
16/01/2012	1.807	3.014	1.946	0.834
17/01/2012	2.174	3.476	2.293	0.913
18/01/2012	1.898	3.216	2.113	0.833
19/01/2012	1.900	3.051	2.259	0.818
20/01/2012	2.504	3.603	2.656	0.921
21/01/2012	2.606	3.637	2.484	0.938
22/01/2012	2.570	3.634	2.430	0.951
23/01/2012	2.447	3.488	2.504	0.923
24/01/2012	2.161	3.507	2.429	0.879
25/01/2012	2.633	3.423	2.656	0.937





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
26/01/2012	2.263	3.551	2.203	0.844
27/01/2012	1.066	2.113	1.427	0.512
28/01/2012	1.705	3.008	1.987	0.714
29/01/2012	1.266	2.454	1.507	0.677
30/01/2012	1.570	2.848	1.873	0.738
31/01/2012	1.759	2.991	2.096	0.819
01/02/2012	1.432	2.539	1.531	0.715
02/02/2012	1.449	2.614	1.642	0.706
03/02/2012	1.862	3.306	1.991	0.828
04/02/2012	2.064	3.451	2.304	0.863
05/02/2012	1.482	2.936	1.681	0.721
06/02/2012	1.728	3.182	2.039	0.739
07/02/2012	1.357	2.342	1.659	0.645
08/02/2012	0.863	1.584	1.151	0.530
09/02/2012	0.976	1.962	1.291	0.568
10/02/2012	0.734	1.747	0.953	0.530
11/02/2012	0.617	1.370	0.835	0.537
12/02/2012	1.171	2.309	1.435	0.647
13/02/2012	1.651	3.240	2.003	0.774
14/02/2012	2.101	4.029	2.149	0.967
15/02/2012	2.205	3.919	2.251	0.997
16/02/2012	2.133	3.715	2.250	0.901
17/02/2012	2.682	3.828	3.171	1.017
18/02/2012	2.747	4.144	2.960	1.025
19/02/2012	1.057	2.786	1.178	0.592
20/02/2012	1.603	2.840	2.004	0.677
21/02/2012	2.103	3.774	2.537	0.870
22/02/2012	2.378	4.021	2.766	0.999
23/02/2012	2.685	4.261	2.881	1.041
24/02/2012	2.855	4.672	2.821	1.076
25/02/2012	1.254	3.667	1.318	0.557
26/02/2012	1.978	2.887	2.188	0.672
27/02/2012	2.130	3.812	2.569	0.855
28/02/2012	2.473	4.042	2.429	0.976
29/02/2012	2.607	4.092	2.759	1.031
01/03/2012	2.720	4.068	2.730	0.971
02/03/2012	3.168	4.690	3.190	1.088
03/03/2012	3.129	4.903	3.267	1.113
04/03/2012	1.565	3.853	1.426	0.580
05/03/2012	1.761	2.531	2.207	0.616
06/03/2012	1.528	2.627	1.864	0.632
07/03/2012	2.276	4.036	2.597	0.972
08/03/2012	2.418	4.082	2.424	0.987
09/03/2012	2.312	4.080	2.396	0.917
10/03/2012	2.871	4.241	3.118	1.053
11/03/2012	3.036	4.222	2.874	1.040
12/03/2012	2.750	4.102	3.073	0.991
13/03/2012	2.415	4.030	2.796	0.918
14/03/2012	2.002	3.905	1.752	0.735
<b>Media=</b>	<b>2.246</b>	<b>3.811</b>	<b>2.467</b>	<b>0.898</b>
<b>Máximo=</b>	<b>5.404</b>	<b>6.319</b>	<b>5.908</b>	<b>1.701</b>
<b>Mínimo=</b>	<b>0.305</b>	<b>0.879</b>	<b>0.361</b>	<b>0.493</b>
<b>Mediana=</b>	<b>2.174</b>	<b>3.893</b>	<b>2.400</b>	<b>0.901</b>
<b>Desviación Estándar=</b>	<b>0.779</b>	<b>1.035</b>	<b>0.772</b>	<b>0.200</b>





## A.8 DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA EL ESCALON, CHIAPAS

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm <sup>3</sup> día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
07/02/2011	1.210	1.878	1.478	0.769
08/02/2011	0.955	2.349	1.223	0.582
05/03/2011	1.514	4.389	1.271	0.615
06/03/2011	1.258	2.468	1.548	0.570
07/03/2011	2.393	4.283	2.930	0.857
08/03/2011	1.674	3.669	1.988	0.828
09/03/2011	3.219	4.563	2.943	1.003
10/03/2011	1.793	3.378	2.181	0.679
11/03/2011	1.366	1.712	1.941	0.463
12/03/2011	2.300	3.970	3.003	0.771
13/03/2011	2.165	4.341	2.464	0.853
14/03/2011	2.184	4.290	2.557	0.862
15/03/2011	1.803	4.052	2.178	0.721
16/03/2011	2.321	4.190	2.917	0.836
17/03/2011	2.222	3.827	2.567	0.871
18/03/2011	2.776	4.114	3.270	0.955
19/03/2011	2.663	4.449	3.163	0.861
20/03/2011	2.740	4.358	3.422	0.876
21/03/2011	1.733	3.404	2.078	0.683
22/03/2011	2.536	4.548	3.116	0.802
23/03/2011	2.275	4.943	2.451	0.879
24/03/2011	2.166	4.369	2.545	0.864
25/03/2011	2.100	4.803	2.393	0.839
26/03/2011	3.263	4.392	3.354	1.019
27/03/2011	3.533	4.764	3.312	1.007
28/03/2011	3.391	5.160	3.363	1.033
29/03/2011	3.256	5.269	3.397	1.063
30/03/2011	3.940	4.741	3.262	1.042
31/03/2011	3.352	5.437	3.531	1.041
01/04/2011	2.757	4.820	3.267	0.923
02/04/2011	3.581	5.358	2.794	0.877
03/04/2011	3.272	5.181	3.564	1.036
04/04/2011	2.992	5.388	3.036	0.996
05/04/2011	2.650	4.386	3.236	0.910
06/04/2011	3.150	4.310	3.757	1.051
07/04/2011	3.443	4.862	3.417	1.050
08/04/2011	2.800	4.535	3.575	1.002
09/04/2011	2.643	4.988	3.013	0.967
10/04/2011	3.029	5.281	3.397	1.027
11/04/2011	2.760	5.540	3.023	0.954
12/04/2011	2.440	4.356	2.861	0.863
13/04/2011	2.888	5.193	3.397	0.984
14/04/2011	3.111	5.334	3.469	1.021
15/04/2011	3.304	4.537	3.386	1.018
16/04/2011	2.367	4.406	2.663	0.900
17/04/2011	1.913	4.655	2.175	0.703
18/04/2011	2.184	5.163	2.183	0.778
19/04/2011	2.736	4.214	3.025	0.951
20/04/2011	2.992	4.637	3.159	1.021
21/04/2011	2.552	4.684	3.029	0.844
22/04/2011	2.405	4.761	2.734	0.856
23/04/2011	2.860	5.083	3.209	0.966
24/04/2011	2.494	4.740	2.927	0.894
25/04/2011	3.078	5.483	3.536	1.075
26/04/2011	3.814	5.099	3.646	1.104





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
27/04/2011	2.875	4.376	1.759	0.723
28/04/2011	2.563	4.880	2.856	0.867
29/04/2011	2.800	4.662	3.261	0.973
30/04/2011	3.468	5.561	3.845	1.080
07/05/2011	0.649	2.917	0.385	1.020
08/05/2011	0.701	4.703	0.676	0.874
09/05/2011	0.696	4.967	0.358	0.916
10/05/2011	2.587	5.108	2.763	0.961
11/05/2011	2.364	5.186	2.157	0.883
12/05/2011	3.407	5.122	3.822	1.100
13/05/2011	3.187	5.166	3.793	1.087
14/05/2011	3.153	5.200	3.879	1.071
15/05/2011	2.900	4.998	3.504	1.015
16/05/2011	2.852	5.203	3.291	1.019
17/05/2011	2.379	4.643	2.736	0.863
18/05/2011	3.416	5.111	3.718	1.111
19/05/2011	3.780	5.540	3.477	1.128
20/05/2011	3.085	5.573	3.252	1.005
21/05/2011	3.533	5.569	3.913	1.109
22/05/2011	3.446	5.542	4.030	1.102
23/05/2011	3.084	5.241	3.676	1.025
24/05/2011	2.541	4.911	3.035	0.940
25/05/2011	3.040	5.450	3.580	1.101
26/05/2011	2.919	5.047	3.506	1.068
27/05/2011	3.207	5.162	3.800	1.114
28/05/2011	3.102	5.330	3.670	1.032
29/05/2011	3.014	5.144	3.483	1.026
30/05/2011	2.838	5.216	3.332	0.956
31/05/2011	2.933	4.580	3.464	0.995
01/06/2011	2.004	3.518	2.392	0.758
02/06/2011	2.411	3.990	2.955	0.866
03/06/2011	2.591	4.729	3.256	0.909
04/06/2011	1.566	3.988	1.866	0.702
05/06/2011	1.349	3.094	1.638	0.628
06/06/2011	2.657	4.317	3.271	0.985
07/06/2011	2.481	4.397	3.020	0.977
08/06/2011	2.967	4.982	3.622	1.021
09/06/2011	2.509	4.670	2.954	0.966
10/06/2011	2.354	5.033	2.770	0.924
11/06/2011	2.176	4.759	2.551	0.849
12/06/2011	2.430	5.108	2.925	0.906
13/06/2011	2.558	4.806	3.037	0.969
14/06/2011	1.978	4.257	2.352	0.797
15/06/2011	2.287	4.650	2.706	0.855
16/06/2011	1.665	3.874	1.949	0.706
17/06/2011	1.551	3.882	1.930	0.656
18/06/2011	1.849	4.139	2.271	0.779
19/06/2011	1.897	3.811	2.292	0.769
20/06/2011	1.745	4.441	1.941	0.789
21/06/2011	2.115	4.522	2.148	0.840
22/06/2011	2.566	4.837	2.729	0.896
23/06/2011	2.396	4.810	2.834	0.877
24/06/2011	2.438	4.571	2.895	0.886
25/06/2011	2.501	4.814	3.084	0.909
26/06/2011	1.803	4.059	2.237	0.751
27/06/2011	1.593	3.396	1.950	0.689
28/06/2011	1.691	3.053	1.968	0.688
29/06/2011	1.897	3.395	1.768	0.687
30/06/2011	2.053	3.455	1.765	0.723





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
01/07/2011	1.468	3.613	1.824	0.681
02/07/2011	1.789	4.078	2.265	0.758
03/07/2011	1.852	3.712	2.238	0.767
04/07/2011	2.071	3.788	2.469	0.814
05/07/2011	1.339	3.043	1.667	0.645
06/07/2011	1.724	3.688	2.136	0.786
07/07/2011	2.313	4.129	2.850	0.918
08/07/2011	2.190	4.639	2.638	0.840
09/07/2011	1.440	3.592	1.851	0.670
10/07/2011	2.460	4.582	3.022	0.970
11/07/2011	1.825	3.903	2.211	0.806
12/07/2011	1.668	3.973	2.027	0.690
13/07/2011	1.274	2.995	1.607	0.615
14/07/2011	1.533	4.003	1.807	0.695
15/07/2011	1.538	3.991	1.838	0.709
16/07/2011	1.558	3.997	1.900	0.704
17/07/2011	1.837	3.786	2.324	0.811
18/07/2011	2.165	3.894	2.726	0.856
19/07/2011	1.704	4.078	1.973	0.717
20/07/2011	2.210	4.547	2.769	0.865
21/07/2011	2.183	4.760	2.625	0.884
22/07/2011	2.984	4.890	3.615	1.043
23/07/2011	2.197	4.642	2.469	0.821
24/07/2011	2.819	4.745	3.381	0.923
25/07/2011	2.284	4.261	2.760	0.868
26/07/2011	1.949	4.725	2.271	0.810
27/07/2011	1.935	4.510	2.302	0.792
28/07/2011	2.465	4.257	3.040	0.959
29/07/2011	1.968	4.250	2.483	0.791
30/07/2011	2.127	4.111	2.627	0.822
31/07/2011	1.605	3.575	2.026	0.685
01/08/2011	1.587	3.247	2.018	0.730
02/08/2011	1.128	2.917	1.461	0.593
03/08/2011	1.819	4.078	2.208	0.845
04/08/2011	2.745	4.635	3.505	1.011
05/08/2011	2.405	4.661	3.019	0.873
06/08/2011	2.979	4.926	3.629	1.015
07/08/2011	2.099	4.598	2.510	0.835
08/08/2011	2.388	4.668	2.975	0.940
09/08/2011	2.232	4.723	2.706	0.891
10/08/2011	2.815	4.948	3.354	1.045
11/08/2011	2.524	5.144	2.928	0.927
12/08/2011	2.412	4.639	2.816	0.880
13/08/2011	2.837	4.593	3.528	0.994
14/08/2011	2.641	4.452	3.185	0.943
15/08/2011	1.597	3.317	1.872	0.680
16/08/2011	2.371	4.438	2.890	0.928
17/08/2011	2.437	4.412	2.943	0.933
18/08/2011	2.224	4.041	2.663	0.872
19/08/2011	2.878	4.455	3.704	0.977
20/08/2011	2.081	4.277	2.590	0.825
21/08/2011	1.262	3.287	1.479	0.624
22/08/2011	3.277	3.555	4.097	1.207
23/08/2011	2.633	4.342	3.249	0.992
24/08/2011	2.331	4.232	2.962	0.873
25/08/2011	2.103	4.099	2.667	0.824
26/08/2011	1.686	3.582	2.079	0.770
27/08/2011	1.548	3.385	1.925	0.722
28/08/2011	1.281	3.701	1.484	0.669







Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
29/08/2011	1.660	3.718	2.044	0.736
30/08/2011	1.788	3.772	2.222	0.757
31/08/2011	1.442	3.519	1.755	0.686
01/09/2011	1.528	2.983	1.883	0.689
02/09/2011	2.708	3.696	2.902	0.922
03/09/2011	2.841	4.189	3.035	0.963
04/09/2011	2.562	4.357	2.801	0.905
05/09/2011	1.645	3.695	1.986	0.720
06/09/2011	1.930	3.496	2.218	0.750
07/09/2011	1.993	3.253	2.292	0.762
08/09/2011	2.267	4.537	2.700	0.882
09/09/2011	2.229	3.016	2.211	0.573
10/09/2011	2.162	3.964	2.404	0.787
11/09/2011	1.900	4.023	2.296	0.822
12/09/2011	1.341	3.133	1.625	0.682
13/09/2011	1.354	3.200	1.645	0.669
14/09/2011	1.430	3.379	1.755	0.697
15/09/2011	2.003	3.759	2.482	0.860
16/09/2011	1.836	3.684	2.335	0.788
17/09/2011	2.286	3.628	2.801	0.884
18/09/2011	2.035	3.439	2.582	0.788
19/09/2011	1.628	3.377	2.030	0.723
20/09/2011	1.356	2.829	1.721	0.662
21/09/2011	1.104	2.763	1.379	0.609
22/09/2011	1.690	3.766	2.025	0.787
23/09/2011	2.227	3.493	2.771	0.905
24/09/2011	1.829	3.354	2.315	0.760
25/09/2011	1.983	3.567	2.431	0.852
26/09/2011	1.697	3.719	2.089	0.752
27/09/2011	2.302	4.290	2.884	0.903
28/09/2011	1.806	4.065	2.151	0.750
29/09/2011	1.755	4.038	2.070	0.756
30/09/2011	1.375	2.867	1.725	0.633
01/10/2011	1.146	1.984	1.582	0.531
02/10/2011	1.149	2.206	1.522	0.560
03/10/2011	0.924	2.473	1.237	0.499
04/10/2011	0.728	1.719	1.045	0.521
05/10/2011	0.994	3.086	1.151	0.638
06/10/2011	1.420	3.407	1.761	0.743
07/10/2011	1.742	3.531	2.120	0.802
08/10/2011	2.656	4.358	3.134	1.006
09/10/2011	2.042	3.781	2.560	0.808
10/10/2011	1.626	3.232	2.035	0.712
11/10/2011	1.198	2.509	1.542	0.599
12/10/2011	0.993	2.172	1.305	0.565
13/10/2011	0.978	1.876	1.284	0.543
14/10/2011	0.921	1.893	1.404	0.475
15/10/2011	0.742	1.681	1.139	0.498
16/10/2011	0.706	1.798	0.998	0.523
17/10/2011	0.700	1.820	0.975	0.544
18/10/2011	1.620	3.405	1.968	0.813
19/10/2011	1.402	2.361	1.674	0.543
20/10/2011	1.720	2.485	2.174	0.637
21/10/2011	2.498	3.741	3.083	0.748
22/10/2011	1.835	3.222	2.367	0.623
23/10/2011	2.032	3.430	2.460	0.729
24/10/2011	1.825	3.243	2.186	0.717
25/10/2011	1.726	3.271	2.021	0.653
26/10/2011	1.823	3.667	2.136	0.709





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
27/10/2011	1.877	4.038	2.128	0.795
28/10/2011	2.147	3.869	2.420	0.827
29/10/2011	1.364	2.666	1.627	0.636
30/10/2011	1.172	1.914	1.648	0.468
31/10/2011	1.230	2.196	1.577	0.545
01/11/2011	0.902	2.228	1.238	0.471
02/11/2011	0.932	3.087	1.167	0.627
03/11/2011	1.202	3.035	1.569	0.640
04/11/2011	1.700	2.860	2.062	0.788
05/11/2011	1.750	3.414	2.167	0.656
06/11/2011	1.915	3.822	2.280	0.769
07/11/2011	1.844	3.474	2.306	0.770
08/11/2011	2.018	3.895	2.498	0.838
09/11/2011	2.148	3.691	2.433	0.764
10/11/2011	1.159	2.746	1.360	0.535
11/11/2011	0.925	1.161	1.401	0.447
12/11/2011	1.203	2.540	1.484	0.605
13/11/2011	1.742	3.651	2.010	0.754
14/11/2011	1.703	3.758	1.872	0.778
15/11/2011	1.926	3.788	1.968	0.764
16/11/2011	1.962	3.578	2.195	0.810
17/11/2011	1.301	2.251	1.539	0.612
18/11/2011	2.052	2.865	2.316	0.777
19/11/2011	2.201	3.457	2.621	0.769
20/11/2011	1.989	3.445	2.345	0.764
21/11/2011	1.705	3.132	1.945	0.726
22/11/2011	1.979	3.566	2.290	0.760
23/11/2011	1.978	3.233	2.375	0.714
24/11/2011	1.234	2.279	1.538	0.506
25/11/2011	2.089	3.387	2.499	0.661
26/11/2011	2.027	3.720	1.971	0.733
27/11/2011	1.628	3.083	1.830	0.632
28/11/2011	0.969	1.329	1.435	0.319
29/11/2011	1.646	2.716	2.134	0.532
30/11/2011	1.492	2.730	1.966	0.519
01/12/2011	1.465	3.298	1.718	0.612
02/12/2011	1.512	3.002	1.604	0.601
03/12/2011	1.629	3.308	1.911	0.609
04/12/2011	1.565	3.346	1.785	0.651
05/12/2011	1.668	3.450	1.843	0.705
06/12/2011	1.532	3.274	1.756	0.683
07/12/2011	0.813	1.374	1.099	0.482
08/12/2011	0.847	1.247	1.151	0.479
09/12/2011	1.523	3.006	1.821	0.643
10/12/2011	0.916	2.072	1.128	0.493
11/12/2011	1.290	2.295	1.631	0.501
12/12/2011	1.767	3.096	2.186	0.658
13/12/2011	1.287	2.651	1.339	0.595
14/12/2011	1.601	3.033	1.745	0.711
15/12/2011	1.594	3.392	1.842	0.688
16/12/2011	1.539	3.170	1.806	0.701
17/12/2011	1.716	2.465	1.977	0.639
18/12/2011	1.044	1.327	1.416	0.427
19/12/2011	1.804	3.259	2.219	0.646
20/12/2011	1.724	3.473	1.464	0.751
21/12/2011	1.711	3.417	1.839	0.718
22/12/2011	1.787	3.668	1.813	0.731
23/12/2011	1.811	2.826	2.100	0.709
24/12/2011	1.365	2.568	1.656	0.619





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
25/12/2011	1.335	2.692	1.702	0.537
26/12/2011	0.962	1.378	1.336	0.457
27/12/2011	1.163	2.617	1.535	0.502
28/12/2011	0.832	2.186	0.973	0.567
29/12/2011	1.607	3.185	1.839	0.686
30/12/2011	1.756	3.467	1.900	0.717
31/12/2011	1.538	3.099	1.842	0.624
01/01/2012	1.556	2.952	1.817	0.657
02/01/2012	1.374	2.233	1.627	0.586
03/01/2012	1.099	1.560	1.509	0.419
04/01/2012	1.856	2.837	2.338	0.529
05/01/2012	1.248	2.623	1.544	0.514
06/01/2012	1.429	3.328	1.637	0.660
07/01/2012	1.565	3.549	1.525	0.712
08/01/2012	1.864	3.491	1.769	0.731
09/01/2012	1.840	3.711	1.836	0.762
10/01/2012	1.557	3.321	1.754	0.671
11/01/2012	1.671	3.113	2.011	0.687
12/01/2012	2.018	3.623	2.243	0.756
13/01/2012	1.474	2.576	1.778	0.655
14/01/2012	0.977	1.440	1.360	0.475
15/01/2012	1.274	2.651	1.338	0.592
16/01/2012	1.625	3.038	1.920	0.665
17/01/2012	1.648	3.390	1.958	0.705
18/01/2012	1.801	3.330	2.185	0.698
19/01/2012	1.452	2.999	1.665	0.634
20/01/2012	1.917	3.718	2.236	0.693
21/01/2012	1.961	3.857	2.158	0.742
22/01/2012	1.940	3.902	2.151	0.780
23/01/2012	1.947	3.647	2.090	0.757
24/01/2012	1.579	3.481	1.786	0.657
25/01/2012	2.201	3.593	2.168	0.755
26/01/2012	2.113	3.680	2.027	0.706
27/01/2012	0.989	1.543	1.351	0.462
28/01/2012	1.556	3.274	1.957	0.647
29/01/2012	1.026	2.405	1.344	0.493
30/01/2012	1.536	3.125	1.852	0.647
31/01/2012	1.243	2.614	1.572	0.545
01/02/2012	1.383	3.216	1.466	0.641
02/02/2012	1.228	2.790	1.501	0.576
03/02/2012	1.127	2.742	1.322	0.608
04/02/2012	1.912	3.706	2.352	0.761
05/02/2012	1.646	3.352	2.058	0.652
06/02/2012	1.448	2.777	1.664	0.607
07/02/2012	1.473	3.141	1.829	0.635
08/02/2012	0.897	1.820	1.130	0.455
09/02/2012	1.361	2.790	1.715	0.568
10/02/2012	0.990	2.491	1.247	0.529
11/02/2012	0.840	2.356	1.064	0.549
12/02/2012	0.874	2.022	1.144	0.517
13/02/2012	1.572	3.882	1.951	0.736
14/02/2012	1.525	4.118	1.922	0.796
15/02/2012	1.566	4.017	1.974	0.779
16/02/2012	1.923	4.061	2.424	0.825
17/02/2012	2.205	4.086	2.780	0.785
18/02/2012	2.179	4.257	2.746	0.888
19/02/2012	1.374	3.148	1.731	0.657
20/02/2012	1.912	3.946	2.410	0.864
21/02/2012	2.167	4.063	2.732	0.733





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
22/02/2012	2.055	4.263	2.590	0.756
23/02/2012	2.268	4.389	2.524	0.877
24/02/2012	2.695	4.654	2.485	0.899
25/02/2012	0.963	2.873	1.196	0.489
26/02/2012	1.398	2.174	1.868	0.510
27/02/2012	1.809	3.868	2.286	0.613
28/02/2012	1.829	4.070	2.305	0.821
29/02/2012	1.641	3.882	2.068	0.774
01/03/2012	1.802	4.330	2.272	0.785
02/03/2012	2.214	4.665	2.790	0.895
03/03/2012	2.391	5.305	2.733	0.903
04/03/2012	0.980	3.530	1.235	0.450
05/03/2012	1.357	1.561	1.711	0.385
06/03/2012	1.042	2.351	1.314	0.485
07/03/2012	1.829	4.104	2.306	0.829
08/03/2012	1.883	4.408	2.373	0.800
09/03/2012	1.658	4.255	2.090	0.678
10/03/2012	2.051	4.023	2.585	0.815
11/03/2012	2.108	4.216	2.657	0.917
12/03/2012	2.230	4.275	2.811	0.800
13/03/2012	1.848	3.881	2.329	0.727
14/03/2012	1.211	3.440	1.526	0.625
<b>Media=</b>	<b>1.964</b>	<b>3.749</b>	<b>2.301</b>	<b>0.771</b>
<b>Máximo=</b>	<b>3.940</b>	<b>5.573</b>	<b>4.097</b>	<b>1.207</b>
<b>Mínimo=</b>	<b>0.649</b>	<b>1.161</b>	<b>0.358</b>	<b>0.319</b>
<b>Mediana=</b>	<b>1.854</b>	<b>3.769</b>	<b>2.209</b>	<b>0.764</b>
<b>Desviación Estándar=</b>	<b>0.672</b>	<b>0.972</b>	<b>0.722</b>	<b>0.167</b>





## A.9 DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA LARRAINZAR

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
18/01/2011	2.267	3.588	0.615	1.347
21/01/2011	1.617	2.502	1.878	0.606
22/01/2011	1.529	2.955	1.734	0.614
23/01/2011	2.535	4.038	2.257	0.882
24/01/2011	2.580	4.092	2.322	0.895
25/01/2011	2.262	4.075	2.310	0.865
26/01/2011	1.214	1.923	1.527	0.567
27/01/2011	1.437	2.507	1.650	0.617
28/01/2011	1.587	2.824	1.600	0.620
29/01/2011	2.502	3.484	2.315	0.858
30/01/2011	2.839	4.487	2.363	0.948
31/01/2011	2.524	4.374	2.552	0.950
01/02/2011	2.704	4.581	2.685	0.969
02/02/2011	1.812	2.955	1.991	0.716
03/02/2011	1.519	2.253	1.844	0.609
04/02/2011	1.332	1.974	1.738	0.582
05/02/2011	1.304	2.653	1.481	0.609
06/02/2011	2.330	4.147	2.014	0.859
07/02/2011	0.529	1.126	0.533	0.563
08/02/2011	1.975	3.440	1.842	0.864
09/02/2011	5.515	3.648	5.889	1.720
10/02/2011	1.516	2.673	1.868	0.583
11/02/2011	1.650	2.672	1.933	0.597
12/02/2011	1.484	2.076	1.837	0.606
13/02/2011	1.155	1.845	1.530	0.514
14/02/2011	2.602	3.883	2.522	0.936
15/02/2011	2.217	3.753	2.065	0.831
16/02/2011	3.110	4.211	2.566	0.966
17/02/2011	2.882	4.580	2.876	0.964
18/02/2011	3.125	4.297	2.972	1.010
19/02/2011	2.831	3.832	2.544	0.892
20/02/2011	3.153	4.075	3.009	0.994
21/02/2011	2.945	4.920	2.785	0.941
22/02/2011	2.689	4.741	2.618	0.917
23/02/2011	2.979	4.613	3.067	1.016
24/02/2011	3.184	5.037	3.134	1.028
25/02/2011	3.007	5.080	2.702	0.966
26/02/2011	3.131	4.724	3.238	1.039
27/02/2011	3.401	5.104	3.227	1.046
28/02/2011	3.165	5.398	2.653	0.979
02/03/2011	2.790	4.216	2.978	0.929
03/03/2011	2.396	4.129	2.467	0.816
04/03/2011	3.254	4.853	3.178	1.034
05/03/2011	2.771	4.741	2.373	0.843
06/03/2011	1.631	3.170	1.809	0.687
07/03/2011	2.906	4.593	3.393	1.024
08/03/2011	2.424	4.254	2.513	1.011
09/03/2011	3.253	5.435	2.880	1.012
10/03/2011	1.917	3.873	1.861	0.697
11/03/2011	1.575	2.458	2.069	0.581
12/03/2011	2.936	4.174	3.040	0.979
13/03/2011	3.123	4.930	2.894	1.002
14/03/2011	2.912	5.016	2.800	0.975





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
15/03/2011	3.141	4.572	3.360	1.030
16/03/2011	2.468	4.381	2.410	0.848
17/03/2011	2.695	4.294	2.781	0.957
18/03/2011	3.607	4.630	3.390	1.088
19/03/2011	3.596	4.596	3.470	1.063
20/03/2011	3.233	4.537	3.435	1.013
21/03/2011	2.911	4.324	2.848	0.918
22/03/2011	3.604	4.996	3.621	1.068
23/03/2011	3.677	5.472	3.393	1.085
24/03/2011	2.902	4.948	2.669	0.944
25/03/2011	3.449	5.417	3.257	1.094
26/03/2011	3.477	5.883	3.214	1.134
27/03/2011	3.647	5.938	3.616	1.152
28/03/2011	3.683	6.047	3.595	1.146
29/03/2011	3.556	5.823	3.627	1.154
30/03/2011	3.791	6.139	3.599	1.175
31/03/2011	3.440	5.433	3.519	1.121
01/04/2011	3.447	5.372	3.860	1.136
02/04/2011	3.376	5.799	3.206	1.050
03/04/2011	3.849	5.488	3.790	1.182
04/04/2011	4.089	6.577	3.339	1.104
05/04/2011	2.801	4.582	2.935	0.909
06/04/2011	3.786	5.440	4.234	1.172
07/04/2011	4.261	5.563	3.853	1.181
08/04/2011	3.168	5.022	3.574	1.135
09/04/2011	4.030	5.816	3.656	1.164
10/04/2011	4.090	6.096	3.750	1.191
11/04/2011	4.260	6.511	3.664	1.179
12/04/2011	3.478	5.251	3.532	1.070
13/04/2011	3.893	5.744	3.996	1.174
14/04/2011	4.492	6.278	3.904	1.158
15/04/2011	2.776	5.794	1.736	0.734
16/04/2011	3.554	5.445	3.327	1.120
17/04/2011	3.340	5.263	2.859	0.982
18/04/2011	3.862	5.446	3.378	1.061
19/04/2011	2.959	5.643	2.961	1.001
20/04/2011	3.410	5.874	3.202	1.057
21/04/2011	2.952	5.178	3.097	0.926
22/04/2011	3.555	5.652	3.459	1.083
23/04/2011	2.869	5.676	2.856	0.965
24/04/2011	3.395	5.580	3.327	1.056
25/04/2011	3.971	6.317	3.575	1.170
26/04/2011	4.956	6.530	3.655	1.227
27/04/2011	5.011	6.836	3.573	1.137
28/04/2011	4.181	5.169	3.423	1.036
29/04/2011	3.471	5.452	3.453	1.053
30/04/2011	4.267	5.898	3.976	1.236
08/05/2011	1.064	5.185	0.198	1.132
10/05/2011	3.379	6.025	2.886	1.021
11/05/2011	3.901	6.231	3.394	1.108
12/05/2011	4.375	6.145	3.477	1.143
13/05/2011	3.083	5.290	2.789	0.934
14/05/2011	3.833	5.682	2.965	1.000
15/05/2011	3.628	5.162	2.744	0.940
16/05/2011	3.368	5.380	2.952	0.958
17/05/2011	4.607	5.697	2.989	1.054
18/05/2011	4.724	6.365	2.994	1.055





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
19/05/2011	5.468	6.856	3.775	1.205
20/05/2011	5.715	6.316	3.613	1.183
21/05/2011	4.416	6.028	3.326	1.048
22/05/2011	4.599	5.941	3.935	1.191
23/05/2011	3.821	5.912	3.532	1.108
24/05/2011	3.881	6.343	3.415	1.147
25/05/2011	3.723	6.223	3.406	1.120
26/05/2011	3.999	6.102	3.702	1.181
27/05/2011	3.719	6.105	3.453	1.078
28/05/2011	4.070	6.439	3.595	1.133
29/05/2011	3.974	6.245	3.446	1.116
30/05/2011	3.622	6.132	3.144	1.049
31/05/2011	4.362	5.550	3.922	1.156
01/06/2011	3.309	4.656	3.319	0.962
02/06/2011	2.676	4.484	2.857	0.864
03/06/2011	3.019	5.282	3.242	1.022
04/06/2011	2.048	4.642	2.150	0.858
05/06/2011	1.991	4.402	2.180	0.794
06/06/2011	2.235	4.823	2.277	0.806
07/06/2011	2.729	5.353	2.756	0.982
08/06/2011	3.418	5.591	3.654	1.170
09/06/2011	2.987	5.392	2.884	1.069
10/06/2011	2.602	5.633	2.716	0.934
11/06/2011	2.630	5.236	2.848	0.929
12/06/2011	2.577	4.977	2.690	0.918
13/06/2011	3.278	5.379	3.292	1.100
14/06/2011	3.068	5.404	2.709	0.967
15/06/2011	3.779	5.331	3.480	1.129
16/06/2011	2.925	5.261	2.659	0.950
17/06/2011	3.327	4.812	3.072	0.986
18/06/2011	3.723	5.432	3.351	1.069
19/06/2011	2.287	4.385	2.612	0.855
20/06/2011	2.674	5.283	2.459	0.937
21/06/2011	2.842	5.987	2.678	0.998
22/06/2011	3.558	5.946	3.608	1.158
23/06/2011	2.827	5.668	2.944	0.983
24/06/2011	3.550	5.655	3.963	1.159
25/06/2011	3.228	5.554	3.338	1.063
26/06/2011	3.244	4.996	3.393	1.060
27/06/2011	2.491	4.361	2.375	0.830
28/06/2011	2.515	4.559	2.460	0.866
29/06/2011	3.001	5.150	2.503	0.937
30/06/2011	2.819	4.988	2.434	0.900
01/07/2011	2.710	5.165	2.531	0.913
02/07/2011	2.868	4.634	2.987	0.959
03/07/2011	3.154	4.382	3.087	0.999
04/07/2011	2.680	4.385	2.914	0.933
05/07/2011	2.685	4.553	2.672	0.933
06/07/2011	2.294	4.474	2.359	0.856
07/07/2011	2.340	4.663	2.047	0.828
08/07/2011	3.445	5.352	3.554	1.155
09/07/2011	2.115	4.224	2.322	0.856
10/07/2011	2.878	5.156	3.148	1.038
11/07/2011	2.796	4.559	2.512	0.911
12/07/2011	2.104	4.342	2.293	0.795
13/07/2011	1.765	3.943	2.058	0.758
14/07/2011	2.183	4.844	2.416	0.866







Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
15/07/2011	2.680	4.933	2.439	0.937
16/07/2011	3.184	4.892	3.241	1.072
17/07/2011	2.685	5.050	2.688	0.959
18/07/2011	3.749	5.052	4.150	1.220
19/07/2011	3.414	5.355	3.511	1.112
20/07/2011	3.543	5.307	3.820	1.166
21/07/2011	3.512	5.675	3.503	1.133
22/07/2011	3.633	5.671	3.756	1.151
23/07/2011	4.103	5.210	4.041	1.213
24/07/2011	3.766	5.054	3.566	1.105
25/07/2011	3.029	4.831	3.325	1.029
26/07/2011	2.997	5.082	3.263	1.046
27/07/2011	2.705	5.473	2.968	1.012
28/07/2011	3.740	5.060	4.394	1.287
29/07/2011	2.907	5.079	3.215	1.040
30/07/2011	2.733	4.567	3.183	0.979
31/07/2011	2.419	4.326	2.751	0.906
01/08/2011	2.064	4.026	2.379	0.841
02/08/2011	2.343	4.282	2.390	0.895
03/08/2011	2.719	4.735	2.951	1.034
04/08/2011	3.191	5.136	3.627	1.145
05/08/2011	3.371	5.139	3.592	1.131
06/08/2011	3.577	5.526	3.872	1.166
07/08/2011	3.483	5.303	3.617	1.145
08/08/2011	3.621	5.609	3.891	1.207
09/08/2011	3.237	5.823	3.442	1.114
10/08/2011	3.479	5.970	3.725	1.161
11/08/2011	3.570	6.062	3.672	1.159
12/08/2011	3.622	5.384	3.752	1.141
13/08/2011	4.056	5.292	3.994	1.209
14/08/2011	3.251	5.190	3.394	1.049
15/08/2011	3.467	4.802	3.618	1.106
16/08/2011	4.003	5.130	3.938	1.193
17/08/2011	2.493	4.797	2.465	0.889
18/08/2011	3.187	4.837	3.695	1.094
19/08/2011	3.106	5.124	3.539	1.059
20/08/2011	2.582	4.786	2.758	0.955
21/08/2011	1.618	3.790	1.816	0.729
22/08/2011	5.589	4.887	6.885	1.858
23/08/2011	2.870	4.852	3.146	1.036
24/08/2011	3.352	4.866	3.554	1.113
25/08/2011	2.017	4.418	2.245	0.789
26/08/2011	2.370	4.550	2.627	0.939
27/08/2011	1.888	3.934	2.207	0.826
28/08/2011	1.717	3.698	1.980	0.779
29/08/2011	1.867	4.250	2.155	0.812
30/08/2011	2.001	4.174	2.396	0.852
31/08/2011	1.807	4.089	2.147	0.815
01/09/2011	1.860	4.254	2.110	0.830
02/09/2011	3.019	5.241	3.237	1.112
03/09/2011	2.628	5.379	2.769	0.991
04/09/2011	3.161	5.289	3.539	1.092
05/09/2011	2.161	4.280	2.454	0.875
06/09/2011	1.949	4.054	2.245	0.796
07/09/2011	2.669	4.758	2.581	0.931
08/09/2011	3.170	5.590	3.284	1.106
09/09/2011	3.100	3.833	2.827	0.809





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
10/09/2011	2.620	5.081	2.811	0.879
11/09/2011	3.228	4.709	3.371	1.132
12/09/2011	1.855	4.062	2.096	0.809
13/09/2011	1.913	3.779	2.167	0.824
14/09/2011	2.644	4.479	2.847	1.001
15/09/2011	2.331	4.343	2.608	0.940
16/09/2011	2.875	4.594	3.031	1.012
17/09/2011	2.561	4.037	2.825	0.946
18/09/2011	2.311	4.113	2.626	0.873
19/09/2011	2.593	4.316	2.969	0.968
20/09/2011	2.221	3.949	2.411	0.882
21/09/2011	2.041	4.155	2.126	0.848
22/09/2011	2.104	4.260	2.286	0.870
23/09/2011	2.205	4.283	2.488	0.884
24/09/2011	2.071	4.314	2.230	0.843
25/09/2011	2.459	4.440	2.665	0.955
26/09/2011	2.370	4.667	2.455	0.907
27/09/2011	2.652	4.734	3.037	1.006
28/09/2011	2.792	4.832	2.754	0.980
29/09/2011	2.414	4.326	2.564	0.903
30/09/2011	1.967	3.498	2.374	0.789
01/10/2011	1.677	3.437	2.017	0.701
02/10/2011	1.676	3.094	2.025	0.724
03/10/2011	1.250	3.273	1.393	0.641
04/10/2011	1.103	2.129	1.423	0.626
05/10/2011	1.695	3.674	1.861	0.815
06/10/2011	2.164	4.189	2.271	0.930
07/10/2011	2.324	4.129	2.340	0.898
08/10/2011	3.198	5.249	3.296	1.123
09/10/2011	2.721	4.574	2.881	0.954
10/10/2011	1.734	3.567	1.942	0.748
11/10/2011	1.743	3.435	2.001	0.760
12/10/2011	1.521	3.199	1.690	0.718
13/10/2011	1.083	1.818	1.390	0.582
14/10/2011	1.369	2.133	1.704	0.628
15/10/2011	1.426	2.638	1.626	0.684
16/10/2011	0.885	1.704	1.206	0.578
17/10/2011	1.038	2.130	1.304	0.645
18/10/2011	2.350	3.790	2.349	0.945
19/10/2011	1.713	2.896	1.828	0.688
20/10/2011	1.670	2.719	1.887	0.665
21/10/2011	2.699	3.897	3.075	0.903
22/10/2011	1.994	3.304	2.123	0.743
23/10/2011	2.355	4.184	2.523	0.841
24/10/2011	2.349	3.865	2.104	0.800
25/10/2011	1.881	3.766	2.016	0.701
26/10/2011	2.339	4.144	2.542	0.872
27/10/2011	2.374	4.559	2.503	0.956
28/10/2011	1.792	4.002	1.830	0.814
29/10/2011	1.481	2.570	1.649	0.674
30/10/2011	1.620	2.651	1.859	0.626
31/10/2011	1.300	2.415	1.563	0.587
01/11/2011	1.156	2.349	1.373	0.609
02/11/2011	1.641	3.655	1.711	0.840
03/11/2011	1.830	3.857	1.804	0.842
04/11/2011	2.336	3.264	2.344	0.872
05/11/2011	2.396	3.669	2.666	0.837





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
06/11/2011	2.484	3.900	2.494	0.898
07/11/2011	1.854	3.330	1.759	0.771
08/11/2011	2.393	4.005	2.486	0.941
09/11/2011	2.090	3.821	2.273	0.783
10/11/2011	1.322	2.305	1.536	0.580
11/11/2011	1.424	2.078	1.762	0.604
12/11/2011	2.320	3.432	2.461	0.894
13/11/2011	2.712	3.878	2.297	0.922
14/11/2011	2.712	4.270	2.332	0.934
15/11/2011	2.808	4.690	2.392	0.917
16/11/2011	2.400	4.224	2.388	0.904
17/11/2011	1.778	2.762	1.930	0.725
18/11/2011	2.733	3.511	2.815	0.948
19/11/2011	2.809	3.524	2.877	0.925
20/11/2011	2.792	3.707	2.650	0.941
21/11/2011	2.636	3.391	2.447	0.894
22/11/2011	2.816	3.620	2.672	0.938
23/11/2011	2.677	3.387	2.747	0.848
24/11/2011	1.611	3.180	1.761	0.638
25/11/2011	2.494	3.538	2.772	0.848
26/11/2011	2.518	4.085	2.415	0.853
27/11/2011	2.154	3.392	2.090	0.777
28/11/2011	1.149	1.567	1.578	0.440
29/11/2011	2.194	2.804	2.429	0.752
30/11/2011	2.068	2.899	2.035	0.735
01/12/2011	2.057	3.306	1.988	0.767
02/12/2011	2.303	3.195	1.936	0.746
03/12/2011	2.476	3.299	2.040	0.835
04/12/2011	2.618	3.695	2.093	0.836
05/12/2011	2.234	3.944	2.167	0.863
06/12/2011	2.363	3.610	2.341	0.867
07/12/2011	1.295	2.254	1.531	0.622
08/12/2011	1.346	1.955	1.655	0.614
09/12/2011	2.292	3.258	2.387	0.837
10/12/2011	1.725	2.503	1.789	0.679
11/12/2011	1.375	2.552	1.633	0.570
12/12/2011	1.645	3.383	1.707	0.676
13/12/2011	1.577	3.287	1.522	0.728
14/12/2011	1.995	3.261	1.966	0.827
15/12/2011	2.299	3.404	1.890	0.824
16/12/2011	2.012	3.518	1.917	0.766
17/12/2011	2.217	3.003	2.478	0.802
18/12/2011	1.276	1.634	1.613	0.537
19/12/2011	2.102	3.075	2.102	0.751
20/12/2011	2.061	4.086	1.938	0.852
21/12/2011	2.090	3.807	2.021	0.858
22/12/2011	2.240	4.126	2.174	0.868
23/12/2011	1.886	3.373	1.917	0.761
24/12/2011	2.051	3.411	1.937	0.779
25/12/2011	1.644	2.950	1.804	0.660
26/12/2011	1.216	2.111	1.466	0.571
27/12/2011	1.711	3.099	1.834	0.745
28/12/2011	1.689	2.867	1.744	0.736
29/12/2011	1.888	3.336	2.016	0.754
30/12/2011	2.374	3.618	2.197	0.862
31/12/2011	2.235	3.224	2.055	0.782
01/01/2012	2.220	3.179	2.093	0.820





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
02/01/2012	1.473	1.945	1.722	0.597
03/01/2012	1.680	2.223	2.073	0.613
04/01/2012	2.385	3.052	2.533	0.749
05/01/2012	1.349	2.068	1.301	0.534
06/01/2012	2.066	3.408	2.071	0.777
07/01/2012	2.205	4.063	1.840	0.839
08/01/2012	2.250	3.776	1.965	0.849
09/01/2012	2.341	4.008	1.963	0.862
10/01/2012	2.229	3.803	2.280	0.867
11/01/2012	1.646	2.968	1.784	0.718
12/01/2012	2.405	4.035	2.535	0.878
13/01/2012	1.843	3.197	1.965	0.746
14/01/2012	1.369	2.189	1.716	0.619
15/01/2012	1.412	2.717	1.542	0.651
16/01/2012	2.164	2.890	2.101	0.790
17/01/2012	2.493	3.264	2.041	0.819
18/01/2012	2.520	3.596	2.421	0.883
19/01/2012	2.333	3.380	2.213	0.847
20/01/2012	3.087	3.888	2.549	0.911
21/01/2012	2.820	4.226	2.659	0.910
22/01/2012	2.683	4.314	2.646	0.928
23/01/2012	2.503	4.135	2.548	0.882
24/01/2012	2.498	4.020	2.649	0.892
25/01/2012	2.664	4.290	2.477	0.897
26/01/2012	2.406	4.144	2.508	0.873
27/01/2012	1.132	2.036	1.471	0.534
28/01/2012	2.222	3.606	2.260	0.839
29/01/2012	1.348	2.407	1.640	0.620
30/01/2012	2.282	3.287	2.191	0.813
31/01/2012	1.476	2.901	1.641	0.655
01/02/2012	2.273	3.289	1.882	0.777
02/02/2012	1.818	3.076	1.559	0.690
03/02/2012	2.013	3.448	1.775	0.766
04/02/2012	2.751	3.944	2.653	0.927
05/02/2012	2.048	3.643	2.202	0.787
06/02/2012	2.206	3.486	2.336	0.800
07/02/2012	1.695	3.557	1.815	0.695
08/02/2012	0.997	1.555	1.320	0.541
09/02/2012	1.391	2.904	1.613	0.691
10/02/2012	1.119	2.733	1.247	0.621
11/02/2012	1.311	2.756	1.494	0.695
12/02/2012	1.545	2.902	1.669	0.663
13/02/2012	2.754	4.191	2.428	0.922
14/02/2012	2.629	4.444	2.619	0.970
15/02/2012	2.489	4.609	2.415	0.947
16/02/2012	3.034	4.787	2.907	1.002
17/02/2012	2.858	4.592	3.111	0.991
18/02/2012	3.028	5.034	2.934	1.008
19/02/2012	1.997	3.898	2.000	0.806
20/02/2012	2.821	4.492	2.915	0.964
21/02/2012	3.022	4.206	3.265	0.953
22/02/2012	3.308	4.392	3.084	1.002
23/02/2012	3.202	5.098	3.007	1.024
24/02/2012	3.210	5.572	2.873	1.047
25/02/2012	1.642	3.286	1.959	0.671
26/02/2012	1.957	3.367	1.948	0.641
27/02/2012	2.830	3.719	2.572	0.868





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
28/02/2012	2.894	4.249	2.476	0.916
29/02/2012	3.176	4.381	3.008	1.024
01/03/2012	3.756	4.925	3.101	1.052
02/03/2012	3.441	5.294	3.242	1.043
03/03/2012	3.456	5.881	3.150	1.093
04/03/2012	1.343	3.915	1.455	0.528
05/03/2012	1.781	2.637	2.212	0.595
06/03/2012	1.606	3.363	1.778	0.651
07/03/2012	2.667	4.145	2.484	0.958
08/03/2012	2.942	4.623	2.397	0.943
09/03/2012	2.618	4.177	2.440	0.863
10/03/2012	2.949	4.514	2.903	0.983
11/03/2012	3.980	4.836	3.191	1.085
12/03/2012	3.714	4.622	3.409	1.063
13/03/2012	3.093	4.426	2.806	0.939
14/03/2012	1.970	3.953	1.978	0.697
<b>Media=</b>	<b>2.646</b>	<b>4.298</b>	<b>2.624</b>	<b>0.911</b>
<b>Máximo=</b>	<b>5.715</b>	<b>6.856</b>	<b>6.885</b>	<b>1.858</b>
<b>Mínimo=</b>	<b>0.529</b>	<b>1.126</b>	<b>0.198</b>	<b>0.440</b>
<b>Mediana=</b>	<b>2.629</b>	<b>4.324</b>	<b>2.548</b>	<b>0.918</b>
<b>Desviación Estándar=</b>	<b>0.870</b>	<b>1.128</b>	<b>0.761</b>	<b>0.185</b>





## A.10 DATOS DIARIOS DE EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA DE LA EMA TAPILULA, CHIAPAS

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
07/02/2011	0.456	0.775	0.532	0.630
08/02/2011	1.130	2.862	1.278	0.756
10/03/2011	1.650	3.702	1.755	0.636
11/03/2011	1.380	1.648	1.980	0.523
12/03/2011	2.549	3.533	3.205	0.895
13/03/2011	2.383	4.142	2.748	0.988
14/03/2011	2.321	4.152	2.413	0.965
15/03/2011	2.380	3.405	2.736	0.944
16/03/2011	2.200	3.338	2.647	0.895
17/03/2011	2.297	3.653	2.591	0.937
18/03/2011	2.860	4.277	3.237	1.060
19/03/2011	2.840	4.116	3.260	1.003
20/03/2011	2.847	4.244	3.208	0.994
21/03/2011	2.492	3.983	2.553	0.887
22/03/2011	3.095	4.273	3.464	1.054
23/03/2011	3.316	4.672	3.102	1.065
24/03/2011	2.894	4.326	2.949	1.057
25/03/2011	3.052	4.824	3.286	1.079
26/03/2011	4.825	4.998	3.047	1.174
27/03/2011	6.419	5.061	3.064	1.161
28/03/2011	5.779	4.891	3.355	1.159
29/03/2011	4.180	4.518	3.906	1.169
30/03/2011	6.098	5.371	3.437	1.189
31/03/2011	4.095	4.902	3.940	1.085
01/04/2011	3.526	4.753	3.601	1.096
02/04/2011	3.156	4.849	3.423	1.056
03/04/2011	3.233	4.760	3.495	1.140
04/04/2011	4.266	5.564	3.348	1.188
05/04/2011	2.404	4.178	2.116	0.776
06/04/2011	3.057	3.952	3.766	1.060
07/04/2011	3.461	4.945	3.996	1.144
08/04/2011	2.860	4.595	3.495	1.140
09/04/2011	3.242	4.379	3.207	1.122
10/04/2011	3.372	4.880	3.374	1.138
11/04/2011	4.092	4.679	3.324	1.166
12/04/2011	3.419	4.261	3.792	1.110
13/04/2011	3.451	4.850	4.016	1.133
14/04/2011	3.802	4.974	3.850	1.158
15/04/2011	4.675	4.696	3.462	1.219
16/04/2011	3.396	4.482	3.316	1.099
17/04/2011	1.917	4.024	2.188	0.775
18/04/2011	3.197	5.036	3.105	1.013
19/04/2011	4.703	4.838	3.194	1.136
20/04/2011	4.905	4.566	2.951	1.132
21/04/2011	3.859	4.429	3.672	1.106
22/04/2011	3.431	4.538	3.645	1.066
23/04/2011	3.783	4.683	3.235	1.069
24/04/2011	4.380	4.989	3.309	1.157
25/04/2011	5.012	5.218	3.529	1.199
26/04/2011	7.032	5.298	3.543	1.212
27/04/2011	6.536	3.848	2.132	0.841
28/04/2011	4.279	3.324	2.004	0.776
29/04/2011	3.537	4.721	3.836	1.101
30/04/2011	3.964	5.843	3.957	1.228
08/05/2011	0.759	5.090	0.313	1.179





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
10/05/2011	3.864	4.826	3.395	1.169
11/05/2011	4.917	5.340	3.156	1.209
12/05/2011	5.377	5.470	3.483	1.212
13/05/2011	4.687	4.134	3.724	1.174
14/05/2011	3.549	4.692	3.967	1.141
15/05/2011	3.335	4.306	3.914	1.108
16/05/2011	2.942	4.471	3.433	1.016
17/05/2011	3.166	4.730	3.286	1.046
18/05/2011	4.779	5.786	3.195	1.212
19/05/2011	6.122	5.623	3.157	1.231
20/05/2011	5.494	5.228	3.489	1.204
21/05/2011	4.689	6.047	4.223	1.167
22/05/2011	3.812	4.879	3.856	1.114
23/05/2011	3.662	5.048	3.502	1.104
24/05/2011	4.268	5.597	3.478	1.189
25/05/2011	4.422	5.091	3.451	1.193
26/05/2011	3.922	5.203	3.647	1.186
27/05/2011	3.687	5.021	3.938	1.177
28/05/2011	3.613	5.411	3.643	1.132
29/05/2011	3.764	5.086	3.526	1.130
30/05/2011	3.543	5.201	3.624	1.121
31/05/2011	3.773	4.890	3.765	1.163
01/06/2011	2.277	4.448	2.534	0.814
02/06/2011	3.183	4.524	3.642	1.069
03/06/2011	3.211	4.522	3.566	1.086
04/06/2011	2.757	4.425	2.944	1.029
05/06/2011	2.107	4.335	2.323	0.852
06/06/2011	2.871	4.824	3.171	1.020
07/06/2011	2.951	4.759	3.361	1.082
08/06/2011	3.221	5.086	3.536	1.180
09/06/2011	2.852	4.949	2.958	1.064
10/06/2011	2.895	4.926	2.972	1.041
11/06/2011	3.000	4.950	3.202	1.043
12/06/2011	2.637	4.549	2.839	0.949
13/06/2011	2.946	4.790	3.346	1.077
14/06/2011	2.523	4.372	2.902	0.981
15/06/2011	2.791	4.715	3.105	1.050
16/06/2011	2.455	4.569	2.597	0.945
17/06/2011	2.271	4.656	2.586	0.887
18/06/2011	2.655	4.282	2.778	0.973
19/06/2011	2.437	3.789	2.960	0.962
20/06/2011	2.794	4.785	2.234	0.942
21/06/2011	3.885	5.157	2.704	1.055
22/06/2011	3.491	4.999	2.969	1.038
23/06/2011	3.055	4.936	3.170	1.040
24/06/2011	3.256	4.768	3.499	1.088
25/06/2011	3.222	4.839	3.571	1.103
26/06/2011	2.162	4.234	2.495	0.870
27/06/2011	1.768	4.090	2.042	0.786
28/06/2011	2.354	4.099	1.965	0.786
29/06/2011	3.570	4.252	1.854	0.828
30/06/2011	2.901	3.642	1.518	0.745
01/07/2011	2.201	4.907	2.207	0.865
02/07/2011	2.225	4.018	2.710	0.864
03/07/2011	2.408	4.017	2.834	0.935
04/07/2011	2.177	3.963	2.602	0.877
05/07/2011	1.648	3.180	1.984	0.783
06/07/2011	1.955	3.741	2.350	0.856
07/07/2011	1.903	4.411	2.092	0.884







Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
08/07/2011	3.153	5.065	3.503	1.170
09/07/2011	1.975	4.214	2.341	0.874
10/07/2011	2.544	4.400	3.027	1.021
11/07/2011	2.302	4.429	2.687	0.925
12/07/2011	2.230	4.094	2.680	0.905
13/07/2011	1.763	3.879	2.043	0.787
14/07/2011	1.778	3.866	2.084	0.793
15/07/2011	2.023	4.190	2.310	0.883
16/07/2011	2.076	4.325	2.372	0.890
17/07/2011	2.124	3.861	2.583	0.915
18/07/2011	2.584	4.179	3.148	1.045
19/07/2011	2.460	4.479	2.837	0.984
20/07/2011	3.087	4.700	3.725	1.160
21/07/2011	2.898	4.885	3.431	1.132
22/07/2011	3.272	4.813	3.762	1.208
23/07/2011	2.643	4.646	2.974	0.985
24/07/2011	3.493	4.726	3.676	1.118
25/07/2011	2.762	4.410	3.216	1.043
26/07/2011	2.448	4.262	2.887	0.988
27/07/2011	2.638	4.840	3.091	1.042
28/07/2011	2.834	4.649	3.345	1.086
29/07/2011	2.845	4.419	3.360	1.080
30/07/2011	2.315	4.115	2.767	0.912
31/07/2011	1.979	4.082	2.352	0.861
01/08/2011	1.588	3.301	1.958	0.754
02/08/2011	1.575	3.576	1.888	0.776
03/08/2011	2.533	4.181	3.082	1.058
04/08/2011	2.869	4.705	3.522	1.142
05/08/2011	3.190	5.045	3.729	1.178
06/08/2011	3.325	5.024	3.699	1.181
07/08/2011	3.287	5.015	3.674	1.168
08/08/2011	3.174	4.783	3.819	1.166
09/08/2011	3.015	4.810	3.378	1.122
10/08/2011	3.370	4.839	3.913	1.245
11/08/2011	2.963	5.341	3.382	1.095
12/08/2011	3.225	5.055	3.583	1.129
13/08/2011	3.347	4.650	3.932	1.179
14/08/2011	2.505	4.468	2.841	0.949
15/08/2011	2.357	4.660	2.667	0.934
16/08/2011	3.120	4.524	3.764	1.169
17/08/2011	3.059	4.554	3.536	1.147
18/08/2011	2.935	4.297	3.593	1.073
19/08/2011	3.151	4.561	3.821	1.155
20/08/2011	2.237	4.395	2.558	0.919
21/08/2011	1.236	3.435	1.348	0.645
22/08/2011	4.770	3.965	6.002	1.664
23/08/2011	2.829	4.325	3.324	1.089
24/08/2011	2.607	4.319	3.085	1.021
25/08/2011	2.394	4.463	2.793	0.948
26/08/2011	2.414	4.366	2.816	0.983
27/08/2011	2.158	3.754	2.602	0.926
28/08/2011	2.165	4.229	2.508	0.919
29/08/2011	2.046	4.162	2.398	0.887
30/08/2011	2.589	4.394	3.038	1.024
31/08/2011	2.199	4.082	2.611	0.916
01/09/2011	2.375	3.987	2.060	0.819
02/09/2011	3.456	4.621	2.486	0.984
03/09/2011	4.690	4.102	2.931	1.102
04/09/2011	5.337	4.396	3.468	1.185





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
05/09/2011	2.546	3.632	2.388	0.830
06/09/2011	2.199	3.589	2.114	0.731
07/09/2011	1.959	3.998	1.841	0.718
08/09/2011	2.908	4.753	3.252	1.102
09/09/2011	2.310	3.351	2.025	0.642
10/09/2011	3.189	3.985	2.721	0.960
11/09/2011	2.346	3.964	2.825	0.950
12/09/2011	1.384	3.814	1.477	0.738
13/09/2011	1.356	2.972	1.645	0.710
14/09/2011	1.830	4.189	2.075	0.863
15/09/2011	2.373	3.870	2.787	1.002
16/09/2011	2.480	3.793	2.981	1.028
17/09/2011	2.804	4.369	3.288	1.073
18/09/2011	2.403	3.819	2.843	0.933
19/09/2011	2.219	3.668	2.650	0.903
20/09/2011	1.930	3.458	2.254	0.852
21/09/2011	1.578	3.191	1.876	0.781
22/09/2011	1.703	3.340	2.056	0.790
23/09/2011	2.223	3.740	2.552	0.950
24/09/2011	1.928	3.577	2.351	0.841
25/09/2011	2.552	3.930	3.004	1.055
26/09/2011	3.181	4.299	3.646	1.190
27/09/2011	2.689	4.246	3.046	1.066
28/09/2011	2.616	4.258	3.014	1.019
29/09/2011	2.360	4.082	2.666	0.931
30/09/2011	1.914	3.338	2.344	0.792
01/10/2011	2.343	3.843	2.653	0.903
02/10/2011	1.195	2.568	1.424	0.625
03/10/2011	1.719	3.544	2.050	0.764
04/10/2011	1.005	2.198	1.189	0.599
05/10/2011	1.473	3.041	1.738	0.762
06/10/2011	1.272	2.910	1.515	0.734
07/10/2011	1.920	3.376	2.352	0.918
08/10/2011	3.021	4.244	3.410	1.201
09/10/2011	2.305	3.868	2.674	0.929
10/10/2011	1.956	3.524	2.234	0.846
11/10/2011	1.768	3.024	2.116	0.778
12/10/2011	1.141	2.235	1.450	0.615
13/10/2011	1.240	2.879	1.489	0.674
14/10/2011	1.247	2.905	1.510	0.650
15/10/2011	0.902	2.439	1.063	0.575
16/10/2011	0.852	1.980	1.123	0.583
17/10/2011	0.839	2.039	1.050	0.602
18/10/2011	1.871	3.617	2.178	0.871
19/10/2011	1.498	3.216	1.711	0.706
20/10/2011	2.167	3.237	2.689	0.834
21/10/2011	2.584	3.510	2.930	0.919
22/10/2011	2.385	3.357	2.719	0.882
23/10/2011	2.639	3.821	2.741	0.915
24/10/2011	2.552	3.725	2.695	0.918
25/10/2011	2.446	3.442	2.593	0.868
26/10/2011	2.554	3.706	2.620	0.851
27/10/2011	2.179	3.828	2.472	0.931
28/10/2011	1.984	3.556	2.210	0.896
29/10/2011	1.306	2.793	1.486	0.676
30/10/2011	1.598	2.705	1.899	0.683
31/10/2011	1.383	2.588	1.527	0.640
01/11/2011	0.955	2.007	1.215	0.578
02/11/2011	1.486	2.988	1.792	0.793





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
03/11/2011	1.511	3.209	1.710	0.806
04/11/2011	1.948	2.830	2.134	0.882
05/11/2011	2.145	3.132	2.479	0.873
06/11/2011	2.049	3.281	2.348	0.830
07/11/2011	2.075	3.205	2.459	0.882
08/11/2011	1.995	3.516	2.466	0.906
09/11/2011	2.171	3.160	2.508	0.870
10/11/2011	1.340	2.927	1.447	0.650
11/11/2011	1.080	1.316	1.528	0.528
12/11/2011	1.781	2.719	2.179	0.787
13/11/2011	1.994	3.394	2.452	0.890
14/11/2011	1.909	3.495	2.232	0.936
15/11/2011	2.753	3.832	1.981	0.948
16/11/2011	2.554	3.511	2.266	0.949
17/11/2011	1.481	2.061	1.630	0.655
18/11/2011	2.251	2.962	2.620	0.883
19/11/2011	2.246	3.406	2.631	0.878
20/11/2011	2.150	3.405	2.473	0.885
21/11/2011	2.086	3.223	2.458	0.908
22/11/2011	2.250	3.404	2.574	0.912
23/11/2011	1.730	3.044	1.845	0.738
24/11/2011	1.924	2.897	2.070	0.740
25/11/2011	2.450	3.235	2.666	0.860
26/11/2011	2.437	3.611	2.394	0.871
27/11/2011	2.037	3.443	1.707	0.722
28/11/2011	1.223	1.335	1.657	0.468
29/11/2011	1.808	2.707	2.141	0.639
30/11/2011	1.265	2.238	1.339	0.593
01/12/2011	1.811	2.943	1.900	0.739
02/12/2011	1.787	2.691	1.825	0.735
03/12/2011	1.713	3.042	1.957	0.760
04/12/2011	1.669	3.076	1.870	0.783
05/12/2011	1.878	3.472	1.847	0.846
06/12/2011	1.642	2.834	1.714	0.743
07/12/2011	0.921	1.998	1.111	0.568
08/12/2011	0.961	1.500	1.226	0.555
09/12/2011	1.275	2.008	1.555	0.621
10/12/2011	1.243	2.537	1.258	0.636
11/12/2011	1.750	2.740	1.991	0.704
12/12/2011	1.569	2.916	1.787	0.687
13/12/2011	1.600	2.899	1.764	0.791
14/12/2011	1.738	3.031	1.871	0.808
15/12/2011	1.741	3.120	2.006	0.789
16/12/2011	1.630	2.604	1.720	0.770
17/12/2011	2.185	3.060	2.092	0.816
18/12/2011	1.402	2.192	1.630	0.597
19/12/2011	2.175	3.033	2.441	0.777
20/12/2011	2.253	3.584	1.920	0.856
21/12/2011	2.144	2.971	1.980	0.839
22/12/2011	1.936	3.480	2.042	0.853
23/12/2011	1.623	2.354	1.859	0.760
24/12/2011	1.590	2.444	1.949	0.733
25/12/2011	1.397	2.545	1.609	0.686
26/12/2011	1.166	1.804	1.462	0.598
27/12/2011	1.250	2.084	1.503	0.640
28/12/2011	1.485	2.274	1.758	0.737
29/12/2011	1.117	2.195	1.326	0.595
30/12/2011	1.885	3.026	2.136	0.831
31/12/2011	1.720	2.977	1.809	0.753





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
01/01/2012	1.642	2.935	1.885	0.794
02/01/2012	1.853	2.265	1.820	0.748
03/01/2012	1.499	1.579	1.770	0.581
04/01/2012	1.913	2.618	2.321	0.671
05/01/2012	1.174	2.250	1.426	0.562
06/01/2012	1.645	2.909	1.919	0.744
07/01/2012	1.640	3.483	1.661	0.800
08/01/2012	1.763	3.356	1.946	0.832
09/01/2012	2.712	3.904	1.612	0.887
10/01/2012	2.073	2.629	1.825	0.796
11/01/2012	1.274	1.915	1.637	0.619
12/01/2012	2.050	3.096	2.402	0.832
13/01/2012	0.928	1.701	1.203	0.567
14/01/2012	0.797	1.438	1.095	0.535
15/01/2012	1.043	2.120	1.294	0.616
16/01/2012	1.763	2.909	2.039	0.845
17/01/2012	1.885	3.188	2.168	0.833
18/01/2012	1.583	2.912	1.809	0.743
19/01/2012	1.709	2.883	1.982	0.793
20/01/2012	2.338	3.681	2.465	0.859
21/01/2012	2.619	3.797	2.230	0.893
22/01/2012	2.495	3.729	2.334	0.895
23/01/2012	2.534	3.570	2.350	0.896
24/01/2012	2.268	3.380	2.559	0.886
25/01/2012	3.386	3.740	2.249	0.935
26/01/2012	3.207	3.064	2.052	0.825
27/01/2012	1.154	2.139	1.567	0.514
28/01/2012	1.955	2.955	2.470	0.736
29/01/2012	0.985	2.019	1.191	0.608
30/01/2012	1.490	2.289	1.817	0.737
31/01/2012	1.868	3.234	2.076	0.864
01/02/2012	1.380	2.477	1.654	0.707
02/02/2012	1.572	2.745	1.799	0.730
03/02/2012	1.736	3.009	1.990	0.784
04/02/2012	2.009	3.426	2.355	0.851
05/02/2012	1.976	3.043	2.208	0.847
06/02/2012	2.287	3.353	2.727	0.859
07/02/2012	1.593	2.590	1.858	0.713
08/02/2012	0.979	1.671	1.286	0.562
09/02/2012	1.159	1.877	1.542	0.616
10/02/2012	1.009	1.836	1.291	0.603
11/02/2012	0.682	1.588	0.922	0.552
12/02/2012	0.835	2.122	0.987	0.549
13/02/2012	1.956	3.415	2.252	0.860
14/02/2012	2.039	4.096	1.865	0.901
15/02/2012	2.117	3.992	2.123	0.944
16/02/2012	2.613	4.098	2.861	0.974
17/02/2012	2.591	3.886	2.925	0.959
18/02/2012	3.053	4.598	2.351	0.989
19/02/2012	1.431	2.916	1.375	0.623
20/02/2012	1.820	2.427	2.391	0.718
21/02/2012	2.533	3.705	3.091	0.916
22/02/2012	2.381	3.913	2.765	0.980
23/02/2012	2.714	4.629	2.523	1.024
24/02/2012	5.005	4.554	2.309	1.062
25/02/2012	1.370	3.706	1.437	0.566
26/02/2012	1.677	2.140	2.169	0.600
27/02/2012	2.420	3.834	2.986	0.889
28/02/2012	2.619	4.528	2.582	1.013





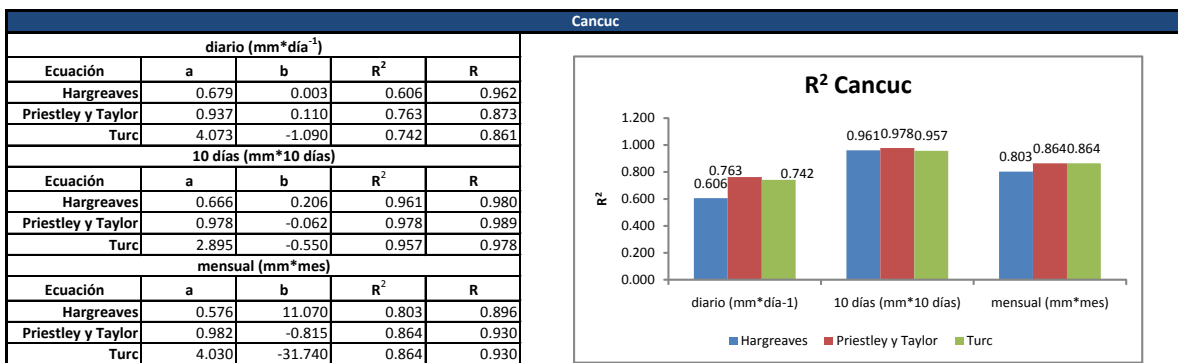
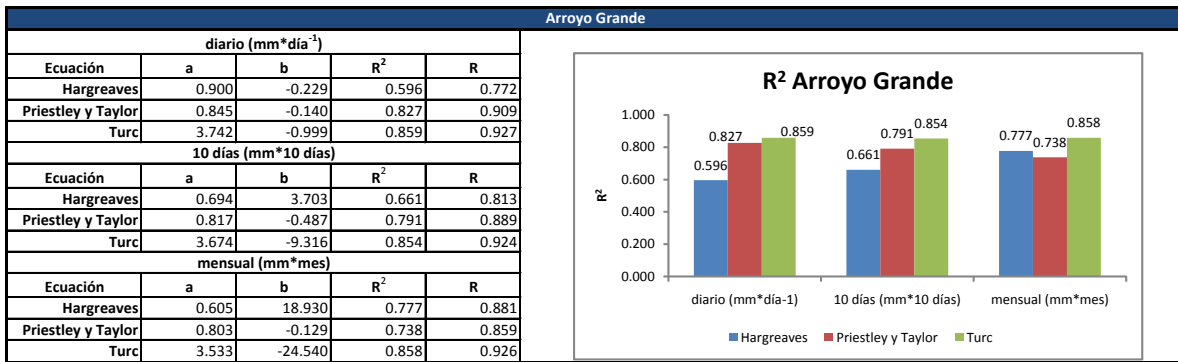
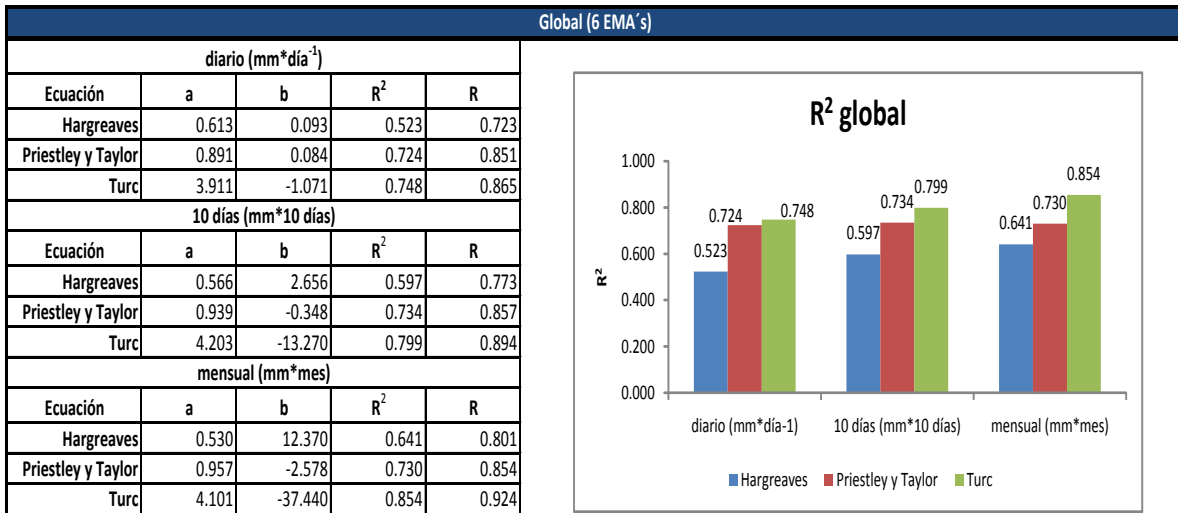
Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	ET <sub>o</sub> diario (mm*día <sup>-1</sup> )			
	FAO Penman-Monteith	Hargreaves	Priestley y Taylor	Turc
29/02/2012	2.555	3.993	2.688	0.998
01/03/2012	2.387	4.044	2.587	0.926
02/03/2012	3.593	4.986	2.755	1.074
03/03/2012	5.532	4.762	2.668	1.098
04/03/2012	1.723	3.913	1.579	0.563
05/03/2012	1.677	2.231	2.165	0.548
06/03/2012	1.225	2.309	1.519	0.519
07/03/2012	1.949	3.878	2.242	0.908
08/03/2012	2.252	4.177	2.587	0.975
09/03/2012	2.401	3.990	2.575	0.940
10/03/2012	2.572	4.102	2.830	0.971
11/03/2012	2.690	4.255	2.991	1.015
12/03/2012	2.591	4.045	3.025	0.978
13/03/2012	2.602	3.992	2.860	0.967
14/03/2012	1.705	3.818	1.713	0.696
<b>Media=</b>	<b>2.501</b>	<b>3.794</b>	<b>2.551</b>	<b>0.909</b>
<b>Máximo=</b>	<b>7.032</b>	<b>6.047</b>	<b>6.002</b>	<b>1.664</b>
<b>Mínimo=</b>	<b>0.456</b>	<b>0.775</b>	<b>0.313</b>	<b>0.468</b>
<b>Mediana=</b>	<b>2.346</b>	<b>3.913</b>	<b>2.553</b>	<b>0.906</b>
<b>Desviación Estándar=</b>	<b>1.069</b>	<b>0.976</b>	<b>0.790</b>	<b>0.190</b>



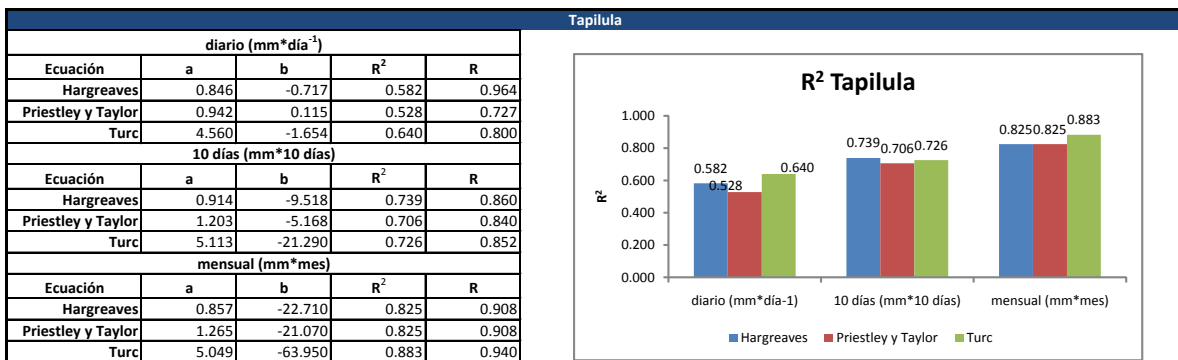
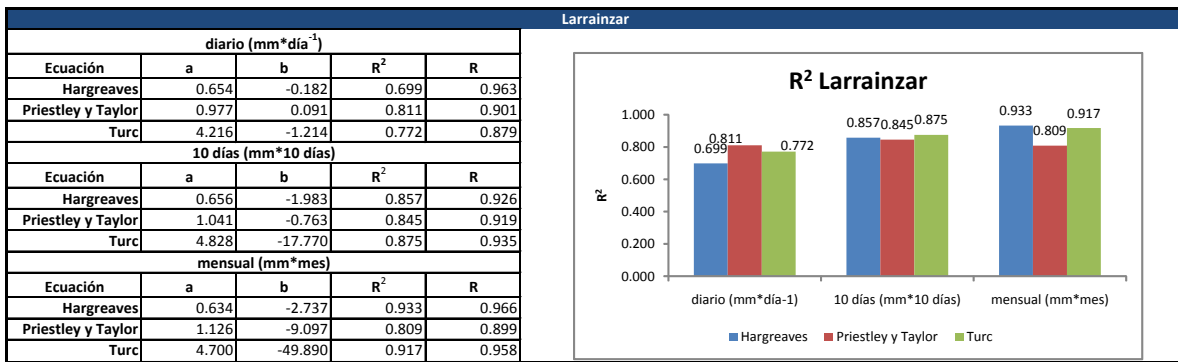
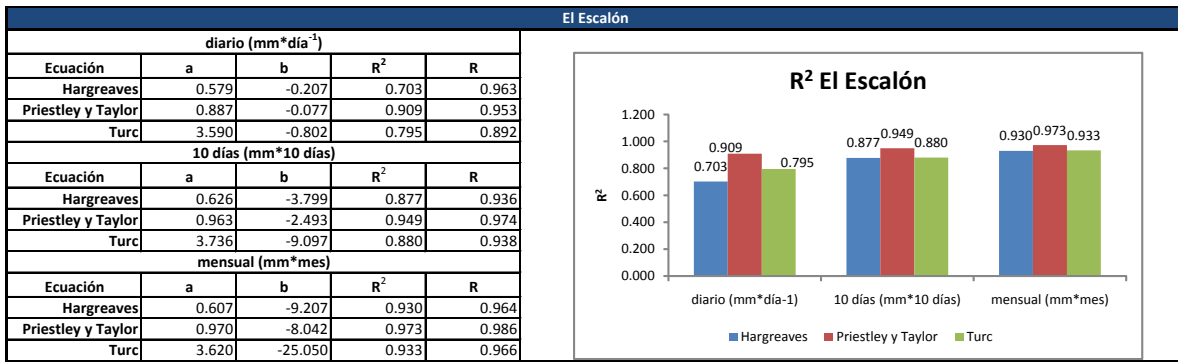
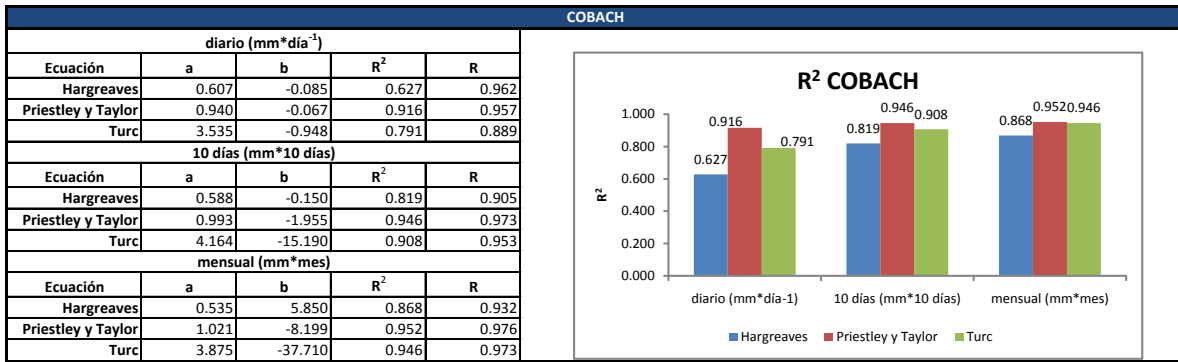


### A.11 MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL DE LAS 6 EMA's PARA CORRECCIÓN DE ET<sub>0</sub>





## Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México







## A.12 VALORES PARA OBTENER LOS MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL $ET_{oe}$

Fecha	Estación	Lado	Variables independientes			Variable dependiente ( $ET_o$ )		
			NDVI	$T_s - T_a$	$T_s - T_{a\text{inst}}$	Hargreaves	Penman-Monteith	Hargreaves-ajustada
			Adim.	°K	°K	mm*día <sup>-1</sup>	mm*día <sup>-1</sup>	mm*día <sup>-1</sup>
07/01/1998	SAN PEDRO CHENALHO	A B	0.754	6.198	N/A	2.700	N/A	1.747
07/01/1998	SIMOJOVEL DE A. DE A.	A B	0.744	5.569	N/A	3.591	N/A	2.294
07/01/1998	TAPILULA, TAPILULA	A	0.807	-0.421	N/A	2.941	N/A	1.895
07/01/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.764	9.108	N/A	3.046	N/A	1.960
07/01/1998	PUEBLO NUEVO, CENTRO	A	0.294	-0.574	N/A	4.708	N/A	2.978
07/01/1998	TAPIJULAPA, TACOTALPA	A	0.873	3.832	N/A	4.688	N/A	2.966
07/01/1998	TEAPA, TEAPA (DGE)	A	0.834	5.465	N/A	3.873	N/A	2.466
07/01/1998	PUYACATENGO, TEAPA (DGE)	A	0.682	3.711	N/A	4.811	N/A	3.041
07/01/1998	OXOLOTAN, TACOTALPA (DGE)	A	0.729	4.652	N/A	4.194	N/A	2.663
08/02/1998	SAN PEDRO CHENALHO	A B	0.162	4.156	N/A	4.399	N/A	2.789
08/02/1998	SIMOJOVEL DE A. DE A.	A B	0.661	2.722	N/A	4.326	N/A	2.744
08/02/1998	TAPILULA, TAPILULA	A	0.633	1.292	N/A	1.670	N/A	1.117
08/02/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.333	12.642	N/A	4.307	N/A	2.732
08/02/1998	PUEBLO NUEVO, CENTRO	A	0.751	2.151	N/A	4.752	N/A	3.005
08/02/1998	TAPIJULAPA, TACOTALPA	A	0.770	0.269	N/A	4.137	N/A	2.628
08/02/1998	TEAPA, TEAPA (DGE)	A	0.720	4.028	N/A	3.740	N/A	2.385
08/02/1998	PUYACATENGO, TEAPA (DGE)	A	0.627	2.076	N/A	4.385	N/A	2.780
08/02/1998	OXOLOTAN, TACOTALPA (DGE)	A	0.563	3.718	N/A	4.092	N/A	2.601
28/03/1998	SAN PEDRO CHENALHO	A B	0.570	6.734	N/A	6.101	N/A	3.832
28/03/1998	SIMOJOVEL DE A. DE A.	A B	0.468	11.630	N/A	5.539	N/A	3.487
28/03/1998	TAPILULA, TAPILULA	A	0.685	5.925	N/A	4.863	N/A	3.073
28/03/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.261	21.539	N/A	5.795	N/A	3.644





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	Estación	Lado	Variables independientes			Variable dependiente (ET <sub>o</sub> )		
			NDVI	T <sub>s</sub> -T <sub>a</sub>	T <sub>s</sub> -T <sub>ainst</sub>	Hargreaves	Penman-Monteith	Hargreaves-ajustada
			Adim.	°K	°K	mm*día <sup>-1</sup>	mm*día <sup>-1</sup>	mm*día <sup>-1</sup>
28/03/1998	PUEBLO NUEVO, CENTRO	A	0.531	6.702	N/A	6.937	N/A	4.344
28/03/1998	TAPIJULAPA, TACOTALPA	A	0.601	5.713	N/A	6.975	N/A	4.367
28/03/1998	TEAPA, TEAPA (DGE)	A	0.365	8.048	N/A	6.246	N/A	3.920
28/03/1998	PUYACATENGO, TEAPA (DGE)	A	0.741	2.948	N/A	6.495	N/A	4.073
13/04/1998	SAN PEDRO CHENALHO	A B	0.642	12.812	N/A	4.828	N/A	3.052
13/04/1998	SIMOJOVEL DE A. DE A.	A B	0.394	14.726	N/A	5.293	N/A	3.336
13/04/1998	TAPILULA, TAPILULA	A	0.631	3.028	N/A	3.509	N/A	2.243
13/04/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.358	19.038	N/A	6.303	N/A	3.955
13/04/1998	DOS PATRIAS, TACOTALPA	A	0.572	3.437	N/A	6.097	N/A	3.829
13/04/1998	PUEBLO NUEVO, CENTRO	A	0.588	5.937	N/A	7.143	N/A	4.470
13/04/1998	TAPIJULAPA, TACOTALPA	A	0.502	4.144	N/A	6.844	N/A	4.287
13/04/1998	TEAPA, TEAPA (DGE)	A	0.308	8.834	N/A	6.366	N/A	3.994
13/04/1998	PUYACATENGO, TEAPA (DGE)	A	0.708	3.279	N/A	6.572	N/A	4.120
13/04/1998	OXOLOTAN, TACOTALPA (DGE)	A	0.618	5.730	N/A	5.391	N/A	3.397
01/04/2011	LARRAÍNZAR	A B	0.659	11.640	18.110	4.820	2.757	2.971
01/04/2011	EL ESCALÓN	A	0.686	1.613	6.478	5.107	3.075	2.750
01/04/2011	TAPILULA	A	0.735	3.129	7.334	4.753	3.526	3.302
01/04/2011	ARROYO GRANDE	A	0.550	12.653	16.723	3.732	3.042	3.129
04/06/2011	LARRAÍNZAR	A B	0.033	-22.403	-17.578	3.988	1.566	2.427
04/06/2011	EL ESCALÓN	A	0.526	5.872	9.612	4.771	2.805	2.555
04/06/2011	TAPILULA	A	0.341	-9.484	-5.724	4.425	2.757	3.025
04/06/2011	ARROYO GRANDE	A	0.656	3.602	6.662	3.303	1.527	2.743
01/02/1998	GUAQUITEPEC, CHILON	B	0.762	2.880	N/A	4.685	N/A	2.964
01/02/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.582	10.412	N/A	3.499	N/A	2.238





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

Fecha	Estación	Lado	Variables independientes			Variable dependiente (ET <sub>o</sub> )		
			NDVI	T <sub>s</sub> -T <sub>a</sub>	T <sub>s</sub> -T <sub>ainst</sub>	Hargreaves	Penman-Monteith	Hargreaves-ajustada
			Adim.	°K	°K	mm*día <sup>-1</sup>	mm*día <sup>-1</sup>	mm*día <sup>-1</sup>
17/02/1998	GUAQUITEPEC, CHILON	B	0.673	3.004	N/A	5.714	N/A	3.594
17/02/1998	SAN PEDRO CHENALHO	A B	0.411	8.834	N/A	4.432	N/A	2.809
17/02/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.460	16.892	N/A	4.008	N/A	2.549
05/03/1998	GUAQUITEPEC, CHILON	B	0.674	0.792	N/A	5.499	N/A	3.463
05/03/1998	SAN PEDRO CHENALHO	A B	0.568	11.017	N/A	6.067	N/A	3.811
05/03/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.431	13.013	N/A	4.604	N/A	2.914
06/04/1998	GUAQUITEPEC, CHILON	B	0.599	9.503	N/A	5.086	N/A	3.209
06/04/1998	SAN PEDRO CHENALHO	A B	0.402	17.405	N/A	6.058	N/A	3.805
06/04/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.481	18.760	N/A	6.543	N/A	4.102
09/06/1998	GUAQUITEPEC, CHILON	B	0.601	-13.048	N/A	5.906	N/A	3.712
09/06/1998	SAN PEDRO CHENALHO	A B	0.473	-3.396	N/A	6.006	N/A	3.773
09/06/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.508	-11.057	N/A	5.659	N/A	3.561
11/07/1998	GUAQUITEPEC, CHILON	B	0.730	-3.035	N/A	5.246	N/A	3.308
11/07/1998	SAN PEDRO CHENALHO	A B	0.674	-3.907	N/A	4.304	N/A	2.730
11/07/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.724	-2.645	N/A	4.756	N/A	3.007
12/08/1998	GUAQUITEPEC, CHILON	B	0.706	-5.709	N/A	4.234	N/A	2.688
12/08/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.721	3.308	N/A	5.134	N/A	3.239
13/09/1998	GUAQUITEPEC, CHILON	B	0.812	-1.655	N/A	4.889	N/A	3.089
13/09/1998	SAN PEDRO CHENALHO	A B	0.807	-3.093	N/A	4.905	N/A	3.099
13/09/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.809	-2.763	N/A	5.306	N/A	3.344
18/12/1998	GUAQUITEPEC, CHILON	B	0.796	1.923	N/A	2.817	N/A	1.819
18/12/1998	SAN PEDRO CHENALHO	A B	0.047	-2.696	N/A	3.462	N/A	2.214
18/12/1998	LARRAINZAR, LARRAINZAR	A B	0.083	-5.064	N/A	3.051	N/A	1.963
20/01/2011	COBACH-100	B	0.724	4.688	12.308	4.586	2.699	2.699





Fecha	Estación	Lado	Variables independientes			Variable dependiente (ET <sub>o</sub> )		
			NDVI	T <sub>s</sub> -T <sub>a</sub>	T <sub>s</sub> -T <sub>ainst</sub>	Hargreaves	Penman-Monteith	Hargreaves-ajustada
			Adim.	°K	°K	mm*día <sup>-1</sup>	mm*día <sup>-1</sup>	mm*día <sup>-1</sup>
20/01/2011	CANCUC	B	0.801	3.032	8.552	3.629	2.466	2.466
20/01/2011	LARRAÍNZAR	A B	0.642	8.583	15.298	4.023	2.450	2.450
21/02/2011	COBACH-100	B	0.698	7.446	15.481	4.920	2.945	2.902
21/02/2011	CANCUC	B	0.459	6.585	12.520	4.052	3.078	2.753
21/02/2011	LARRAÍNZAR	A B	0.511	9.965	17.245	4.329	2.650	2.650
09/03/2011	COBACH-100	B	0.687	6.532	13.712	5.435	3.253	3.215
09/03/2011	CANCUC	B	0.631	3.958	8.873	4.532	3.483	3.079
09/03/2011	LARRAÍNZAR	A B	0.551	12.113	18.733	4.563	3.219	2.803
10/04/2011	COBACH-100	B	0.576	7.003	13.248	6.096	4.090	3.616
10/04/2011	CANCUC	B	0.309	8.727	14.157	5.228	3.874	3.552
10/04/2011	LARRAÍNZAR	A B	0.688	14.187	33.437	5.281	3.029	3.273

N/A: no aplica debido que no registran datos las variables incluidas





**A.13 NDVI,  $K_{cv}$ ,  $ET_o$  Y  $ET_r$  POR CADA USO DE SUELO**

NDVI																		
CLAVE	Área (km <sup>2</sup> )	Área	07/01/98	01/02/98	08/02/98	17/02/98	05/03/98	28/03/98	06/04/98	13/04/98	09/06/98	11/07/98	12/08/98	13/09/98	Fechas	Mínimo	Máximo	Media
130	1326.4407	29.972%	0.71188	0.76201	0.66356	0.59102	0.64935	0.61262	0.45952	0.57773	0.46086	0.66288	0.76533	0.76872	12	0.45952	0.76871	0.64045
200	413.6445	9.347%	0.75686	0.80799	0.66181	0.62367	0.67831	0.59675	0.55127	0.55153	0.52231	0.69916	0.73496	0.75598	12	0.52231	0.80798	0.66171
210	587.1357	13.267%	0.69896	0.72520	0.55918	0.55335	0.60894	0.57227	0.56423	0.53610	0.48284	0.65904	0.74693	0.76325	12	0.48284	0.76324	0.62252
420	44.7246	1.011%	0.74211	0.80037	0.62602	0.61815	0.69045	0.63926	0.58396	0.56448	0.42011	0.69067	0.63987	0.77092	12	0.42010	0.80036	0.64886
421	143.0037	3.231%	0.78111	0.78239	0.64429	0.60542	0.64661	0.58251	0.50825	0.50400	0.45478	0.66045	0.72529	0.77086	12	0.45478	0.78238	0.63883
510	75.267	1.701%	0.68802	0.77813	0.54822	0.58234	0.63991	0.60742	0.62462	0.59911	0.42810	0.68350	0.69382	0.76325	12	0.42810	0.77812	0.63637
511	136.7982	3.091%	0.73990	0.79465	0.62037	0.61107	0.65986	0.61654	0.57491	0.54545	0.46793	0.68997	0.73708	0.76941	12	0.46793	0.79465	0.65226
601	8.4789	0.192%	0.73375	0.73375	0.64990	0.56605	0.57802	0.43791	0.29779	0.33257	0.36736	0.62479	0.73077	0.76585	12	0.29778	0.76584	0.56820
700	490.9572	11.094%	0.75557	0.81526	0.61475	0.62098	0.67862	0.57076	0.63675	0.54742	0.52008	0.69981	0.69239	0.74914	12	0.52008	0.81525	0.65846
701	495.0549	11.186%	0.77234	0.78912	0.62504	0.61290	0.66580	0.54732	0.59550	0.52965	0.54943	0.67543	0.74568	0.76876	12	0.52965	0.78912	0.65641
800	275.9544	6.235%	0.77315	0.66436	0.66436	0.66436	0.65149	0.63862	0.63163	0.62464	0.66408	0.66408	0.66408	0.66408	12	0.62463	0.77315	0.66407
801	367.146	8.296%	0.77653	0.66135	0.66135	0.66135	0.64754	0.63374	0.62252	0.61131	0.65946	0.65946	0.65946	0.65946	12	0.61130	0.77653	0.65946
810	3.3759	0.076%	0.72034	0.68638	0.68638	0.68638	0.67216	0.65795	0.62751	0.59707	0.66677	0.66677	0.66677	0.66677	12	0.59706	0.72033	0.66676
811	4.9419	0.112%	0.58748	0.68072	0.68072	0.68072	0.64494	0.60916	0.58938	0.56960	0.63034	0.63034	0.63034	0.63034	12	0.56960	0.68071	0.63033
1330	12.6846	0.287%	0.73161	0.73161	0.57316	0.57316	0.62883	0.51344	0.51344	0.47675	0.47675	0.64425	0.64585	0.76586	12	0.47674	0.76586	0.60622
1410	28.5813	0.646%	0.49001	0.65993	0.65993	0.65993	0.65207	0.64422	0.61794	0.59166	0.62196	0.62196	0.62196	0.62196	12	0.49000	0.65992	0.62196
1700	6.0156	0.136%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1800	5.4054	0.122%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Los valores sombreados fueron estimados como se indica en el punto 5.4.3





K <sub>cv</sub>																		
CLAVE	Área (km <sup>2</sup> )	Área	07/01/98	01/02/98	08/02/98	17/02/98	05/03/98	28/03/98	06/04/98	13/04/98	09/06/98	11/07/98	12/08/98	13/09/98	Fechas	Mínimo	Máximo	Media
130	1326.4407	29.972%	0.98867	1.04631	0.93309	0.84967	0.91675	0.87451	0.69845	0.83439	0.69999	0.93231	1.05013	1.05403	12	0.69845	1.05402	0.90652
200	413.6445	9.347%	1.04039	1.09918	0.93108	0.88722	0.95006	0.85626	0.80396	0.80425	0.77066	0.97403	1.01520	1.03938	12	0.77066	1.09918	0.93097
210	587.1357	13.267%	0.97381	1.00398	0.81306	0.80635	0.87028	0.82811	0.81886	0.78652	0.72527	0.92790	1.02897	1.04774	12	0.72526	1.04773	0.88590
420	44.7246	1.011%	1.02342	1.09042	0.88993	0.88087	0.96402	0.90515	0.84155	0.81915	0.65312	0.96428	0.90585	1.05655	12	0.65312	1.09042	0.91619
421	143.0037	3.231%	1.06828	1.06975	0.91093	0.86623	0.91360	0.83989	0.75449	0.74960	0.69300	0.92952	1.00408	1.05649	12	0.69300	1.06974	0.90465
510	75.267	1.701%	0.96123	1.06485	0.80045	0.83969	0.90590	0.86853	0.88831	0.85898	0.66232	0.95603	0.96790	1.04773	12	0.66231	1.06484	0.90182
511	136.7982	3.091%	1.02089	1.08385	0.88343	0.87273	0.92884	0.87902	0.83114	0.79727	0.70812	0.96347	1.01764	1.05482	12	0.70812	1.08384	0.92010
601	8.4789	0.192%	1.01382	1.01382	0.91738	0.82095	0.83473	0.67359	0.51246	0.55246	0.59246	0.88851	1.01038	1.05072	12	0.51245	1.05072	0.82344
700	490.9572	11.094%	1.03890	1.10754	0.87697	0.88413	0.95041	0.82638	0.90226	0.79953	0.76809	0.97478	0.96625	1.03151	12	0.76809	1.10754	0.92723
701	495.0549	11.186%	1.05819	1.07749	0.88880	0.87483	0.93567	0.79941	0.85483	0.77910	0.80185	0.94674	1.02754	1.05408	12	0.77909	1.07748	0.92487
800	275.9544	6.235%	1.05912	0.93401	0.93401	0.93401	0.91922	0.90442	0.89638	0.88833	0.93369	0.93369	0.93369	0.93369	12	0.88833	1.05912	0.93368
801	367.146	8.296%	1.06301	0.93055	0.93055	0.93055	0.91467	0.89880	0.88590	0.87300	0.92838	0.92838	0.92838	0.92838	12	0.87300	1.06301	0.92838
810	3.3759	0.076%	0.99839	0.95934	0.95934	0.95934	0.94299	0.92664	0.89163	0.85663	0.93678	0.93678	0.93678	0.93678	12	0.85662	0.99838	0.93678
811	4.9419	0.112%	0.84561	0.95282	0.95282	0.95282	0.91168	0.87054	0.84779	0.82504	0.89489	0.89489	0.89489	0.89489	12	0.82504	0.95282	0.89489
1330	12.6846	0.287%	1.01135	1.01135	0.82913	0.82913	0.89316	0.76046	0.76046	0.71826	0.71826	0.91089	0.91273	1.05074	12	0.71826	1.05074	0.86716
1410	28.5813	0.646%	0.73351	0.92891	0.92891	0.92891	0.91988	0.91085	0.88063	0.85041	0.89489	0.89489	0.89489	0.89489	12	0.73350	0.92891	0.88846
1700	6.0156	0.136%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1800	5.4054	0.122%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Los valores sombreados fueron estimados como se indica en el punto 5.4.3





ET <sub>o</sub> (mm*día <sup>-1</sup> )																		
CLAVE	Área (km <sup>2</sup> )	Área	07/01/98	01/02/98	08/02/98	17/02/98	05/03/98	28/03/98	06/04/98	13/04/98	09/06/98	11/07/98	12/08/98	13/09/98	Fechas	Mínimo	Máximo	Media
130	1326.4407	29.972%	2.70635	2.67367	2.54699	3.31377	3.02176	3.01364	3.89122	3.16860	3.00020	2.43047	2.35842	2.35694	12	2.35694	3.89122	2.87350
200	413.6445	9.347%	2.68690	2.42618	2.55143	3.18869	2.86333	3.04458	3.63375	3.20864	2.97358	2.49918	2.39533	2.24004	12	2.24003	3.63375	2.80930
210	587.1357	13.267%	2.49364	2.42493	2.63734	3.28195	2.98571	3.06211	3.82239	3.32207	2.02644	1.90441	2.13695	1.97687	12	1.90441	3.82238	2.67290
420	44.7246	1.011%	2.60770	2.27560	2.56064	3.14346	2.75262	3.01107	3.54855	3.25788	2.05853	2.49402	2.12216	2.19888	12	2.05853	3.54854	2.66925
421	143.0037	3.231%	2.54141	2.39439	2.50220	3.20337	2.95149	3.02669	3.72822	3.28894	2.58559	2.24639	2.34553	2.20742	12	2.20741	3.72822	2.75180
510	75.267	1.701%	2.26329	2.05469	2.59835	2.97258	2.67875	2.92656	3.48916	3.06590	1.31471	2.03204	1.91286	2.04367	12	1.31470	3.48915 5	2.44604 5
511	136.7982	3.091%	2.60190	2.29775	2.57882	3.18786	2.86636	3.02320	3.67078	3.25522	1.85043	2.15862	2.13180	2.06215	12	1.85042	3.67077	2.64040
601	8.4789	0.192%	2.38966	2.38966	2.83870	3.28774	3.10722	3.87625	4.64528	3.56173	2.47817	2.36701	2.36550	2.37202	12	2.36549	4.64528	2.97324
700	490.9572	11.094%	2.52155	2.14941	2.53180	3.00446	2.69653	2.99448	3.42967	3.24106	2.40966	2.29965	2.26370	2.07877	12	2.07877	3.42967	2.63506
701	495.0549	11.186%	2.58976	2.34165	2.52902	3.22021	2.80788	3.02688	3.61358	3.24295	2.50991	2.05605	2.25411	2.09622	12	2.05604	3.61357	2.69068
800	275.9544	6.235%	2.66582	2.50195	2.50195	2.50195	2.69874	2.89553	2.95613	3.01673	2.71735	2.71735	2.71735	2.71735	12	2.50195	3.01673	2.71735
801	367.146	8.296%	2.66300	2.50418	2.50418	2.50418	2.70758	2.91098	2.98159	3.05221	2.72849	2.72849	2.72849	2.72849	12	2.50418	3.05220	2.72848
810	3.3759	0.076%	2.73689	2.55875	2.55875	2.55875	2.79129	3.02383	3.11492	3.20601	2.81865	2.81865	2.81865	2.81865	12	2.55874	3.20601	2.81864
811	4.9419	0.112%	2.86456	2.63433	2.63433	2.63433	2.90711	3.17988	3.21399	3.24809	2.91458	2.91458	2.91458	2.91458	12	2.63433	3.24809	2.91457
1330	12.6846	0.287%	2.56777	2.56777	2.95836	3.34895	3.01791	3.38345	3.74898	3.34068	2.93238	2.29000	1.71683	2.22337	12	1.71682	3.74898	2.84137
1410	28.5813	0.646%	2.90566	2.64077	2.64077	2.64077	2.85503	3.06930	3.14961	3.22991	2.89148	2.89148	2.89148	2.89148	12	2.64076	3.22991	2.89147
1700	6.0156	0.136%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1800	5.4054	0.122%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Los valores sombreados fueron estimados como se indica en el punto 5.4.3







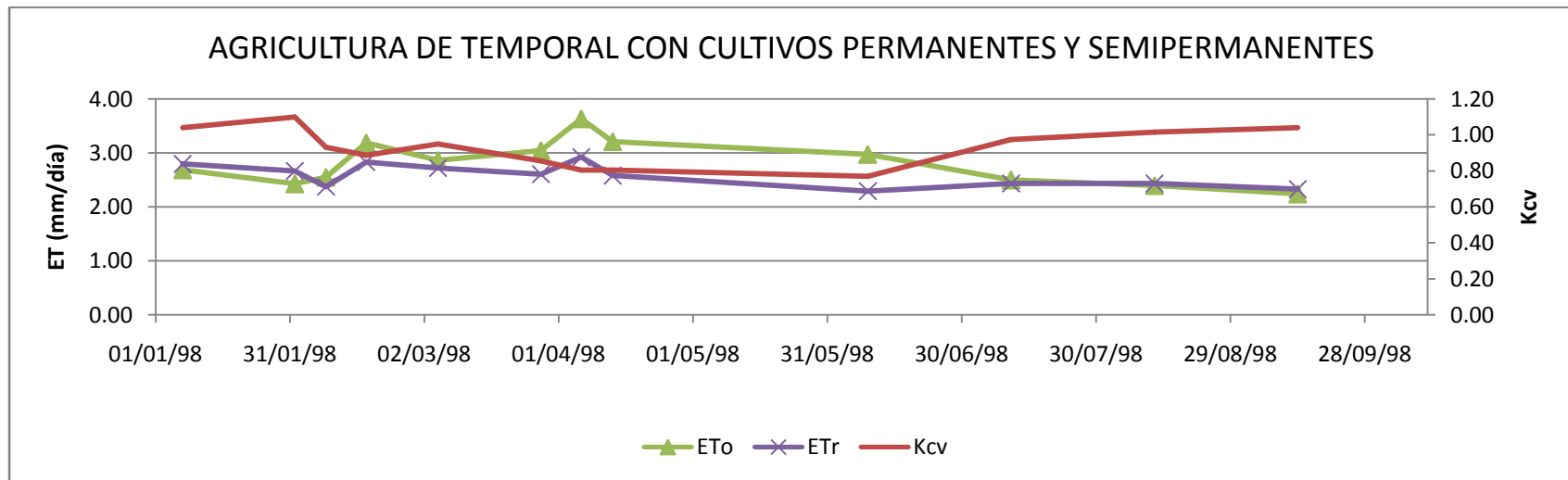
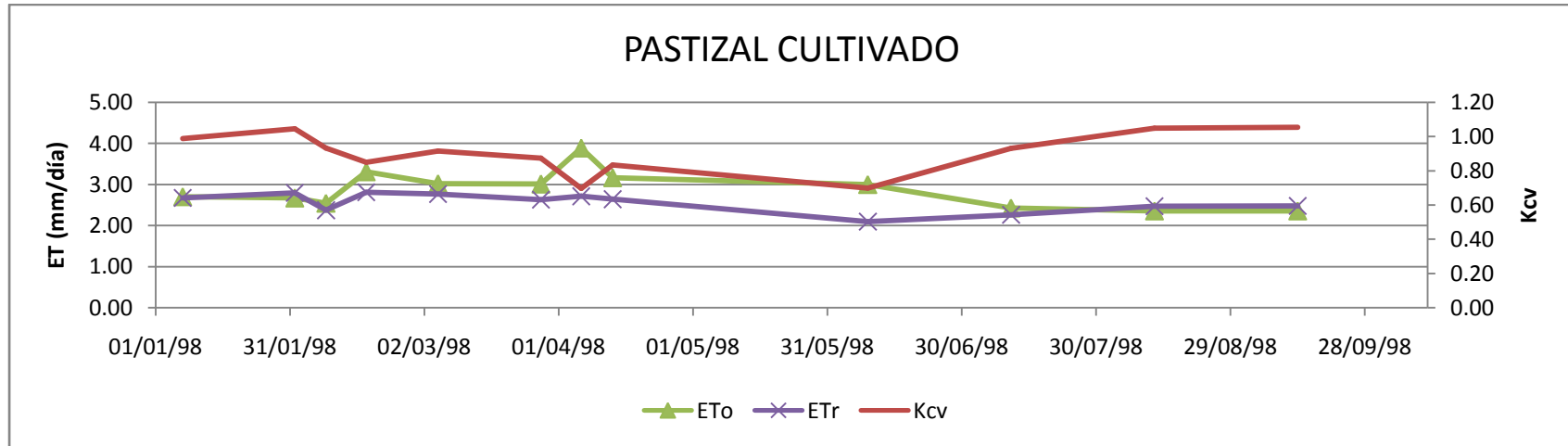
ET <sub>r</sub> (mm*día <sup>-1</sup> )																		
CLAVE	Área (km <sup>2</sup> )	Área	07/01/98	01/02/98	08/02/98	17/02/98	05/03/98	28/03/98	06/04/98	13/04/98	09/06/98	11/07/98	12/08/98	13/09/98	Fechas	Mínimo	Máximo	Media
130	1326.4407	29.972%	2.67567	2.79749	2.37658	2.81562	2.77019	2.63545	2.71783	2.64384	2.10011	2.26595	2.47664	2.48428	12	2.10010	2.81562	2.56330
200	413.6445	9.347%	2.79543	2.66681	2.37558	2.82908	2.72033	2.60696	2.92139	2.58057	2.29162	2.43428	2.43174	2.32825	12	2.29162	2.92138	2.58183
210	587.1357	13.267%	2.42832	2.43459	2.14432	2.64640	2.59841	2.53576	3.13002	2.61286	1.46971	1.76710	2.19886	2.07124	12	1.46971	3.13001	2.33646
420	44.7246	1.011%	2.66879	2.48137	2.27878	2.76899	2.65357	2.72548	2.98627	2.66870	1.34448	2.40492	1.92237	2.32323	12	1.34447	2.98627	2.43557
421	143.0037	3.231%	2.71493	2.56139	2.27933	2.77486	2.69648	2.54209	2.81291	2.46539	1.79182	2.08806	2.35510	2.33211	12	1.79181	2.81291	2.45120
510	75.267	1.701%	2.17553	2.18793	2.07985	2.49604	2.42667	2.54182	3.09945	2.63354	0.87075	1.94268	1.85145	2.14122	12	0.87075	3.09945	2.20391
511	136.7982	3.091%	2.65625	2.49041	2.27820	2.78216	2.66240	2.65744	3.05093	2.59528	1.31033	2.07975	2.16941	2.17519	12	1.31032	3.05093	2.40897
601	8.4789	0.192%	2.42268	2.42268	2.56088	2.69908	2.59368	2.48709	2.38051	1.92437	1.46822	2.10310	2.39006	2.49234	12	1.46822	2.69907	2.32872
700	490.9572	11.094%	2.61965	2.38056	2.22030	2.65633	2.56282	2.47457	3.09446	2.59133	1.85084	2.24165	2.18730	2.14426	12	1.85083	3.09445	2.41867
701	495.0549	11.186%	2.74045	2.52311	2.24779	2.81715	2.62724	2.41973	3.08898	2.52657	2.01256	1.94654	2.31618	2.20958	12	1.94654	3.08897	2.45632
800	275.9544	6.235%	2.82343	2.33686	2.33686	2.33686	2.47781	2.61877	2.64931	2.67986	2.53247	2.53247	2.53247	2.53247	12	2.33685	2.82343	2.53246
801	367.146	8.296%	2.83081	2.33027	2.33027	2.33027	2.47332	2.61637	2.64048	2.66458	2.52705	2.52705	2.52705	2.52705	12	2.33027	2.83080	2.52704
810	3.3759	0.076%	2.73247	2.45470	2.45470	2.45470	2.62834	2.80199	2.77417	2.74635	2.63093	2.63093	2.63093	2.63093	12	2.45469	2.80199	2.63092
811	4.9419	0.112%	2.42229	2.51005	2.51005	2.51005	2.63913	2.76820	2.72401	2.67982	2.59545	2.59545	2.59545	2.59545	12	2.42229	2.76820	2.59545
1330	12.6846	0.287%	2.59691	2.59691	2.68682	2.77672	2.69547	2.77321	2.85095	2.47858	2.10622	2.08593	1.56700	2.33619	12	1.56699	2.85095	2.46257
1410	28.5813	0.646%	2.13133	2.45305	2.45305	2.45305	2.62436	2.79567	2.77122	2.74676	2.55356	2.55356	2.55356	2.55356	12	2.13132	2.79567	2.55355
1700	6.0156	0.136%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1800	5.4054	0.122%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

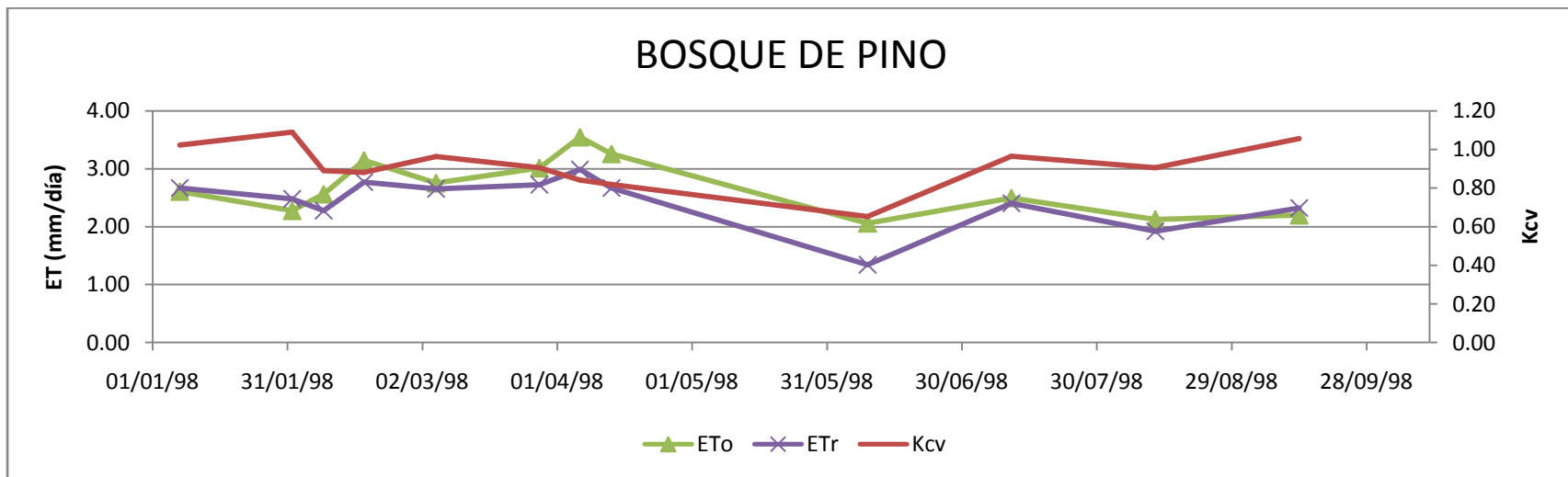
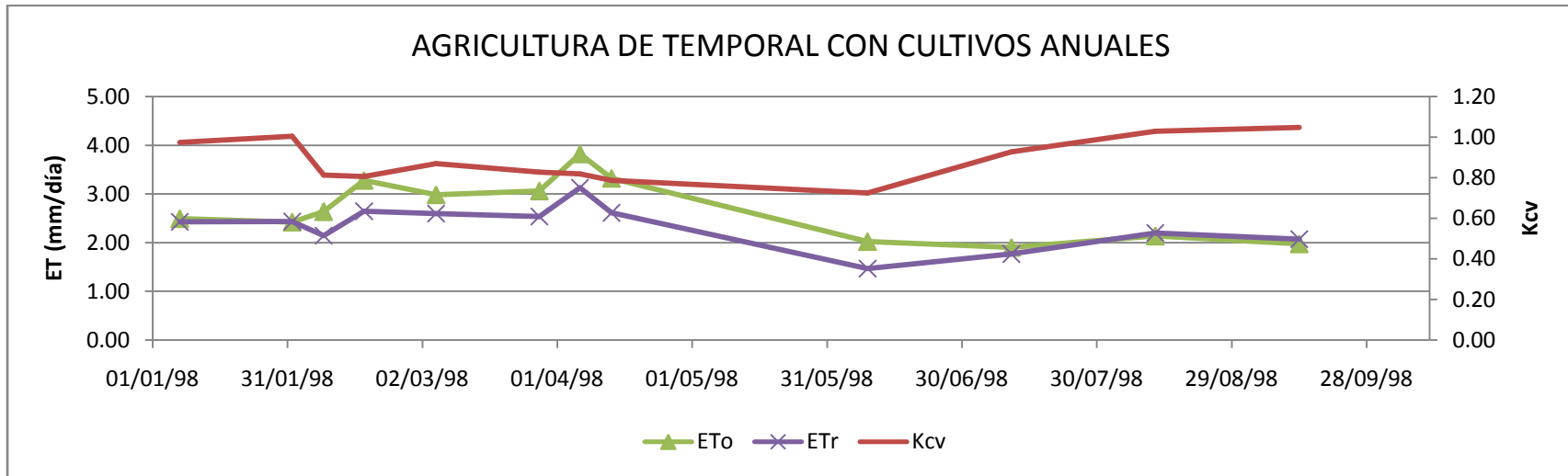
Los valores sombreados fueron estimados como se indica en el punto 5.4.3

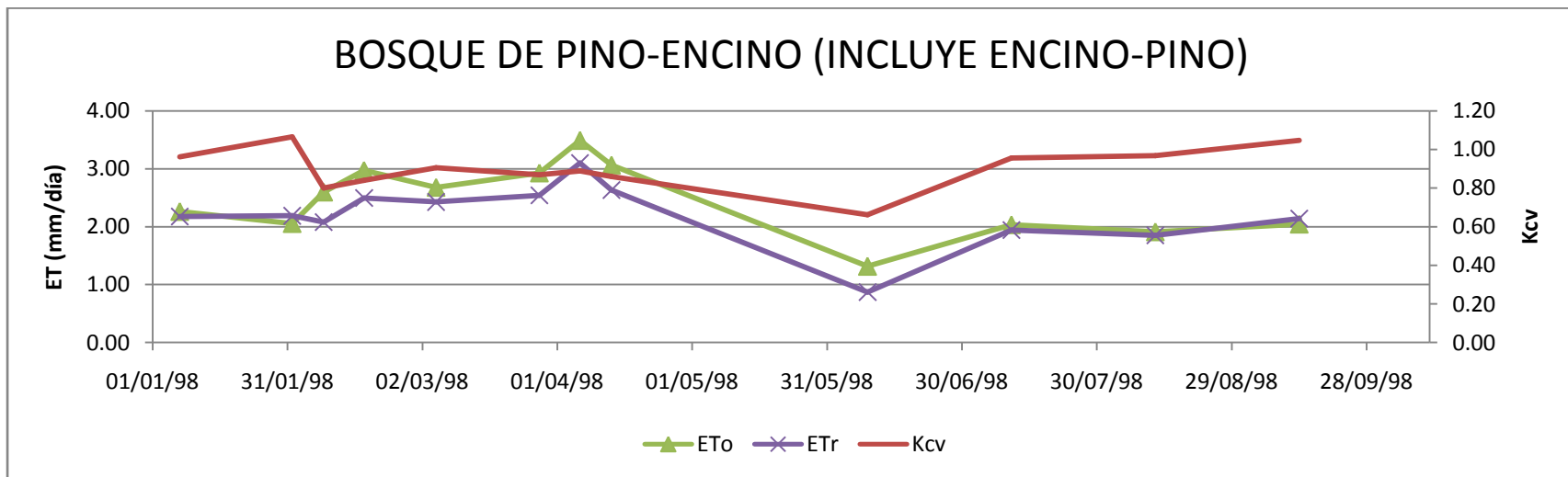
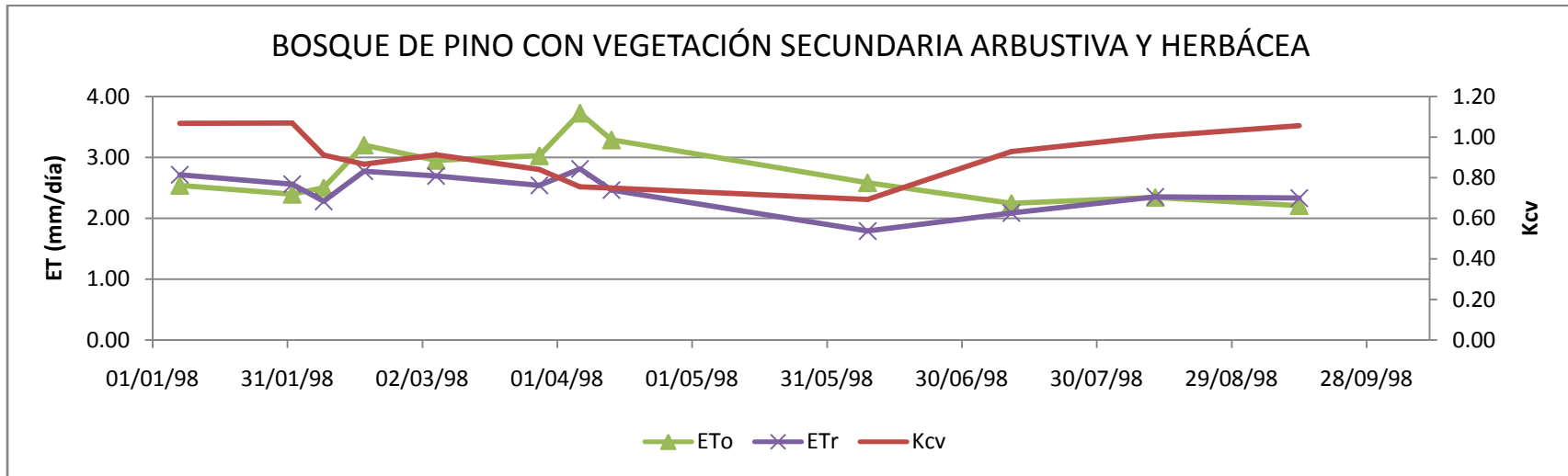


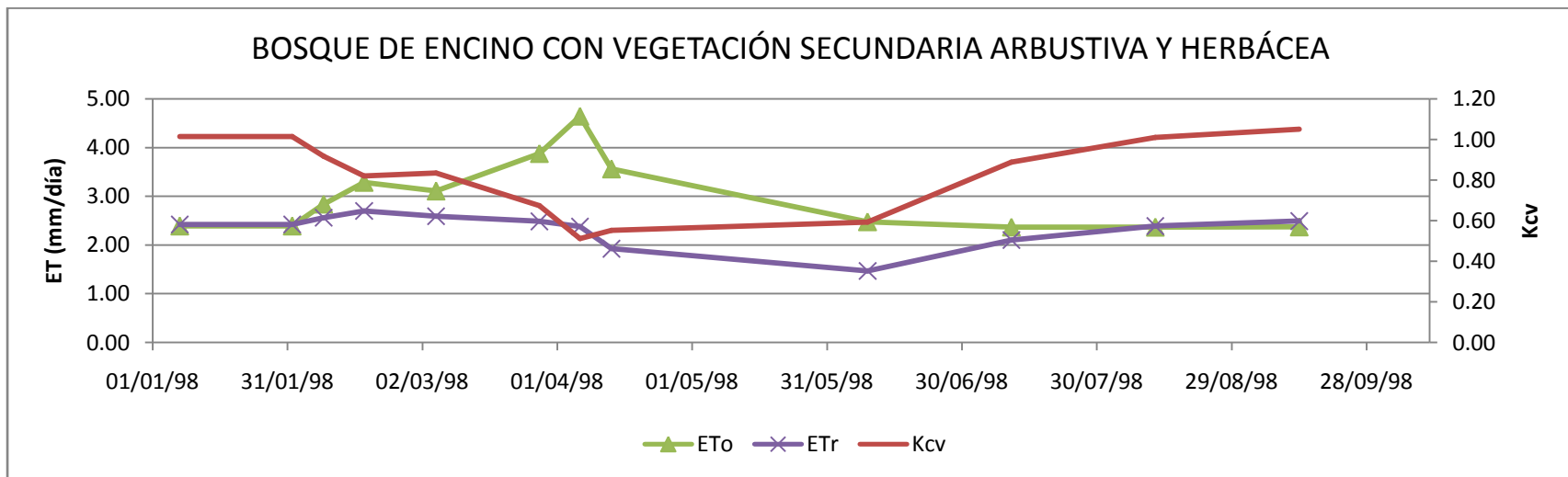
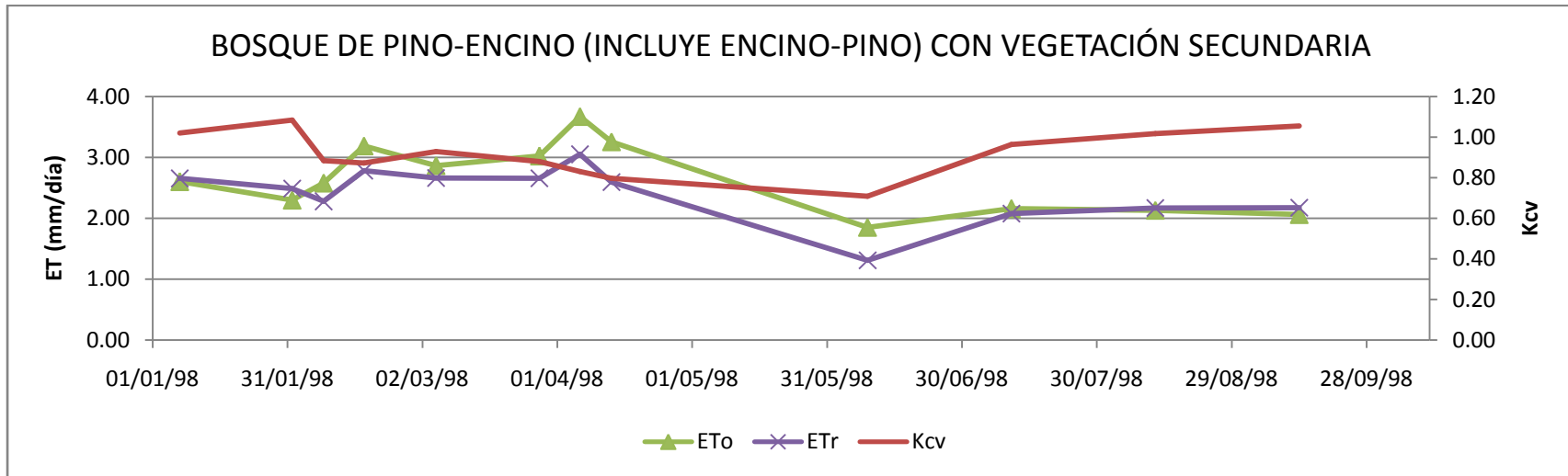


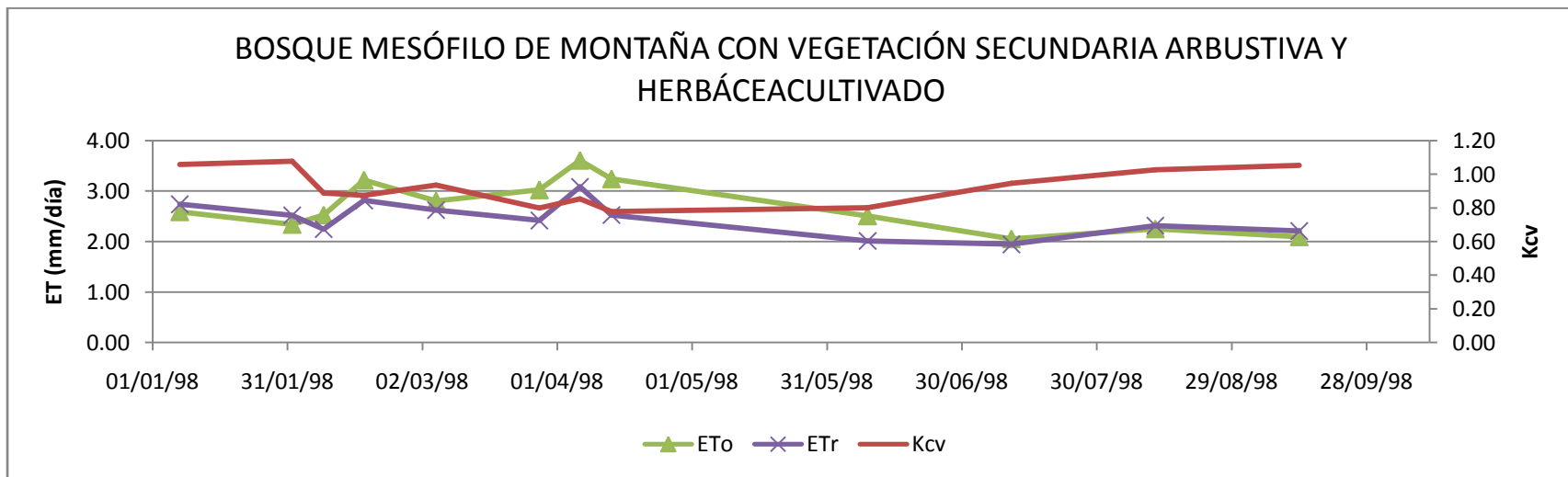
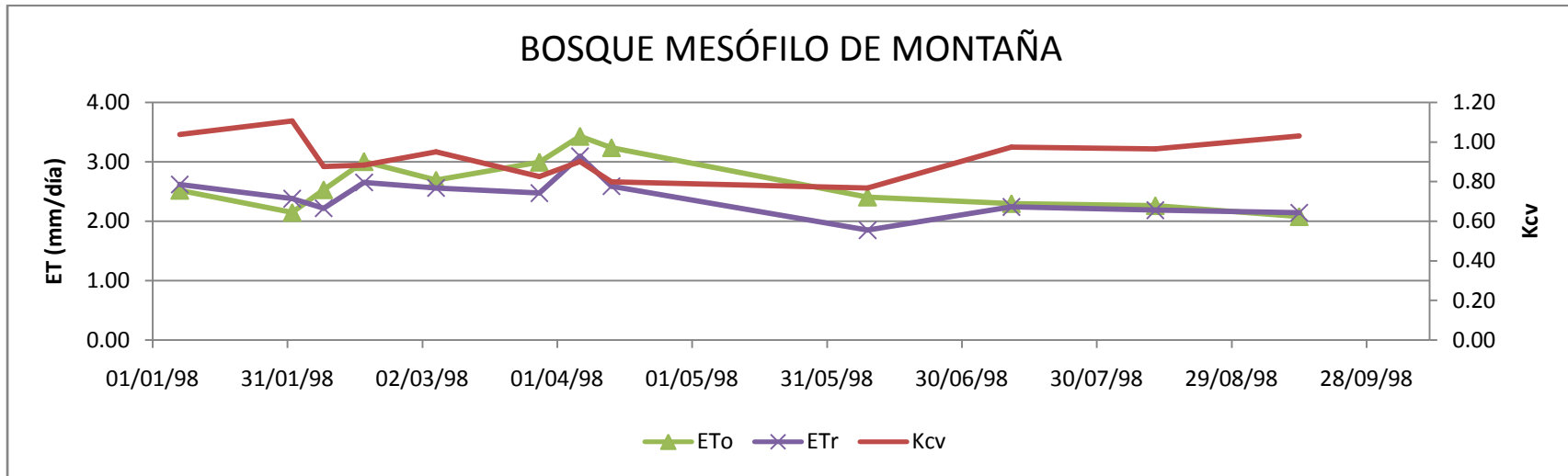
### A.14 GRÁFICAS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN PARA CADA USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

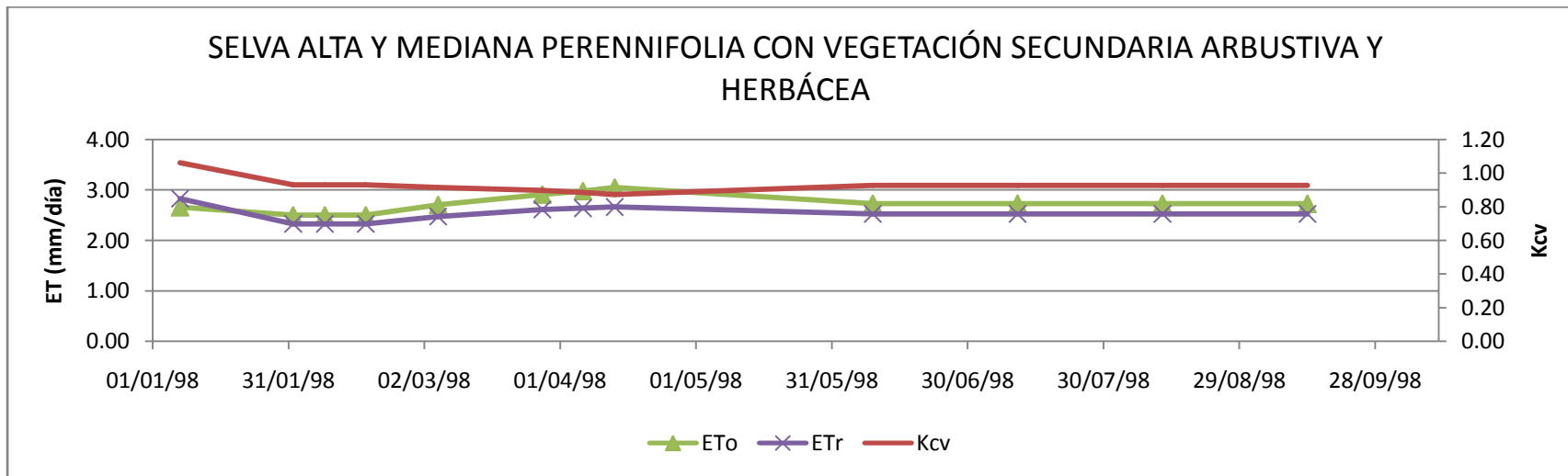
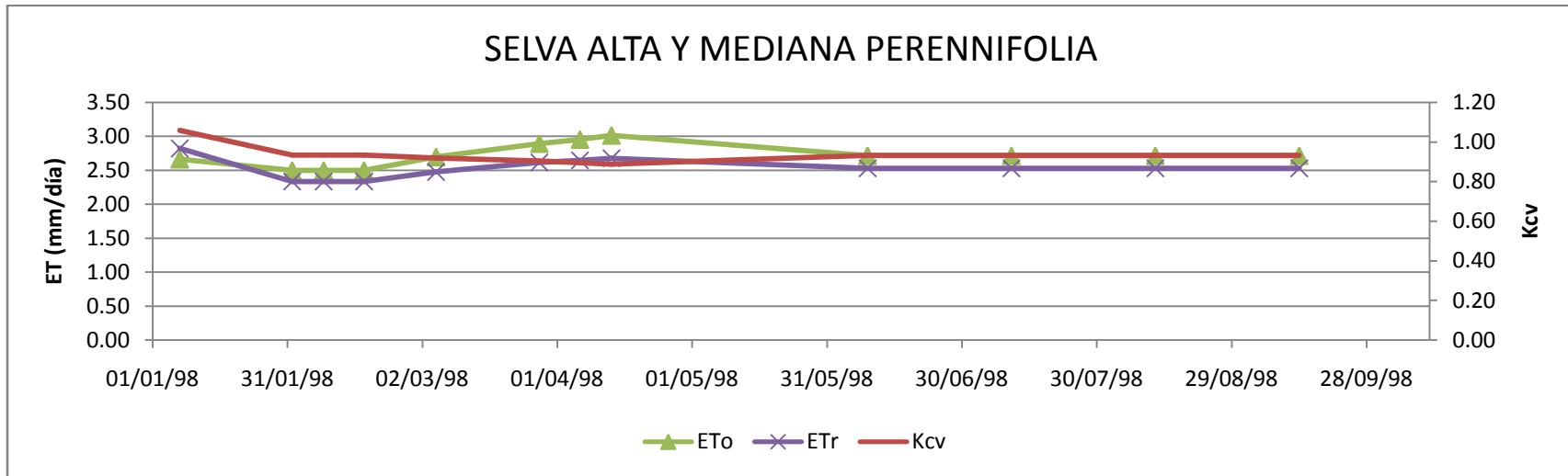




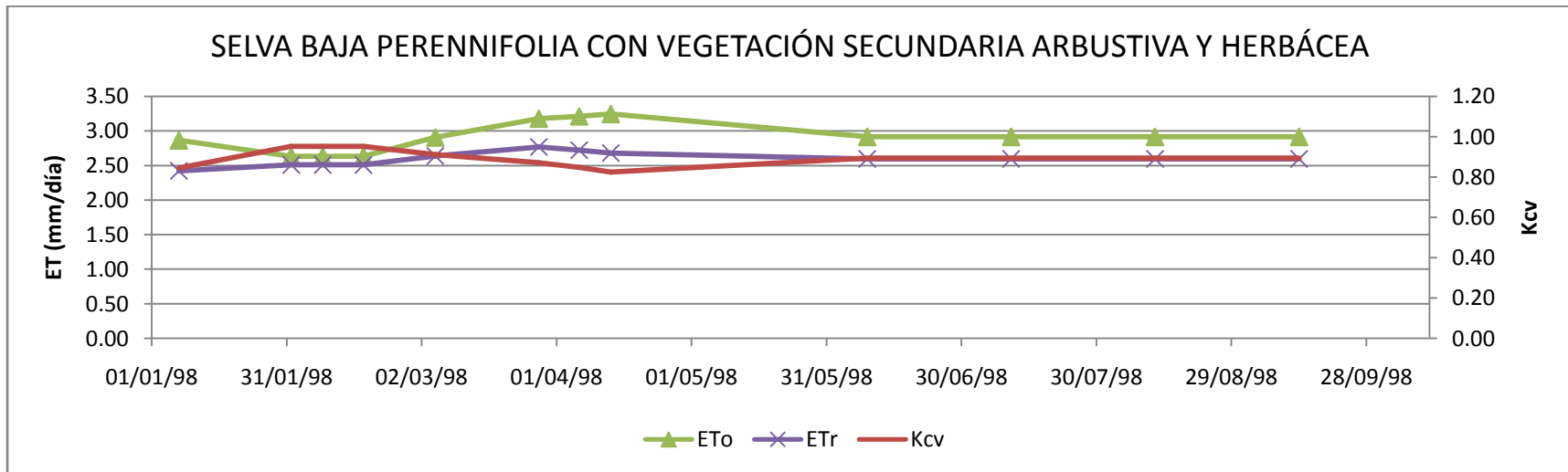
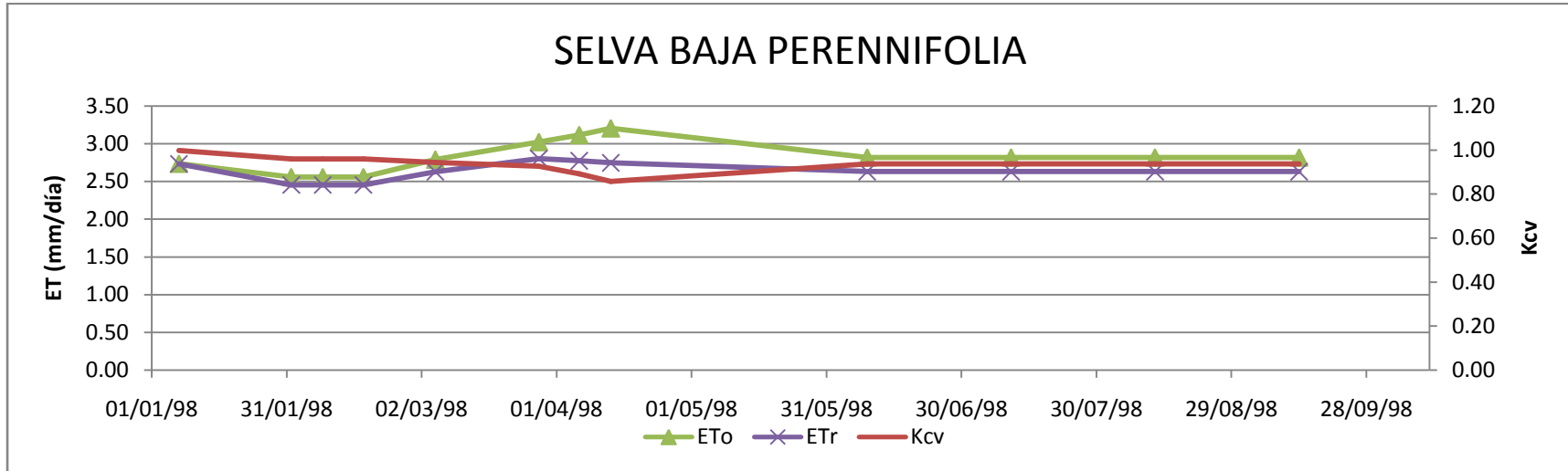


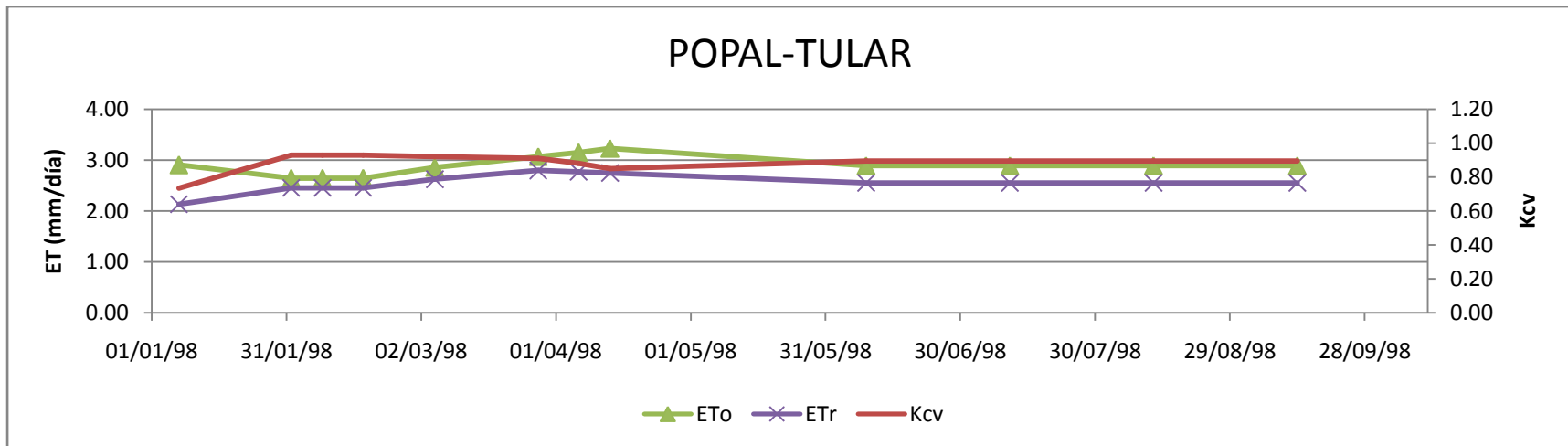
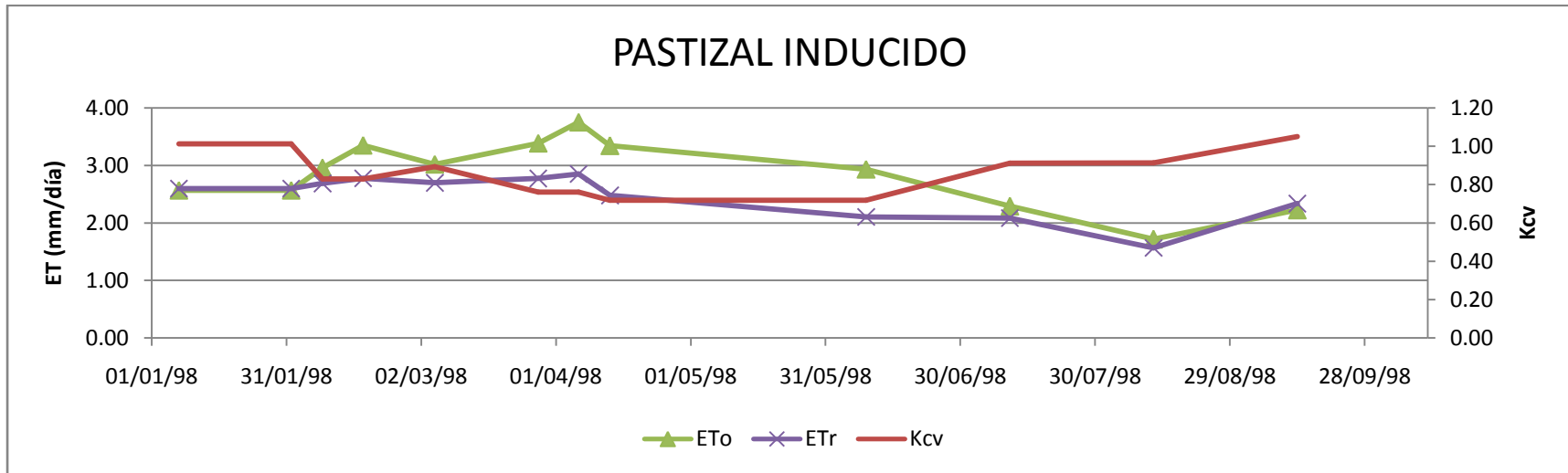














## A.15 EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA CUENCA EN LA FECHA DE CADA IMAGEN DE SATELITE DE 1998

7 de enero de 1998

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm <sup>3</sup> /día <sup>3</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm <sup>3</sup> /día <sup>3</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> ·10 <sup>6</sup> /día <sup>3</sup> )
130	PASTIZAL CULTIVADO	1,326.4407	29.972%	0.712	0.989	2.706	2.676	3.549123
200	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	413.6445	9.347%	0.757	1.040	2.687	2.795	1.156313
210	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	587.1357	13.267%	0.699	0.974	2.494	2.428	1.425752
420	BOSQUE DE PINO	44.7246	1.011%	0.742	1.023	2.608	2.669	0.119360
421	BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	143.0037	3.231%	0.781	1.068	2.541	2.715	0.388245
510	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	75.2670	1.701%	0.688	0.961	2.263	2.176	0.163745
511	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	136.7982	3.091%	0.740	1.021	2.602	2.656	0.363370
601	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	8.4789	0.192%	0.734	1.014	2.390	2.423	0.020542
700	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	490.9572	11.094%	0.756	1.039	2.522	2.620	1.286138
701	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	495.0549	11.186%	0.772	1.058	2.590	2.740	1.356673
800	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	275.9544	6.235%	0.773	1.059	2.666	2.823	0.779138
801	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	367.1460	8.296%	0.777	1.063	2.663	2.831	1.039319
810	SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.3759	0.076%	0.720	0.998	2.737	2.732	0.009225
811	SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	4.9419	0.112%	0.587	0.846	2.865	2.422	0.011971
1330	PASTIZAL INDUCIDO	12.6846	0.287%	0.732	1.011	2.568	2.597	0.032941
1410	POPAL-TULAR	28.5813	0.646%	0.490	0.734	2.906	2.131	0.060916
1700	ASENTAMIENTO HUMANO	6.0156	0.136%	-	-	-	-	0.000000
1800	CUERPO DE AGUA	5.4054	0.122%	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL=</b>		<b>4,425.6105</b>	<b>100.000%</b>	-	-	<b>2.613</b>	<b>2.590</b>	<b>11.762770</b>

1 de febrero de 1998

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm <sup>3</sup> /día <sup>3</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm <sup>3</sup> /día <sup>3</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> ·10 <sup>6</sup> /día <sup>3</sup> )
130	PASTIZAL CULTIVADO	1,326.4407	29.972%	0.762	1.046	2.674	2.797	3.710701
200	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	413.6445	9.347%	0.808	1.099	2.426	2.667	1.103113
210	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	587.1357	13.267%	0.725	1.004	2.425	2.435	1.429435
420	BOSQUE DE PINO	44.7246	1.011%	0.800	1.090	2.276	2.481	0.110978
421	BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	143.0037	3.231%	0.782	1.070	2.394	2.561	0.366289
510	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	75.2670	1.701%	0.778	1.065	2.055	2.188	0.164679
511	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	136.7982	3.091%	0.795	1.084	2.298	2.490	0.340684
601	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	8.4789	0.192%	0.734	1.014	2.390	2.423	0.020542
700	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	490.9572	11.094%	0.815	1.108	2.149	2.381	1.168755
701	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	495.0549	11.186%	0.789	1.077	2.342	2.523	1.249076
800	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	275.9544	6.235%	0.664	0.934	2.502	2.337	0.644866
801	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	367.1460	8.296%	0.661	0.931	2.504	2.330	0.855551
810	SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.3759	0.076%	0.686	0.959	2.559	2.455	0.008287
811	SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	4.9419	0.112%	0.681	0.953	2.634	2.510	0.012404
1330	PASTIZAL INDUCIDO	12.6846	0.287%	0.732	1.011	2.568	2.597	0.032941
1410	POPAL-TULAR	28.5813	0.646%	0.660	0.929	2.641	2.453	0.070111
1700	ASENTAMIENTO HUMANO	6.0156	0.136%	-	-	-	-	0.000000
1800	CUERPO DE AGUA	5.4054	0.122%	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL=</b>		<b>4,425.6105</b>	<b>100.000%</b>	-	-	<b>2.427</b>	<b>2.477</b>	<b>11.288411</b>





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

8 de febrero de 1998

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm <sup>3</sup> ·día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm <sup>3</sup> ·día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> ·10 <sup>6</sup> ·día <sup>-1</sup> )
130	PASTIZAL CULTIVADO	1,326.4407	29.972%	0.664	0.933	2.547	2.377	3.152389
200	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	413.6445	9.347%	0.662	0.931	2.551	2.376	0.982644
210	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	587.1357	13.267%	0.559	0.813	2.637	2.144	1.259006
420	BOSQUE DE PINO	44.7246	1.011%	0.626	0.890	2.561	2.279	0.101918
421	BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	143.0037	3.231%	0.644	0.911	2.502	2.279	0.325953
510	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	75.2670	1.701%	0.548	0.800	2.598	2.080	0.156544
511	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	136.7982	3.091%	0.620	0.883	2.579	2.278	0.311654
601	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	8.4789	0.192%	0.650	0.917	2.839	2.561	0.021713
700	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	490.9572	11.094%	0.615	0.877	2.532	2.220	1.090074
701	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	495.0549	11.186%	0.625	0.889	2.529	2.248	1.112777
800	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	275.9544	6.235%	0.664	0.934	2.502	2.337	0.644866
801	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	367.1460	8.296%	0.661	0.931	2.504	2.330	0.855551
810	SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.3759	0.076%	0.686	0.959	2.559	2.455	0.008287
811	SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	4.9419	0.112%	0.681	0.953	2.634	2.510	0.012404
1330	PASTIZAL INDUCIDO	12.6846	0.287%	0.573	0.829	2.958	2.687	0.034081
1410	POPAL-TULAR	28.5813	0.646%	0.660	0.929	2.641	2.453	0.070111
1700	ASENTAMIENTO HUMANO	6.0156	0.136%	-	-	-	-	0.000000
1800	CUERPO DE AGUA	5.4054	0.122%	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL=</b>		<b>4,425.6105</b>	<b>100.000%</b>	-	-	<b>2.605</b>	<b>2.351</b>	<b>10.139971</b>

17 de febrero de 1998

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm <sup>3</sup> ·día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm <sup>3</sup> ·día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> ·10 <sup>6</sup> ·día <sup>-1</sup> )
130	PASTIZAL CULTIVADO	1,326.4407	29.972%	0.591	0.850	3.314	2.816	3.734755
200	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	413.6445	9.347%	0.624	0.887	3.189	2.829	1.170233
210	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	587.1357	13.267%	0.553	0.806	3.282	2.646	1.553794
420	BOSQUE DE PINO	44.7246	1.011%	0.618	0.881	3.143	2.769	0.123842
421	BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	143.0037	3.231%	0.605	0.866	3.203	2.775	0.396816
510	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	75.2670	1.701%	0.582	0.840	2.973	2.496	0.187869
511	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	136.7982	3.091%	0.611	0.873	3.188	2.782	0.380594
601	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	8.4789	0.192%	0.566	0.821	3.288	2.699	0.022885
700	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	490.9572	11.094%	0.621	0.884	3.004	2.656	1.304144
701	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	495.0549	11.186%	0.613	0.875	3.220	2.817	1.394642
800	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	275.9544	6.235%	0.664	0.934	2.502	2.337	0.644866
801	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	367.1460	8.296%	0.661	0.931	2.504	2.330	0.855551
810	SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.3759	0.076%	0.686	0.959	2.559	2.455	0.008287
811	SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	4.9419	0.112%	0.681	0.953	2.634	2.510	0.012404
1330	PASTIZAL INDUCIDO	12.6846	0.287%	0.573	0.829	3.349	2.777	0.035222
1410	POPAL-TULAR	28.5813	0.646%	0.660	0.929	2.641	2.453	0.070111
1700	ASENTAMIENTO HUMANO	6.0156	0.136%	-	-	-	-	0.000000
1800	CUERPO DE AGUA	5.4054	0.122%	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL=</b>		<b>4,425.6105</b>	<b>100.000%</b>	-	-	<b>3.000</b>	<b>2.634</b>	<b>11.896014</b>





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

5 de marzo de 1998

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm <sup>3</sup> ·día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm <sup>3</sup> ·día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> ·10 <sup>6</sup> ·día <sup>-1</sup> )
130	PASTIZAL CULTIVADO	1,326.4407	29.972%	0.649	0.917	3.022	2.770	3.674487
200	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	413.6445	9.347%	0.678	0.950	2.863	2.720	1.125249
210	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	587.1357	13.267%	0.609	0.870	2.986	2.598	1.525617
420	BOSQUE DE PINO	44.7246	1.011%	0.690	0.964	2.753	2.654	0.118680
421	BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	143.0037	3.231%	0.647	0.914	2.951	2.696	0.385607
510	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	75.2670	1.701%	0.640	0.906	2.679	2.427	0.182648
511	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	136.7982	3.091%	0.660	0.929	2.866	2.662	0.364212
601	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	8.4789	0.192%	0.578	0.835	3.107	2.594	0.021992
700	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	490.9572	11.094%	0.679	0.950	2.697	2.563	1.258234
701	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	495.0549	11.186%	0.666	0.936	2.808	2.627	1.300627
800	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	275.9544	6.235%	0.651	0.919	2.699	2.478	0.683763
801	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	367.1460	8.296%	0.648	0.915	2.708	2.473	0.908070
810	SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.3759	0.076%	0.672	0.943	2.791	2.628	0.008873
811	SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	4.9419	0.112%	0.645	0.912	2.907	2.639	0.013042
1330	PASTIZAL INDUCIDO	12.6846	0.287%	0.629	0.893	3.018	2.695	0.034191
1410	POPAL-TULAR	28.5813	0.646%	0.652	0.920	2.855	2.624	0.075008
1700	ASENTAMIENTO HUMANO	6.0156	0.136%	-	-	-	-	0.000000
1800	CUERPO DE AGUA	5.4054	0.122%	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL=</b>		<b>4,425.6105</b>	<b>100.000%</b>	-	-	<b>2.857</b>	<b>2.616</b>	<b>11.680301</b>

28 de marzo de 1998

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm <sup>3</sup> ·día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm <sup>3</sup> ·día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> ·10 <sup>6</sup> ·día <sup>-1</sup> )
130	PASTIZAL CULTIVADO	1,326.4407	29.972%	0.613	0.875	3.014	2.635	3.495774
200	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	413.6445	9.347%	0.597	0.856	3.045	2.607	1.078353
210	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	587.1357	13.267%	0.572	0.828	3.062	2.536	1.488834
420	BOSQUE DE PINO	44.7246	1.011%	0.639	0.905	3.011	2.725	0.121896
421	BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	143.0037	3.231%	0.583	0.840	3.027	2.542	0.363528
510	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	75.2670	1.701%	0.607	0.869	2.927	2.542	0.191315
511	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	136.7982	3.091%	0.617	0.879	3.023	2.657	0.363533
601	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	8.4789	0.192%	0.438	0.674	3.876	2.487	0.021088
700	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	490.9572	11.094%	0.571	0.826	2.994	2.475	1.214907
701	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	495.0549	11.186%	0.547	0.799	3.027	2.420	1.197897
800	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	275.9544	6.235%	0.639	0.904	2.896	2.619	0.722660
801	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	367.1460	8.296%	0.634	0.899	2.911	2.616	0.960590
810	SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.3759	0.076%	0.658	0.927	3.024	2.802	0.009459
811	SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	4.9419	0.112%	0.609	0.871	3.180	2.768	0.013680
1330	PASTIZAL INDUCIDO	12.6846	0.287%	0.513	0.760	3.383	2.773	0.035177
1410	POPAL-TULAR	28.5813	0.646%	0.644	0.911	3.069	2.796	0.079904
1700	ASENTAMIENTO HUMANO	6.0156	0.136%	-	-	-	-	0.000000
1800	CUERPO DE AGUA	5.4054	0.122%	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL=</b>		<b>4,425.6105</b>	<b>100.000%</b>	-	-	<b>3.092</b>	<b>2.625</b>	<b>11.358594</b>





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

6 de abril de 1998

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm <sup>3</sup> /día <sup>3</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm <sup>3</sup> /día <sup>3</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> ·10 <sup>6</sup> /día <sup>3</sup> )
130	PASTIZAL CULTIVADO	1,326.4407	29.972%	0.460	0.698	3.891	2.718	3.605035
200	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	413.6445	9.347%	0.551	0.804	3.634	2.921	1.208415
210	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	587.1357	13.267%	0.564	0.819	3.822	3.130	1.837745
420	BOSQUE DE PINO	44.7246	1.011%	0.584	0.842	3.549	2.986	0.133560
421	BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	143.0037	3.231%	0.508	0.754	3.728	2.813	0.402257
510	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	75.2670	1.701%	0.625	0.888	3.489	3.099	0.233286
511	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	136.7982	3.091%	0.575	0.831	3.671	3.051	0.417362
601	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	8.4789	0.192%	0.298	0.512	4.645	2.381	0.020184
700	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	490.9572	11.094%	0.637	0.902	3.430	3.094	1.519246
701	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	495.0549	11.186%	0.596	0.855	3.614	3.089	1.529214
800	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	275.9544	6.235%	0.632	0.896	2.956	2.649	0.731090
801	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	367.1460	8.296%	0.623	0.886	2.982	2.640	0.969441
810	SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.3759	0.076%	0.628	0.892	3.115	2.774	0.009365
811	SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	4.9419	0.112%	0.589	0.848	3.214	2.724	0.013462
1330	PASTIZAL INDUCIDO	12.6846	0.287%	0.513	0.760	3.749	2.851	0.036163
1410	POPAL-TULAR	28.5813	0.646%	0.618	0.881	3.150	2.771	0.079205
1700	ASENTAMIENTO HUMANO	6.0156	0.136%	-	-	-	-	0.000000
1800	CUERPO DE AGUA	5.4054	0.122%	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL=</b>		<b>4,425.6105</b>	<b>100.000%</b>	-	-	<b>3.540</b>	<b>2.856</b>	<b>12.745031</b>

13 de abril de 1998

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm <sup>3</sup> /día <sup>3</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm <sup>3</sup> /día <sup>3</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> ·10 <sup>6</sup> /día <sup>3</sup> )
130	PASTIZAL CULTIVADO	1,326.4407	29.972%	0.578	0.834	3.169	2.644	3.506896
200	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	413.6445	9.347%	0.552	0.804	3.209	2.581	1.067437
210	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	587.1357	13.267%	0.536	0.787	3.322	2.613	1.534102
420	BOSQUE DE PINO	44.7246	1.011%	0.564	0.819	3.258	2.669	0.119357
421	BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	143.0037	3.231%	0.504	0.750	3.289	2.465	0.352561
510	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	75.2670	1.701%	0.599	0.859	3.066	2.634	0.198219
511	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	136.7982	3.091%	0.545	0.797	3.255	2.595	0.355029
601	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	8.4789	0.192%	0.333	0.552	3.562	1.924	0.016317
700	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	490.9572	11.094%	0.547	0.800	3.241	2.591	1.272234
701	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	495.0549	11.186%	0.530	0.779	3.243	2.527	1.250793
800	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	275.9544	6.235%	0.625	0.888	3.017	2.680	0.739520
801	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	367.1460	8.296%	0.611	0.873	3.052	2.665	0.978291
810	SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.3759	0.076%	0.597	0.857	3.206	2.746	0.009271
811	SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	4.9419	0.112%	0.570	0.825	3.248	2.680	0.013243
1330	PASTIZAL INDUCIDO	12.6846	0.287%	0.477	0.718	3.341	2.479	0.031440
1410	POPAL-TULAR	28.5813	0.646%	0.592	0.850	3.230	2.747	0.078506
1700	ASENTAMIENTO HUMANO	6.0156	0.136%	-	-	-	-	0.000000
1800	CUERPO DE AGUA	5.4054	0.122%	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL=</b>		<b>4,425.6105</b>	<b>100.000%</b>	-	-	<b>3.232</b>	<b>2.577</b>	<b>11.523215</b>





Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

9 de junio de 1998

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm·día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm·día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> ·10 <sup>6</sup> ·día <sup>-1</sup> )
130	PASTIZAL CULTIVADO	1,326.4407	29.972%	0.461	0.700	3.000	2.100	2.785666
200	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	413.6445	9.347%	0.522	0.771	2.974	2.292	0.947918
210	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	587.1357	13.267%	0.483	0.725	2.026	1.470	0.862919
420	BOSQUE DE PINO	44.7246	1.011%	0.420	0.653	2.059	1.344	0.060131
421	BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	143.0037	3.231%	0.455	0.693	2.586	1.792	0.256237
510	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	75.2670	1.701%	0.428	0.662	1.315	0.871	0.065539
511	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	136.7982	3.091%	0.468	0.708	1.850	1.310	0.179251
601	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	8.4789	0.192%	0.367	0.592	2.478	1.468	0.012449
700	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	490.9572	11.094%	0.520	0.768	2.410	1.851	0.908683
701	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	495.0549	11.186%	0.549	0.802	2.510	2.013	0.996327
800	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	275.9544	6.235%	0.664	0.934	2.717	2.532	0.698846
801	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	367.1460	8.296%	0.659	0.928	2.728	2.527	0.927795
810	SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.3759	0.076%	0.667	0.937	2.819	2.631	0.008882
811	SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	4.9419	0.112%	0.630	0.895	2.915	2.595	0.012826
1330	PASTIZAL INDUCIDO	12.6846	0.287%	0.477	0.718	2.932	2.106	0.026717
1410	POPAL-TULAR	28.5813	0.646%	0.622	0.895	2.891	2.554	0.072984
1700	ASENTAMIENTO HUMANO	6.0156	0.136%	-	-	-	-	0.000000
1800	CUERPO DE AGUA	5.4054	0.122%	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL=</b>		<b>4,425.6105</b>	<b>100.000%</b>	-	-	<b>2.513</b>	<b>1.966</b>	<b>8.823169</b>

11 de julio de 1998

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm·día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm·día <sup>-1</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> ·10 <sup>6</sup> ·día <sup>-1</sup> )
130	PASTIZAL CULTIVADO	1,326.4407	29.972%	0.663	0.932	2.430	2.266	3.005649
200	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	413.6445	9.347%	0.699	0.974	2.499	2.434	1.006925
210	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	587.1357	13.267%	0.659	0.928	1.904	1.767	1.037529
420	BOSQUE DE PINO	44.7246	1.011%	0.691	0.964	2.494	2.405	0.107559
421	BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	143.0037	3.231%	0.660	0.930	2.246	2.088	0.298600
510	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	75.2670	1.701%	0.684	0.956	2.032	1.943	0.146220
511	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	136.7982	3.091%	0.690	0.963	2.159	2.080	0.284506
601	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	8.4789	0.192%	0.625	0.889	2.367	2.103	0.017832
700	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	490.9572	11.094%	0.700	0.975	2.300	2.242	1.100553
701	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	495.0549	11.186%	0.675	0.947	2.056	1.947	0.963644
800	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	275.9544	6.235%	0.664	0.934	2.717	2.532	0.698846
801	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	367.1460	8.296%	0.659	0.928	2.728	2.527	0.927795
810	SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.3759	0.076%	0.667	0.937	2.819	2.631	0.008882
811	SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	4.9419	0.112%	0.630	0.895	2.915	2.595	0.012826
1330	PASTIZAL INDUCIDO	12.6846	0.287%	0.644	0.911	2.290	2.086	0.026459
1410	POPAL-TULAR	28.5813	0.646%	0.622	0.895	2.891	2.554	0.072984
1700	ASENTAMIENTO HUMANO	6.0156	0.136%	-	-	-	-	0.000000
1800	CUERPO DE AGUA	5.4054	0.122%	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL=</b>		<b>4,425.6105</b>	<b>100.000%</b>	-	-	<b>2.428</b>	<b>2.262</b>	<b>9.716811</b>







Estimación de la evapotranspiración mediante imágenes satelitales en la cuenca del río La Sierra, Chiapas y Tabasco, México

12 de agosto de 1998

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm <sup>3</sup> /día <sup>3</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm <sup>3</sup> /día <sup>3</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> ·10 <sup>6</sup> /día <sup>3</sup> )
130	PASTIZAL CULTIVADO	1,326.4407	29.972%	0.765	1.050	2.358	2.477	3.285110
200	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	413.6445	9.347%	0.735	1.015	2.395	2.432	1.005877
210	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	587.1357	13.267%	0.747	1.029	2.137	2.199	1.291029
420	BOSQUE DE PINO	44.7246	1.011%	0.640	0.906	2.122	1.922	0.085977
421	BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	143.0037	3.231%	0.725	1.004	2.346	2.355	0.336788
510	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	75.2670	1.701%	0.694	0.968	1.913	1.851	0.139353
511	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	136.7982	3.091%	0.737	1.018	2.132	2.169	0.296772
601	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	8.4789	0.192%	0.731	1.010	2.365	2.390	0.020265
700	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	490.9572	11.094%	0.692	0.966	2.264	2.187	1.073872
701	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	495.0549	11.186%	0.746	1.028	2.254	2.316	1.146635
800	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	275.9544	6.235%	0.664	0.934	2.717	2.532	0.698846
801	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	367.1460	8.296%	0.659	0.928	2.728	2.527	0.927795
810	SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.3759	0.076%	0.667	0.937	2.819	2.631	0.008882
811	SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	4.9419	0.112%	0.630	0.895	2.915	2.595	0.012826
1330	PASTIZAL INDUCIDO	12.6846	0.287%	0.646	0.913	1.717	1.567	0.019877
1410	POPAL-TULAR	28.5813	0.646%	0.622	0.895	2.891	2.554	0.072984
1700	ASENTAMIENTO HUMANO	6.0156	0.136%	-	-	-	-	0.000000
1800	CUERPO DE AGUA	5.4054	0.122%	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL=</b>		<b>4,425.6105</b>	<b>100.000%</b>	-	-	<b>2.380</b>	<b>2.294</b>	<b>10.422888</b>

13 de septiembre de 1998

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA	NDVI	K <sub>cv</sub>	ET <sub>o</sub> (mm <sup>3</sup> /día <sup>3</sup> )	ET <sub>r</sub> (mm <sup>3</sup> /día <sup>3</sup> )	ET <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> ·10 <sup>6</sup> /día <sup>3</sup> )
130	PASTIZAL CULTIVADO	1,326.4407	29.972%	0.769	1.054	2.357	2.484	3.295248
200	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	413.6445	9.347%	0.756	1.039	2.240	2.328	0.963067
210	AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	587.1357	13.267%	0.763	1.048	1.977	2.071	1.216099
420	BOSQUE DE PINO	44.7246	1.011%	0.771	1.057	2.199	2.323	0.103906
421	BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	143.0037	3.231%	0.771	1.056	2.207	2.332	0.333501
510	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	75.2670	1.701%	0.763	1.048	2.044	2.141	0.161163
511	BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	136.7982	3.091%	0.769	1.055	2.062	2.175	0.297562
601	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	8.4789	0.192%	0.766	1.051	2.372	2.492	0.021132
700	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	490.9572	11.094%	0.749	1.032	2.079	2.144	1.052741
701	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	495.0549	11.186%	0.769	1.054	2.096	2.210	1.093863
800	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	275.9544	6.235%	0.664	0.934	2.717	2.532	0.698846
801	SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	367.1460	8.296%	0.659	0.928	2.728	2.527	0.927795
810	SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.3759	0.076%	0.667	0.937	2.819	2.631	0.008882
811	SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	4.9419	0.112%	0.630	0.895	2.915	2.595	0.012826
1330	PASTIZAL INDUCIDO	12.6846	0.287%	0.766	1.051	2.223	2.336	0.029634
1410	POPAL-TULAR	28.5813	0.646%	0.622	0.895	2.891	2.554	0.072984
1700	ASENTAMIENTO HUMANO	6.0156	0.136%	-	-	-	-	0.000000
1800	CUERPO DE AGUA	5.4054	0.122%	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL=</b>		<b>4,425.6105</b>	<b>100.000%</b>	-	-	<b>2.370</b>	<b>2.367</b>	<b>10.289250</b>





## A.16 MAPAS

MAPA 1.	CUENCA DEL RÍO LA SIERRA .....	213
MAPA 2.	LOCALIZACIÓN HIDROLÓGICA .....	214
MAPA 3.	HIDROGRAFÍA .....	215
MAPA 4.	CLIMA .....	216
MAPA 5.	LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS ...	217
MAPA 6.	PRECIPITACIÓN .....	218
MAPA 7.	TEMPERATURA .....	219
MAPA 8.	EVAPORACIÓN .....	220
MAPA 9.	TOPOGRAFÍA .....	221
MAPA 10.	FISIOGRAFÍA .....	222
MAPA 11.	GEOLOGÍA .....	223
MAPA 12.	EDAFOLOGÍA .....	224
MAPA 13.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.....	225
MAPA E- 1.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (07 de enero de 1998) .....	226
MAPA E- 2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (01 de febrero de 1998) .....	227
MAPA E- 3.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (08 de febrero de 1998) .....	228
MAPA E- 4.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (17 de febrero de 1998) .....	229
MAPA E- 5.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (05 de marzo de 1998) .....	230
MAPA E- 6.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (28 de marzo de 1998) .....	231
MAPA E- 7.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (06 de abril de 1998) .....	232
MAPA E- 8.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (13 de abril de 1998) .....	233
MAPA E- 9.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (09 de junio de 1998).....	234
MAPA E- 10.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (11 de julio de 1998).....	235
MAPA E- 11.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (12 de agosto de 1998) .....	236
MAPA E- 12.	EVAPOTRANSPIRACIÓN (13 de septiembre de 1998).....	237

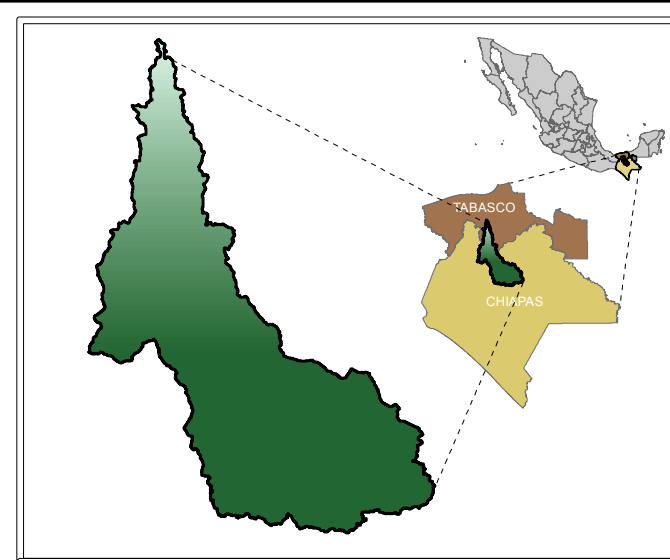
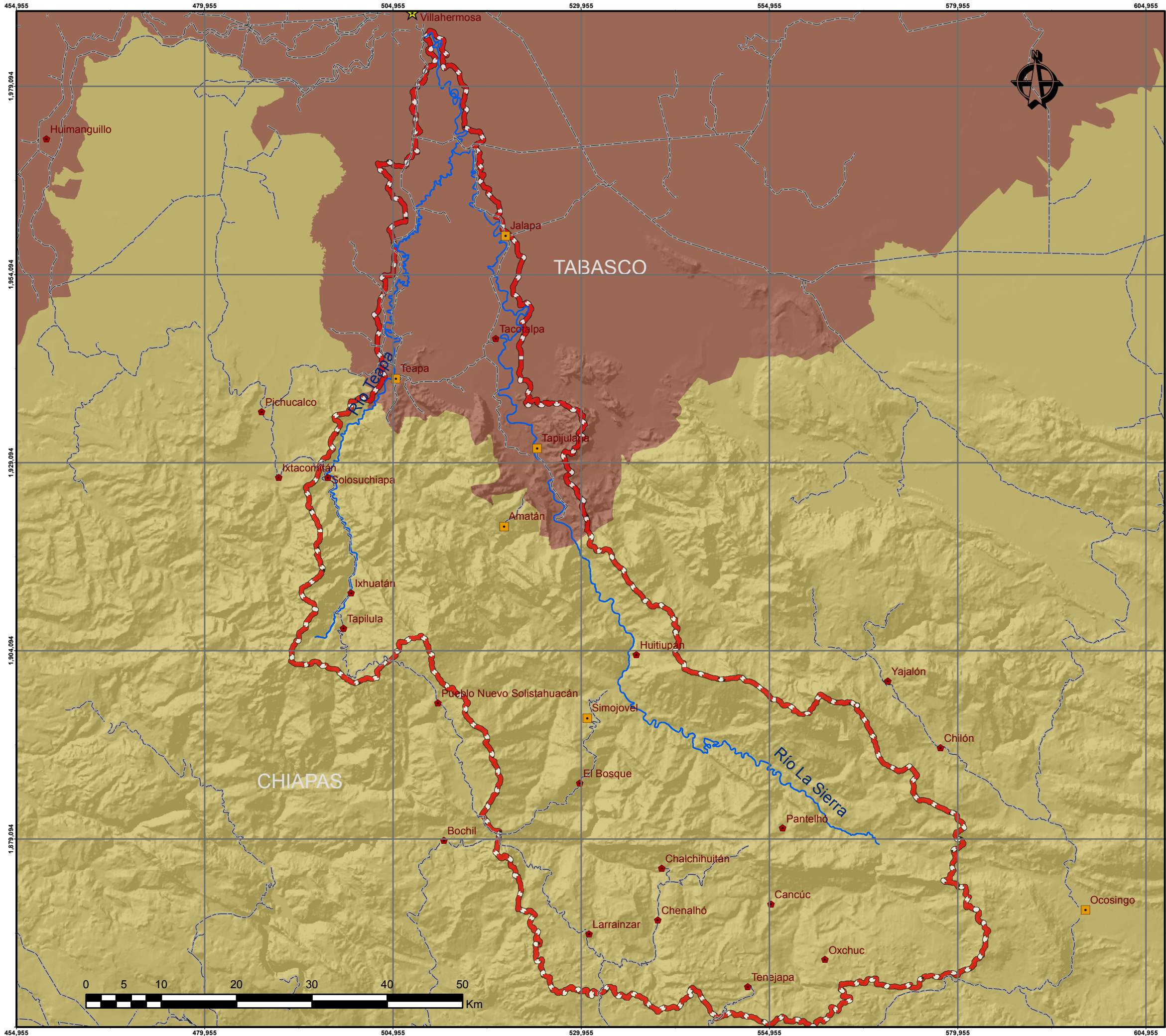




## MAPA 1. CUENCA DEL RÍO LA SIERRA







**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- Ciudad
- Localidad
- Población
- Cuenca Río la Sierra
- CHIAPAS
- TABASCO
- Carreteras
- Principales ríos

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

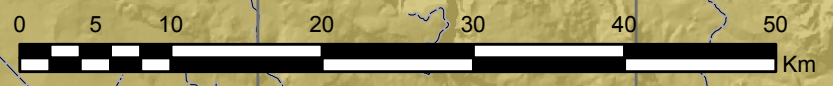
Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Unidades: Metros  
 Falso Norte: 0.0000

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**

Escala 1: 500,000 Montecillo, Texcoco, Edo. de México; Marzo 2014 **MAPA 01**

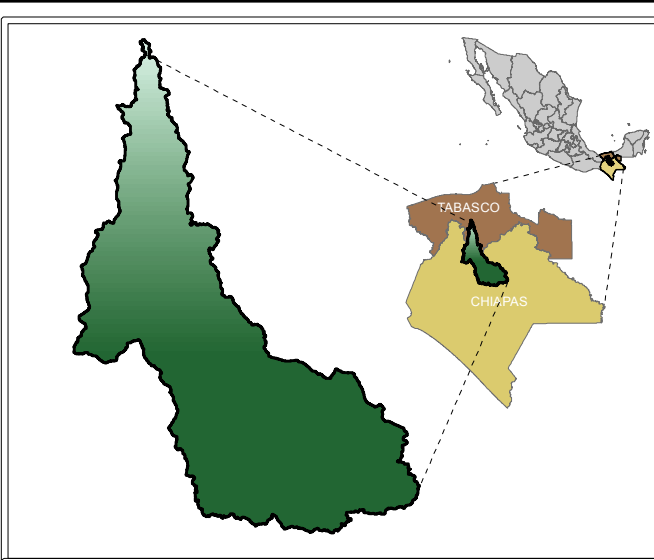
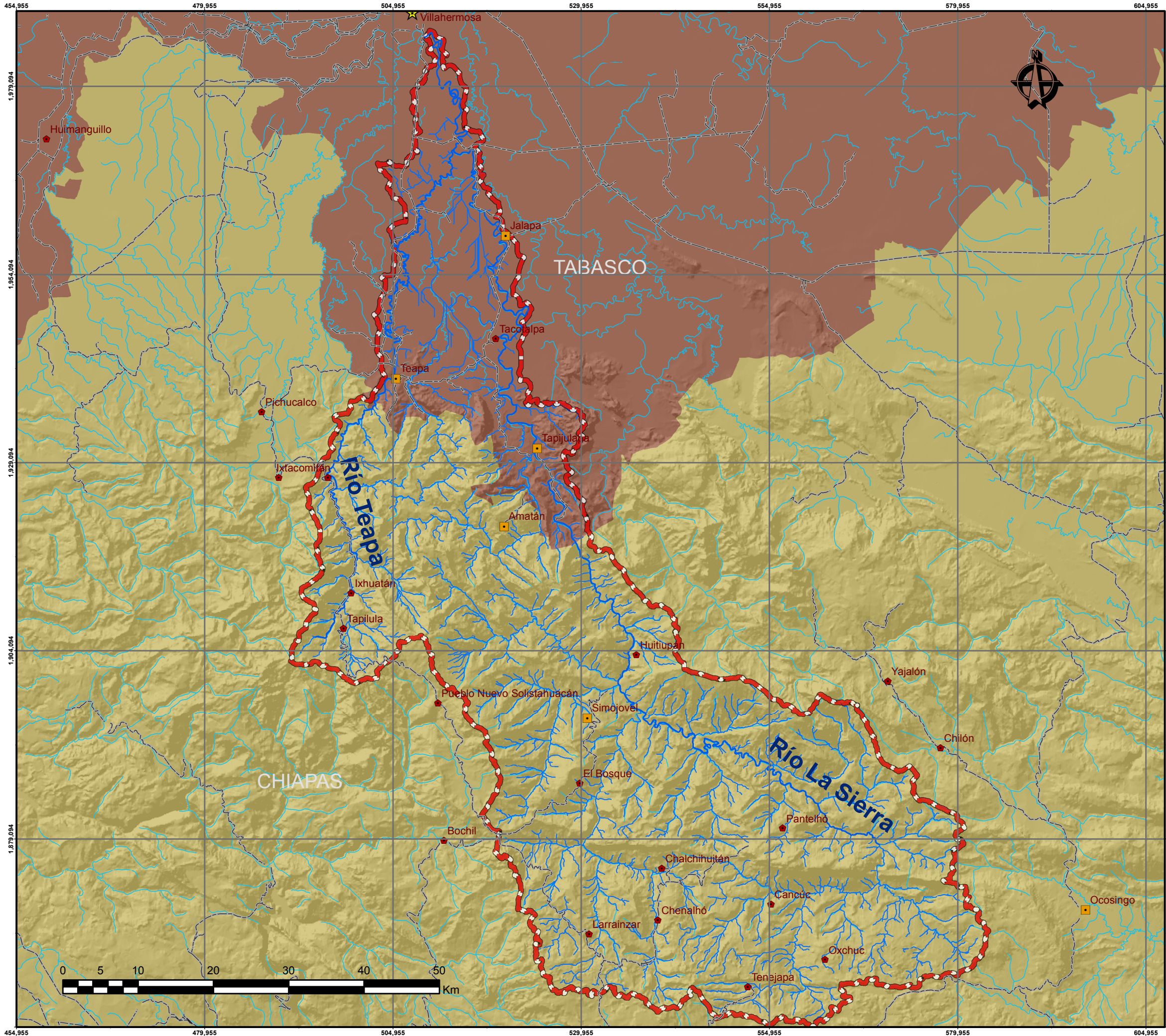




## **MAPA 2. LOCALIZACIÓN HIDROLÓGICA**







**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- Ciudad
- Localidad
- Población
- Cuenca Río la Sierra
- CHIAPAS
- TABASCO
- Carreteras
- Principales ríos
- Hidrografía de la Cuenca
- Hidrografía

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N	Meridiano Central: -93.0000
Proyección: Transversal de Mercator	Factor de Escala: 0.9996
Dátum: WGS 1984	Latitud de Origen: 0.0000
Falso Este: 500,000.0000	Unidades: Metros
Falso Norte: 0.0000	

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**

ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.

(TESIS DE MAESTRÍA)

**HIDROGRAFÍA DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

Realizó:	Revisó:
<b>M. C. Armando Aguirre Rodríguez</b>	<b>Dr. Leonardo Tijerina Chávez</b>

Escala 1: 500,000	Montecillo, Texcoco, Edo. de México; Marzo 2014	<b>MAPA 03</b>
-------------------	---	----------------

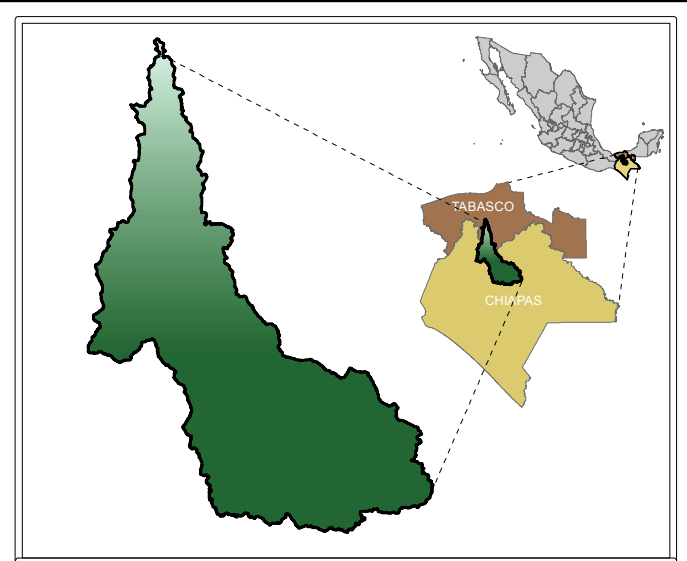
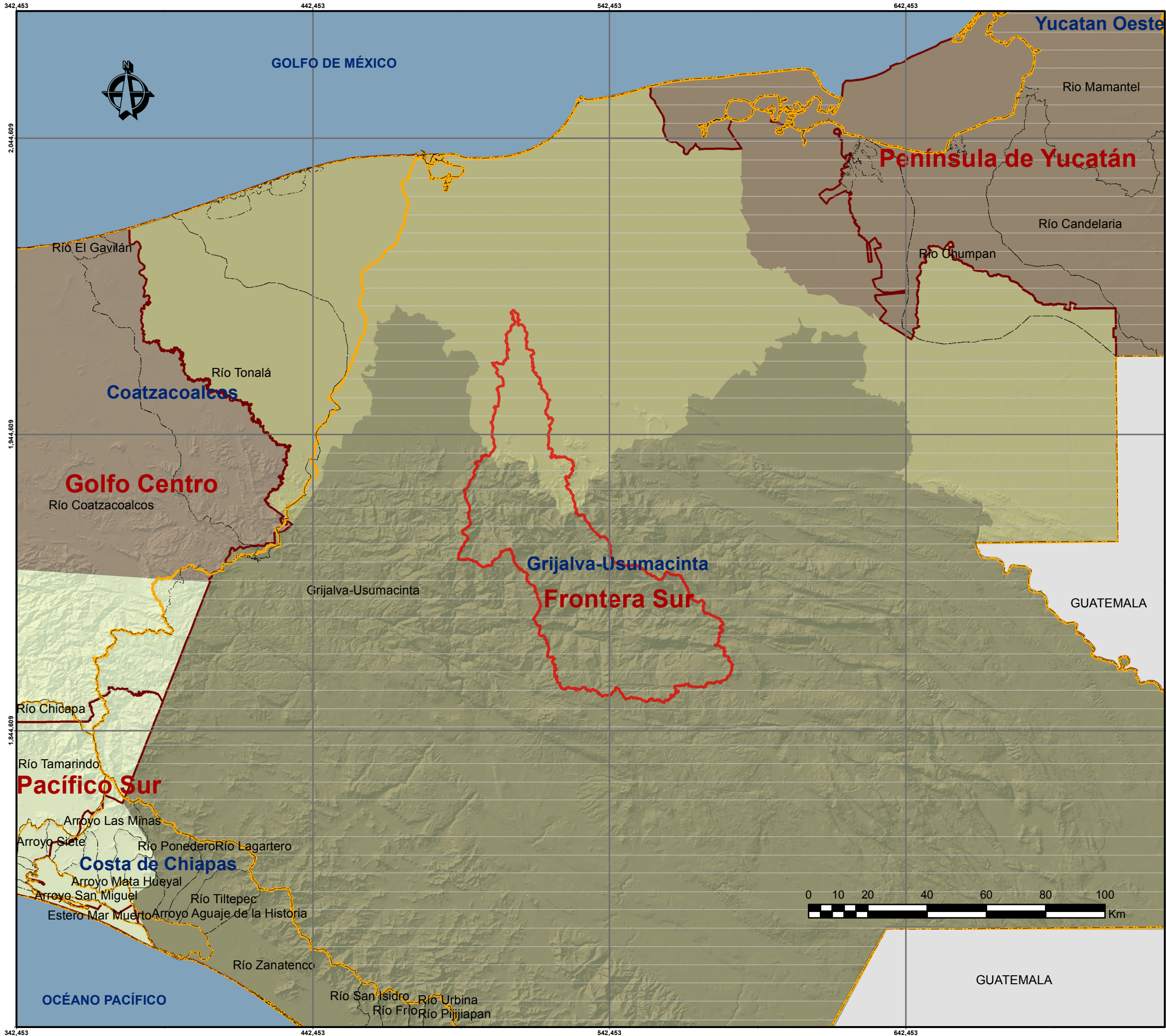




## MAPA 3. HIDROGRAFÍA







**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

-  Cuenca Río la Sierra
-  Cuencas
-  RH 30 Grijalva-Usumacinta
-  Región Hidrológica
-  Región Hidrológica- Administrativa
-  Campeche
-  Chiapas
-  Oaxaca
-  Tabasco
-  Veracruz

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N	Meridiano Central: -93.0000
Proyección: Transversal de Mercator	Factor de Escala: 0.9996
Dátum: WGS 1984	Latitud de Origen: 0.0000
Falso Este: 500,000.0000	Unidades: Metros
Falso Norte: 0.0000	



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE  
 IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA  
 SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**LOCALIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

Realizó:	Revisó:
<b>M. C. Armando Aguirre Rodríguez</b>	<b>Dr. Leonardo Tijerina Chávez</b>

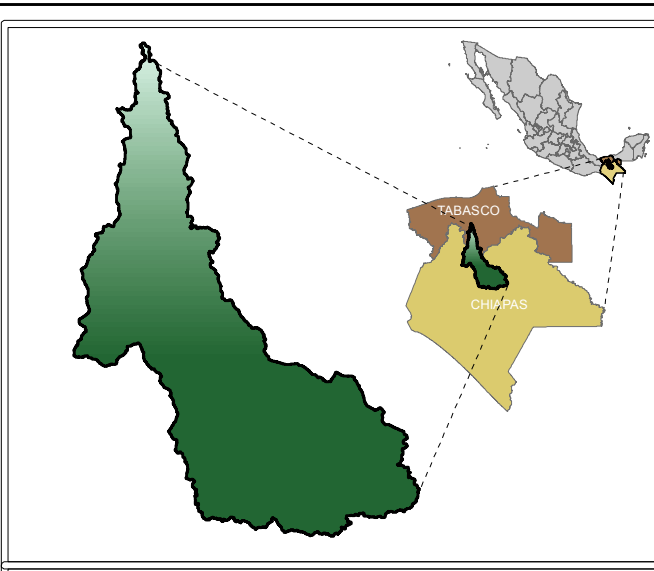
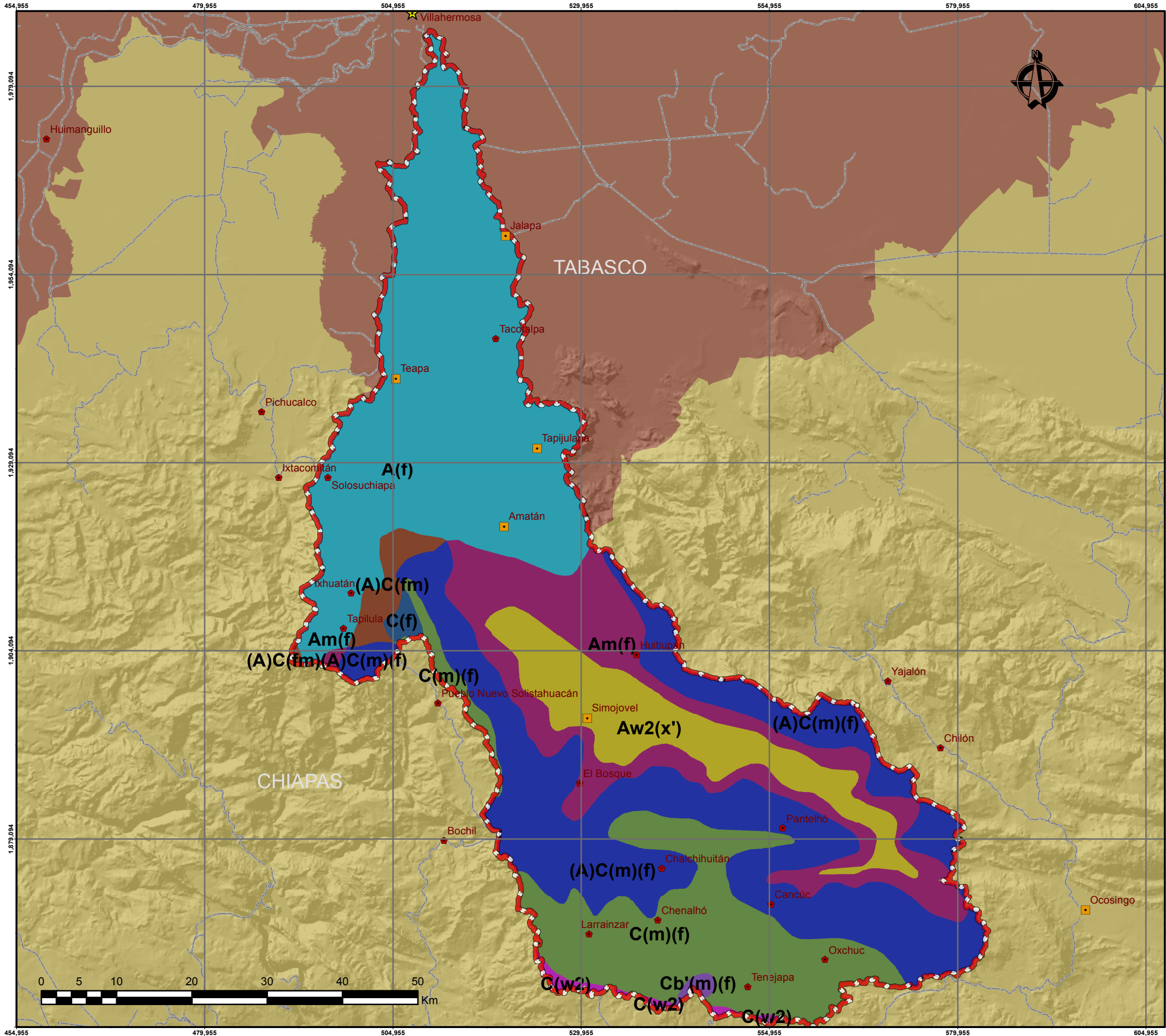
Escala 1 : 270,000	Montecillo, Texcoco, Edo. de México, Marzo 2014	<b>MAPA 02</b>
--------------------	---	----------------





## MAPA 4. CLIMA





**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- ★ Ciudad
- Localidad
- Población
- ↔ Carreteras
- 🌳 Cuenca Río la Sierra
- 🇨🇮 CHIAPAS
- 🇲🇽 TABASCO

**CLIMA**

- 🟤 (A)C(fm)
- 🟦 (A)C(m)(f)
- 🟩 (A)C(w2)
- 🟦 A(f)
- 🟪 Am(f)
- 🟨 Aw2(x')
- 🟦 C(f)
- 🟩 C(m)(f)
- 🟪 C(w2)
- 🟪 Cb'(m)(f)

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Falso Norte: 0.0000 Unidades: Metros

**CP COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**CLIMA DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**

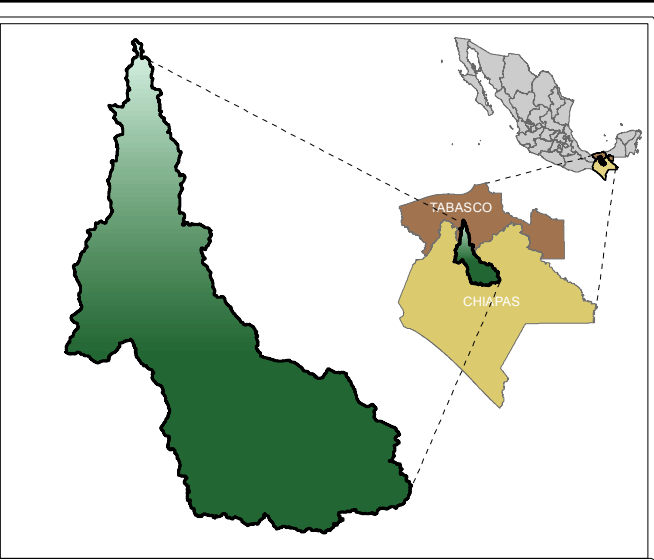
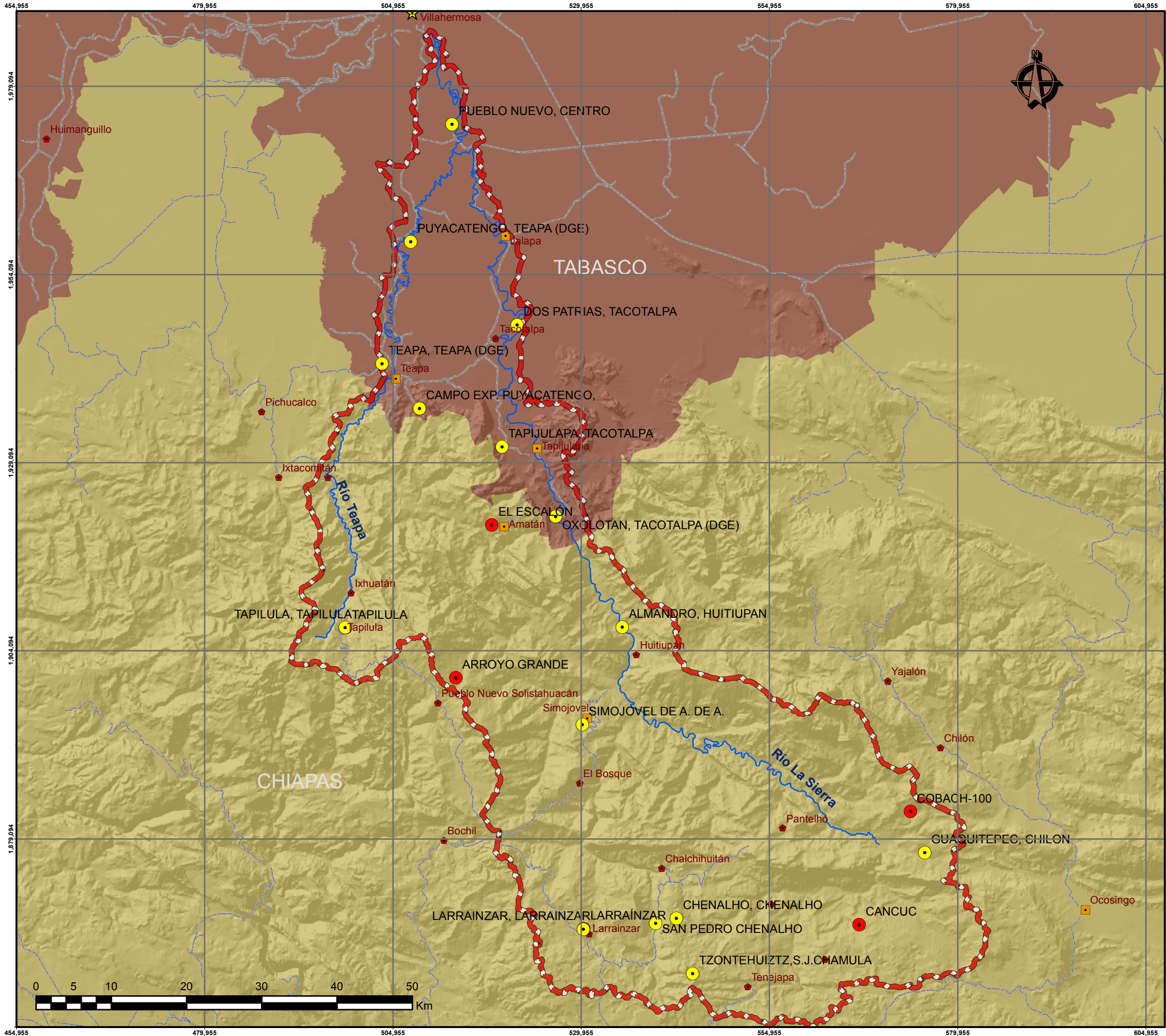
Escala 1: 500,000 Montecillo, Texcoco, Edo. de México, Marzo 2014 **MAPA 04**



## **MAPA 5. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS**







**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- Ciudad
  - Localidad
  - Población
  - Carreteras
  - Principales ríos
  - Cuenca Río la Sierra
  - CHIAPAS
  - TABASCO
- Estaciones Meteorológicas**
- Tipo**
- Automática (EMA)
  - Convencional (EMC)

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Unidades: Metros  
 Falso Norte: 0.0000

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**

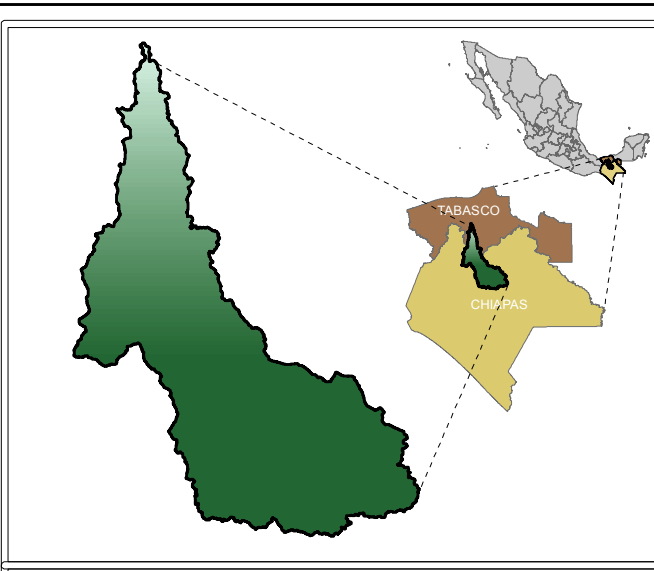
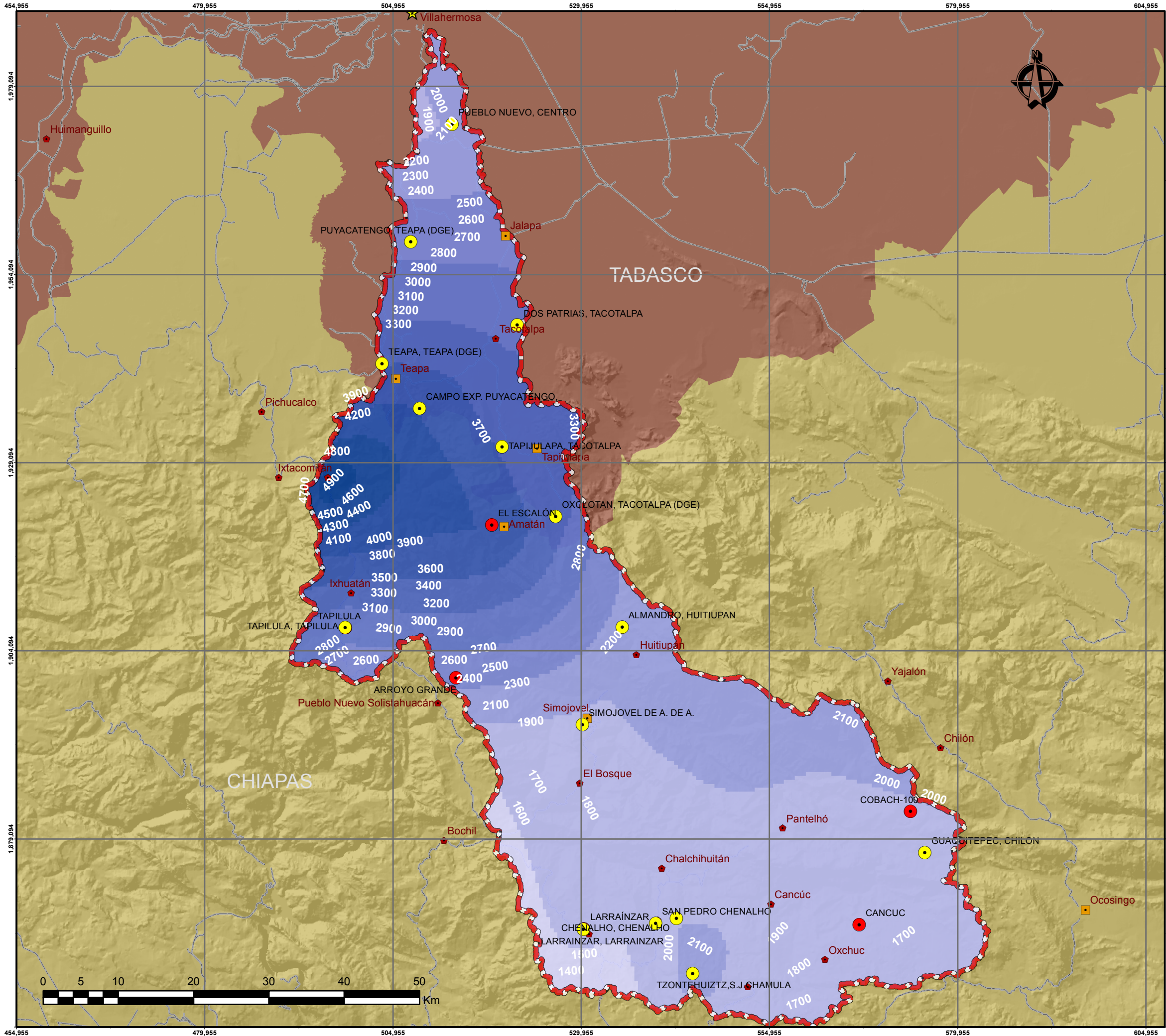
Escala 1: 500,000 Montecillo, Tlaxcoco, Edo. de México, Marzo 2014 **MAPA 05**



## MAPA 6. PRECIPITACIÓN







**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

★ Ciudad	⊕ Cuenca Río la Sierra
◆ Localidad	↘ Carreteras
□ Población	■ CHIAPAS
● Estaciones Meteorológicas	■ TABASCO
● Automática (EMA)	
● Convencional (EMC)	

**PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)**

□ 1,300 - 1,600
□ 1,601 - 2,000
□ 2,001 - 2,400
□ 2,401 - 2,800
□ 2,801 - 3,200
□ 3,201 - 3,600
□ 3,601 - 4,000
□ 4,001 - 4,400
□ 4,401 - 4,800
□ 4,801 - 5,200

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N	Meridiano Central: -93.0000
Proyección: Transversal de Mercator	Factor de Escala: 0.9996
Dátum: WGS 1984	Latitud de Origen: 0.0000
Falso Este: 500,000.0000	Unidades: Metros
Falso Norte: 0.0000	

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

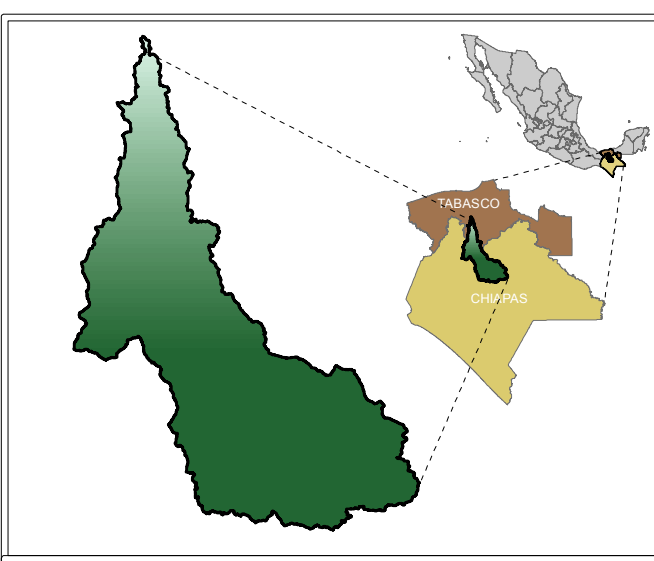
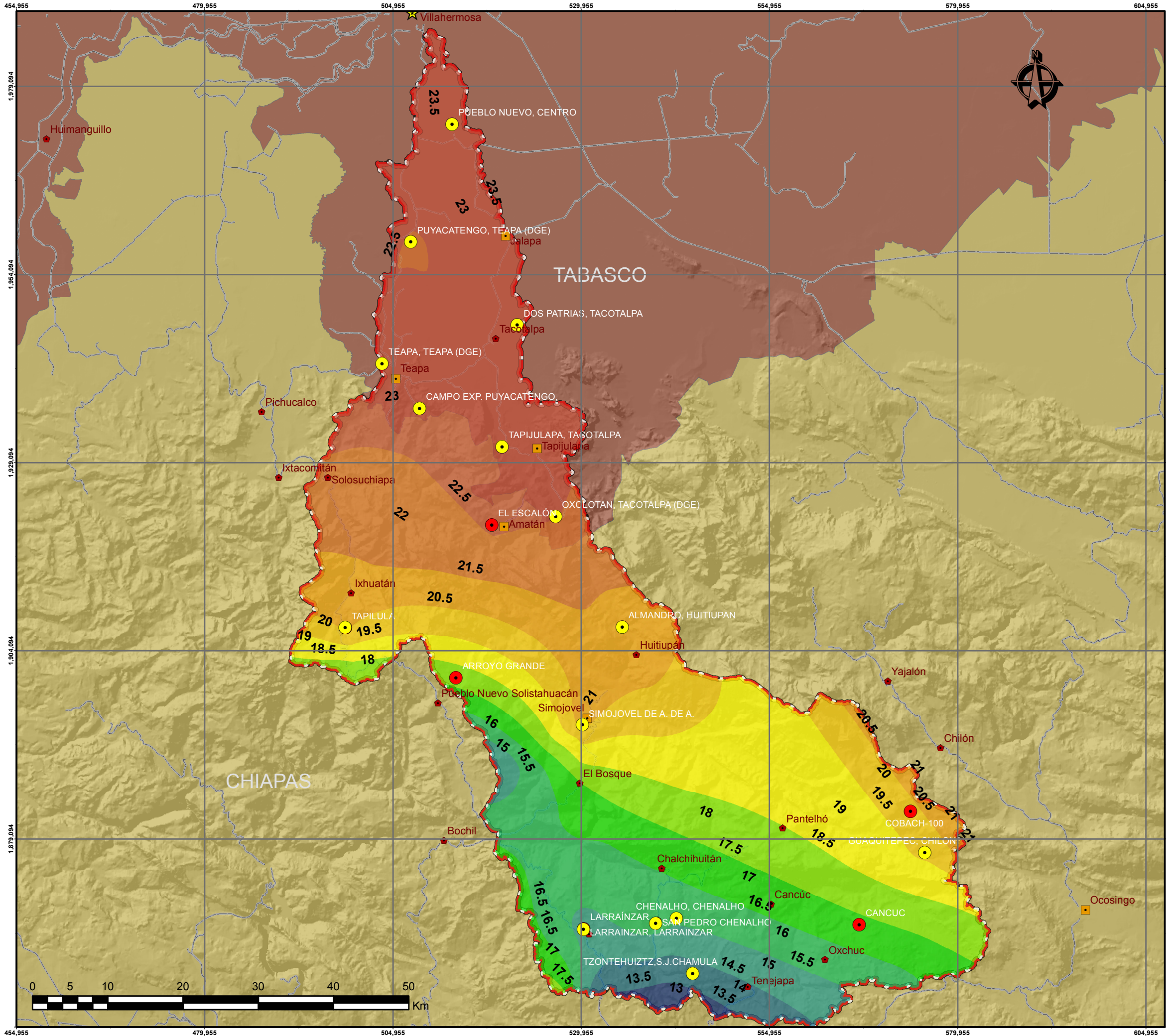
Realizó:	Revisó:
<b>M. C. Armando Aguirre Rodríguez</b>	<b>Dr. Leonardo Tijerina Chávez</b>





## MAPA 7. TEMPERATURA





**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

★ Ciudad	📍 Cuenca Río la Sierra
◆ Localidad	🛣️ Carreteras
🏠 Población	📍 CHIAPAS
<b>Estaciones Meteorológicas</b>	📍 TABASCO
● Automática (EMA)	
● Convencional (EMC)	

**TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)**

12.5 - 13.5
13.5 - 14.5
14.5 - 15.5
15.5 - 16.5
16.5 - 17.5
17.5 - 18.5
18.5 - 19.5
19.5 - 20.5
20.5 - 21.5
21.5 - 22.5
22.5 - 24

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N	Meridiano Central: -93.0000
Proyección: Transversal de Mercator	Factor de Escala: 0.99996
Dátum: WGS 1984	Latitud de Origen: 0.0000
Falso Este: 500,000.0000	Unidades: Metros
Falso Norte: 0.0000	

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS  
POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**

ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.

(TESIS DE MAESTRÍA)

**TEMPERATURA MEDIA ANUAL  
DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

Realizó:	Revisó:
<b>M. C. Armando Aguirre Rodríguez</b>	<b>Dr. Leonardo Tijerina Chávez</b>

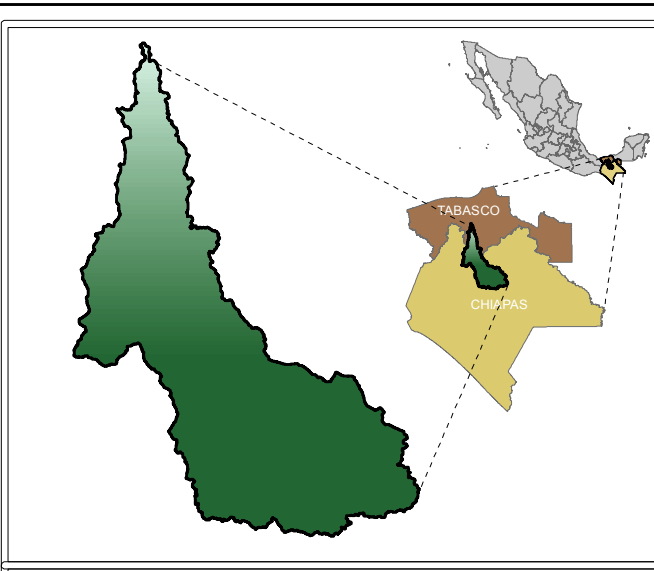
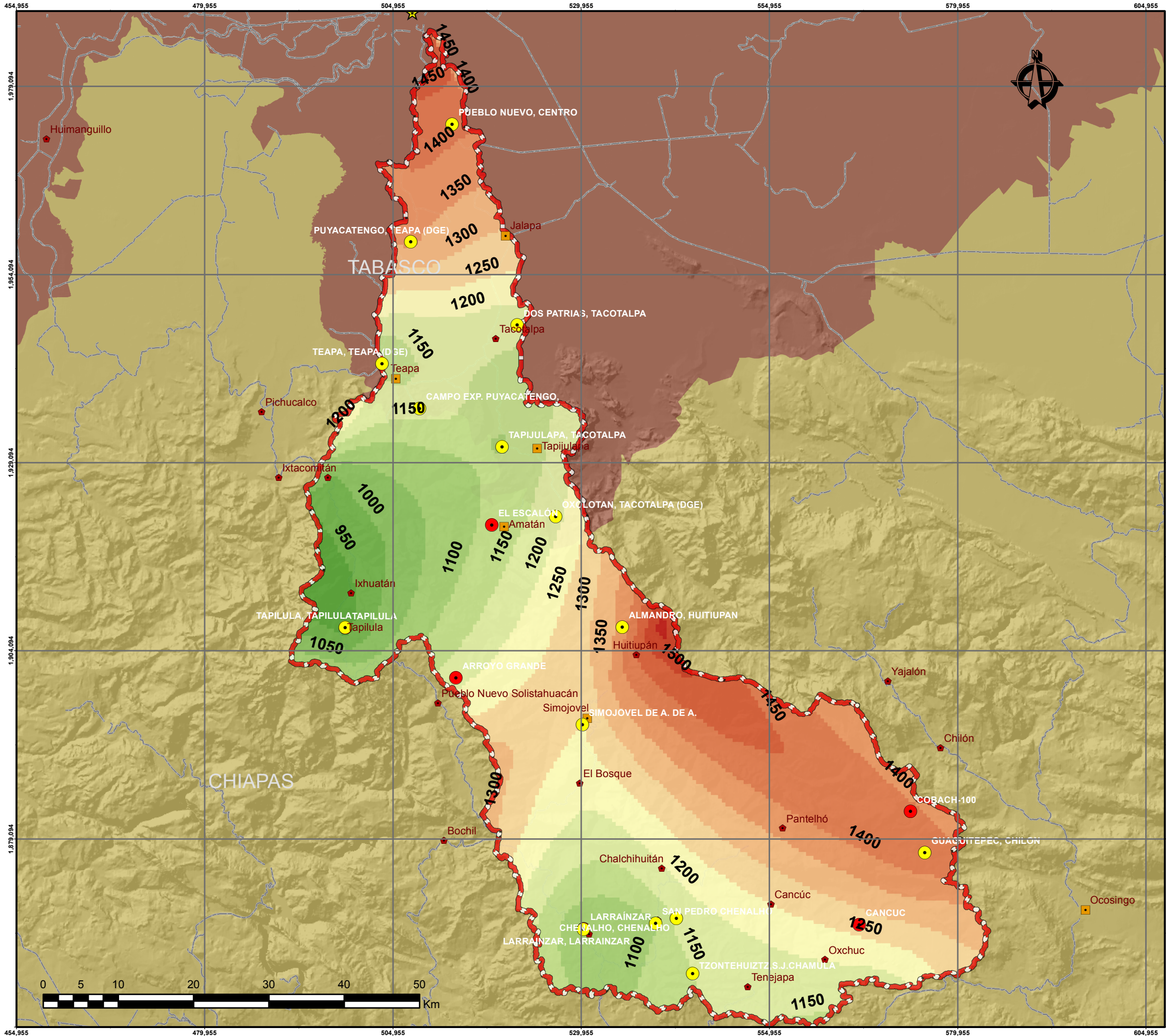
Escala 1: 500,000	Montecillo, Texcoco, Edo. de México, Marzo 2014	<b>MAPA 07</b>
-------------------	---	----------------



## MAPA 8. EVAPORACIÓN







**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- ★ Ciudad
- Localidad
- Población
- Automática (EMA)
- Convencional (EMC)
- ☞ Cuenca Río la Sierra
- ⚡ Carreteras
- CHIAPAS
- TABASCO

**EVAPORACIÓN MEDIA ANUAL (mm)**

900.0 - 950.0	1,251 - 1,300
950.1 - 1,000	1,301 - 1,350
1,001 - 1,050	1,351 - 1,400
1,051 - 1,100	1,401 - 1,450
1,101 - 1,150	1,451 - 1,500
1,151 - 1,200	1,501 - 1,550
1,201 - 1,250	1,551 - 1,600

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Falso Norte: 0.0000 Unidades: Metros

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPORACIÓN MEDIA ANUAL DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

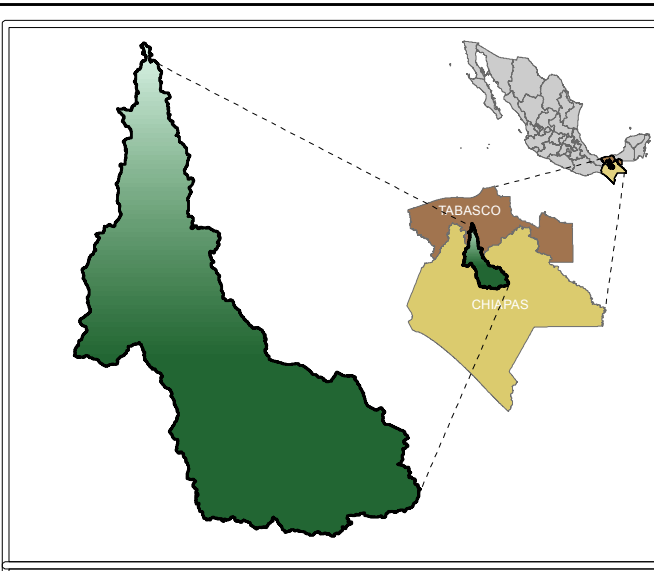
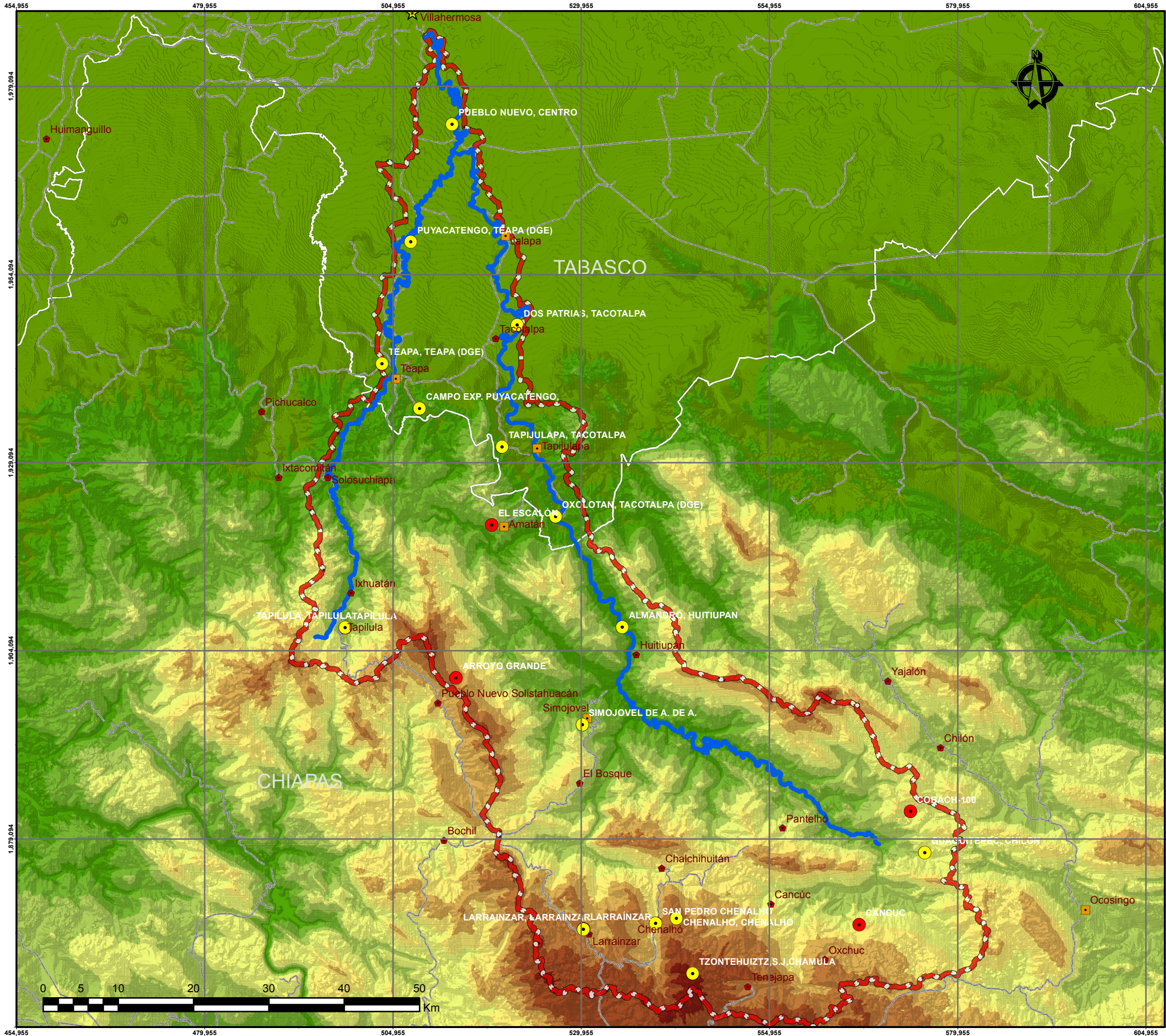
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**



## MAPA 9. TOPOGRAFÍA







**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

Ciudad	Cuenca Río la Sierra
Localidad	CHIAPAS
Población	TABASCO
Carreteras	<b>Estaciones Meteorológicas</b>
Principales Ríos	Automática (EMA)
	Convencional (EMC)

**TOPOGRAFÍA**

Elevaciones (m.s.n.m.)

	001.0 - 122.0
	122.1 - 413.0
	413.1 - 734.0
	734.1 - 1,018.0
	1,019.0 - 1,321.0
	1,322.0 - 1,618.0
	1,619.0 - 1,914.0
	1,915.0 - 2,210.0
	2,211.0 - 2,526.0
	2,527.0 - 4,000.0

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N	Meridiano Central: -93.0000
Proyección: Transversal de Mercator	Factor de Escala: 0.99996
Dátum: WGS 1984	Latitud de Origen: 0.0000
Falso Este: 500,000.0000	Unidades: Metros
Falso Norte: 0.0000	

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**TOPOGRAFÍA DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

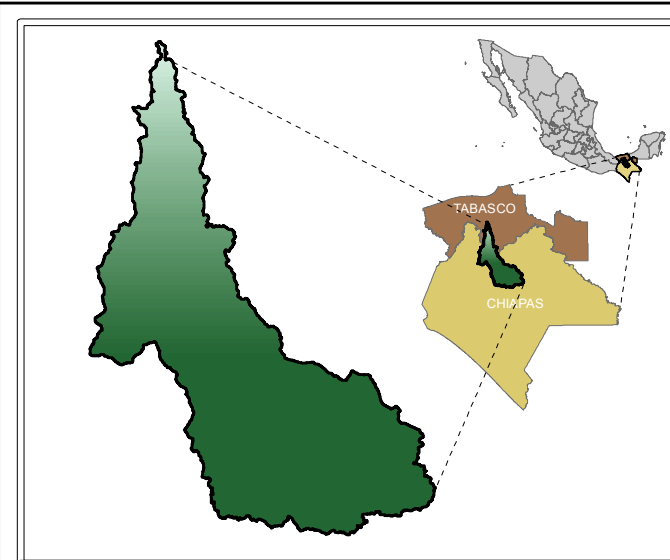
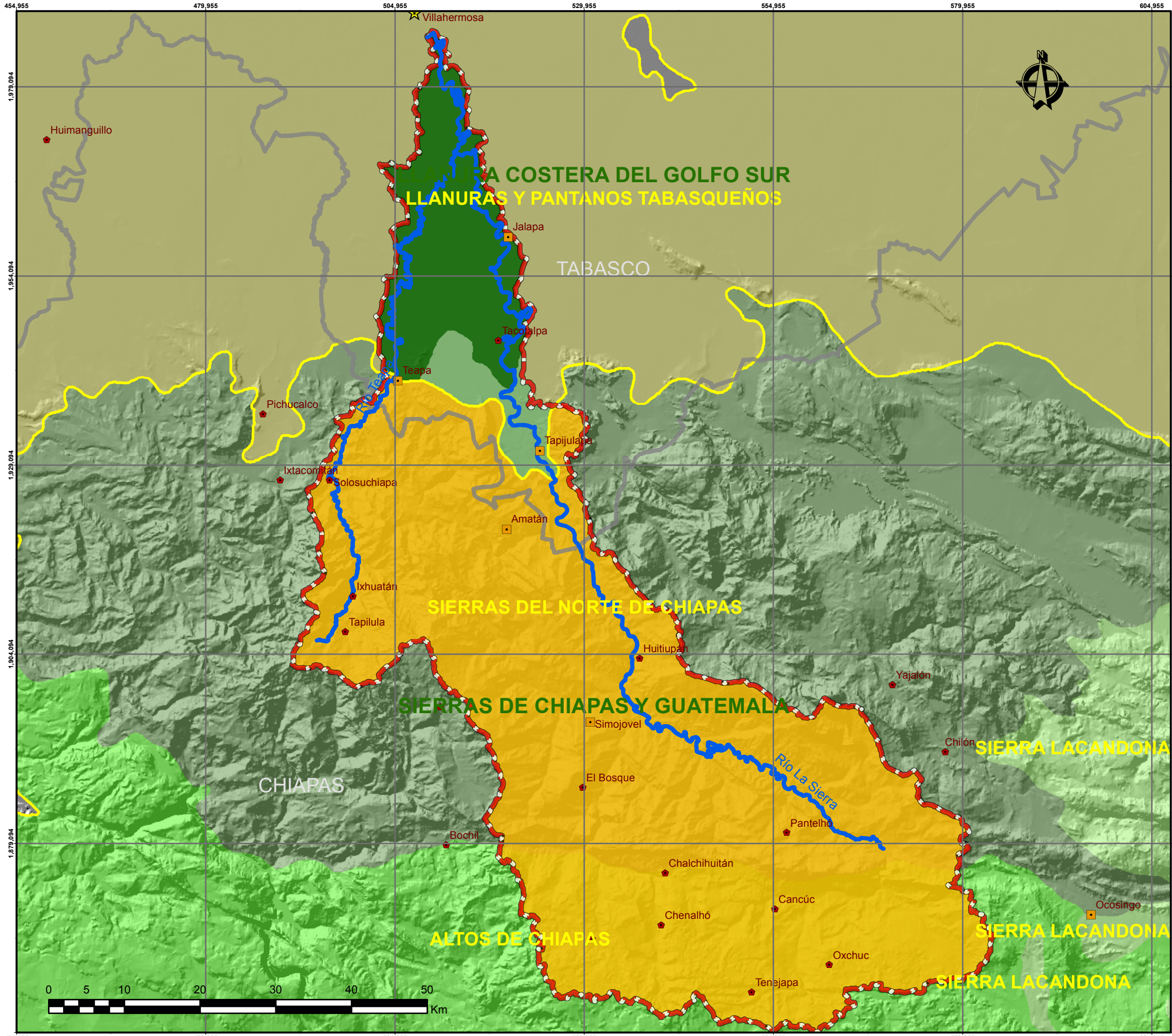
Realizó:	Revisó:
<b>M. C. Armando Aguirre Rodríguez</b>	<b>Dr. Leonardo Tijerina Chávez</b>





## MAPA 10. FISIOGRAFÍA





**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- Ciudad
- Localidad
- Población
- Principales ríos
- Cuenca Río la Sierra
- CHIAPAS
- TABASCO

**FISIOGRAFÍA**

- Provincias Fisiográficas**
- SIERRAS DEL NORTE DE CHIAPAS
  - SIERRAS DE CHIAPAS Y GUATEMALA
  - SIERRA LACANDONA
  - LLANURAS Y PANTANOS TABASQUEÑOS
  - ALTOS DE CHIAPAS
  - DEPRESIÓN CENTRAL DE CHIAPAS
  - LLANURA COSTERA VERACRUZANA
  - LLANURA DEL ISTMO
  - SIERRAS BAJAS DEL PETEN
  - SIERRAS DEL SUR DE CHIAPAS
- Topoformas**
- Llanura
  - Lomerío
  - Sierra
  - Valle

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.99996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Unidades: Metros  
 Falso Norte: 0.0000

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**FISIOGRAFÍA DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

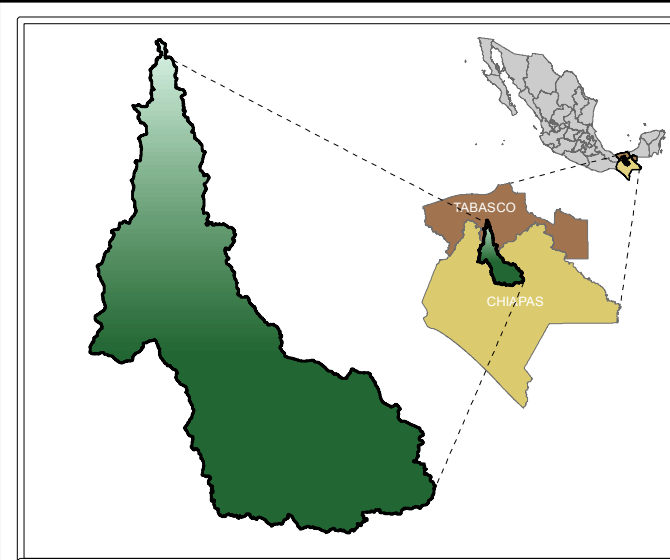
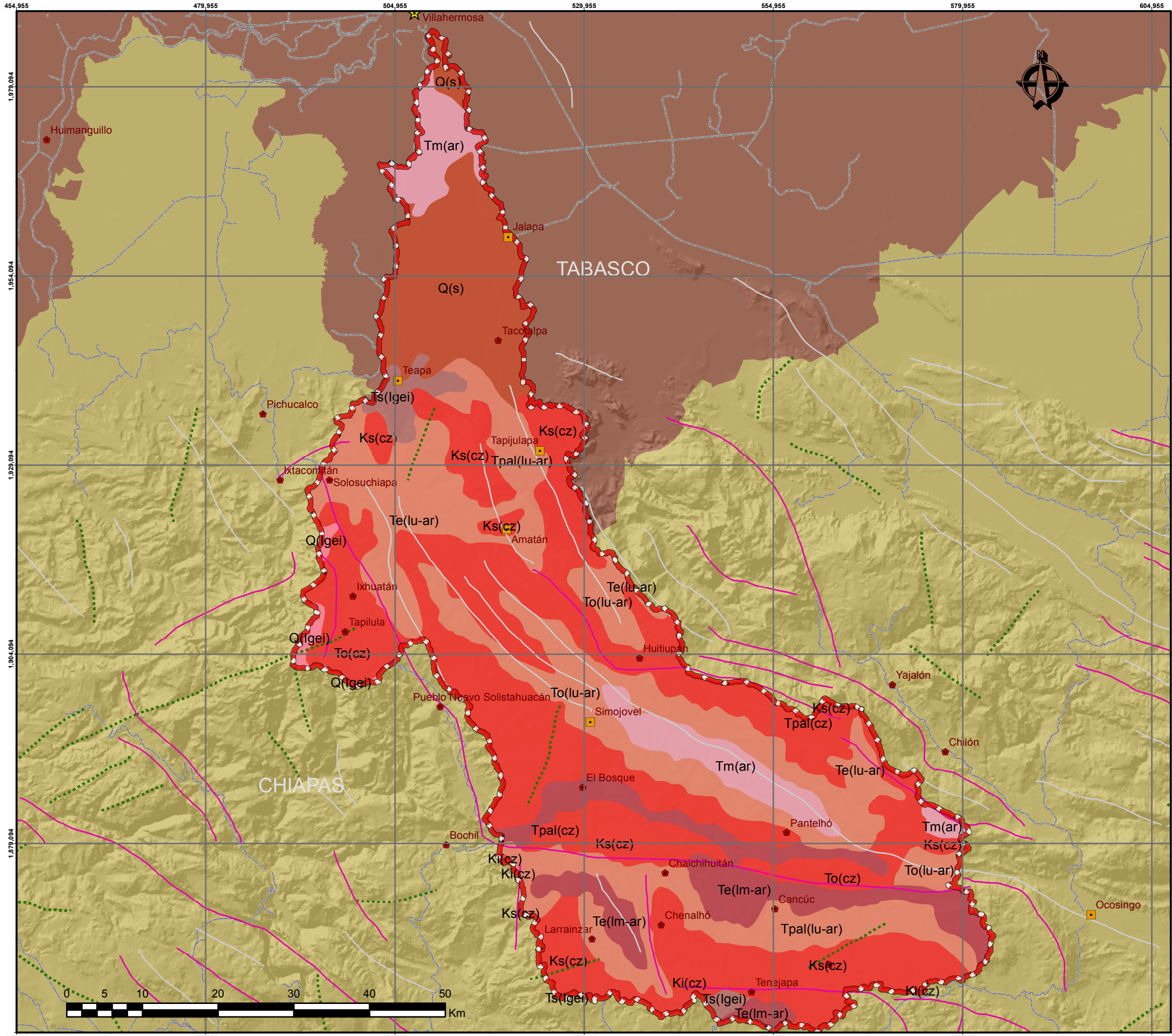
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**



## MAPA 11. GEOLOGÍA







**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- ★ Ciudad
- Localidad
- Población
- ↔ Cuenca Río la Sierra
- CHIAPAS
- TABASCO
- Carreteras

**GEOLOGÍA**

- TIPO**
- Arenisca
  - Caliza
  - Limolita-Arenisca
  - Lutita-Arenisca
  - Suelo
  - Ígnea extrusiva básica
  - Ígnea extrusiva intermedia
- Fallas Geológicas**
- EJE ESTRUCTURAL
  - FALLA
  - ... FRACTURA

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Unidades: Metros  
 Falso Norte: 0.0000

**CP COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**GEOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**

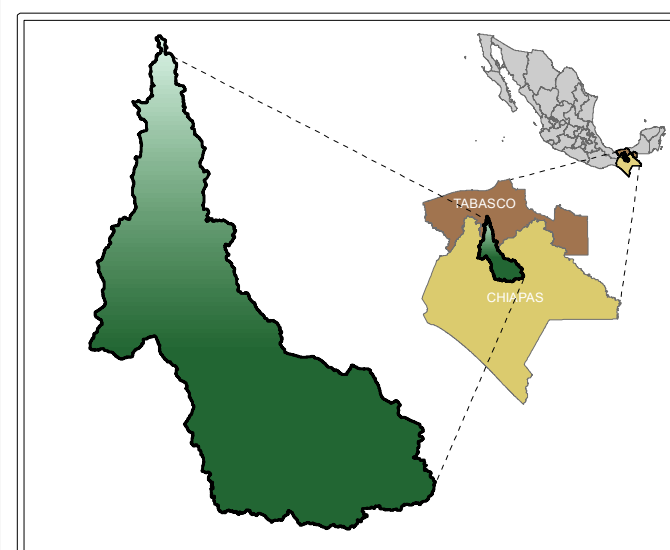
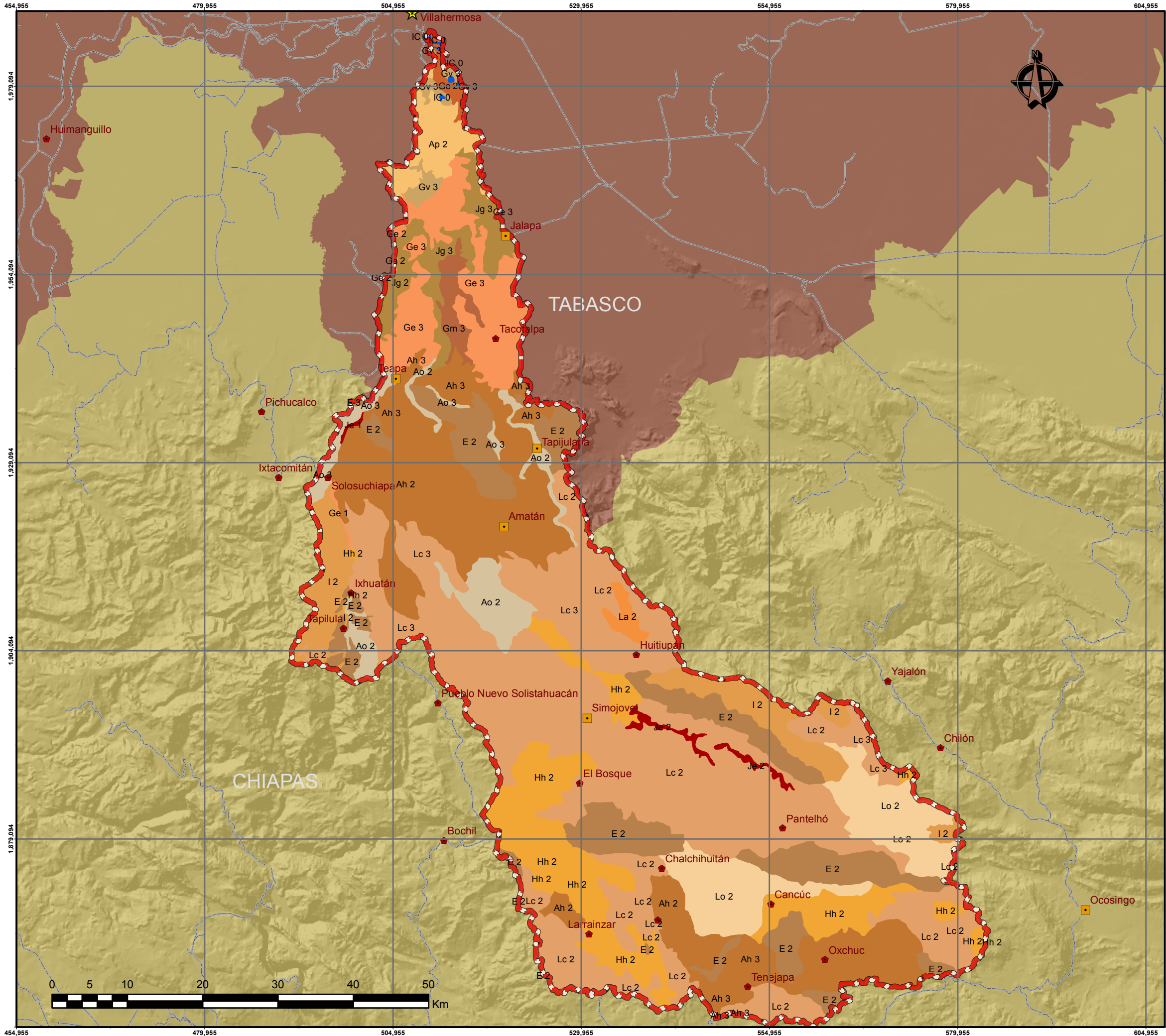
Escala 1: 500,000 Montecillo, Texcoco, Edo. de México, Marzo 2014 **MAPA 11**



## MAPA 12. EDAFOLOGÍA







**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- Ciudad
- Localidad
- Población
- Cuenca Río la Sierra
- CHIAPAS
- TABASCO
- Carreteras

**EDAFOLOGÍA**

ACRISOL HUMICO	GLEYSOL EUTRICO
ACRISOL ORTICO	GLEYSOL MOLICO
ACRISOL PLINTICO	GLEYSOL VERTICO
CUERPO DE AGUA	LITOSOL
FEOZEM HAPLICO	LUVISOL ALBICO
FLUVISOL CALCARICO	LUVISOL CROMICO
FLUVISOL EUTRICO	LUVISOL ORTICO
FLUVISOL GLEYICO	RENDZINA
GLEYSOL CALCARICO (calcico)	

**Textura:** 0: No aplica (Agua) 1: Gruesa 2: Media 3: Fina  
Etiqueta= "Tipo de suelo" "Textura"

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N	Meridiano Central: -93.0000
Proyección: Transversal de Mercator	Factor de Escala: 0.9996
Datums: WGS 1984	Latitud de Origen: 0.0000
Falso Este: 500,000.0000	Unidades: Metros
Falso Norte: 0.0000	

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
(TESIS DE MAESTRÍA)

**EDAFOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

Realizó:	Revisó:
<b>M. C. Armando Aguirre Rodríguez</b>	<b>Dr. Leonardo Tijerina Chávez</b>

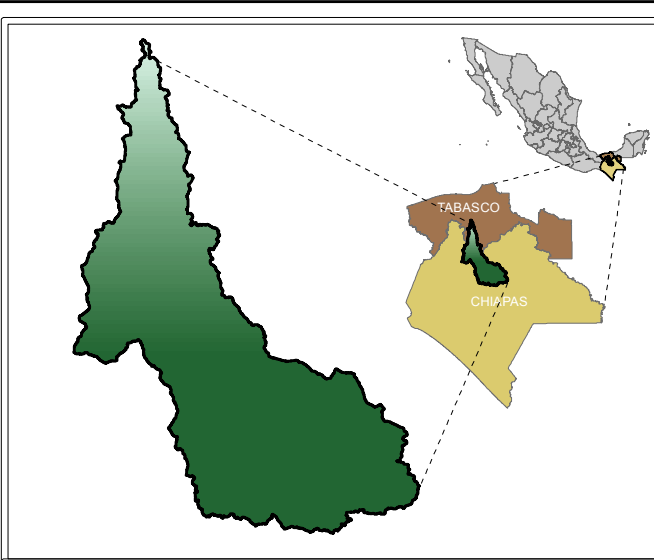
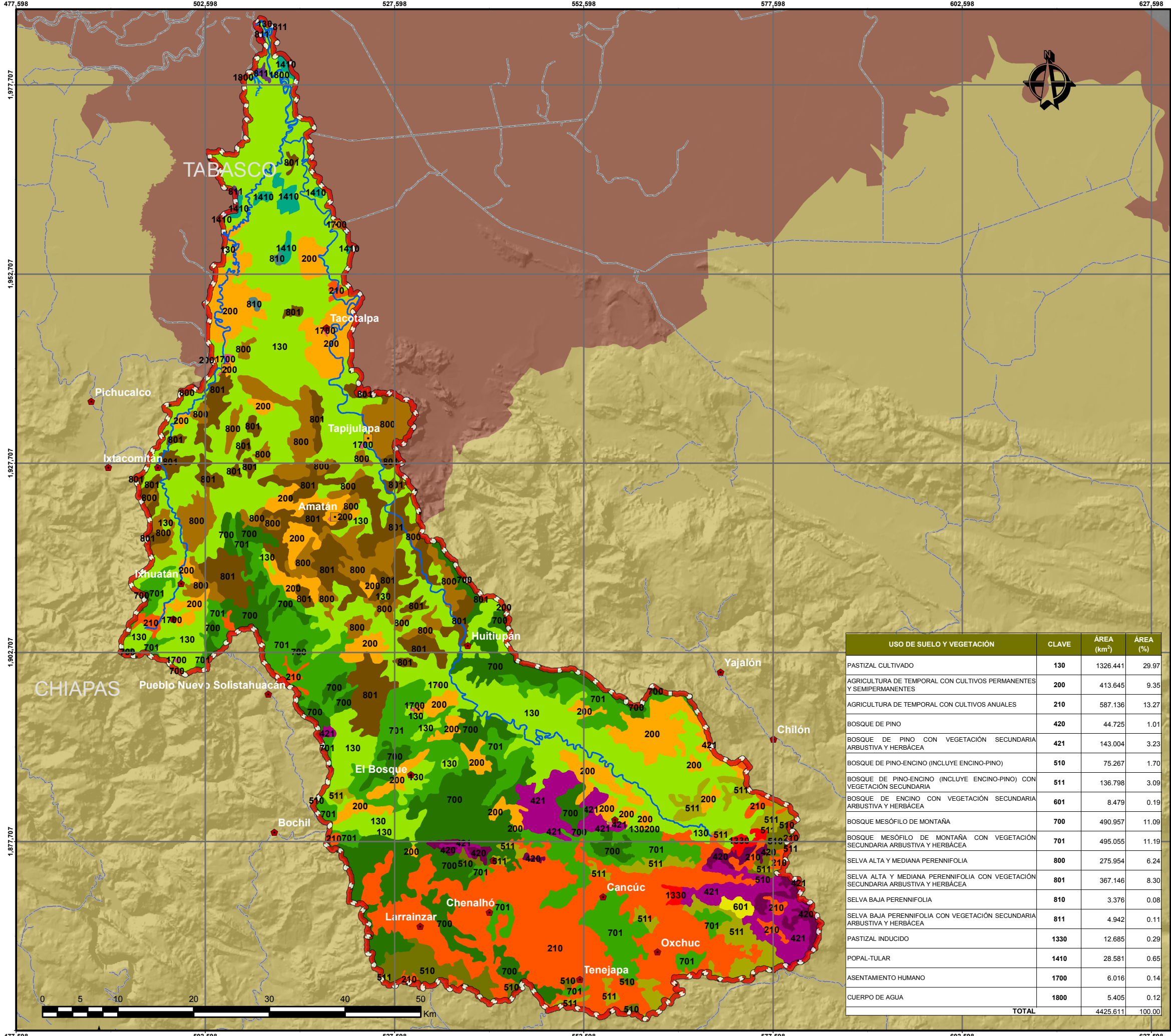
Escala 1: 500,000	Montedillo, Texcoco, Edo. de México, Marzo 2014	<b>MAPA 12</b>
-------------------	---	----------------





## **MAPA 13. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN**





**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- Ciudad
- Localidad
- Población
- Cuenca Río la Sierra
- CHIAPAS
- TABASCO
- Carreteras

**USO DE SUELO Y VEGETACIÓN**

- PASTIZAL CULTIVADO
- AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES
- AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES
- BOSQUE DE PINO
- BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA
- BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)
- BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA
- BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA
- BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA
- BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBÁCEA
- SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA
- SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBÁCEA
- SELVA BAJA PERENNIFOLIA
- SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA
- PASTIZAL INDUCIDO
- POPAL-TULAR
- ASENTAMIENTO HUMANO
- CUERPO DE AGUA

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
PASTIZAL CULTIVADO	130	1326.441	29.97
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200	413.645	9.35
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210	587.136	13.27
BOSQUE DE PINO	420	44.725	1.01
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421	143.004	3.23
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510	75.267	1.70
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511	136.798	3.09
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601	8.479	0.19
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700	490.957	11.09
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701	495.055	11.19
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800	275.954	6.24
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801	367.146	8.30
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810	3.376	0.08
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811	4.942	0.11
PASTIZAL INDUCIDO	1330	12.685	0.29
POPAL-TULAR	1410	28.581	0.65
ASENTAMIENTO HUMANO	1700	6.016	0.14
CUERPO DE AGUA	1800	5.405	0.12
<b>TOTAL</b>		<b>4425.611</b>	<b>100.00</b>

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Fecha de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Falso Norte: 0.0000 Unidades: Metros

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**

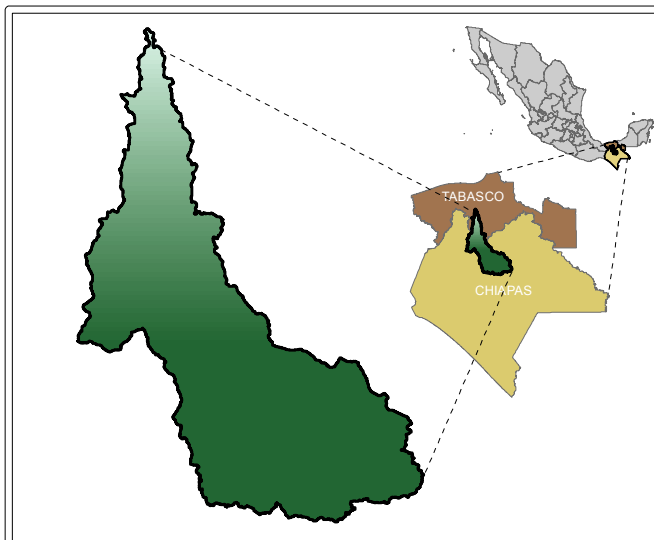
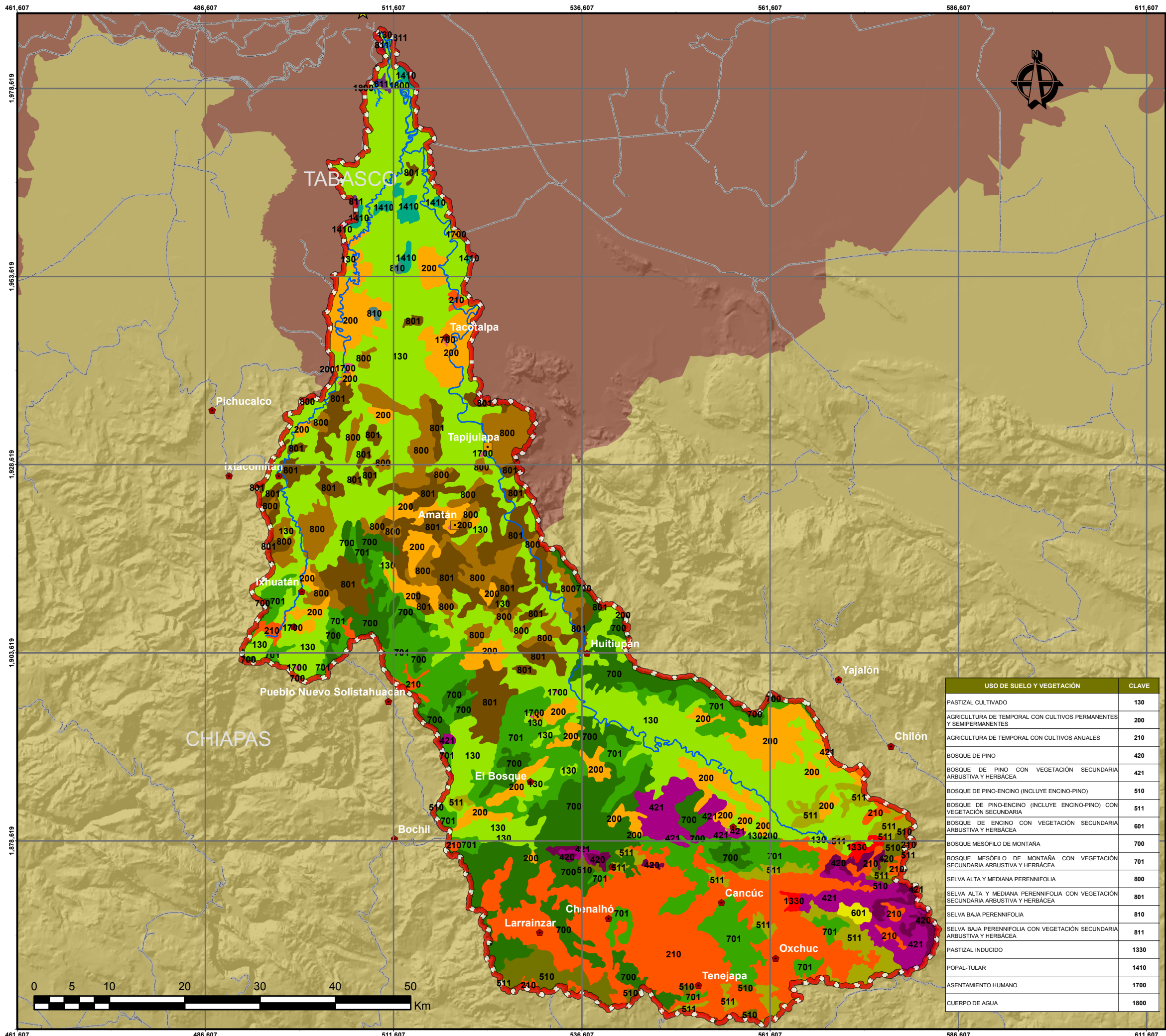
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**



## **MAPA E- 1. EVAPOTRANSPIRACIÓN (07 de enero de 1998)**







CROQUIS DE UBICACIÓN

**SIMBOLOGÍA**

- ★ Ciudad
- Localidad
- Población
- ⊕ Cuenca Río la Sierra
- ⚡ Carreteras
- ⊕ CHIAPAS
- ⊕ TABASCO

**EVAPOTRANSPIRACIÓN**  
(07 de enero de 1998)

CLAVE	ÁREA (km²)	ÁREA (%)	NDVI	K <sub>ev</sub>	ET <sub>o</sub> (mm/día)	ET <sub>a</sub> (mm/día)	ET <sub>t</sub> (mm/día)
130	1,326.441	29.97	0.712	0.989	2,706	2,676	3,549.123
200	413.645	9.35	0.757	1.040	2,687	2,795	1,156.313
210	587.136	13.27	0.699	0.974	2,494	2,428	1,425.752
420	44.725	1.01	0.742	1.023	2,608	2,669	0.119.960
421	143.004	3.23	0.781	1.068	2,541	2,715	0.388.245
510	75.267	1.70	0.688	0.961	2,263	2,176	0.163.745
511	136.798	3.09	0.740	1.021	2,602	2,656	0.363.370
601	8.479	0.19	0.734	1.014	2,390	2,423	0.020.542
700	490.957	11.09	0.756	1.039	2,522	2,620	1,286.138
701	495.055	11.19	0.772	1.058	2,590	2,740	1,356.673
800	275.954	6.24	0.773	1.059	2,666	2,823	0.779.138
801	367.146	8.30	0.777	1.063	2,663	2,831	1,039.919
810	3.376	0.08	0.720	0.998	2,737	2,732	0.009.225
811	4.942	0.11	0.587	0.846	2,865	2,422	0.011.971
1330	12.685	0.29	0.732	1.011	2,588	2,597	0.032.941
1410	28.581	0.65	0.490	0.734	2,906	2,131	0.060.916
1700	6.016	0.14	-	-	-	-	0.000.000
1800	5.405	0.12	-	-	-	-	0.000.000
TOTAL	4,425.611	100.00	0.716	0.994	2,613	2,590	11,762.770

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE
PASTIZAL CULTIVADO	130
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210
BOSQUE DE PINO	420
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811
PASTIZAL INDUCIDO	1330
POPAL-TULAR	1410
ASENTAMIENTO HUMANO	1700
CUERPO DE AGUA	1800

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datos: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Falso Norte: 0.0000 Unidades: Metros

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**  
(07 de enero de 1998)

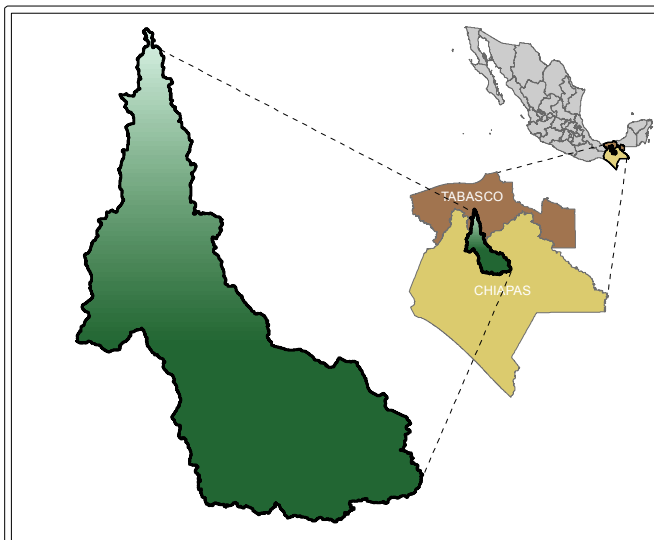
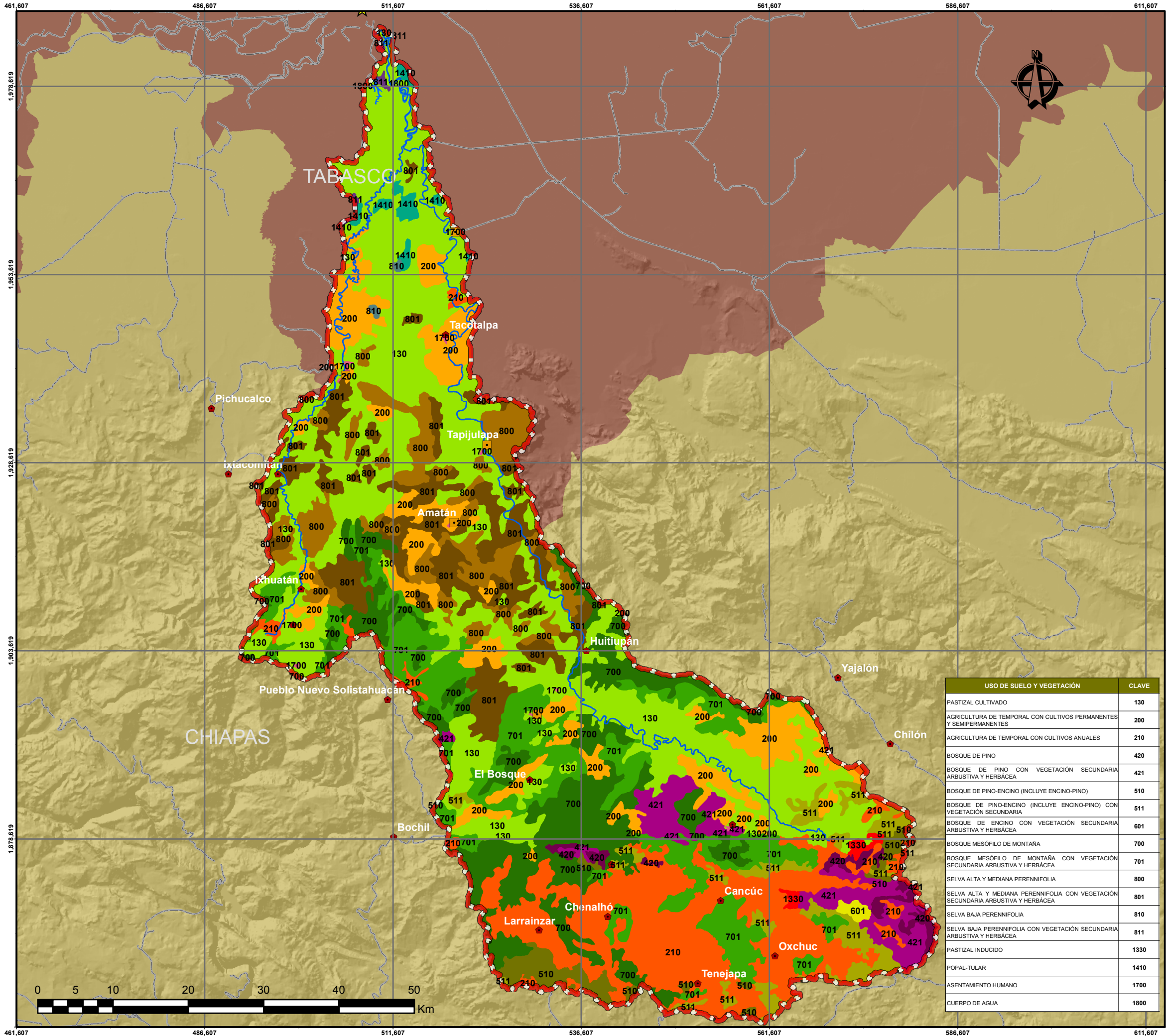
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**



## **MAPA E- 2. EVAPOTRANSPIRACIÓN (01 de febrero de 1998)**







CROQUIS DE UBICACIÓN

**SIMBOLOGÍA**

- ★ Ciudad
- Localidad
- Población
- ⊕ Cuenca Río la Sierra
- ⚡ Carreteras
- ⊕ CHIAPAS
- ⊕ TABASCO

**EVAPOTRANSPIRACIÓN**  
(01 de febrero de 1998)

CLAVE	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA (%)	NDVI	K <sub>ev</sub>	ET <sub>0</sub> (mm/día)	ET <sub>1</sub> (mm/día)	ET <sub>2</sub> (mm/día)
130	1,326.441	29.97	0.762	1.046	2.674	2.797	3.710701
200	413.645	9.35	0.808	1.099	2.426	2.667	1.103113
210	587.136	13.27	0.725	1.004	2.425	2.435	1.429435
420	44.725	1.01	0.800	1.090	2.276	2.481	0.110978
421	143.004	3.23	0.782	1.070	2.394	2.561	0.366289
510	75.267	1.70	0.778	1.065	2.055	2.188	0.164679
511	136.798	3.09	0.795	1.084	2.298	2.490	0.340684
601	8.479	0.19	0.734	1.014	2.390	2.423	0.020542
700	490.957	11.09	0.815	1.108	2.149	2.381	1.168755
701	495.055	11.19	0.789	1.077	2.342	2.523	1.249076
800	275.954	6.24	0.664	0.934	2.502	2.337	0.644866
801	367.146	8.30	0.661	0.931	2.504	2.330	0.855551
810	3.376	0.08	0.686	0.959	2.559	2.455	0.008287
811	4.942	0.11	0.681	0.953	2.634	2.510	0.012404
1330	12.685	0.29	0.732	1.011	2.568	2.597	0.032941
1410	28.581	0.65	0.660	0.929	2.641	2.453	0.070111
1700	6.016	0.14	-	-	-	-	0.000000
1800	5.405	0.12	-	-	-	-	0.000000
TOTAL	4,425.611	100.00	0.742	1.023	2.427	2.477	11.288411

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE
PASTIZAL CULTIVADO	130
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210
BOSQUE DE PINO	420
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811
PASTIZAL INDUCIDO	1330
POPAL-TULAR	1410
ASENTAMIENTO HUMANO	1700
CUERPO DE AGUA	1800

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Unidades: Metros  
 Falso Norte: 0.0000

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**  
(01 de febrero de 1998)

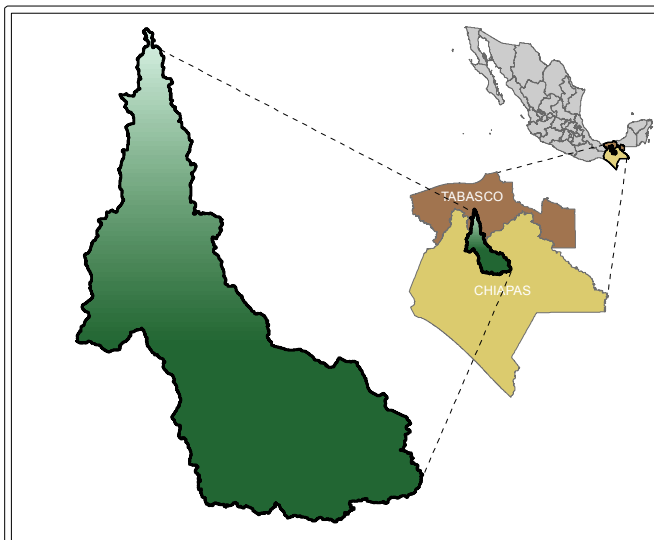
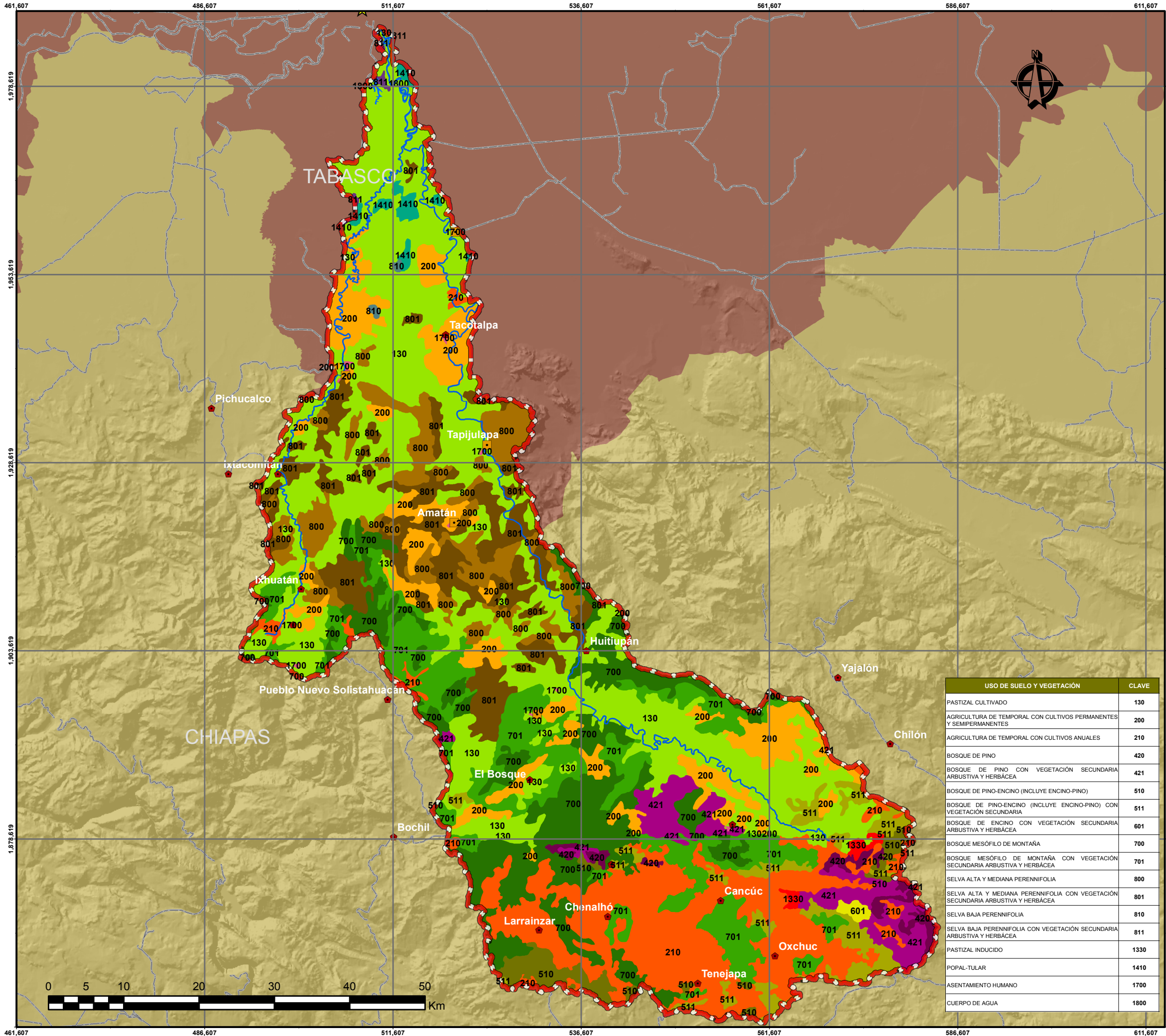
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**



## **MAPA E- 3. EVAPOTRANSPIRACIÓN (08 de febrero de 1998)**







CROQUIS DE UBICACIÓN

**SIMBOLOGÍA**

- ★ Ciudad
- Localidad
- Población
- ⊕ Cuenca Río la Sierra
- ⚡ Carreteras
- ⊕ CHIAPAS
- ⊕ TABASCO

**EVAPOTRANSPIRACIÓN**  
(08 de febrero de 1998)

CLAVE	ÁREA (km²)	ÁREA (%)	NDVI	K <sub>v</sub>	ET <sub>v</sub> (mm/día)	ET <sub>v</sub> (mm/año)	ET <sub>v</sub> (mm³/año)
130	1,326.44	29.97	0.664	0.933	2.547	2,377	3,152,389
200	413.645	9.35	0.662	0.931	2.551	2,376	982,644
210	587.136	13.27	0.559	0.813	2.637	2,144	1,259,008
420	44.725	1.01	0.626	0.890	2.561	2,279	1,019,198
421	143.004	3.23	0.644	0.911	2.502	2,279	3,329,953
510	75.267	1.70	0.548	0.800	2.598	2,080	1,166,544
511	136.798	3.09	0.620	0.883	2.579	2,279	3,311,654
601	8.476	0.19	0.650	0.917	2.836	2,561	1,021,713
700	490.957	11.09	0.615	0.877	2.532	2,220	1,090,074
701	495.055	11.19	0.625	0.889	2.529	2,248	1,112,777
800	275.954	6.24	0.664	0.934	2.502	2,337	6,644,866
801	367.146	8.30	0.661	0.931	2.504	2,330	8,855,551
810	3.376	0.08	0.686	0.959	2.559	2,455	1,008,287
811	4.942	0.11	0.681	0.953	2.634	2,510	1,012,404
1330	12.685	0.29	0.573	0.829	2.956	2,687	1,034,081
1410	28.581	0.65	0.660	0.929	2.641	2,453	1,070,111
1700	6.016	0.14	-	-	-	-	0.000,000
1800	5.405	0.12	-	-	-	-	0.000,000
TOTAL	4,425.611	100.00	0.634	0.899	2.605	2,351	19,139,971

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE
PASTIZAL CULTIVADO	130
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210
BOSQUE DE PINO	420
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811
PASTIZAL INDUCIDO	1330
POPAL-TULAR	1410
ASENTAMIENTO HUMANO	1700
CUERPO DE AGUA	1800

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Falso Norte: 0.0000 Unidades: Metros

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**  
(08 de febrero de 1998)

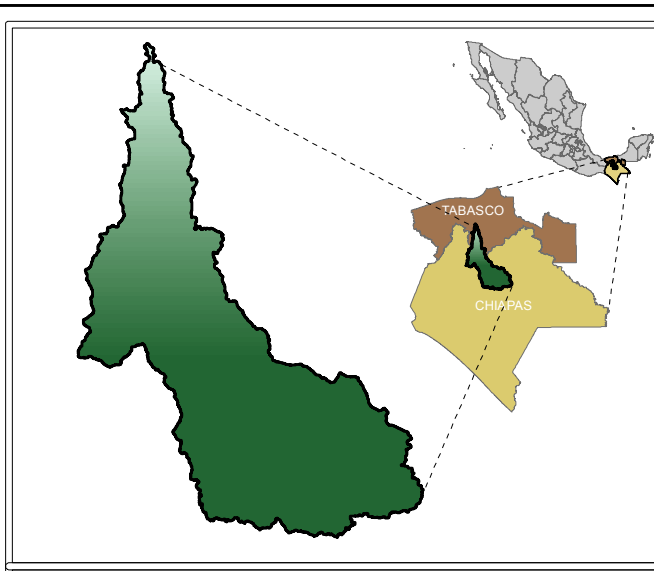
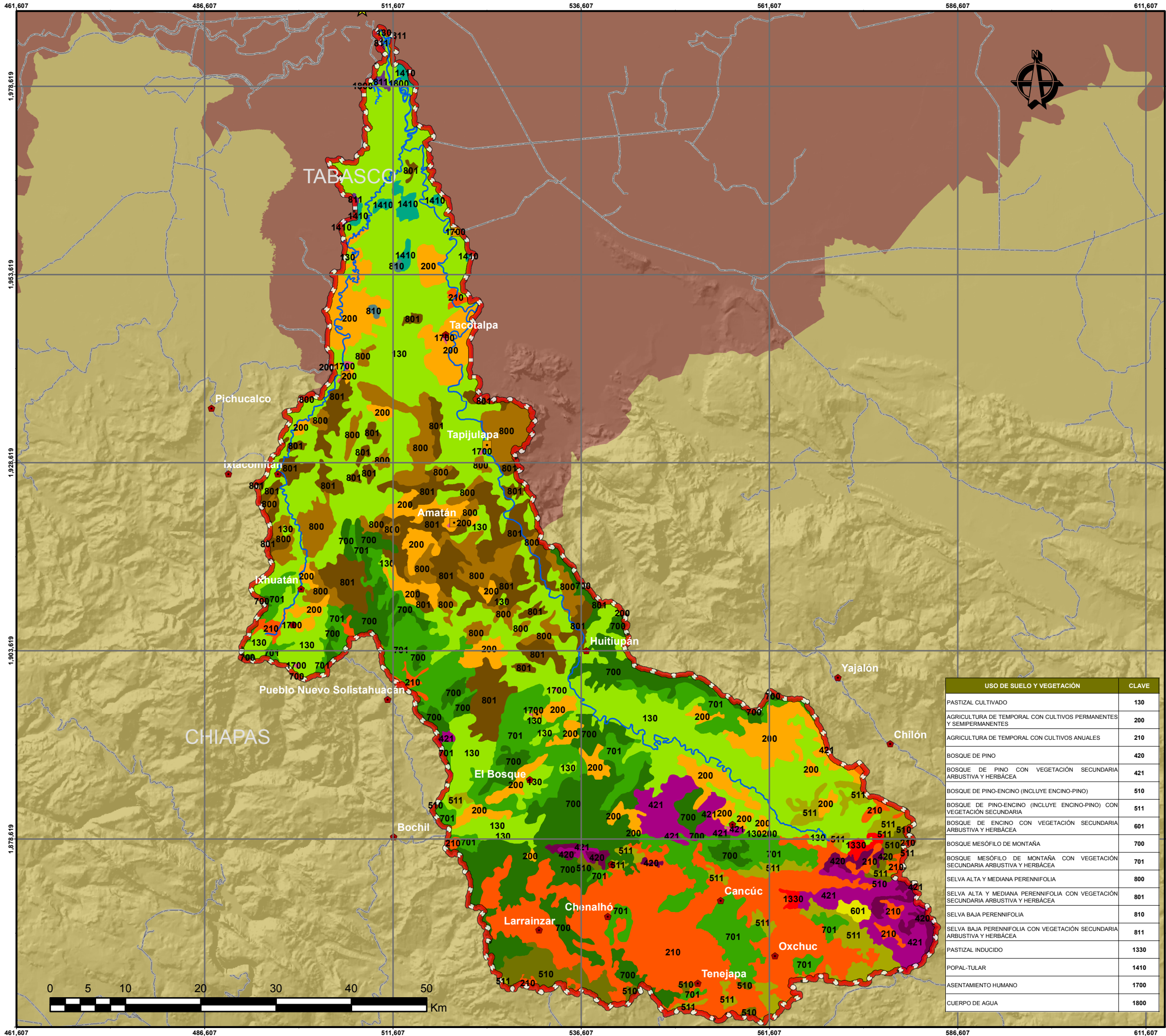
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**



## **MAPA E- 4. EVAPOTRANSPIRACIÓN (17 de febrero de 1998)**







CROQUIS DE UBICACIÓN

**SIMBOLOGÍA**

- Ciudad
- Localidad
- Población
- Cuenca Río la Sierra
- Carreteras
- CHIAPAS
- TABASCO

**EVAPOTRANSPIRACIÓN**  
(17 de febrero de 1998)

CLAVE	ÁREA (km²)	ÁREA (%)	NDVI	K <sub>v</sub>	ET <sub>v</sub> (mm/día)	ET <sub>s</sub> (mm/día)	ET <sub>t</sub> (mm/día)
130	1,326.44	29.97	0.591	0.850	3.314	2.816	3.734759
200	413.645	9.35	0.624	0.887	3.189	2.829	1.170233
210	587.136	13.27	0.553	0.806	3.282	2.646	1.553794
420	44.725	1.01	0.618	0.881	3.143	2.769	0.123842
421	143.004	3.23	0.605	0.866	3.203	2.775	0.396816
510	75.267	1.70	0.582	0.840	2.973	2.496	0.187869
511	136.798	3.09	0.611	0.873	3.188	2.782	0.380594
601	8.476	0.19	0.566	0.821	3.288	2.699	0.022889
700	490.957	11.09	0.621	0.884	3.004	2.656	1.304144
701	495.056	11.19	0.613	0.875	3.220	2.817	1.394642
800	275.954	6.24	0.664	0.934	2.502	2.337	0.644966
801	367.146	8.30	0.661	0.931	2.504	2.330	0.855551
810	3.376	0.08	0.686	0.959	2.559	2.455	0.008287
811	4.942	0.11	0.681	0.953	2.634	2.510	0.012404
1330	12.686	0.29	0.573	0.829	3.349	2.777	0.035222
1410	28.581	0.65	0.660	0.929	2.641	2.453	0.070111
1700	6.016	0.14	-	-	-	-	0.000000
1800	5.405	0.12	-	-	-	-	0.000000
TOTAL	4,425.611	100.00	0.619	0.882	3.000	2.634	11.896914

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE
PASTIZAL CULTIVADO	130
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210
BOSQUE DE PINO	420
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811
PASTIZAL INDUCIDO	1330
POPAL-TULAR	1410
ASENTAMIENTO HUMANO	1700
CUERPO DE AGUA	1800

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datos: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Unidades: Metros  
 Falso Norte: 0.0000

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**  
(17 de febrero de 1998)

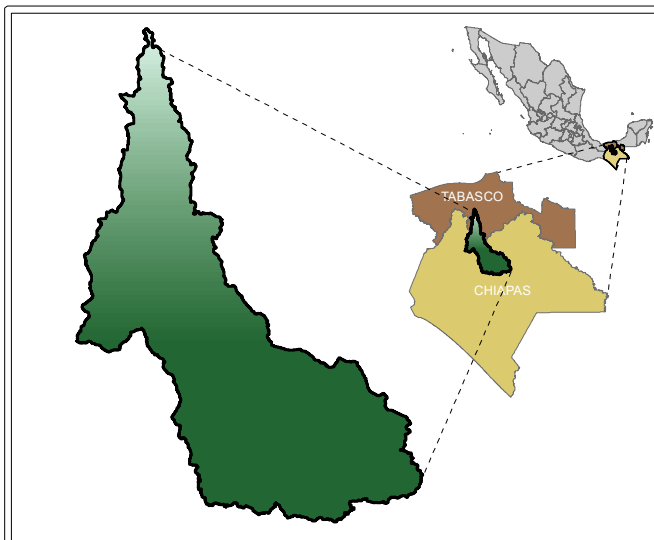
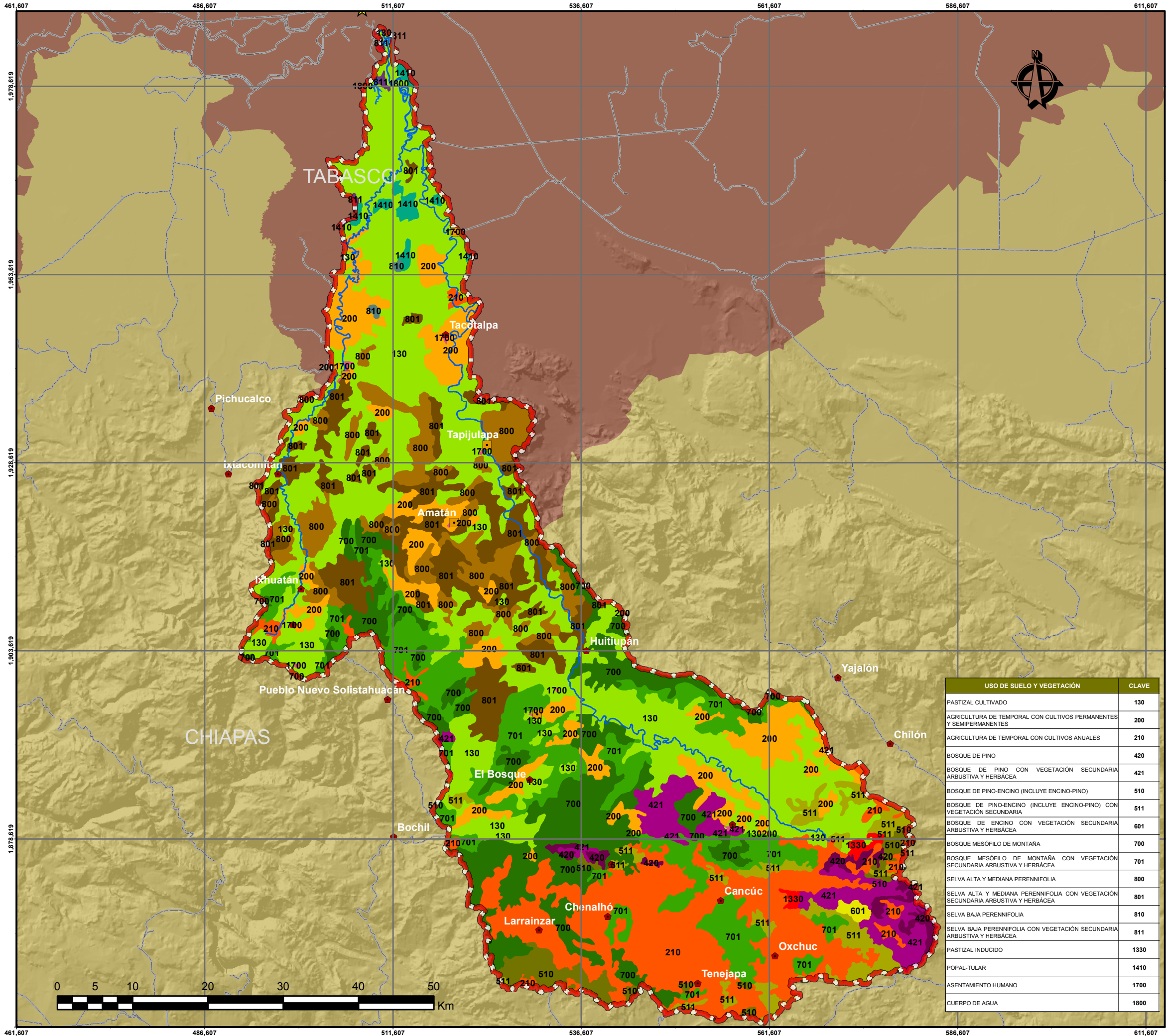
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**





## **MAPA E- 5. EVAPOTRANSPIRACIÓN (05 de marzo de 1998)**





CROQUIS DE UBICACIÓN

**SIMBOLOGÍA**

- Ciudad
- Localidad
- Población
- Cuenca Río la Sierra
- Carreteras
- CHIAPAS
- TABASCO

**EVAPOTRANSPIRACIÓN**  
(05 de marzo de 1998)

CLAVE	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA (%)	NDVI	K <sub>ev</sub>	ET <sub>0</sub> (mm/día)	ET <sub>1</sub> (mm/día)	ET <sub>2</sub> (mm/día)
130	1,326.441	29.97	0.649	0.917	3.022	2.770	3.674487
200	413.645	9.35	0.678	0.950	2.863	2.720	1.125249
210	587.136	13.27	0.609	0.870	2.986	2.598	1.525617
420	44.725	1.01	0.890	0.964	2.753	2.654	0.118680
421	143.004	3.23	0.847	0.914	2.951	2.695	0.385607
510	75.267	1.70	0.640	0.906	2.679	2.427	0.182648
511	136.798	3.09	0.660	0.929	2.866	2.662	0.364212
601	8.479	0.19	0.578	0.835	3.107	2.594	0.021962
700	490.957	11.09	0.679	0.950	2.697	2.563	1.258234
701	495.055	11.19	0.665	0.936	2.808	2.627	1.300527
800	275.954	6.24	0.651	0.919	2.699	2.478	0.683763
801	367.146	8.30	0.648	0.915	2.708	2.473	0.908070
810	3.376	0.08	0.672	0.943	2.791	2.628	0.008873
811	4.942	0.11	0.645	0.912	2.907	2.639	0.013042
1330	12.685	0.29	0.629	0.893	3.018	2.695	0.034191
1410	28.581	0.65	0.652	0.920	2.855	2.624	0.075008
1700	6.016	0.14	-	-	-	-	0.000000
1800	5.405	0.12	-	-	-	-	0.000000
TOTAL	4,425.611	100.00	0.650	0.917	2.857	2.616	11.680301

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE
PASTIZAL CULTIVADO	130
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210
BOSQUE DE PINO	420
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811
PASTIZAL INDUCIDO	1330
POPAL-TULAR	1410
ASENTAMIENTO HUMANO	1700
CUERPO DE AGUA	1800

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Unidades: Metros  
 Falso Norte: 0.0000

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**  
(05 de marzo de 1998)

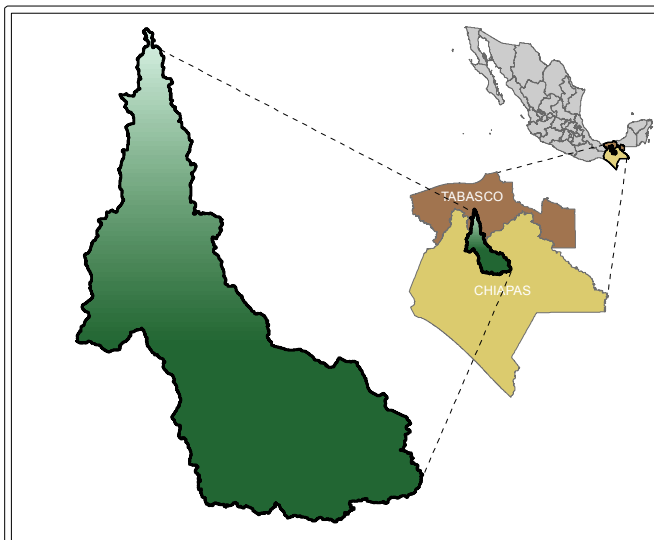
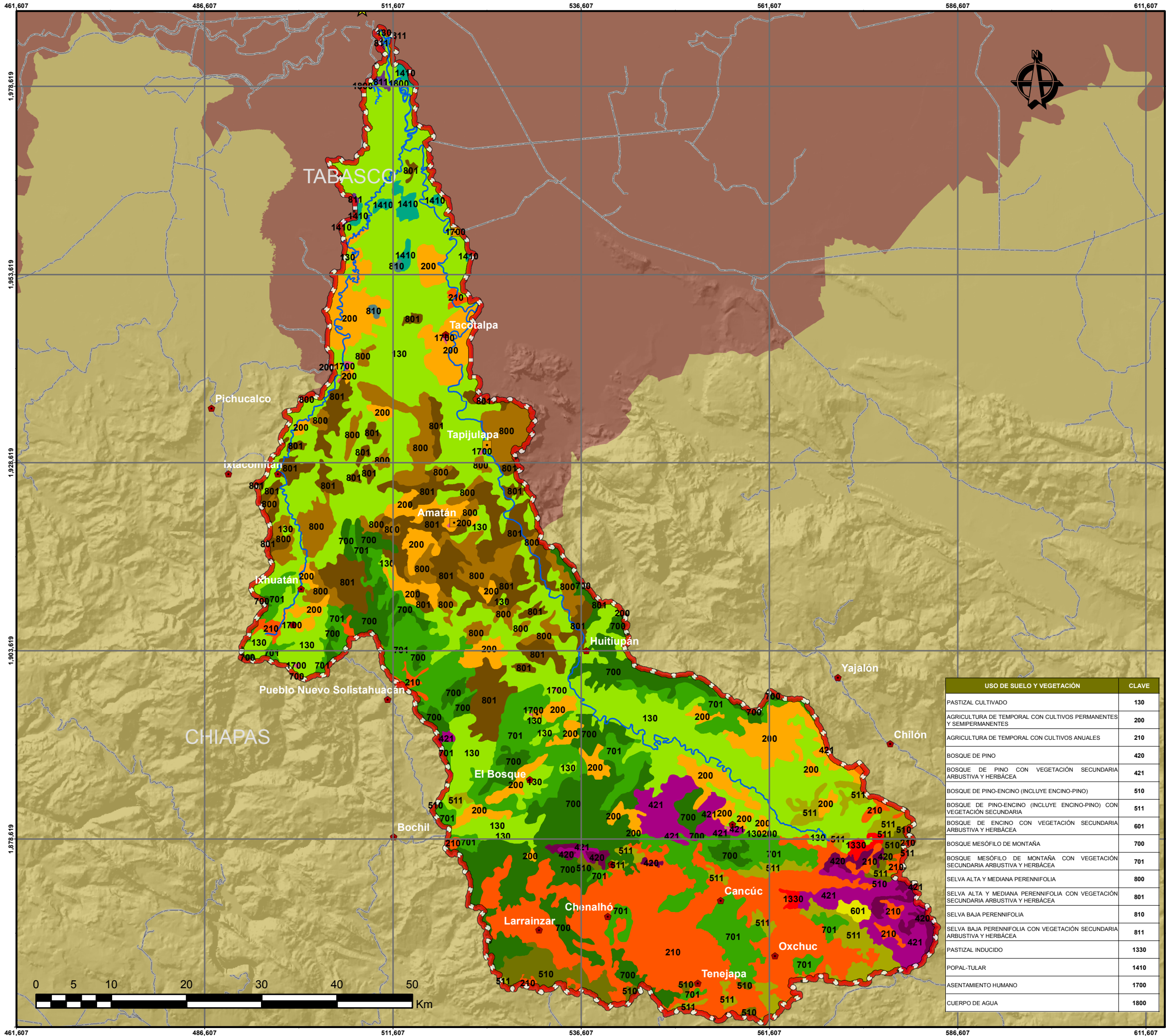
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**



## **MAPA E- 6. EVAPOTRANSPIRACIÓN (28 de marzo de 1998)**







CROQUIS DE UBICACIÓN

**SIMBOLOGÍA**

- Ciudad
- Localidad
- Población
- Cuenca Río la Sierra
- Carreteras
- CHIAPAS
- TABASCO

**EVAPOTRANSPIRACIÓN**  
(28 de marzo de 1998)

CLAVE	ÁREA (km²)	ÁREA (%)	NDVI	K <sub>v</sub>	ET <sub>v</sub> (mm/día)	ET <sub>s</sub> (mm/día)	ET <sub>t</sub> (mm/día)
130	1,326.44	29.97	0.613	0.875	3.014	2.635	3.495774
200	413.645	9.35	0.597	0.856	3.045	2.607	1.078353
210	587.136	13.27	0.572	0.828	3.062	2.536	1.488834
420	44.725	1.01	0.639	0.905	3.011	2.725	0.121896
421	143.004	3.23	0.583	0.840	3.027	2.542	0.363528
510	75.267	1.70	0.607	0.869	2.927	2.542	0.191315
511	136.798	3.09	0.617	0.879	3.023	2.657	0.363533
601	8.476	0.19	0.438	0.674	3.876	2.487	0.021088
700	490.957	11.09	0.571	0.826	2.994	2.475	1.214907
701	495.055	11.19	0.547	0.799	3.027	2.420	1.197897
800	275.954	6.24	0.639	0.904	2.896	2.619	0.722660
801	367.146	8.30	0.634	0.899	2.911	2.616	0.960590
810	3.376	0.08	0.658	0.927	3.024	2.802	0.009459
811	4.942	0.11	0.609	0.871	3.180	2.768	0.013680
1330	12.885	0.29	0.513	0.760	3.383	2.773	0.035177
1410	28.581	0.65	0.644	0.911	3.069	2.796	0.079904
1700	6.016	0.14	-	-	-	-	0.000000
1800	5.405	0.12	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL</b>	<b>4,425.611</b>	<b>100.00</b>	<b>0.593</b>	<b>0.851</b>	<b>3.092</b>	<b>2.625</b>	<b>11.358594</b>

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE
PASTIZAL CULTIVADO	130
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210
BOSQUE DE PINO	420
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811
PASTIZAL INDUCIDO	1330
POPAL-TULAR	1410
ASENTAMIENTO HUMANO	1700
CUERPO DE AGUA	1800

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Unidades: Metros  
 Falso Norte: 0.0000

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**  
(28 de marzo de 1998)

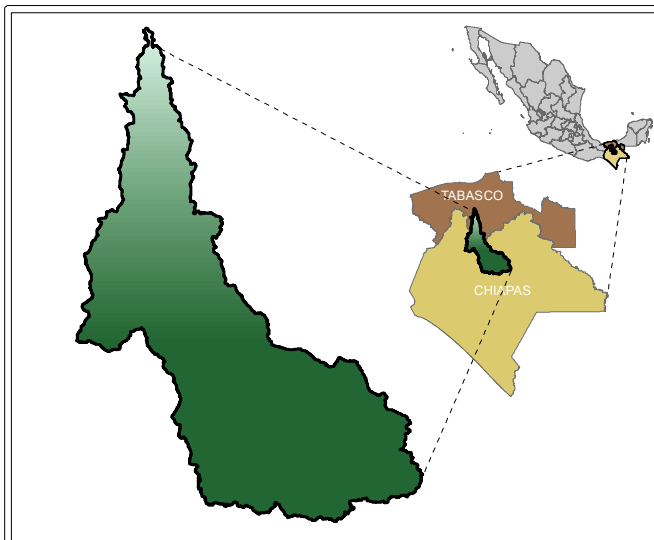
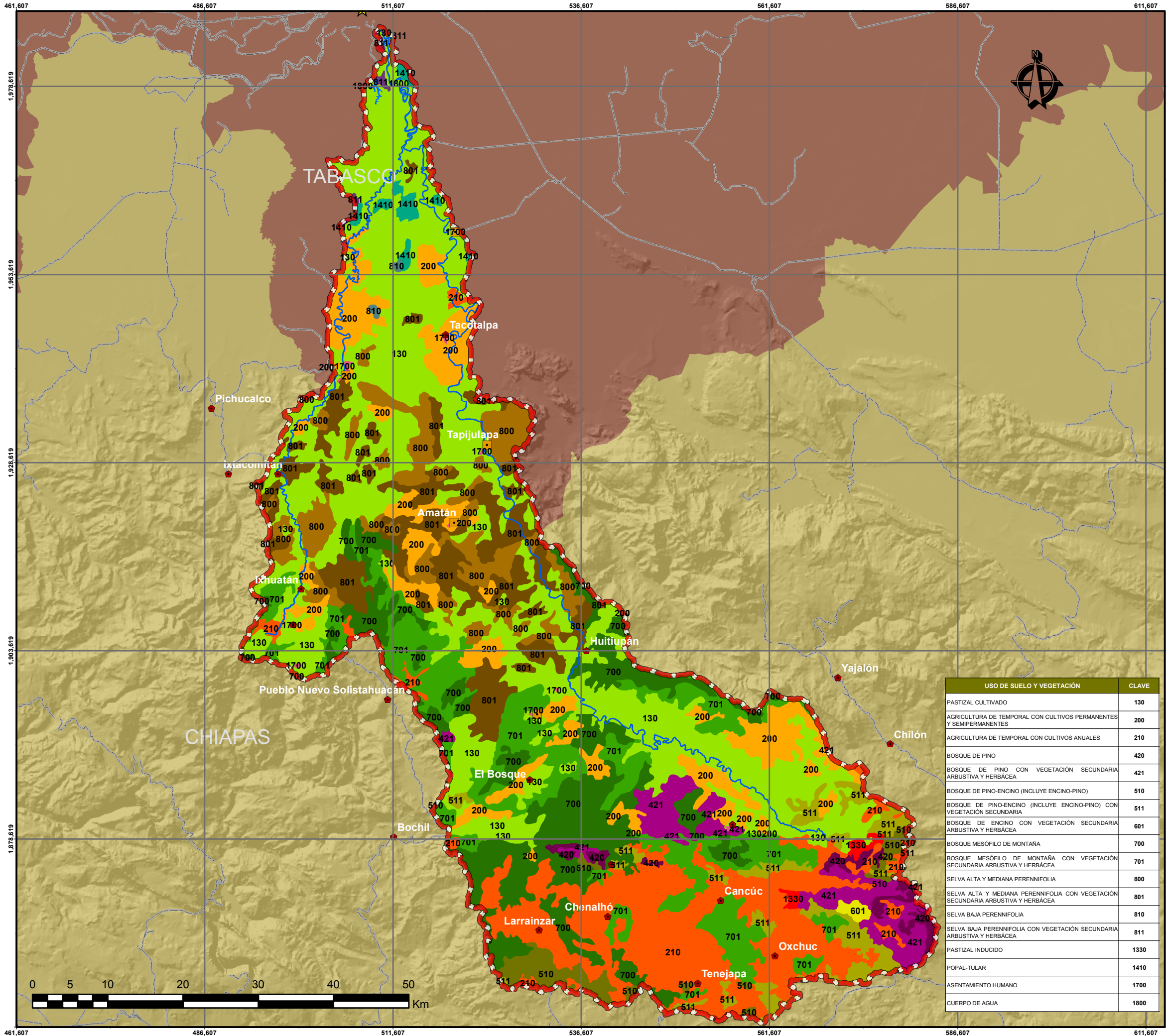
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**



## **MAPA E- 7. EVAPOTRANSPIRACIÓN (06 de abril de 1998)**







**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- ★ Ciudad
- Localidad
- Población
- ⊕ Cuenca Río la Sierra
- ⚡ Carreteras
- ⊕ CHIAPAS
- ⊕ TABASCO

**EVAPOTRANSPIRACIÓN**  
(06 de abril de 1998)

CLAVE	ÁREA (km²)	ÁREA (%)	NDVI	K <sub>v</sub>	ET <sub>a</sub> (mm/día)	ET <sub>s</sub> (mm/día)	ET <sub>t</sub> (mm/día)
130	1,326.44	29.97	0.460	0.698	3.891	2.718	3.605039
200	413.645	9.35	0.551	0.804	3.634	2.921	1.208419
210	587.198	13.27	0.564	0.819	3.922	3.130	1.837749
420	44.725	1.01	0.584	0.842	3.549	2.986	0.133560
421	143.004	3.23	0.508	0.754	3.728	2.813	0.402257
510	75.267	1.70	0.625	0.888	3.489	3.099	0.233286
511	136.798	3.09	0.575	0.831	3.671	3.051	0.417362
601	8.476	0.19	0.298	0.512	4.645	2.381	0.020184
700	490.957	11.09	0.637	0.902	3.430	3.094	1.519246
701	495.055	11.19	0.596	0.855	3.614	3.089	1.529214
800	275.954	6.24	0.632	0.896	2.956	2.642	0.731099
801	367.146	8.30	0.623	0.886	2.982	2.640	0.969441
810	3.376	0.08	0.628	0.892	3.115	2.774	0.009369
811	4.942	0.11	0.589	0.848	3.214	2.724	0.013462
1330	12.685	0.29	0.513	0.760	3.749	2.851	0.036163
1410	28.581	0.65	0.618	0.881	3.150	2.771	0.079209
1700	6.016	0.14	-	-	-	-	0.000000
1800	5.405	0.12	-	-	-	-	0.000000
TOTAL	4,425.611	100.00	0.562	0.817	3.540	2.856	12.745931

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE
PASTIZAL CULTIVADO	130
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210
BOSQUE DE PINO	420
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811
PASTIZAL INDUCIDO	1330
POPAL-TULAR	1410
ASENTAMIENTO HUMANO	1700
CUERPO DE AGUA	1800

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Unidades: Metros  
 Falso Norte: 0.0000

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**  
(06 de abril de 1998)

Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**

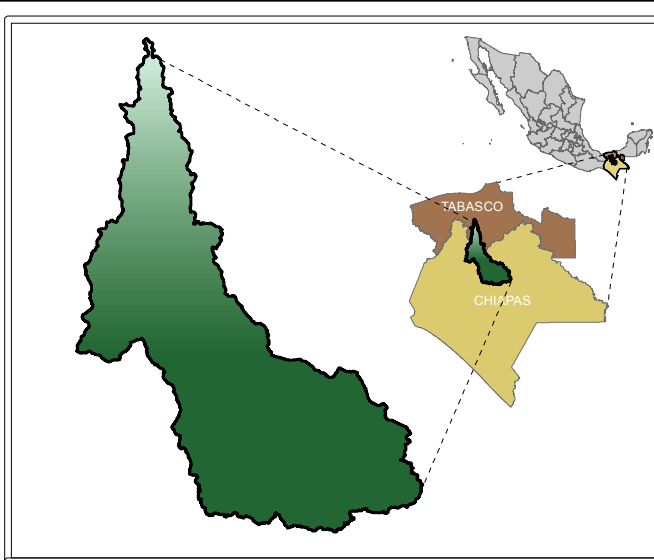
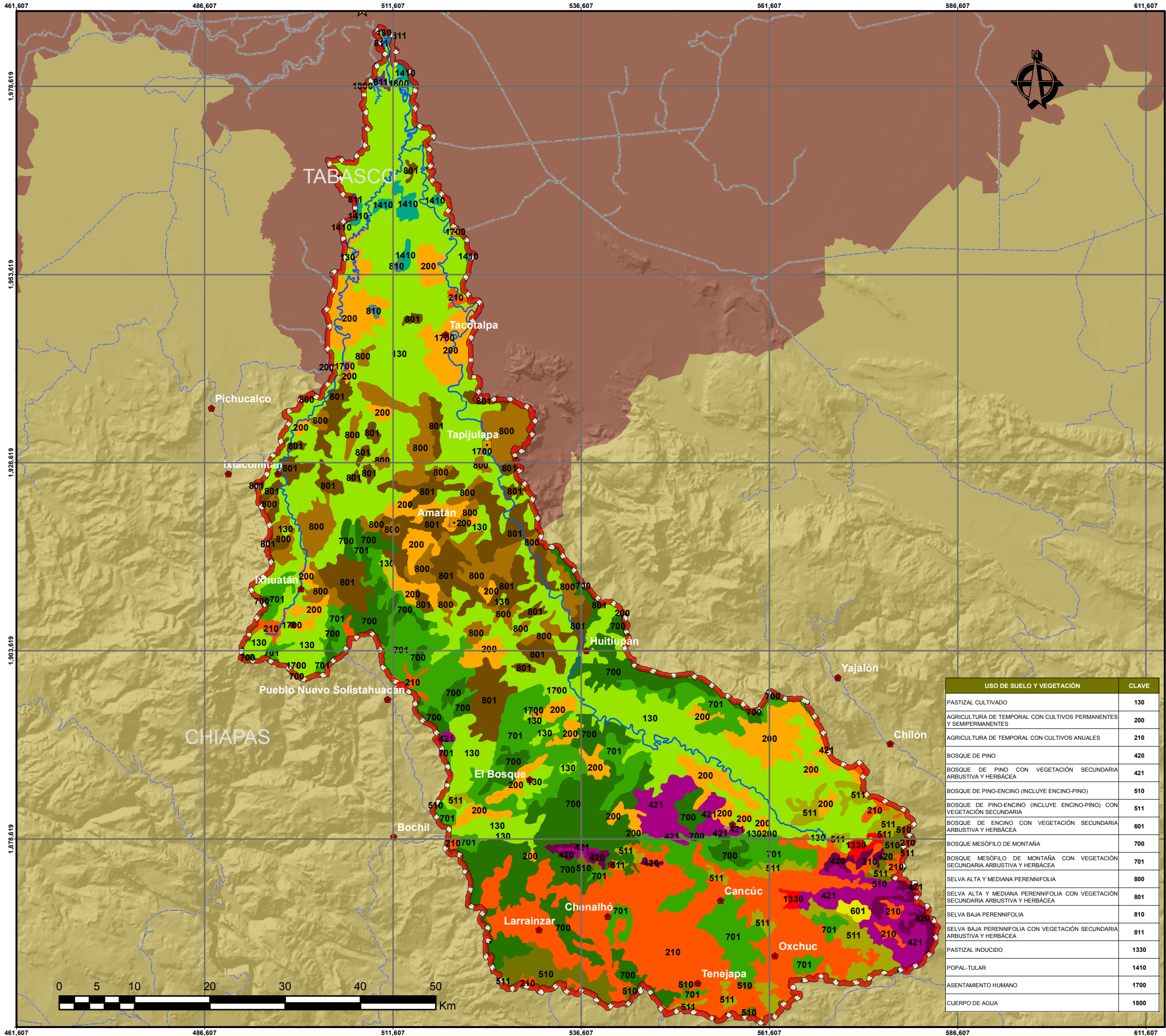
Escala 1: 500,000 Montecillo, Texcoco, Edo. de México, Marzo 2014 **MAPA E-07**



## **MAPA E- 8. EVAPOTRANSPIRACIÓN (13 de abril de 1998)**







**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- ★ Ciudad
- Localidad
- Población
- ⊕ Cuenca Río la Sierra
- ⚡ Carreteras
- ⊞ CHIAPAS
- ⊞ TABASCO

**EVAPOTRANSPIRACIÓN**  
(13 de abril de 1998)

CLAVE	ÁREA (km²)	ÁREA (%)	NDVI	K <sub>v</sub>	ET <sub>v</sub> (mm/día)	ET <sub>v</sub> (mm/año)	ET <sub>v</sub> (mm²/año)
130	1,326.44	29.97	0.578	0.834	3.169	2,644	3,508,899
200	413.645	9.35	0.552	0.804	3.209	2,581	1,067,437
210	587.198	13.27	0.536	0.787	3.322	2,613	1,534,102
420	44.725	1.01	0.564	0.819	3.258	2,669	0,119,957
421	143.004	3.23	0.504	0.750	3.289	2,465	0,352,561
510	75.267	1.70	0.599	0.859	3.066	2,634	0,198,219
511	136.798	3.09	0.545	0.797	3.255	2,595	0,355,028
601	8.476	0.19	0.333	0.552	3.562	1,924	0,016,317
700	490.957	11.09	0.547	0.800	3.241	2,591	1,272,234
701	495.056	11.19	0.530	0.779	3.243	2,527	1,250,793
800	275.954	6.24	0.625	0.888	3.017	2,680	0,739,520
801	367.146	8.30	0.611	0.873	3.052	2,665	0,978,291
810	3.376	0.08	0.597	0.857	3.208	2,746	0,009,271
811	4.942	0.11	0.570	0.825	3.248	2,680	0,013,243
1330	12.685	0.29	0.477	0.718	3.341	2,479	0,031,440
1410	28.581	0.65	0.592	0.850	3.230	2,747	0,078,599
1700	6.016	0.14	-	-	-	-	0,000,000
1800	5.405	0.12	-	-	-	-	0,000,000
<b>TOTAL</b>	<b>4,425.611</b>	<b>100.00</b>	<b>0.547</b>	<b>0.800</b>	<b>3.232</b>	<b>2,577</b>	<b>11,523,216</b>

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE
PASTIZAL CULTIVADO	130
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210
BOSQUE DE PINO	420
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811
PASTIZAL INDUCIDO	1330
POPAL-TULAR	1410
ASENTAMIENTO HUMANO	1700
CUERPO DE AGUA	1800

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Unidades: Metros  
 Falso Norte: 0.0000

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**  
(13 de abril de 1998)

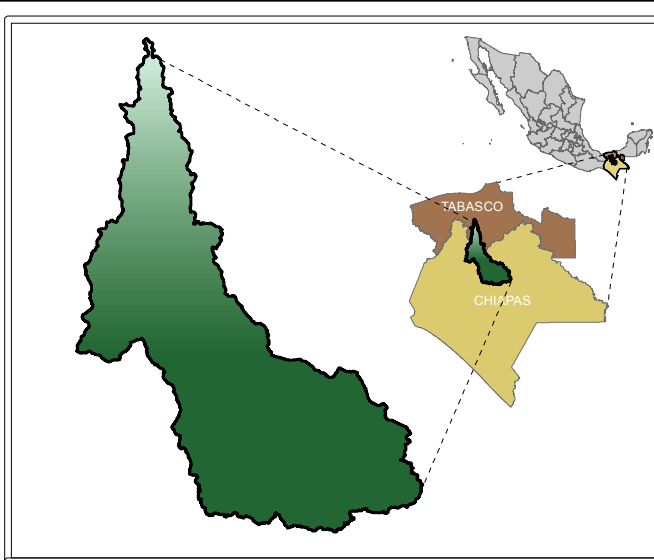
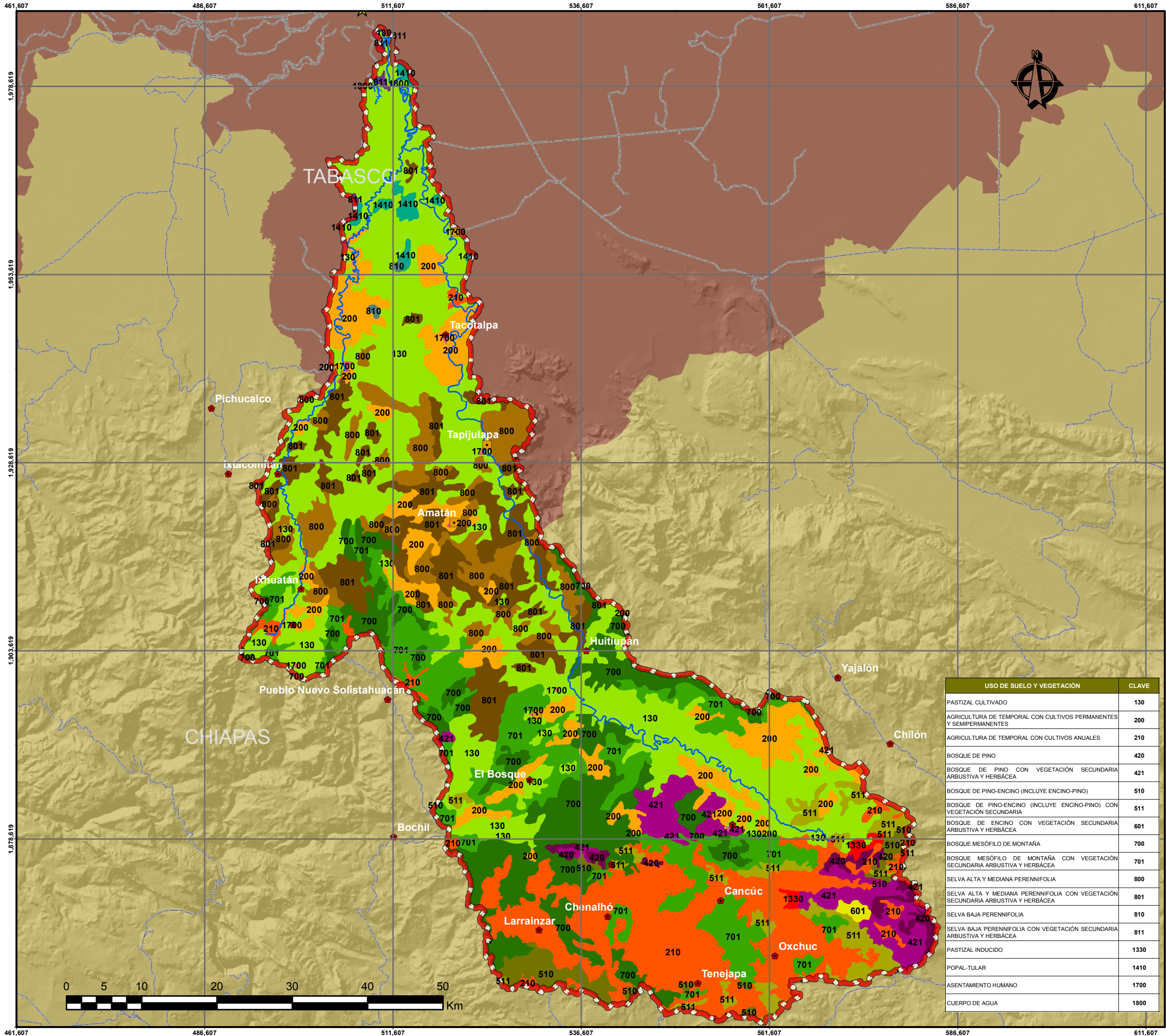
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**



## **MAPA E- 9. EVAPOTRANSPIRACIÓN (09 de junio de 1998)**







**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- ★ Ciudad
- Localidad
- Población
- ⊕ Cuenca Río la Sierra
- ⚡ Carreteras
- ⊕ CHIAPAS
- ⊕ TABASCO

**EVAPOTRANSPIRACIÓN**  
(09 de junio de 1998)

CLAVE	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA (%)	NDVI	K <sub>ev</sub>	ET <sub>o</sub> (mm/día)	ET <sub>a</sub> (mm/día)	ET <sub>t</sub> (mm <sup>3</sup> /año)
130	1,326.441	29.97	0.461	0.700	3.000	2.100	2,785,668
200	413.645	9.35	0.522	0.771	2.974	2.292	0,947,918
210	587.136	13.27	0.483	0.725	2.026	1.470	0,862,919
420	44.725	1.01	0.420	0.653	2.059	1.344	0,060,131
421	143.004	3.23	0.455	0.693	2.586	1.792	0,256,237
510	75.267	1.70	0.428	0.662	1.315	0.871	0,065,539
511	136.798	3.09	0.468	0.708	1.850	1.310	0,179,251
601	8.479	0.19	0.367	0.562	2.478	1.468	0,012,449
700	490.957	11.09	0.520	0.768	2.410	1.851	0,908,683
701	495.055	11.19	0.549	0.802	2.510	2.013	0,996,327
800	275.954	6.24	0.664	0.934	2.717	2.532	0,698,846
801	367.146	8.30	0.659	0.926	2.728	2.527	0,927,795
810	3.376	0.08	0.667	0.937	2.819	2.631	0,008,882
811	4.942	0.11	0.630	0.895	2.915	2.595	0,012,826
1330	12.685	0.29	0.477	0.718	2.932	2.106	0,026,717
1410	28.581	0.65	0.622	0.895	2.891	2.554	0,072,984
1700	6.016	0.14	-	-	-	-	0,000,000
1800	5.405	0.12	-	-	-	-	0,000,000
<b>TOTAL</b>	<b>4,425.611</b>	<b>100.00</b>	<b>0.525</b>	<b>0.774</b>	<b>2.513</b>	<b>1.966</b>	<b>8,823,169</b>

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE
PASTIZAL CULTIVADO	130
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210
BOSQUE DE PINO	420
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811
PASTIZAL INDUCIDO	1330
POPAL-TULAR	1410
ASENTAMIENTO HUMANO	1700
CUERPO DE AGUA	1800

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Falso Norte: 0.0000 Unidades: Metros

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**  
(09 de junio de 1998)

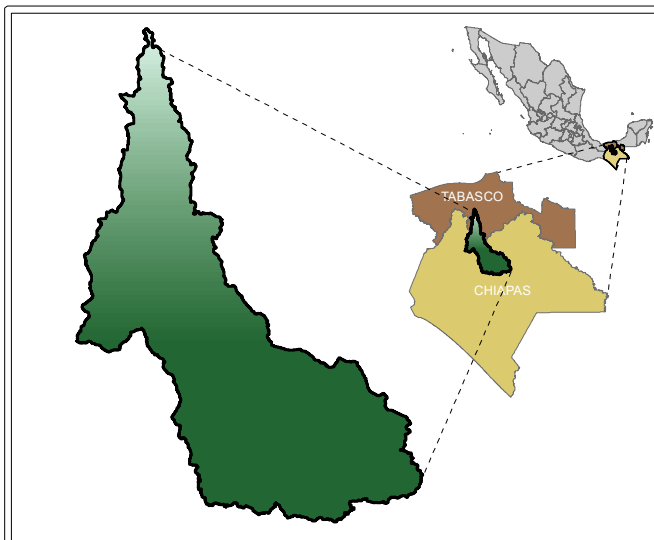
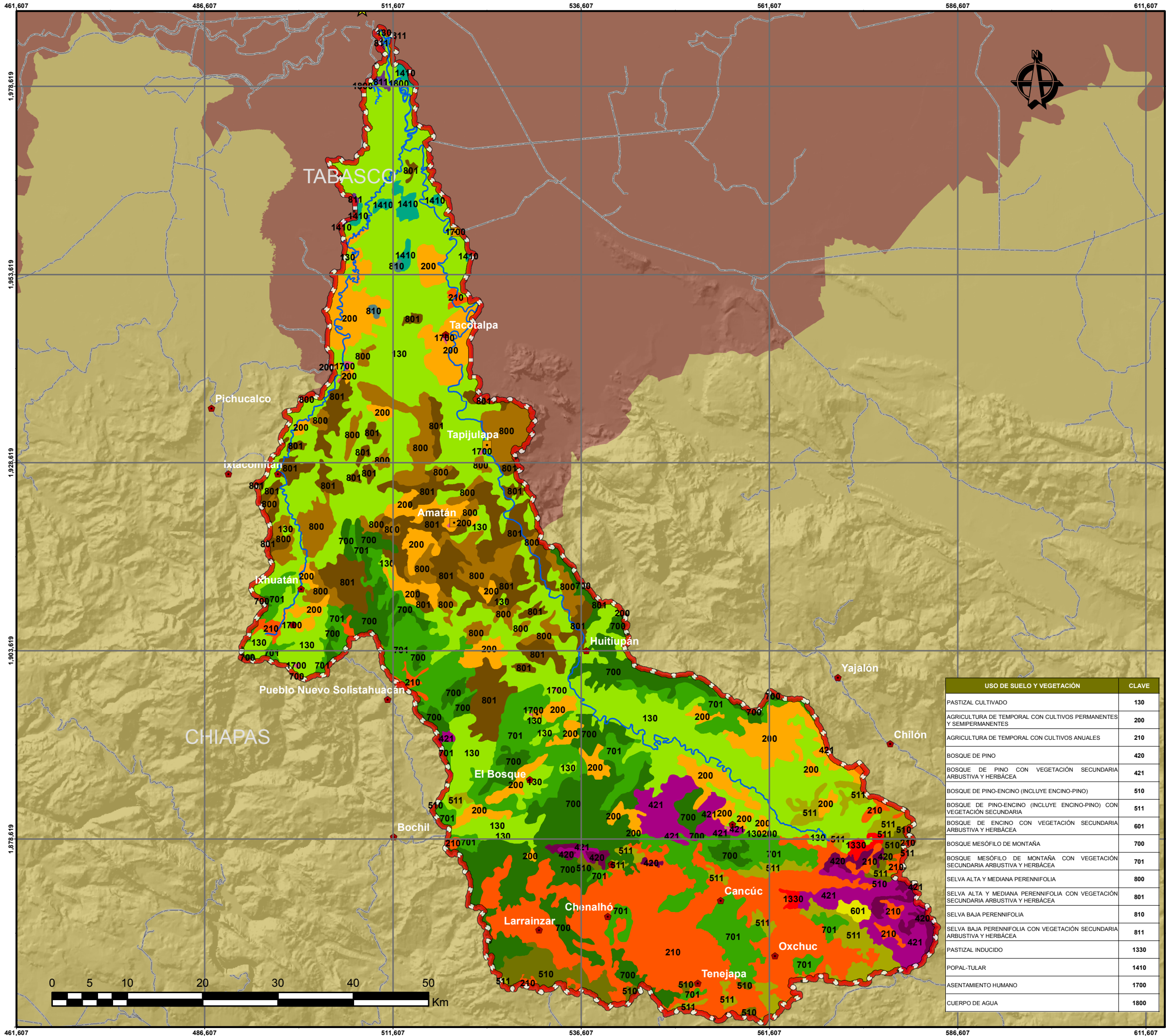
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**





## **MAPA E- 10. EVAPOTRANSPIRACIÓN (11 de julio de 1998)**





**CROQUIS DE UBICACIÓN**

**SIMBOLOGÍA**

- Ciudad
- Localidad
- Población
- Cuenca Río la Sierra
- Carreteras
- CHIAPAS
- TABASCO

**EVAPOTRANSPIRACIÓN**  
(11 de julio de 1998)

CLAVE	ÁREA (km²)	ÁREA (%)	NDVI	K <sub>v</sub>	ET <sub>p</sub> (mm/día)	ET <sub>v</sub> (mm/día)	ET <sub>t</sub> (mm/día)
130	1,326.44	29.97	0.663	0.932	2.430	2.266	3.005649
200	413.645	9.35	0.699	0.974	2.499	2.434	1.006925
210	587.136	13.27	0.659	0.928	1.904	1.767	1.037520
420	44.725	1.01	0.691	0.964	2.494	2.405	0.107559
421	143.004	3.23	0.660	0.930	2.249	2.088	0.298600
510	75.267	1.70	0.684	0.956	2.032	1.943	0.146220
511	136.798	3.09	0.690	0.963	2.159	2.080	0.284506
601	8.476	0.19	0.625	0.889	2.367	2.103	0.017832
700	490.957	11.09	0.700	0.975	2.300	2.242	1.100553
701	495.055	11.19	0.675	0.947	2.056	1.947	0.963644
800	275.954	6.24	0.664	0.934	2.717	2.532	0.698846
801	367.146	8.30	0.659	0.928	2.728	2.527	0.927795
810	3.376	0.08	0.667	0.937	2.819	2.631	0.008882
811	4.942	0.11	0.630	0.895	2.915	2.595	0.012826
1330	12.685	0.29	0.644	0.911	2.295	2.086	0.026459
1410	28.581	0.65	0.622	0.895	2.891	2.554	0.072984
1700	6.016	0.14	-	-	-	-	0.000000
1800	5.405	0.12	-	-	-	-	0.000000
<b>TOTAL</b>	<b>4,425.611</b>	<b>100.00</b>	<b>0.655</b>	<b>0.935</b>	<b>2.428</b>	<b>2.262</b>	<b>9.716811</b>

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE
PASTIZAL CULTIVADO	130
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210
BOSQUE DE PINO	420
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811
PASTIZAL INDUCIDO	1330
POPAL-TULAR	1410
ASENTAMIENTO HUMANO	1700
CUERPO DE AGUA	1800



**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Falso Norte: 0.0000 Unidades: Metros

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**  
(11 de julio de 1998)

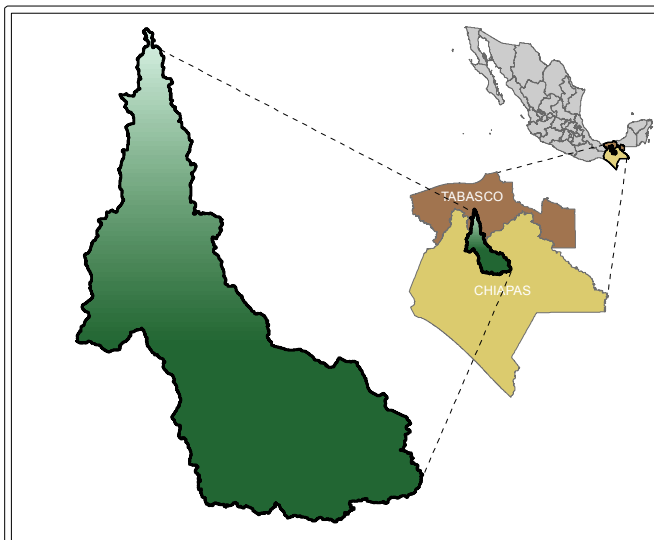
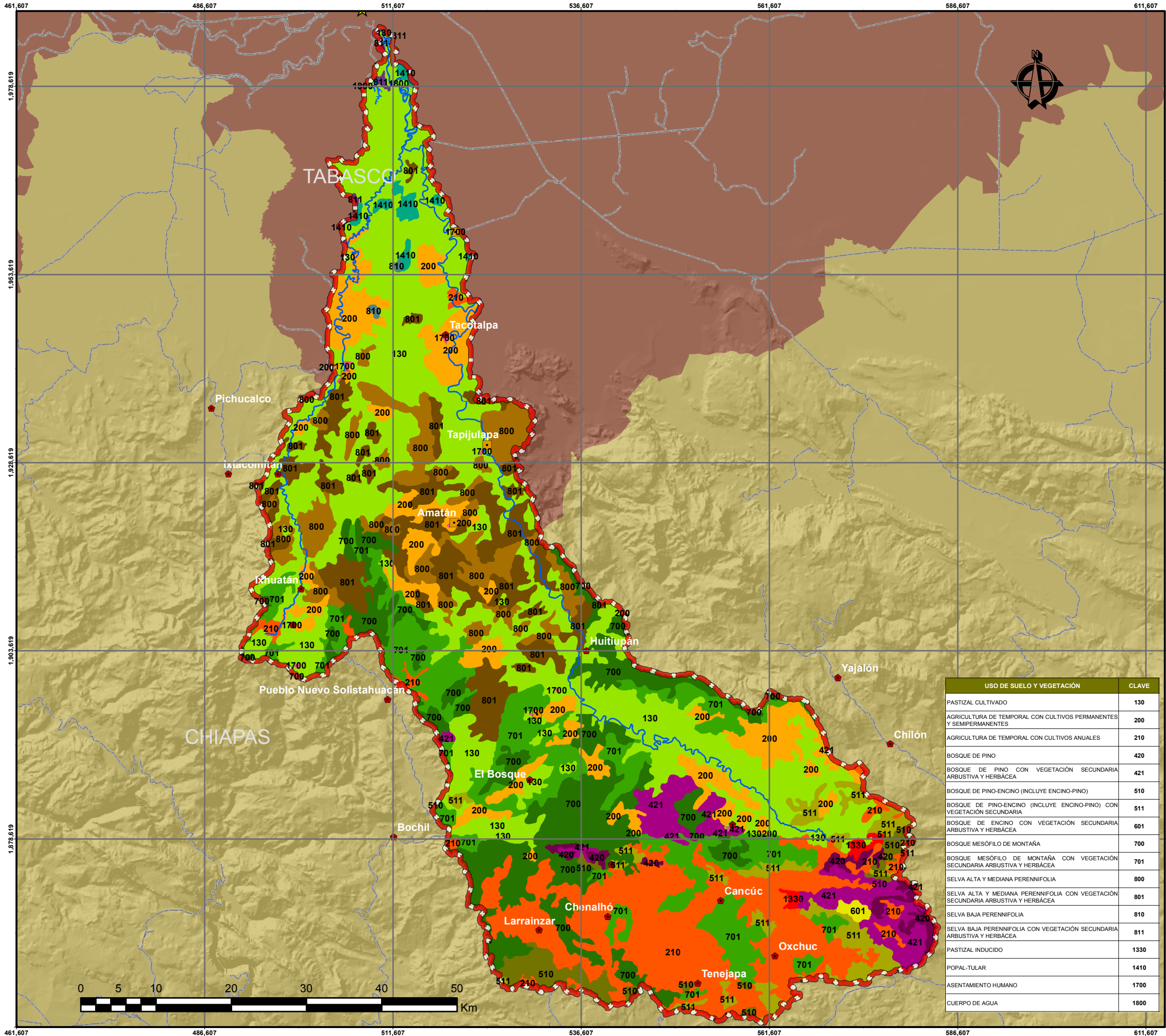
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**



## **MAPA E- 11. EVAPOTRANSPIRACIÓN (12 de agosto de 1998)**







CROQUIS DE UBICACIÓN

**SIMBOLOGÍA**

- ★ Ciudad
- Localidad
- Población
- ⊕ Cuenca Río la Sierra
- ⚡ Carreteras
- ⊕ CHIAPAS
- ⊕ TABASCO

**EVAPOTRANSPIRACIÓN (12 de agosto de 1998)**

CLAVE	ÁREA (km²)	ÁREA (%)	NDVI	K <sub>v</sub>	ET <sub>v</sub> (mm/día)	ET <sub>v</sub> (mm/año)	ET <sub>v</sub> (mm³/año)
130	1,326.44	29.97	0.765	1.050	2.358	2,477	3,285,110
200	413.645	9.35	0.735	1.015	2.395	2,432	1,005,877
210	587.196	13.27	0.747	1.029	2.137	2,196	1,291,029
420	44.725	1.01	0.640	0.906	2.122	1,922	0,085,977
421	143.004	3.23	0.725	1.004	2.346	2,355	0,336,788
510	75.267	1.70	0.694	0.968	1.913	1,851	0,139,353
511	136.798	3.09	0.737	1.018	2.132	2,169	0,296,772
601	8.476	0.19	0.731	1.010	2.365	2,390	0,020,265
700	490.957	11.09	0.692	0.966	2.264	2,187	1,073,872
701	495.055	11.19	0.746	1.028	2.254	2,316	1,146,635
800	275.954	6.24	0.664	0.934	2.717	2,532	0,698,846
801	367.146	8.30	0.659	0.928	2.726	2,527	0,927,795
810	3.376	0.08	0.667	0.937	2.819	2,631	0,008,882
811	4.942	0.11	0.630	0.895	2.915	2,595	0,012,826
1330	12.685	0.29	0.646	0.913	1.717	1,567	0,019,877
1410	28.581	0.65	0.622	0.895	2.891	2,554	0,072,984
1700	6.016	0.14	-	-	-	-	0,000,000
1800	5.405	0.12	-	-	-	-	0,000,000
<b>TOTAL</b>	<b>4,425.511</b>	<b>100.00</b>	<b>0.694</b>	<b>0.958</b>	<b>2.380</b>	<b>2,294</b>	<b>10,422,888</b>

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE
PASTIZAL CULTIVADO	130
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210
BOSQUE DE PINO	420
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811
PASTIZAL INDUCIDO	1330
POPAL-TULAR	1410
ASENTAMIENTO HUMANO	1700
CUERPO DE AGUA	1800

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Falso Norte: 0.0000 Unidades: Metros

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA (12 de agosto de 1998)**

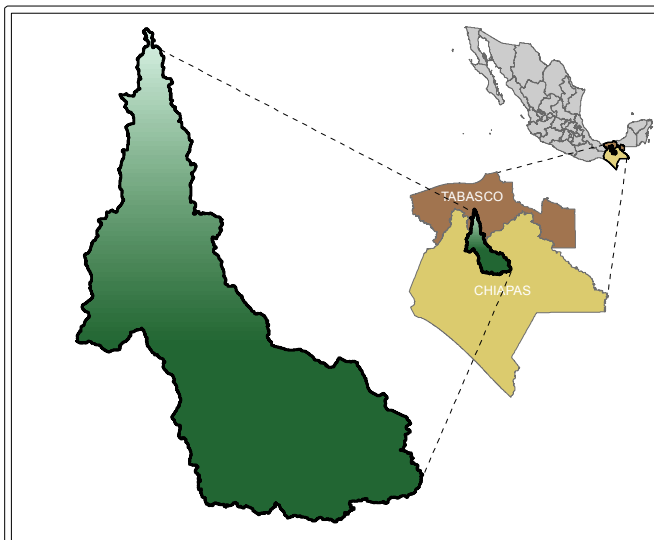
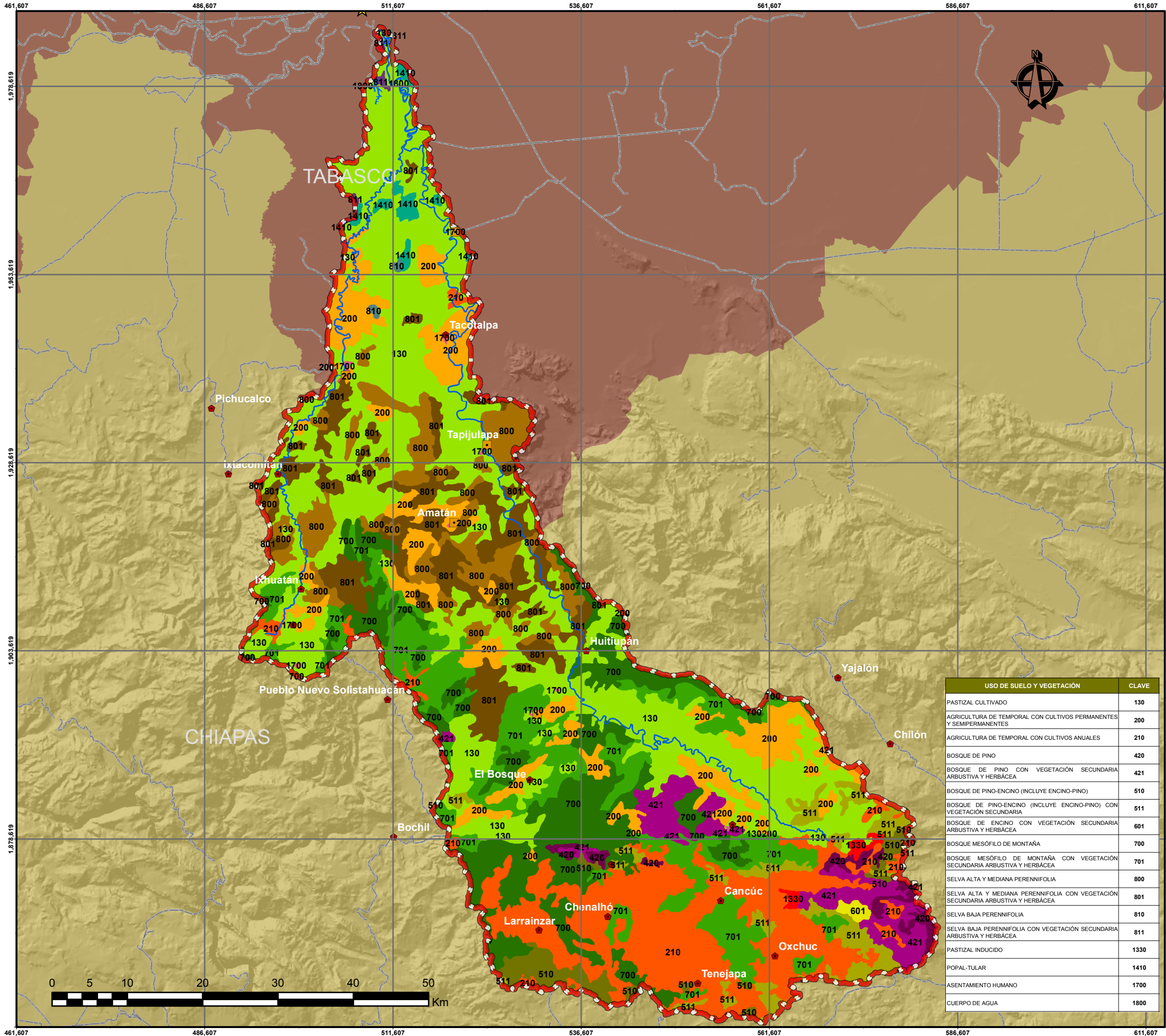
Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**



## **MAPA E- 12. EVAPOTRANSPIRACIÓN (13 de septiembre de 1998)**







CROQUIS DE UBICACIÓN

**SIMBOLOGÍA**

- ★ Ciudad
- Localidad
- Población
- ⊕ Cuenca Río la Sierra
- ⚡ Carreteras
- ⊕ CHIAPAS
- ⊕ TABASCO

**EVAPOTRANSPIRACIÓN**  
(13 de septiembre de 1998)

CLAVE	ÁREA (km²)	ÁREA (%)	NDVI	K <sub>v</sub>	ET <sub>v</sub> (mm/día)	ET <sub>s</sub> (mm/día)	ET <sub>t</sub> (mm/día)
130	1,326.44	29.97	0.769	1.054	2.357	2.484	3.295248
200	413.645	9.35	0.756	1.039	2.240	2.328	0.963067
210	587.198	13.27	0.763	1.048	1.977	2.071	1.216099
420	44.725	1.01	0.771	1.057	2.199	2.323	0.103906
421	143.004	3.23	0.771	1.056	2.207	2.332	0.333501
510	75.267	1.70	0.763	1.048	2.044	2.141	0.161163
511	136.798	3.09	0.769	1.055	2.062	2.175	0.297562
601	8.476	0.19	0.766	1.051	2.372	2.492	0.021132
700	490.957	11.09	0.749	1.032	2.079	2.144	1.052741
701	495.055	11.19	0.769	1.054	2.099	2.210	1.093863
800	275.954	6.24	0.664	0.934	2.717	2.532	0.698846
801	367.146	8.30	0.659	0.928	2.726	2.527	0.927795
810	3.376	0.08	0.667	0.937	2.819	2.631	0.008882
811	4.942	0.11	0.630	0.895	2.915	2.595	0.012826
1330	12.685	0.29	0.766	1.051	2.223	2.336	0.029634
1410	28.581	0.65	0.622	0.895	2.891	2.554	0.072984
1700	6.016	0.14	-	-	-	-	0.000000
1800	5.405	0.12	-	-	-	-	0.000000
TOTAL	4,425.611	100.00	0.728	1.008	2.370	2.367	10.289250

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CLAVE
PASTIZAL CULTIVADO	130
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES Y SEMIPERMANENTES	200
AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS ANUALES	210
BOSQUE DE PINO	420
BOSQUE DE PINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	421
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO)	510
BOSQUE DE PINO-ENCINO (INCLUYE ENCINO-PINO) CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	511
BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	601
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	700
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	701
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA	800
SELVA ALTA Y MEDIANA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	801
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	810
SELVA BAJA PERENNIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	811
PASTIZAL INDUCIDO	1330
POPAL-TULAR	1410
ASENTAMIENTO HUMANO	1700
CUERPO DE AGUA	1800

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE REFERENCIA**

Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 15N Meridiano Central: -93.0000  
 Proyección: Transversal de Mercator Factor de Escala: 0.9996  
 Datum: WGS 1984 Latitud de Origen: 0.0000  
 Falso Este: 500,000.0000 Unidades: Metros  
 Falso Norte: 0.0000

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
**POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**  
 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA, CHIAPAS Y TABASCO, MÉXICO.  
 (TESIS DE MAESTRÍA)

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA SIERRA**  
(13 de septiembre de 1998)

Realizó: **M. C. Armando Aguirre Rodríguez** Revisó: **Dr. Leonardo Tijerina Chávez**