

CARACTERIZACION DE CONDICIONES METEOROLOGICAS EN EL SALVADOR

**Autores: Luis García, Ricardo Zimmermann,
Lorena Soriano, Carlos Pérez, Pablo Ayala**

¡Error! Marcador no definido.

Capítulo IV: Análisis de Variables Meteorológicas, determinación de Capa Límite e Inversiones Térmicas.	85
VARIABLES METEOROLÓGICAS	85
1. TEMPERATURA POTENCIAL	85
TEMPERATURA PROMEDIO:	87
HUMEDAD RELATIVA:	88
EL VIENTO	89
DETERMINACIÓN DE LA CAPA LÍMITE:	93
INVERSIONES TÉRMICAS:	94
Capítulo V: CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS Y TOPOGRÁFICAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR	100
COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS	104
CONCLUSIONES DE CAPÍTULO.	109
ANEXOS DE CAPÍTULO V	111
ANEXO I	111
ANEXOS II	127
ANEXO III	144
ANEXOS IV	163

Capítulo IV: Análisis de Variables Meteorológicas, determinación de Capa Límite e Inversiones Térmicas.

Método de Análisis:

Para desplegar los datos históricos del periodo 1970 a 2000, se ha utilizado el programa GRADS, analizando el comportamiento espacio temporal de diversas variables meteorológicas. Como resultado de la investigación se generaron cartas transversales temporales de la variable temperatura potencial y temperatura promedio mensual así como de viento (dirección, magnitud, meridional y zonal) y humedad relativa para la ciudad de San Salvador.

Con apoyo del paquete GRADS, se procesó información de la base de datos del proyecto READY (Real Time Environmental Applications and Display Systems) Air Resources Laboratory, de NOAA, de su página <http://www.arl.noaa.gov/ready/amet.html>, en su componente de reanálisis. Así, se analizó la variabilidad diaria de los índices de PASQUILL, los cuales son una muy buena herramienta para determinar la altura de la Capa Límite expresada en metros. Estos últimos análisis se realizaron únicamente para la ciudad de San Salvador para los meses de marzo y abril del año 1998. Finalmente, con esta misma base de datos se realizaron la interpolación de los radiosondeos para Ilopango, San Salvador, para todos los días del año 1998. Es necesario remarcar que los presentes datos para la determinación de la altura de la capa de mezcla y estabilidad, son datos interpolados, no reales, dado que en El Salvador, no se realizan observaciones de altura debido a la falta de equipo para hacerlo.

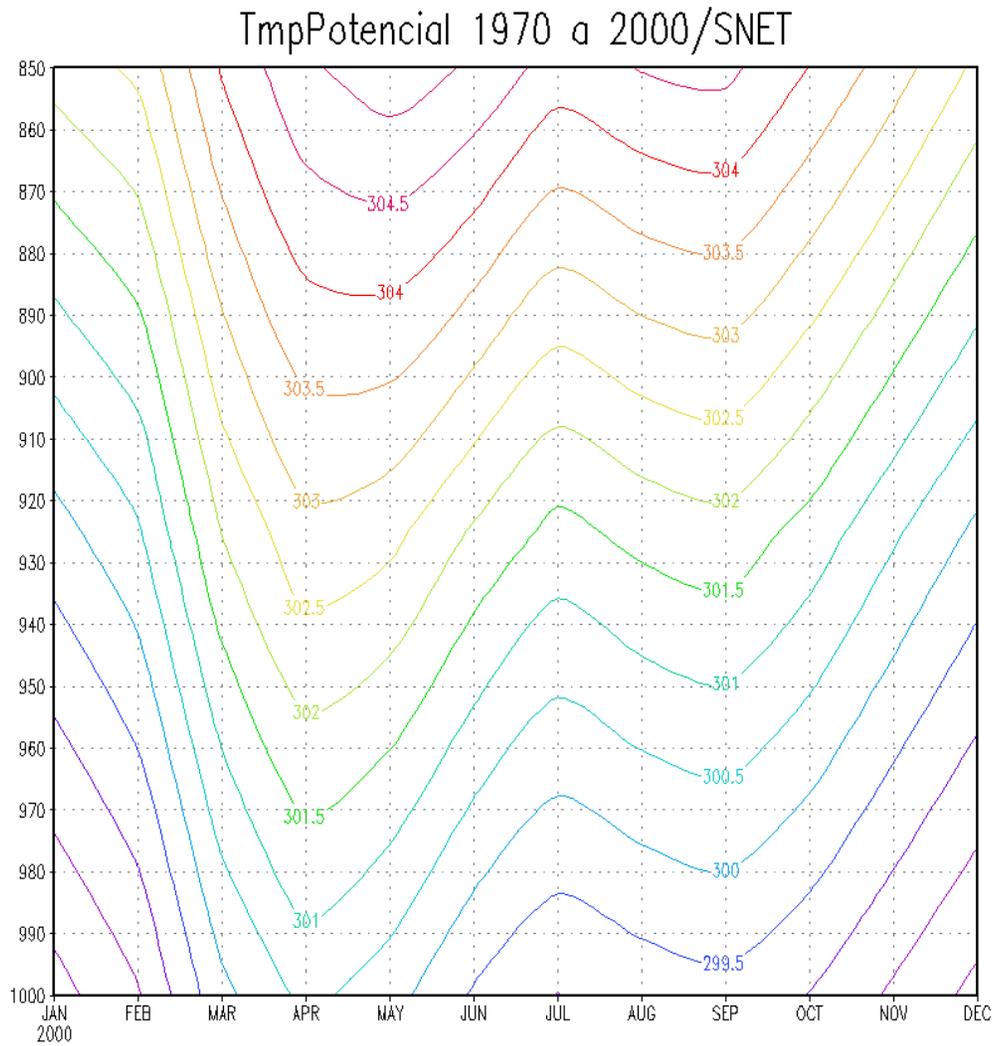
Variables meteorológicas

1. Temperatura Potencial

Análisis Horizontal:

En el nivel de 925 milibares, equivalentes a 500 msnm, de acuerdo a la atmósfera estándar, se observa que la temperatura potencial aumenta de forma gradual conforme pasa el tiempo (Fig. 1). Durante las primeras dos décadas, en Enero se presentan valores inferiores a 299.5°K. Posteriormente, comienza un gradual calentamiento con un diferencial de 0.5°K, el cual persiste hasta la primera semana de febrero, cuando se alcanzan los 300°K. Es importante señalar que a partir de la segunda semana de febrero hasta el final de este mes, se da un incremento pronunciado de la temperatura, hasta alcanzar un valor de 301.3°K, siendo su diferencial de aproximadamente 1°K. En marzo, se observa un incremento en temperatura potencial, la cual alcanza valores superiores a los 302.0 ° K pero inferiores a 302.5 ° K. El resto del año se presenta una variabilidad baja en este parámetro.

En el nivel de 850 milibares se observan condiciones similares a 950mb, es decir con un incremento de la temperatura potencial hasta mediados de mayo, cuando alcanzan 305 ° K.

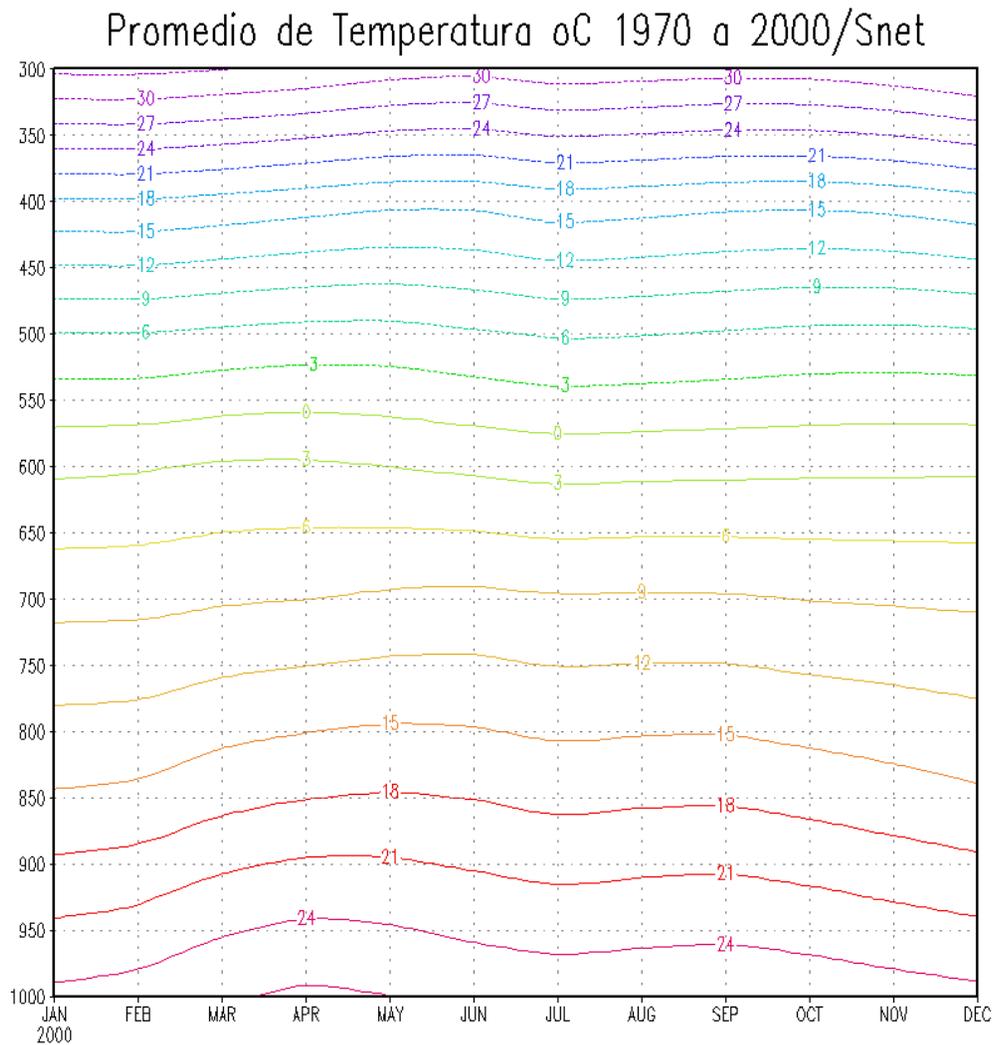


GRADS: COLA/IGES

Figura 1

Temperatura Promedio:

La Figura 2 denota con claridad que los valores más altos de temperatura en las capas bajas de la atmósfera se presentan en el mes de abril con un valor promedio de 27°C. Caso contrario se tiene en los meses de noviembre, diciembre, enero y hasta la segunda semana de febrero cuando la temperatura disminuye a los 25°C.

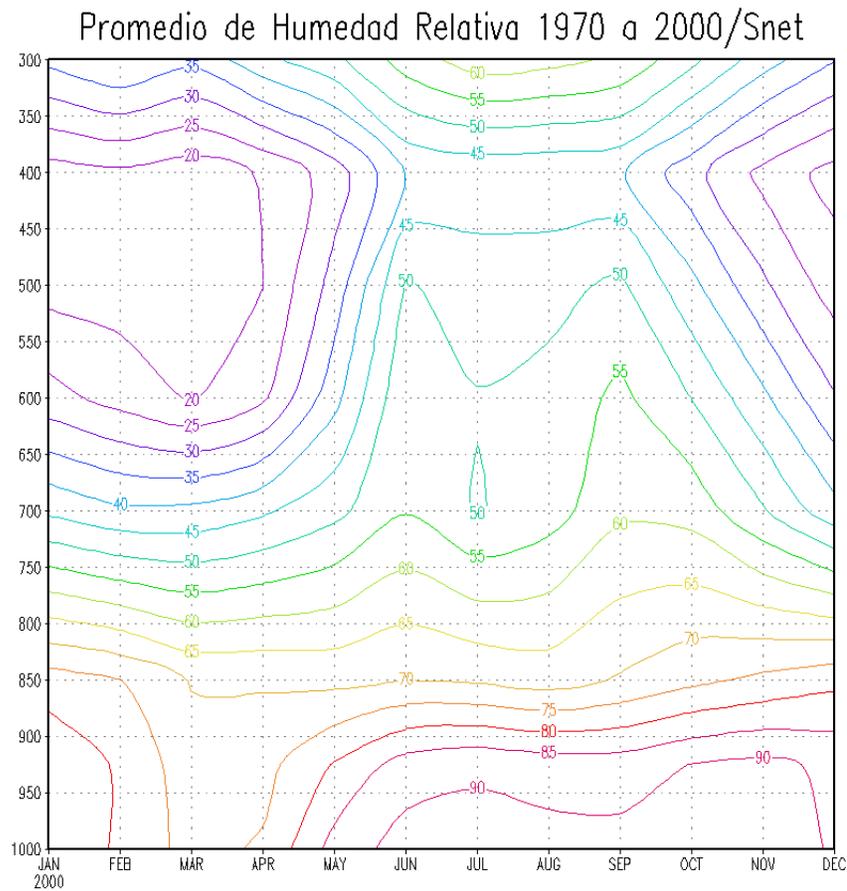


GrADS: COLA/IGES

Figura 2

Humedad Relativa:

De acuerdo a la Figura 3, desde el nivel de 1000 mb hasta el nivel de 825mb, la humedad promedio más baja oscila entre los niveles de 80 a 70 % entre enero y abril. Conforme se avanza en el tiempo, es decir para los meses de mayo y hasta inicios de diciembre, se observa que ésta se incrementa hasta un 90 %, correspondiendo esta situación a gran parte de la época lluviosa sobre San Salvador . En los 750 milibares, la humedad relativa alcanza 50%, disminuyendo gradualmente con la altura para los meses de la época seca hasta alcanzar un pico máximo en junio, el cual corresponde a uno de los meses mas lluviosos sobre San Salvador. Situación diferente se tiene en los meses de la estación lluviosa que desde 750mb se mantiene entre 45 y 60 % de humedad relativa.



GRADS: COLA/IGES

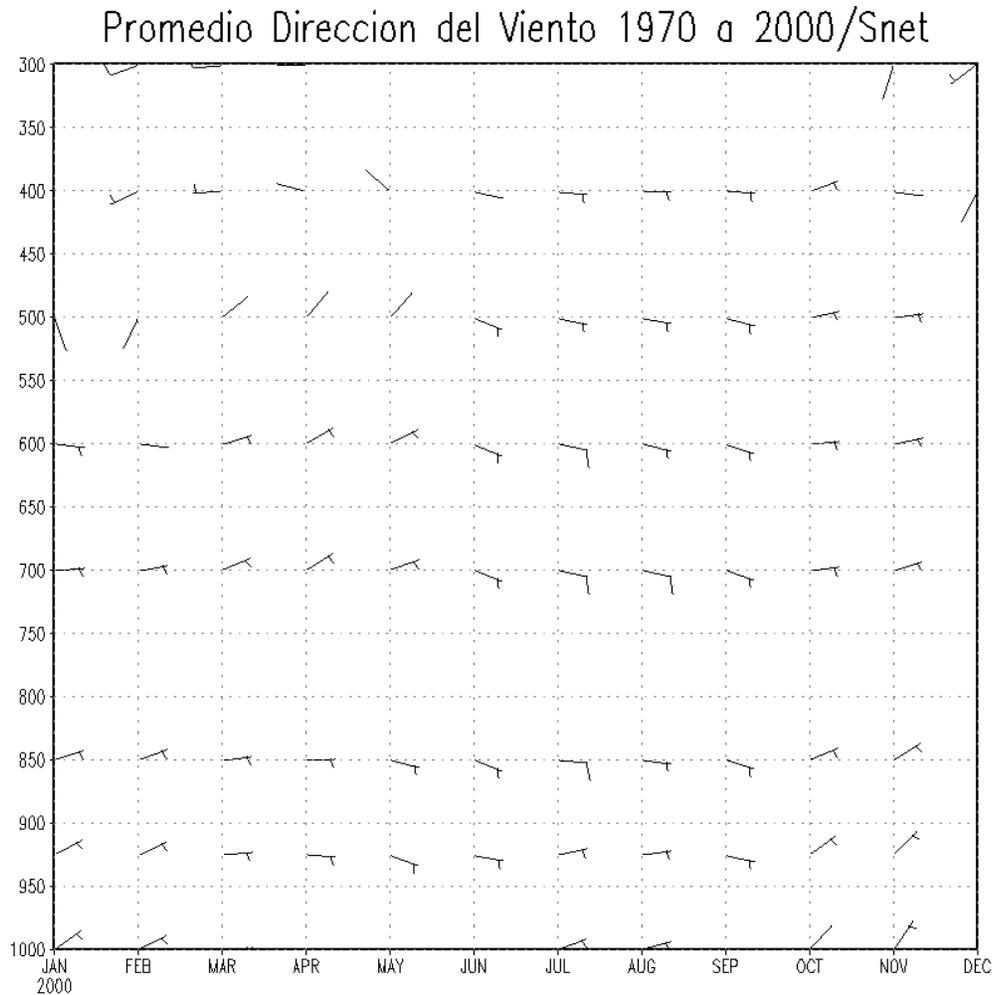
Figura 3

El Viento

Dirección del viento:

De acuerdo al gráfico No. 4 se observa que la dirección promedio del viento en los niveles de 1000 a 850 milibares para los meses de enero, febrero, octubre, noviembre y diciembre mantiene una dirección del NE, lo cual está asociado a los sistemas de alta presión en esta época. De marzo a junio, el viento es del ESE, asociado al flujo alisio predominante en la época lluviosa que, desde el Caribe, arrastra humedad hacia Centroamérica. Entre julio y agosto la dirección del viento es del ENE.

A partir de los 550 milibares la dirección del viento varía con la altura para los meses de la estación seca, volviéndose del W, que puede volverse indicador de la presencia de inversiones térmicas sobre San Salvador, mientras que durante la estación lluviosa se mantiene del Este para todos los niveles de la atmósfera incluyendo los de las capas alta.



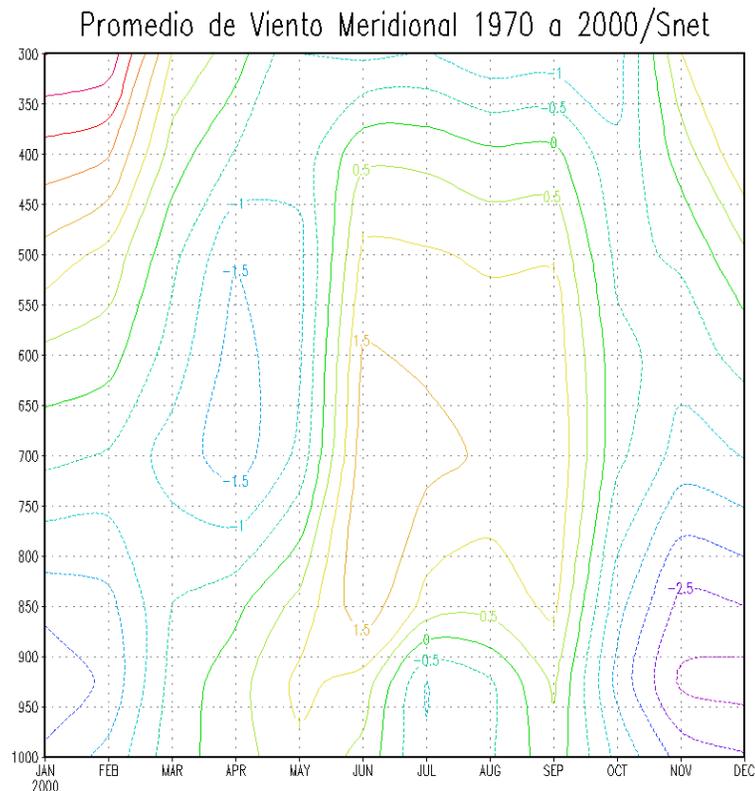
GRADS: COLA/IGES

Figura 4

Viento Meridional Promedio:

La Figura No. 5 muestra la componente V del viento, es decir la parte del viento que se mueve en dirección de los meridianos. En los niveles de 1000 hasta 850 milibares se notan valores negativos del viento meridional (es vientos con componente del Norte) principalmente desde la mitad de octubre hasta la mitad de marzo. Mientras que a partir de las dos últimas semanas de marzo y hasta septiembre se mantiene el viento con valores positivos de dirección Sur. También se nota que entre julio y agosto, en el nivel de 925 milibares se tienen valores negativos (viento del Norte), probablemente asociado al acercamiento del anticiclón semipermanente del Atlántico que limita el ascenso convectivo, favoreciendo la aparición de la canícula.

Para los meses de la estación seca, el viento meridional cambia de dirección a partir del nivel de 650 milibares pasando de vientos del Norte a vientos del Sur. En los meses de la estación lluviosa se mantiene viento del Sur hasta los 300 milibares, excepto en los meses de julio y agosto, cuando se vuelve del Norte en los niveles bajos de la troposfera.

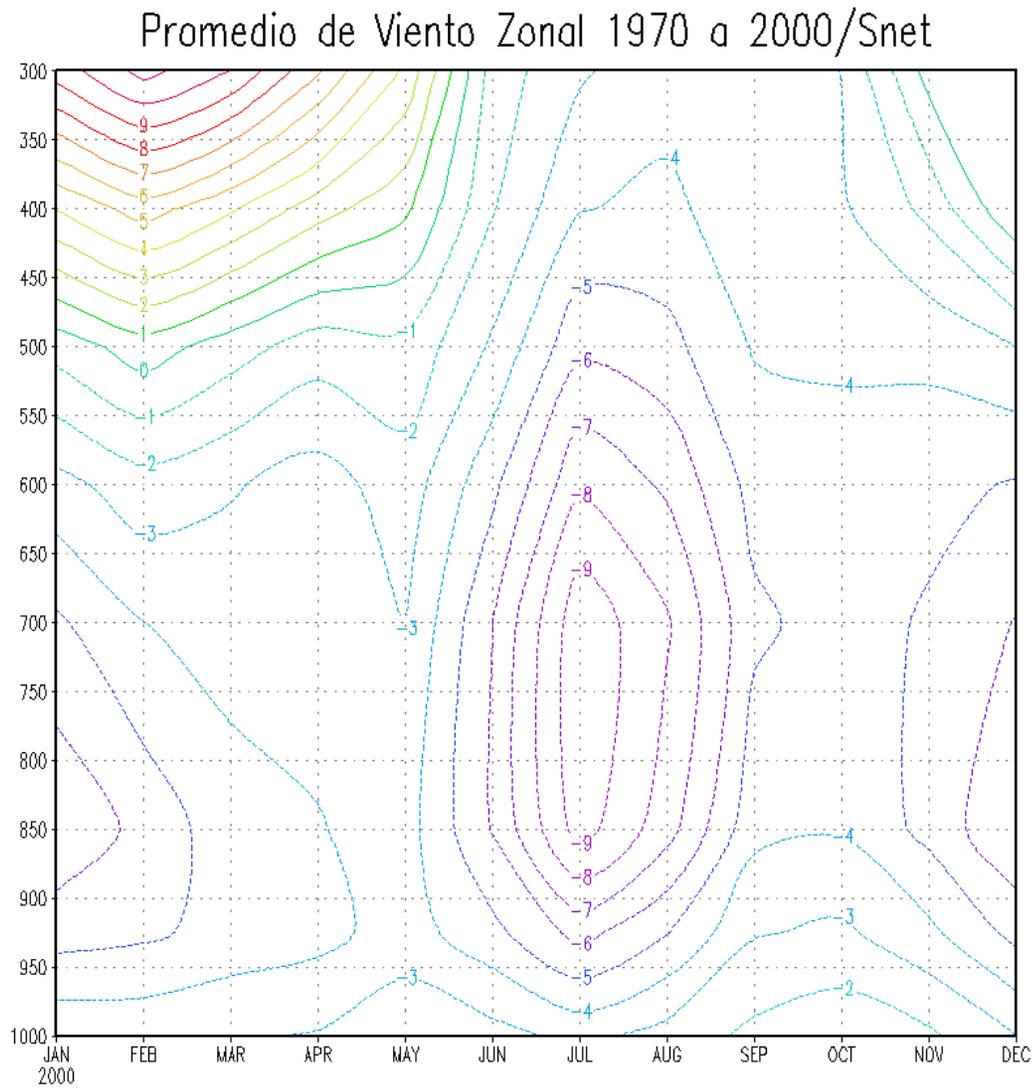


GRADS: COLA/IGES

Figura 5

Viento Zonal Promedio:

Para los niveles de 1000 a 850 milibares el viento zonal, es decir la componente del viento que se desplaza por los paralelos, mantiene valores negativos o sea del Este (Fig. 6), durante la época seca sobre San Salvador. El cambio de dirección del viento zonal se da aproximadamente en 500 milibares durante el mes de Enero a Mayo pasando de Oestes a Estes, incrementado la velocidad en el mes de Julio. Dicho incremento está asociado a una corriente en chorro que se extiende desde el Caribe del este hasta las costas de Nicaragua. En la estación lluviosa el viento zonal se mantiene con velocidades relativamente bajas.



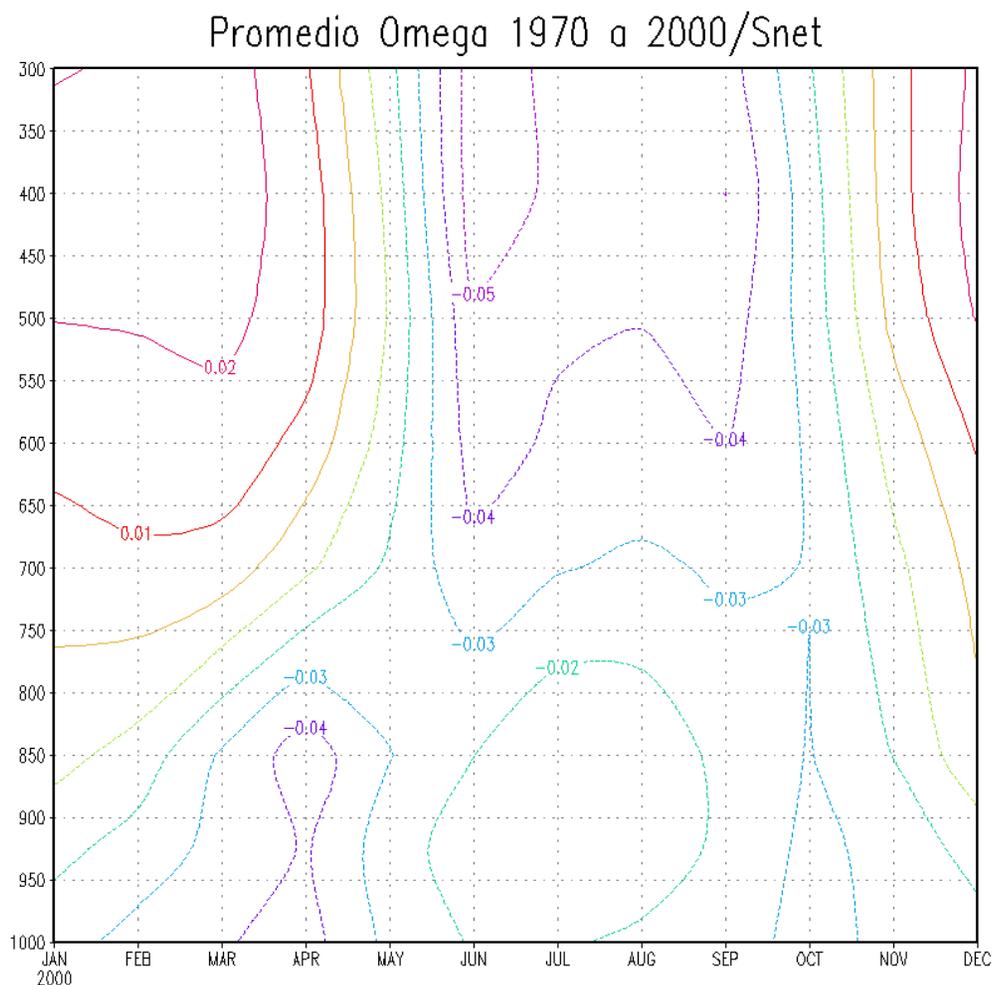
GrADS: COLA/IGES

Figura 6

Promedio Omega (velocidad vertical):

Durante la estación seca (enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre), entre los niveles de 1000 y 850 milibares, omega aumenta positivamente, es decir domina el movimiento descendente, por lo que no el desarrollo de nubosidad se inhibe, permaneciendo por tanto nubosidad llana. Para el resto de los meses del año, el valor de omega muestra valores negativos, es decir con movimientos ascendentes, que propician el crecimiento y desarrollo vertical de nubes (Fig. 7).

En los meses de la estación seca, el aire asciende aproximadamente sólo hasta el nivel de 750 milibares, no así en la estación lluviosa, cuando el aire asciende a más de 300 milibares.



GRADS: COLA/IGES

Figura 7

Determinación de La Capa Límite:

Para determinar la altura de la Capa Límite, se hizo uso de la base de datos histórica de READY con los datos de reanálisis exclusivamente en los meses de marzo y abril de 1998. La capa límite es la parte más baja de la atmósfera, la cual es afectada por las propiedades de la superficie de la tierra. Siempre se encuentra en un estado turbulento lo cual permite la mezcla de los gases en la atmósfera.

De acuerdo a lo analizado en los diferentes gráficos de estabilidad atmosférica a través de los índices de Pasquill, el rango donde se establece la mayor probabilidad de estabilidad para la estación de Ilopango es entre los 1000 a 1300 metros (Fig. 8), por lo que esperaríamos que la altura de la capa límite se encuentre preferentemente en esas alturas. La capa límite puede alcanzar los 1500 metros o más. Este comportamiento debería ser característico de los meses de la estación seca es decir (enero, febrero, noviembre y diciembre)

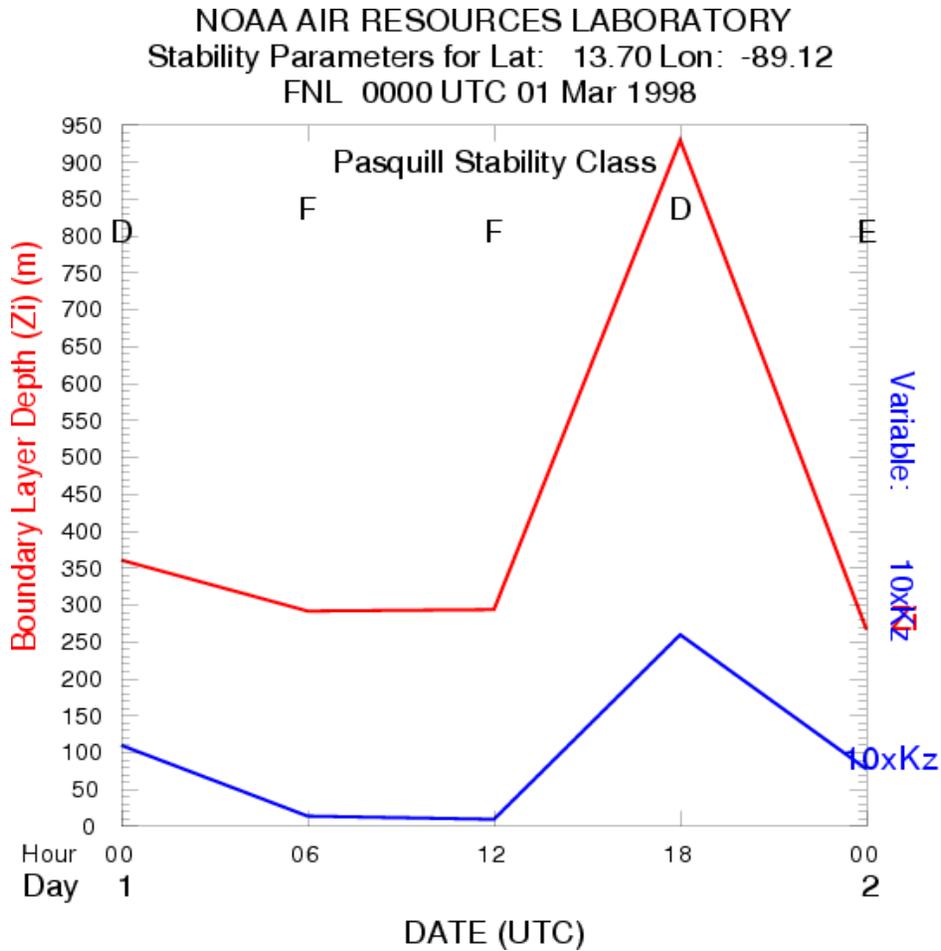


Figura 8

Inversiones Térmicas:

Inversiones Térmicas sobre San Salvador

Al investigar las inversiones térmicas sobre San Salvador, se utilizó el año de 1998 como base, dado que en este año se presentaron temperaturas bastante altas por estar en una fase de fenómeno de El Niño 1997-98. Para este análisis se utilizaron los datos históricos del READY (Real Time Environmental Applications and Display Systems) Air Resources Laboratory, NOAA, en su pagina <http://www.arl.noaa.gov/ready/amet.html>.

Al consultar los diferentes meses del año, se encuentra que la mayor frecuencia de inversiones térmicas ocurren entre los meses de enero, febrero y marzo, disminuyendo en los meses de abril y mayo y presentándose dos eventos de este tipo durante junio, reapareciendo en los meses de noviembre y diciembre, como se muestra en las tablas siguientes:

Conteo de Inversiones sobre San Salvador por mes durante 1998

Enero															
GTM	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
00															
06															
12															
18															

Enero																
GTM	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
00																
06																
12																
18																

Febrero															
GTM	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
00															
06															
12															
18															

Febrero													
GTM	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
00													
06													
12													
18													

Marzo															
GTM	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
00															
06															
12															
18															

Marzo																
GTM	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
00																
06																
12																
18																

Abril															
GTM	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
00															
06															
12															
18															

Abril																
GTM	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
00																
06																
12																
18																

Mayo															
GTM	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
00															
06															
12															
18															

Mayo																
GTM	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
00																
06																
12																
18																

Junio															
GTM	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
00															
06															
12															
18															

Noviembre																
GTM	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
00																
06																
12																
18																

Diciembre															
GTM	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
00															
06															
12															
18															

En conclusión durante la estación seca, la altura de esta inversión varía entre 931Hpa y 840Hpa, manteniéndose la capa de mezcla en estos meses baja muy cerca de la superficie provocando acumulación de contaminantes, y en el resto del año supera los 400Hpa, es decir a más de 7000 mts. En las figuras de la 9 y 10 puede observarse la inversión térmica a niveles más bajos que 900Hpa, la línea roja que hace un quiebre brusco, en los meses de época seca, mientras que en la figura 11, se puede notar que no existe tal inversión para los meses de la época lluviosa.

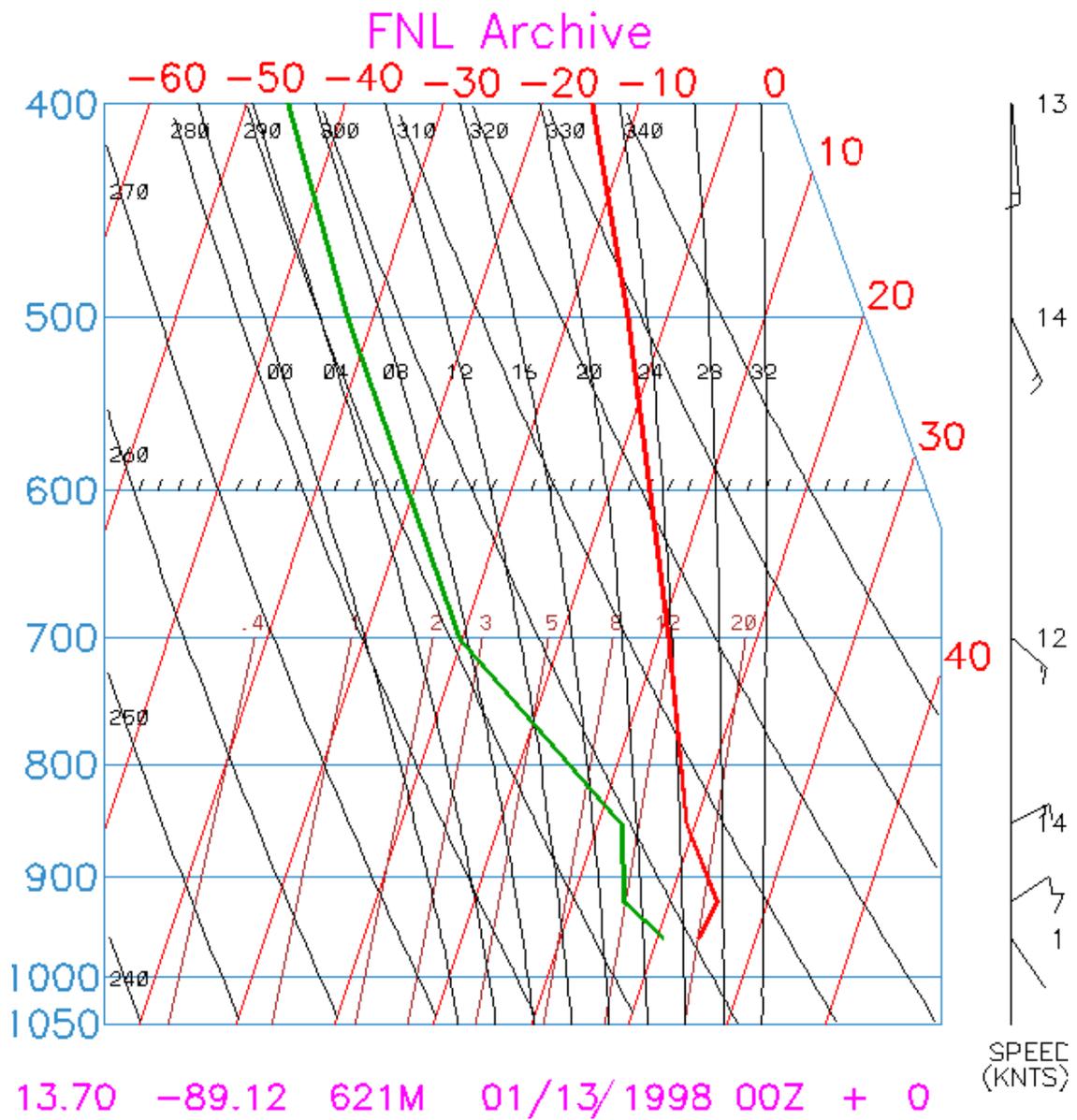


Figura 9

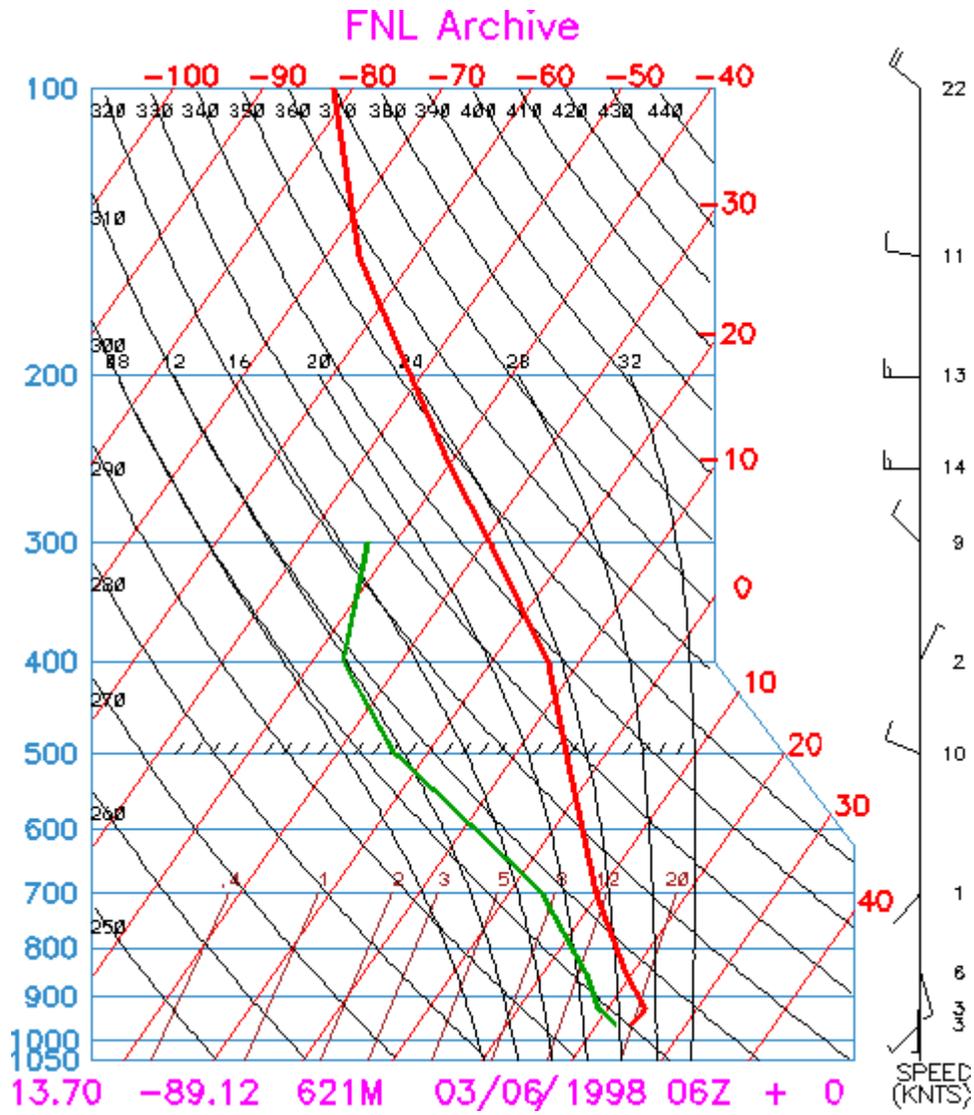


Figura 10

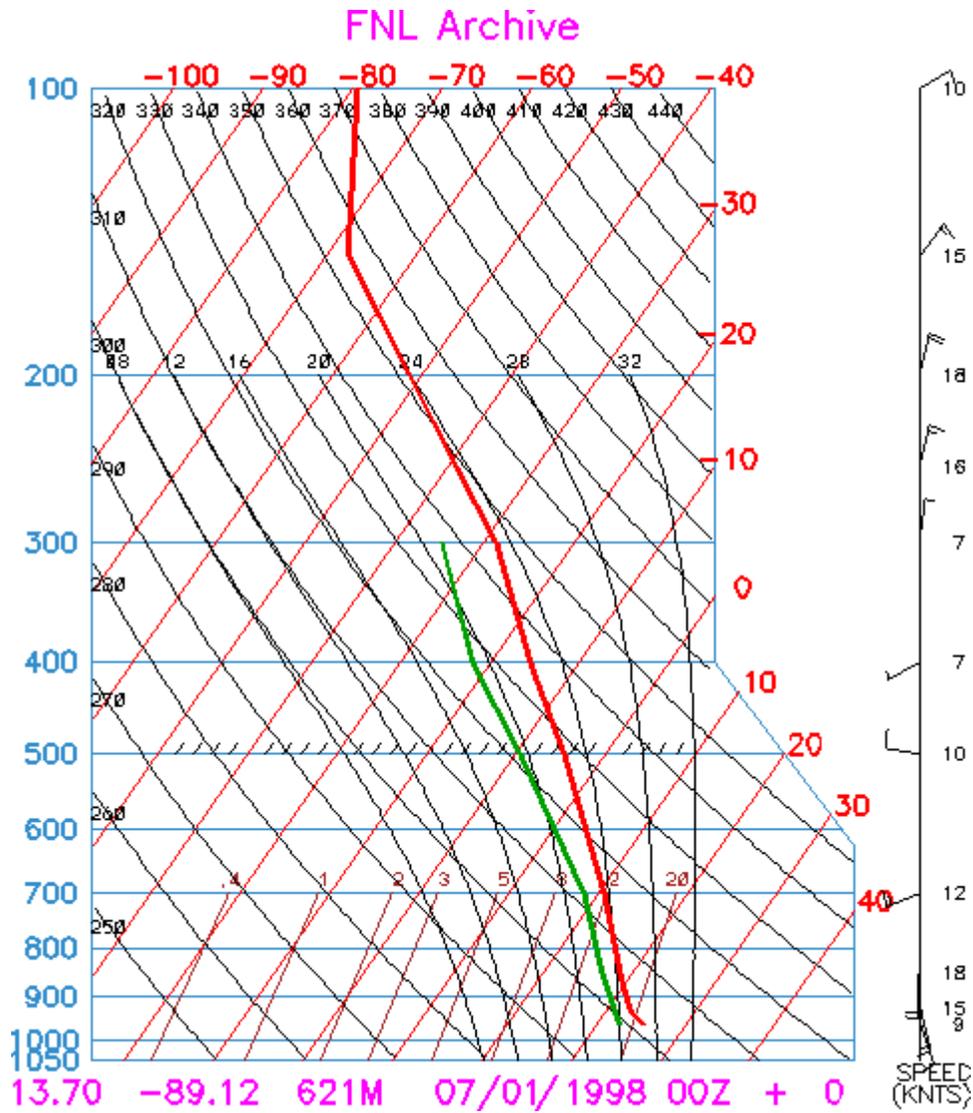


Figura 11

Al consultar los valores promedios de estabilidad entre los años 1970 a 2000, encontramos que es ligeramente estable hasta un nivel de 850mBar.

Capítulo V: CARACTERISTICAS METEOROLOGICAS Y TOPOGRAFICAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA Y DEL USO DE SUELO EN SAN SALVADOR.

DESCRIPCION TOPOGRAFICA

La región en estudio como se muestra en el mapa 1, anexo III, comprende toda el área metropolitana del gran San Salvador (AMSS), conformada por los siguientes municipios: San Salvador, Mejicanos, Ayutuxtepeque, Ciudad delgado, Soyapango, Ilopango, Santa Tecla, Antiguo cuscatlán, San Marcos, Santo Tomas, San Martín, Tonacatepeque, Apopa y Nejapa. Cubriendo un área de 126 kilómetros cuadrados.

San Salvador y su área metropolitana están situados sobre una superficie plana de erosión, con una altura entre 600 y 800 metros sobre el nivel del mar, dentro de la unidad geomorfológica denominada Graben Central, a lo largo del cual se ubican los volcanes activos de San Salvador y la caldera de Ilopango. Esta planicie está delimitada al Este por el Lago de Ilopango (438 msnm) y al Oeste por el macizo del Volcán de San Salvador (Boquerón y Picacho con 1967 msnm). Al Sur, toda esta superficie está delimitada por la Cordillera del Bálsamo con alturas máximas de 1100 msnm y por el Cerro San Jacinto con 1154 msnm con una morfología semicircular al sur del cerro la cual se interpreta como el remanente del colapso de una antigua estructura volcánica. Al norte se encuentran una zona de cerros más bajos con una elevación máxima de 798 msnm en los Cerros de Mariona.

El área está surcada por numerosas quebradas que nacen en las laderas del Picacho y Boquerón y en la Cordillera del Bálsamo, las cuales son tributarias del río Urbina y Acelhuate respectivamente que drenan el área en dirección Norte. En el sector Este del área metropolitana, las quebradas que nacen en el borde de la Caldera de Ilopango circulan hacia el Norte alimentando el río Las Cañas.

Toda la zona está controlada por fallas tectónicas que se agrupan en cuatro familias principales, de las cuales la más importante es la de dirección Este-Oeste, que marca la orientación y pendiente de la cara Norte de la Cordillera del Bálsamo. Las fallas de dirección NW-SE cuando interaccionan con las de dirección E-W parecen controlar la ubicación de los centros eruptivos recientes (Lago de Ilopango, Boquerón, Laguna Caldera).

USO DEL SUELO.

San Salvador es una zona urbana densamente poblada, los asentamientos de población no se limitan a esta área llana, sino que al oeste, correspondiente a Nueva San Salvador, se extiende sobre los flancos del Boquerón con alturas hasta los 1000 msnm.

En los últimos años debido al gran aumento de la población el uso del suelo ha tenido un considerable cambio. Una investigación sobre el análisis de la vulnerabilidad en una cuenca del gran San Salvador refleja que para el año de 1949 el área de cubrimiento por infraestructura era muy bajo (13.5%), esta se ha incrementado en gran proporción para el año 2002 (61.5%); disminuyendo el área cubierta por Árboles de 42.0 % al 34.5 %, Cultivos Temporales del 43.2 % a 0.0 % y Cultivos Temporales con Árboles de Baja Cobertura de un 1 % a 0.0 %. Al contrario los Árboles e Infraestructura han aumentado de un 0.3% a 1.5% junto con Árboles y Pastos que tuvo un aumento en el área del 0.0% a 2.5%.

Actualmente mas de la mitad del área esta siendo ocupada por infraestructura, esto se puede observar mejor al comparar mapas del uso básico del suelo para la cuenca del arenal de Monserrat (zona sur de la capital) de los años 1949 y 2002, probablemente esta disminución de cobertura vegetal a través del tiempo, este generando islas de calor en zonas muy populosas dentro del área metropolitana. (Ver mapas 2 y 3 anexo III).

También del mapa actual de uso de suelo para la zona metropolitana y sus alrededores, (mapa 4, anexo III) se puede observar al norte, noroeste y al este de la ciudad de San Salvador siembras de cultivos anuales (Caña de azúcar, pastos y granos básicos) los que en época de cosecha ó antes de las siembras son quemados sus rastrojos, produciéndose una atmósfera enrarecida por fuentes de contaminación local la cual es arrastrada hacia la capital por flujos de viento del norte y del este. Este fenómeno se presenta por lo general en la estación seca (de noviembre a marzo).

Clasificación Climática

El clima del área metropolitana de San Salvador pertenece a la región climática de los trópicos semihúmedos. La región donde se ubica la ciudad se puede zonificar climáticamente según dos criterios como se ve en el cuadro 1. La mayor parte de la zona de estudio esta ubicada en la región de tipo sabana tropical caliente o bosque húmedo subtropical con temperaturas mayores a los 24 °C.

Cuadro 1: Zonificación climática de San Salvador según Koppen-Sapper-Laurer y Holdridge.

Elevación	Estación	Zonificación climática según Koppen,Sapper y Laurer	Región climática según Holdridge
0 – 800 m.s.n.m	San Salvador Ilopango Soyapango	Sabana Tropical Caliente ó Tierra Caliente	Bosque húmedo subtropical, transición a tropical “ (con biotemperatura > 24 °C)
800 - 1200 m.s.n.m.	SantaTecla	Sabana tropical calurosa ó tierra templada	Bosque húmedo subtropical “ (con biotemperatura y temperatura del aire, medio anuales < 24 °C)

Nota: m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar.

CARACTERISTICAS CLIMÁTICAS DE GRAN ESCALA.

En la región tropical donde se ubica El Salvador en América central, los cambios térmicos de una estación a otra son pequeños, por el contrario el régimen de las lluvias se modifica por cambios en la posición e intensidad de varios sistemas de masas de aire, como los frentes fríos, ondas tropicales, huracanes, Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), bajas y altas presiones, vaguadas y dorsales estacionales. La mayoría de estos también se desplazan con el movimiento aparente del Sol, por ejemplo, durante el verano del Hemisferio Norte la ZCIT se ha movido hacia el Norte del Ecuador sobre Centro América, provocando en algunos meses como junio y septiembre precipitaciones intensas y prolongadas, conocidas como “temporales”, las que incrementan los caudales de los ríos.

Un factor que también condiciona el clima es la orografía, debido a que la cadena montañosa en la zona norte de El Salvador, origina que buena parte del país se localice a sotavento (atrás), del viento del Este proveniente del Caribe (Alisio), disminuyendo la inyección de humedad desde el Caribe en la estación seca, por ello las lluvias disminuyen mucho más comparadas con los países que tienen costas en la vertiente del Caribe.

Se reconoce sobre el país un régimen de lluvia con una estación seca entre noviembre y abril, donde marzo y abril son los meses más calurosos pues en la atmósfera hay masas de aire de sistemas de alta presión, con poca mezcla que hace que se incremente la inversión térmica cerca de la superficie de la tierra. Luego se presenta la estación lluviosa (mayo a octubre), ocurriendo durante julio y/o agosto una “canícula” en el cual la lluvia disminuye significativamente, en abril se presenta la transición de la época seca a la lluviosa y en noviembre la transición inversa; iniciando las lluvias al oeste del territorio y luego en el este.

El comportamiento de las lluvias es bimodal, observándose el máximo de lluvias en el mes de septiembre y el segundo máximo en junio, asociados estos a la presencia sobre la región de masas de aire de sistemas de baja presión incluida la Zona de Convergencia Intertropical que provoca la mayor frecuencia de Temporales que pueden presentarse, mientras que la Canícula se inicia con mayor frecuencia en los primeros diez días de julio (primera década) o en la primera década de agosto, afectando en especial la zona oriental del país, tales

períodos secos pueden durar 10 días cada año y más de 15 días cada 3 a 4 años, aunque los períodos secos más extremos se han detectado en los noventa, asociados al fenómeno de El Niño.

ESTACIONES METEOROLÓGICAS.

Para realizar el estudio de las características climáticas del área metropolitana del gran San Salvador se estudió el comportamiento mensual y la oscilación diaria de las principales variables meteorológicas a través del año en cuatro estaciones meteorológicas representativas de la zona, observando en el cuadro 2 la ubicación geográfica que presentan y mostrándose por medio de un triángulo en el mapa 1 del anexo III:

Cuadro 2: Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en estudio.

Índice	Estación meteorológica	Latitud Norte	Longitud Oeste	Elevación m.s.n.m.
S-5	San Salvador ITIC	13° 43.3	89° 12.4	710
S-10	Aeropuerto de Ilopango	13° 41.9	89° 07.1	615
S-27	Estación Matriz, Soyapango	13° 41.3	89° 08.6	650
L-8	Santa Tecla	13° 41.2	89° 17.3	965

El mapa 5 del anexo III muestra la ubicación de las estaciones sobre un mapa cartográfico, observando que las estaciones Santa Tecla y Soyapango se ubican cerca de áreas boscosas, mientras que la estación San Salvador ITIC esta dentro de la Universidad de El Salvador y cuenta con jardines y áreas verdes, mientras que la estación Aeropuerto de Ilopango se ubica al costado oriente de la pista de aterrizaje de la Fuerza Aérea de El Salvador, con vegetación arbustiva y construcciones en los alrededores.

El Cuadro 3 muestra los años de registro para cada variable meteorológica en estudio de cada estación. Los registros de las variables meteorológicas para estudiar la oscilación diaria consisten de 3 mediciones durante el día, la primera se hacen a las 07:00 horas locales, la segunda se hace a las 14:00 horas y la última a la 21:00 horas.

Cuadro 3: Serie de registros de cada estación meteorológica.

Estación	Lluvia anual (mm)	Temperatura Media, max, min, (°C)	Humedad Relativa (%)	Radiación global (cal/cm ² /día)	Viento (km/h)	Luz solar (horas)	Nubosidad (décimas)	Presión Atmosférica (milibares)
San Salvador ITIC	1751	23.1 31.0 18.1	72	420.8	7.4	8.2	5.0	933.5
Aeropuerto de Ilopango	1709	23.7 30.6 18.7	76	No hay instrumento	10.8	8.2	5.5	943.1
Estación Matriz, Soyapango	1841	23.6 30.3 18.4	74	447.2	5.5	7.8	6.9	No hay instrumento
Santa Tecla	1829	20.3 29.0 15.6	79	No hay instrumento	8.8	7.7	6.0	No hay instrumento

COMPORTAMIENTO DE LA VARIABLES METEOROLÓGICAS

COMPORTAMIENTO DE LA LLUVIA.

Se analizaron datos climatológicos con diferentes series de años que estaban disponibles, en promedio 20 años (cuadro 1, anexo IV), de estas series de datos se calcularon promedios mensuales para cada mes en particular.

Para la variable lluvia se realizaron gráficos del comportamiento mensual y las oscilaciones diarias que se presentan durante todo el año para las cuatro estaciones meteorológicas, Santa Tecla, San Salvador, Soyapango e Ilopango (figuras 1 a 4 anexo II) esta variable se combino con las estaciones que registran humedad relativa para poder visualizar el comportamiento de las dos variables en conjunto.

El comportamiento bimodal de la época lluviosa entre mayo y octubre es difícil de observar en las 4 estaciones meteorológicas, aparece un máximo claro de precipitación en septiembre y otro de menor magnitud que se registra en julio, con excepción de soyapango que se registra en junio, la canícula es leve y no se aprecia con claridad, por el contrario la cantidad de lluvia en julio es mayor al mes de junio en las estaciones de Santa Tecla, San Salvador e Ilopango.

Con respecto a la oscilación diaria de la lluvia durante el año se puede observar en las Figuras 5 a 8 del anexo II, que en horas de la noche y en la madrugada es el período donde llueve con respecto a las horas de la tarde o la mañana, excepto el mes de julio donde la mayor cantidad de lluvia se registra durante la tarde en Santa Tecla y Soyapango. La mayor probabilidad de lluvias en horas nocturnas están relacionados con el movimiento de las masas de aire húmedas provenientes del Caribe que viajan en el flujo horizontal (viento alisio) y cruzan El Salvador dejando lluvias sobre la mayor parte del territorio.

COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA

Se puede observar (figuras 9 a 12, anexo II) que la temperatura media seca y húmeda tiende a incrementarse entre los meses de marzo y mayo, sobrepasando los 20.0 °C, para todas las estaciones en estudio, con respecto a las temperaturas extremas (máxima y mínima) se observan que los registros de las temperaturas mínimas son los más bajos en los primeros meses del año (< 17 °C) asociadas a la presencia de masas de aire frío y seco provenientes de Norte América, incluidos los frentes fríos. Las temperaturas máximas alcanzan los valores más altos (> 30 °C) entre los meses de marzo y abril debido a que en esa época las masas de aire que invaden El Salvador son de sistemas de alta presión, disminuyendo la mezcla vertical y aumentando la inversión térmica cerca de superficie, el promedio mayor de temperatura máxima se registra en la estación de San Salvador ITIC con un valor medio mensual de 31.0 °C.

Con respecto a la oscilación diaria de la temperatura (figuras 13 a 16, anexo II) se concluye que el rango de variación entre las temperaturas de la noche y la mañana es mayor en los

meses de la época seca, los promedios de temperatura extrema para San Salvador ITIC, fluctúan entre 33.2 °C y 18.8 °C, con un rango de 14 °C, en el mes más cálido (abril) por lo que es en los meses de marzo y abril es donde se presenta más la inversión térmica durante el día. Esto se asocia a cielos despejados, la radiación solar aumenta el calor de la superficie del suelo durante ese tiempo. Al contrario de la época lluviosa, en donde las variaciones de temperatura durante el día son menores, en un rango de menos de 9 °C.

El promedio anual de temperatura para San Salvador ITIC es de 23.1 °C, oscilando entre 24.5 °C para abril y 22.1 °C para diciembre.

COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD RELATIVA

En las figuras (1 a 4, anexo II) se observa que la humedad relativa tiende a incrementarse en los meses de la estación lluviosa (>80 %) y a disminuir en la estación seca (< 65 %), siendo los rangos de variación entre ambas épocas hasta del 20%. Solo Santa Tecla muestra el rango de variación más pequeño durante el año de menos del 15 %, debido a que la estación se ubica aun entre porciones importantes de vegetación de las faldas del volcán de San Salvador y la cordillera del Bálsamo.

La variación de la humedad relativa durante el día (figura 17 a 20, anexo II) presenta en su distribución, los mínimos en las horas de mayor calentamiento entre las doce y las catorce horas en todos los meses del año con promedios por debajo de 45 % para los meses de la época seca, tal comportamiento se origina por la mañana cuando la brisa de tierra desplaza el aire desde la tierra hacia el océano y durante la época lluviosa también hay un ascenso del aire que deja la superficie de la tierra sin humedad alrededor del mediodía. Lo contrario sucede con los valores máximos de humedad que se presentan a partir de la media noche hasta el amanecer sobrepasando el 80 %, relacionado con la concentración de humedad en la superficie luego de que en horas de la tarde la brisa marina transporta humedad de la costa pacífica agregando el flujo horizontal proveniente desde El Caribe, de igual forma la lluvias de preferencia en la noche o madrugada saturan el aire de humedad.

El promedio mínimo para San Salvador es de 46 % el mes de febrero y el máximo es de 96 % en el mes de septiembre.

COMPORTAMIENTO DE LA RADIACIÓN, LUZ SOLAR Y NUBOSIDAD

El comportamiento de la radiación solar para la zona de Soyapango (figura 31, anexo II) refleja un aumento para los meses de la estación seca, el máximo promedio se da en marzo y sobrepasa las 560 Cal/cm²/mes, el mínimo promedio se dan en la estación lluviosa en el mes de octubre el cual alcanza las 342 Cal/cm²/mes en la misma estación.

La luz solar esta asociada con la nubosidad (figuras 21 a 24, anexo II) cuando la nubosidad es escasa aumenta la luz solar, lo contrario cuando aparecen nubes en el cielo, la cantidad de luz solar es menor. En los meses de la época seca hay un aumento en la cantidad de horas de luz solar, con cielos despejados, alta radiación solar y vientos fríos y secos, al contrario de la época lluviosa en que la nubosidad aumenta, ocasionando lluvias moderadas y las horas de luz solar disminuyen. En el mes de marzo podemos observar más horas de

luz solar y menos nubosidad, contrario a septiembre y junio donde hay mas nubosidad y menos luz solar, esto coincide con la presencia de bajas presiones, la Zona de Convergencia Intertropical y mucha lluvia.

Las figuras (25 a 28, anexo II) se muestra tres mediciones de nubosidad durante el día y se observa como la nubosidad va aumentando en el año, tendiendo a disminuir cuando comienza la estación seca y a aumentar en la estación lluviosa, el mes con mayor nubosidad es septiembre alcanzando hasta nueve decimos de la bóveda celeste cubierta de nubes, las horas de la noche son las que presentan mayor cantidad de nubes durante el período de lluvias, al contrario de la estación seca en que las horas de la tarde son las de mayor nubosidad aunque cubriendo la bóveda celeste en menos de 4 décimas.

COMPORTAMIENTO DEL VIENTO

Se puede observar que el valle de San Salvador y Santa Tecla se encuentra rodeada al Sur por la cordillera del bálsamo, al oeste por el volcán de San Salvador y al Norte por algunos cerros de menor altura, lo cual hace de este valle una zona con un comportamiento de viento variable por sector, también estas característica topográficas de el AMSS, tiene una influencia directa en el comportamiento de los vientos en superficie.

Se utilizaron datos promedios mensuales para determinar la velocidad de los vientos, en el caso de los rumbos se determinaron los que mas predominio tienen en los diferentes meses del año. De los 12 mapas correspondientes a los 12 meses del año los rumbos dominantes de donde soplan los vientos varían entre vientos del Norte y del Sur. Durante los meses de octubre a marzo (mapas 6, 7, 8, 15, 16, 17, anexo III) en las 4 estaciones meteorológicas soplan vientos del Norte o del NorEste con velocidades medias arriba de los 9 Km/h.

Durante los meses de abril a septiembre, (mapas 9, 10, 11, 12, 13, 14, anexo III) en el período en que se registran lluvias los rumbos son variables en cada estación, siendo predominantes del Sur en las estaciones de Soyapango y Aeropuerto de Ilopango, asociado a la brisa marina que ingresa desde la costa hacia la cordillera al sur del lago de Ilopango, por el contrario en la estación de Santa Tecla el viento que ingresa desde el Volcán de San Salvador induce un flujo local del viento desde el Norte, en el mismo período la velocidad media del viento es menor a los 9 Km/h.

Por lo general la brisa marina incursiona y remonta las montañas al sur del área metropolitana de San Salvador después del mediodía, llegando a la ciudad de San Salvador alrededor de las 14 horas.

Durante la estación seca las masas de aire provenientes de los sistemas de alta presión, acompañados de frentes fríos incursionan hacia Centro América provocando vientos “Nortes” que alcanzan velocidades máximas de 15 a 20 metros por segundo, y a veces pueden prolongarse durante varios días. También el paso sobre San Salvador de tormentas eléctricas producen vientos fuertes (rachas) de corta duración (5 ó 10 minutos) con velocidades de entre 20 y 30 metros/seg.

Se adiciona al análisis el mapa de velocidad media y rumbo dominante anual del viento (mapa 18, anexo III), en donde se observa que para la zona en estudio las velocidades medias son alrededor de los 8 km/hora, existiendo un predominio de la dirección del viento con componente Norte.

COMPORTAMIENTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

La distribución en el tiempo de la presión atmosférica se muestra en la figura 30 del anexo II, observando una tendencia como la presión atmosférica tiende a disminuir a partir de mayo hasta octubre, con aumentos significativos en julio y/o agosto debido a la influencia de altas presiones migratorias que son causantes del período canicular.

Existe una clara disminución de la presión atmosférica en el área metropolitana de San Salvador durante la estación lluviosa. Todo lo contrario sucede durante la estación seca donde la presión se mantiene alta originada por las masas de aire de sistemas de alta presión que se ubican sobre el país, disminuye la nubosidad y los días con lluvia y aumentan los días solitarios y calidos.

Para la zona de San Salvador en el mes de septiembre se presentan los valores de presión atmosférica mas bajos (932.8 mb) asociados a sistemas de bajas presiones y al acercamiento la de la Zona de Convergencia intertropical (ZCIT), mientras que en enero los mas altos (934.1 mb) asociados a la incursión de masas de aire provenientes de sistemas de alta presión acompañadas de frentes fríos.

La oscilación de la presión atmosférica durante el día (figura 31, anexo II) presenta valores de menor presión atmosférica durante las tardes comparado a las mañanas, esto se relaciona con el fenómeno conocido como marea barométrica, donde hay una oscilación de la presión a nivel local originada por los calentamientos y enfriamiento de la superficie terrestre en horas de la tarde que origina que el aire sea menos denso y ascienda, generando a su vez un “vacío” o baja presión térmica, lo contrario sucede en la noche donde el enfriamiento de la superficie de la tierra desarrolla una alta presión relativa al resto del ambiente que la rodea.

Durante la tarde al desarrollarse los sistemas de baja presión relativa en la época lluviosa donde el aire se satura de humedad es muy probable la formación de tormentas eléctricas que precipitan al final de la tarde y en la noche.

ESTIMACION DE LA VARIACION DIURNA (HORARIA) DE LAS VARIABLES CLIMATICAS.

Para la zona metropolitana de San Salvador se analizó el comportamiento hora en hora (ciclo diurno) de las variables climáticas mas importantes que pueden influir en la permanencia de los contaminantes atmosféricos, para ver si estas variables presentan una relación entre si, se realizaron gráficos para la estación seca (de noviembre a abril) caracterizada por bajo contenido de humedad y sistemas de altas presiones y la lluviosa (de mayo a octubre) caracterizada por altos contenidos de humedad y sistemas de bajas presiones, estas estaciones climáticas están definidas claramente para El Salvador.

Como se aprecia en la figura 32 del anexo III, el ciclo diurno de la temperatura en la estación seca presenta un mayor rango entre la menor y la mayor temperatura durante el día (11.1 °C), al contrario de la estación lluviosa en que el rango se acorta (9.4 °C). esto significa temperaturas mas bajas por las noches y mas altas por el día, en la estación seca

Al contrario el ciclo diurno de la humedad relativa presenta valores mayores en horas nocturnas y menores por las tardes, en la estación seca se presentan valores menores durante el ciclo diurno , alcanzando valores de 40 % en horas de la tarde, se observa una diferencia bien establecida entre las dos estaciones (Figura 33, anexo III).

Las máximas cantidades de lluvia en la estación lluviosa se dan entre la 21:00 y las 22:00 horas, con valores mayores en la estación lluviosa los meses, al contrario de la estación seca en donde las lluvias son débiles y escasas y también se presentan en horas nocturnas. (Figuras 34, anexo III).

La velocidad horizontal del viento en superficie es variable y tiende a incrementarse en horas diurnas, debido al efecto de la brisa marina después del mediodía, se observa una marcada diferencia entre la estación seca y la lluviosa, siendo mayor el ciclo diurno en la estación lluviosa.

En la estación seca durante los meses de noviembre a febrero predomina el flujo de viento del norte, en cambio en los meses de marzo y abril se presentan velocidades menores por la noche y mayores por las tardes con rumbos del sur y suroeste. En la estación lluviosa es en el mes de mayo donde se presenta el mismo comportamiento (Figuras 35, 36, 37, anexo III).

Los meses que presentan mayor turbidez en la atmósfera son los meses de marzo y abril en la estación seca, en cambio en la estación lluviosa, puede ser julio ó agosto, dependiendo cuando se presente la canícula, se observa en estos meses patrones similares de comportamiento en las variables temperatura, humedad relativa y viento, en horas matutinas el viento en superficie es débil el cual podría estar asociado a nortes ó brisa de tierra (< 4.0 km/hora), la temperatura oscila entre los 18 y 21 °C y la humedad relativa es menor que el 80 %, las lluvias tienden a ser escasas. (Figuras 38, 39, 40, anexo III). El comportamiento de estas variables en horas nocturnas es determinantes para la permanencia de los contaminantes atmosféricos durante el día, se observa sobre la zona metropolitana de San Salvador mucha bruma en esa época del año.

COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES CLIMATICAS.

Se analizo el comportamiento de las principales variables climáticas medias anuales para el periodo 1970-2001, en la estación de Ilopango, en el caso de la precipitación fue bastante fluctuante, se observa una tendencia a disminuir en años niños y a aumentar en años niñas, (diferencia de 11.2 mm) al contrario de la humedad relativa que se mantiene con pocas fluctuaciones en un rango intermedio entre 74 y 77 %, para la temperatura se observa un tendencia a aumentar en el periodo analizado, (diferencia de 8 °C) lo cual podría estar asociado a la pérdida de cobertura vegetal debido al incremento de núcleos poblacionales en San Salvador y sus alrededores, generándose islas de calor en los lugares mas densamente poblados (Figura 45, anexo II).

CONCLUSIONES DE CAPITULO.

La permanencia de contaminantes sobre San Salvador son determinados por el comportamiento de las variables climáticas, las barreras orográficas que rodean la ciudad, la cercanía de la costa pacífica y la posición geográfica de la ciudad (Latitud y longitud), durante la estación seca (noviembre a marzo) y la transición seca lluviosa (abril) el comportamiento de las variables meteorológicas estudiadas para la zona de San Salvador es influenciado por las masas de aire frío, la incursión de los frentes fríos y los sistemas de altas presiones. Es en esta época cuando los rangos de presión atmosférica durante el día aumentan, asociado a la presencia de masas de aire frío, la que provoca cielos con nubosidad escasa, una disminución de la humedad relativa y una radiación solar intensa.

Al analizar el comportamiento de las variables climáticas en superficie podemos observar que durante la época seca la temperatura disminuye por la persistencia de las masas de aire polar y tiende a irse incrementando en los meses de marzo, abril y mayo, por la presencia de alta subsidencia de aire que despeja el cielo de nubes, siendo el mes de abril el que registra las máximas temperaturas y la mayor variación diurna, durante estos meses la acumulación de bruma es mayor, el cielo se pone rojizo debido posiblemente a una gran cantidad de partículas grandes suspendidas en la atmósfera.

En los siguientes meses comienza a disminuir debido a la invasión de masa de aire húmedo que provienen de los océanos, en este periodo se forma mayor cantidad de nubes la que produce chubascos por las tardes y la noche, la mayor cantidad de tormentas se presentan en horas nocturnas entre las 21:00 y las 22:00 horas, entre el mes de julio y agosto la temperatura tiende a aumentar y las lluvias disminuyen debido a la presencia de sistemas de alta presión, en el mes de julio se da la mayor variación diurna de la temperatura, a medida se avanza en los meses del año, vuelve a disminuir la temperatura y las lluvias se incrementan debido a la presencia de sistemas de bajas presiones, como depresiones y tormentas tropicales.

Entre noviembre y enero cuando la frecuencia e intensidad de los frentes fríos es alta, en San Salvador los vientos son de dirección Norte con velocidades medias que alcanzan los 9 km/hora, aunque en el ciclo diurno el rumbo del viento es del norte por las mañanas y por las noche y del sur por las tardes, debido a la influencia de la brisa marina después del mediodía, ocasionalmente los frentes producen ráfagas instantáneas hasta de 60 Km./ hora, durante la cual la atmósfera es limpiada de contaminantes. En los meses de marzo y abril la velocidad del viento es débil en la madrugada y se incrementa por las tardes, con rumbo del sur, en estos meses es cuando se da la mayor cantidad de inversiones térmicas.

Se puede afirmar que en el ciclo diurno, existe una estrecha relación en el comportamiento de las variables climáticas en superficie, cuando por las noches la temperatura es menor que 20 °C, la humedad relativa es menor que 80 %, no hay lluvias significativas y el viento es menor que 4 km/hora, son condiciones adecuadas para que se presente una inversión térmica.

Al analizar las principales variables climáticas durante un periodo de tiempo prolongado, se puede observar que la temperatura tiende a incrementarse (8 °C) y la lluvia a disminuir levemente (11 mm), en el caso de la temperatura, podría estar influenciado por el incremento de la población, los complejos habitacionales y la disminución de la cobertura vegetal.

ANEXOS DE CAPITULO V

ANEXO I

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA ASPECTOS METEOROLÓGICOS

El viento, la humedad, la inversión y las precipitaciones tienen un papel importante en el aumento o disminución de la contaminación. El viento generalmente favorece la difusión de los contaminantes ya que desplaza las masas de aire en función de la presión y la temperatura. El efecto que puede causar el viento depende de los accidentes del terreno o incluso de la configuración de los edificios en las zonas urbanizadas. Al contrario del viento, la humedad juega un papel negativo en la evolución de los contaminantes ya que favorece la acumulación de humos y polvo. Por otra parte, el vapor de agua puede reaccionar con ciertos aniones aumentando la agresividad de los mismos, por ejemplo el trióxido de azufre en presencia de vapor de agua se transforma en ácido sulfúrico, lo mismo ocurre con los cloruros y los fluoruros para dar ácido clorhídrico y fluorhídrico respectivamente.

<http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/atmosfera.html>

Altas temperaturas favorecen la contaminación

Las condiciones meteorológicas y topográficas adversas desempeñan un papel importante en los altos niveles de contaminación que se observan en muchos centros urbanos de América Latina. Por ello, cita que las elevadas temperaturas del ambiente en Brasil y México causan emisiones por evaporación más altas que los vehículos automotores, y la variación solar favorece la formación de ozono como contaminante secundario

<http://csf.colorado.edu/mail/elan/dec97/0094.html>

Principios del transporte y dispersión

El transporte y dispersión de contaminantes del aire ambiental están influenciados por complejos factores. Las variaciones globales y regionales del clima y las condiciones topográficas locales afectan el transporte y dispersión de los contaminantes. En una escala mundial, las variaciones del clima influyen sobre el movimiento de los contaminantes. Por ejemplo, la dirección predominante de los vientos en Centroamérica y norte de Sudamérica es de este a oeste y en Norteamérica y sur de Sudamérica es de oeste a este. En un nivel más local, los principales factores del transporte y dispersión son el viento y la estabilidad.

INVERSION TERMICA

Generalmente, cuando el aire más caliente está por encima del aire frío se presentan condiciones atmosféricas estables, de ese modo se inhibe la mezcla vertical. Esta condición se denomina inversión térmica. Cuando hay una ligera mezcla vertical o no hay mezcla, los contaminantes permanecen en la zona baja y tienden a aparecer en concentraciones mayores.

http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/orienta/lecc6/lecc6_1.html

El problema que esto crea es impedir la dispersión vertical de los humos y de otros contaminantes enviados a la atmósfera por las industrias, calefacciones, motores de explosión, actividades urbanas etc.

Las causas que determinan la aparición de una inversión térmica son diversas, pero normalmente son causadas por uno de los siguientes procesos

- Superposición de masas de aire que se encuentran a diferentes temperaturas. Un ejemplo característico es el paso de un frente frío o cálido
- Alteración de una masa de aire que originalmente era homogénea, modificándose la estructura vertical de los niveles bajos de la atmósfera. Este caso es debido principalmente al enfriamiento de la superficie de la tierra durante la noche.

Por esto es frecuente la aparición de inversiones térmicas en el borde oriental de los anticiclones, es decir en la costa oeste de los continentes como Los Angeles. Santiago, Lisboa, El Cabo, presentan un alto número de inversiones térmicas a lo largo del año, agravado por un alto índice de polución existentes en estas macrociudades. Por otro lado, las precipitaciones en forma de agua o nieve tienen un efecto de limpieza del aire, pero evidentemente los contaminantes pasan a los suelos o a las aguas.

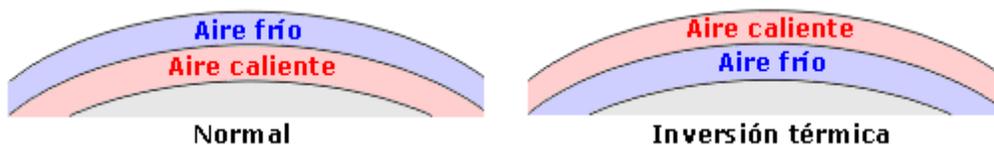
<http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/atmosfera.html>

La dispersión de contaminantes de una fuente depende de la cantidad de turbulencia en la atmósfera cercana. La turbulencia puede ser creada por el movimiento horizontal y vertical de la atmósfera. El movimiento horizontal es lo que comúnmente se llama viento. La velocidad del viento puede afectar en gran medida la concentración de contaminantes en un área. Mientras mayor sea la velocidad del viento, menor será la concentración de contaminantes. El viento diluye y dispersa rápidamente los contaminantes en el área circundante.

Otros factores meteorológicos básicos que afectan la concentración de contaminantes en el aire ambiental son:

- radiación solar
- precipitación
- humedad.

La dispersión y transporte de contaminantes pueden estar afectados por factores climáticos y geográficos. Un ejemplo es la inversión térmica. Como se mencionó anteriormente, la inversión térmica es una condición atmosférica causada por una interrupción del perfil normal de la temperatura de la atmósfera. La inversión térmica puede retener el ascenso y dispersión de los contaminantes de las capas más bajas de la atmósfera y causar un problema localizado de contaminación del aire. Los episodios que tuvieron lugar en Londres, Inglaterra, y Donora, Pennsylvania, fueron el resultado de inversiones térmicas.



http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/orienta/lecc6/lecc6_1.html

GOBIERNO DE CHILE
CONAMA
METROPOLITANA DE SANTIAGO
En la R.M.

Factores meteorológicos y contaminación atmosférica.

Durante el período otoño-invierno las características climáticas de la cuenca de Santiago presentan en general, condiciones desfavorables para la dispersión de contaminantes, lo que se ve potenciado por su topografía.

Hasta hace poco, se asociaba a los episodios de contaminación atmosférica la presencia en la región de inversiones térmicas de subsidencia y radiativa. Ambos son fenómenos que impiden la adecuada dispersión de los contaminantes y aunque varían según la época del año, siempre están presentes en la región.

En 1994 se logró establecer que existían 2 tipos de configuraciones meteorológicas que están íntimamente ligadas con la presencia de emergencias ambientales. Son lo que se denomina episodios tipo A y BPF.

Tipos de episodios

Configuración de tipo A:

Se caracteriza por la entrada de altas presiones y temperaturas en altura (dorsal cálida) en la tropósfera media y sobre la zona central, que reemplaza a una vaguada en altura (lo contrario a una dorsal, área de bajas presiones y temperaturas) cuyo eje presenta normalmente una orientación noroeste-sureste.

Sincronizado a esta condición de altura se produce a niveles bajos la formación de una vaguada costera entre un centro de altas presiones frío al otro lado de la cordillera de Los Andes en sector argentino (alta fría migratoria) y un centro de altas presiones sobre el pacífico (subtropical). Estos dos sistemas de altas presiones obstaculizan el desplazamiento de la dorsal y la vaguada, las que se mueven desde el norte hacia el sur. Toda esta configuración además produce en la superficie viento del este, es decir, desde la cordillera de Los Andes hacia la costa. Esto provoca que los máximos de concentración de PM10 se den en el poniente de la cuenca (Pudahuel, Cerro Navia, Lo Prado).

Durante estos días se puede apreciar cielos despejados y alta variación de temperatura: días cálidos y noches heladas. Esta clase de episodio frecuentemente termina con la entrada de aire costero.

Configuración de tipo BPF:

A diferencia del episodio A, este se caracteriza por la presencia de una vaguada costera en la tropósfera media (6 a 7 km de altura), acompañando a un sistema frontal débil u ocluido, que pierde energía a medida que se aproxima a la cuenca de Santiago.

En la configuración BPF se distingue un centro de baja presión al este de la Cordillera de Los Andes y una alta fría migratoria desplazada sobre el Atlántico. Esta condición está normalmente asociada a una cobertura nubosa prefrontal del tipo media y alta, y bajo factor de ventilación.

Episodios Múltiples o mixtos:

Ocurren cuando se alternan los episodios de tipo A y BPF con períodos intermedios del orden de 24 horas. Generalmente los episodios mixtos comienzan con una configuración del Tipo A seguida de una Tipo BPF.

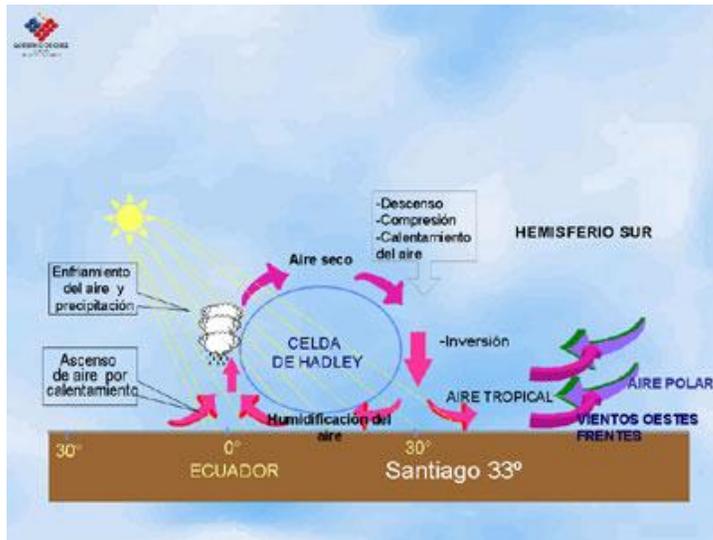
Condiciones meteorológicas y dispersión de contaminantes

Condiciones de ventilación y dispersión	Factores meteorológicos asociados
Favorables	Pasos de sistemas frontales activos, precipitaciones y ausencia de inversión térmica de subsidencia. Condiciones de inestabilidad post frontal, Paso de frentes de regular actividad o de núcleos fríos en altura. Advecciones intensas de aire marino saturado en agua (desplazamiento de masas de aire desde la costa al valle central).
Regulares	Alta Subtropical del Pacífico, Paso de sistemas frontales en altura. Advecciones débiles de aire costero.
Malas (episodios críticos de contaminación)	Configuraciones meteorológicas de tipo A, BPF o mixtas.

<http://www.conama.cl/rm/568/article-1117.html>

Un problema de latitud

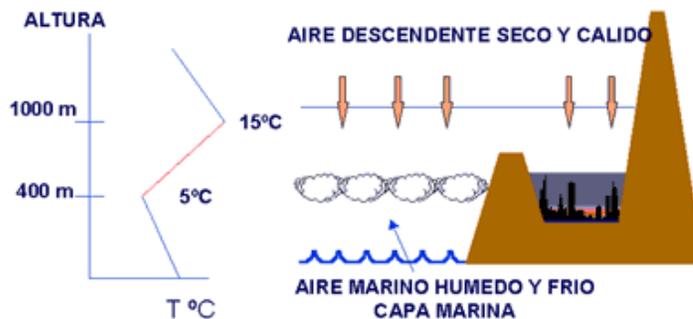
Es un hecho conocido por los meteorólogos que en las latitudes medias, es decir, entre los trópicos y los círculos polares existe un fenómeno llamado inversión térmica de subsidencia, esto es, masas de aire que tienden a moverse hacia el suelo y que ejercen una presión hacia la superficie. En el caso de Santiago, estas masas de aire funcionan como un émbolo que aprisiona a los contaminantes impidiendo su dispersión.



(Imagen: Conama RM)

En el Ecuador (línea que divide a la Tierra en dos mitades) las altas temperaturas permiten una rápida y constante evaporación del agua, lo que genera grandes nubes llamadas cúmulo nimbo que llegan a gran altura. Precipitan durante las horas de la tarde en esas regiones y luego las corrientes de aire las transportan hacia las zonas de latitudes medias en forma de aire caliente y seco, dando forma a la inversión térmica de subsidencia.

Por ejemplo, las corrientes de aire cálidas y secas que producen la inversión térmica son arrastradas desde las zonas tropicales por las diferencias de presión que se dan en el planeta. Esto, porque el viento se desplaza desde zonas de altas presiones hacia zonas de bajas presiones a una velocidad proporcional a la diferencia de presión atmosférica.



Este fenómeno actúa como un émbolo aprisionando la masa de aire contra la superficie de la tierra, produciéndose la concentración de los contaminantes en el valle. (Imagen: Conama RM)

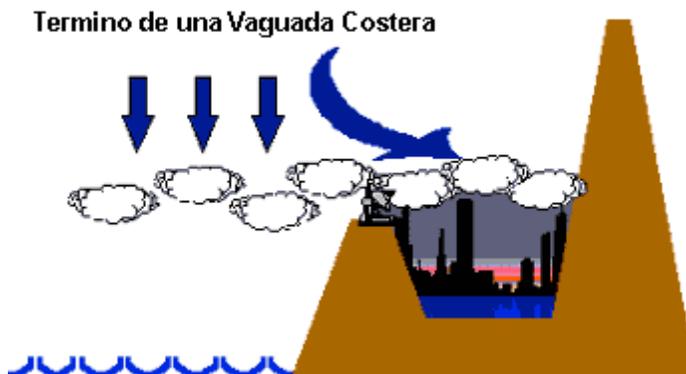
¿Qué fenómenos atmosféricos influyen directamente en la calidad del aire?

Tenemos, por una parte, las vaguadas costeras que se desarrollan en la zona inferior de la Troposfera y tienen dimensiones de varios cientos de kilómetros, produciendo un reforzamiento de la inversión térmica y generando pequeños vientos desde el Este, transportando los contaminantes desde las zonas altas del valle hacia la explanada (zona sur y poniente), por la otra, las dorsales cálidas en altura que producen el mismo efecto, pero se desarrollan en la parte superior de la troposfera, son de forma alargada y tienen dimensiones de varios miles de kilómetros: (Arica a Puerto Montt).

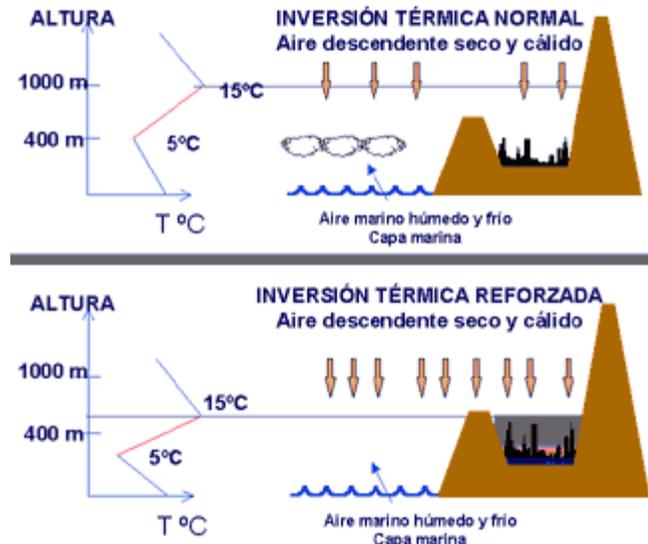


El ingreso de la vaguada sobre el valle provoca: Reforzamiento de la inversión térmica. Disminuye la humedad del aire. Genera viento del Este que provoca acumulación en el sector poniente del valle de Santiago. (Imagen: Conama RM)

Si bien estos fenómenos refuerzan la inversión térmica, es muy importante notar que dependiendo de la altura en que se produzcan, energía, velocidad y de la forma que tengan serán los efectos que provocarán sobre el valle. Por ejemplo, cuando una vaguada costera termina de pasar por el valle, su "cola" trae consigo vientos del Oeste que pueden ayudar a renovar las masas de aire de la cuenca, limpiando la atmósfera de la ciudad.



El término del paso de la vaguada sobre el valle provoca: Ingreso de nubosidad costera hacia el valle. Disminuye la temperatura. Genera viento del Oeste. Disminuye los contaminantes al renovarse el aire. (Imagen: Conama RM)



¿Qué provoca una dorsal cálida en altura? Produce movimientos de descenso de masas de aire. El aire al descender, se calienta al ir pasando por áreas de mayor presión Produce una intensificación de la inversión térmica cerca de la superficie actuando como un embolo o tapa. (Imagen: Conama RM)

Asimismo, existen otros fenómenos atmosféricos y geográficos que producen aquellos que provocan tantos problemas a la ciudadanía de nuestra capital. Estos son el Anticiclón del Pacífico, la corriente de Humboldt, la topografía de la cuenca de Santiago, la cordillera de la Costa y la cordillera de los Andes.

http://www.sectra.cl/noticias/DetalleNoticia_frm_ma.asp?cod_noticia=514

SIMAT

CIUDAD DE MÉXICO

“Informe de la Calidad del Aire y Tendencias 2001 para la ZMVM”

COMPORTAMIENTO ESTACIONAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA ZMVM

ÉPOCAS CLIMÁTICAS EN LA ZMVM

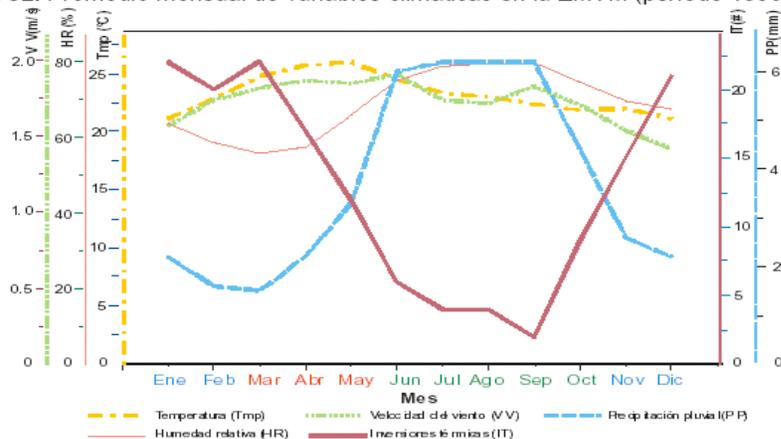
El clima en la ZMVM es un factor que determina en mayor o menor medida el tiempo de permanencia y comportamiento de los contaminantes atmosféricos. Entre las variables que lo caracterizan destacan: la distancia entre una determinada región y una fuente de humedad (océanos, lagos y ríos), sus barreras orográficas, su altitud y latitud. En la ZMVM30

confluyen seis tipos de clima, los de mayor cobertura son el clima templado subhúmedo que ocupa el 63.6% de la metrópoli –región norte y centro–, el semifrío húmedo con el 18.0% –región sur– y el semiseco templado con 18.4% –región noreste- (INEGI, 2001).

Por la posición latitudinal del país, durante el invierno la ZMVM está afectada por masas de aire de tipo polar o de aire frío, que provienen del norte del continente; durante el verano la ZMVM está afectada por masas de aire de tipo tropical o de aire caliente, originados por la afluencia de aire tropical (normalmente húmedo) proveniente del Océano Pacífico, Mar Caribe y Golfo de México.

Es así como los sistemas meteorológicos predominantes definen claramente dos épocas climáticas en la ZMVM: la época de lluvias (de junio a octubre), caracterizada por aire marítimo con alto contenido de humedad y la época de secas (de noviembre a mayo), identificada por presentar bajo contenido de humedad; la transición entre ambas se refleja en el cambio de masas de aire, ya que en el mes de noviembre las masas de aire frío comienzan a desplazar a las masas de aire caliente, distinguiéndose dos subépocas en la época de secas (seca-fría –de noviembre a febrero– y seca-caliente –de marzo a mayo–).

Figura 32. Promedio mensual de variables climáticas en la ZMVM (período 1990–2001).



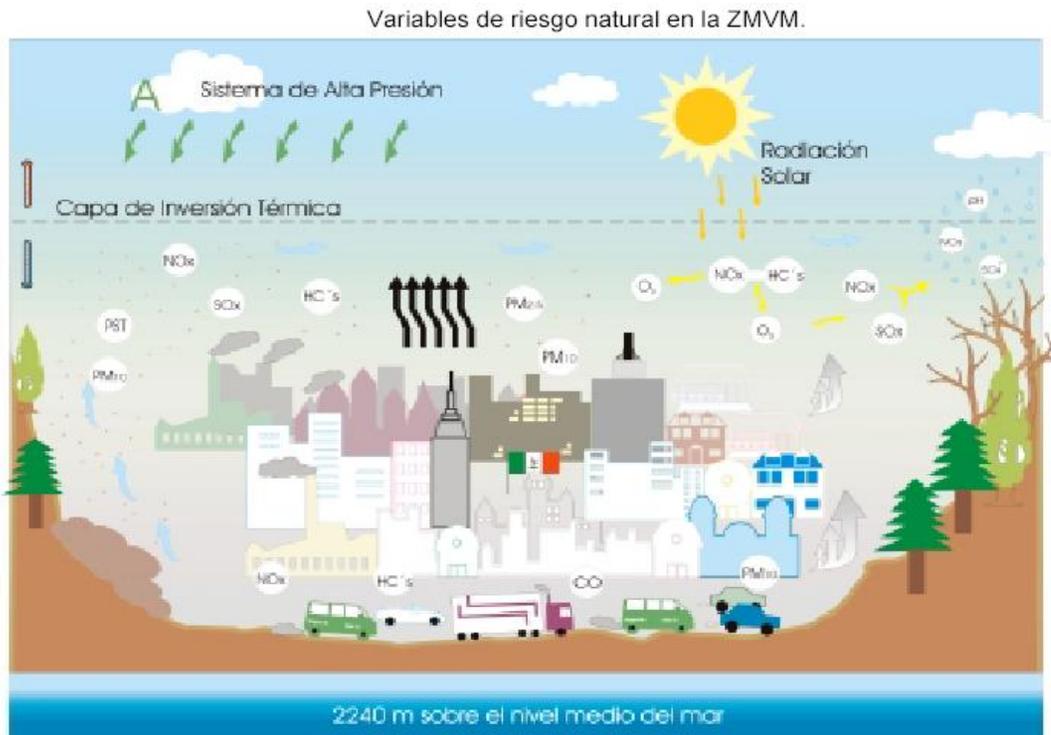
http://www.paot.org.mx/centro/libros/anual_aire2001/capitulo7.pdf

La capacidad de la ZMVM para soportar la carga de emisiones contaminantes, se relaciona directamente con sus características fisiográficas y climáticas, las cuales determinan los flujos atmosféricos y la dinámica de los contaminantes, de tal forma que pueden considerarse como variables de riesgo natural (Figura).

La expresión de estas características son: una atmósfera propicia para la formación de contaminantes fotoquímicos, debido a su altitud promedio (2,240 msnm) y latitud (19°N); alta incidencia de radiación solar; procesos estacionales con variaciones de temperatura en superficie que oscilan entre 12.5 y 20°C, con valores máximos en mayo y mínimos en enero; presencia de vientos ascendentes de circulación cerrada que originan el confinamiento de las masas de aire; estancamiento de contaminantes debido a la cadena montañosa circundante; presencia de sistemas meteorológicos de alta presión que generan estabilidad atmosférica debido a que la ZMVM se ubica en el centro del país; y la confluencia de 6 tipos de clima (GDF, 1997; INEGI, 2001).

Al evaluar el desempeño ambiental de las acciones de prevención y control para mejorar la calidad del aire, uno de los supuestos principales es que las variables del clima no presentan cambios anuales de consideración, además de que los indicadores permiten mitigar la

influencia de eventos climáticos, de tal forma que se puede inferir acerca del estado de la calidad del aire con las mediciones directas de un Sistema de Monitoreo Atmosférico. En el caso de la ZMVM, la humedad relativa, la temperatura ambiente y la velocidad del viento a lo largo del período 1990–2001 (Figura), tuvieron un comportamiento fluctuante y ligeramente descendente, principalmente la última de estas variables. Por su parte, la precipitación pluvial muestra cambios anuales de consideración, destacando 1992, 1995 y 1998 como los años de mayor precipitación pluvial. Sólo en el caso de inversiones térmicas se aprecia una disminución continua a lo largo de los últimos años.



http://www.paot.org.mx/centro/libros/anual_aire2001/capitulo1.pdf

GLOSARIO DE CAPITULO.

TERMINO	SIGNIFICADO
AGUACERO O CHUBASCO	Es la precipitación desde una nube de fuerte desarrollo vertical (convectiva), que se presenta y termina repentinamente. Se presenta en forma de lluvia, nieve o hielo.
AIRE	Mezcla de gases que conforman la atmósfera de la Tierra. Los gases que constituyen el aire seco más importantes son: Nitrógeno (N ₂) al 78.09%, Oxígeno (O ₂) al 20.946%, Argón (A) al 0.93% y Dióxido de carbono (CO ₂) al 0.33%. El vapor de agua (H ₂ O) es de los principales componentes del aire así como uno de los gases más importantes de la meteorología
ALISIOS	Son dos cinturones de viento que soplan desde los centros de alta presión subtropicales moviéndose hacia la zona de baja presión ecuatorial. Son vientos de poca altitud caracterizados por su consistencia en su dirección. En el hemisferio norte, los vientos alisios soplan desde el noreste y en el hemisferio sur los vientos alisios soplan desde el sureste.
<i>ALTA PRESION O ANTICICLÓN</i>	Área de presión máxima relativa que tiene vientos divergentes. En el hemisferio norte, estos vientos adoptan una rotación en el sentido de los punteros del reloj. En el hemisferio sur la rotación ocurre en contra del sentido del avance de los punteros del reloj. Un anticiclón también es conocido como un área de alta presión.
ATMÓSFERA	La porción gaseosa o de aire del medio ambiente físico que rodea al planeta. En el caso de la tierra, se mantiene más o menos cerca de la superficie gracias a la atracción de la fuerza de gravedad de la tierra. La atmósfera se divide en: Troposfera, Estratosfera, Mesosfera, Termosfera y Exosfera.
BRUMA	Conjunto de gotas microscópicas de agua suspendidas en la atmósfera. No reduce la visibilidad tanto como la neblina y muchas veces se le confunde con la llovizna.
<i>BAJA PRESIÓN O CICLÓN</i>	Área de presión de circulación cerrada con vientos rotativos y convergentes cuyo centro tiene presión mínima. La circulación gira en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y viceversa en el hemisferio sur. Se le conoce también como sistema de baja presión. También es el término usado para referirse a un ciclón tropical en el Océano Indico. Se puede usar este mismo término para referirse a otros fenómenos con flujos ciclónicos como las tormentas de polvo, tornados y sistemas tropicales y extratropicales.
CANÍCULA	Periodo de cinco ó más días secos, sin lluvia durante la estación lluviosa. Periodo entre julio o/y agosto) en que la actividad

	<p>lluviosa es frenada ó interrumpida por corrientes o masas de aire de alta presión subsidentes en la atmósfera superior.</p>
CLIMA	<p>Corresponde al promedio de los eventos meteorológicos que ocurren a diario en una región. Este récord histórico ayuda a caracterizar el comportamiento meteorológico de un área geográfica en el largo plazo. La palabra clima se deriva del griego KLIMA que significa inclinación y refleja la importancia que los estudiosos de la antigüedad atribuían a la influencia del sol.</p>
CONVECCIÓN	<p>Movimientos en un fluido que trasladan y mezclan las propiedades de éste. Es lo opuesto a la subsidencia cuando se usa para indicar movimiento de aire vertical y ascendente.</p>
DÉCIMAS DE BÓVEDA CELESTE	<p>Se considera la proyección de la bóveda celeste (del cielo) sobre un plano horizontal dividida imaginariamente en 10 sectores iguales llamados decimos de nubosidad</p>
ELEVACIÓN DE LA ESTACIÓN	<p>Distancia vertical sobre el promedio del nivel del mar que es el nivel de referencia de todas las medidas de presión atmosférica en esa estación meteorológica.</p>
ESTRATOCUMULUS	<p>Es una nube baja compuesta por capas o trozos de elementos de nubes. Puede formarse a partir de nubes cúmulos que van estratificándose. Generalmente aparecen formadas de elementos organizados como mosaicos, ser redondos o de forma circular con tope y base relativamente planos. Son de color gris oscuro o claro, dependiendo del tamaño de las gotas de agua y la cantidad de luz del sol que las atraviesa.</p>
FRENTE FRÍO	<p>Zona frontal de una masa de aire frío en movimiento que empuja aire más cálido a su paso. Generalmente, con el paso de un frente frío, disminuye la temperatura y la humedad, la presión aumenta y el viento cambia de dirección. La precipitación ocurre generalmente dentro o detrás del frente. En el caso de un sistema de desplazamiento rápido puede desarrollarse una línea de tormentas precediendo al frente.</p>
HUMEDAD RELATIVA	<p>Tipo de humedad que se basa en el cociente entre la presión actual del vapor del aire y la saturación de la presión del vapor. Usualmente se expresa en porcentajes.</p>
HUMEDAD RELATIVA	<p>Tipo de humedad que se basa en el cociente entre la presión actual del vapor del aire y la saturación de la presión del vapor. Usualmente se expresa en porcentajes.</p>
<i>HURACÁN</i>	<p>Es el nombre de un ciclón tropical con vientos sostenidos de 65 nudos (117 km/h) o más que se desarrolla en el Atlántico Norte, Mar Caribe, Golfo de México y al este del Pacífico Norte. Este mismo ciclón tropical es conocido como tifón en el Pacífico Occidental y como ciclón en el Océano Indico.</p>
INVERSIÓN	<p>Aumento con la altitud del valor de una variable atmosférica. Casi</p>

	siempre significa inversión de temperatura.
LATITUD	Líneas imaginarias paralelas que circundan el globo tanto al norte como al sur del ecuador que se registran como a cero grados (0). Los polos están ubicados a 90 grados de latitud Norte y Sur.
LLUVIA	Precipitación de partículas de agua líquida en forma de gotas de diámetro mayor de 0.5 mm. Si cae en una zona amplia, el tamaño de la gota puede ser menor. La intensidad de la lluvia se basa en el porcentaje de su caída. Muy liviana significa que las gotas no mojan la superficie.
LONGITUD	Lugar al este u oeste al que se le asigna cero (0) grados de longitud en referencia al meridiano de origen (Greenwich). La distancia entre las líneas imaginarias de longitud es mayor en el ecuador y menor en las latitudes altas, interceptándose todas en los polos.
LUZ SOLAR	Cantidad de horas de luz en el día. Intervalo de tiempo durante el cual la radiación solar alcanza una intensidad suficiente para crear sombras bien definidas. Tiempo que dura la claridad del Sol sobre el horizonte.
MAREA BAROMÉTRICA	Oscilación de la presión atmosférica durante el día a nivel de la estación.
MASA DE AIRE	Extensa porción de aire con características de temperatura y humedad similares en toda su extensión horizontal.
METEOROLOGÍA/ METEORÓLOGO	Ciencia y estudio de los fenómenos atmosféricos. Varias de las áreas que abarca la meteorología son por ejemplo: la agricultura, la aviación, la Hidr. meteorología y las meteorologías física, dinámica, operacional y sinóptica. Un meteorólogo es un científico que estudia la atmósfera y los fenómenos atmosféricos.
MILIBAR (MB)	Unidad de medida estándar para la presión atmosférica utilizada por el Servicio Nacional de Meteorología.. La presión estándar es de 1,013.25 milibares.
NORTES	Viento fuerte y frío de componente norte en varias partes del hemisferio Norte.
NUBES	Conjunto visible de gotitas de agua ó cristales de hielo que se encuentran flotando en la atmósfera.
NUBOSIDAD	Conjunto de características morfológicas, dimensionales, de color forma, origen y desarrollo de las nubes se considera también como la cantidad total de nubes en el cielo.
NÚCLEO DE CONDENSACIÓN	Partícula sobre la que se produce la condensación del vapor de agua existente en la atmósfera. Los núcleos se pueden presentar en estado sólido o líquido.
ONDAS DEL ESTE,	Son perturbaciones de las masas de aire cálido en forma de onda

ONDA TROPICAL	de diferentes amplitudes y longitud las cuales se trasladan del Este al Oeste generando tormentas eléctricas y lluvias en forma de chubascos y aguaceros.
PRECIPITACIÓN	Cualquier y todas las formas del agua, en estado líquido o sólido, que cae de las nubes hasta llegar a la tierra. Esto incluye la lluvia, llovizna, llovizna helada, lluvia helada, granizo, hielo granulado, nieve, granizo menudo y bolillas de nieve.
PRESIÓN A NIVEL DEL MAR	Es la presión atmosférica a nivel del mar, usualmente determinada por la presión de la estación en observación.
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	Es la presión o el peso que ejerce la atmósfera en un punto determinado. La medición puede expresarse en varias unidades de medidas: hectopascales, en milibares, pulgadas o milímetros de mercurio (Hg). También se conoce como presión barométrica.
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	Es la presión o el peso que ejerce la atmósfera en un punto determinado. La medición puede expresarse en varias unidades de medidas: hectopascales, en milibares, pulgadas o milímetros de mercurio (Hg). También se conoce como presión barométrica.
RADIACIÓN	Emisión o transferencia de energía en forma de ondas o partículas electromagnéticas. La radiación solar es la emitida por el sol y consiste en varios tipos de radiaciones como la radiación global que es la suma de la radiación solar directa y difusa proveniente de la bóveda celeste y es recibida sobre una superficie horizontal.
RÁFAGA	Es un aumento repentino y significativo en las fluctuaciones de la velocidad del viento. La velocidad punta del viento debe alcanzar por lo menos 16 nudos (30 km/h) y la variación entre los picos y la calma es de por lo menos 10 nudos (18 km/h). Generalmente la duración es menor de 20 segundos.
RUMBO	Dirección desde la que sopla el viento. Valor angular comprendido entre dos de las treinta y dos divisiones de la de la rosa de los vientos y que vale cada uno de ellos, 11° 15°.
SEQUÍA	Condición climática anormalmente seca en un área específica que se prolonga debido a la falta de agua y causa un serio desbalance hidrológico.
SISTEMAS DE ALTAS PRESIONES	Área de presión relativa máxima con vientos divergentes rotando en sentido opuesto a la rotación de la tierra. Se desplaza en sentido del reloj en el Hemisferio Norte y viceversa en el Hemisferio Sur. Conocido también como anticiclón, es lo opuesto a un área de baja presión o ciclón.
SISTEMAS DE ALTAS PRESIONES	Área de presión relativa mínima con vientos convergentes. Se desplaza en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y viceversa en el hemisferio sur. Conocido

	también como ciclón, es lo opuesto a un área de alta presión o anticiclón.
SUBSIDENCIA	Hundimiento o movimiento hacia abajo del aire observado casi siempre en anticiclones. El término se usa para indicar una situación opuesta a la convección atmosférica.
TEMPERATURA	Medida del movimiento molecular o el grado de calor de una sustancia. Se mide usando una escala arbitraria a partir del cero absoluto, donde las moléculas teóricamente dejan de moverse. Es también el grado de calor y de frío. En observaciones de la superficie, se refiere principalmente al aire libre o temperatura ambiental cerca a la superficie de la tierra.
TEMPERATURA HÚMEDA	Temperatura del termómetro húmedo es la marcada por un termómetro cuya parte sensible esta recubierta de una película de agua ó un pedazo de muselina humedecida y se expone al aire dentro de un abrigo meteorológico, debe de ser ventilado en forma natural o manual por medio de un aspirador.
TEMPERATURA MÁXIMA	Es la temperatura mas elevada en el transcurso de un intervalo de tiempo determinado (puede ser cada 24 horas
TEMPERATURA MEDIA	Promedio de lecturas de temperatura tomadas durante un período de tiempo determinado. Por lo general es el promedio entre las temperaturas máxima y mínima.
TEMPERATURA MÍNIMA	Es la temperatura mas baja en el transcurso de un intervalo de tiempo determinado (24 horas).
TEMPERATURA SECA	Temperatura marcada por el termómetro ambiente ó seco y que es expuesta al aire dentro de un abrigo meteorológico, no debe de ser humedecida ni ventilado su bulbo.
TEMPORALES	Tiempo de lluvia persistente debido ala influencia de un sistema de bajas presiones (baja presión, tormenta tropical, depresión tropical, huracán), su duración es de varios días.
TERMÓMETRO	Instrumento que sirve para medir la temperatura. Las diferentes escalas usadas en meteorología son: Celsius, Fahrenheit y Kelvin o Absoluta.
TERMÓMETRO DE BULBO SECO	Termómetro usado para medir la temperatura ambiental. La temperatura registrada es considerada idéntica a la temperatura del aire. Es uno de los dos termómetros que conforman el psicrómetro.
TIEMPO	Es el estado de la atmósfera en un momento específico respecto a su efecto en la vida y las actividades humanas. Los cambios de la

atmósfera en el corto plazo y no en el largo plazo, como ocurre con los grandes cambios climáticos. Para definirlo se utilizan términos que tienen que ver con claridad, nubosidad, humedad, precipitación, temperatura, visibilidad y viento.

**TORMENTA
ELÉCTRICA**

Producido por una nube cumulonimbus, es un evento de corta duración en la microescala caracterizado por truenos, relámpagos, ráfagas de viento, turbulencia, granizo, hielo, precipitación, corrientes moderadas y violentas hacia arriba y abajo y, en condiciones muy severas, tornados.

**VELOCIDAD DEL
VIENTO**

Es el promedio del movimiento del aire durante un período de tiempo preestablecido. Puede medirse de varias maneras. La unidad de medida utilizada en Estados Unidos de Norteamérica es la milla por hora.

VIENTO

Movimiento del aire con relación a la superficie terrestre. Caso de no haber especificación contraria, se considera solamente la componente horizontal del conjunto de la corriente aérea.

VIENTOS ALISIOS

Son dos cinturones de viento que soplan desde los centros de alta presión subtropicales moviéndose hacia la zona de baja presión ecuatorial. Son vientos de poca altitud caracterizados por su consistencia en su dirección. En el hemisferio norte, los vientos alisios soplan desde el noreste y en el hemisferio sur los vientos alisios soplan desde el sureste

VIENTOS DEL ESTE

Término usualmente empleado para designar vientos con un componente persistente desde la dirección este. Ejemplo: los vientos alisios.

VIENTOS DEL OESTE

Cinturones amplios de vientos persistentes con un componente occidental. Es el movimiento atmosférico predominante centrado alrededor de las latitudes medias de cada hemisferio. Cerca de la superficie de la tierra los vientos del oeste se extienden aproximadamente entre los 35 y 65 grados de latitud, mientras en los niveles altos se extienden en dirección más ampliamente hacia los polos y el ecuador.

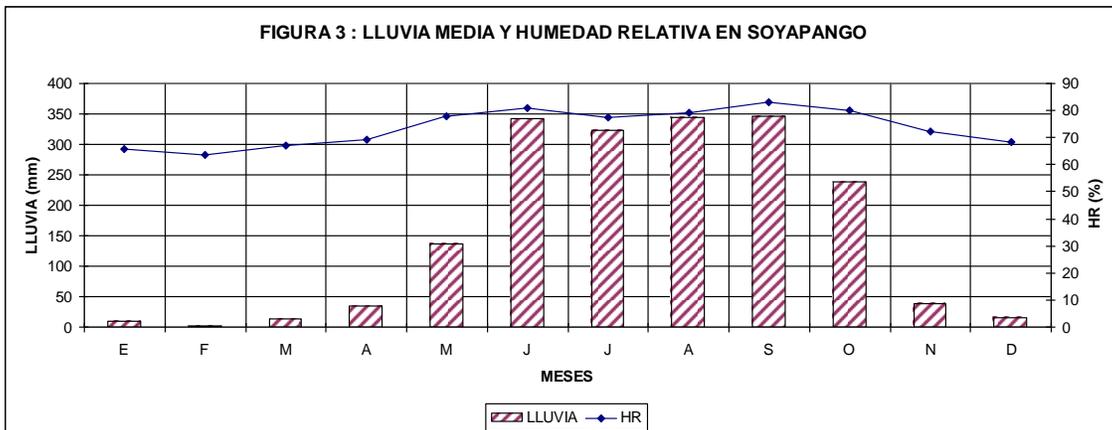
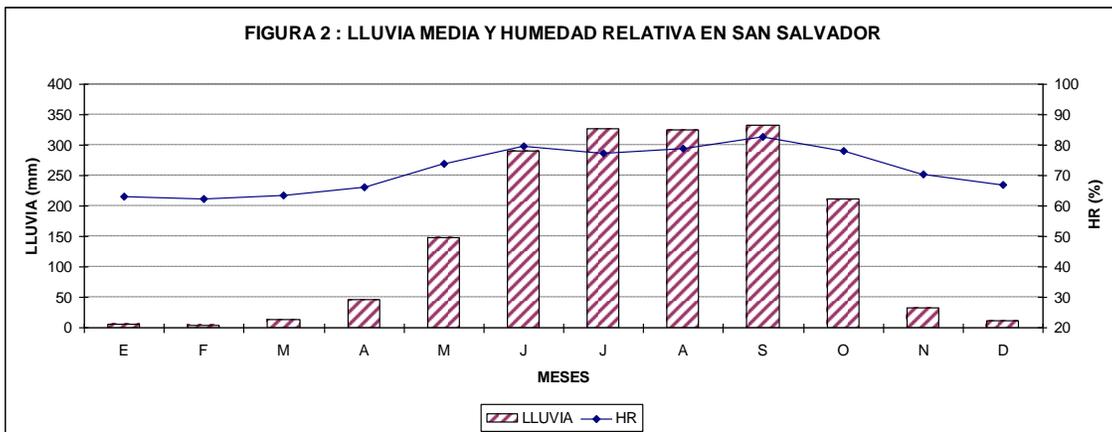
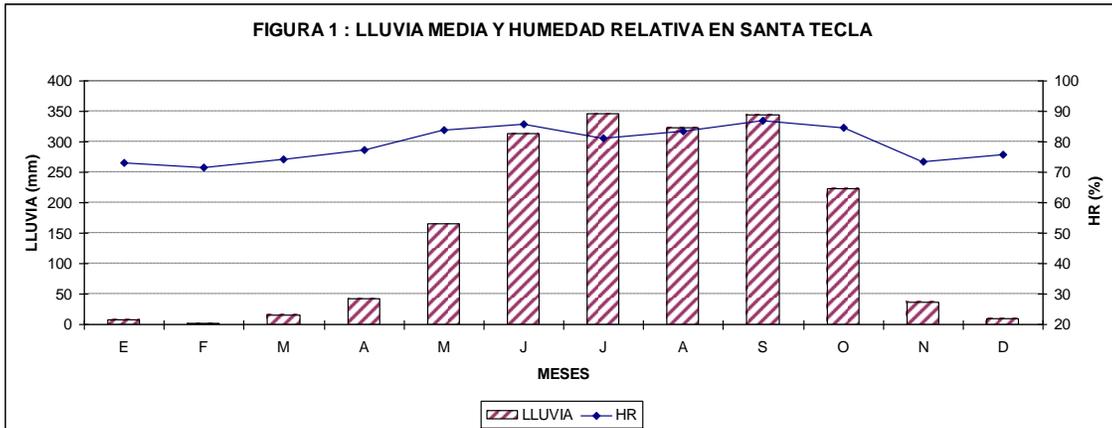
**ZONA DE
CONVERGENCIA
INTERTROPICAL
(ITCZ)**

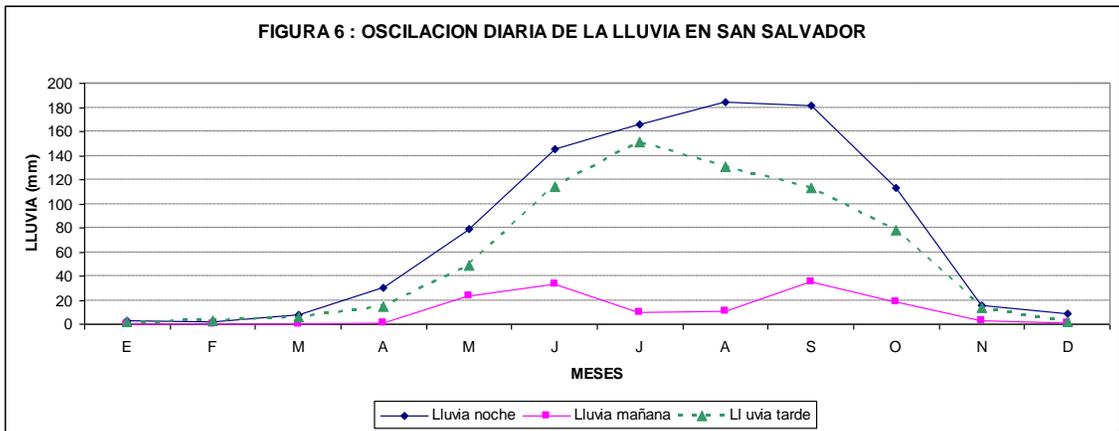
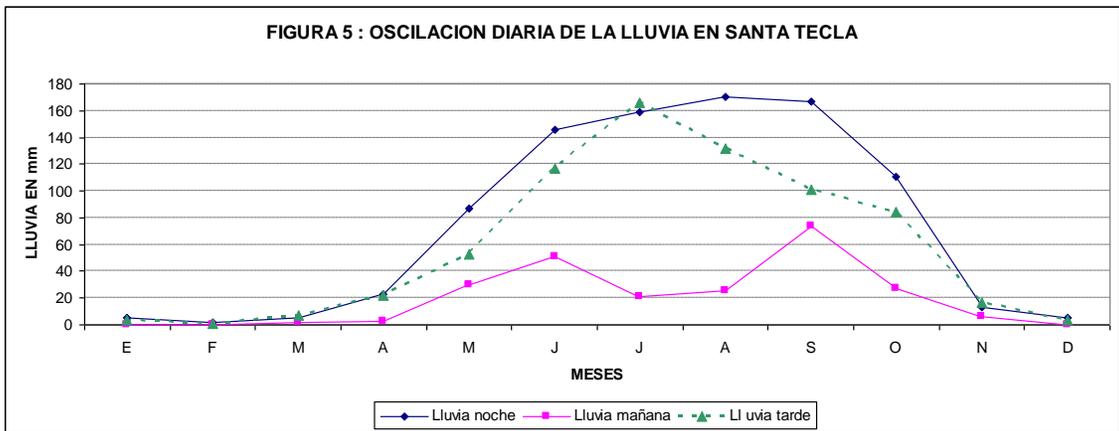
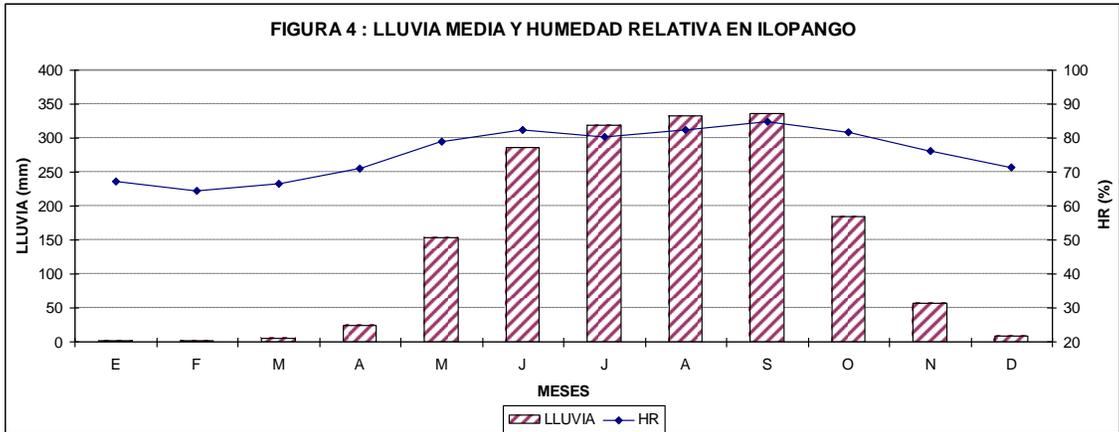
Área en los hemisferios norte y sur donde convergen los vientos alisios, generalmente localizada entre los 10 grados al norte y sur del ecuador. Es una amplia área de baja presión donde tanto la fuerza de coriolis como la baja presión gradual son débiles, permitiendo la formación ocasional de perturbaciones tropicales. Durante el verano en el hemisferio norte, cambia de lugar siguiendo los rayos solares más perpendiculares, por ejemplo, avanzando hacia el norte sobre el sur de Asia y el Atlántico Norte.

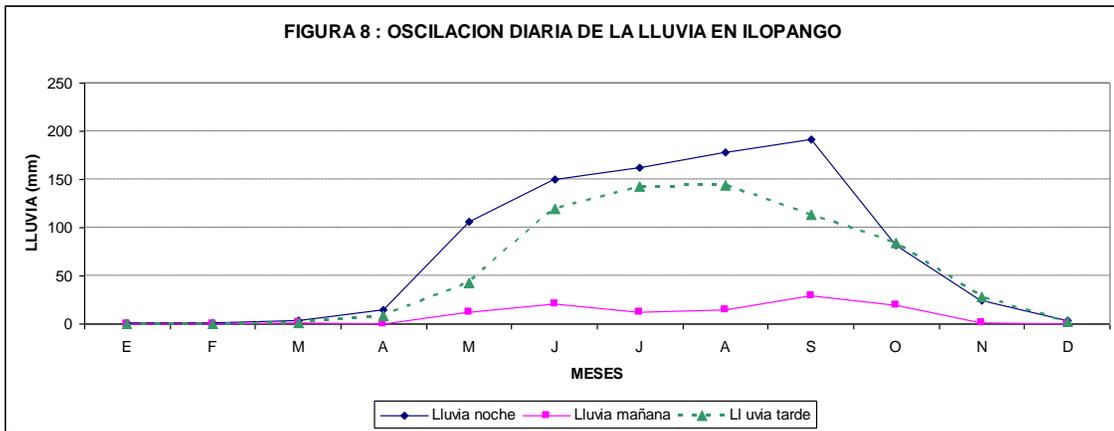
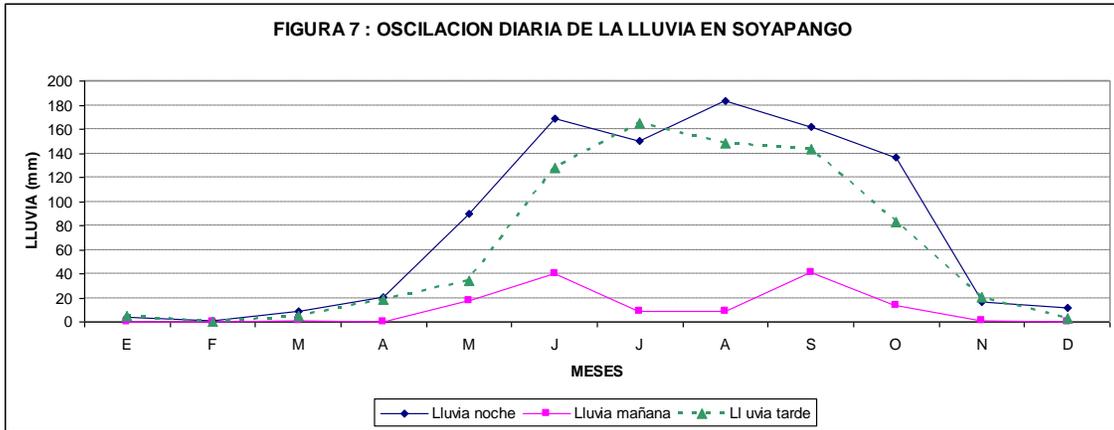
ANEXOS II

FIGURAS 1-41

1. COMPORTAMIENTO DE LA LLUVIA Y LA HUMEDAD RELATIVA







2. COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA

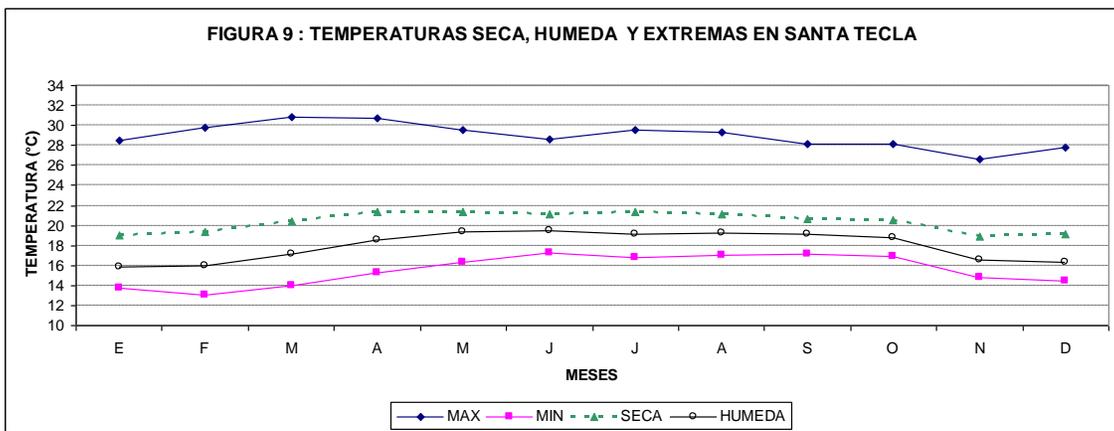


FIGURA 10 : TEMPERATURAS SECA, HUMEDA Y EXTREMAS EN SAN SALVADOR

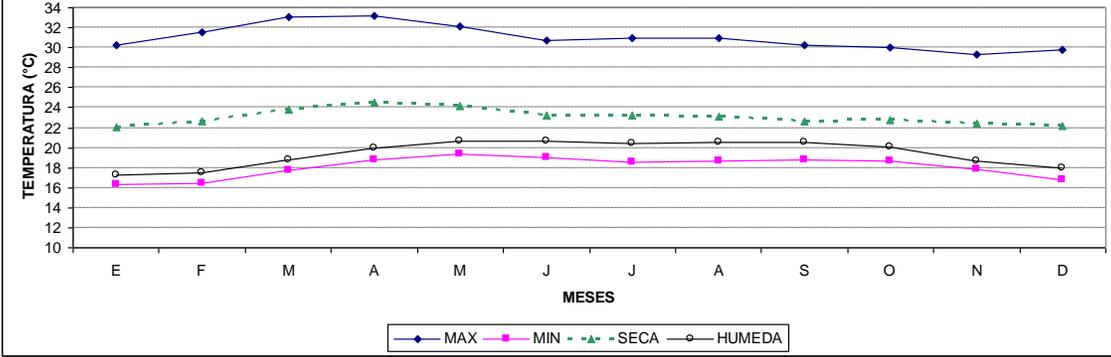


FIGURA 11 : TEMPERATURAS SECA, HUMEDA Y EXTREMAS EN SOYAPANGO

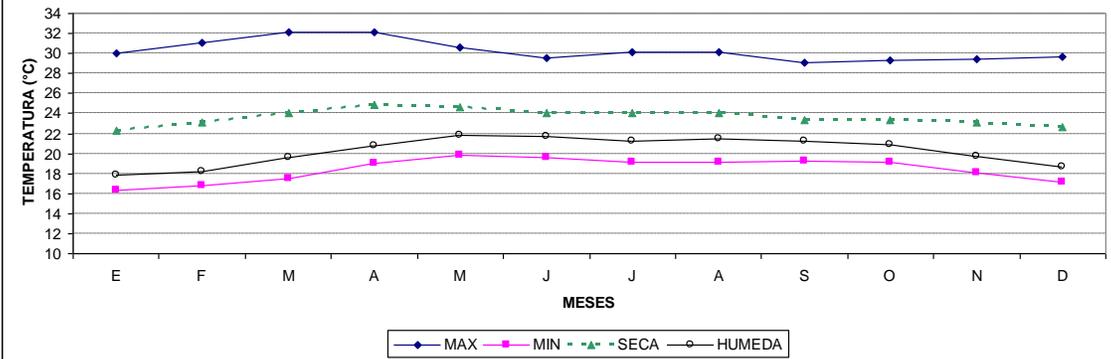
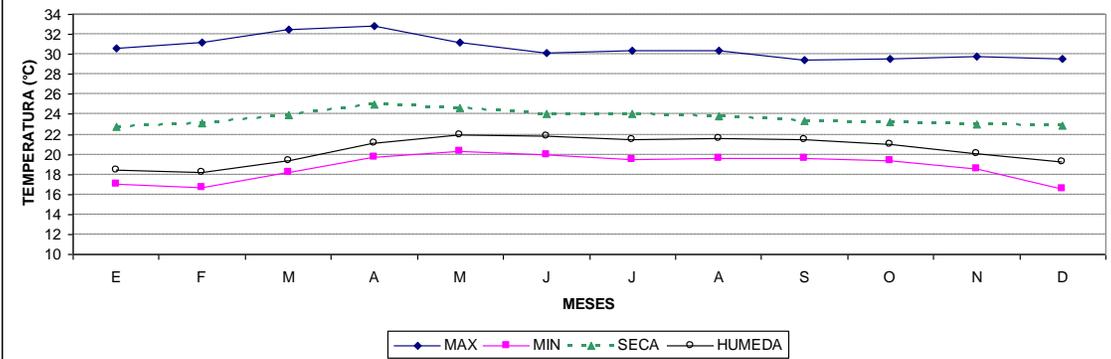
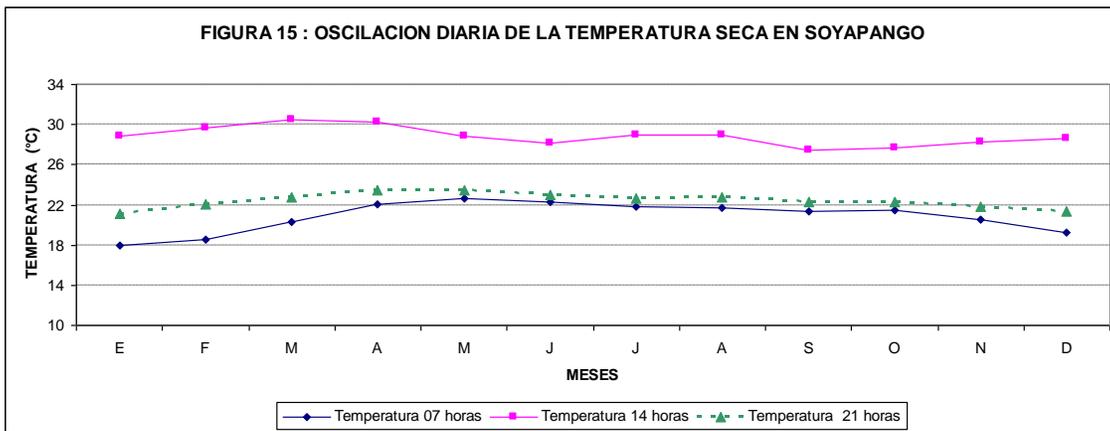
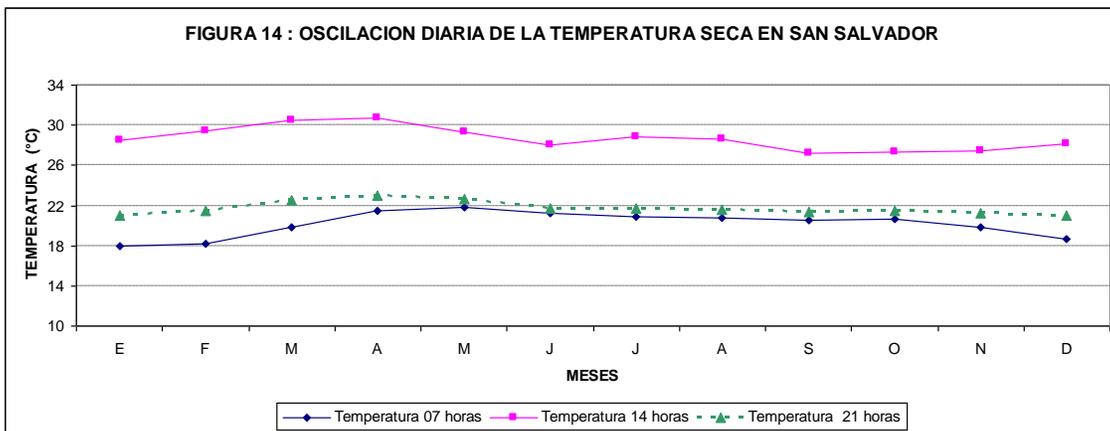
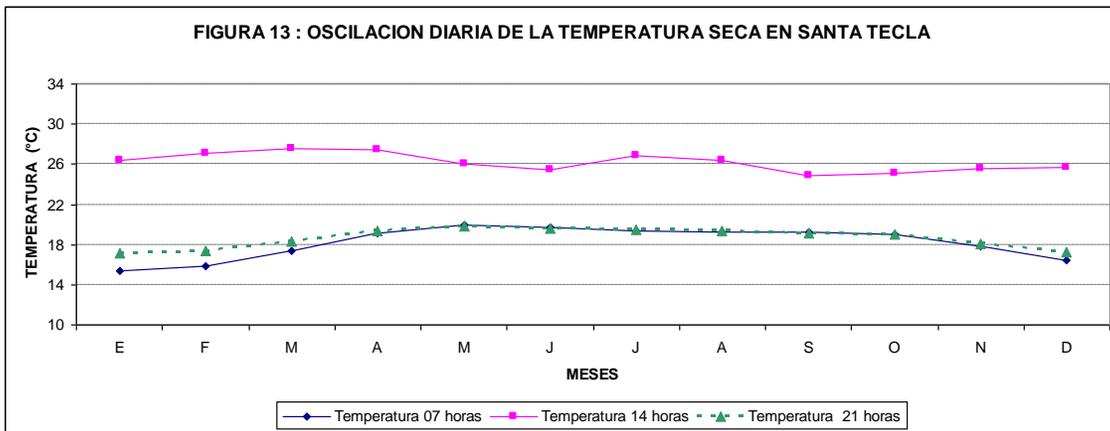
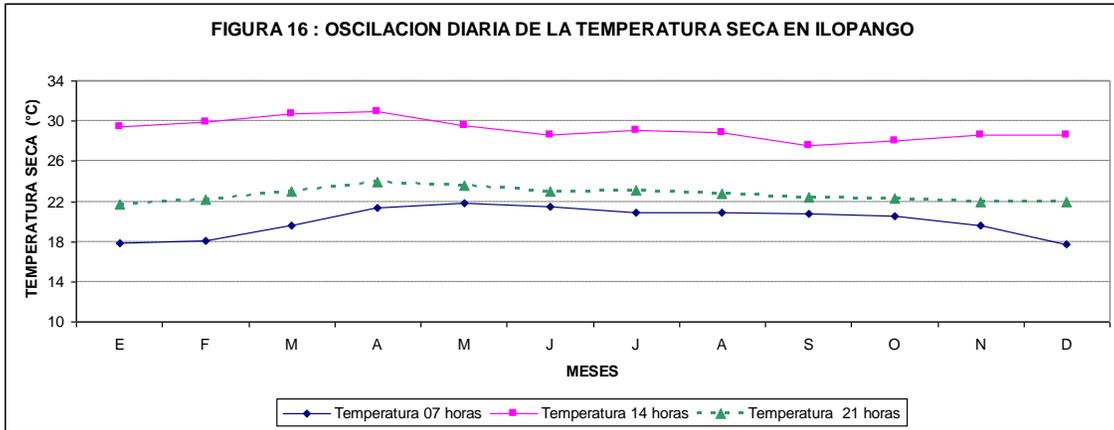


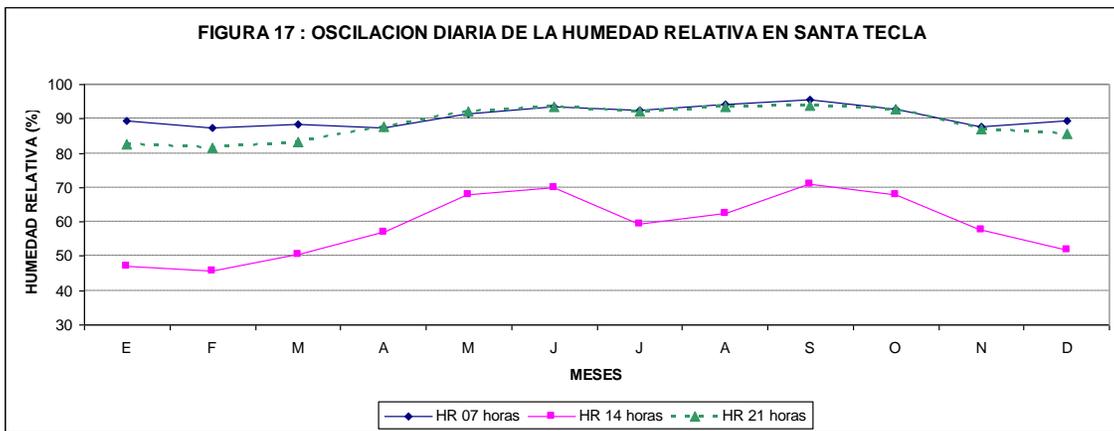
FIGURA 12 : TEMPERATURAS SECA, HUMEDA Y EXTREMAS EN ILOPANGO

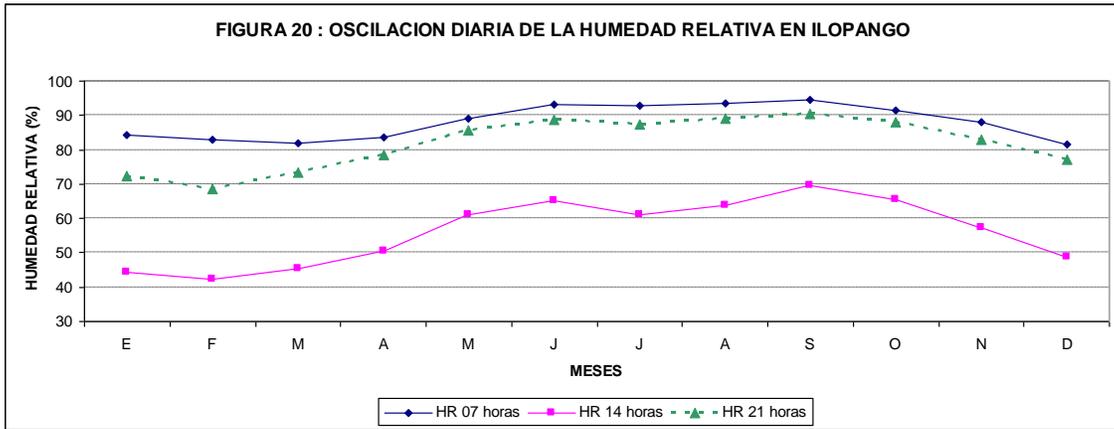
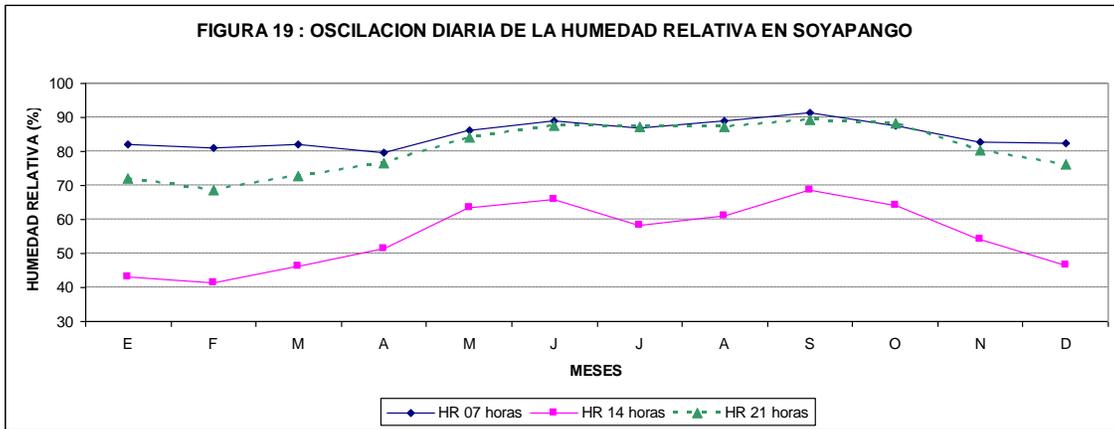
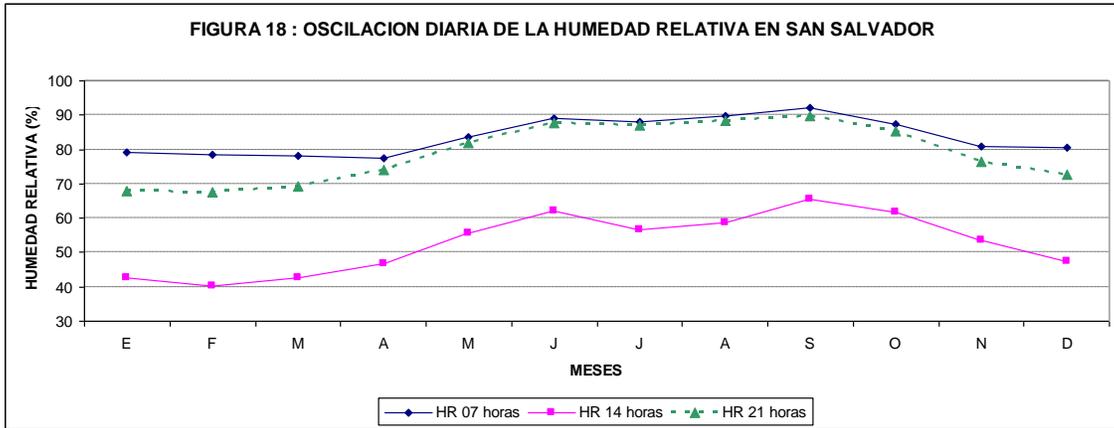






3. COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD RELATIVA





4. COMPORTAMIENTO DE LA NUBOSIDAD Y LUZ SOLAR

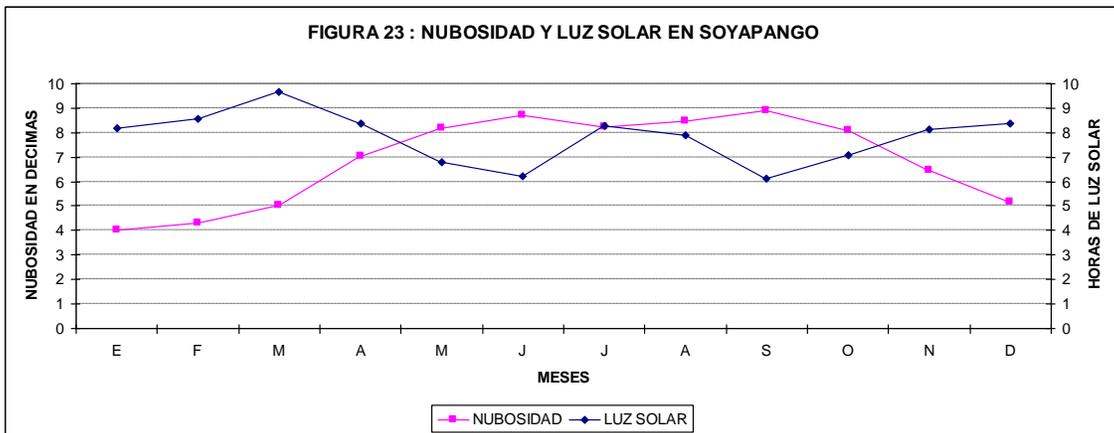
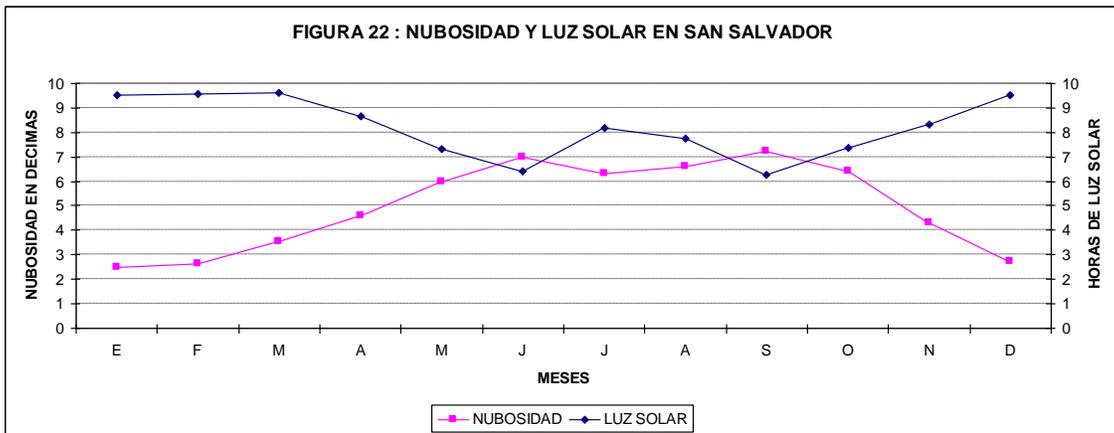
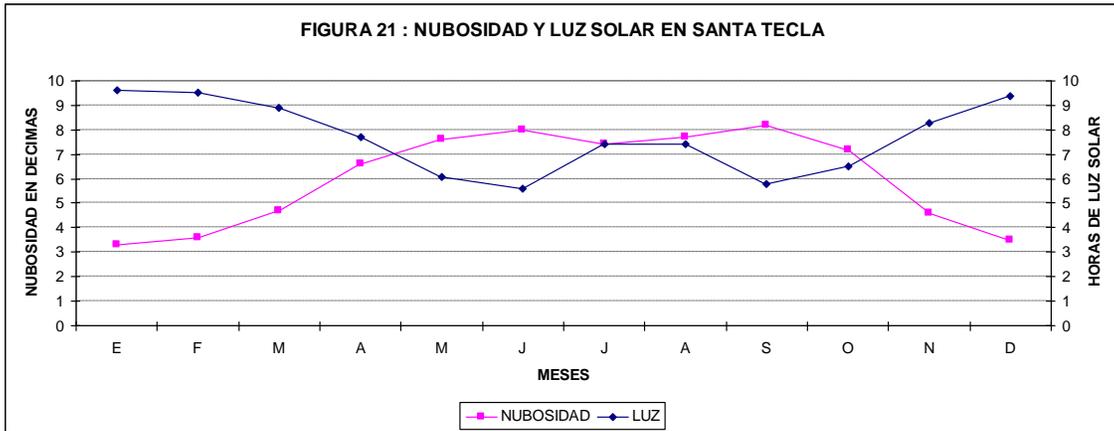
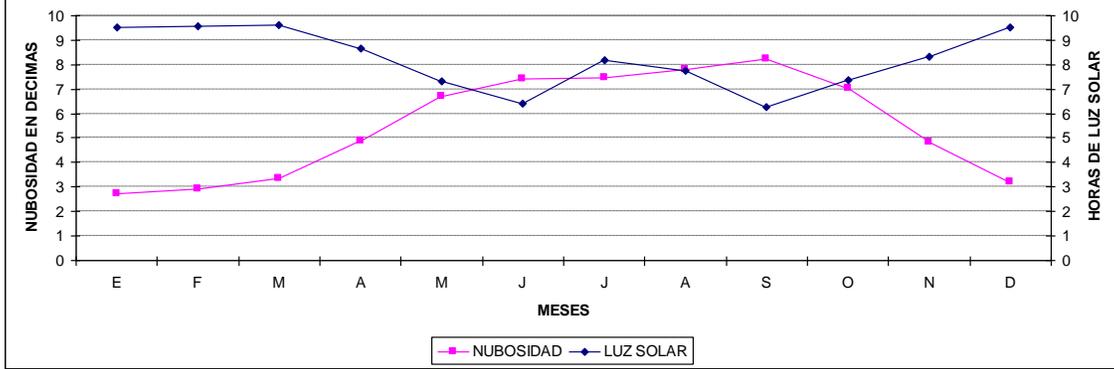
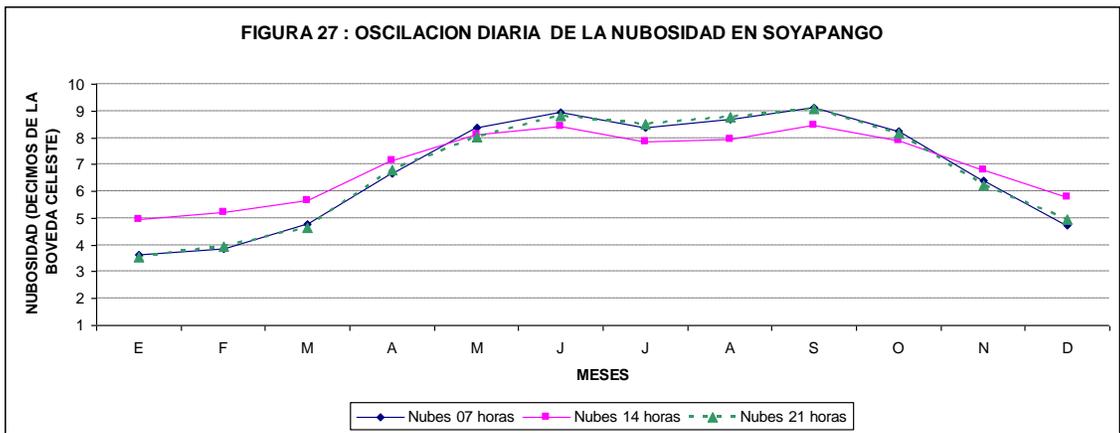
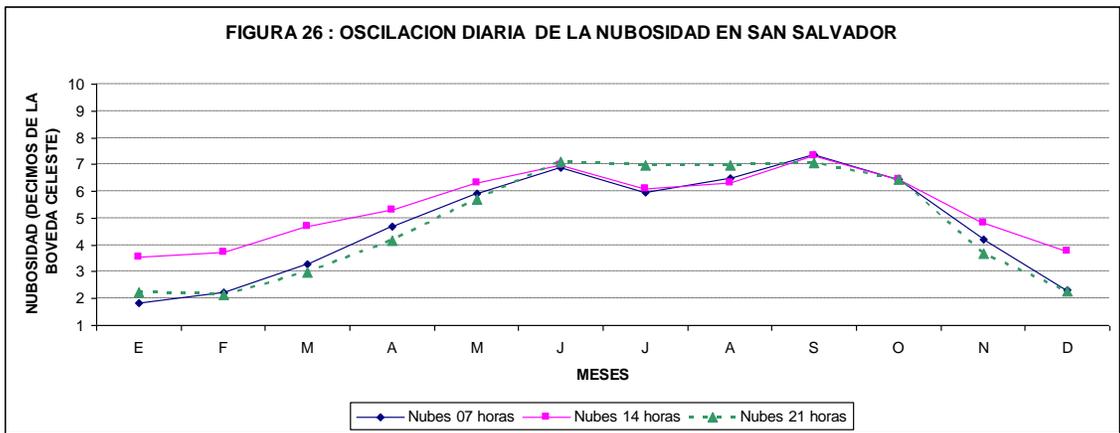
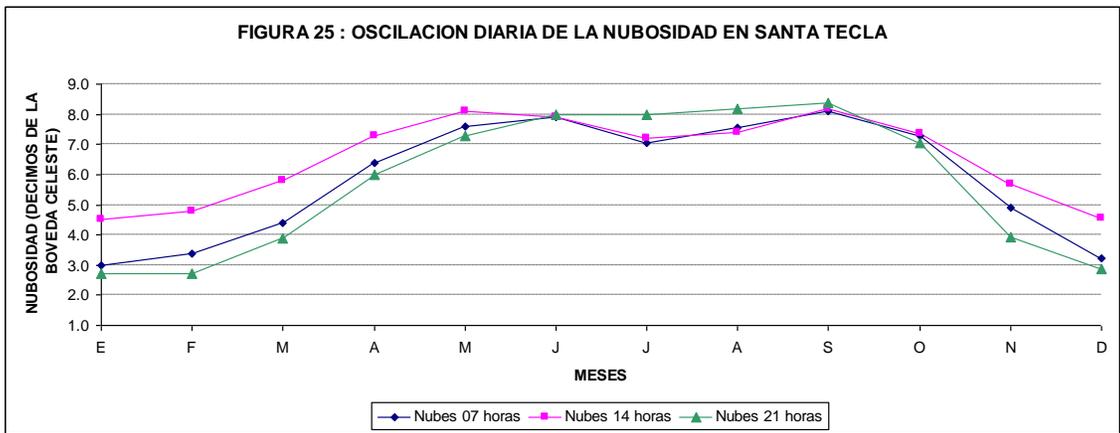
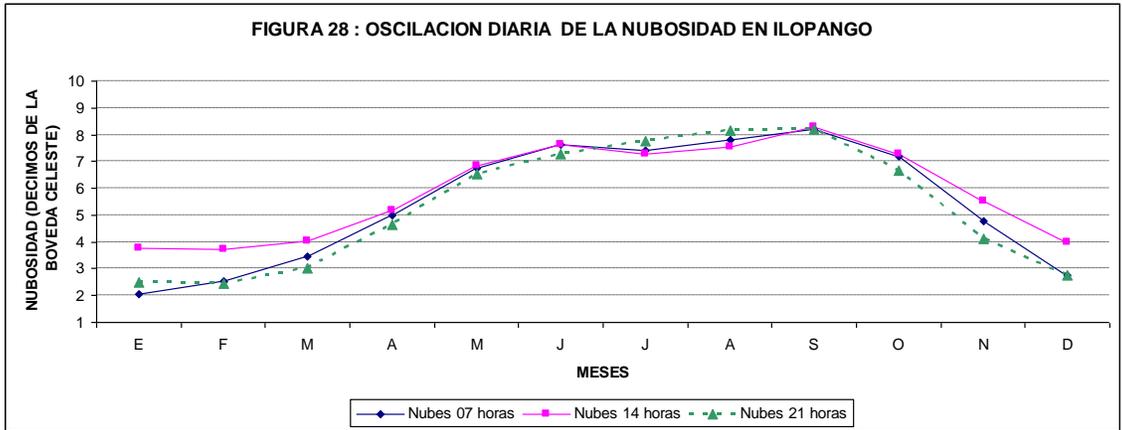


FIGURA 24 : NUBOSIDAD Y LUZ SOLAR EN ILOPANGO







5. COMPORTAMIENTO DE LA PRESION ATMOSFERICA Y LA RADIACION SOLAR

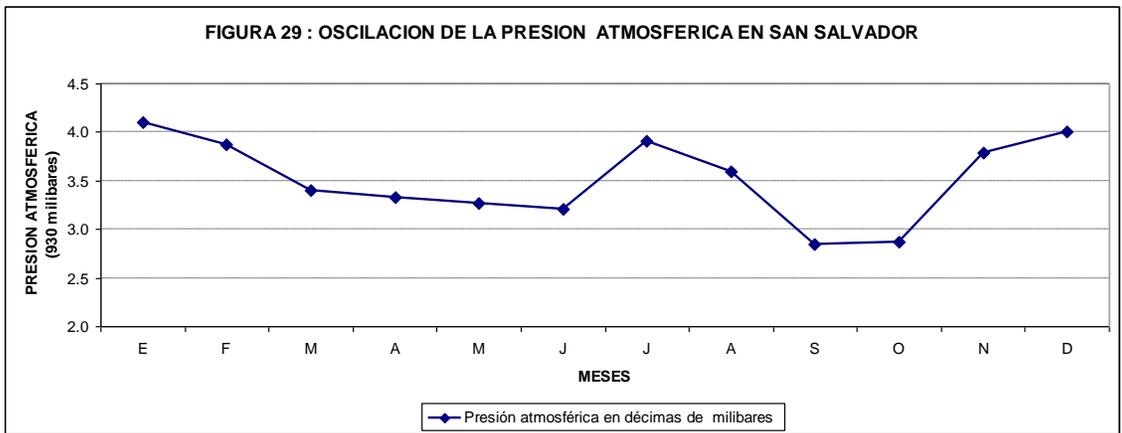


FIGURA 30 : OSCILACION DIARIA DE LA PRESION ATMOSFERICA EN SAN SALVADOR

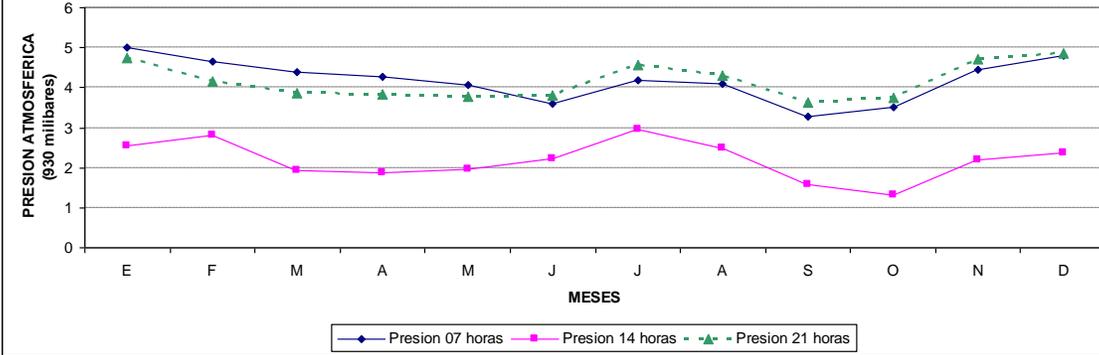
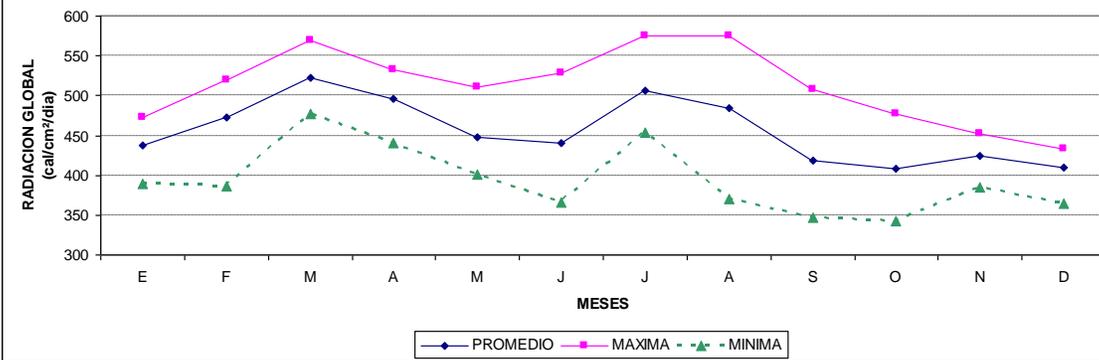
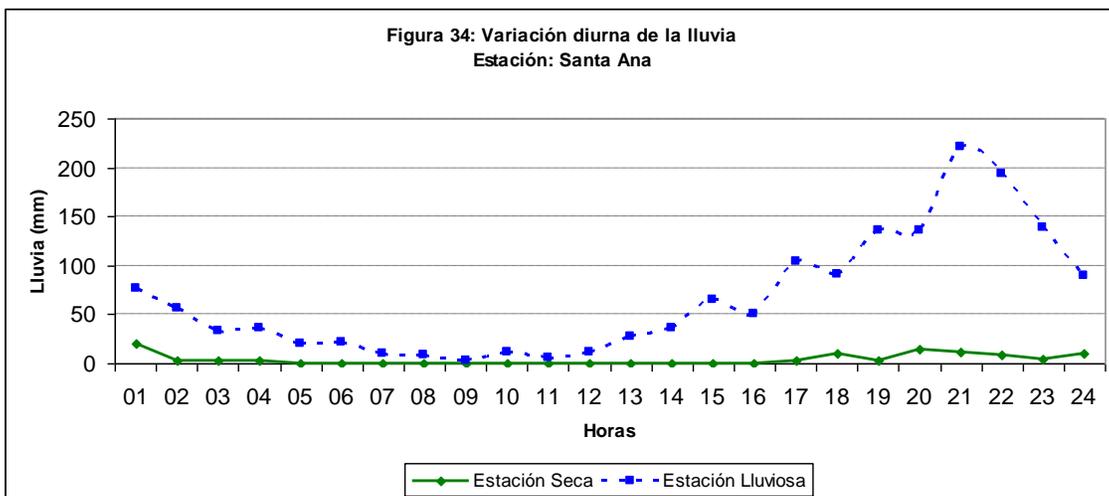
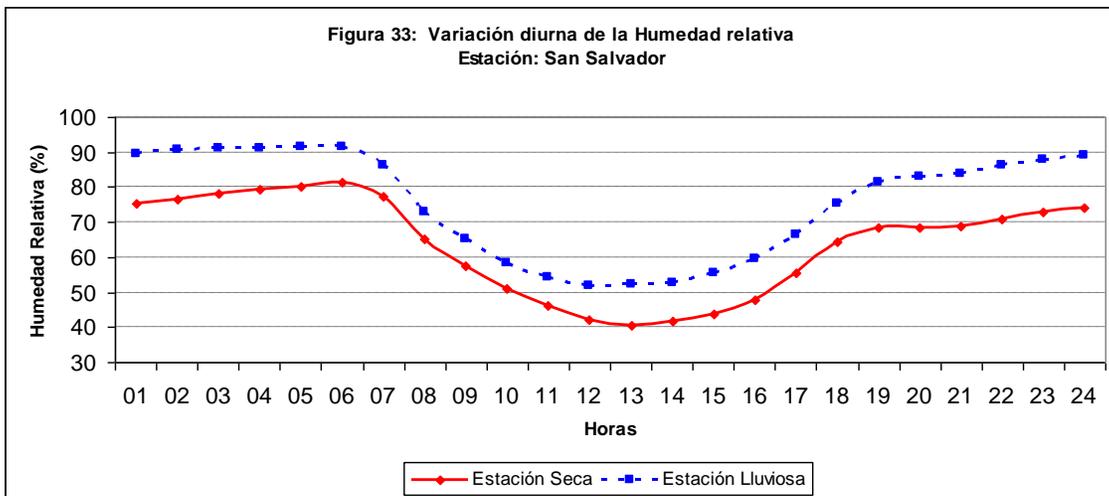
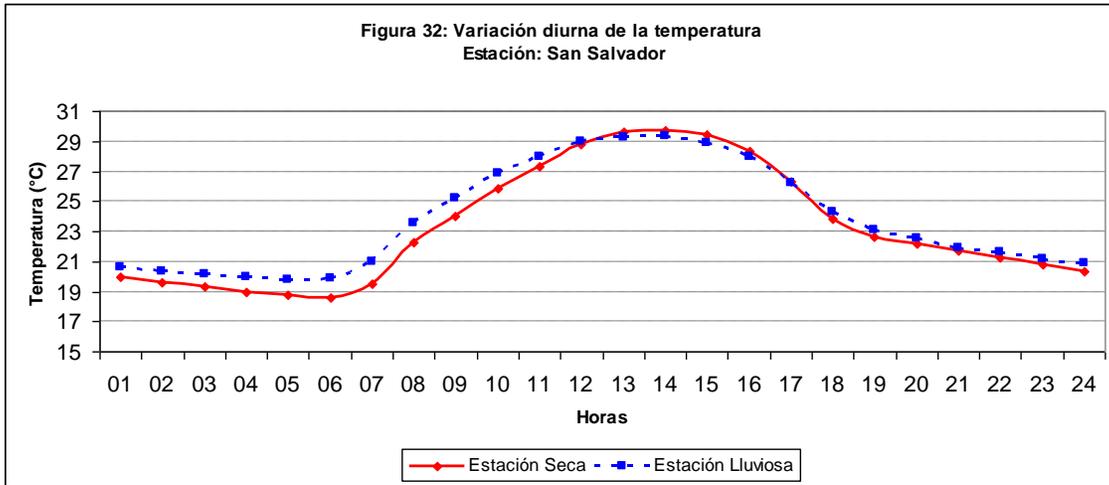


FIGURA 31 : RADIACION GLOBAL EN SOYAPANGO



6. VARIACION DIURNA (HORARIA) DE LAS PRINCIPALES VARIABLES CLIMATICAS.



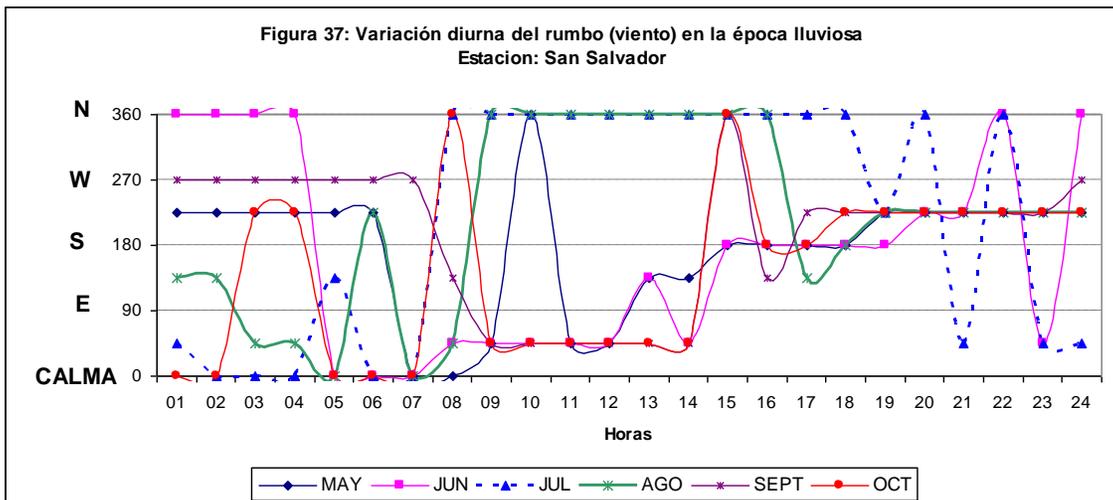
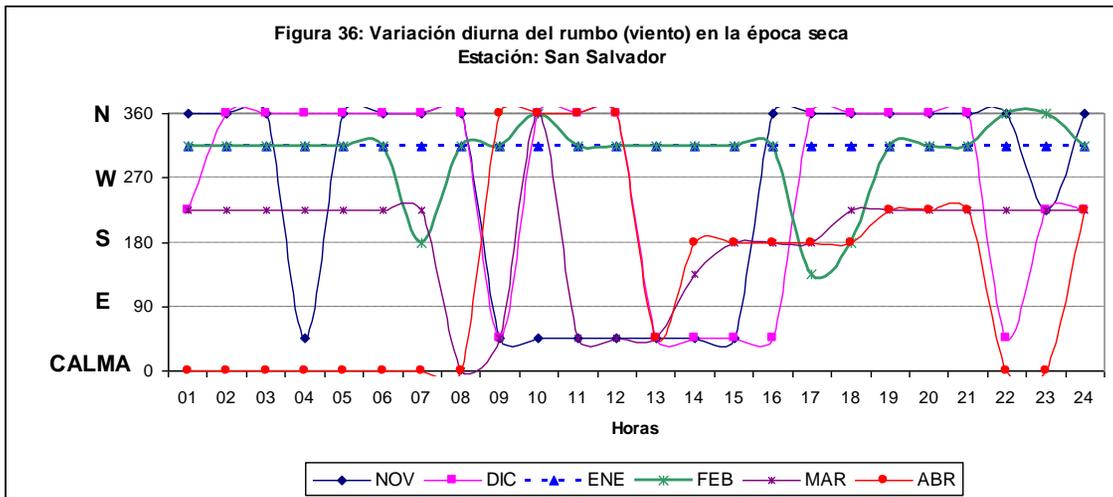
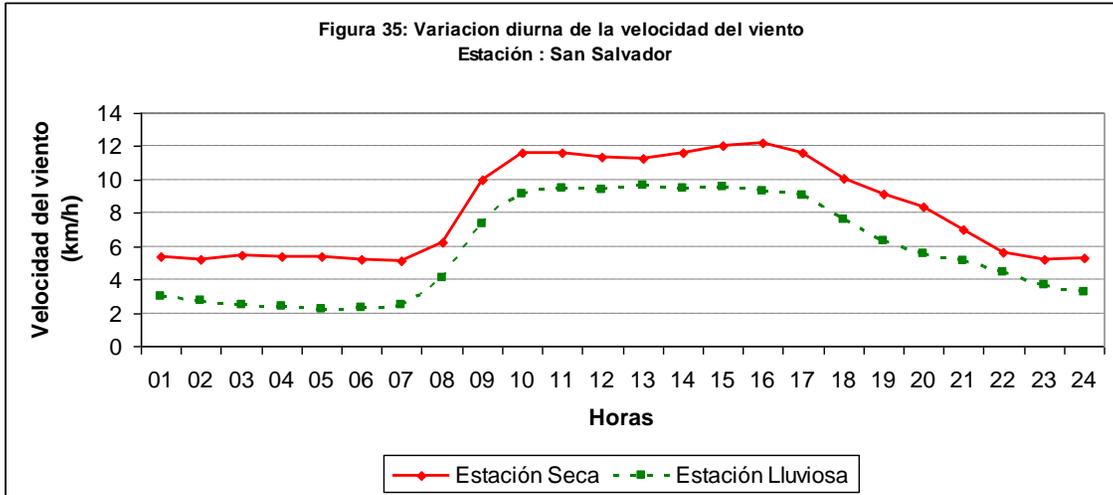


Figura 38: Variación diaria en el mes de marzo de las variables climáticas en San Salvador

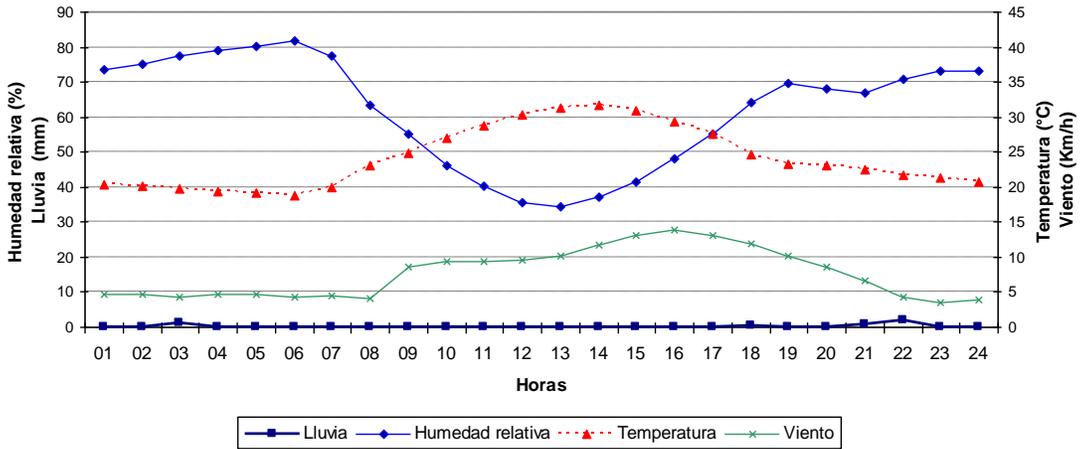


Figura 39: Variación diaria en el mes de abril de las variables climáticas en San Salvador

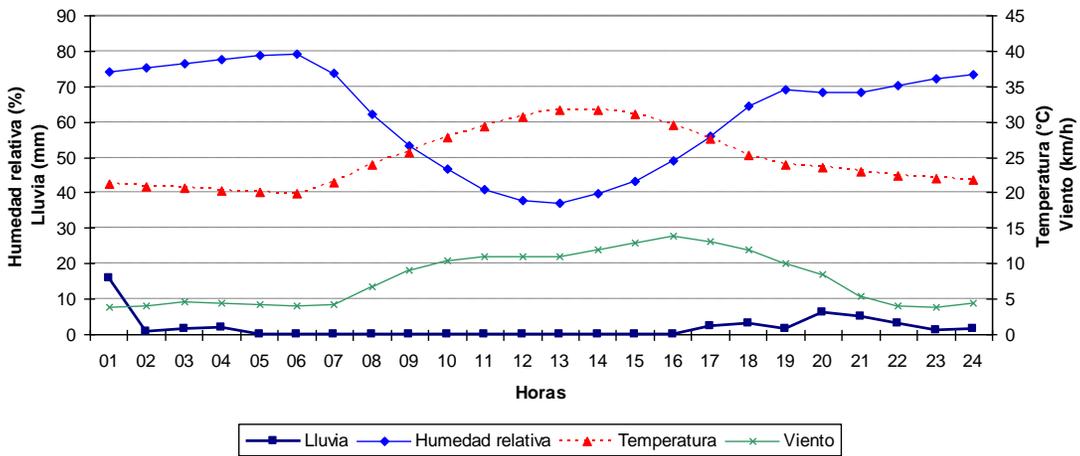
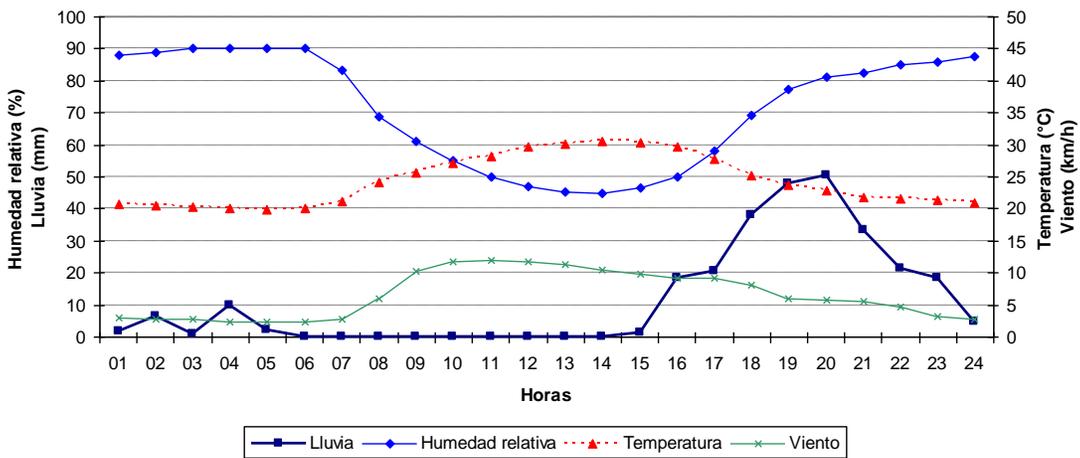
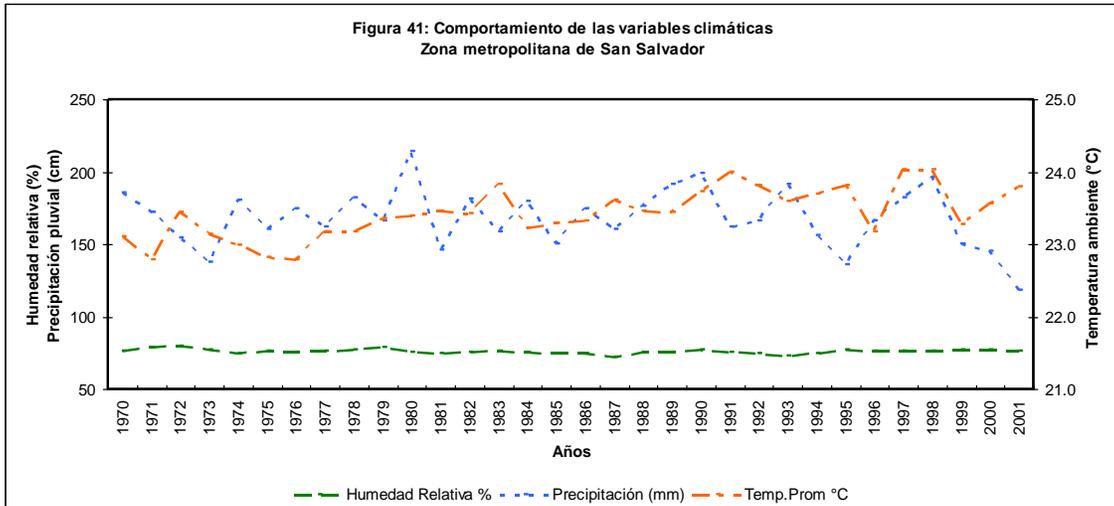


Figura 40: Variación diaria en el mes de julio de las variables climáticas en San Salvador

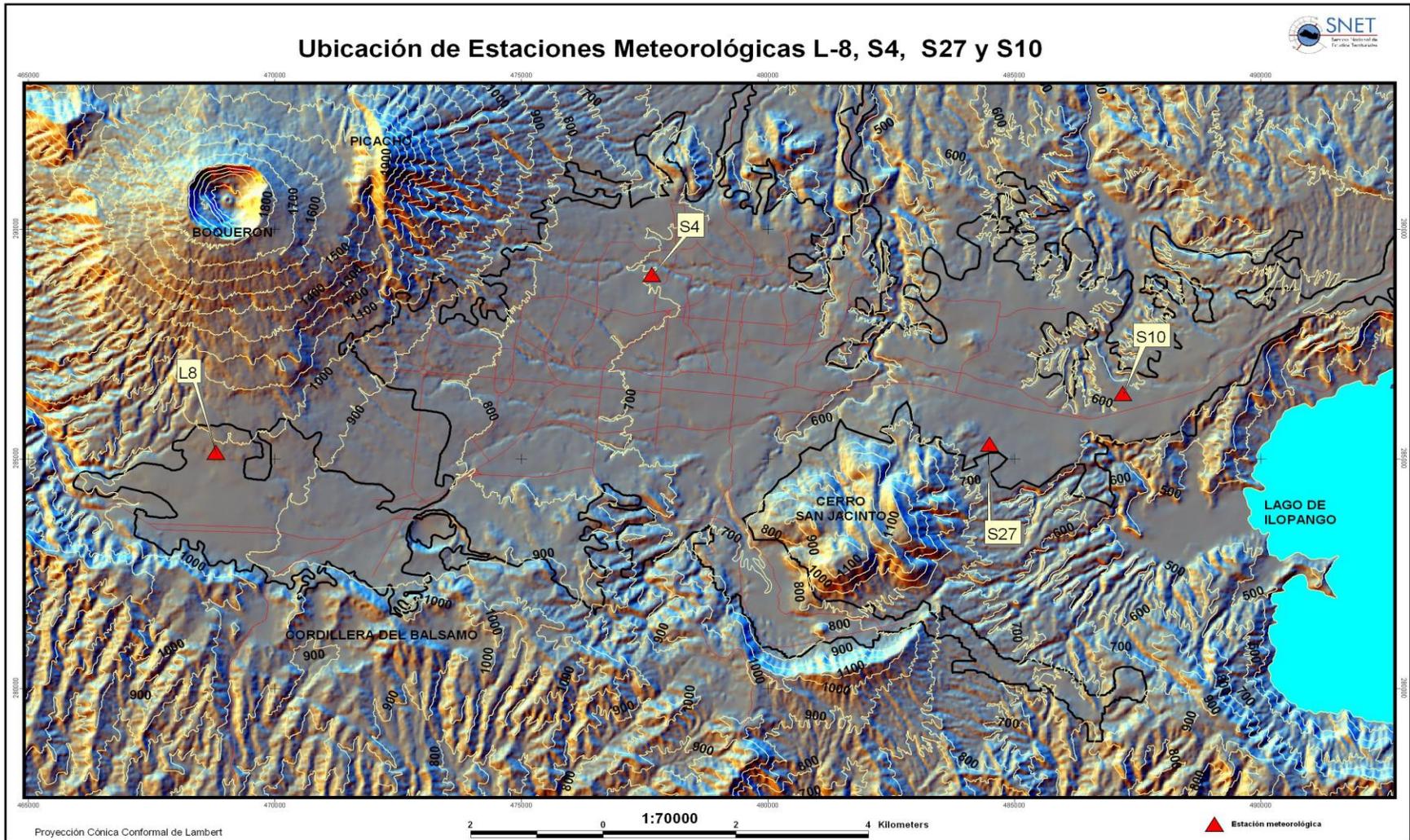


7. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES CLIMATICAS

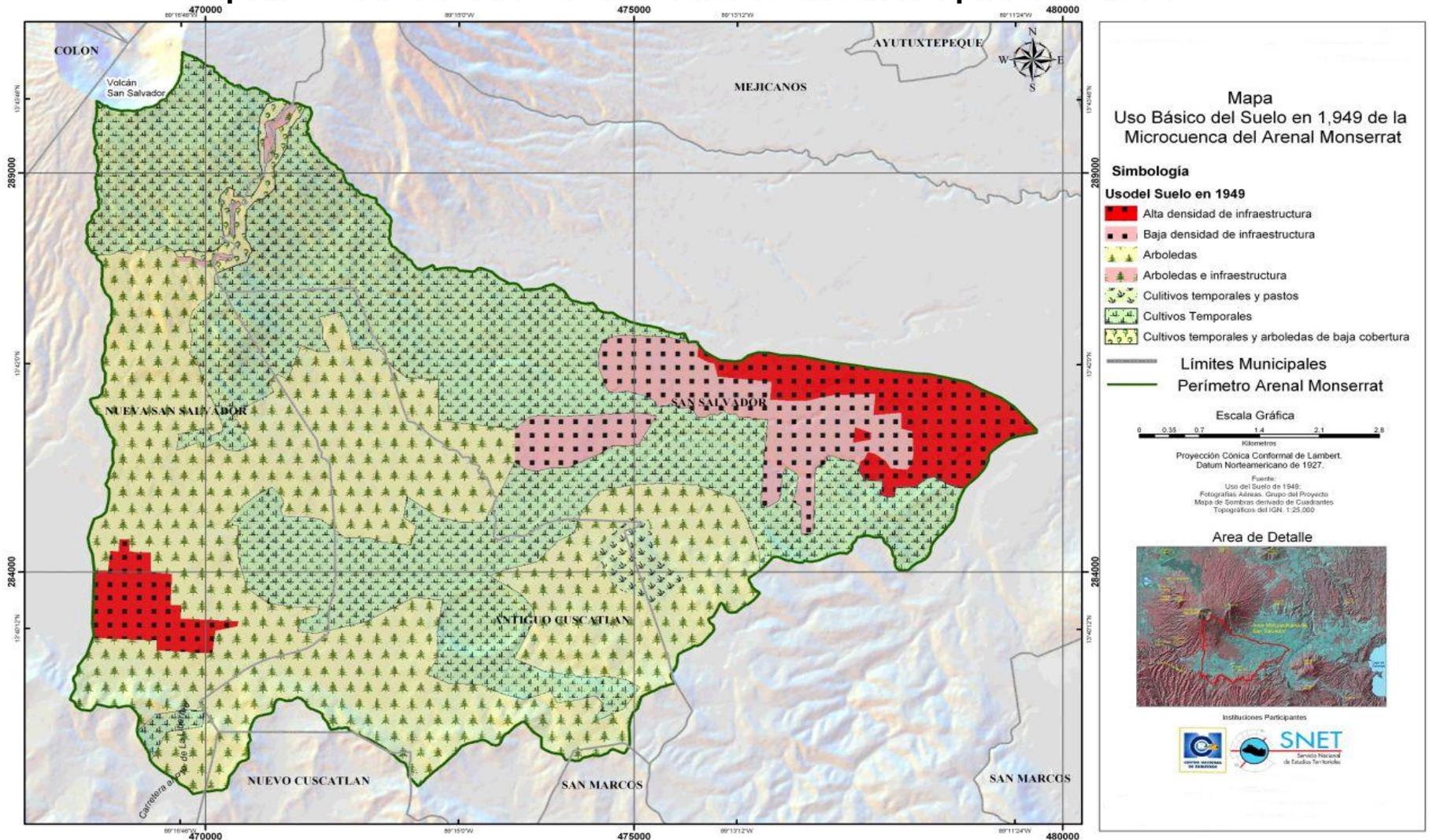


ANEXO III
MAPAS 1-18

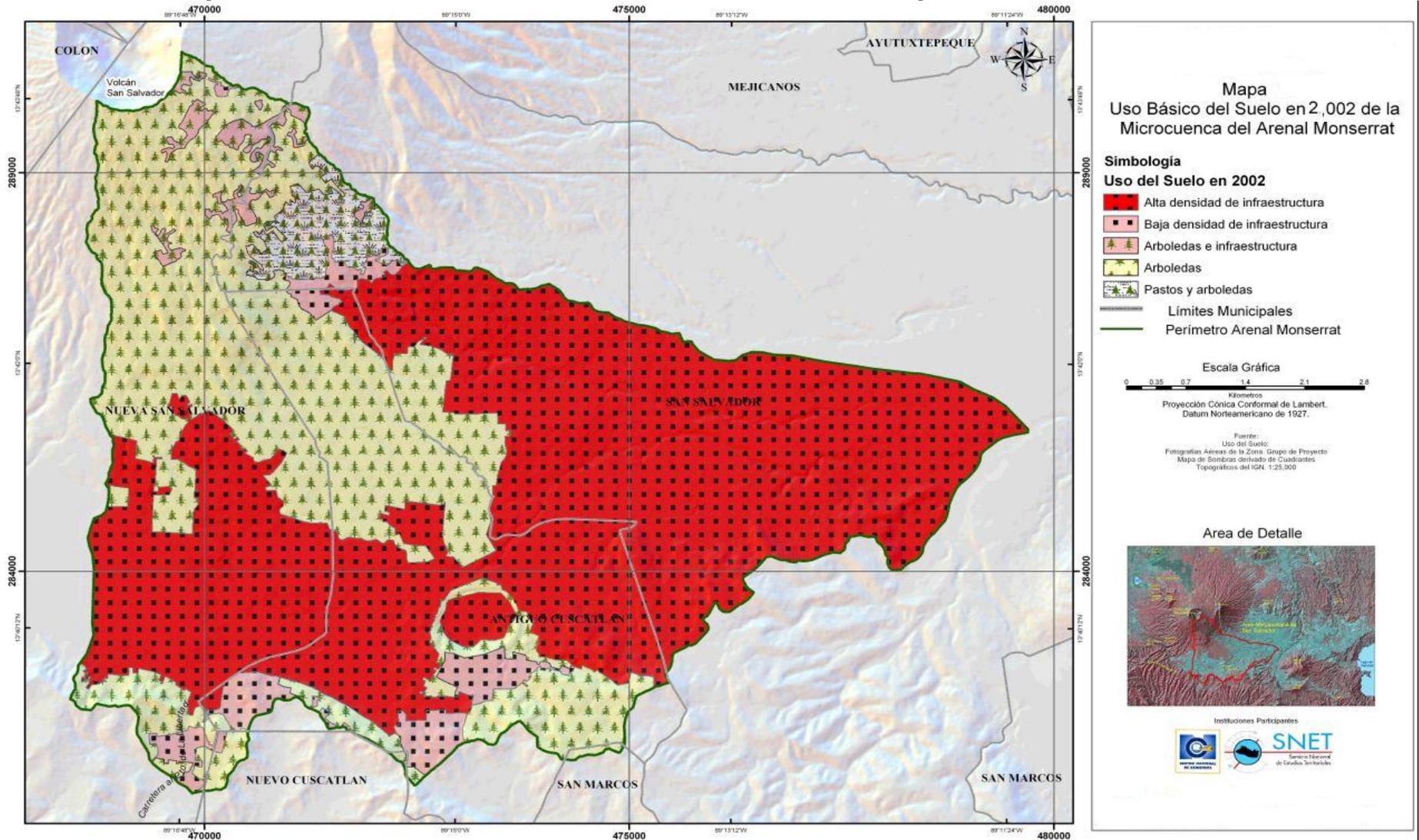
Mapa1: Mapa topográfico y ubicación de estaciones meteorológicas, AMSS.



Mapa 2: Uso del suelo básico de una cuenca de San Salvador para el año 1949.

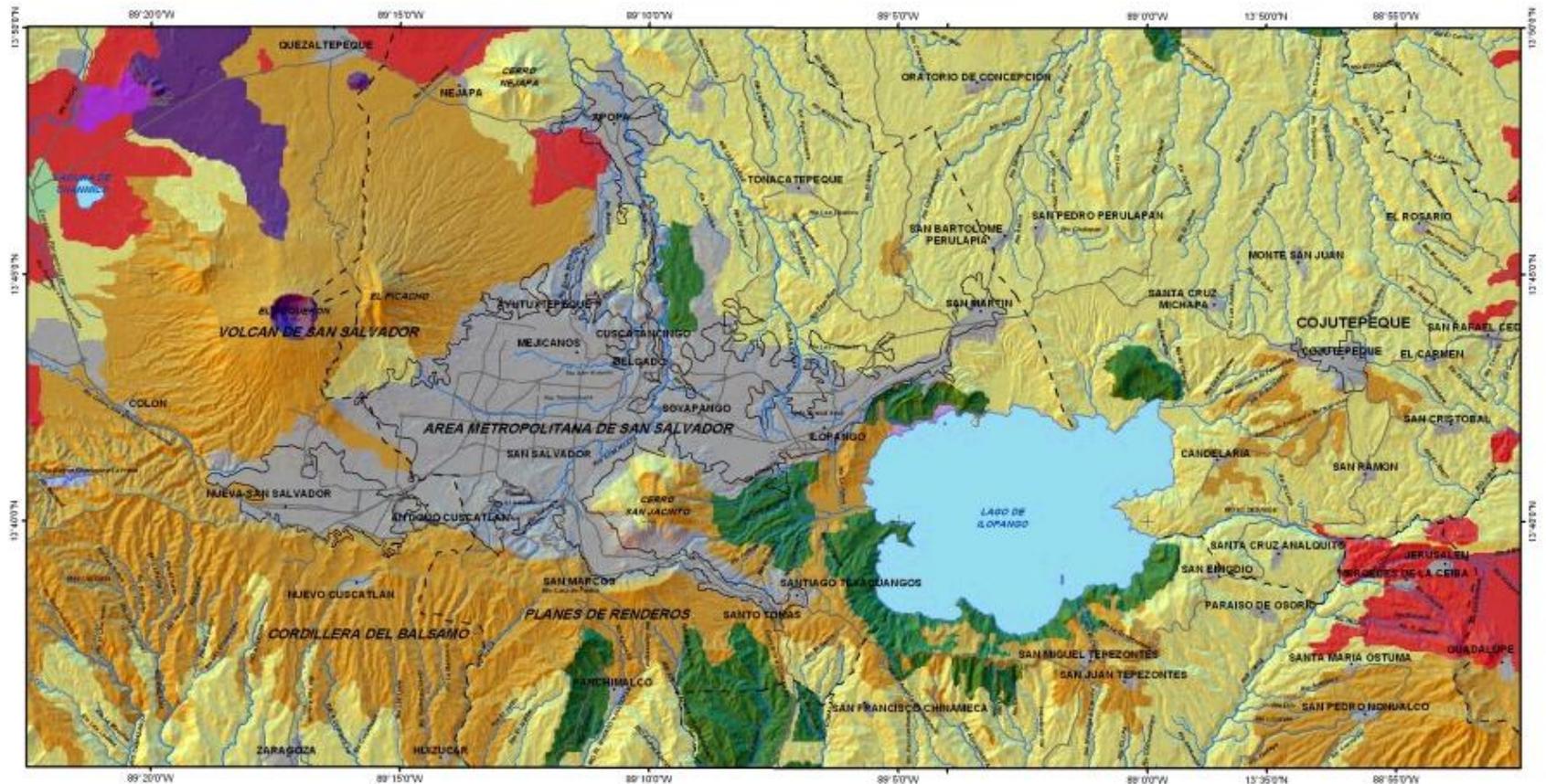


Mapa 3: Uso del suelo básico de una cuenca de San Salvador para el año de 2002.



Mapa 4. Uso del suelo del área metropolitana de San Salvador para el año 1996.

Mapa de Uso del Suelo



LEYENDA

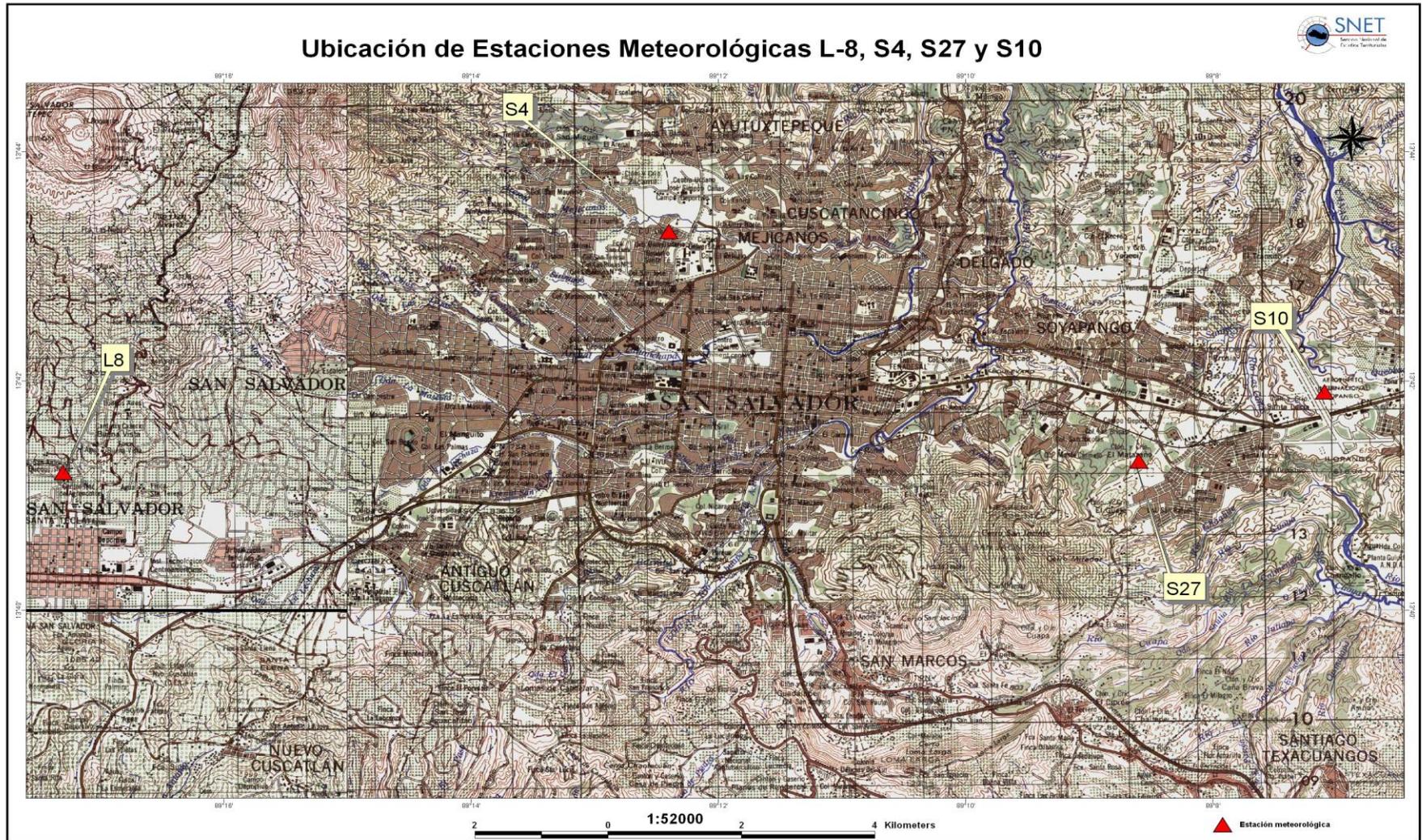
- | | | |
|-----------------------------|----------------------|---------------------------|
| • Cabecera municipal | Uso del Suelo | ■ Hortalizas |
| — Red vial principal | ■ Bosques naturales | ■ Lava |
| — Río permanente principal | ■ Café | ■ Pastos y granos básicos |
| — Río permanente secundario | ■ Caña de azúcar | ■ No apta |
| ■ Cuerpo de agua | ■ Frutales | ■ Centros turísticos |
| ■ Zonas urbanas | | ■ Areas urbanas |



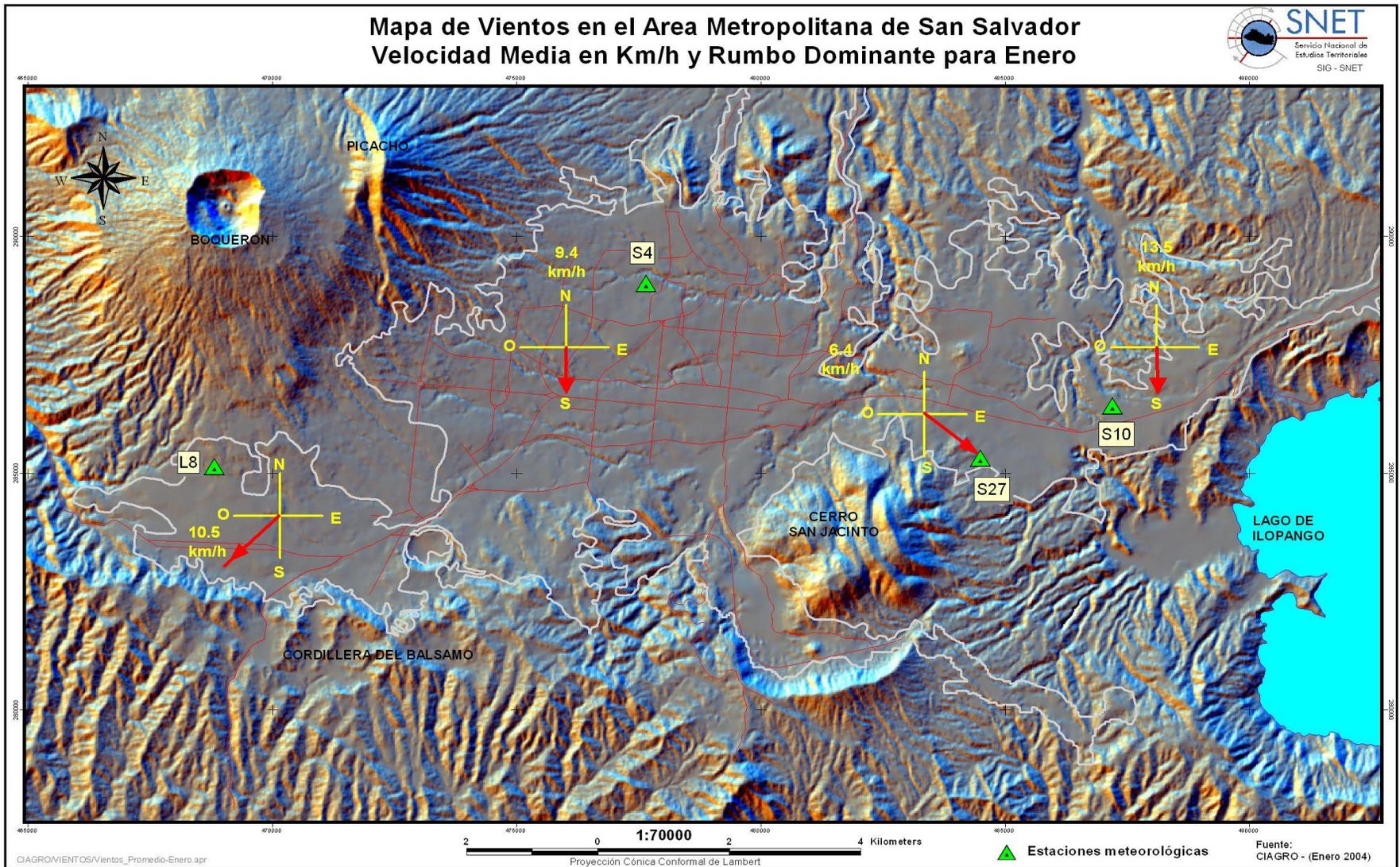
Fuente:
Mapa de Uso del suelo levantado en base a
imagen de satélite Landsat de 1994 por la DGEA-MAG



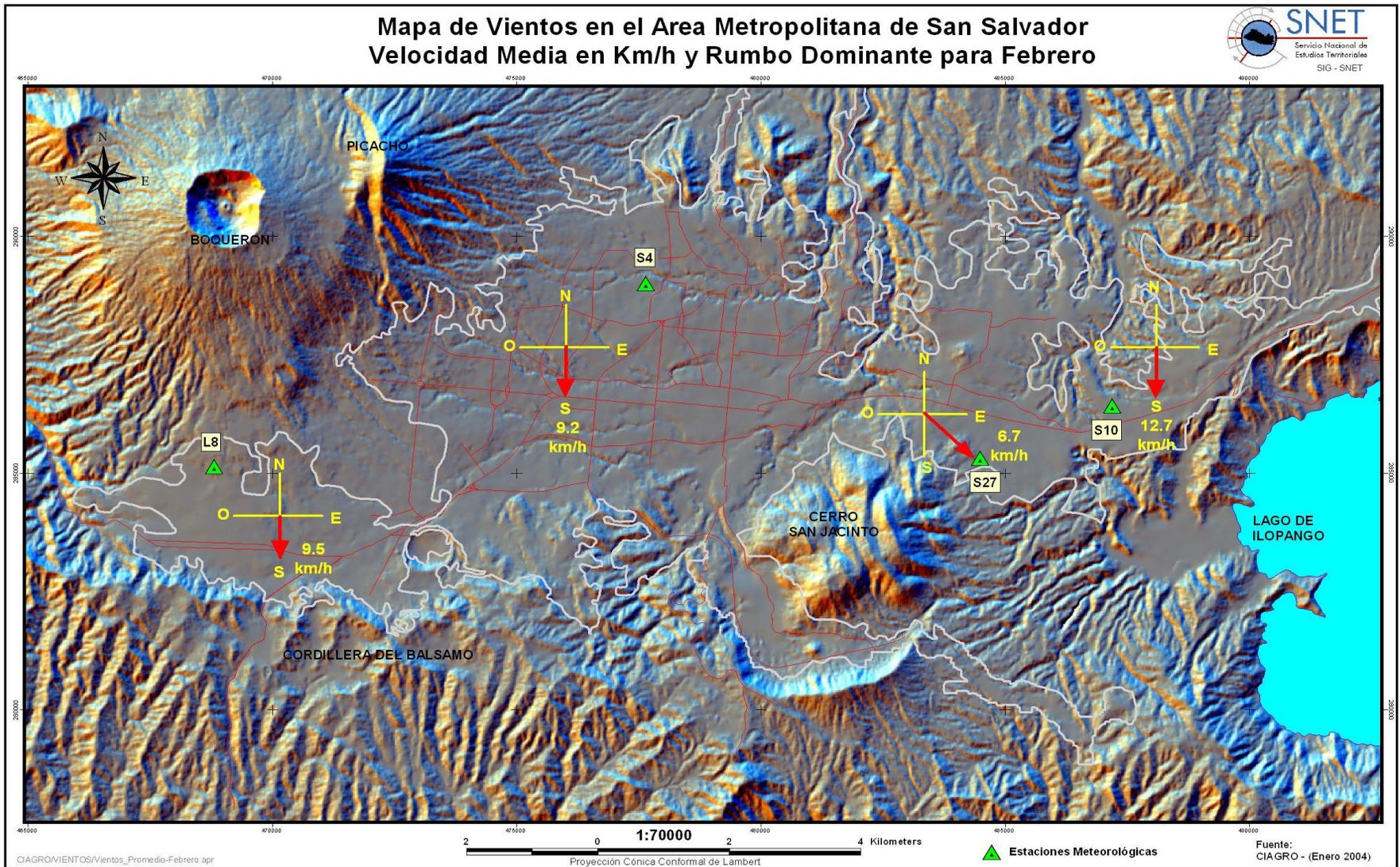
Mapa 5: Mapa cartográfico y ubicación de estaciones meteorológicas, AMSS.



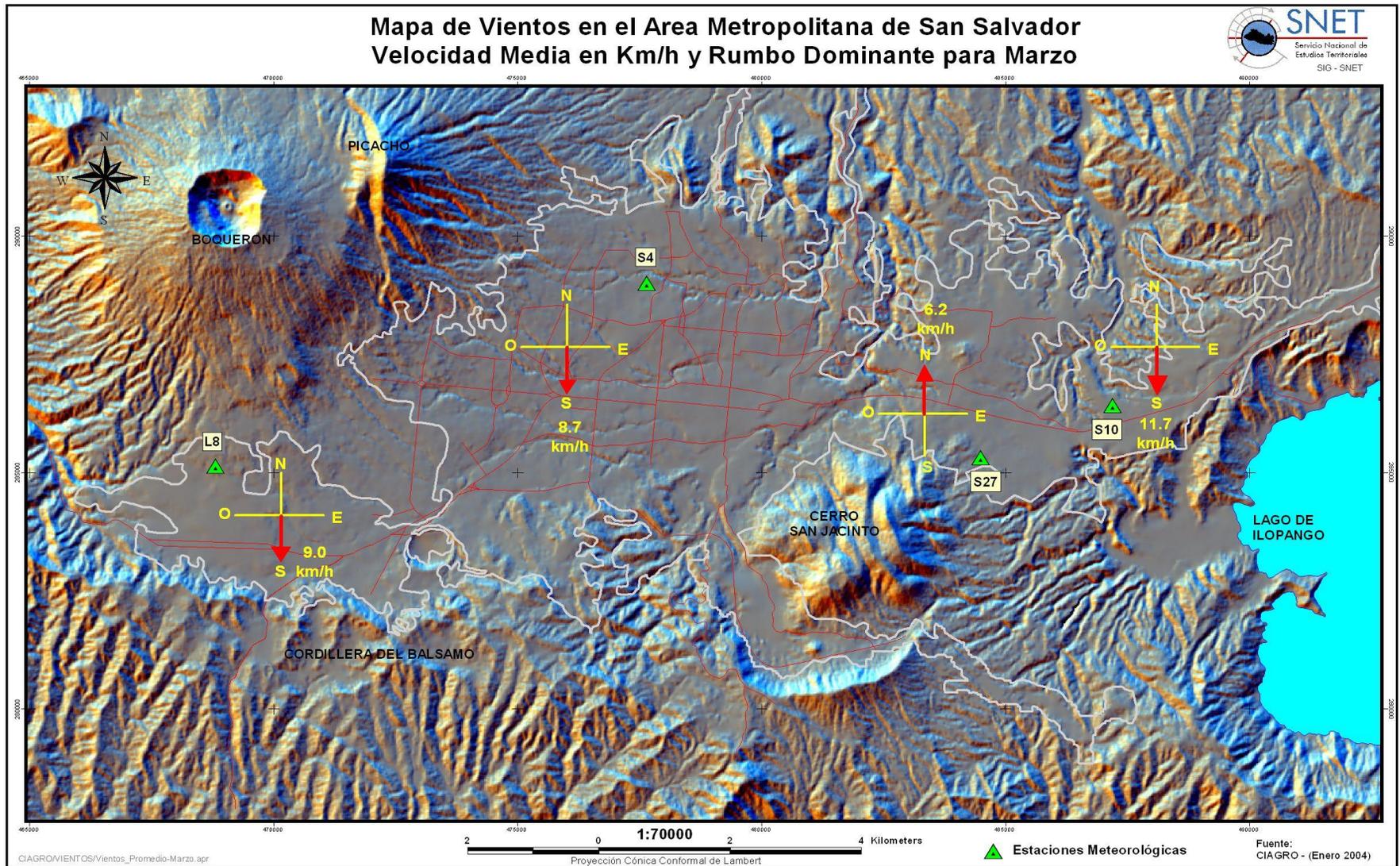
Mapa 6: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, mes de Enero, AMSS.



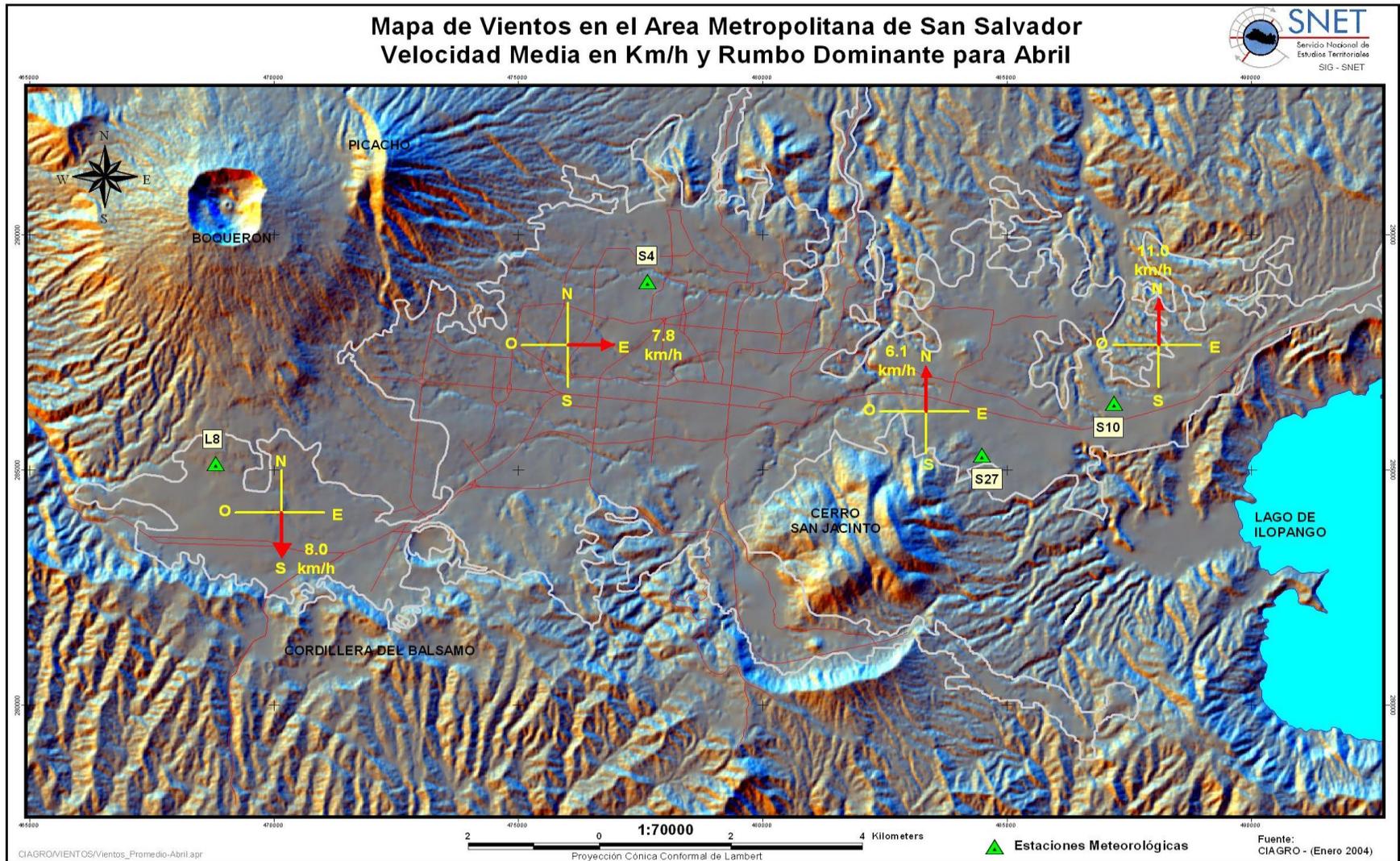
Mapa 7: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, mes de Febrero, AMSS.



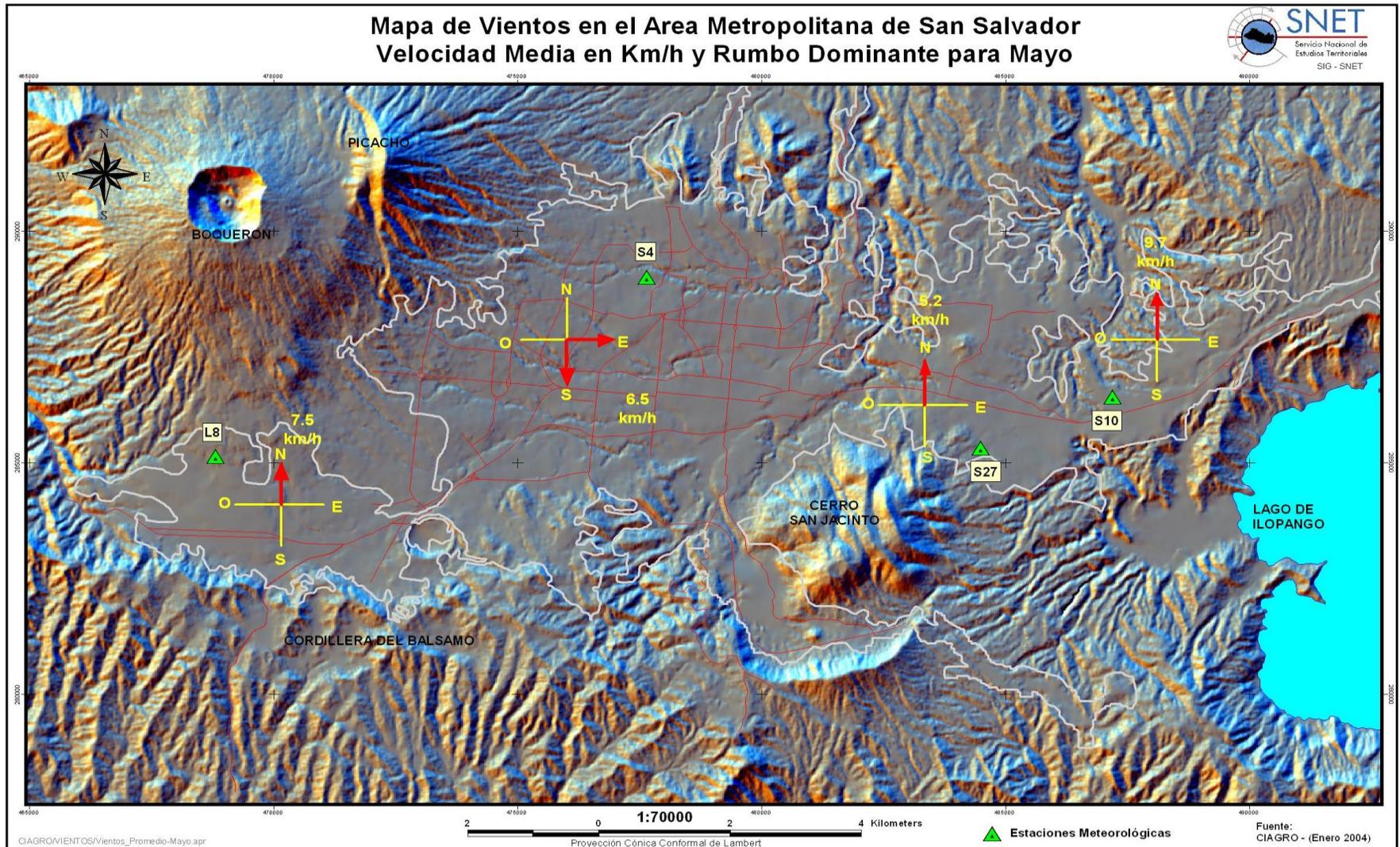
Mapa 8: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, mes de Marzo, AMSS.



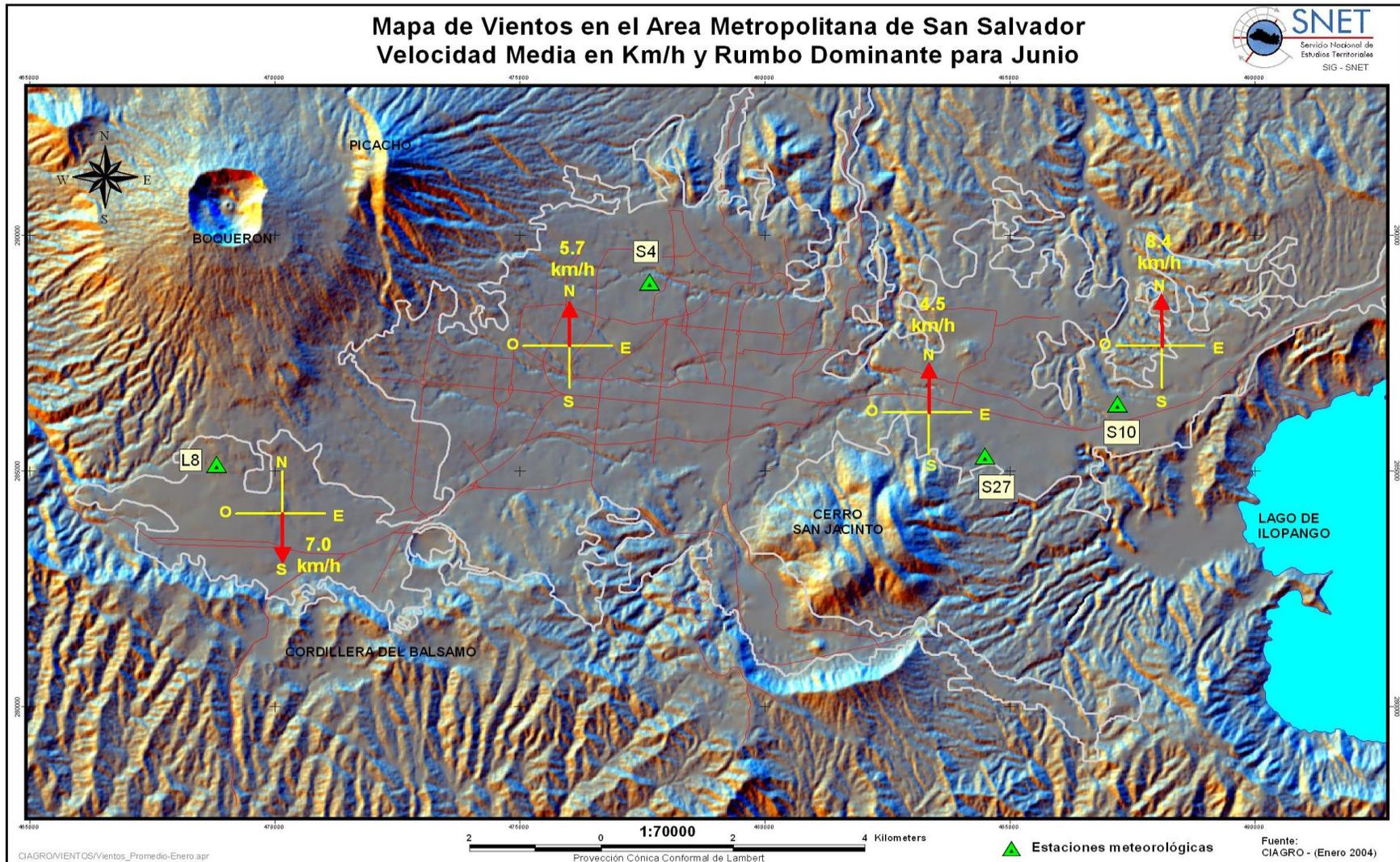
Mapa 9: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, mes de Abril, AMSS.



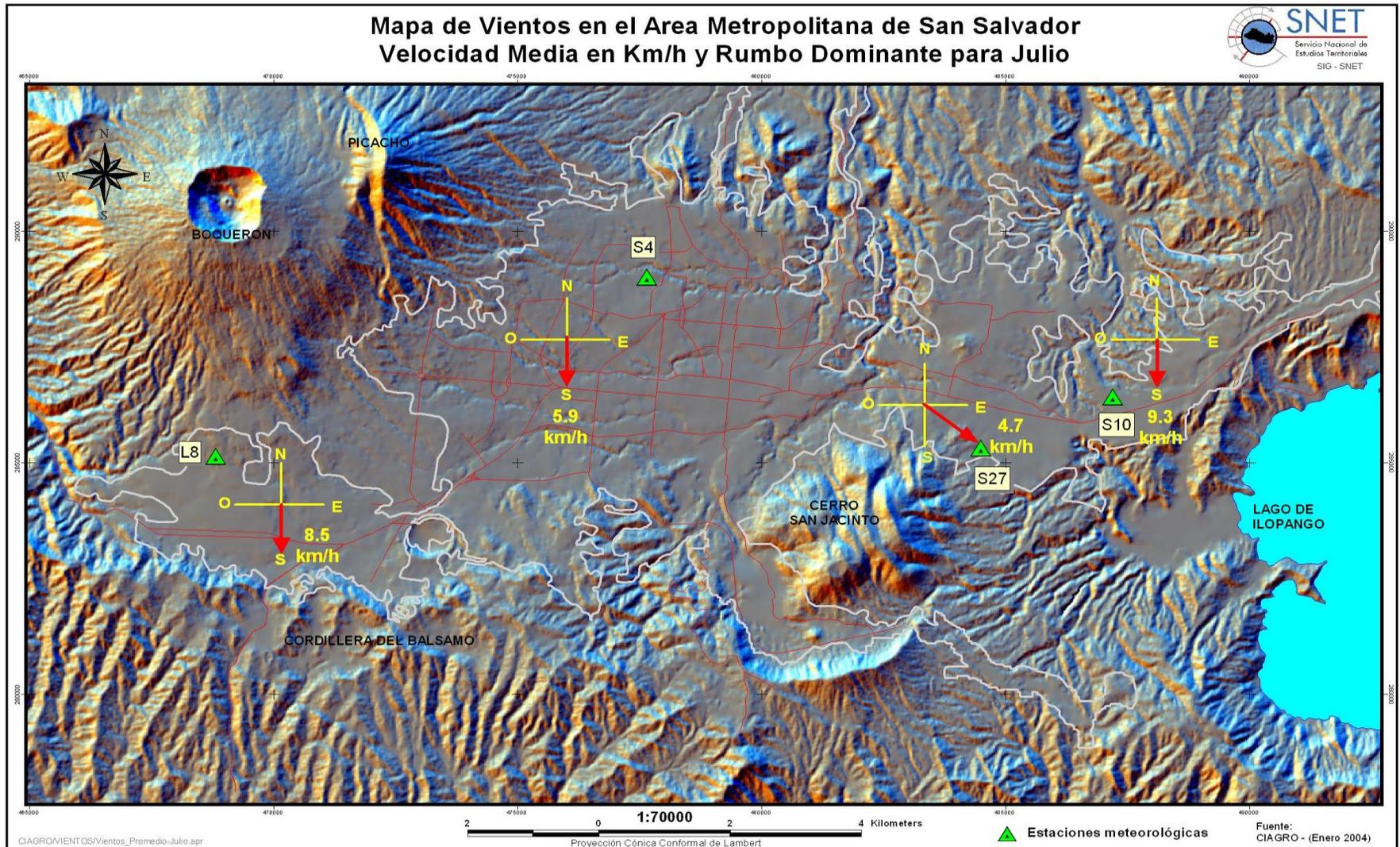
Mapa 10: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, mes de Mayo, AMSS.



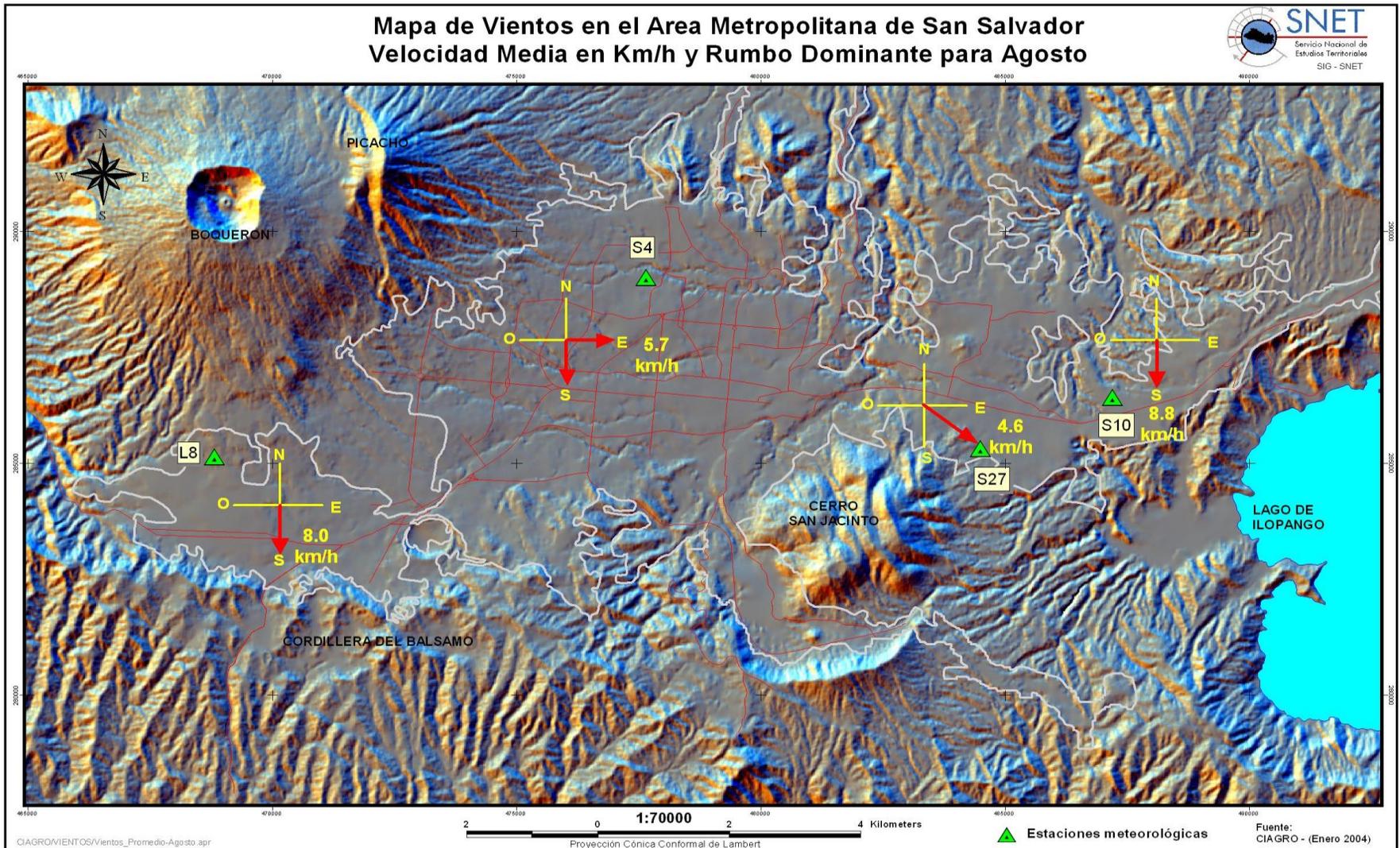
Mapa 11: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, mes de Junio, AMSS.



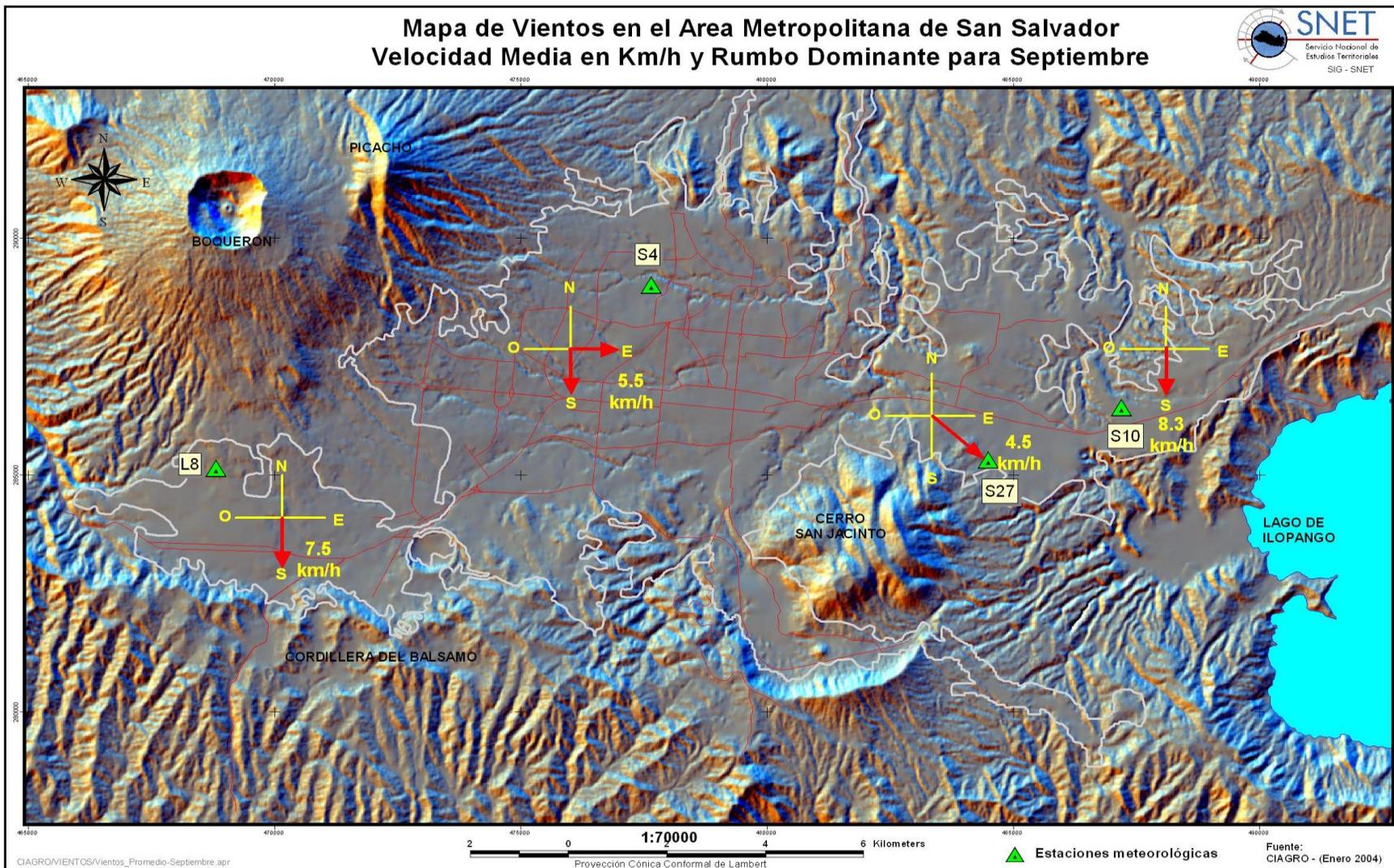
Mapa 12: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, mes de Julio, AMSS.



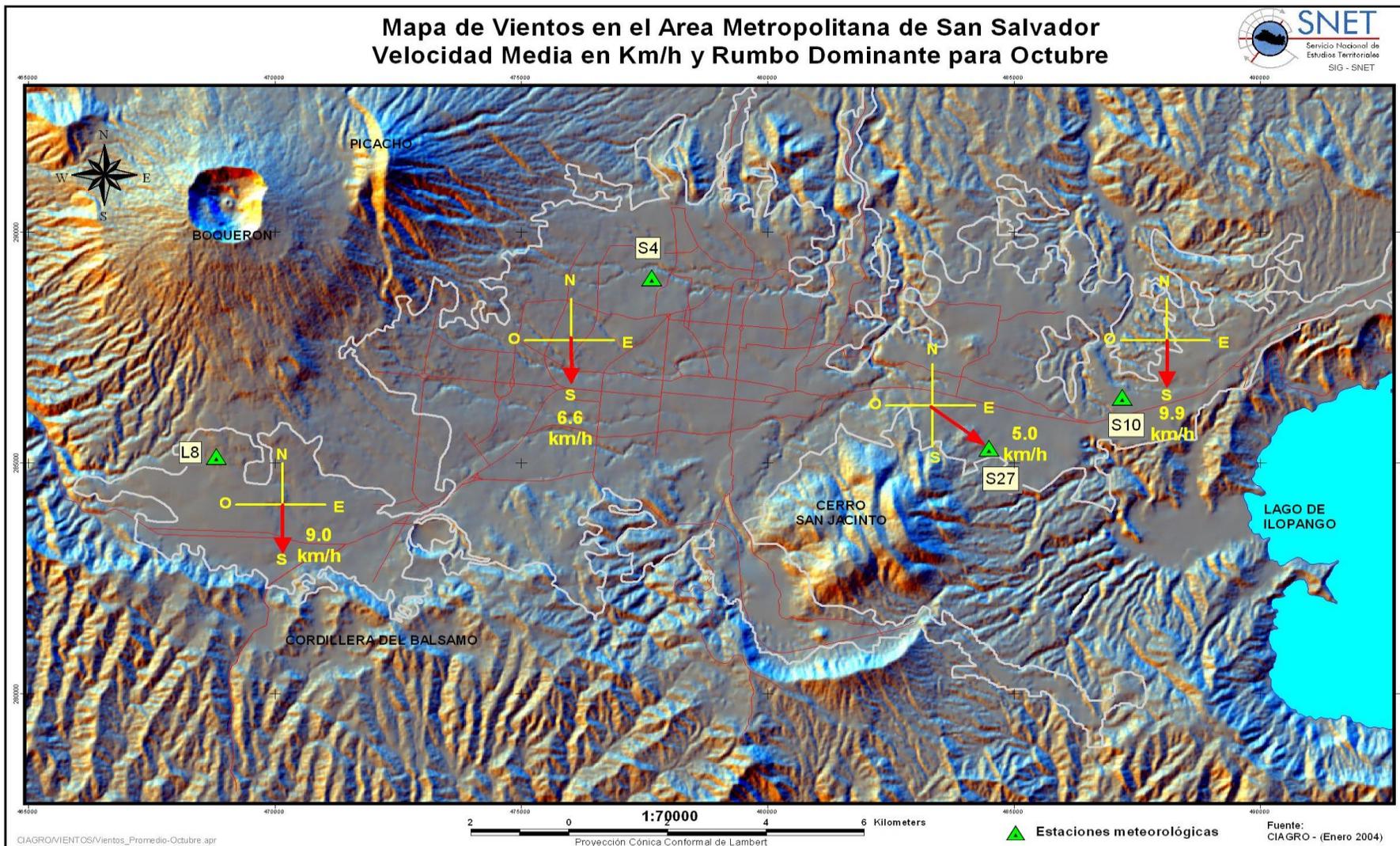
Mapa 13: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, mes de Agosto, AMSS.



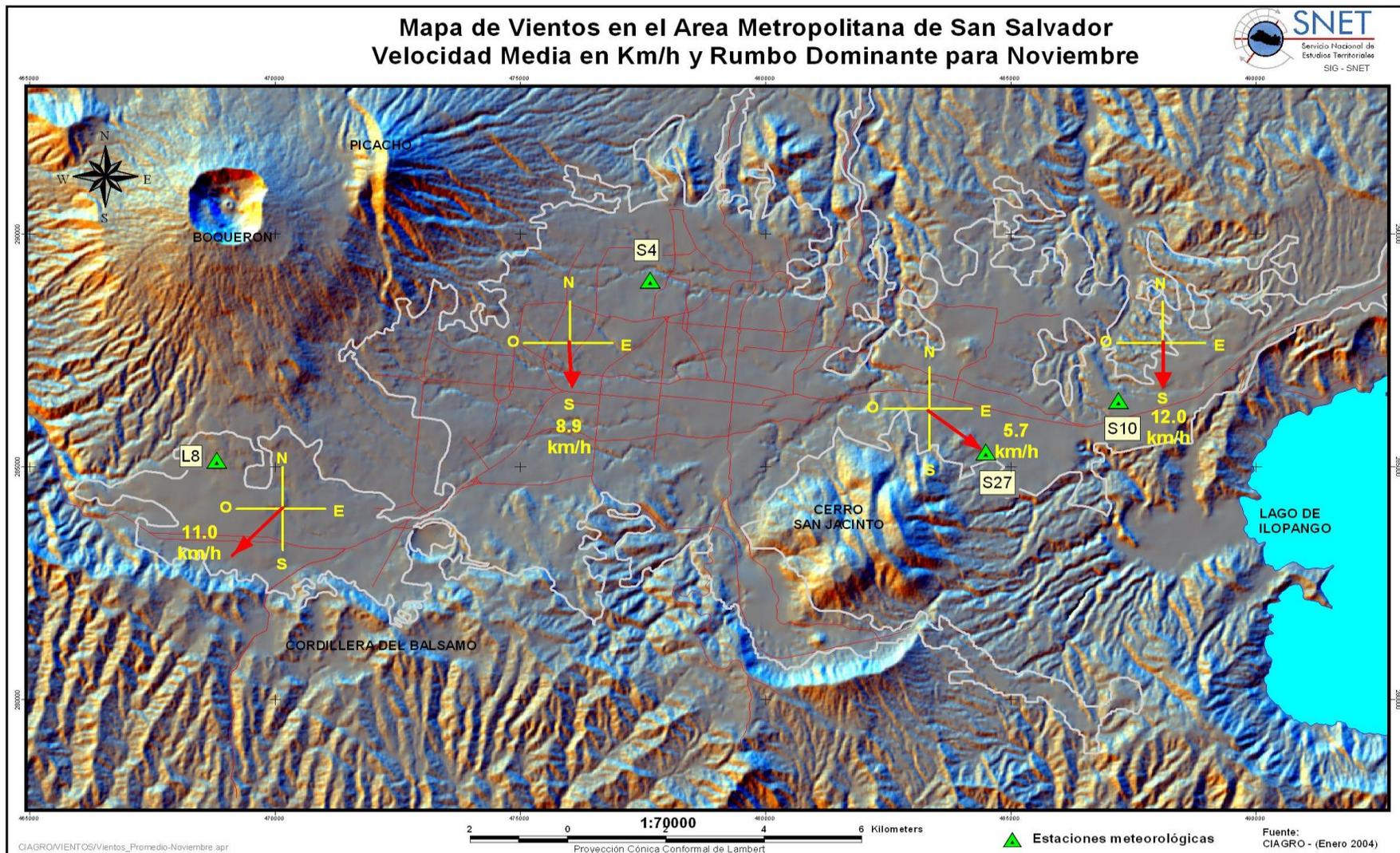
Mapa 14: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, mes de Septiembre, AMSS.



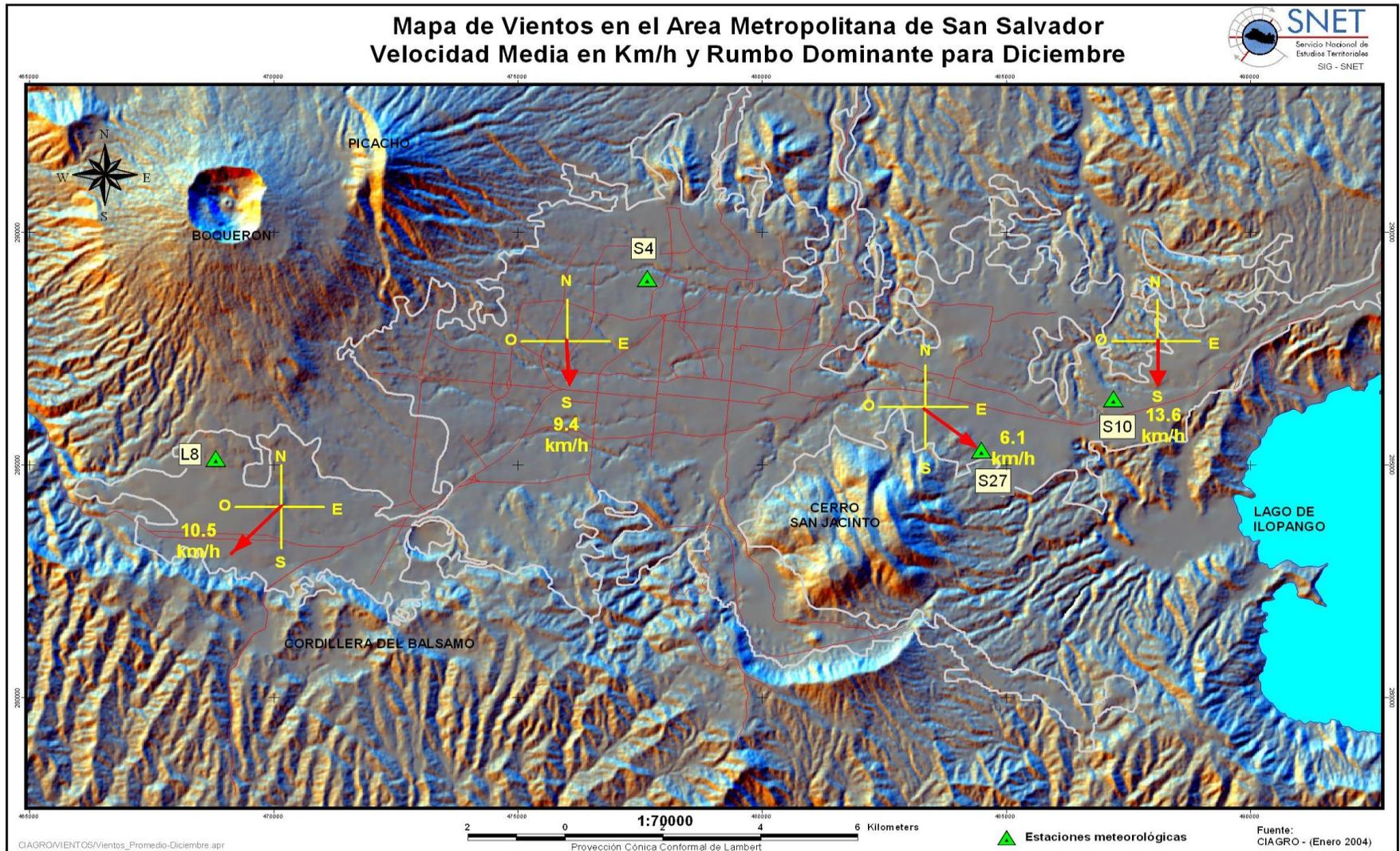
Mapa 15: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, mes de Octubre, AMSS.



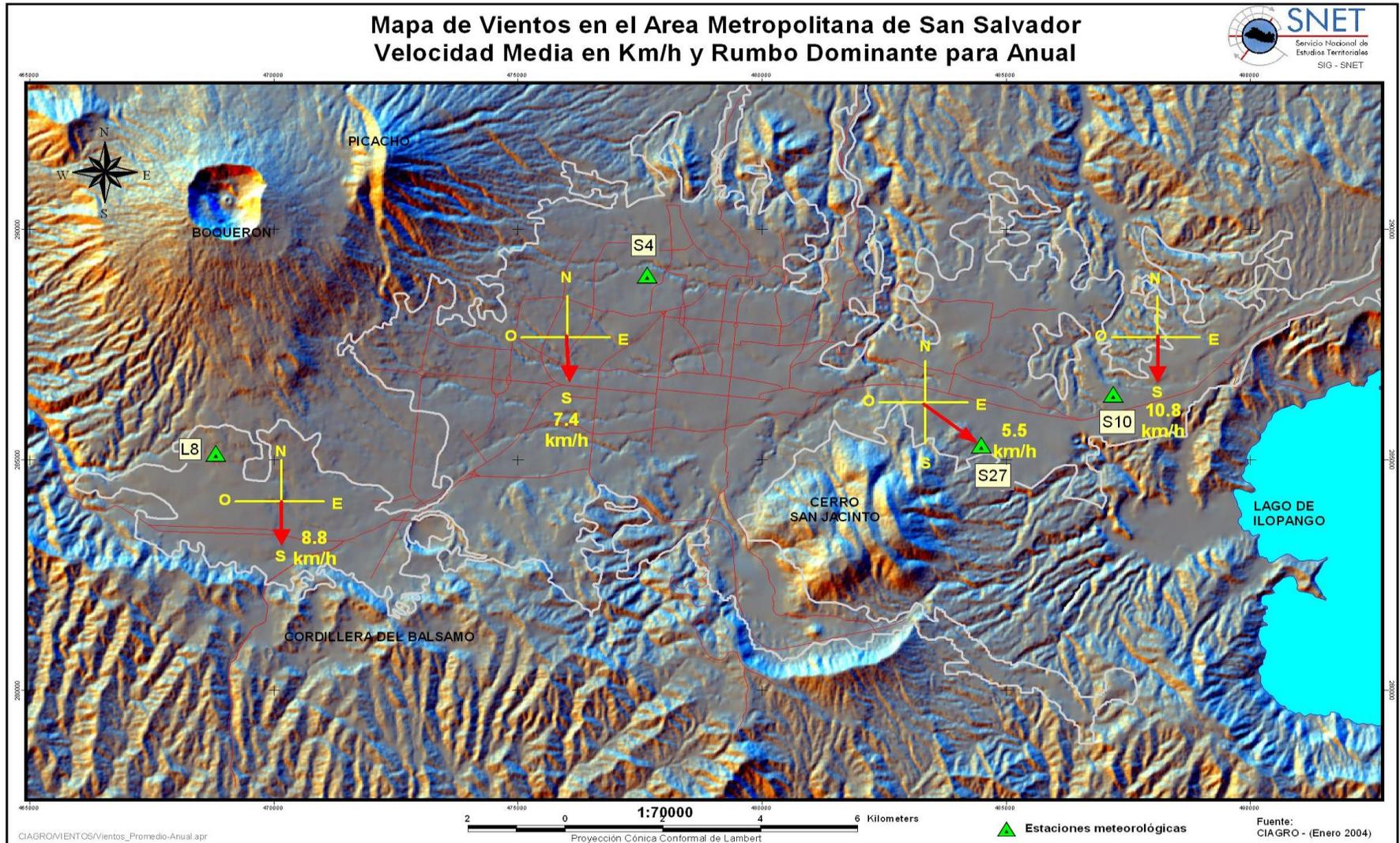
Mapa 16: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, mes de Noviembre, AMSS.



Mapa 17: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, mes de Diciembre, AMSS.



Mapa 18: Mapa vientos en estaciones meteorológicas, Anual, AMSS.



ANEXOS IV

Cuadros 1-9

DESCRIPCION DE LA BASE DE DATOS UTILIZADA

CUADRO N° 1

ESTACION	CODIGO	N° AÑOS	SERIE UTILIZADA	OBSERVACIONES
SAN SALVADOR ITIC	S5	20	1960-1979	La estación dejó de funcionar en 1980
AEROPUERTO ILOPANGO	S10	20	1985-2003	Se utilizó la serie más actual
ESTACION MATRIZ, SOYAPANGO	S27	9	1975-1983	La estación dejó de funcionar en 1984
SANTA TECLA	L8	20	1966-1985	La estación tiene series incompletas a partir de 1986

Nota: Para el análisis temporal de las variables más importantes se utilizó la estación de Ilopango con una serie más larga
Años utilizados: 1970-2001

ESTACION: SAN SALVADOR ITIC
 INDICE: S-4
 DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

LATITUD NORTE: 13° 43.6'
 LONGITUD OESTE: 89° 12.3'
 ELEVACION : 710 MSNM.

CUADRO N° 2

PARAMETROS / MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM
Precipitación mm	5.7	4.2	14.4	46.5	148.3	291.2	327.7	324.1	333.3	211.9	33.5	11.0	1751.7
Temperatura Máxima Promedio °C	30.3	31.5	33.0	33.2	32.1	30.7	31.0	30.9	30.2	30.0	29.3	29.8	31.0
Temperatura Mínima Promedio °C	16.3	16.5	17.7	18.8	19.3	19.0	18.6	18.6	18.7	18.7	17.8	16.8	18.1
Temperatura Seca Promedio °C	22.1	22.6	23.8	24.5	24.1	23.2	23.3	23.1	22.6	22.8	22.4	22.2	23.1
Temperatura Humeda Promedio °C	17.3	17.5	18.8	20.0	20.7	20.7	20.4	20.6	20.5	20.1	18.7	17.9	19.4
Humedad Relativa %	63	62	63	66	74	80	77	79	83	78	70	67	72
Viento (escala Beaufort)	1.7	1.6	1.4	1.2	1.2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.6	1.9	1.7	1.4
Nubosidad en /10	2	3	4	5	6	7	6	7	7	6	4	3	5.0
Luz Solar (horas)	9.5	9.6	9.6	8.6	7.3	6.4	8.2	7.8	6.2	7.4	8.3	9.5	8.2
Presión Atmosférica en milibares	4.1	3.9	3.4	3.3	3.3	3.2	3.9	3.6	2.8	2.9	3.8	4.0	3.5
Radiación Global (Calorías /cm²/día)	432.9	459.9	535.4	493.1	436.7	435.1	458.8	444.6	411.9	404.8	412.1	434.6	446.7

CUADRO N° 3

PARAMETROS / HORA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperatura Seca 07 horas	18.0	18.2	19.9	21.5	21.8	21.3	20.9	20.8	20.6	20.6	19.9	18.7	20.2
Temperatura Seca 14 horas	28.5	29.4	30.5	30.7	29.3	28.0	28.8	28.6	27.2	27.4	27.5	28.1	28.7
Temperatura Seca 21 horas	21.0	21.5	22.5	23.0	22.7	21.7	21.7	21.6	21.3	21.5	21.2	21.0	21.7
Humedad Relativa 07 horas	79	79	78	78	84	89	88	90	92	87	81	80	84
Humedad Relativa 14 horas	43	40	43	47	56	62	56	59	66	62	54	47	53
Humedad Relativa 21 horas	68	67	69	74	82	88	87	89	90	85	76	73	79
Lluvia noche	3.4	2.2	7.4	30.7	79.2	145.4	166.1	184.2	181.6	113.7	15.1	8.5	937.7
Lluvia mañana	0.0	0.0	0.2	1.4	23.5	32.9	10.2	10.4	35.2	18.8	3.2	0.8	136.7
Lluvia tarde	2.3	2.6	6.3	15.0	48.6	113.8	150.8	130.8	113.6	78.1	14.1	1.7	677.6
Viento 07 horas	1.5	1.4	1.2	0.9	0.9	0.8	1.0	1.0	0.9	1.3	1.7	2.0	1.2
Viento 14 horas	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.9	2.1	2.0	1.8
Viento 21 horas	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.3	1.1	1.2	1.4	1.8	1.7	1.3
Nubosidad 07 horas	1.8	2.2	3.3	4.7	5.9	6.9	6.0	6.5	7.4	6.4	4.2	2.3	4.8
Nubosidad 14 horas	3.6	3.7	4.7	5.3	6.3	7.0	6.1	6.3	7.3	6.5	4.8	3.8	5.4
Nubosidad 21 horas	2.2	2.1	3.0	4.2	5.7	7.1	7.0	7.0	7.0	6.4	3.7	2.3	4.8
Presión Atmosférica 07 horas	5.0	4.7	4.4	4.3	4.1	3.6	4.2	4.1	3.3	3.5	4.5	4.8	4.2
Presión Atmosférica 14 horas	2.6	2.8	1.9	1.9	2.0	2.2	3.0	2.5	1.6	1.3	2.2	2.4	2.2
Presión Atmosférica 21 horas	4.8	4.2	3.9	3.8	3.8	3.8	4.6	4.3	3.6	3.8	4.7	4.9	4.2

ESTACION: AEROPUERTO DE ILOPANGO
 INDICE: S-10
 DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

LATITUD NORTE: 13° 41,9'
 LONGITUD OESTE: 89° 07,1'
 ELEVACION : 615 m.s.n.d.m.

CUADRO N° 4

PARAMETROS / MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM
Precipitación mm	1.7	1.0	5.3	23.5	153.1	286.8	318.5	332.1	335.8	185.0	57.0	9.0	1708.8
Temperatura Máxima Promedio °C	30.6	31.2	32.4	32.8	31.2	30.2	30.4	30.4	29.4	29.5	29.8	29.5	30.6
Temperatura Mínima Promedio °C	17.0	16.7	18.2	19.8	20.3	19.9	19.4	19.6	19.6	19.3	18.5	16.6	18.7
Temperatura Seca Promedio °C	22.7	23.1	24.0	25.0	24.7	24.0	24.0	23.8	23.3	23.3	23.0	22.9	23.7
Temperatura Humeda Promedio °C	18.4	18.2	19.4	21.1	21.9	21.8	21.5	21.5	21.5	21.0	20.1	19.2	20.5
Humedad Relativa %	67	65	66	71	79	82	80	82	85	82	76	71	76
Viento (escala Beaufort)	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2	1.4	1.5	1.6	1.4
Nubosidad en /10	3	3	3	5	7	7	7	8	8	7	5	3	5.5
Luz Solar (horas)	9.5	9.6	9.6	8.6	7.3	6.4	8.2	7.8	6.2	7.4	8.3	9.5	8.2
Presión Atmosférica en milibares	3.7	3.2	3.0	2.8	2.6	2.8	3.4	3.4	2.6	2.1	3.4	3.7	3.1

CUADRO N° 5

PARAMETROS / HORA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperatura Seca 07 horas	17.9	18.1	19.6	21.3	21.8	21.4	20.8	20.8	20.8	20.6	19.6	17.7	20.0
Temperatura Seca 14 horas	29.4	29.9	30.7	31.0	29.6	28.6	29.1	28.8	27.6	28.0	28.6	28.6	29.2
Temperatura Seca 21 horas	21.7	22.2	23.0	23.9	23.6	23.0	23.1	22.8	22.4	22.3	22.0	22.0	22.6
Humedad Relativa 07 horas	84	83	82	84	89	93	93	93	95	92	88	82	88
Humedad Relativa 14 horas	44	42	45	50	61	65	61	64	70	65	57	49	56
Humedad Relativa 21 horas	72	68	73	79	86	89	87	89	90	88	83	77	82
Lluvia noche	1.5	0.7	3.5	14.9	106.2	149.4	162.2	178.6	192.0	81.7	24.8	4.0	919.4
Lluvia mañana	0.0	0.0	0.6	0.3	11.8	21.0	12.4	15.2	28.9	19.5	1.8	0.6	112.2
Lluvia tarde	0.3	0.4	1.4	8.2	42.3	119.7	142.9	143.6	113.0	83.6	28.6	2.7	686.7
Viento 07 horas	1.4	1.2	1.1	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	0.9	1.2	1.4	1.5	1.2
Viento 14 horas	1.9	2.0	2.1	2.2	1.8	1.6	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8
Viento 21 horas	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.1	1.2	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2
Nubosidad 07 horas	2.0	2.5	3.5	5.0	6.8	7.6	7.4	7.8	8.2	7.2	4.8	2.8	5.5
Nubosidad 14 horas	3.8	3.7	4.0	5.2	6.8	7.6	7.3	7.6	8.3	7.3	5.5	4.0	5.9
Nubosidad 21 horas	2.5	2.5	3.0	4.6	6.5	7.3	7.8	8.2	8.2	6.7	4.1	2.7	5.3

ESTACION: SANTA TECLA
 INDICE: L-8
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

LATITUD NORTE: 13° 41.2'
 LONGITUD OESTE: 89° 17.3'
 ELEVACION: 965 m.s.n.m.

CUADRO N° 8

PARAMETROS / MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM
Precipitación mm	7.8	2.0	15.0	43.1	165.5	313.4	345.9	323.5	344.0	222.6	36.7	9.2	1828.7
Temperatura Máxima Promedio °C	28.5	29.8	30.8	30.7	29.5	28.6	29.6	29.3	28.2	28.2	26.6	27.8	29.0
Temperatura Mínima Promedio °C	13.7	13.1	14.0	15.3	16.3	17.3	16.8	17.0	17.1	16.9	14.8	14.5	15.6
Temperatura Seca Promedio °C	19.0	19.4	20.4	21.3	21.4	21.1	21.3	21.1	20.6	20.5	18.9	19.1	20.3
Temperatura Humeda Promedio °C	15.8	16.0	17.2	18.6	19.4	19.5	19.1	19.2	19.1	18.8	16.5	16.3	18.0
Humedad Relativa %	73	72	74	77	84	86	81	84	87	85	74	76	79
Viento (escala Beaufort)	2.0	2.0	1.7	1.6	1.4	1.4	1.7	1.6	1.6	1.7	2.0	2.0	1.7
Nubosidad en /10	3	4	5	7	8	8	7	8	8	7	5	4	6.0
Luz Solar (horas)	9.6	9.5	8.9	7.7	6.1	5.6	7.4	7.4	5.8	6.5	8.3	9.4	7.7
Rumbo del viento	NE	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	NE	N

CUADRO N° 9

PARAMETROS / HORA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperatura Seca 07 horas	15.4	15.9	17.4	19.1	20.0	19.8	19.3	19.2	19.2	19.0	17.8	16.4	18.2
Temperatura Seca 14 horas	26.4	27.1	27.5	27.4	26.0	25.5	26.9	26.4	24.9	25.1	25.6	25.7	26.2
Temperatura Seca 21 horas	17.2	17.4	18.4	19.4	19.8	19.5	19.5	19.4	19.2	19.0	18.1	17.2	18.7
Humedad Relativa 07 horas	89	88	88	87	92	93	92	94	96	93	88	89	91
Humedad Relativa 14 horas	47	46	50	57	68	70	59	62	71	68	58	52	59
Humedad Relativa 21 horas	83	82	83	88	92	94	92	94	94	93	87	86	89
Lluvia noche	5.1	1.7	5.5	22.9	87.2	146.2	158.7	170.1	167.1	110.6	13.2	5.1	74.5
Lluvia mañana	0.0	0.1	1.4	2.5	29.5	51.3	21.4	25.0	73.7	27.6	6.1	0.2	19.9
Lluvia tarde	3.3	1.3	7.1	21.8	52.9	116.4	165.7	132.0	101.3	84.4	16.8	3.8	58.9
Viento 07 horas	2.1	2.0	1.6	1.3	1.3	1.4	1.7	1.6	1.6	1.8	2.3	2.2	1.8
Viento 14 horas	2.3	2.5	2.4	2.3	1.9	1.8	2.0	2.1	2.0	2.0	2.3	2.3	2.1
Viento 21 horas	1.5	1.5	1.2	1.1	1.0	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3	1.7	1.5	1.3
Nubosidad 07 horas	3.0	3.4	4.4	6.4	7.6	7.9	7.1	7.6	8.1	7.3	4.9	3.2	5.9
Nubosidad 14 horas	4.5	4.8	5.8	7.3	8.1	7.9	7.2	7.4	8.2	7.4	5.7	4.5	6.6
Nubosidad 21 horas	2.7	2.7	3.9	6.0	7.3	8.0	8.0	8.2	8.4	7.0	3.9	2.9	5.7