

BALANCE HIDRICO INTEGRADO Y DINAMICO EN EL SALVADOR

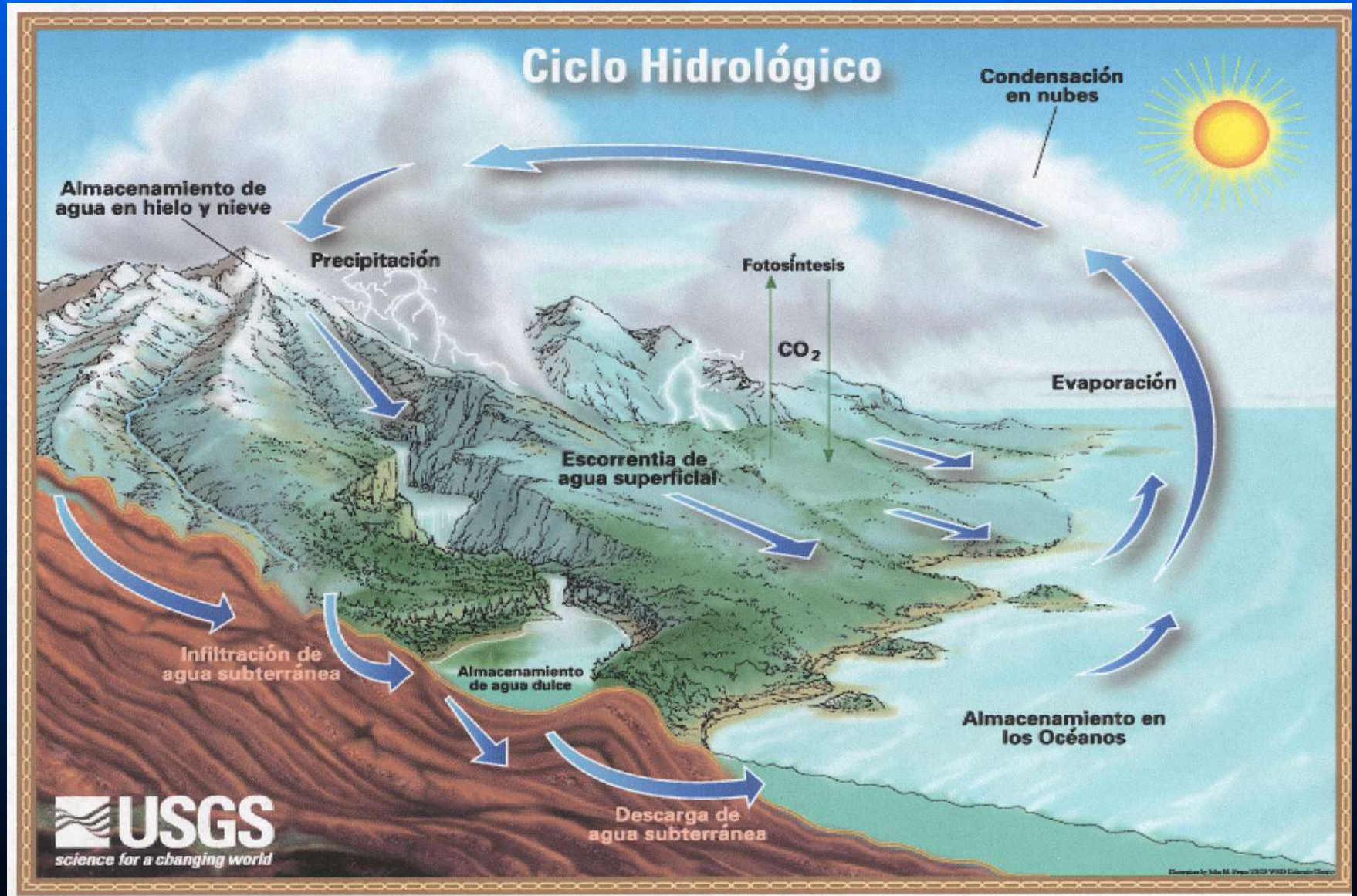
PROCEDIMIENTO Y AVANCES

**SERVICIO HIDROLOGICO NACIONAL DE
EL SALVADOR**

Ing. ADRIANA MARIA ERAZO

MARZO 2005

CICLO HIDROLOGICO



BALANCE HIDRICO

ENTRADAS **–** **SALIDAS** **=** **CAMBIO DE ALMACENAMIENTO**

PP - Precipitación

**Im - Importaciones
Superficiales**

**Re - Retornos de la
Demanda**

**Te - Trasvase subterráneo
desde otra cuenca**

EVR - Evapotranspiración Real

Ev - Evaporación de cuerpos de agua

Eau - Evaporación en áreas urbanas

ES - Esguerrimiento Superficial

Dem Int - Demanda Interna

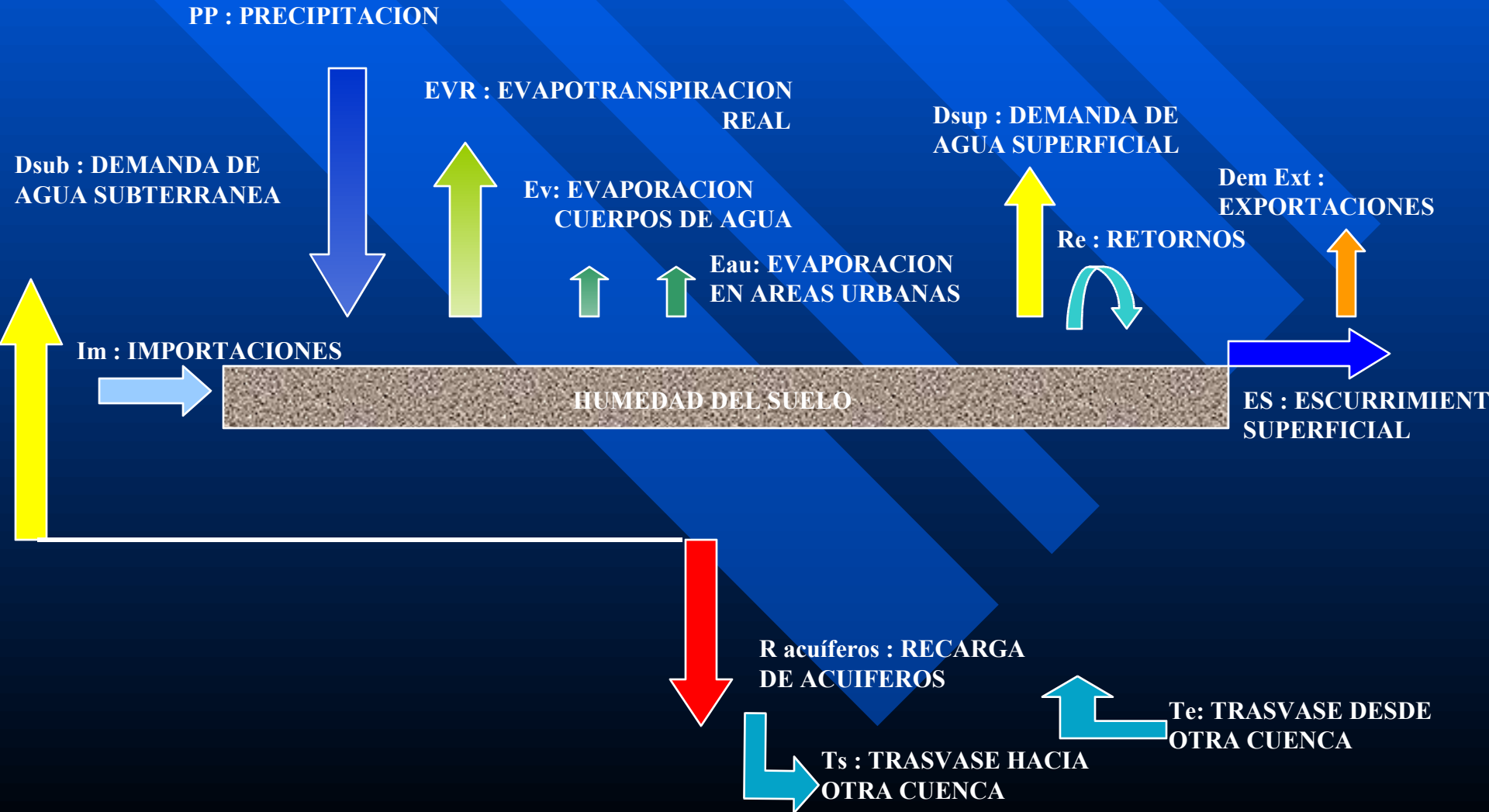
Dem Ext - Demanda externa

**Ts - Trasvase subterráneo hacia otra
cuenca**

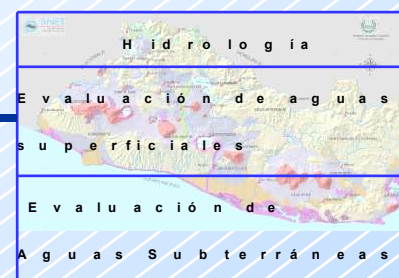
**R acuíferos - Recarga de
acuíferos**

$$(PP + Im + Re + Te) - (EVR + Ev + Eau + ES + Dem Int + Dem Ext + Ts) = \Delta V$$

BALANCE HIDRICO



B a l a n c e H í d r i c o D i n á m i c o e I n t e g r a d o d e E s c a l a N a c i o n a l



Restricciones por
Calidad de Agua
(ICA)



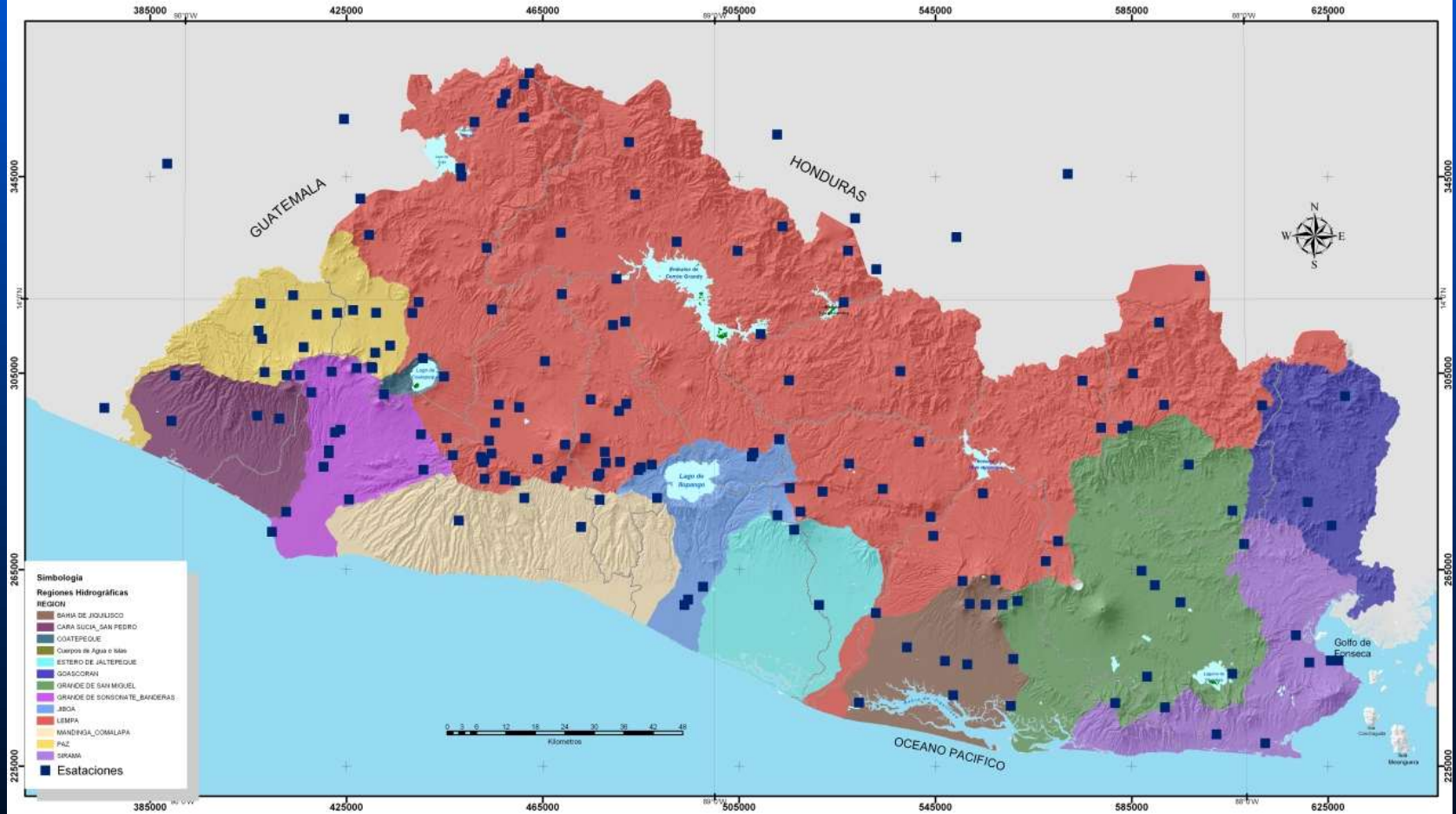
=



A b a s t e c i m i e n t o , R i e g o ,
H i d r o e l e c t r i c i d a d , I n d u s t r i a , O t r o s

PRECIPITACION

Red de Estaciones Meteorológicas utilizadas para el Balance Hídrico



164 El Salvador + 4 Guatemala + 5 Honduras = **TOTAL 173 estaciones**

PRECIPITACION

Confiabilidad de Información

Grupos de estaciones homogéneas

NOTA: Una estación puede pertenecer simultáneamente a más de un grupo

Grupo 1

EJE - X

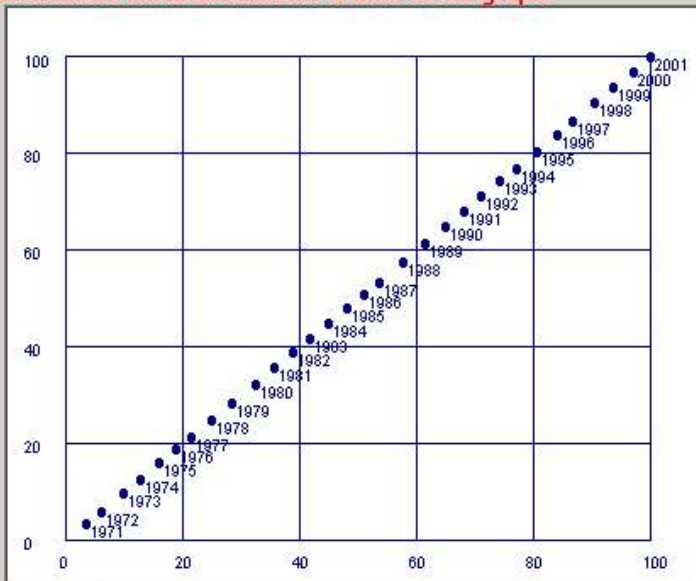
EJE - Y

MEDIA

M15
M2
M6
N11
U20
Z2
Z6

MEDIA

M15
M2
M6
N11
U20
Z2
Z6



Resultados del Completado de Datos

Año Inicial: 1971

Año Final: 2001

Completado. Variable meteorológica completada. Valores mensuales.

XUTM	YUTM	Indic.	Tipo	Año	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
589686	261853	M2	COM	1971/72	145.0	265.0	105.0	321.0	326.0
589686	261853	M2	COM	1972/73	251.0	168.0	156.0	142.0	183.0
589686	261853	M2	COM	1973/74	63.0	298.0	144.0	318.0	296.0
589686	261853	M2	COM	1974/75	148.0	255.0	94.0	231.0	320.0
589686	261853	M2	COM	1975/76	169.0	106.0	162.0	321.0	431.0
589686	261853	M2	COM	1976/77	198.0	505.0	92.0	182.0	282.0
589686	261853	M2	COM	1977/78	113.0	248.0	20.0	215.0	230.0
589686	261853	M2	COM	1978/79	92.0	148.0	262.0	258.0	264.0
589686	261853	M2	COM	1979/80	52.0	295.0	155.0	464.0	299.0
589686	261853	M2	COM	1980/81	300.0	325.0	239.0	274.0	325.0
589686	261853	M2	COM	1981/82	184.0	426.0	248.0	192.0	439.0
589686	261853	M2	COM	1982/83	282.0	184.0	148.0	86.0	378.0
589686	261853	M2	COM	1983/84	16.0	231.0	158.0	240.0	265.0
589686	261853	M2	COM	1984/85	233.2	303.2	156.8	293.8	322.8
589686	261853	M2	COM	1985/86	112.2	177.8	85.8	277.3	299.7
589686	261853	M2	COM	1986/87	176.4	318.0	71.1	374.9	317.0
589686	261853	M2	COM	1987/88	17.0	185.2	169.4	202.3	295.9

Estación	Años totales	Completos	Media	CV	CS
M2	31	31	1414.6	0.141	0.187
M6	31	31	1479.2	0.196	1.065
M15	31	31	1543.1	0.151	-0.456
N11	31	31	1639.5	0.153	0.686
U20	31	31	1539.0	0.147	0.376

Relleno de datos

<< Volver atrás

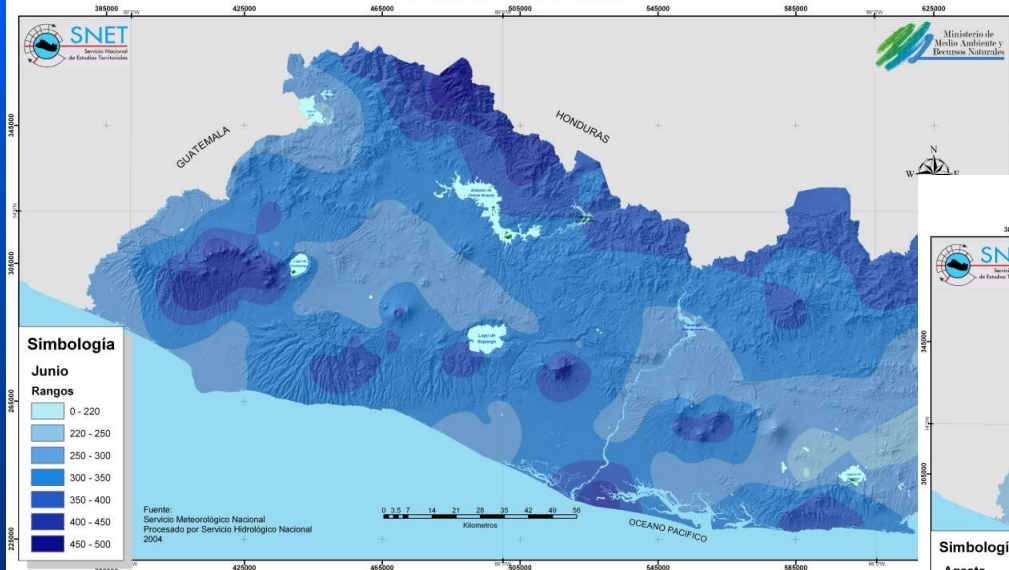
Copiar al portapapeles

Estadísticas

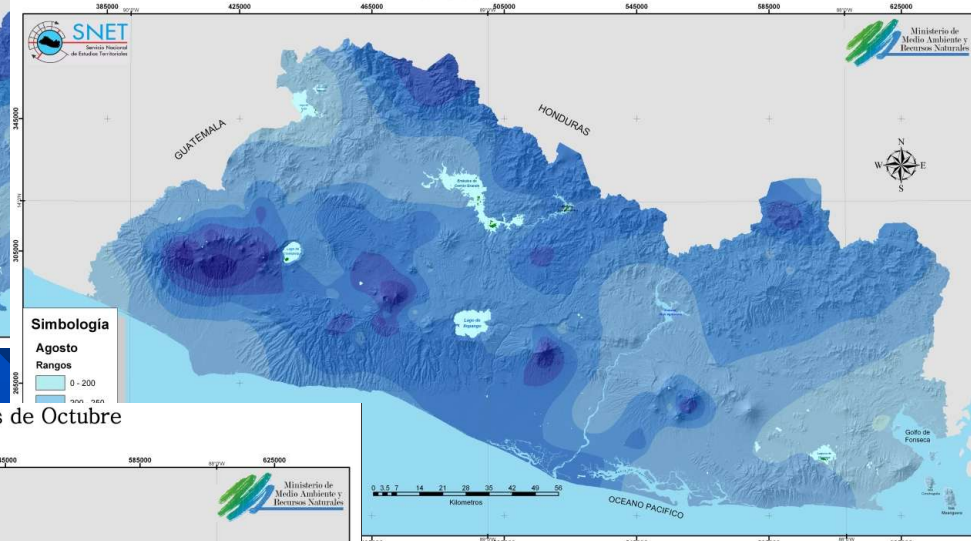
Aceptar

MAPAS DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL 1971 / 2001

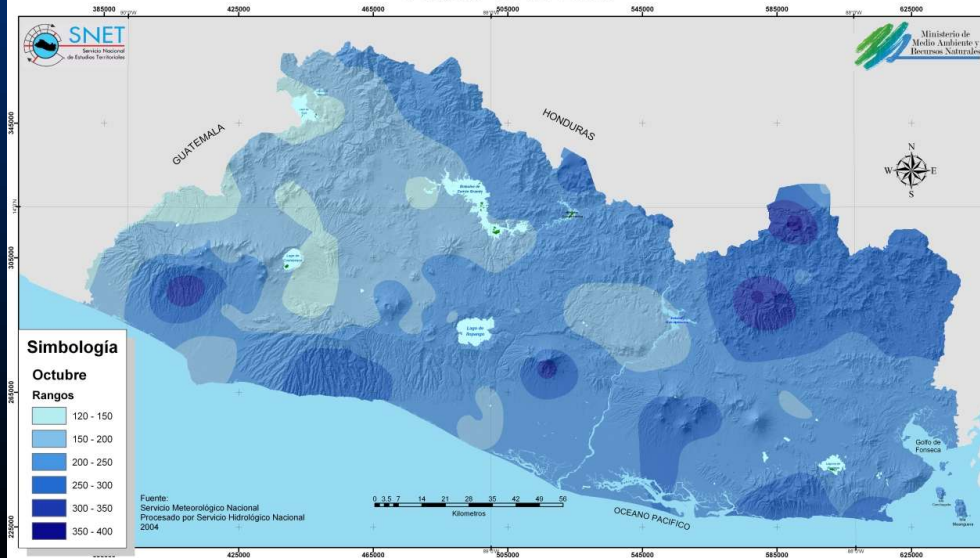
Precipitación Promedio Mensual. Mes de Junio
Período: 1971-2001



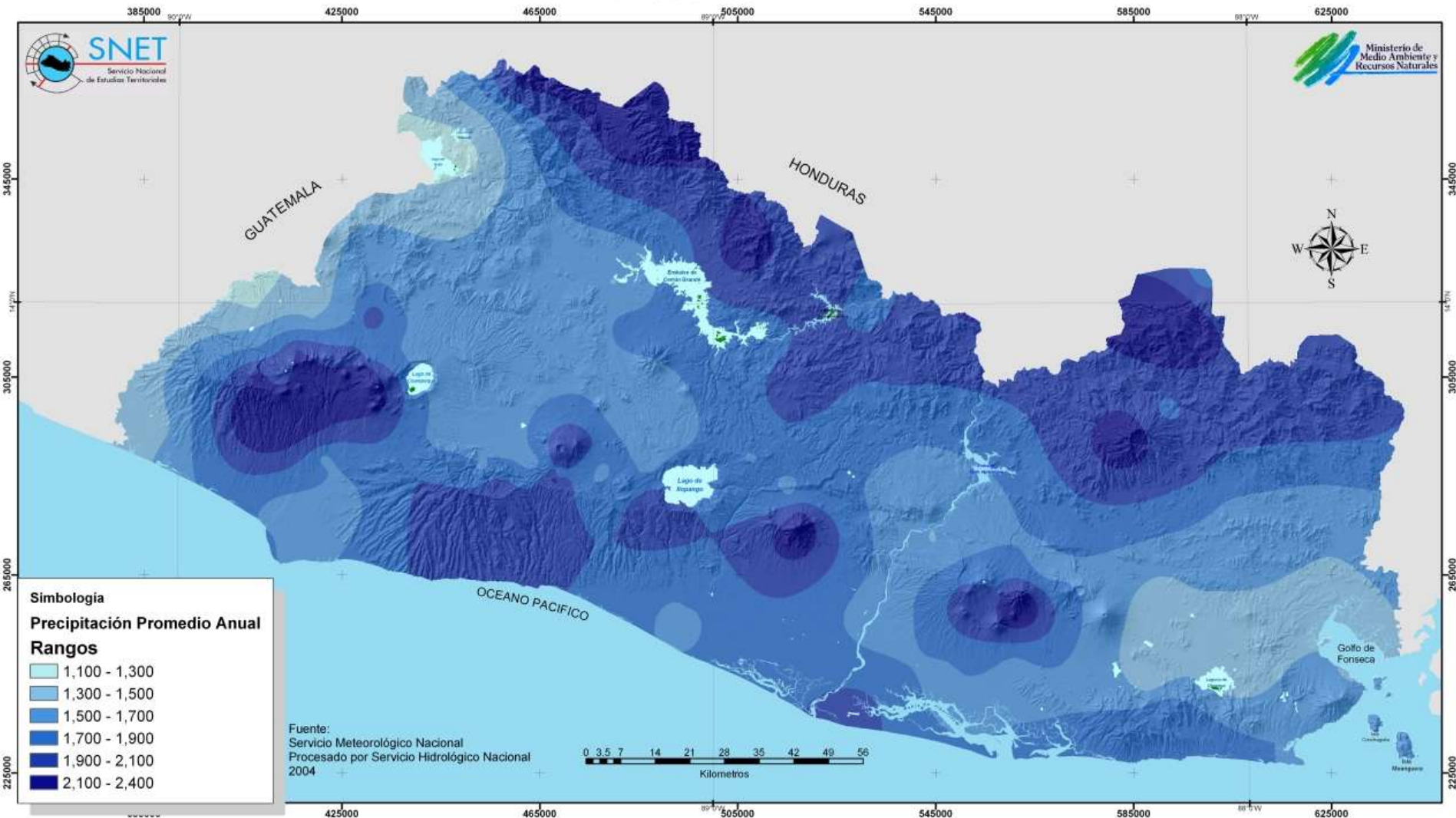
Precipitación Promedio Mensual. Mes de Agosto
Período: 1971-2001



Precipitación Promedio Mensual. Mes de Octubre
Período: 1971-2001

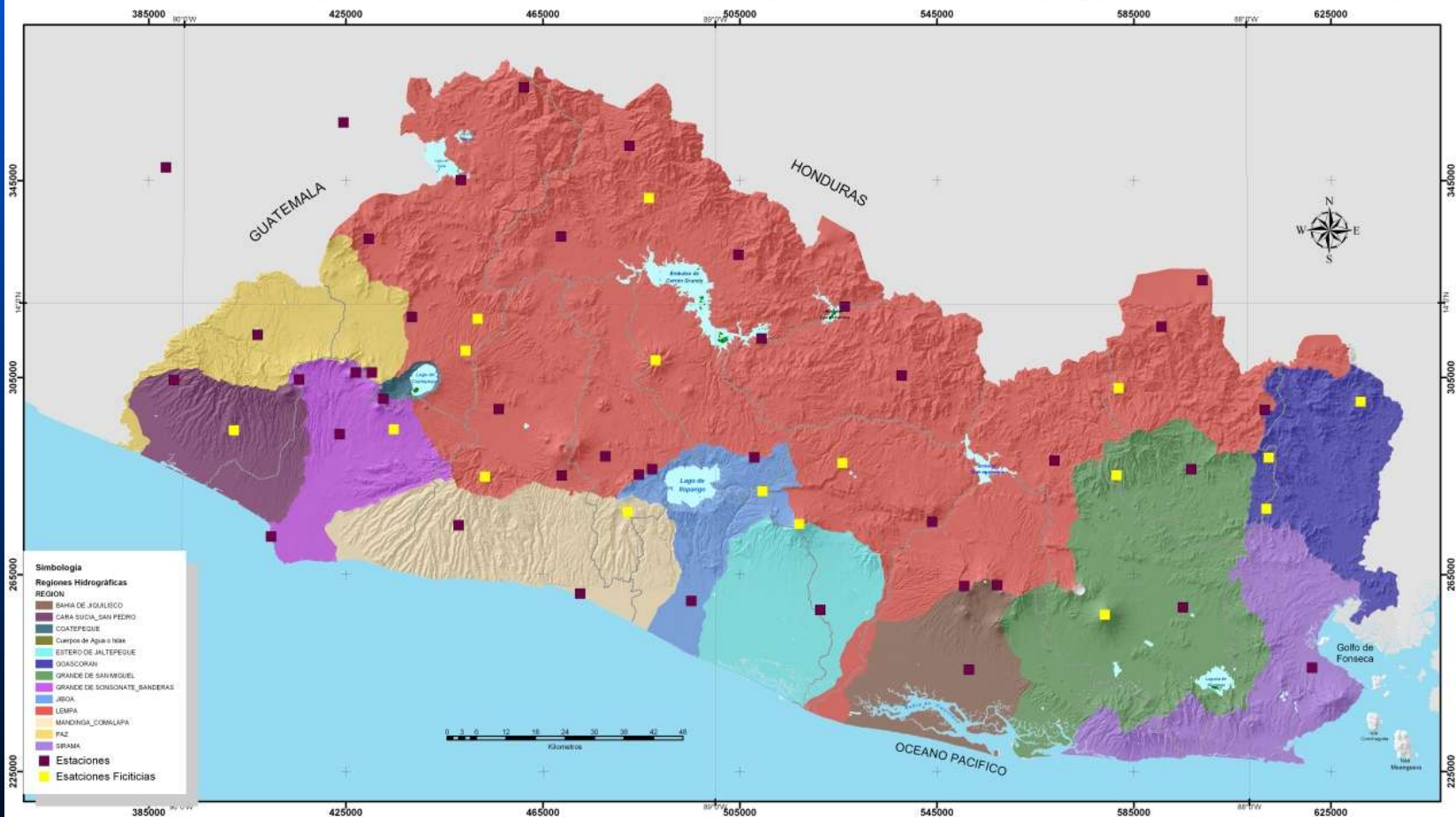


Precipitación Promedio Anual Período: 1971-2001



EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA

Red de Estaciones para el Calculo de la Evapotranspiracion de Referencia para el Balance Hidrico



40 El Salvador + 17 Ficticias El Salvador + 3 Guatemala = **TOTAL 60 estaciones**

EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA

40 El Salvador

3 Guatemala

TOTAL 43 estaciones

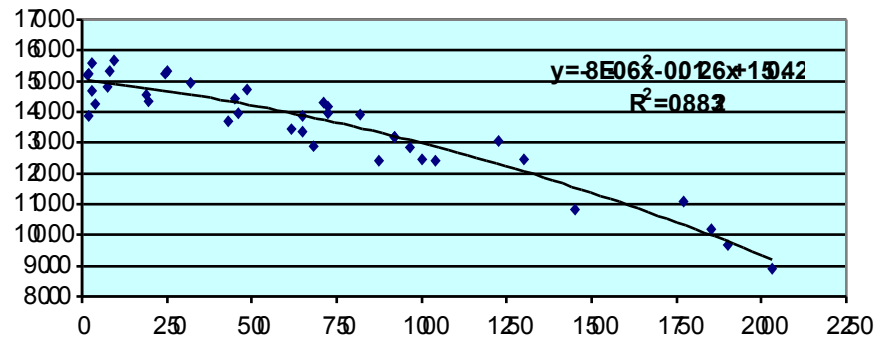


RELACION ALTITUD – EVAPOTRANSPIRACION ANUAL Y MENSUAL

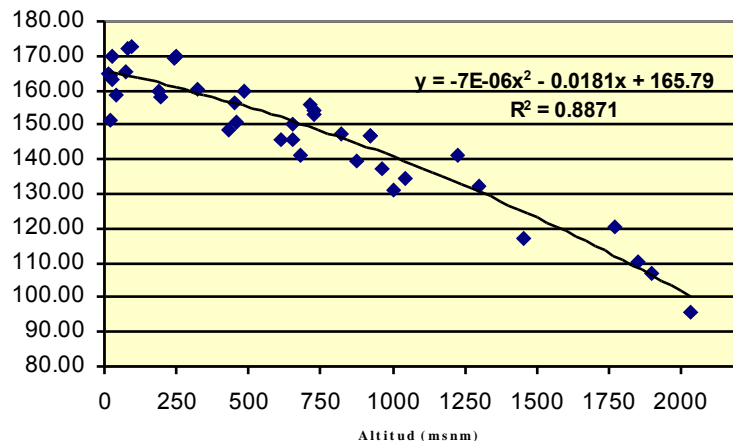
OBJETIVO: DETERMINAR ESTACIONES FICTICIAS PARA MEJORAR LA RED DE ESTACIONES



SEPTIEMBRE



JUNIO

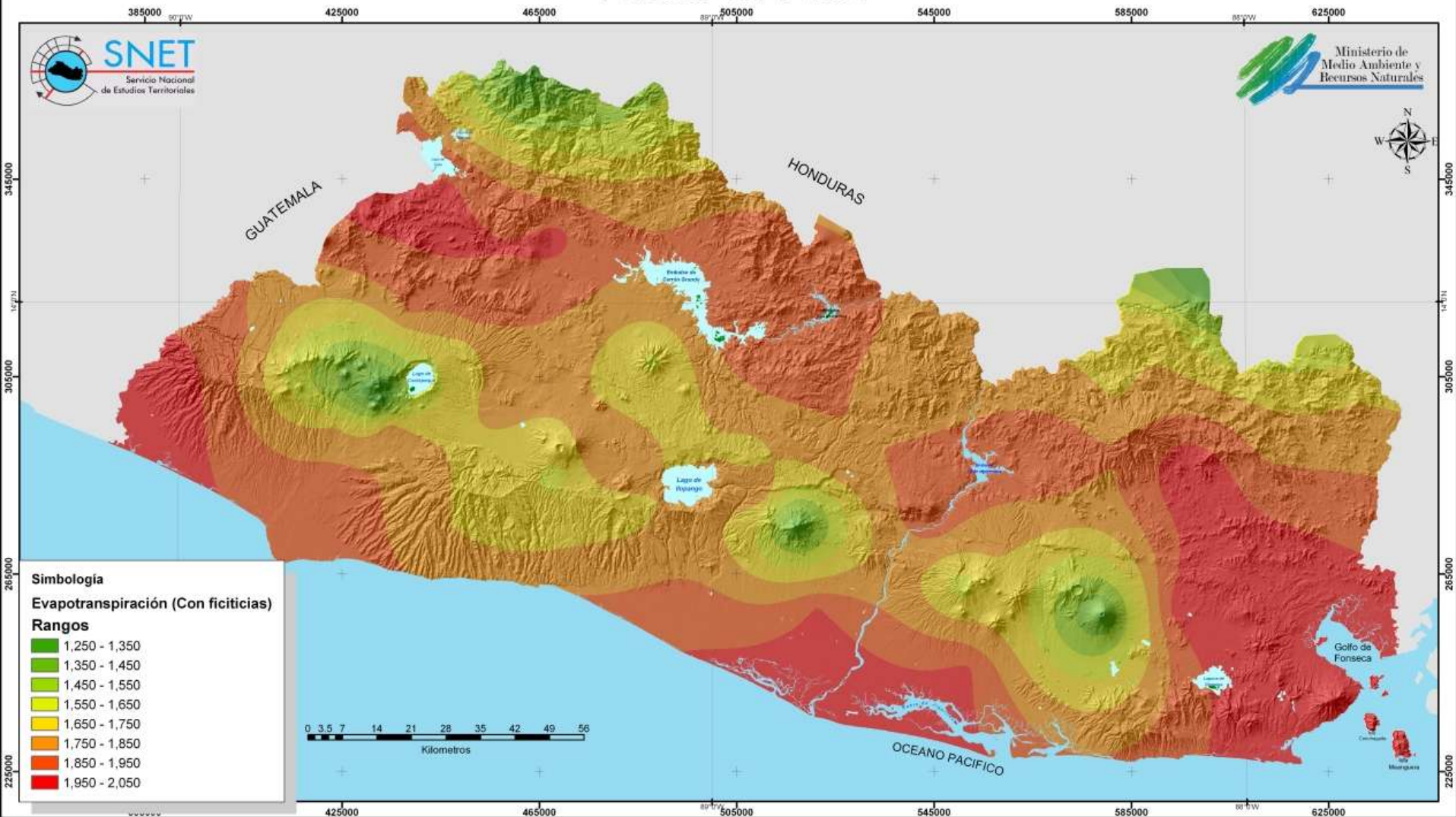


57 El Salvador

3 Guatemala

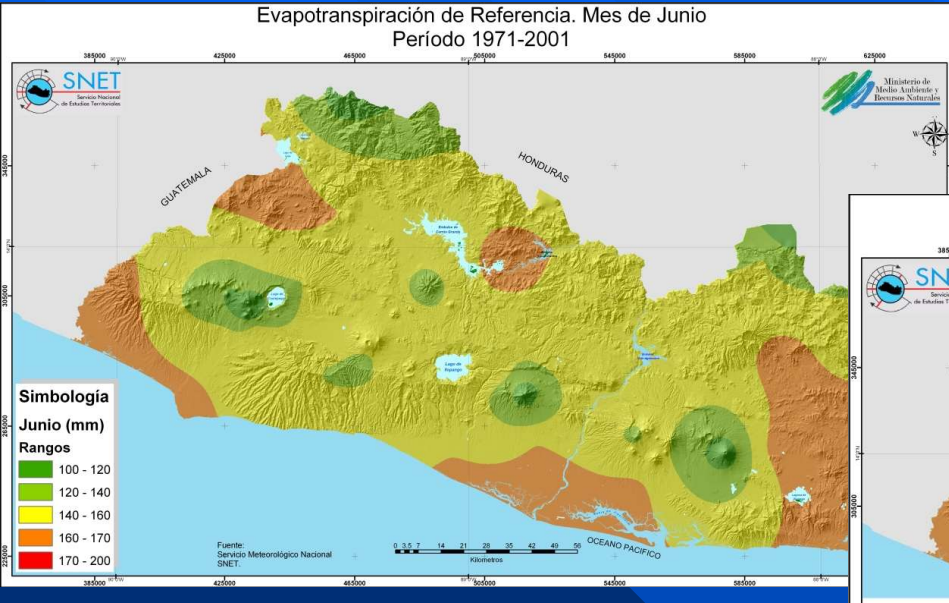
TOTAL 60 estaciones

Evapotranspiración Promedio Anual de Referencia Período 1971-2001

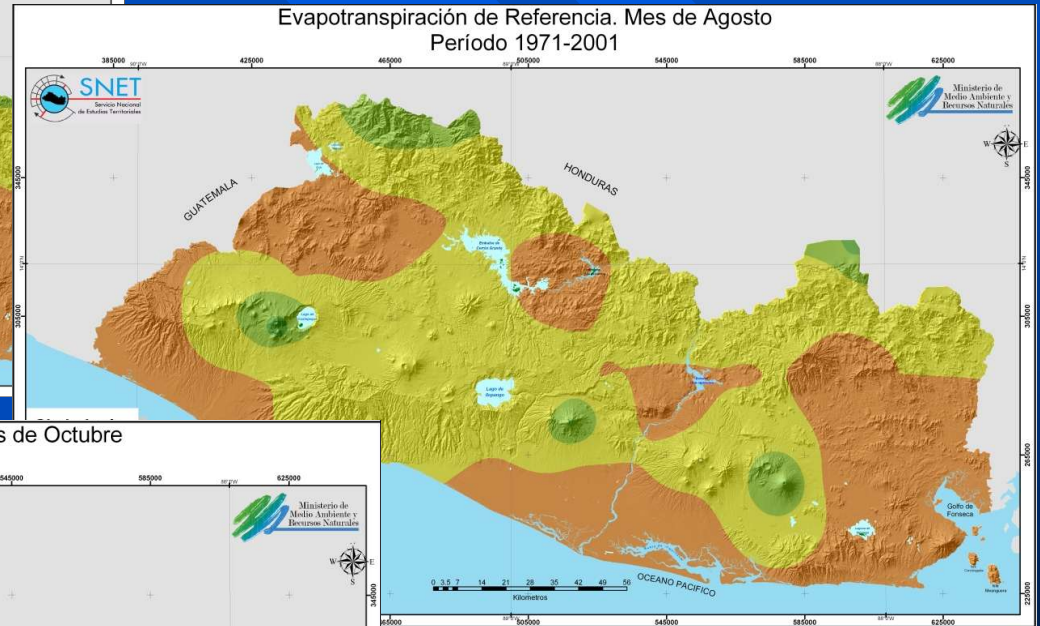


MAPAS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA MENSUALES PERIODO 71/2001

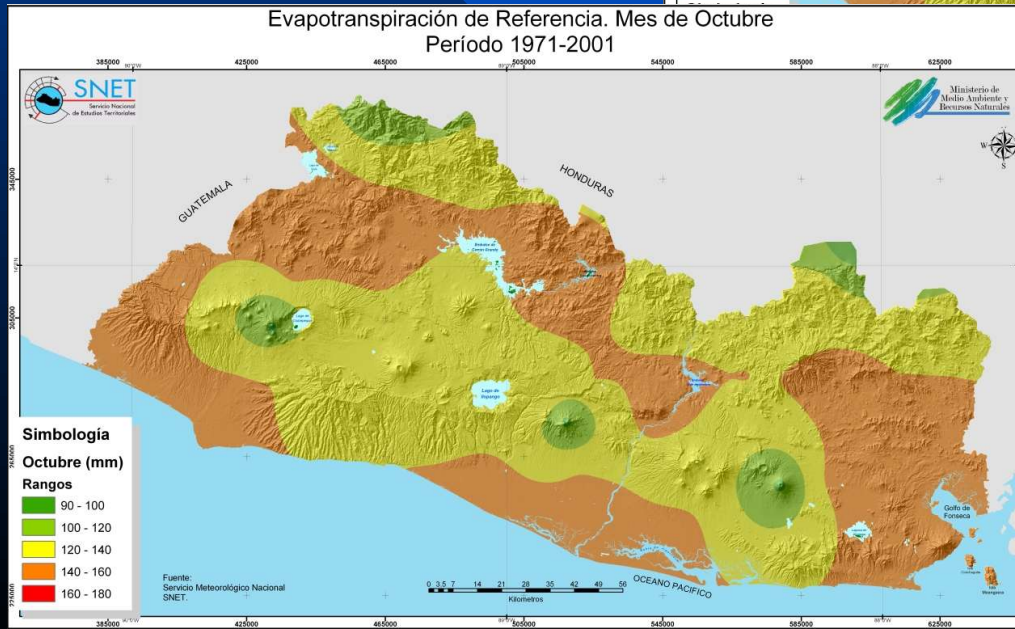
Evapotranspiración de Referencia. Mes de Junio
Período 1971-2001



Evapotranspiración de Referencia. Mes de Agosto
Período 1971-2001



Evapotranspiración de Referencia. Mes de Octubre
Período 1971-2001



EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA

EVAPOTRANSPIRACION DE CULTIVO

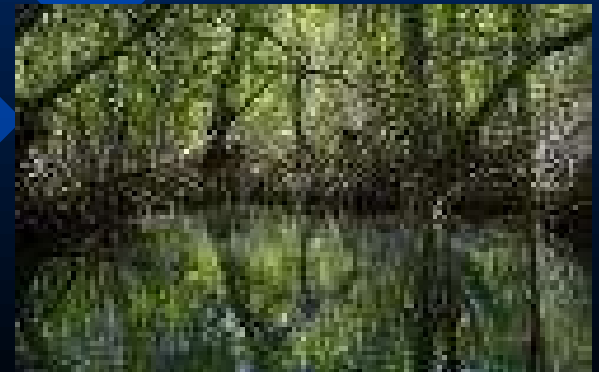
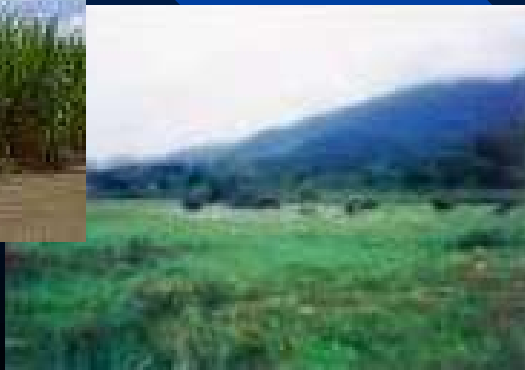
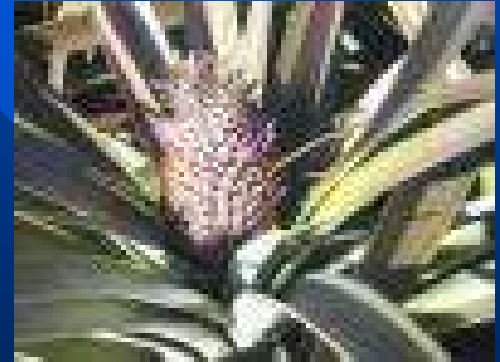
EVAPOTRANSPIRACION REAL

EVAPOTRANSPIRACION DE CULTIVO

COEFICIENTES DE CULTIVO

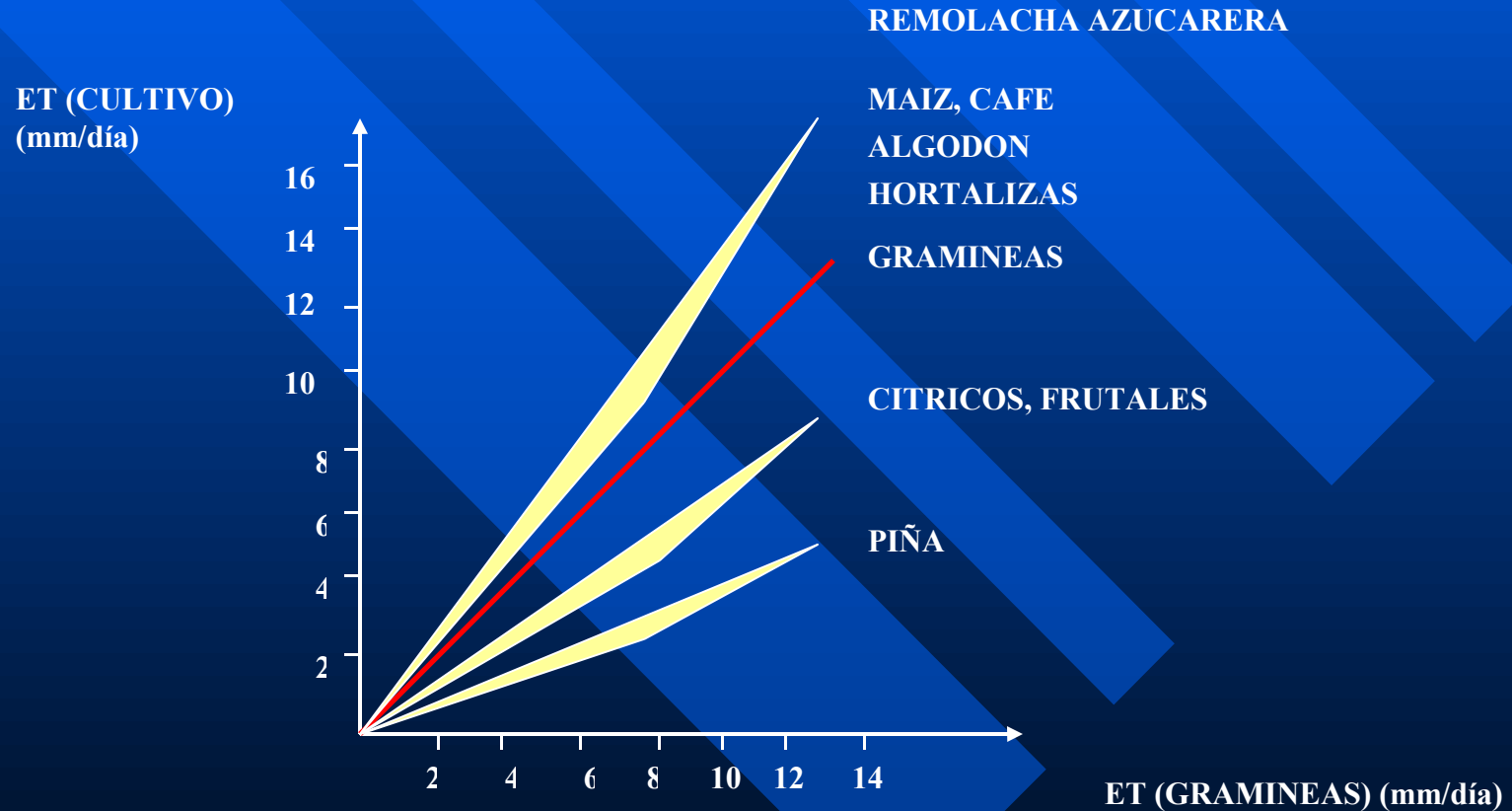
- CARACTERISTICAS DEL CULTIVO
- DURACION DEL PERIODO VEGETATIVO
- CONDICIONES CLIMATICAS : VIENTO Y HUMEDAD RELATIVA

EVAPOTRANSPIRACION DE CULTIVO



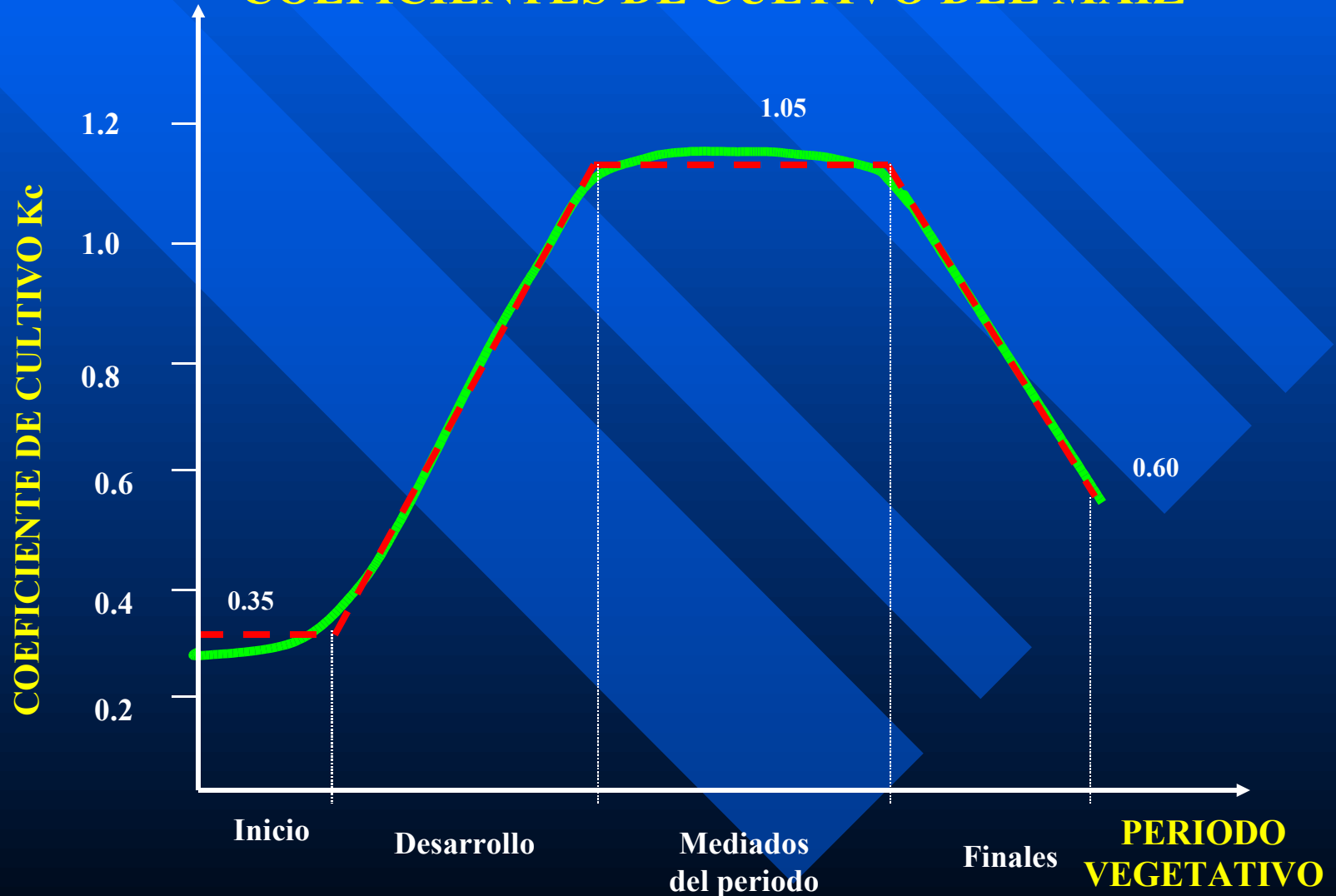
EVAPOTRANSPIRACION DE CULTIVO

Magnitudes de la ET (cultivo) en comparación con la ET (gramíneas)



EVAPOTRANSPIRACION DE CULTIVO

COEFICIENTES DE CULTIVO DEL MAIZ



COEFICIENTES DE CULTIVO

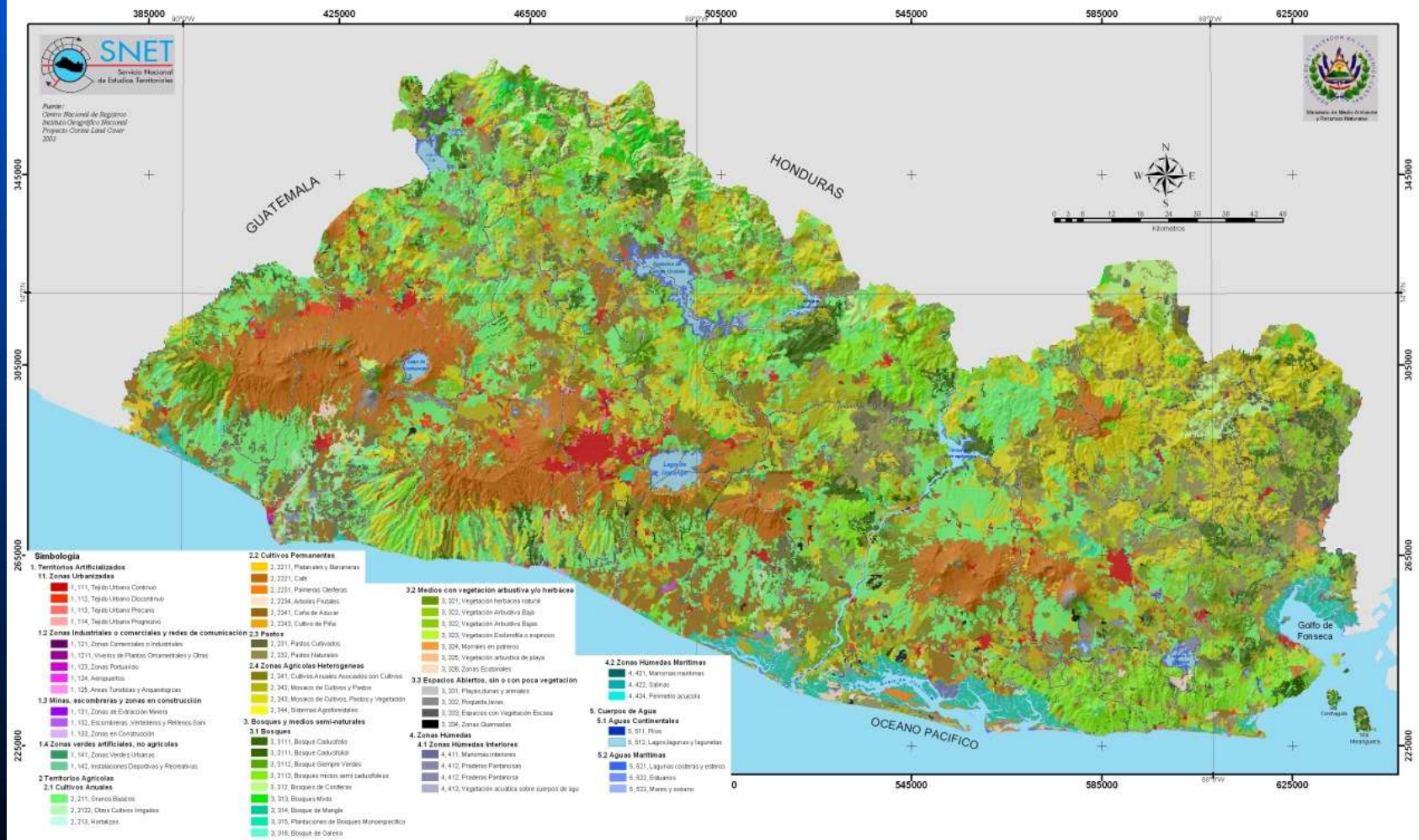
VEGETACION	Kc Inicio	Kc Desarrollo de Cultivo	Kc Mediados del periodo	Kc final
ARROZ	1.1	1.1 – 1.3	1.3	1.3 – 1
CAÑA DE AZUCAR	0.6	0.6 – 1.15	1.15	1.15 – 0.85
CAFE	1.05	1.05 - 1.1	1.1	1.1
MAIZ	0.35	0.35 – 1.05	1.05	1.05 – 0.6
MAIZ DULCE	0.35	0.35 – 1.05	1.05	1.05 – 0.95
TOMATE	0.6	0.6 – 1.05	1.05	1.05 – 0.6
BROCOLI	0.7	0.7 – 0.95	0.95	0.95 – 0.80
PAPAYO			0.8	
AGUACATE	0.25	0.2 – 0.75	0.75	0.6 – 0.30
MANGO			0.7	
CITRICOS			0.60	
ÁRBOLES LATIFOLIARES			0.60	
PIÑA	0.3	0.3 – 0.5	0.5	0.5

Fuente: Necesidades de agua de los cultivos FAO

EVAPOTRANSPIRACION DE CULTIVO

USO DEL SUELO

Mapa de Uso de Suelo de El Salvador



Fuente: Mapa Uso de Suelo del Proyecto Sherpa – CNR, 2003

EVAPOTRANSPIRACION DE CULTIVO

COEFICIENTES DE CULTIVO K_c

OCUP_SUEL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Arboles Frutales	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Bosque Caducifolio	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Bosque mixto	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Caña de Azucar	0.6	0.8	0.9	0.9	1	1	1	1	1.05	1.15	1.15	0.85
Café	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Cultivo de Piña	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Granos Basicos	1	1	1	1	0.35	1	1.05	1.05	0.6	1	1	1
Hortalizas	1	1	1	1	0.7	1	1.05	1.05	0.95	1	1	1
Pastos naturales	1	1	1	1	1	1	1	1	1.1	1.1	1.1	1
Vegetacion acuatica	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05

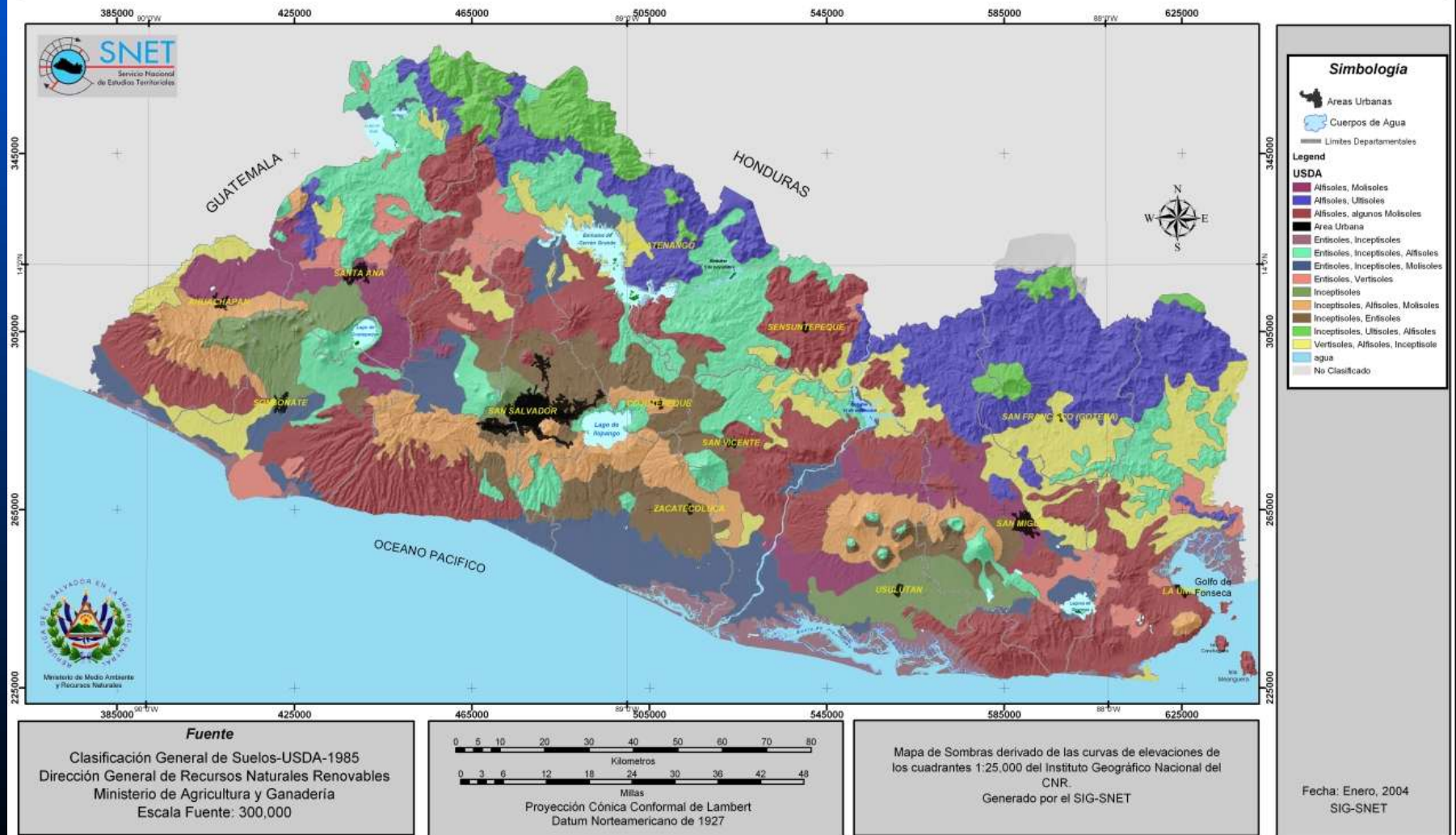
K_c adaptados según FAO

De acuerdo a mapa: 71 Usos de Suelo

EVAPOTRANSPIRACION REAL

TIPO DE SUELO

Clasificación General de Suelos. USDA-1985



EVAPOTRANSPIRACION REAL

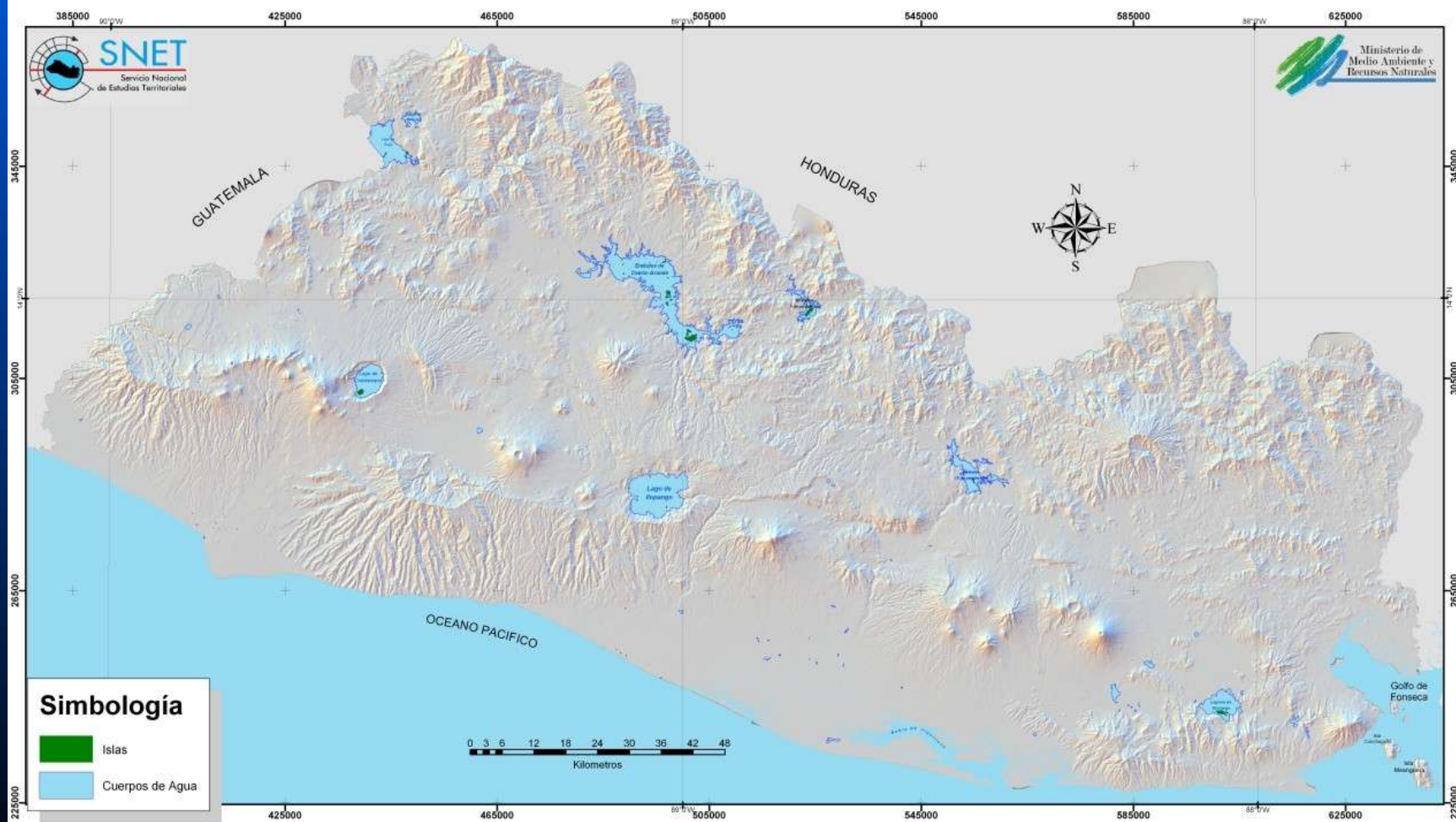
CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA

SUELO	Textura Asociada	Capacidad de Retencion (mm)
Alfisoles, algunos Molisoles	franco arcilloso	96.52
Aluviales	franco	81.28
Andosoles	franco limoso	88.9
Entisoles, Vertisoles	franco arcilloso	96.52
Inceptisoles, Alfisoles, Molisoles	franco arcilloso	96.52
Inceptisoles, Ultisoles, Alfisoles	franco arcilloso	96.52
Litisoles	arcillas	101.6
Ustands Orthents	franco	96.52
Ustands Orthents Usteps	franco arcillosos	96.52
Ustolls	franco arcilloso	96.52
Vertisoles, Alfisoles, Inceptisole	arcillas	101.6

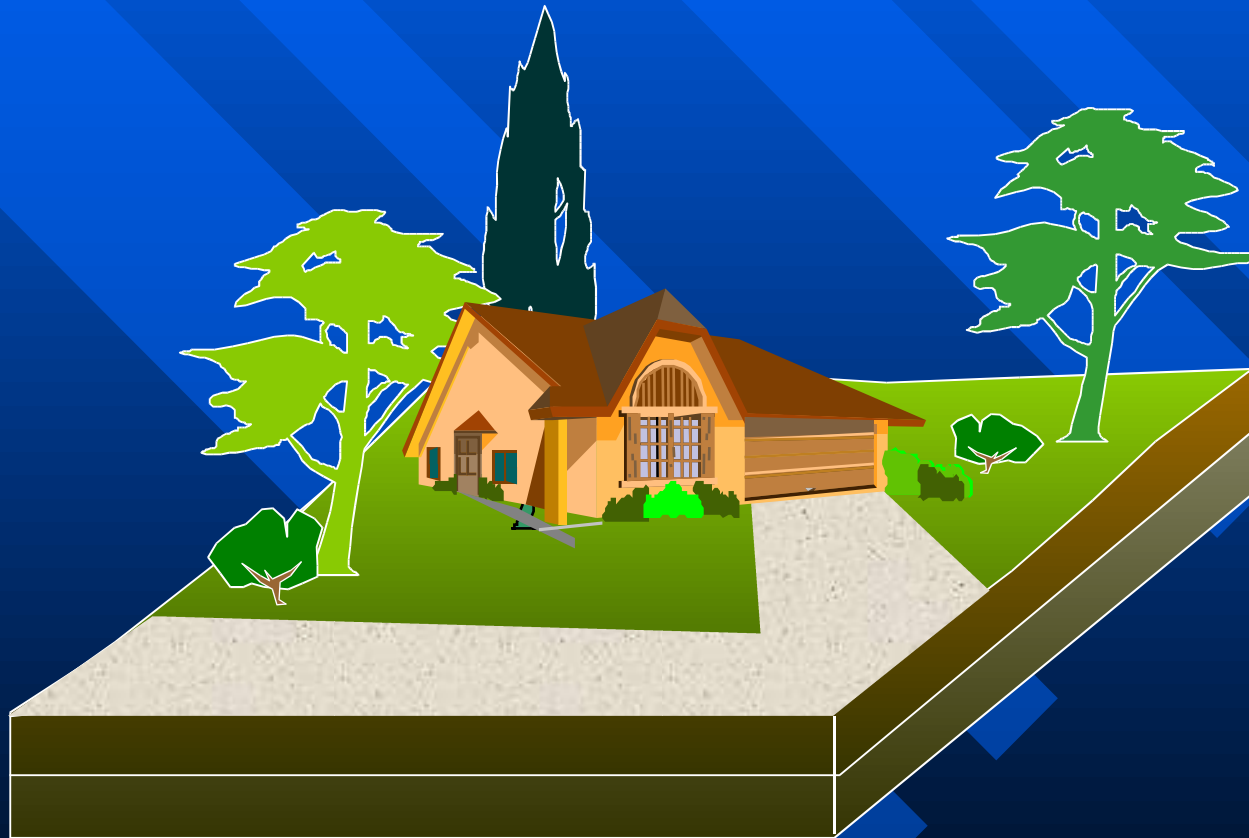
Capacidad de Retención asociada según USDA

EVAPORACION EN CUERPOS DE AGUA

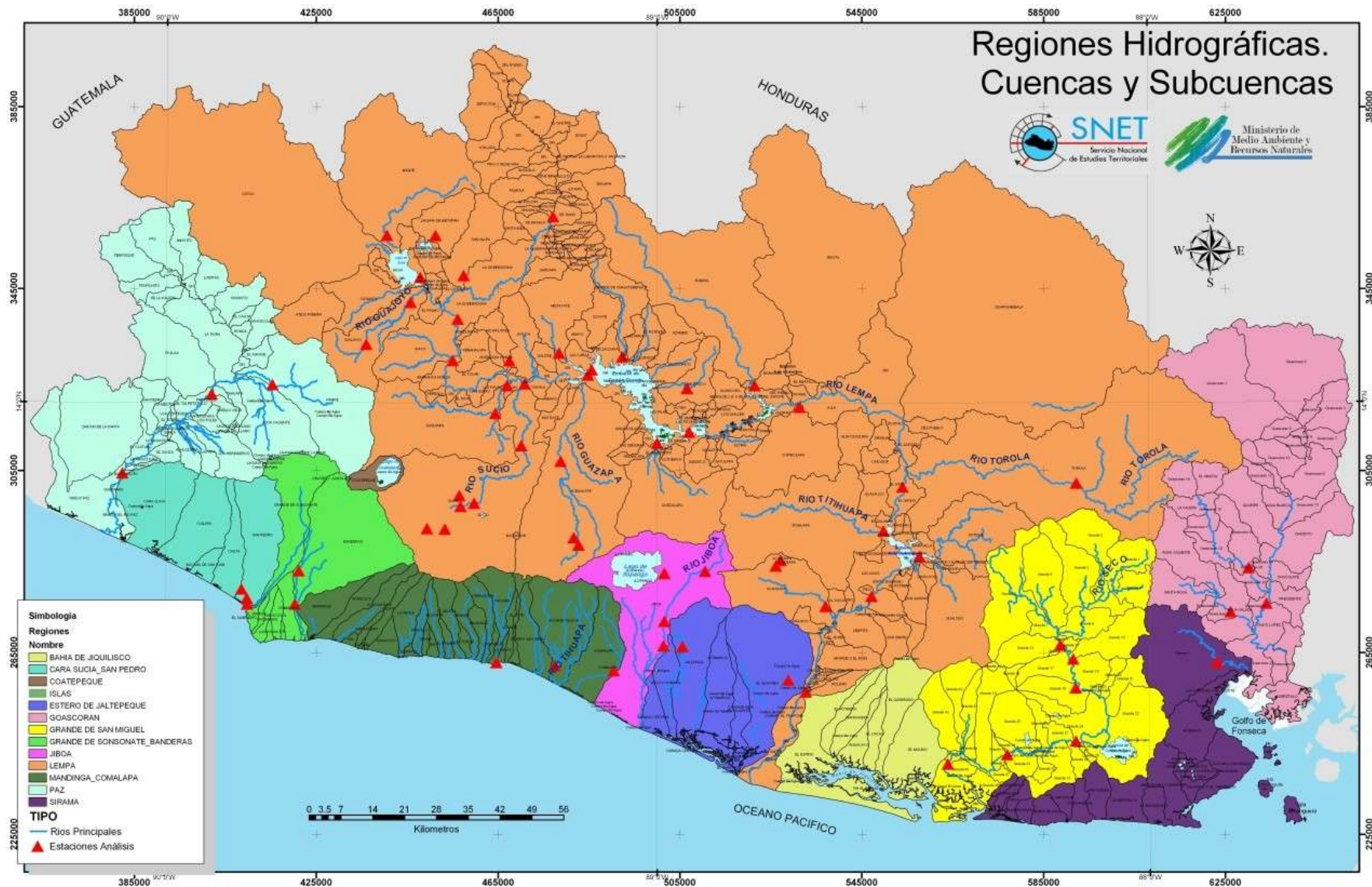
Cuerpos de Agua de El Salvador



EVAPORACION Y ESCURRIMIENTO EN AREAS URBANAS

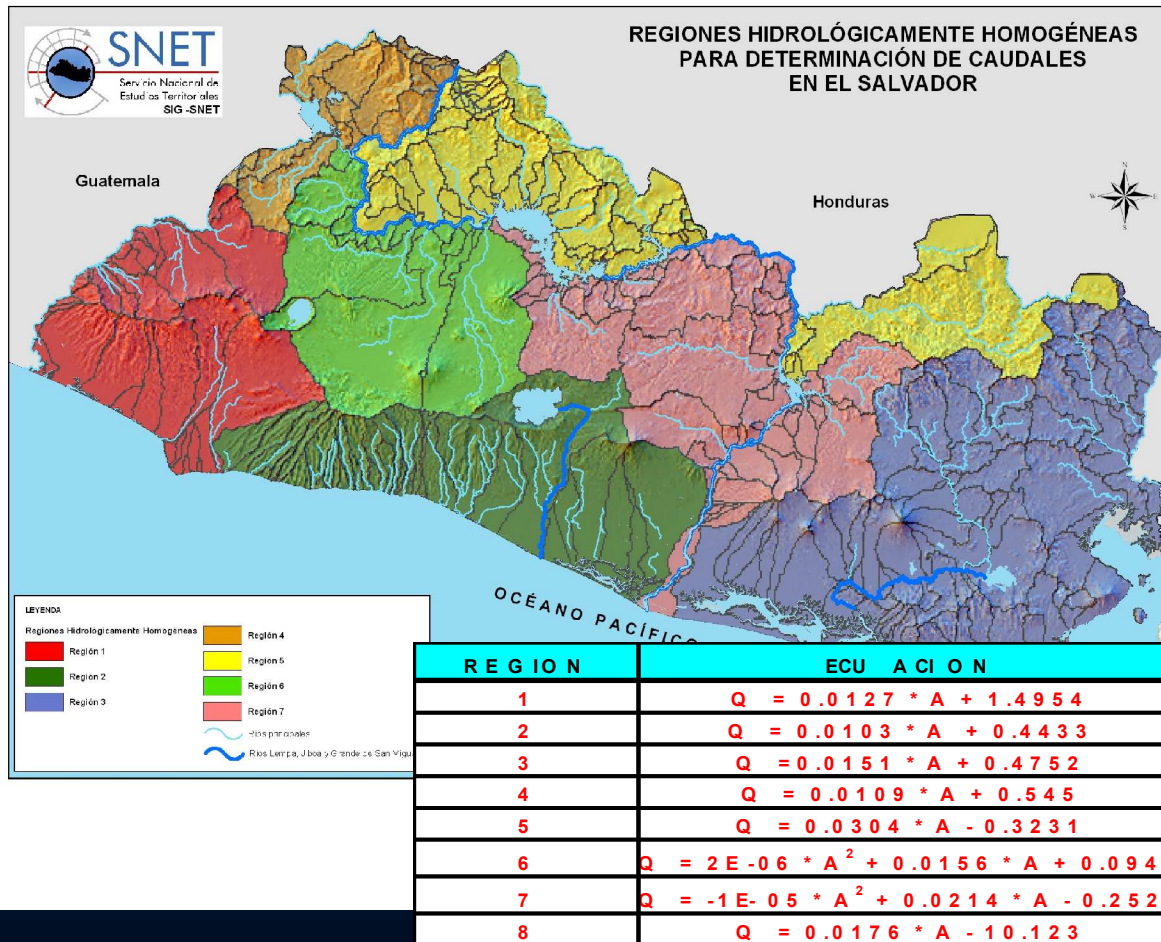


CAUDALES REGISTRADOS



CAUDALES ESTIMADOS

• REGIONALIZACION DE CAUDALES MEDIOS



• RELACION ENTRE PRECIPITACION Y CAUDAL DE ESCURRIMIENTO

AGUAS SUBTERRANEAS



Investigación y el monitoreo hidrogeológico:

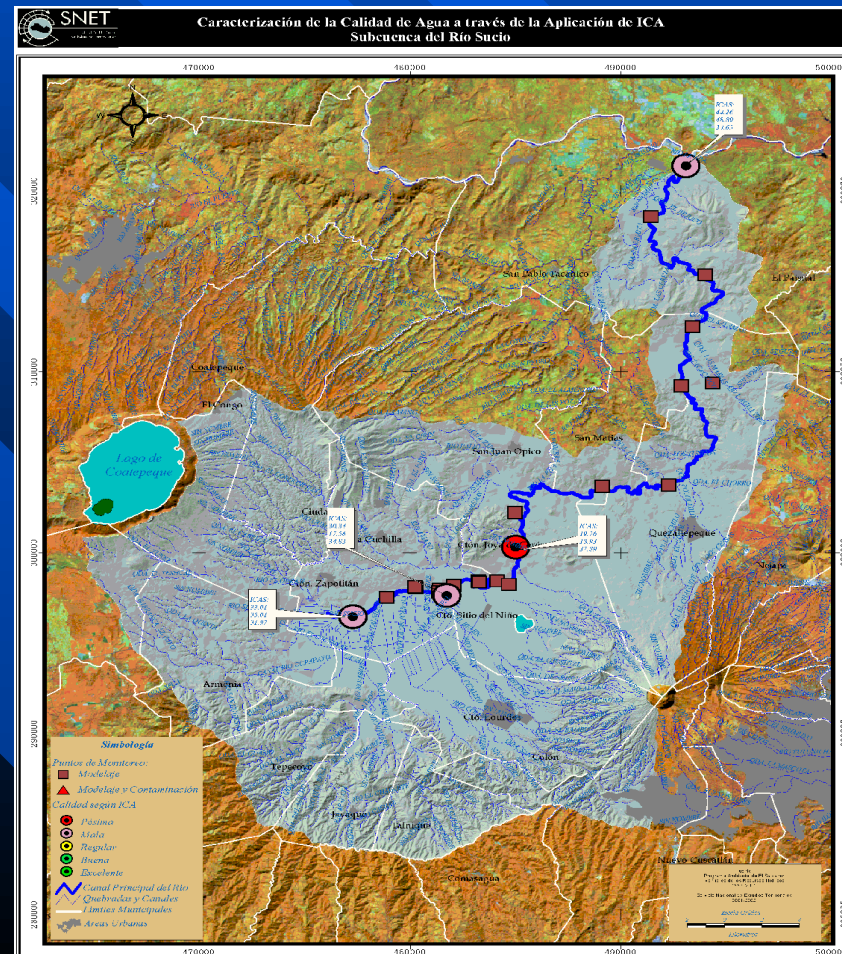
- Plantear modelo conceptual de acuíferos
- Definición de geometría de acuíferos con Prospección Geofísica
- Determinación de volúmenes almacenamiento – variación de la recarga estacional - Disponibilidad del recurso subterráneo

CALIDAD DE AGUA

- MONITOREO: Lempa, Acahuapa, Sucio, Suquiapa, Acelhuate, Paz, Sonsonate, Jiboa, Grande de San Miguel
- DIAGNOSTICO - ICA

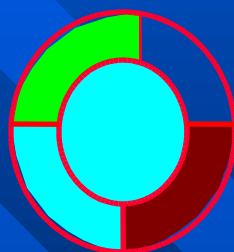
Se evaluará la información en dos líneas:

- a. Mapa de Indices de Calidad de agua y aptitud de usos del agua.
- b. Determinación de la Disponibilidad Hídrica (inicio y final de época seca) - se tomará como criterio la normativa de agua vida acuática y contacto humano.



Mapa de Índices de Calidad de agua y aptitud de usos

En cada sitio de la red de muestreo se ubicará la siguiente clasificación:



El círculo central corresponde a la clasificación del ICA:

Azul: Excelente calidad

Celeste: Buena calidad

Amarillo: Regular calidad

Anaranjado: Mala calidad

Rojo: Pésima calidad

La banda externa corresponde a la aptitud de uso y puede dividirse hasta en 4 secciones o por otro lado no estar presente:

Verde: Agropecuario

Celeste: Vida acuática

Blanca: Agua cruda para potabilización

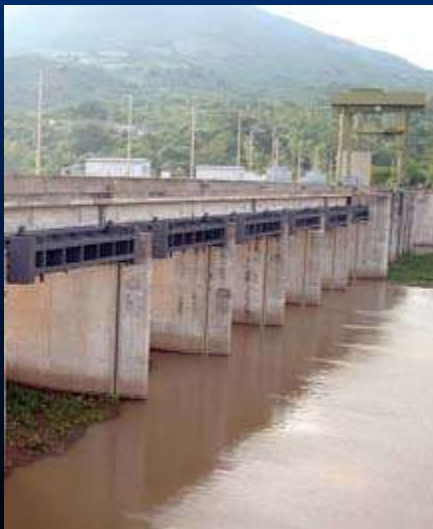
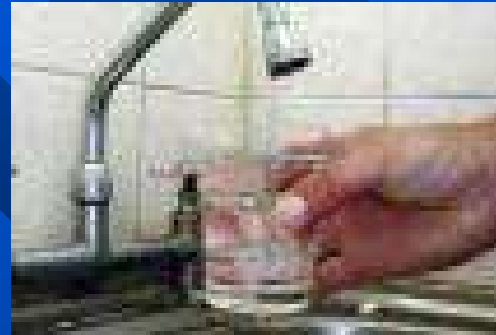
Café: contacto humano

DEMANDAS HIDRICAS

DEMANDAS INTERNAS

DEMANDAS EXTERNAS

ESCENARIOS FUTUROS



RETORNOS

USOS	% RETORNO
AGRICOLA	5 -15
AGROINDUSTRIAL	30
DOMESTICO	70 - 80
ACUICULTURA	95 - 100
SERVICIOS	70 - 80
INDUSTRIAL	50 - 60
PECUARIO	5 - 15
GENERACION DE ENERG. ELECTR.	100

Fuente: Balance Hídrico – Valle de México

INDICE DE ESCASEZ

Relación porcentual entre la demanda y la disponibilidad hídrica

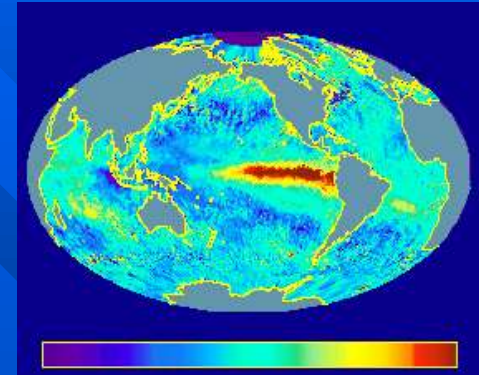
INDICE DE ESCASEZ %	CATEGORIA
< 1	NO SIGNIFICATIVO
1 - 10	MINIMO
11 - 20	MEDIO
21 - 50	MEDIO ALTO
> 50	ALTO

Fuente: Estudio Nacional de Agua - Colombia

BALANCE DINAMICO

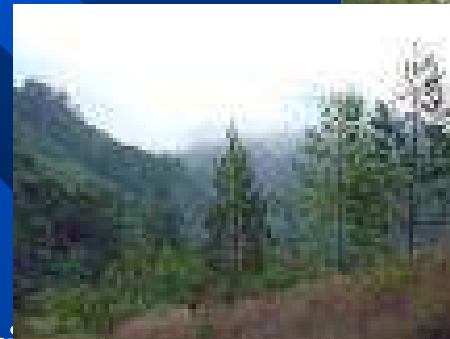
Balance Hídrico Anual

- Impactos en el recurso en Años Niño / Niña
- Impactos por eventos extremos

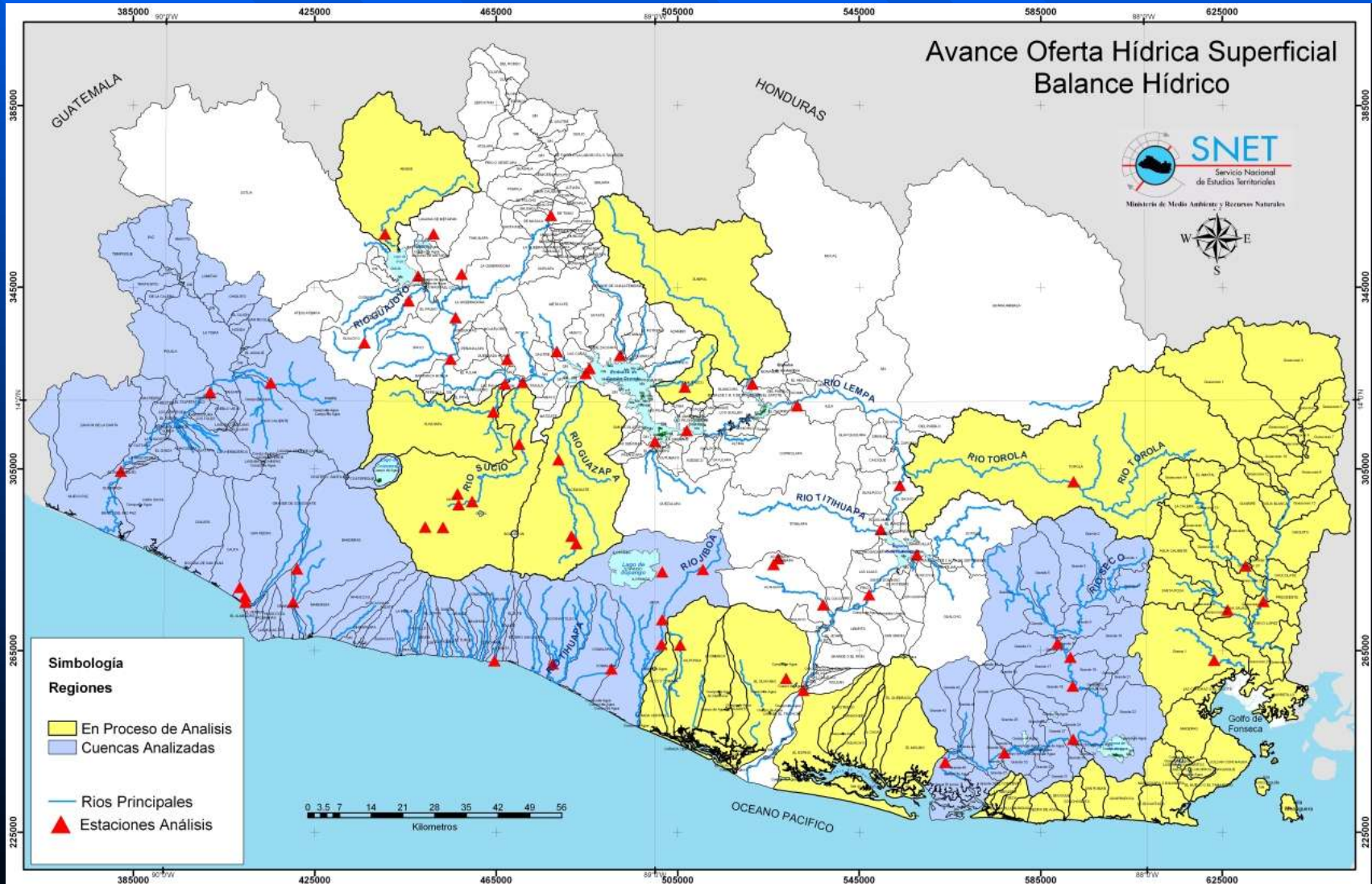


Escenarios posibles:

- Cambios de uso de suelo
- Cambios en la demanda hídrica
- Variabilidad y Cambio Climático



AVANCES EN BALANCE HIDRICO



AVANCES EN BALANCE HIDRICO

HIDROLOGIA SUPERFICIAL:

5 REGIONES HIDROGRAFICAS ANALIZADAS (41 CUENCAS)

5 REGIONES HIDROGRAFICAS EN PROCESO DE ANALISIS ACTUALMENTE

HIDROGEOLOGIA:

ACUIFEROS ANALIZADOS:

JIQUILISCO – USULUTAN

AGULIARES – COLIMA

MONITOREO ACTUAL EN ACUIFEROS: ACAJUTLA – SONSONATE,
ZAPOTITAN – ARMENIA,
OPICO – ATIOCOYO,
CHALCHUAPA – ATIQUIZAYA - AHUACHAPAN,
CITALA – CHALATENANGO,
SAN VICENTE,
SAN MIGUEL – LA UNION,
OSTUA – METAPAN,
SINGUIL,
SANTA ANA – TEXISTEPEQUE,

CALIDAD:

MONITOREO Y ANALISIS:

RIO PAZ, GRANDE DE SAN MIGUEL, JIBOA, SONSONATE, LEMPA, ACAHUAPA, SUCIO, SUQUIAPA y
ACELHUATE.