

El Clima como factor formador de suelo



MINISTERIO
DE AGRICULTURA
Y GANADERÍA



PROGRAMA
RESILIENCIA
CLIMATICA
BOSQUES CAFETALEROS



BID

Banco Interamericano
de Desarrollo

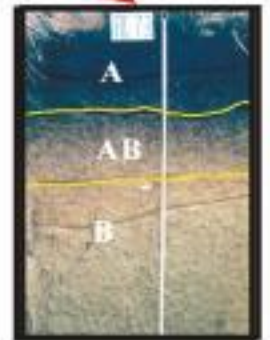
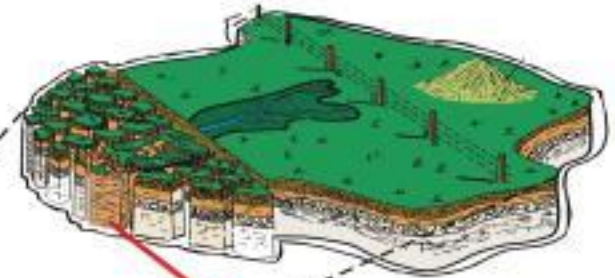
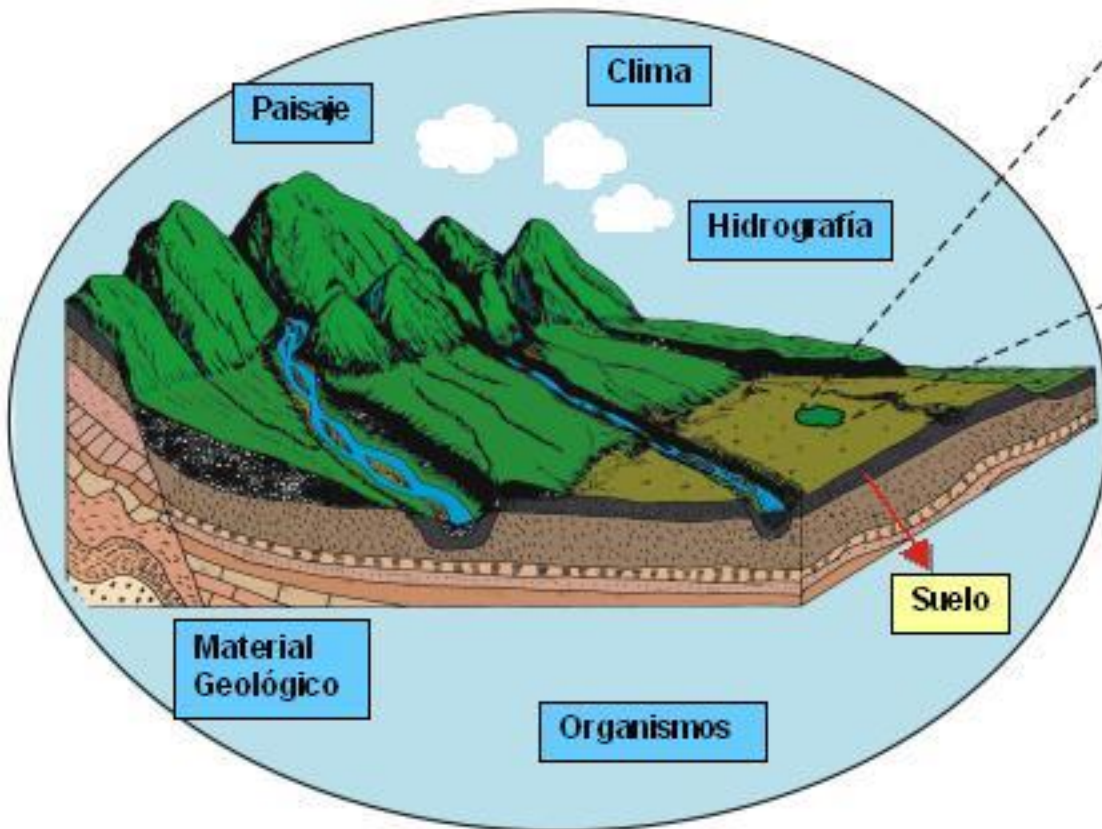
Prof. Dr. Deyanira Lobo Luján

lobolujan66@gmail.com

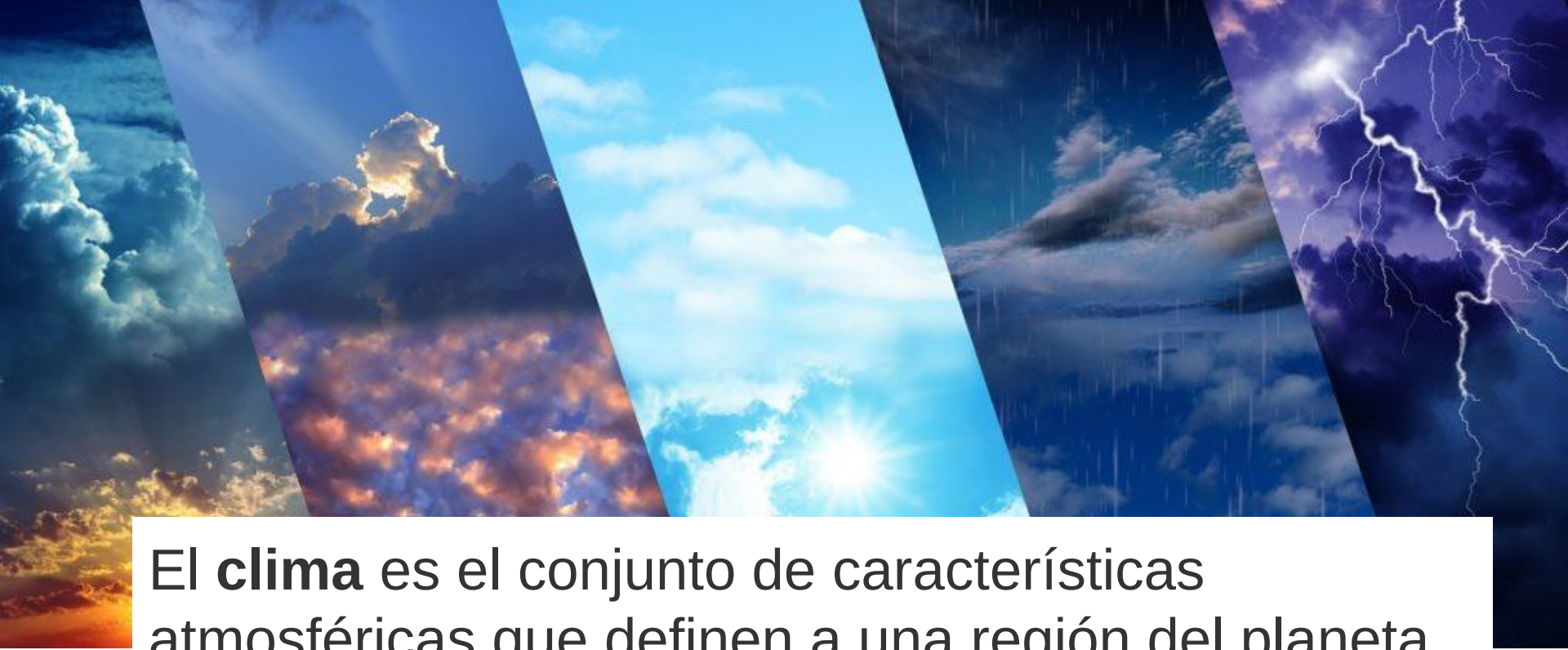


Relación Suelo - Tierra

TIERRA



SUELO



El **clima** es el conjunto de características atmosféricas que definen a una región del planeta durante las diferentes estaciones y el transcurso del año.

Existen distintos factores no atmosféricos que influyen sobre la configuración del clima en una zona

El relieve influye sobre la temperatura y los patrones de precipitación.

En las **zonas montañosas** más elevadas, las masas de aire al chocar con estos cuerpos, se elevan y como consecuencia la temperatura disminuye con la altitud y aumenta la frecuencia de lluvias.

Cuando el aire se satura de vapor de agua, se generan precipitaciones y al pasar por el cordón montañoso, pierde humedad, generando climas más secos.

ELEMENTOS Y FACTORES DEL CLIMA

ELEMENTOS DEL CLIMA

- Precipitación
- Temperatura
- Presión atmosférica
- Viento
- Humedad
- Insolación
- Nubosidad
- Evaporación



FACTORES DEL CLIMA

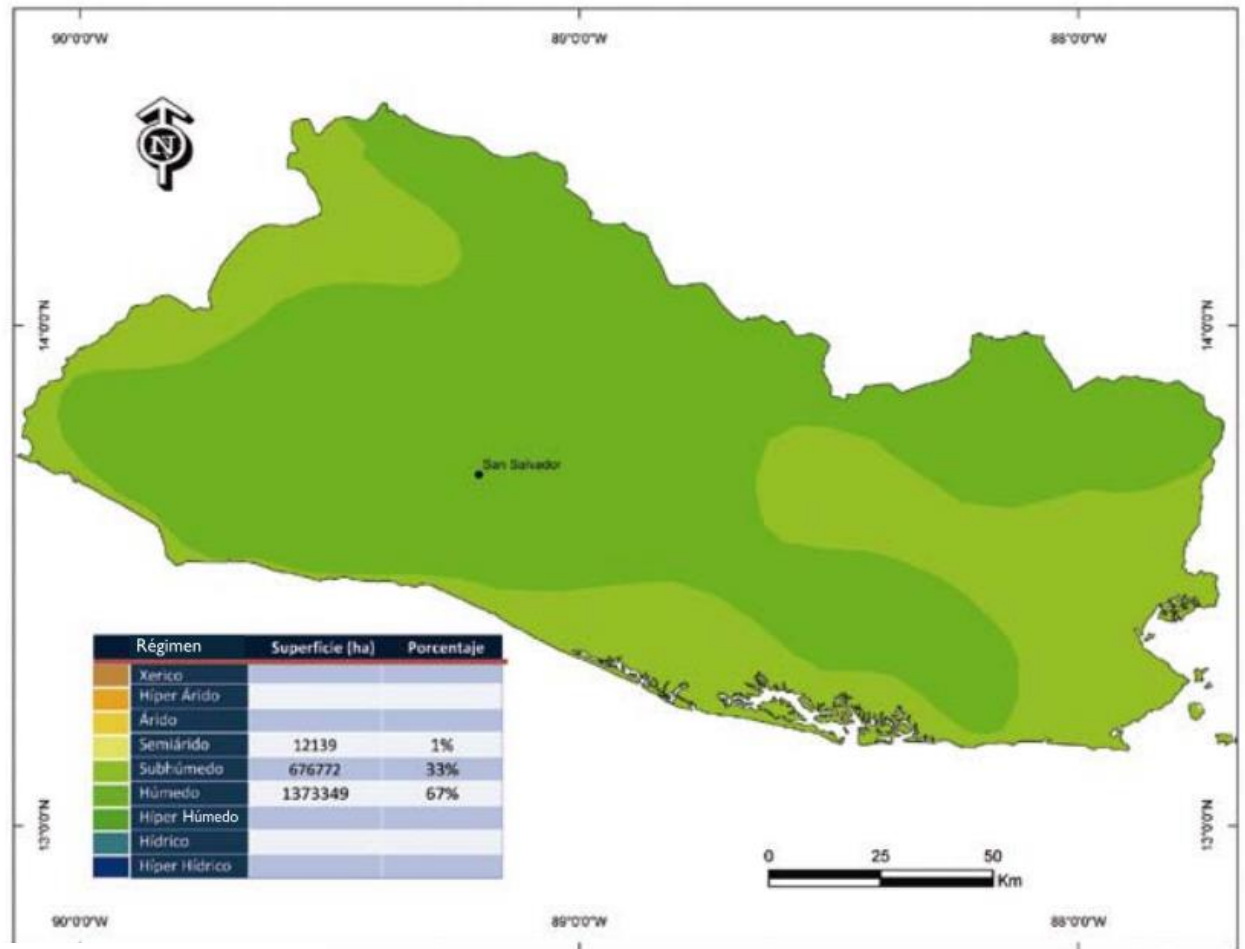
- Latitud
- Circulación General Atmosférica
- Altitud
- Orografía o relieve
- Continentalidad
- Corrientes marinas

Los **elementos climáticos** son los fenómenos que constituyen a los climas, es decir, son aquellas características que los definen.

Los **factores del clima** son el conjunto de causas o los agentes que los condicionan.

$$I_a = \frac{P_a}{ET_0}$$

P_a es la precipitación anual y ET_0 la evapotranspiración de referencia anual. La relación entre precipitación y evapotranspiración define 6 clases de aridez:



Definición	Ratio P_a / ET_0
Hiperárida	<0.05
Árida	0.05 to 0.20
Semiárida	0.20 to 0.5
Subhúmeda seca	0.5 to 0.65
Subhúmeda húmeda	0.65 to 1.0
Húmeda	>1

UNESCO, 2010. “Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe”. Dentro del marco del proyecto “Elaboración del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas de América Latina y el Caribe”. CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°25

Considerando que la aridez tiene múltiples facetas, el simple cociente **P/ET** no representa adecuadamente el tipo y la intensidad de la aridez de un lugar. Por ello se incluyó complementariamente una evaluación del déficit (DH) y el excedente hídrico (EH).

$$DH = \sum_1^{12} (ET_0 - P) \qquad EH = \sum_1^{12} (P - ET_0)$$

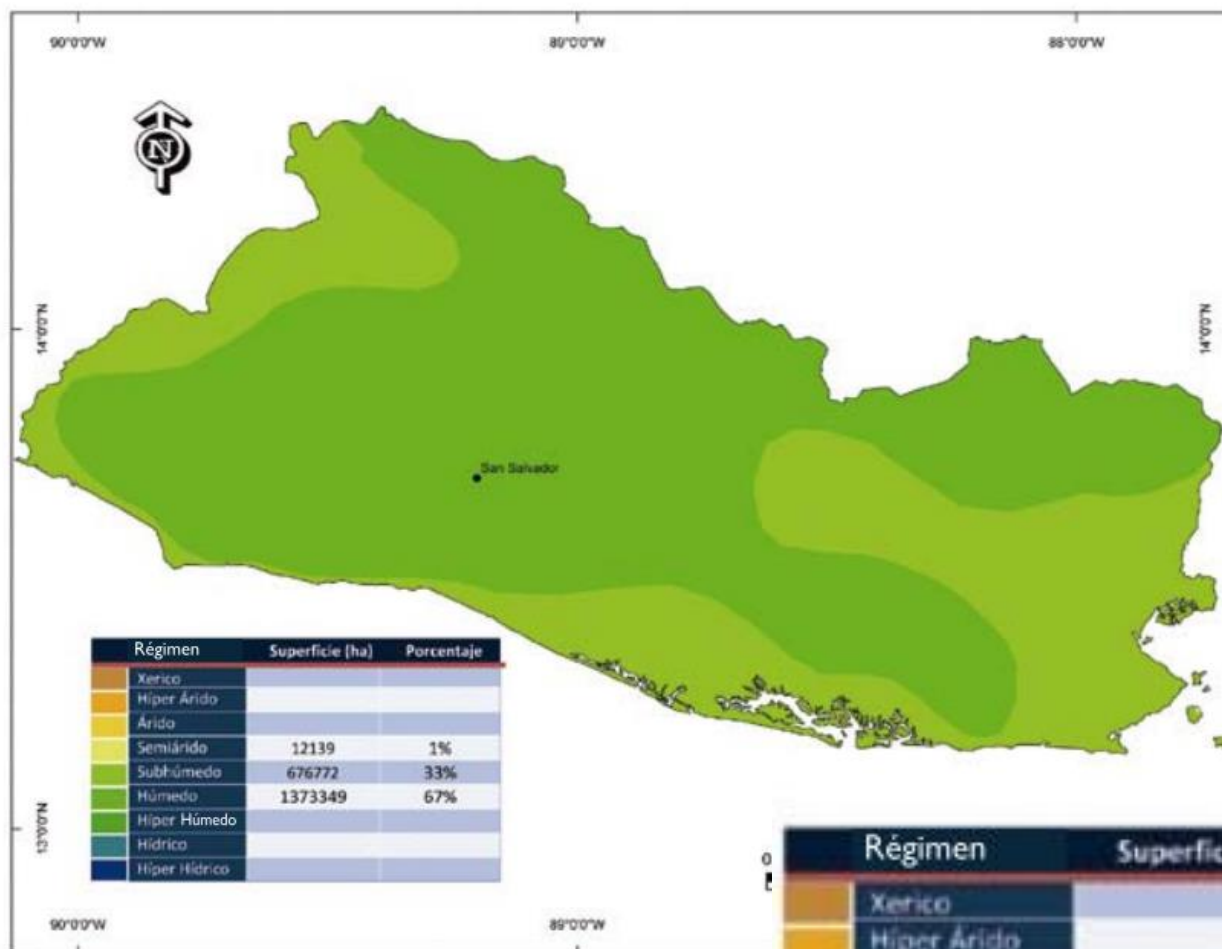
donde ET_0 es la evapotranspiración de referencia mensual (mm) y P es la precipitación mensual (mm).

Un aspecto de mayor relevancia aún, tanto para la agricultura como para la conservación de un ecosistema, es la estacionalidad de la temporada seca. Por esta razón, se incluyó un análisis de los periodos secos y húmedos dentro del año. Para esto se propuso como un mes seco si, a nivel mensual. La longitud del periodo seco corresponde al número de meses en el año que cumplen esta condición

$$\frac{P_a}{ET_0} < 0,5$$

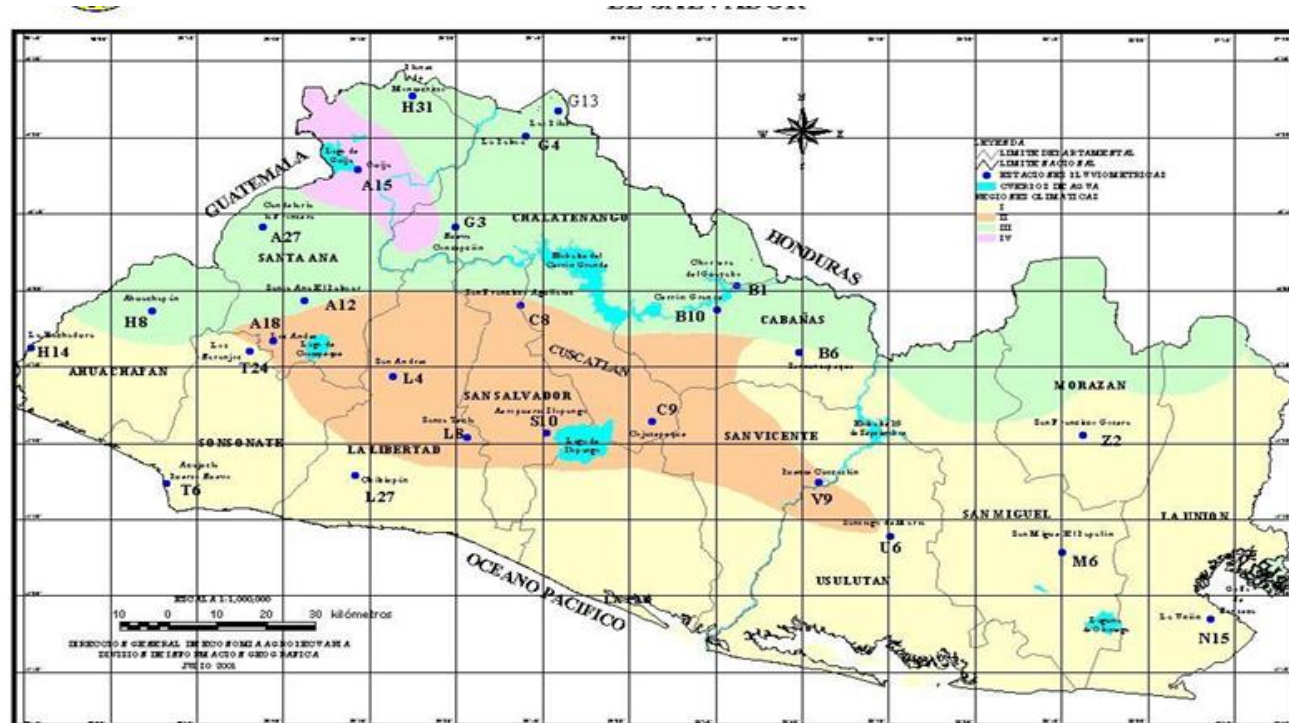
Régimen de Aridez	Condiciones
Xérico	12 meses secos e $I_a < 0.05$
Hiper Árido	11 – 12 meses secos
Árido	9 – 10 meses secos
Semiárido	7 – 8 meses secos
Subhúmedo	5 – 6 meses secos
Húmedo	3 – 4 meses secos
Hiper Húmedo	1 – 3 meses secos
Hídrico	0 meses secos y $P_a < 2500$ mm
Hiper Hídrico	0 meses secos y $P_a > 2500$ mm

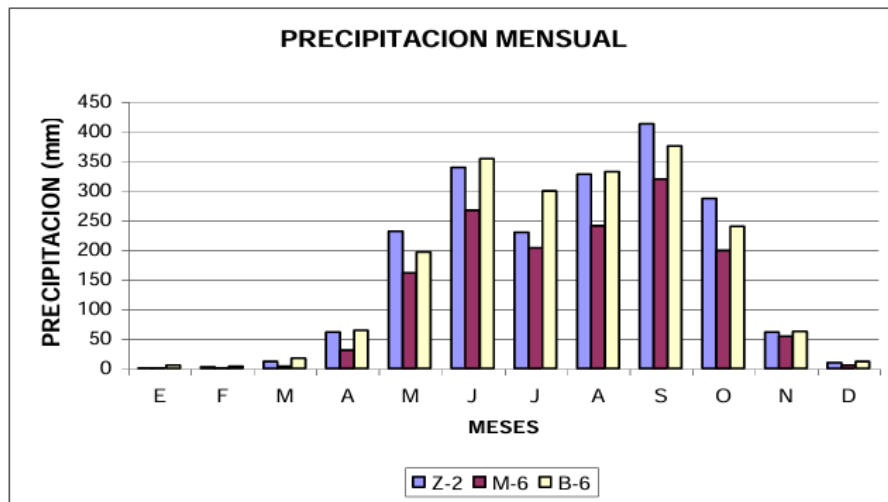
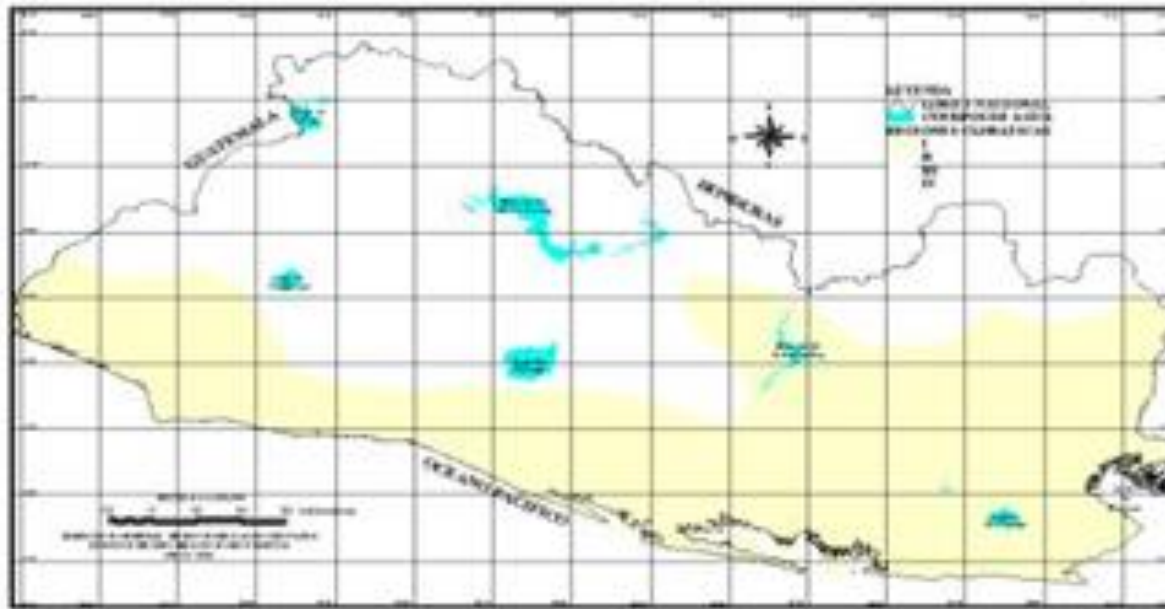
UNESCO, 2010



Régimen	Superficie (ha)	Porcentaje
Xerico		
Hiper Árido		
Árido		
Semiárido	12139	1%
Subhúmedo	676772	33%
Húmedo	1373349	67%
Hiper Húmedo		
Hídrico		
Hiper Hídrico		

Regiones climáticas del El Salvador





Región Climática I.

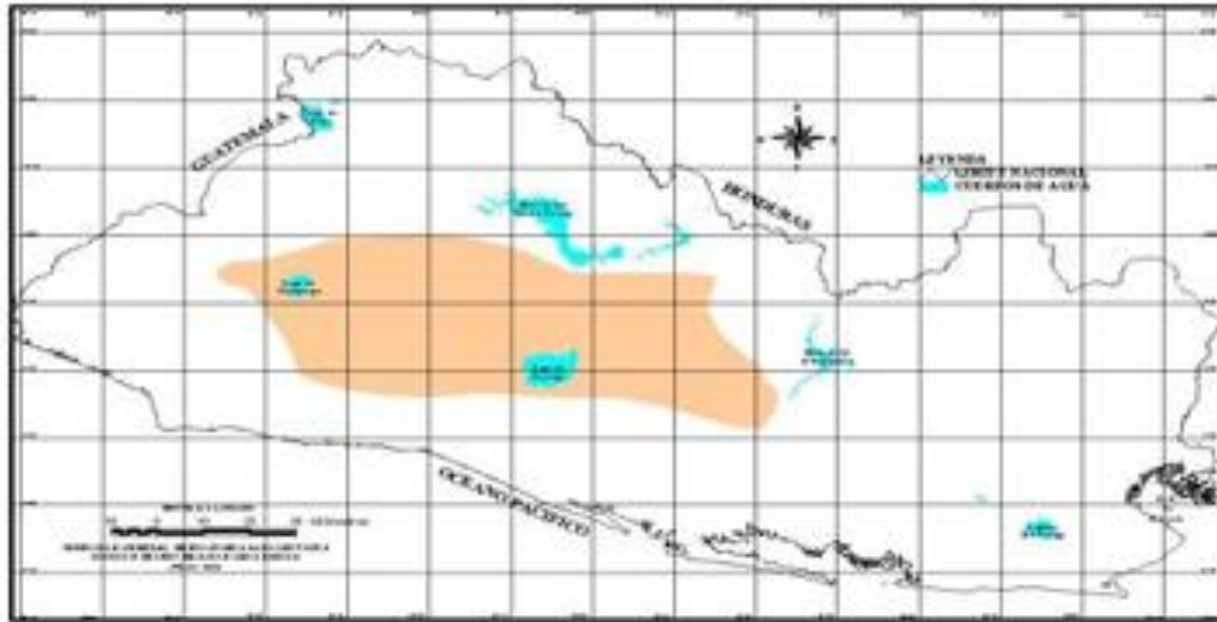
Distribución de lluvias bimodal
Presenta dos picos de precipitación,
un máximo en septiembre y un
máximo secundario en junio.

Diferentes altitudes

Precip. 1000 – 1400 mm

Temp. 25 – 30 °C

Evap. 1900 mm



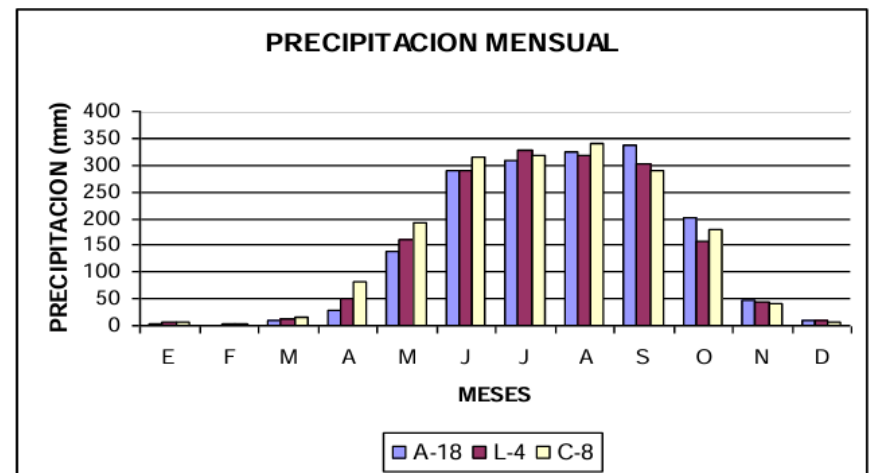
Región Climática II.

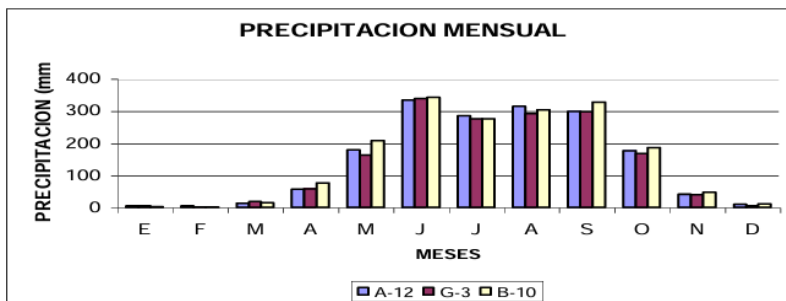
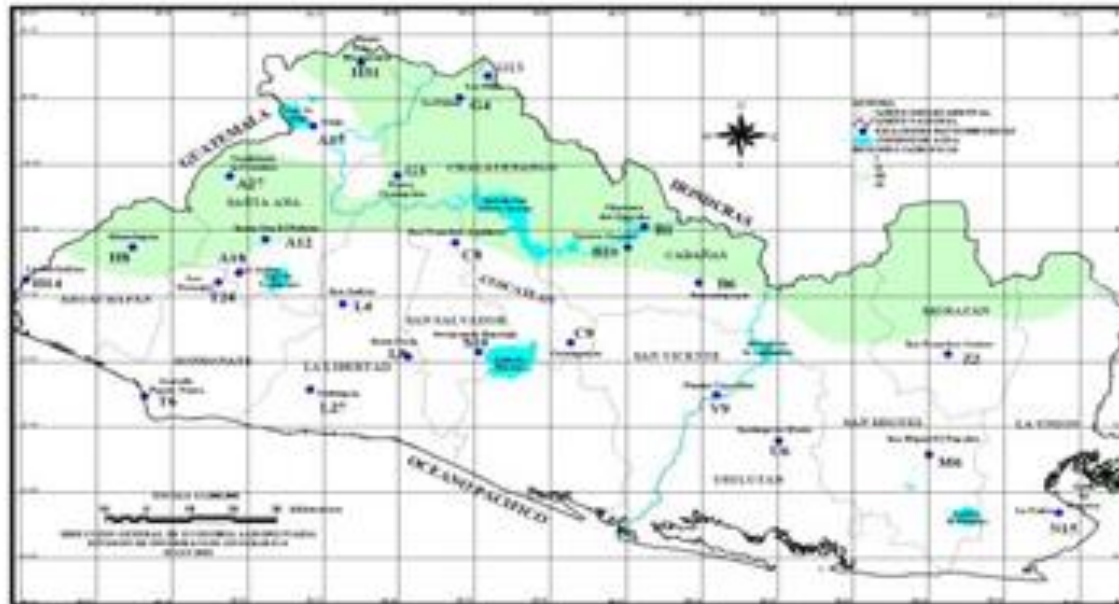
Distribución de lluvias unimodal

Elevaciones intermedias

Temp. 20 -25 °C

Evap. 1300 - 1800 mm





Región Climática III.

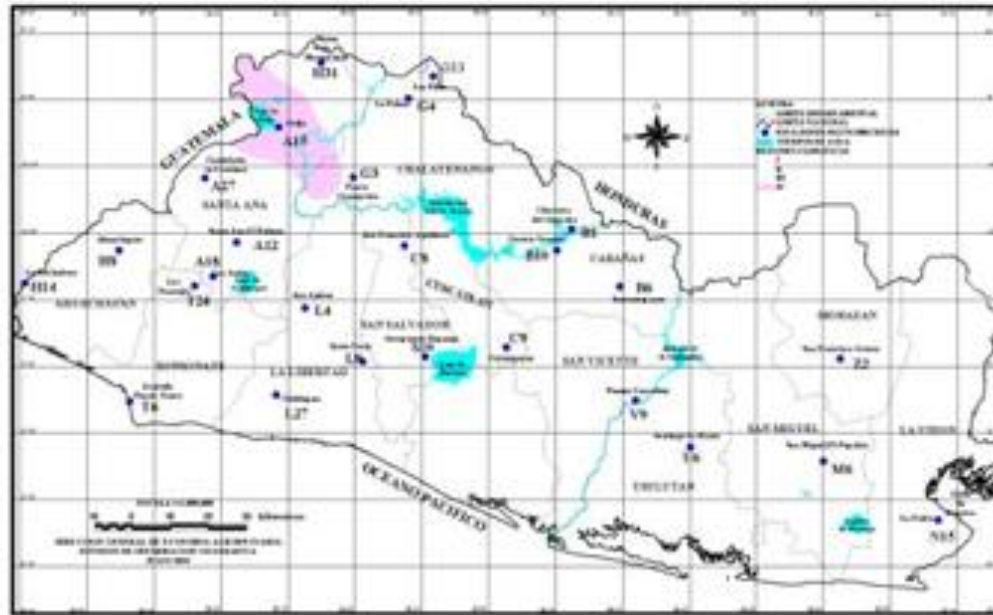
Distribución de lluvias unimodal con ligera disminución en julio.

Diferentes altitudes

Precip. hasta de 2750 mm

Temp. 22,5 – 27,5 °C (en las zonas más altas 15 – 22,5 °C)

Evap. 1600 – 1800 mm



Región Climática IV.

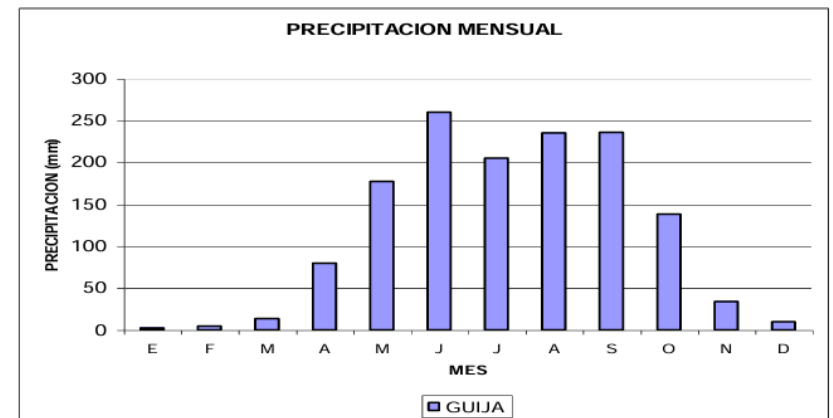
Distribución de lluvias unimodal
(similar a Región III)

Precip. más baja

Elevaciones intermedias

Temp. 22,5 – 27,5 °C

Evap. 1800 mm



Clasificación climática de Köppen de El Salvador.

Köppen-Geiger climate classification map for El Salvador (1980-2016)



Source: Beck et al.: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution, *Scientific Data* 5:180214, doi:10.1038/sdata.2018.214 (2018)

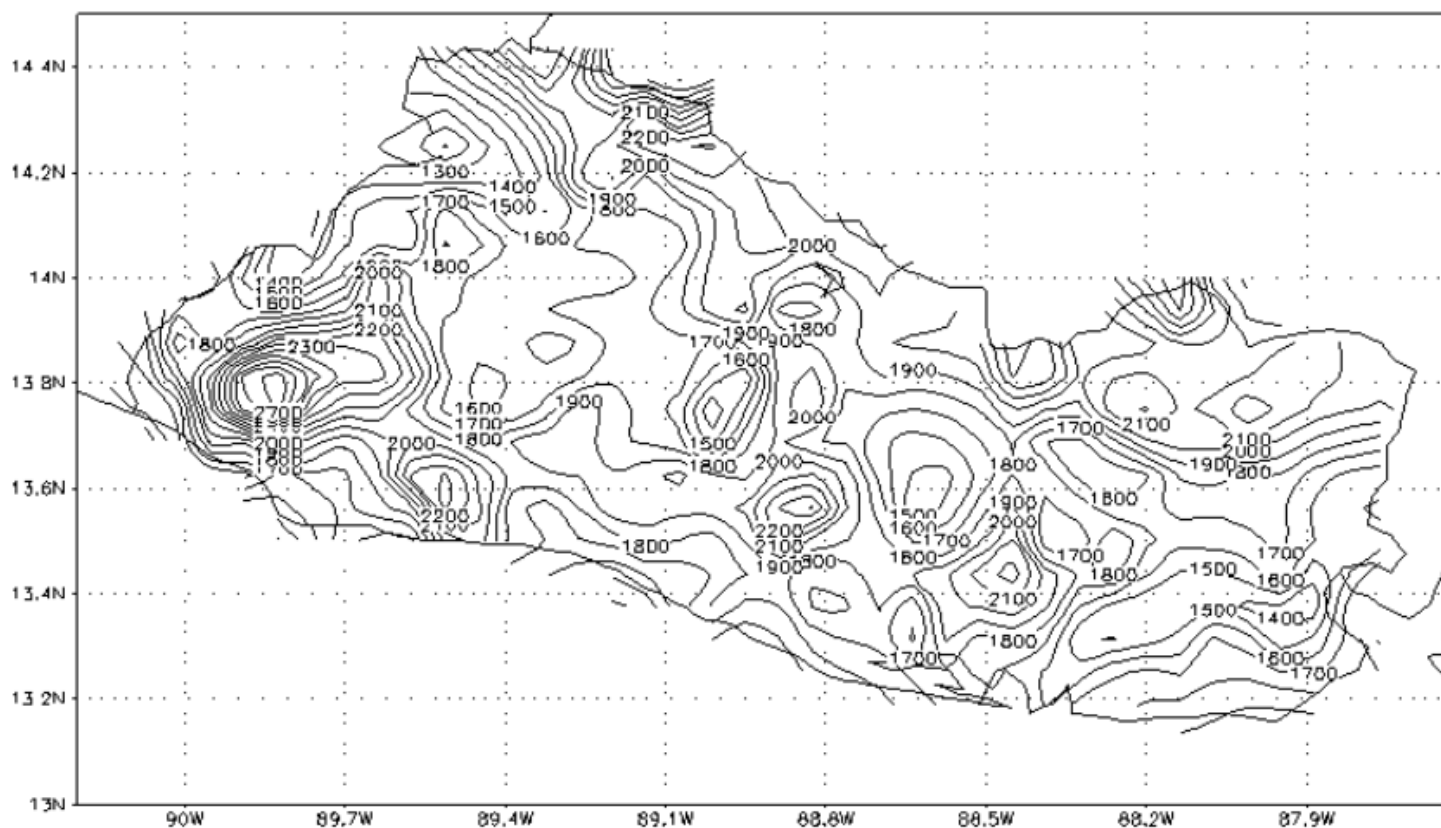


Figura 7. Campo de la precipitación anual para la climatología inicial

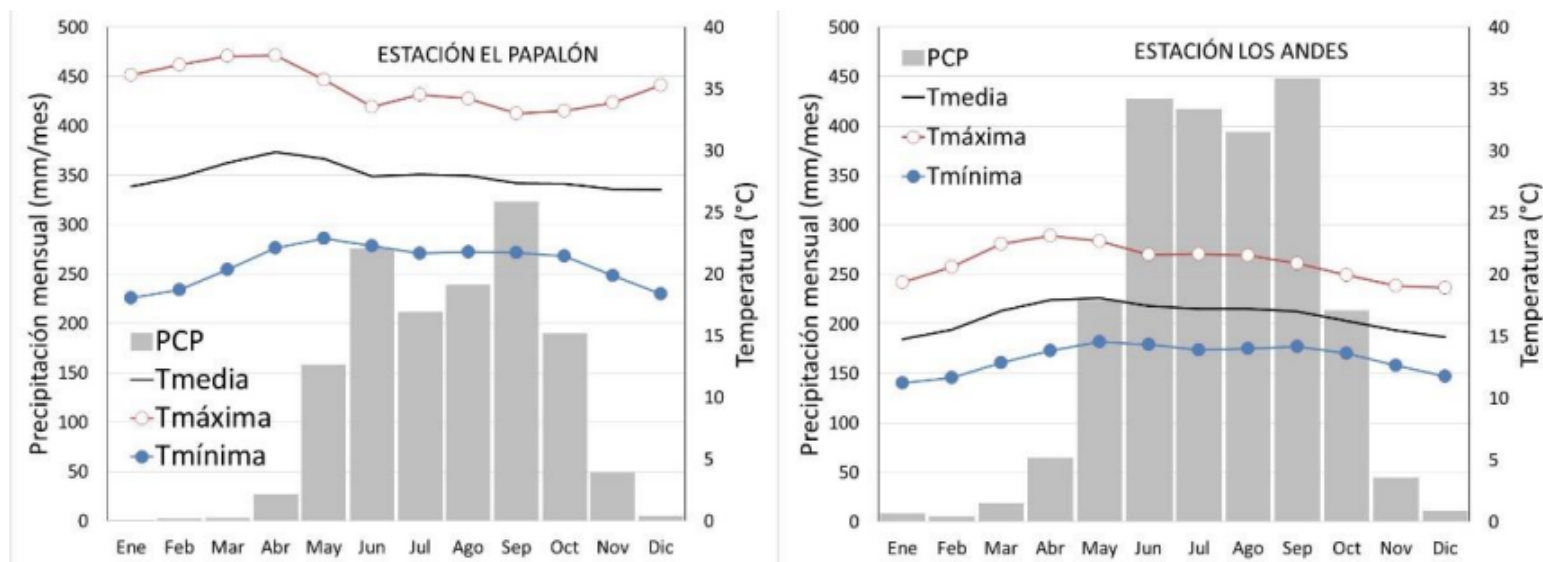


Figura 1 Climograma anual de la precipitación (barras grises), temperatura media (línea negra), temperatura máxima (línea roja con puntos blancos) y temperatura mínima (líneas con puntos azules) para las estaciones El Papalón (San Miguel) y Los Andes (Santa Ana). Periodo 1961-1990.

El régimen climático es influenciado por una serie de sistemas meteorológicos que permiten una particular caracterización de la variabilidad interanual en El Salvador.

- Los frentes fríos provenientes de América del Norte
- La Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT)
- Las Ondas del Este,
- Los Huracanes del Mar Caribe y El Pacífico oriental.

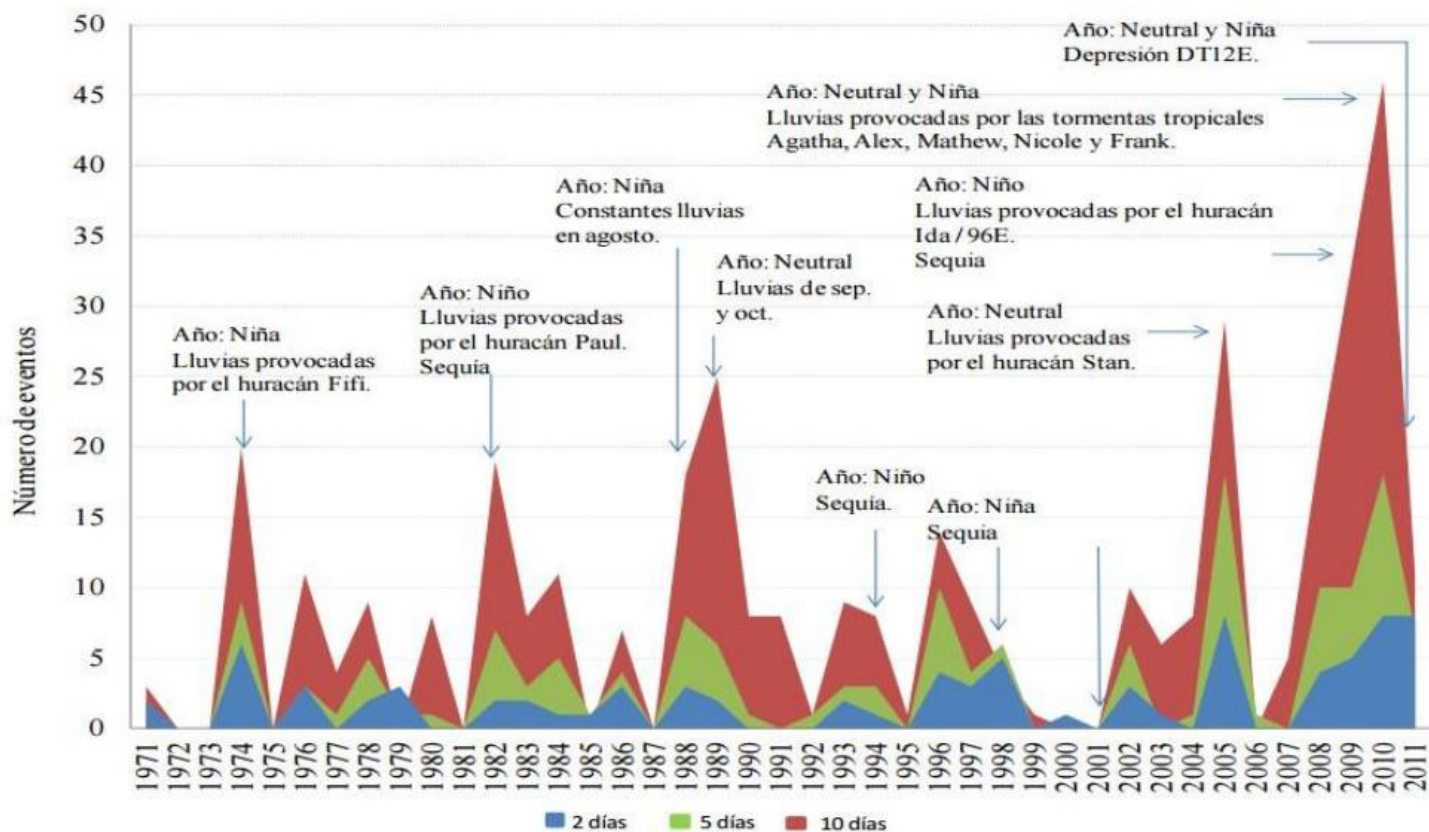
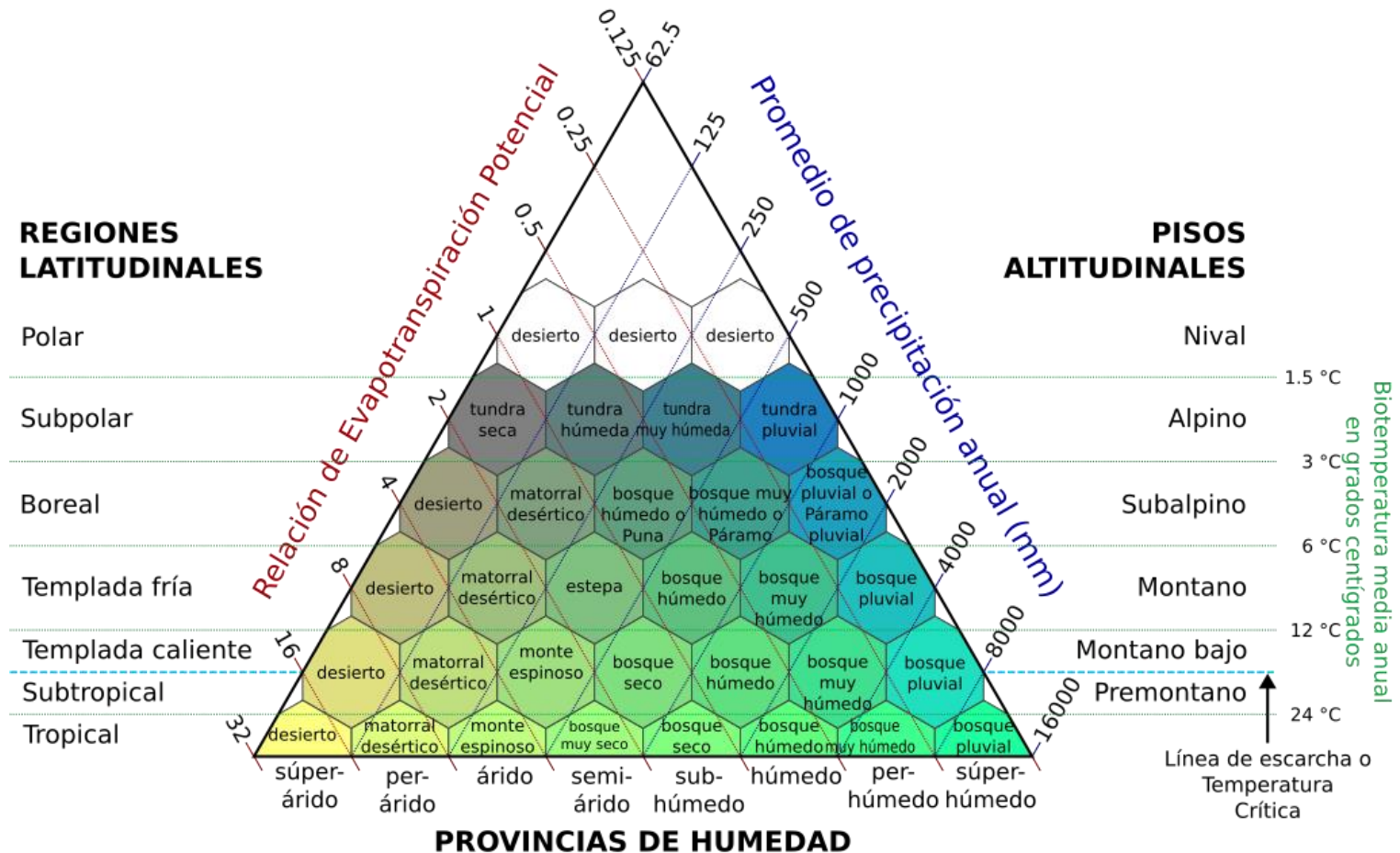


Figura 6 Número de Eventos que sobrepasan el umbral de 100 mm acumulados en a) dos días (área azul), b) cinco días y c) 10 días (área en rojo) de lluvias en la estación Ilopango, en El Salvador, durante el periodo 1971-2011. Tomado de MARN, (2013).

Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge.



Una **zona de vida** es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo

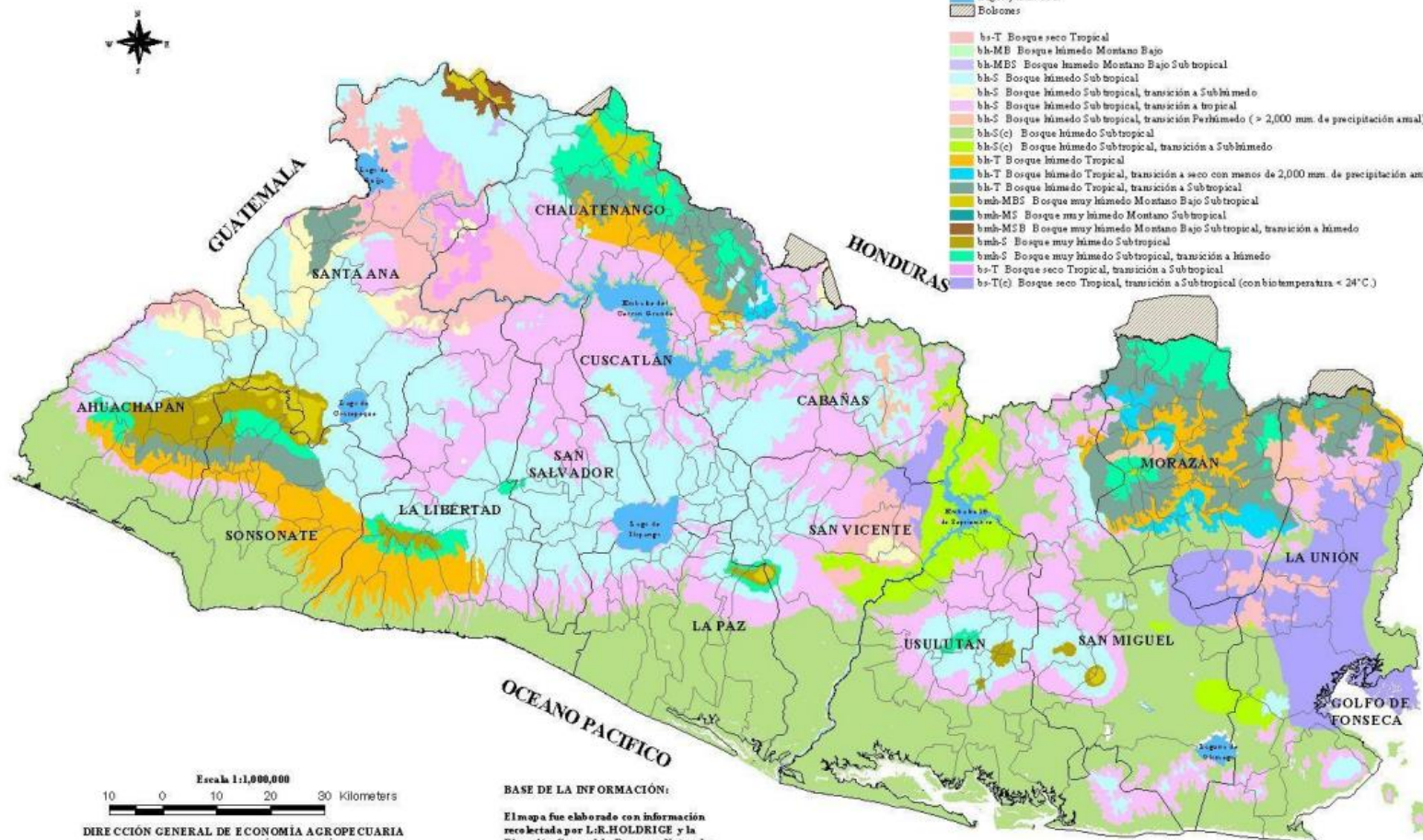
ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA DE EL SALVADOR (SEGÚN HOLDRIDGE 1975)



LEYENDA

- Límite Municipal
- Límite Departamental
- Límite Nacional
- Límite Cuerpos de Agua
- Lagos y Embalses
- Solos

- bs-T Bosque seco Tropical
- bb-MB Bosque húmedo Montano Bajo
- bb-MBS Bosque húmedo Montano Bajo Sub tropical
- bb-S Bosque húmedo Sub tropical
- bb-S Bosque húmedo Sub tropical, transición a Subhúmedo
- bb-S Bosque húmedo Sub tropical, transición a tropical
- bb-S Bosque húmedo Sub tropical, transición Perihúmedo ($> 2,000$ mm. de precipitación anual)
- bb-S(c) Bosque húmedo Sub tropical
- bb-S(c) Bosque húmedo Sub tropical, transición a Subhúmedo
- bb-T Bosque húmedo Tropical
- bb-T Bosque húmedo Tropical, transición a seco con menos de 2,000 mm. de precipitación anual
- bb-T Bosque húmedo Tropical, transición a Sub tropical
- bbm-MBS Bosque muy húmedo Montano Bajo Sub tropical
- bbm-MBS Bosque muy húmedo Montano Sub tropical
- bbm-MBS Bosque muy húmedo Montano Bajo Sub tropical, transición a húmedo
- bbm-S Bosque muy húmedo Sub tropical
- bbm-S Bosque muy húmedo Sub tropical, transición a húmedo
- bs-T Bosque seco Tropical, transición a Sub tropical
- bs-T(c) Bosque seco Tropical, transición a Sub tropical (con biotemperatura $< 24^{\circ}\text{C}$)



Escala 1:1,000,000
10 0 10 20 30 Kilometers
DIRECCIÓN GENERAL DE ECONOMÍA AGROPECUARIA
UNIDAD DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
OCTUBRE 2002

BASE DE LA INFORMACIÓN:

El mapa fue elaborado con información recolectada por L.R.HOLDRIDGE y la Dirección General de Recursos Naturales Renovables DGRNR (1975)

Información Climática General

Zonas Térmicas de El Salvador

Según la altura en metros sobre el nivel medio del mar, se distinguen las siguientes tres zonas térmicas en El Salvador, de acuerdo al promedio de la temperatura ambiente a lo largo del año.

De 0 a 800 metros

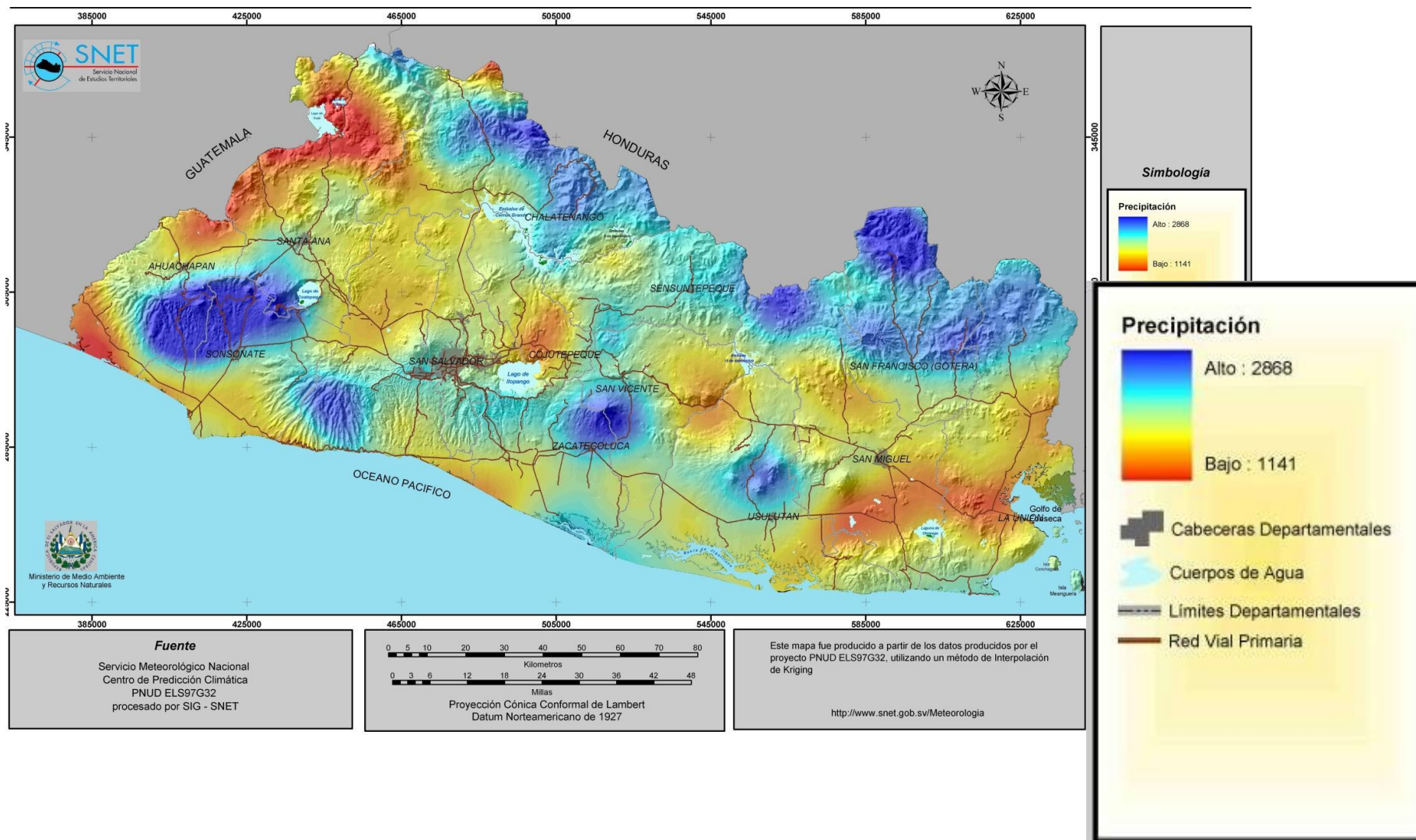
Promedio de temperatura disminuyendo con la altura de 27 a 22 °C en las planicies costeras y de 28 a 22 °C en las planicies internas.

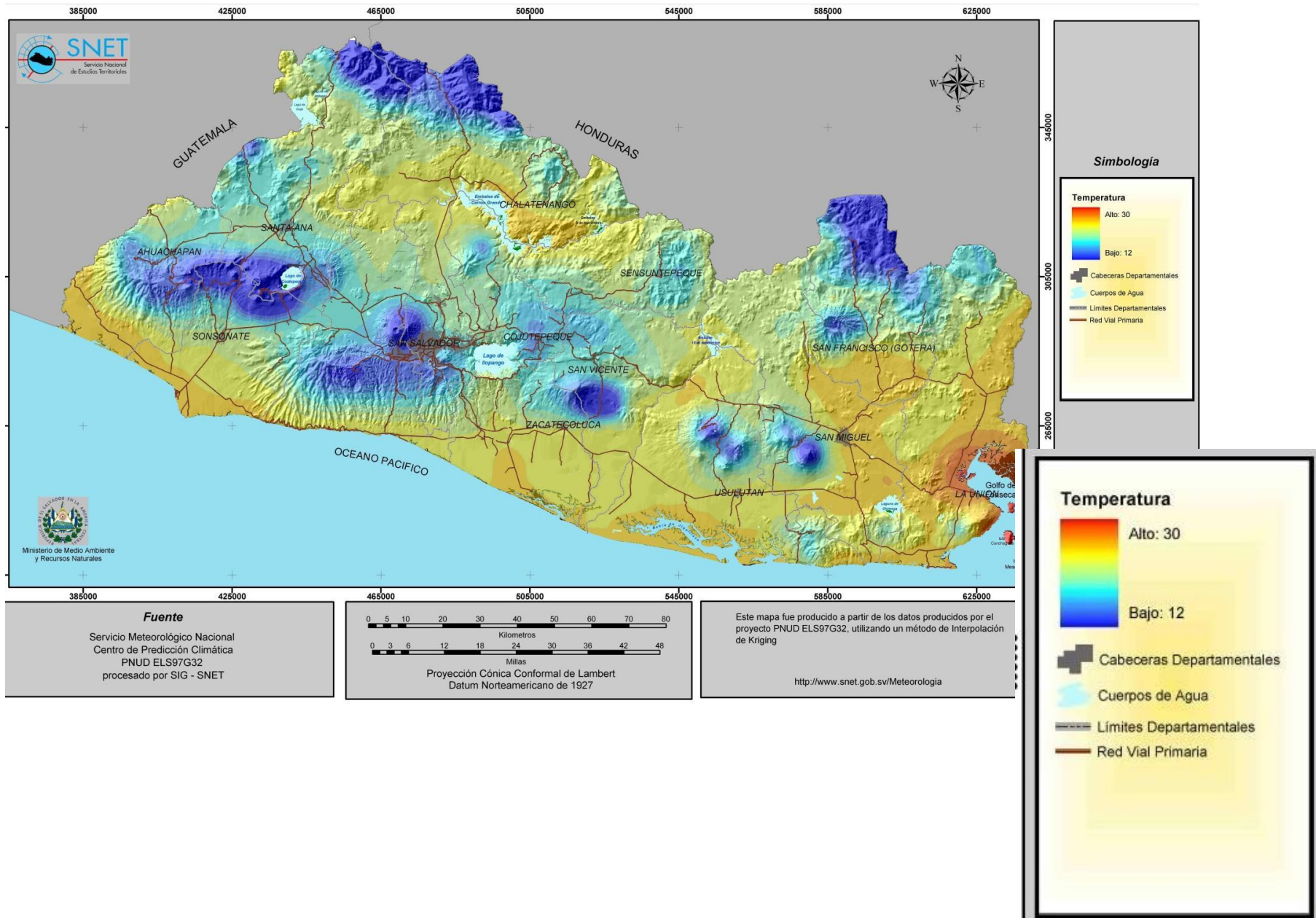
De 800 a 1.200 metros

Promedio de temperatura disminuyendo con la altura de 22 a 20 °C en las planicies altas y de 21 a 19 °C en las faldas de montañas.

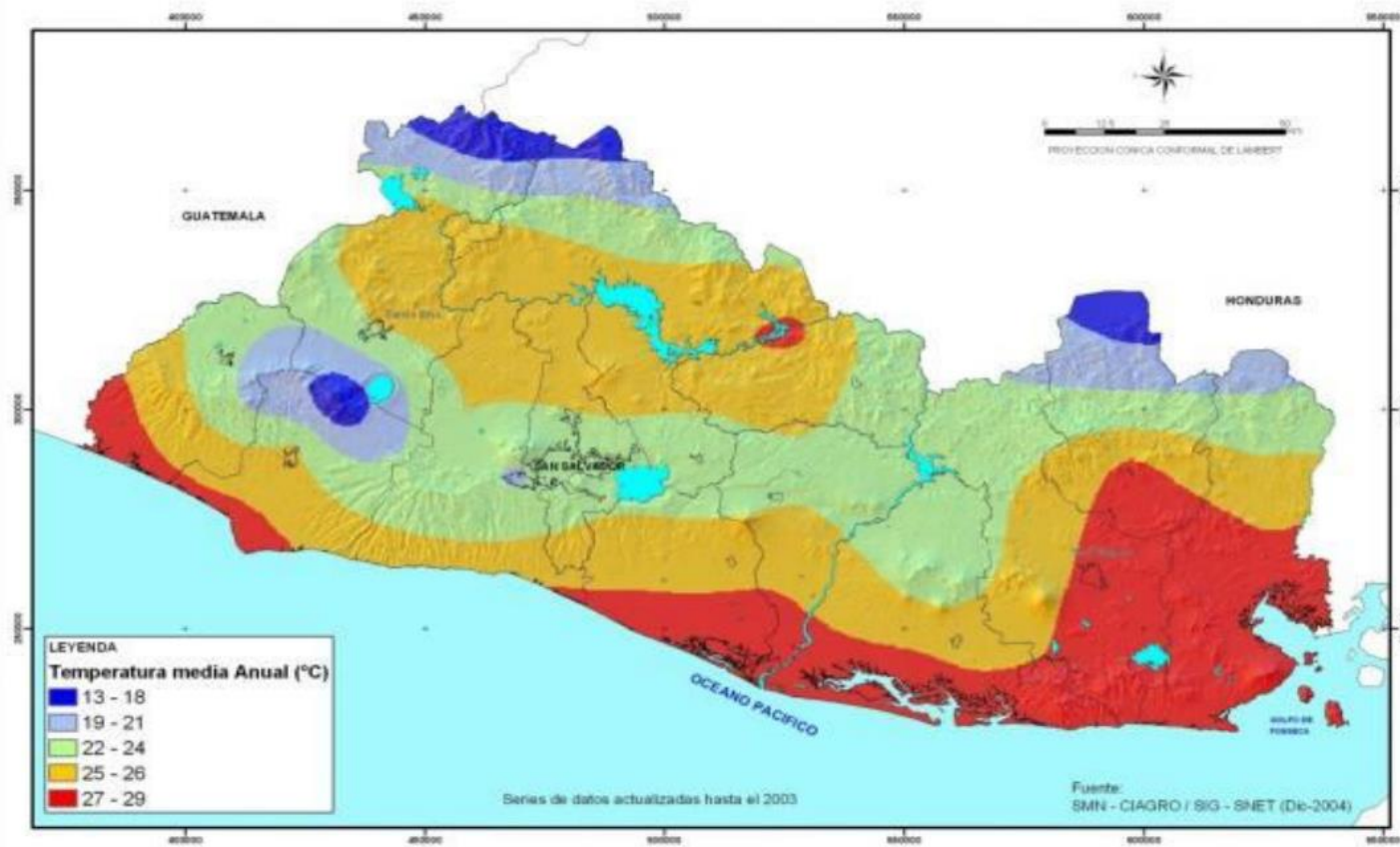
De 1.200 a 2.700 metros

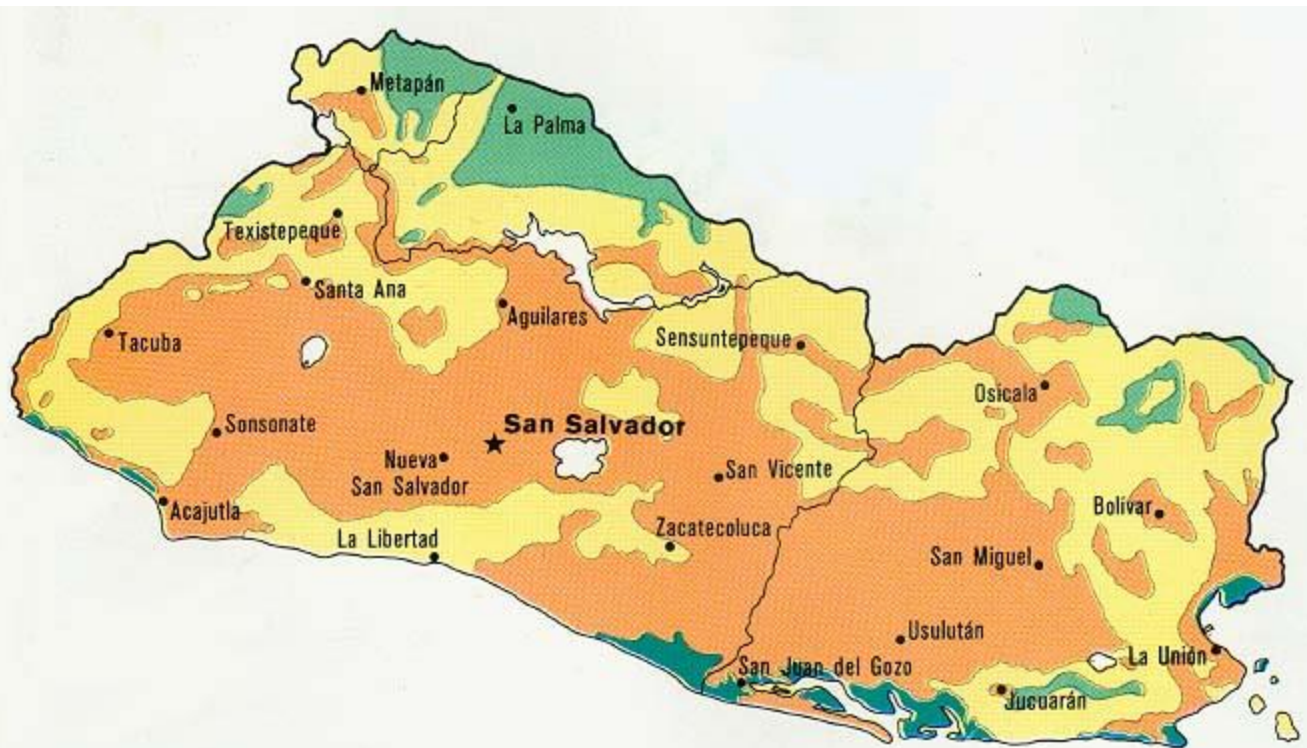
De 20 a 16 °C en planicies altas y valles, de 21 a 19 °C en faldas de montañas y de 16 a 10 °C en valles y hondonadas sobre 1,800 metros.





Mapa de Temperatura media anual (°C) en El Salvador





Vegetation and Land Use

- Cultivated area—coffee, cotton, sugarcane, cereals, and fiber crops
- Dense woodland—mainly broadleaf evergreen with some pine
- Mainly deciduous brush, grassland and pasture
- Mangrove swamp

0 50 Kilometers
0 50 Statute Miles



REPUBLICA DE EL SALVADOR

MAPA DE VEGETACION NATURAL DE ECOSISTEMAS TERRESTRES Y ACUATICOS

GUATEMALA

HONDURAS

NICARAGUA

GOLFO DE
FONSECA

SIMBOLOGIA (Clasificación UNESCO - 1993)

VEGETACION CERRADA (7.06%)

- I.A.1.b. Principalmente siempre verde tropical ombrófila submontana (selva mediana perennifolia) (0.61%)
- I.A.1.c. Principalmente siempre verde tropical ombrófila montana nubosa (bosque nebuloso) (0.12%)
- I.A.1.f.(1). Principalmente verde riparia (bosque de galería) (0.30%)
- I.A.1.f.(3). Siempre verde tropical ombrófila estacionalmente saturada (bosque húmedo subtropical) (0.37%)
- I.A.3.a. Tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas (selva mediana subcaducifolia) (2.23%)
- I.A.4. Principalmente siempre verde (manglar) (1.80%)
- I.B.1.a. Tropical decidua en estación seca, de tierras bajas (selva baja caducifolia) (1.63%)

VEGETACION ABIERTA (19.43%)

- II.A.1.a.(2). Predominantemente siempre verde tropical submontana de coníferas (pinarés) (3.78%)
- II.B.1. Predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa o playa (marina o dulceacuícola) (zona ecotonal) (0.03%)
- III.A.1.c. Principalmente siempre verde ombrófila tropical de arbustos (páramo) (0.03%)
- III.A.1.d. Predominantemente siempre verde latifoliada esclerófila (chaparral) (2.69%)
- III.B.1. Arbustiva predominantemente decidua en época seca (matorral y arbustal) (10.67%)
- V.A.2.a. Sabanas, campos y pastizales similares de tierras bajas y submontanas (morral) (1.38%)
- VII.B.1.a. Áreas de escasa vegetación sobre rocas, peñascos y coladas volcánicas (sucesión primaria) (0.28%)
- VIII.B.1. Formaciones acuáticas excepto las marinas, carrizales pantanosos y similares (pantanos) (0.39%)
- VIII.E. Formaciones vegetales acuáticas excepto las marinas, dulceacuícola flotante (0.10%)

SISTEMAS PRODUCTIVOS ANTROPOGENICOS

- Zonas de cultivos permanentes (cafetales)
- Zonas de cultivos forestales y frutales
- Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos
- Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontánea
- Sistemas productivos mixtos
- Sistemas productivos acuáticos (camaroneras o salineras)
- Embalses

UNIDADES ESPECIALES

- Roca desnuda, lava y bancos de arena
- Cuerpos de agua
- Área Urbanizada
- No interpretado

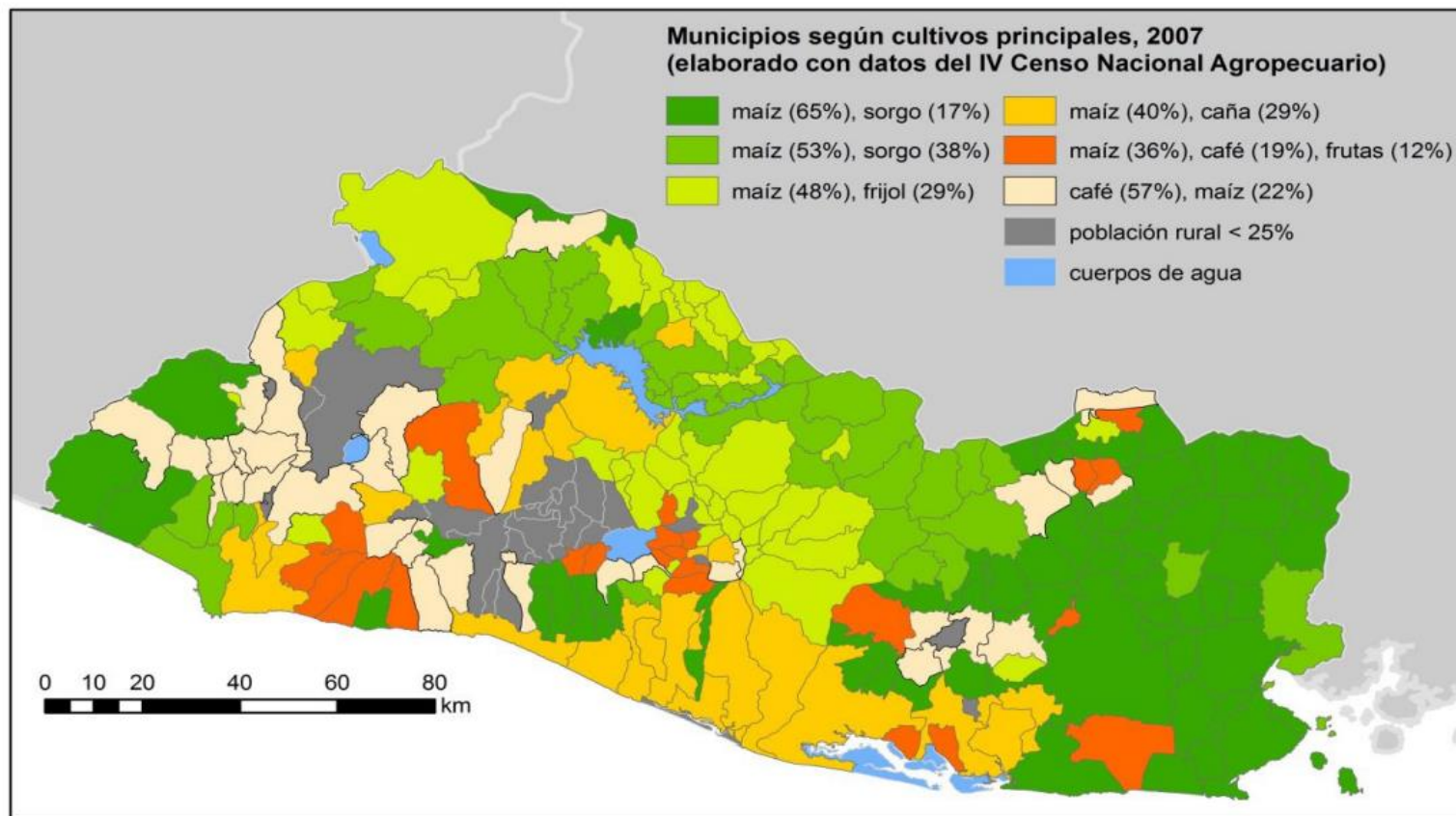
Fuente:
Banco Mundial / Gobierno de Holanda / CCAD / MARN.
Proyecto "MAPEO DE VEGETACION NATURAL
DE ECOSISTEMAS TERRESTRES Y ACUATICOS
DE CENTROAMERICA".
Basado en imagen de satélite LANDSAT TM / Dic. 1998

Consultores:
Noemí Ventura Centeno
Raúl F. Villacorta Morzón

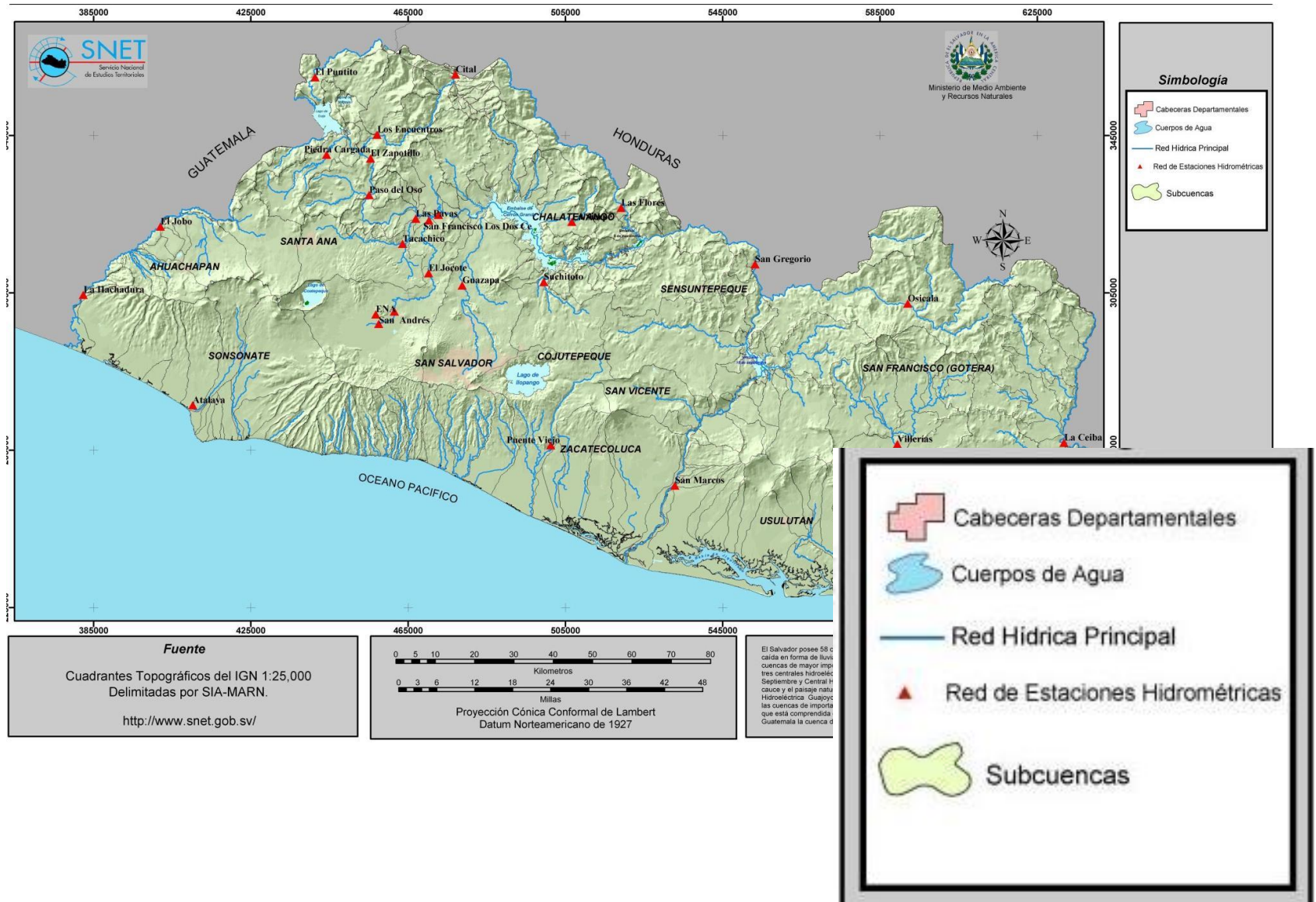
Proceso digital:

Ministerio de
Medio Ambiente y
Recursos Naturales
Sistema de Información Ambiental

www.marn.gob.sv



Mapa 2. En El Salvador, los granos básicos y el café son los cultivos que mayor extensión ocupan. (Elaboración propia)



Zonas Geográficas de El Salvador



Radiación Solar

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas.

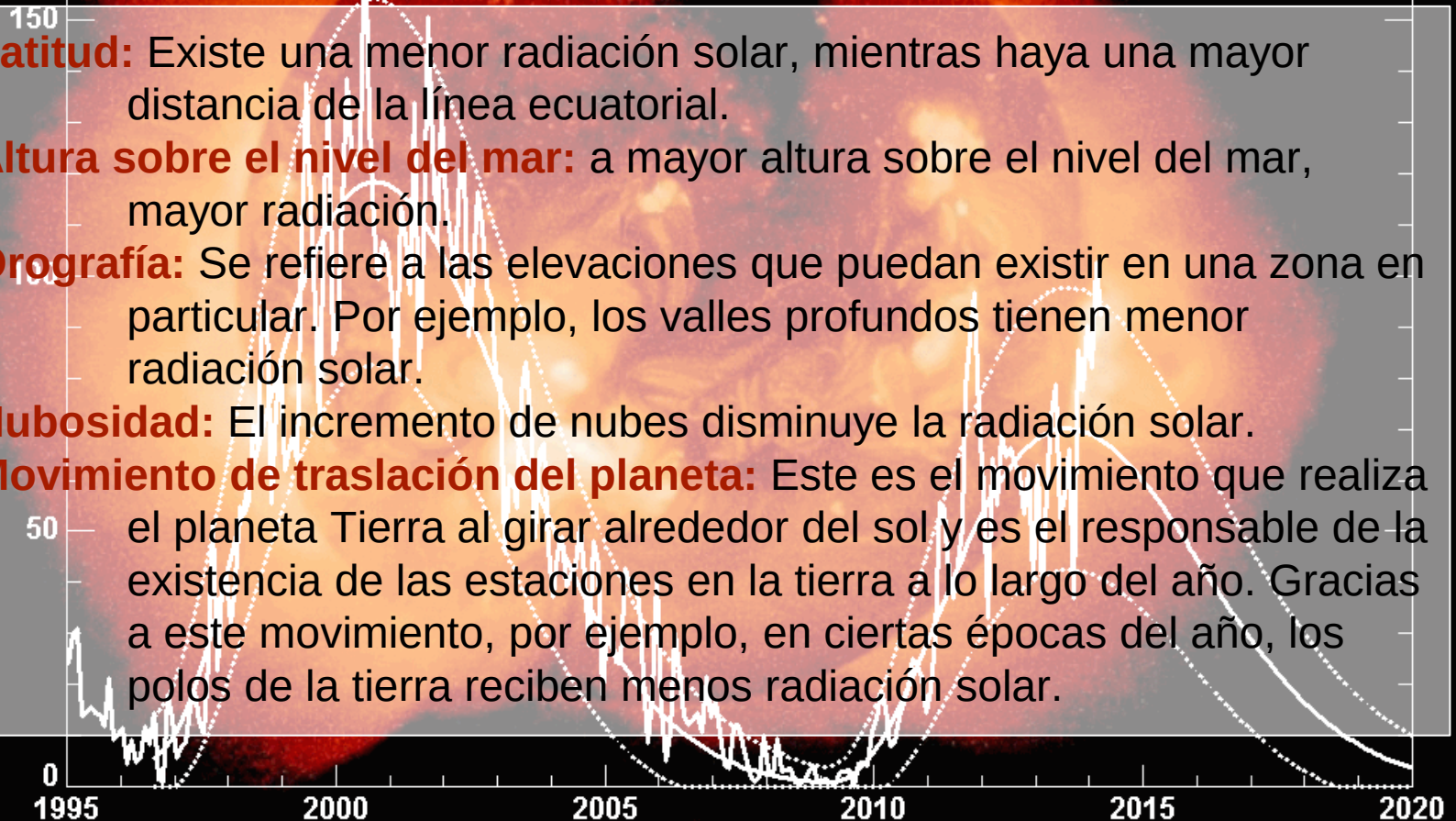
Latitud: Existe una menor radiación solar, mientras haya una mayor distancia de la línea ecuatorial.

Altura sobre el nivel del mar: a mayor altura sobre el nivel del mar, mayor radiación.

Orografía: Se refiere a las elevaciones que puedan existir en una zona en particular. Por ejemplo, los valles profundos tienen menor radiación solar.

Nubosidad: El incremento de nubes disminuye la radiación solar.

Movimiento de traslación del planeta: Este es el movimiento que realiza el planeta Tierra al girar alrededor del sol y es el responsable de la existencia de las estaciones en la tierra a lo largo del año. Gracias a este movimiento, por ejemplo, en ciertas épocas del año, los polos de la tierra reciben menos radiación solar.



MAPA DE RECURSO SOLAR

IRRADIACIÓN DIRECTA NORMAL

EL SALVADOR



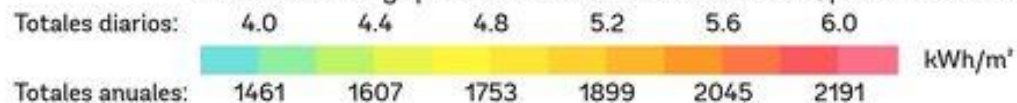
ESMAP

SOLARGIS



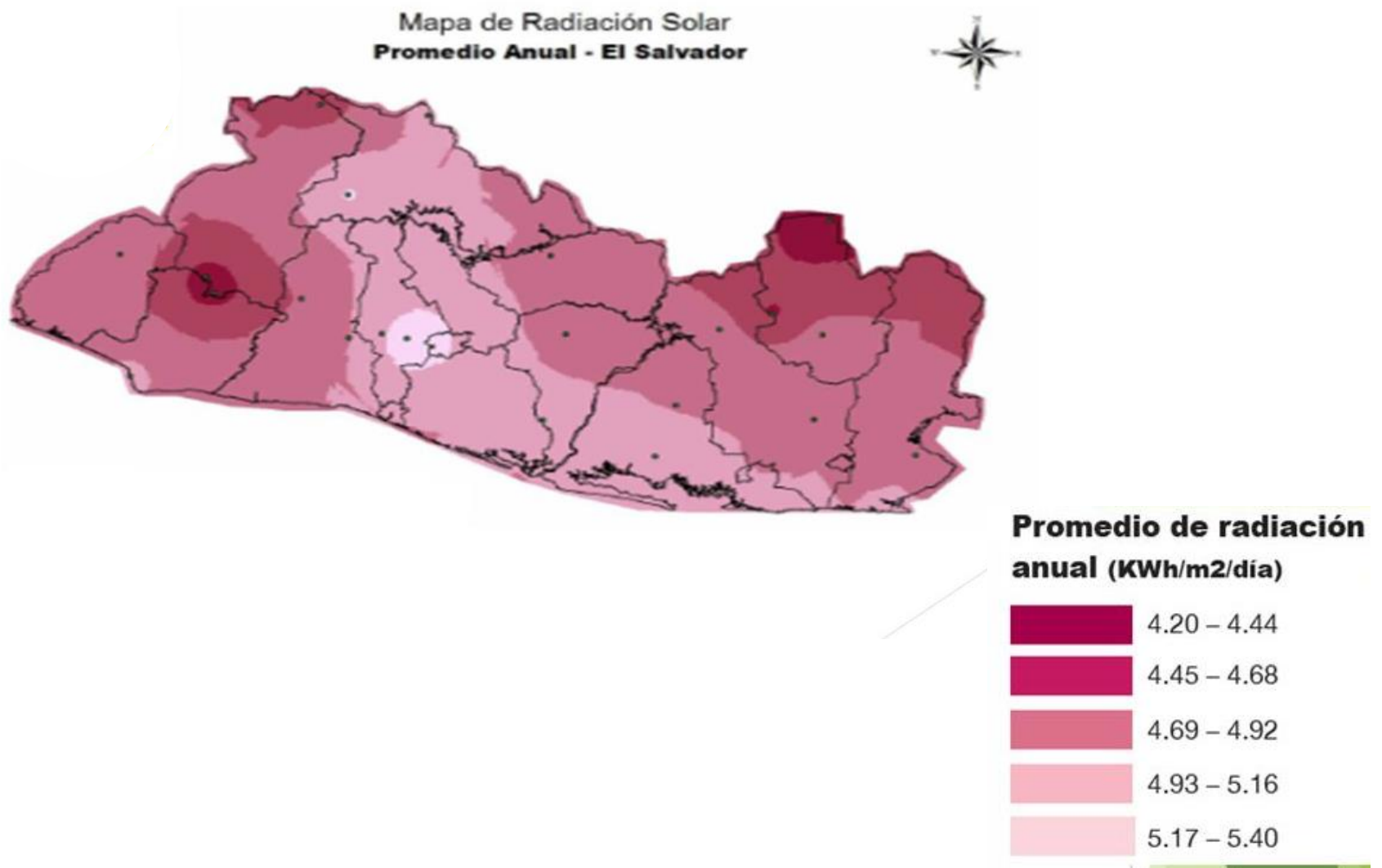
© 2019 Grupo Banco Mundial
Fuente: Global Solar Atlas 2.0
Datos de recurso solar: Solargis

Promedios de largo plazo de la irradiación directa normal, periodo 1999-2018



Este mapa está publicado por el Grupo Banco Mundial, financiado por ESMAP, y preparado por Solargis. Para más información y términos de uso, por favor visite <http://globalsolaratlas.info>.

Mapa de Radiación solar SWERA



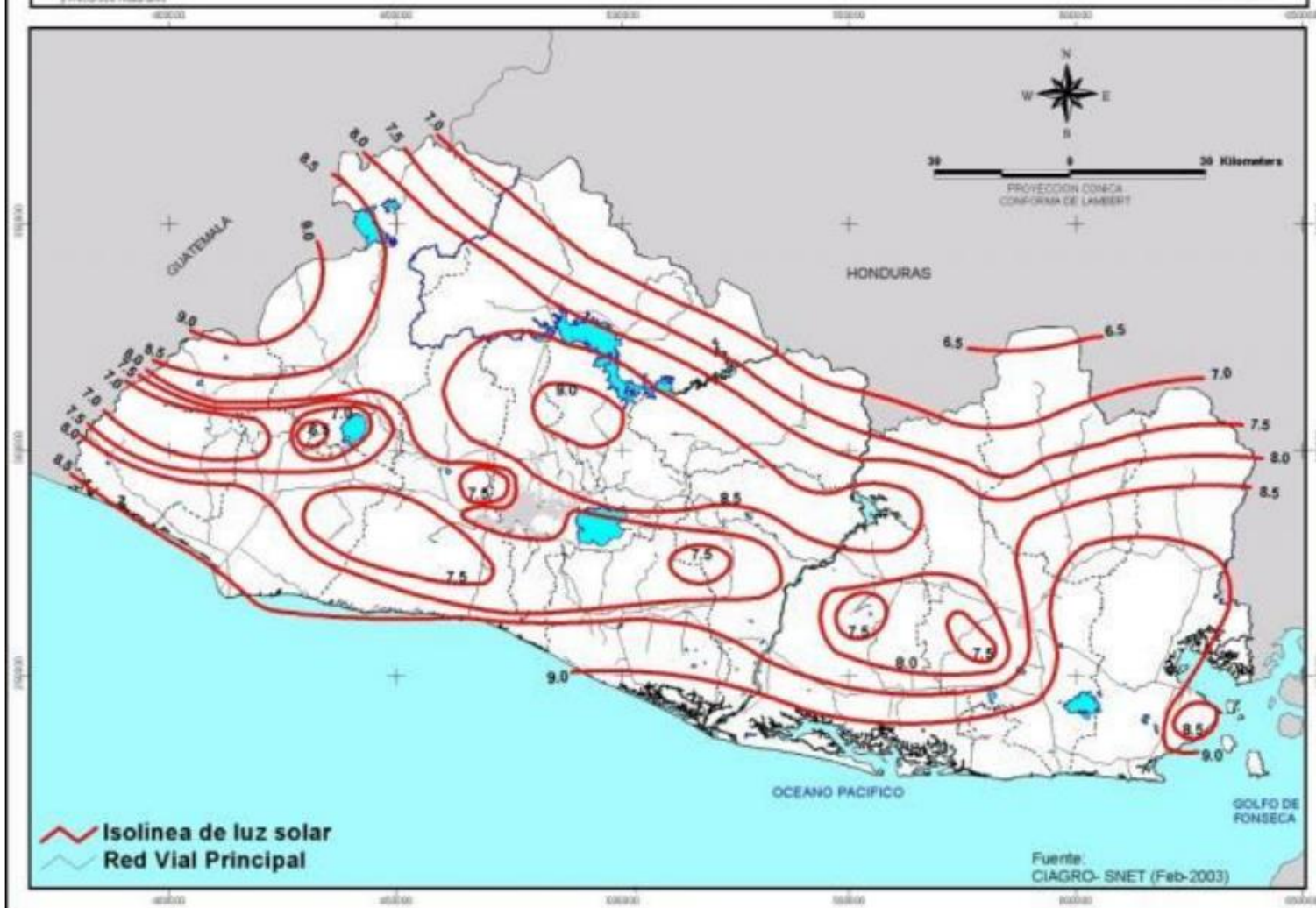


Ministerio de Medio Ambiente
y Recursos Naturales

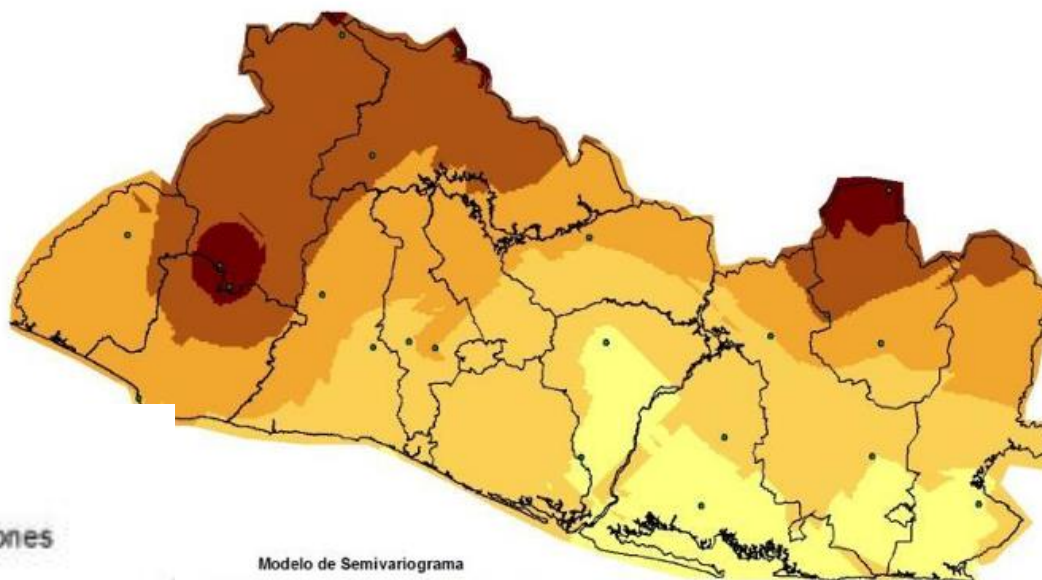
Luz Solar Promedio Anual (horas/día) en El Salvador



SIG - SNET



Mapa de Brillo Solar Diciembre - El Salvador

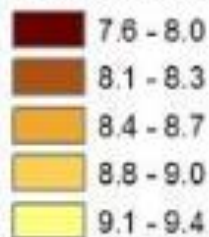


Leyenda

- Estaciones

dic_brillo

Horas de luz solar



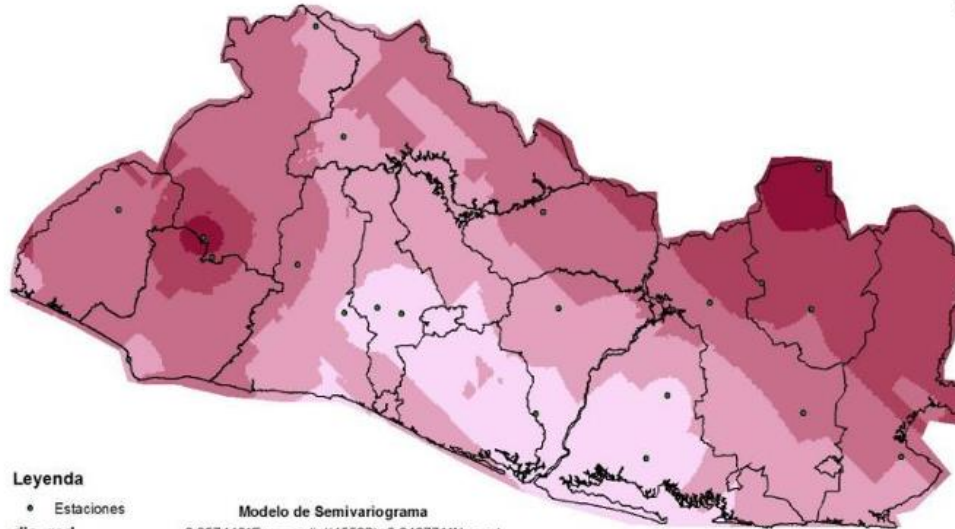
Modelo de Semivariograma
 $0.49805 \cdot \text{Exponential}(106680) + 0.81996 \cdot \text{Nugget}$
 Average Standard Error: 1.119
 Samples: 22 of 22

0 10 20 40 60 80 Kilometers

Sistema de Proyección Cónico Conformal
 de Lambert, Datum NAD27, Elipsoide
 de Clarke de 1866.
 Tamaño del grid 250 m



Mapa de Radiación Solar Diciembre - El Salvador



Leyenda

• Estaciones

dic_rad

KWh/m2/día

3.97 - 4.12
4.13 - 4.28
4.29 - 4.43
4.44 - 4.58
4.59 - 4.73

Modelo de Semivariograma

$0.057443 \cdot \text{Exponential}(45592) + 0.040771 \cdot \text{Nugget}$

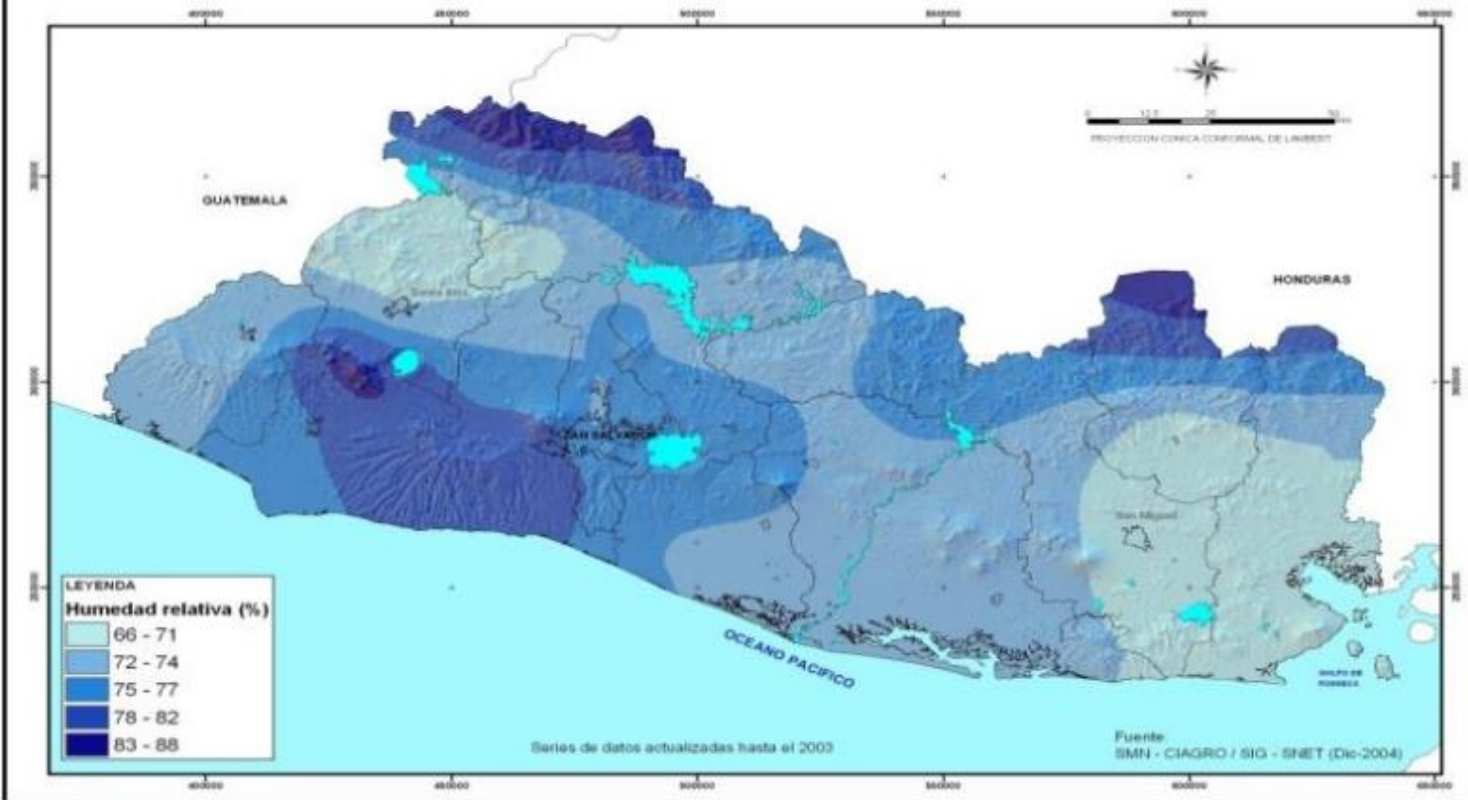
Average Standard Error: 0.3218

Samples: 22 of 22

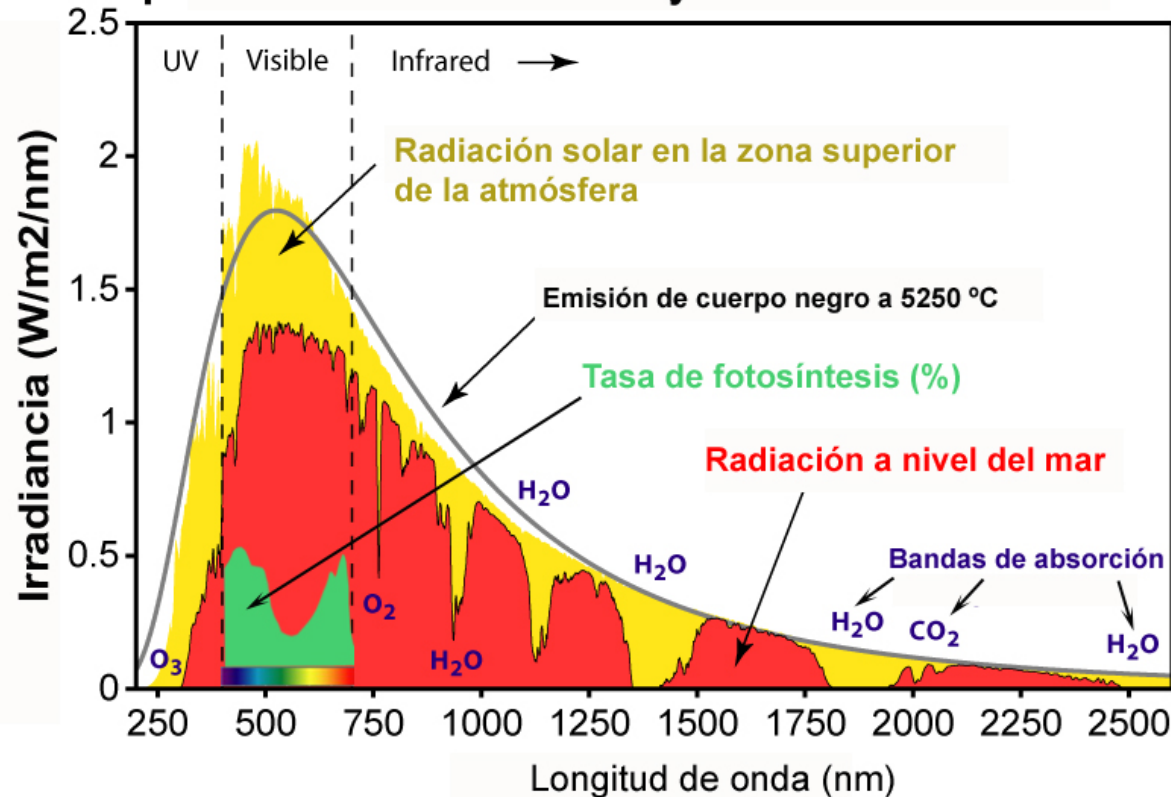


Sistema de Proyección Cónico Conformal
de Lambert, Datum NAD27, Elipsoide
de Clarke de 1866.
Tamaño del grid 250 m

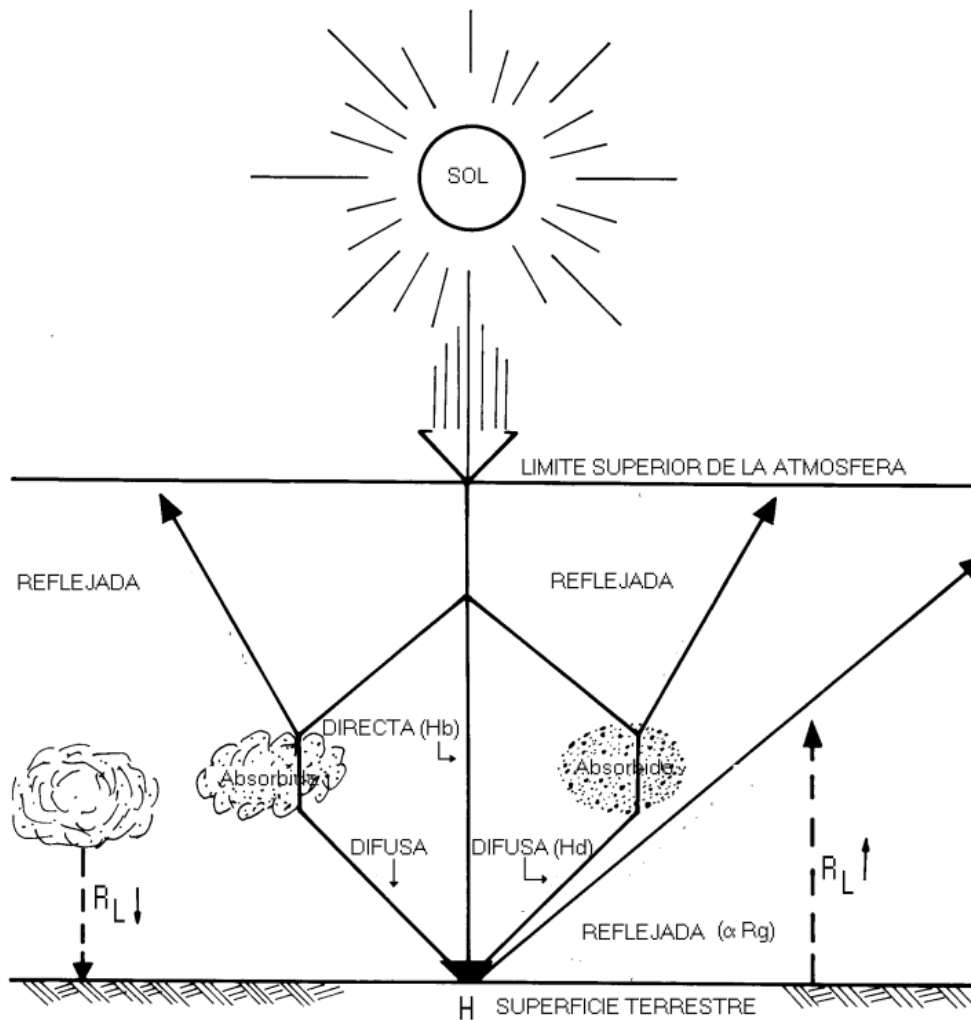




Espectro de radiación solar y actividad fotosintética



Vegetación



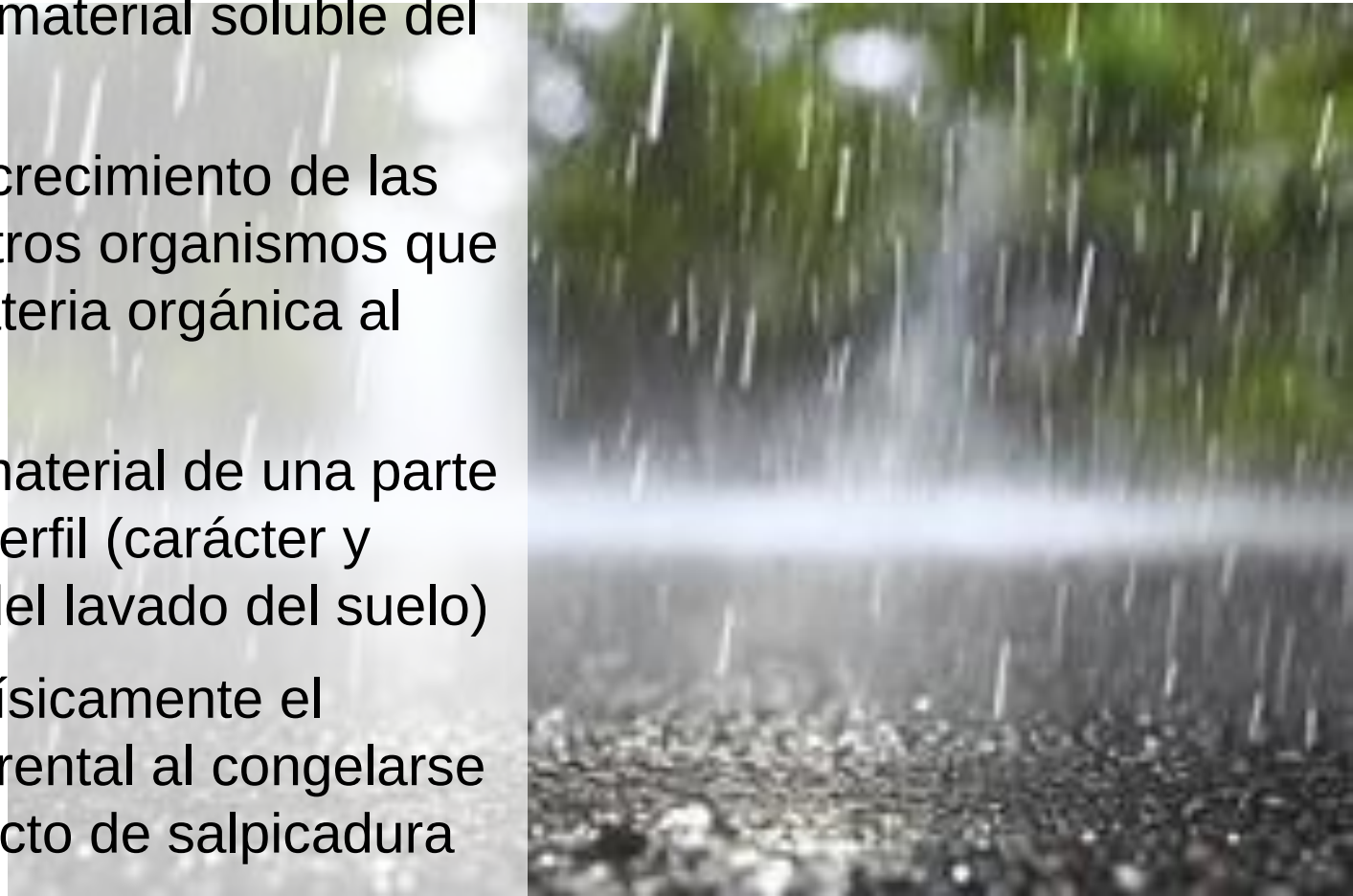
➡ **Régimen de
Temperatura del
Suelo**

- Radiación de onda corta o solar
- - -→ Radiación de onda larga o terrestre
- Gases atmosféricos (O₃, O₂, N₂, CO₂, H₂O, ETC) y partículas sólidas en suspensión

El papel del clima en la formación de los suelos

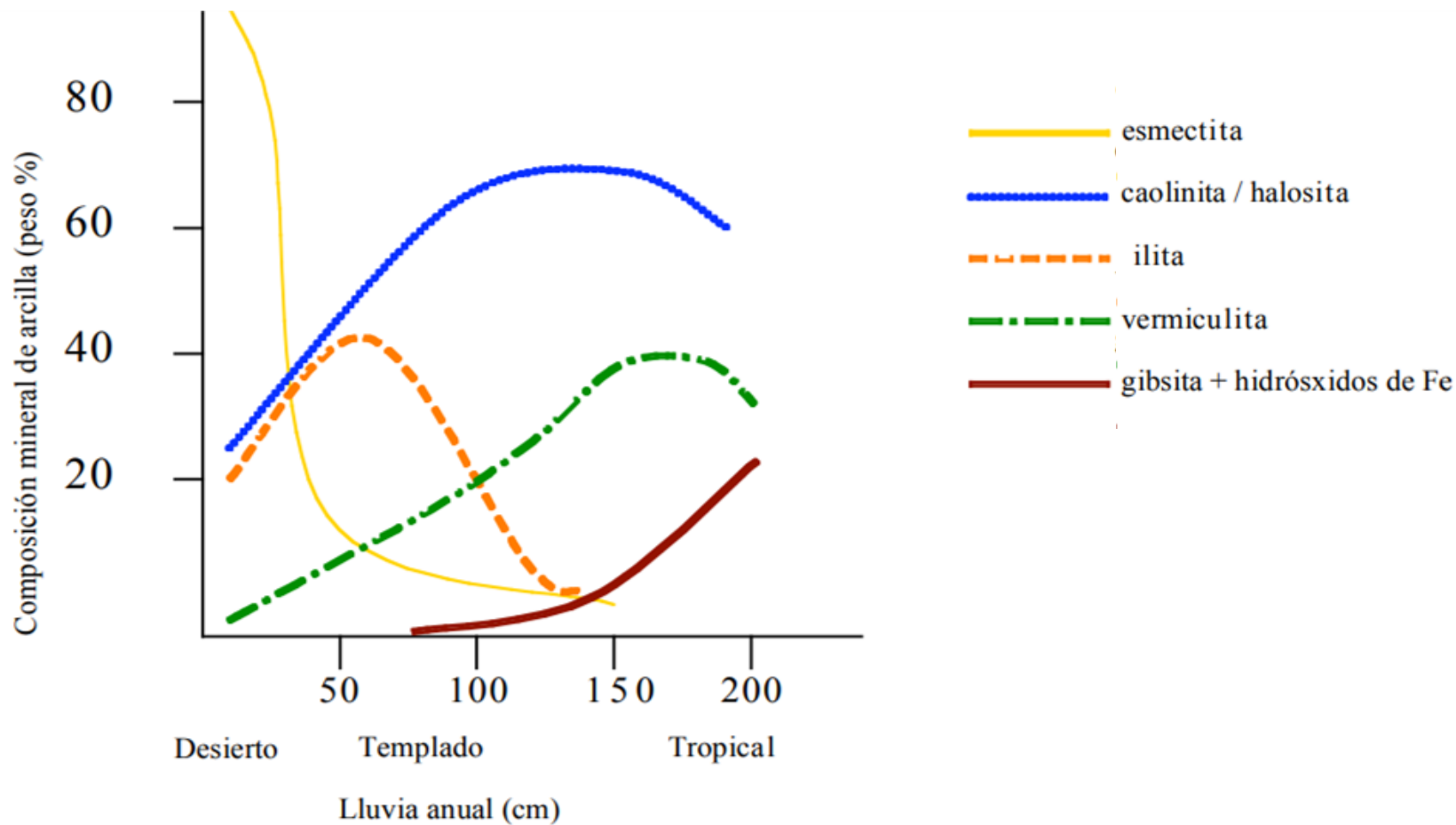
La precipitación

- Disolver el material soluble del suelo
- Permitir el crecimiento de las plantas y otros organismos que aportan materia orgánica al suelo.
- Traslocar material de una parte a otra del perfil (carácter y extensión del lavado del suelo)
- Disgregar físicamente el material parental al congelarse o por el efecto de salpicadura de la lluvia



- Igualmente determina el tipo y la velocidad de muchas reacciones químicas que ocurren en el suelo, si bien estas también dependen de otros agentes como son temperatura, pH y potencial redox
- La lluvia no es en muchos casos un factor independiente. Por ejemplo, viene afectada por la temperatura que determina su efectividad, puesto que las pérdidas por evaporación y transpiración aumentan con la temperatura.
- La lluvia también está relacionada con la formación de las arcillas





Precipitación

Abundantes lluvias



*Mayor desarrollo
y aporte vegetal*



*Mayor
incidencia
de erosión*



*Mayor
evolución*

Escasez de lluvias



*Menor desarrollo
y aporte vegetal*



*Concentración de
elementos en el
perfil de suelo*

El papel del clima en la formación de los suelos

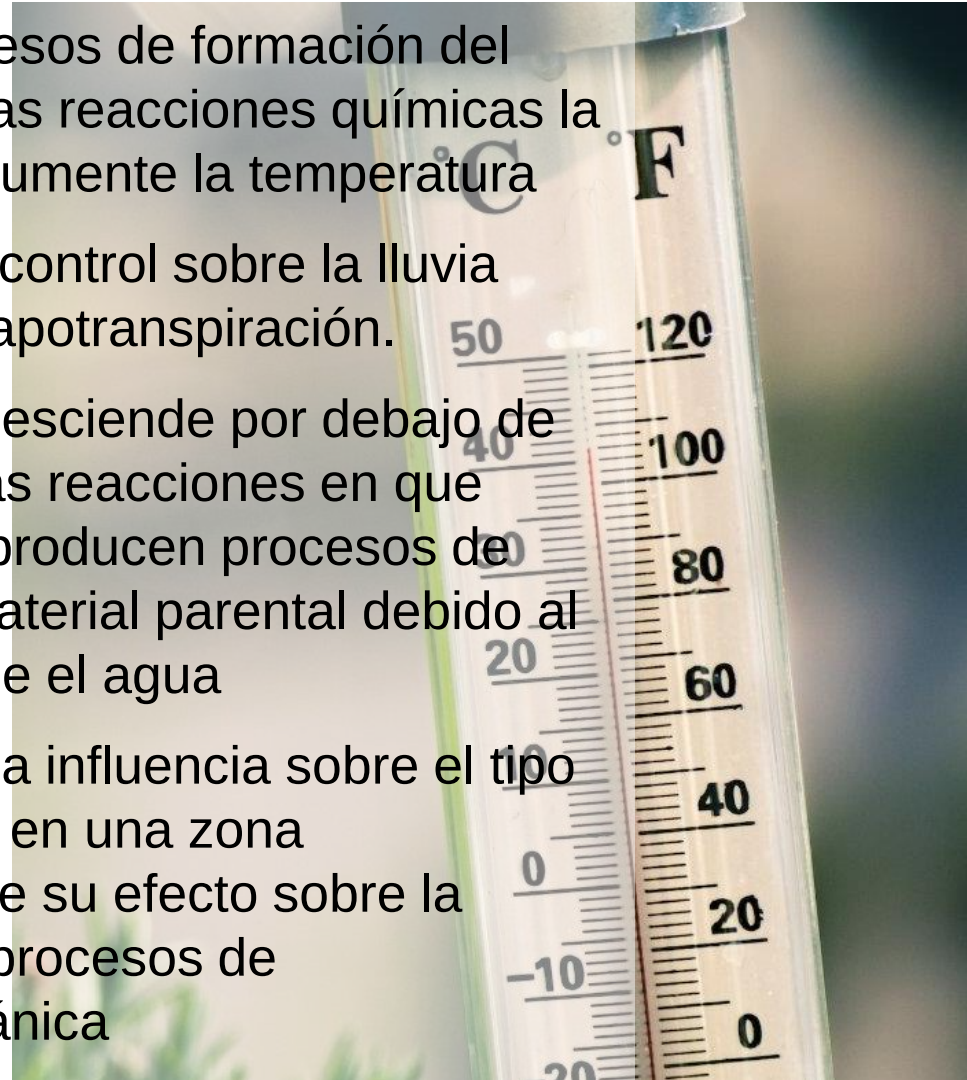
La Temperatura

La temperatura influye en los procesos de formación del suelo al controlar la velocidad de las reacciones químicas la cual se duplica por cada 10° que aumente la temperatura

La temperatura también ejerce un control sobre la lluvia efectiva, por su influencia en la evapotranspiración.

Cuando la temperatura del suelo desciende por debajo de 0°C , y el agua se congela, todas las reacciones en que interviene el agua cesan, pero se producen procesos de alteración física al fracturarse el material parental debido al aumento de volumen al solidificarse el agua

La temperatura ejerce una marcada influencia sobre el tipo y cantidad de vegetación presente en una zona determinada, y a través de ella y de su efecto sobre la actividad microbiana, controla los procesos de descomposición de la materia orgánica



- La temperatura varía con la latitud y altitud. El color del suelo, la humedad y la cubierta vegetal afectan en gran medida al calentamiento del suelo. Cuanto más oscuro es un suelo más radiación solar absorbe. Los suelos arenosos con poca retención de agua, se calientan y se enfrían mucho más rápido que los suelos arcillosos con capacidad de retención de agua.
- La temperatura condiciona el tipo de meteorización, predominantemente física con bajas temperaturas, más química con altas temperaturas.
- Mientras que el nitrógeno y la materia orgánica del suelo aumentan con la precipitación, el efecto del aumento de la temperatura es el opuesto, al disminuir la eficiencia de la lluvia y aumentar la velocidad de descomposición.



Temperatura

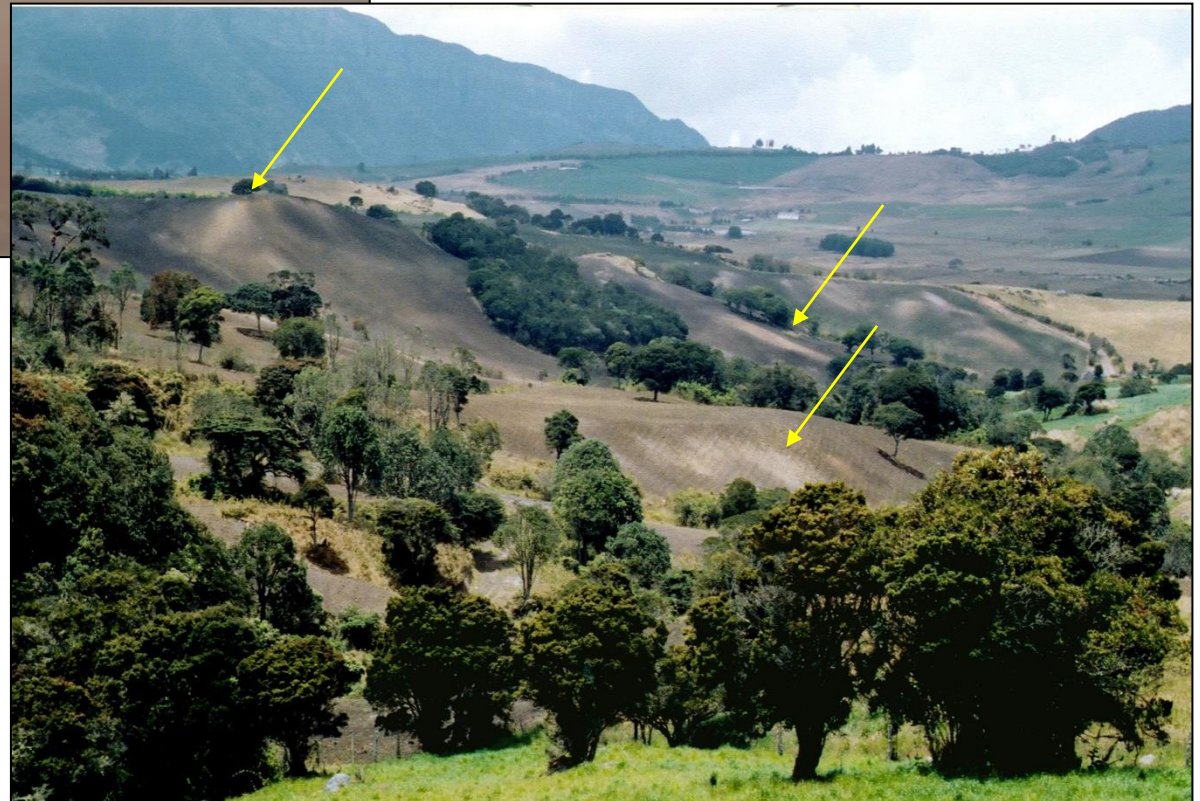
Baja T°



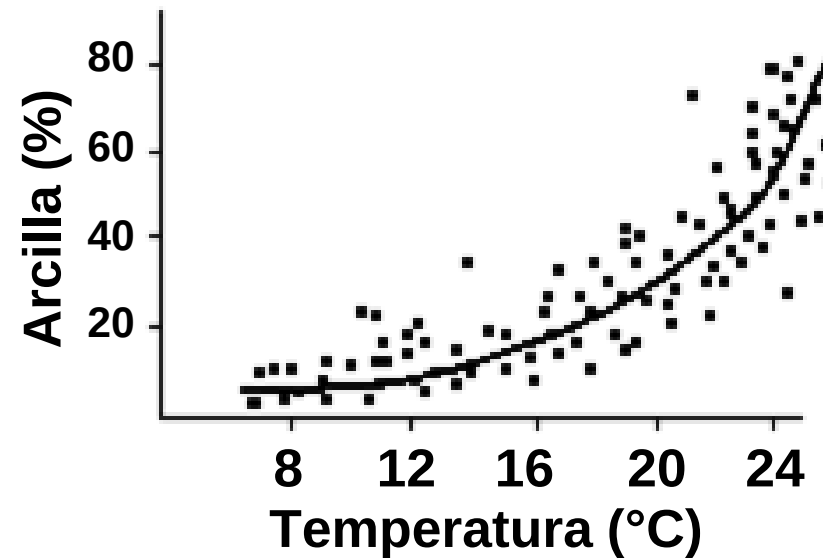
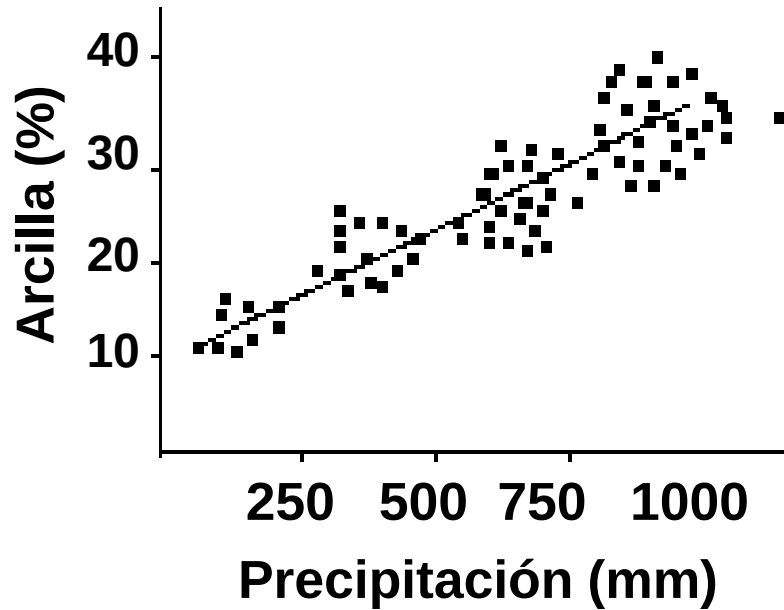
Alta T°



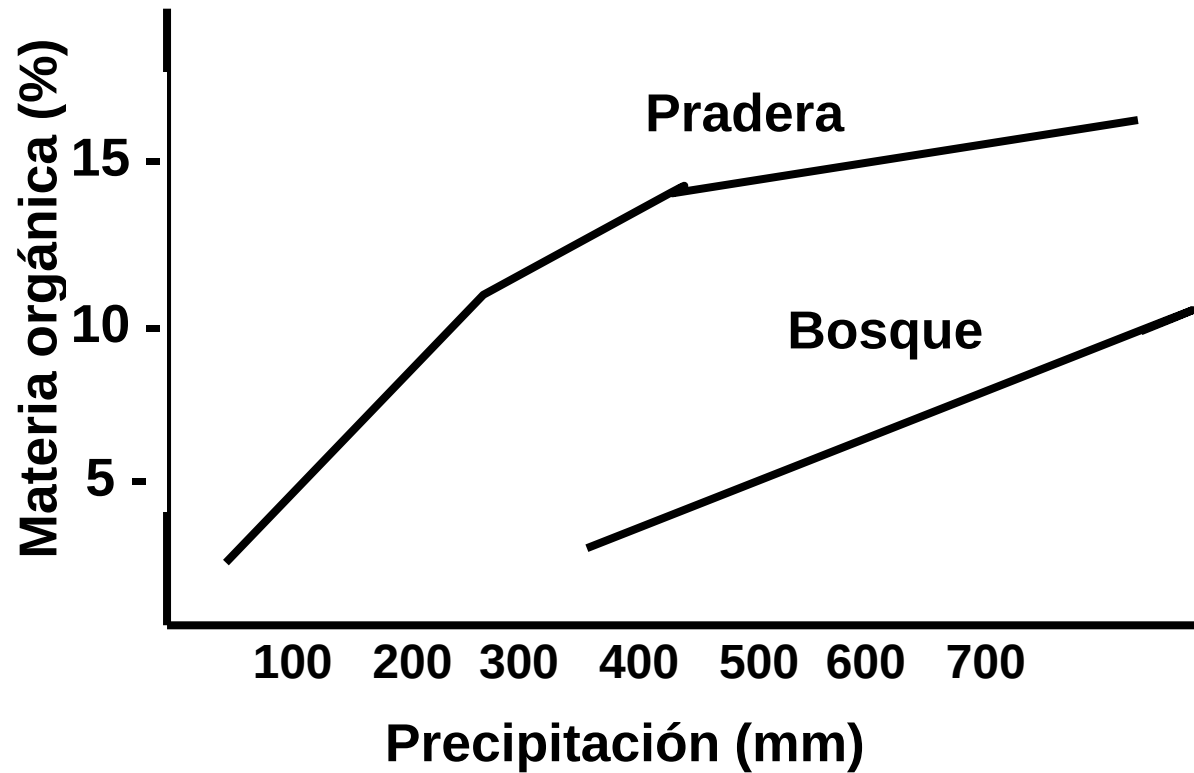
Vientos



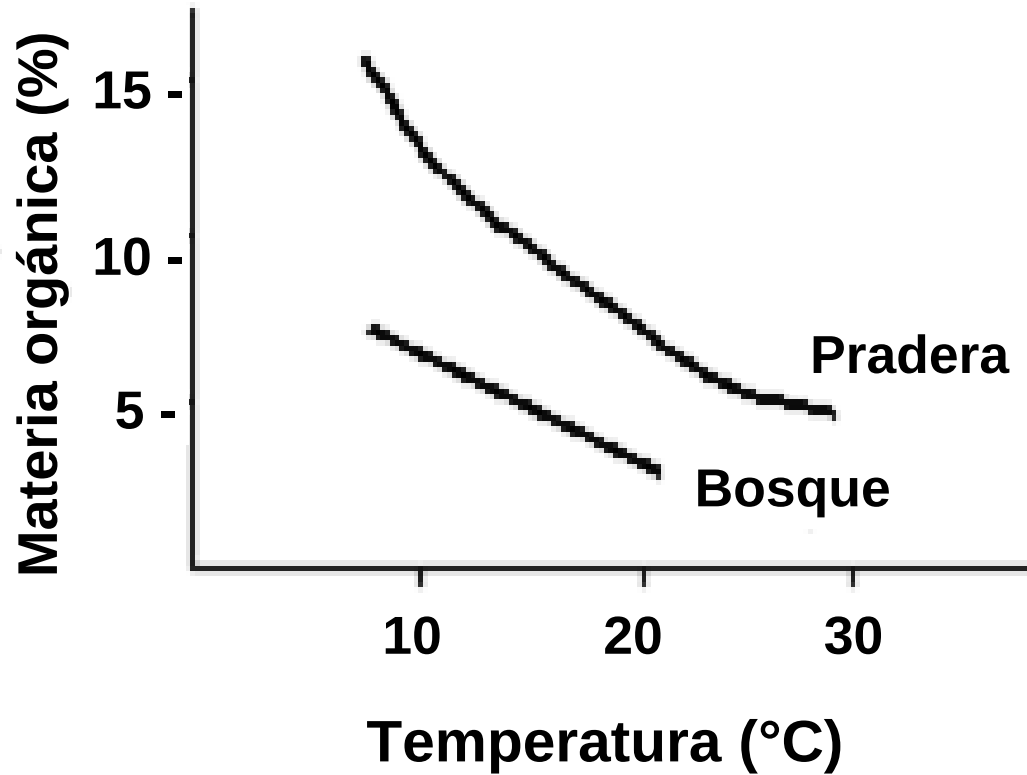
Efecto sobre constituyentes y propiedades



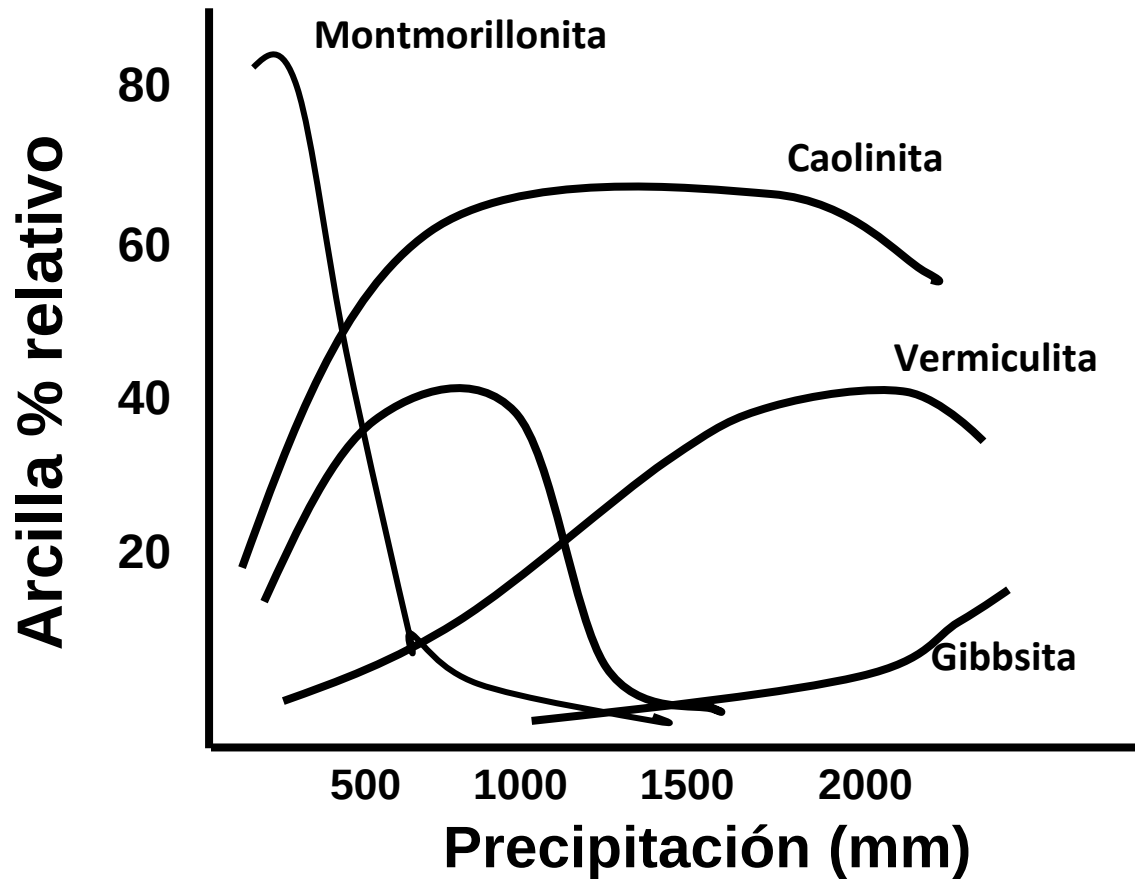
Efecto sobre constituyentes y propiedades



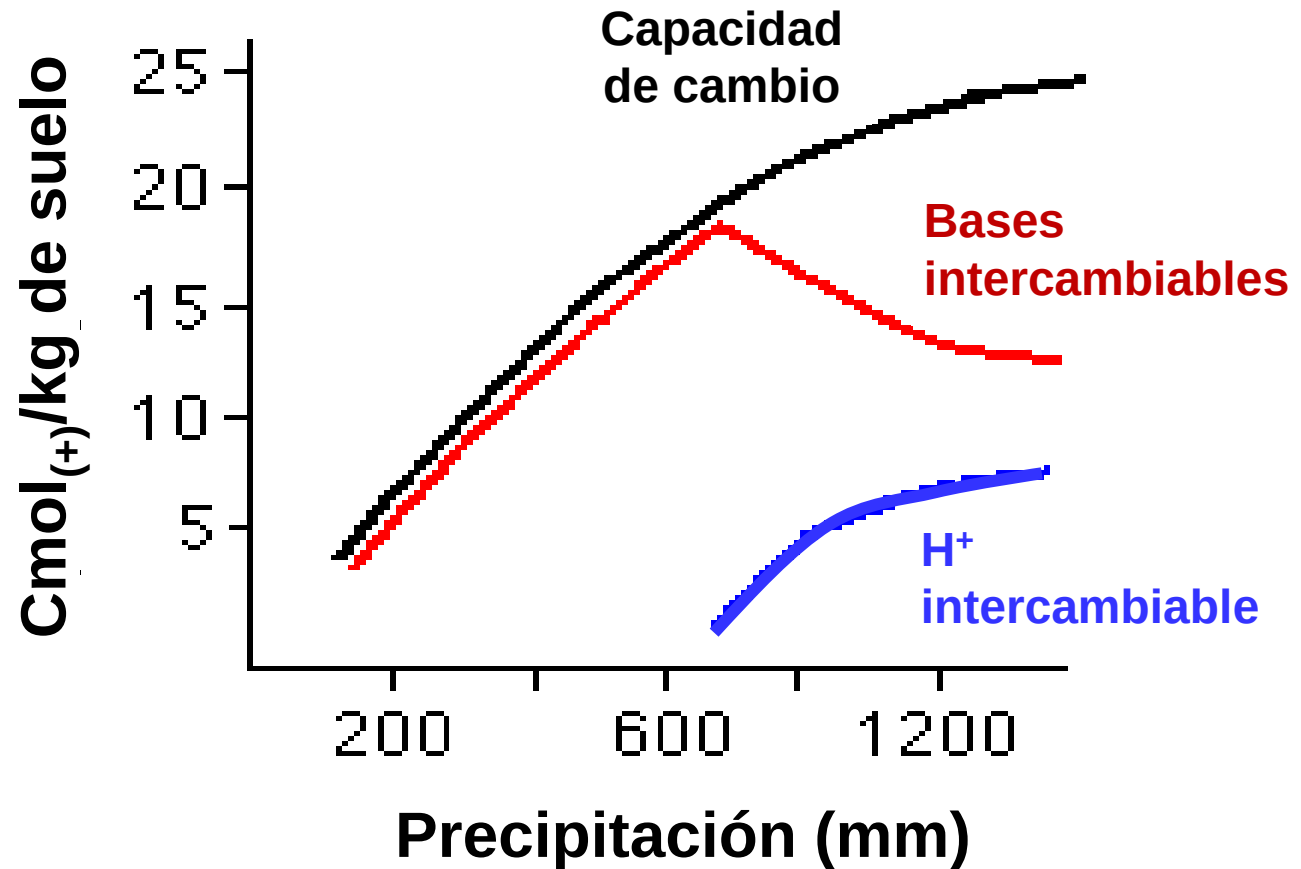
Efecto sobre constituyentes y propiedades



Efecto sobre constituyentes y propiedades

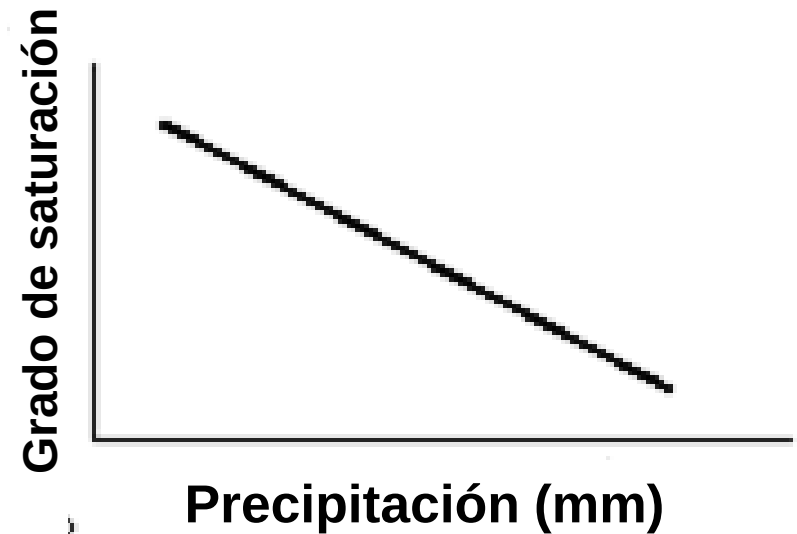
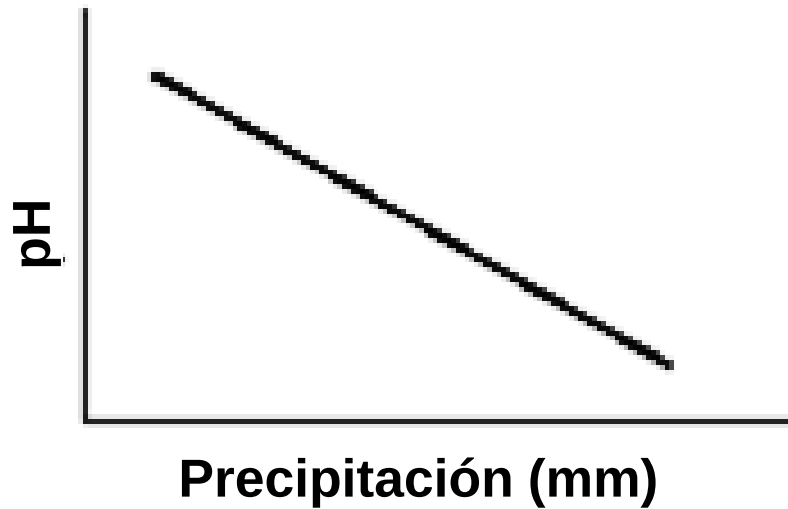


Efecto sobre constituyentes y propiedades

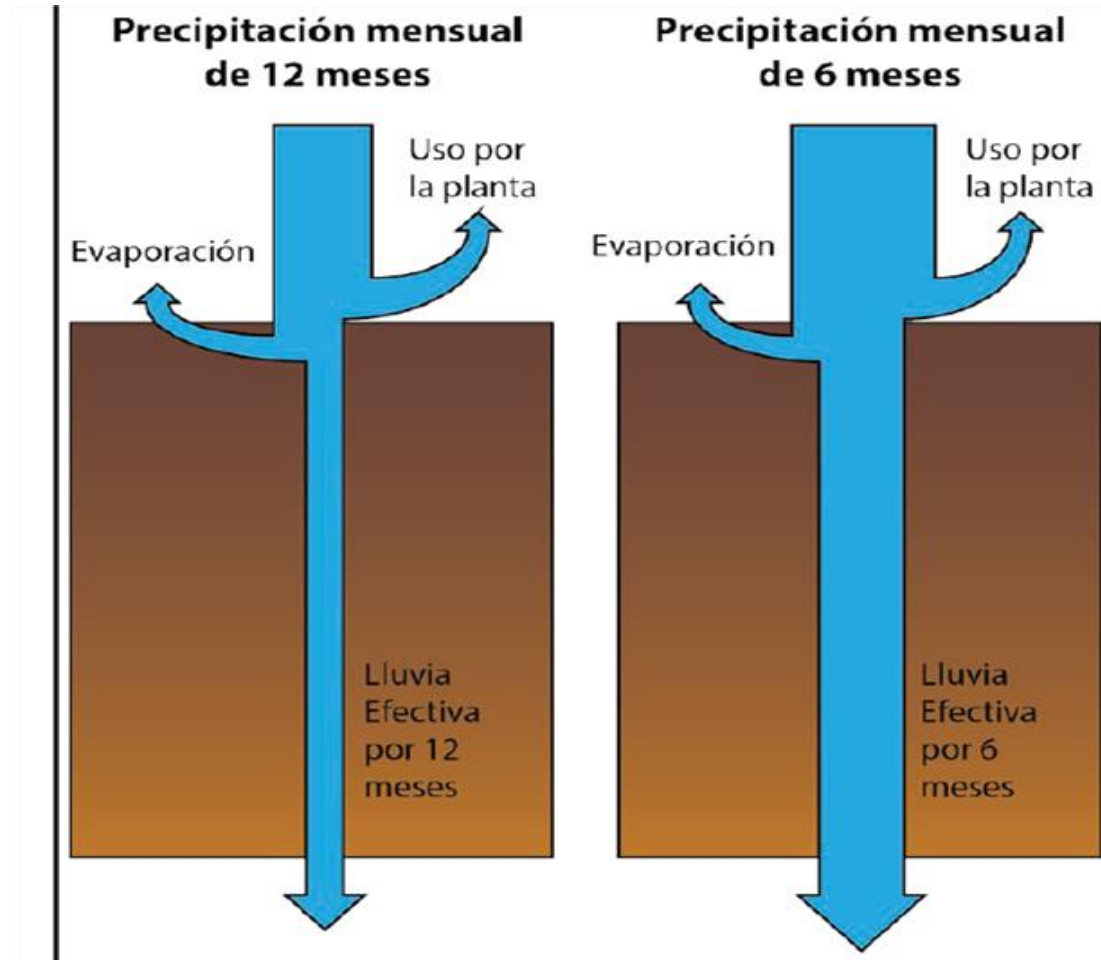


$\text{Cmol}_{(+)} / \text{kg de suelo} = \text{me} / 100 \text{ gr suelo}$

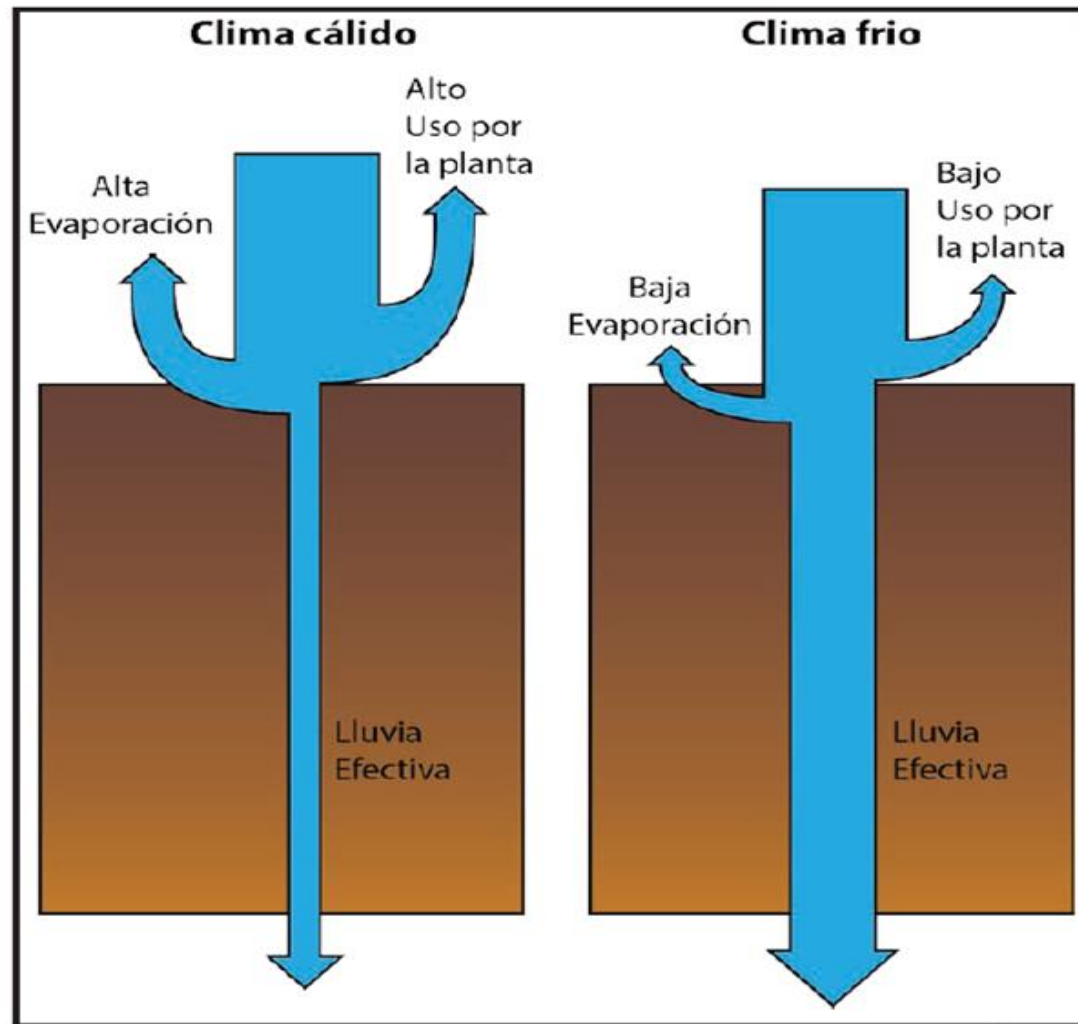
Efecto sobre constituyentes y propiedades



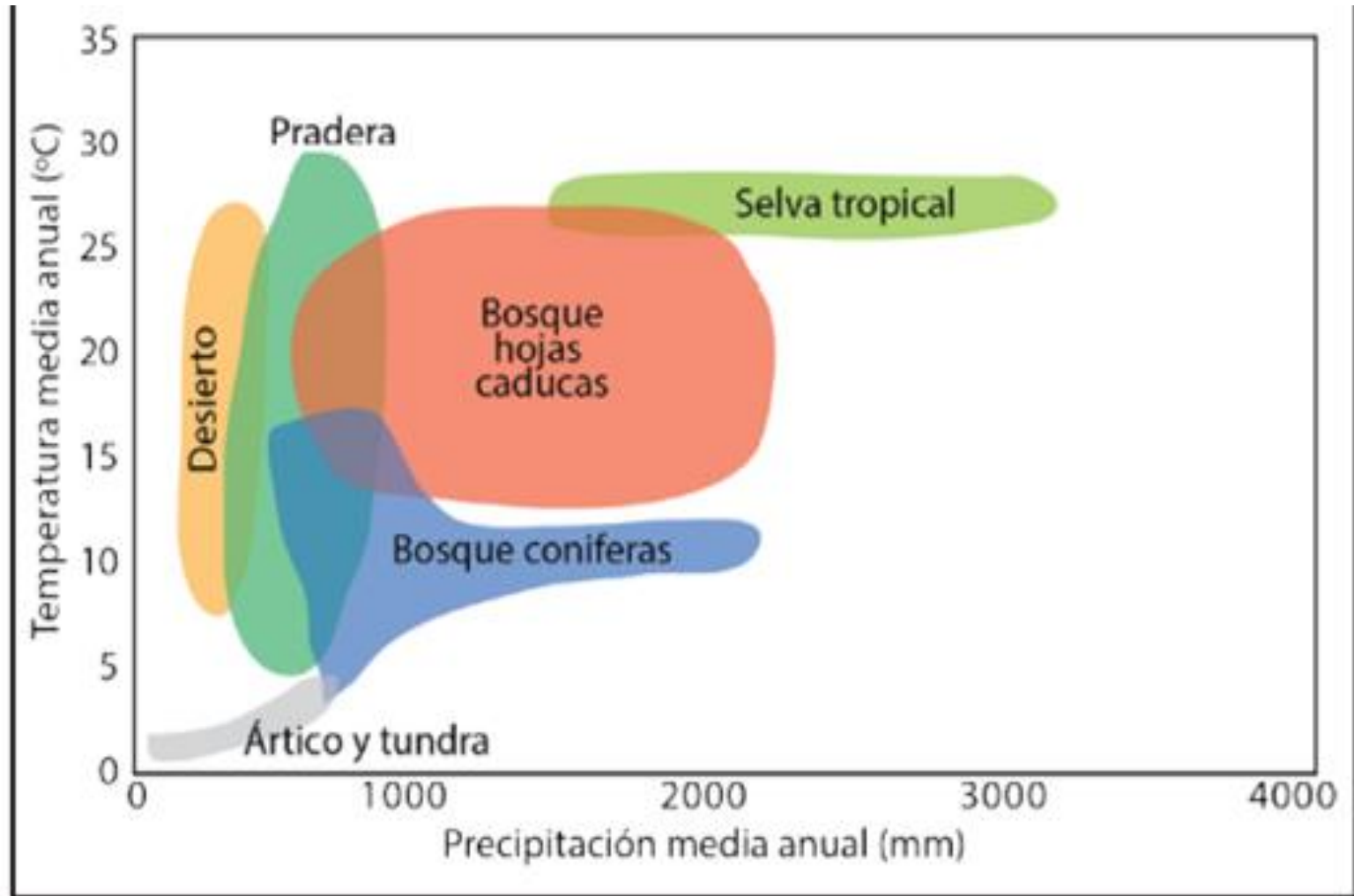
Influencia de la distribución de las precipitaciones durante el año en la entrada de agua al perfil.



Influencia de la temperatura y la evapotranspiración en la entrada de agua al perfil.

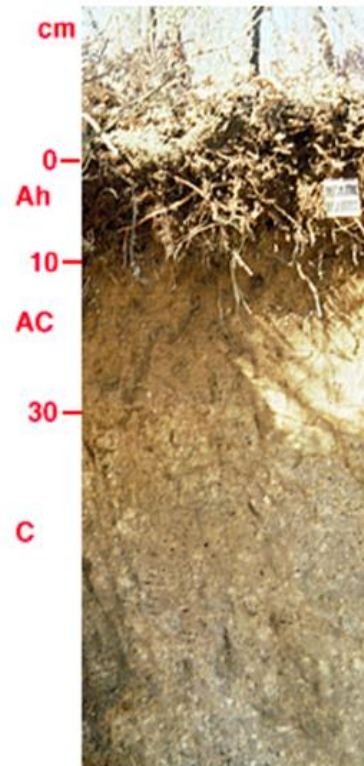


Efecto del clima sobre la vegetación natural.



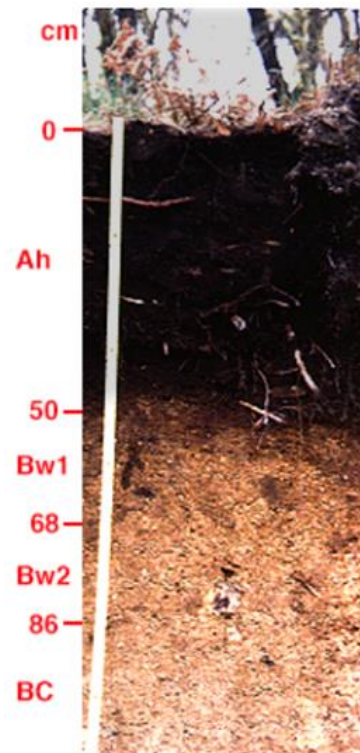
400 mm
800 mm
1300 mm

A



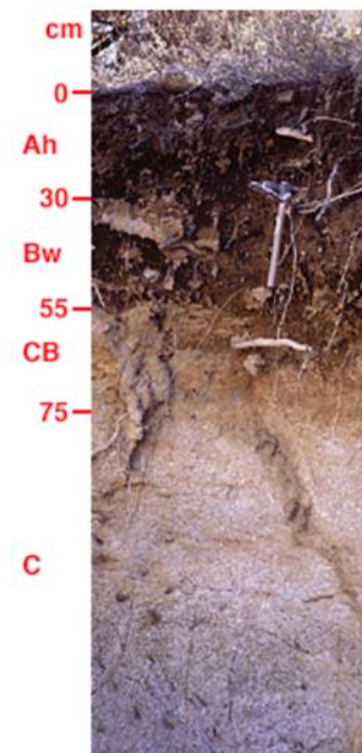
400 mm

B



1300 mm

C



800 mm