



# Efectos de los Cambios de Uso y Cobertura de Suelo en Temperatura y Precipitación

Carlos Abraham Ochoa Moya

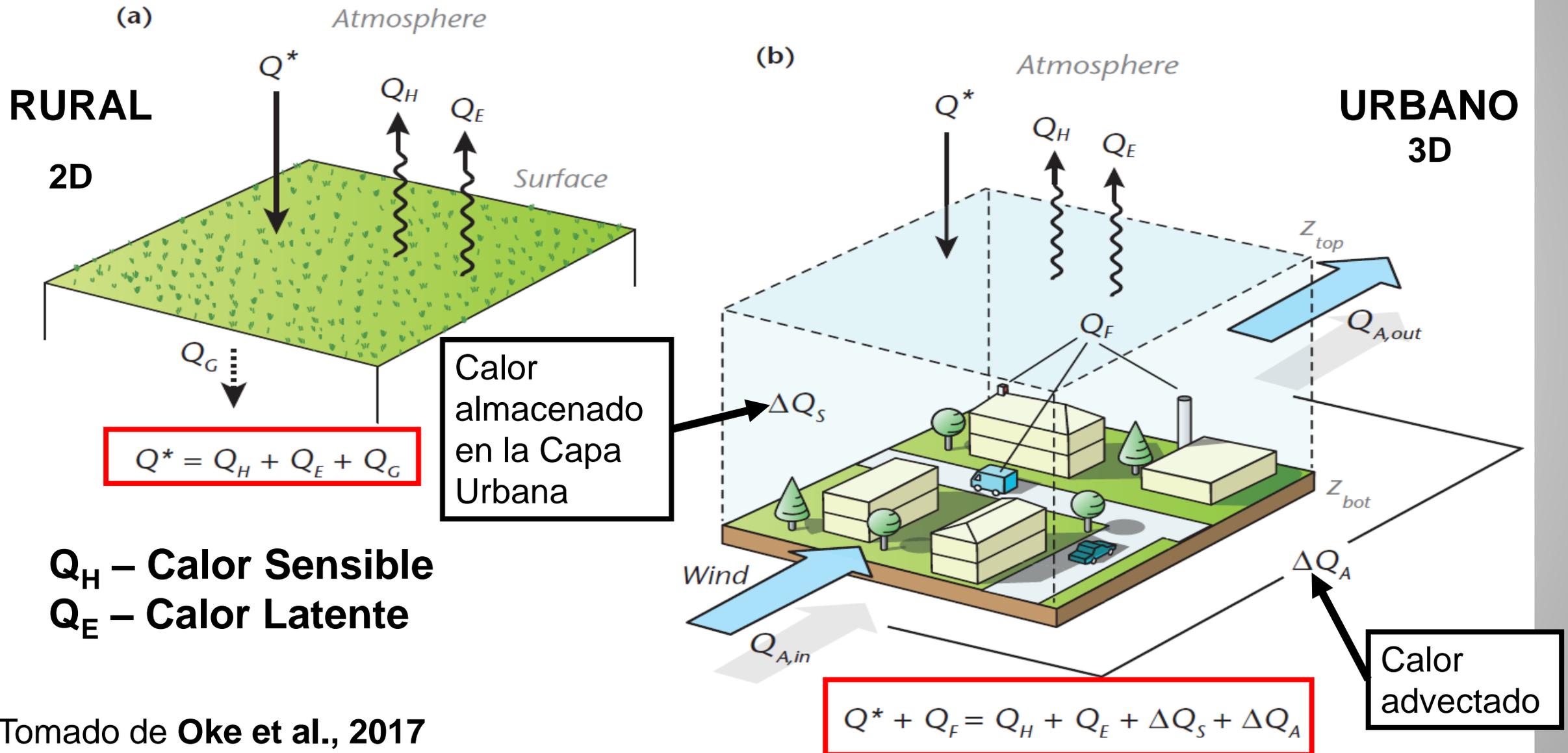
Centro de Ciencias de la Atmósfera  
UNAM

Seminario-Taller Isla de Calor Urbana, SEDEMA  
8 de noviembre de 2019

# Tiempo o Clima

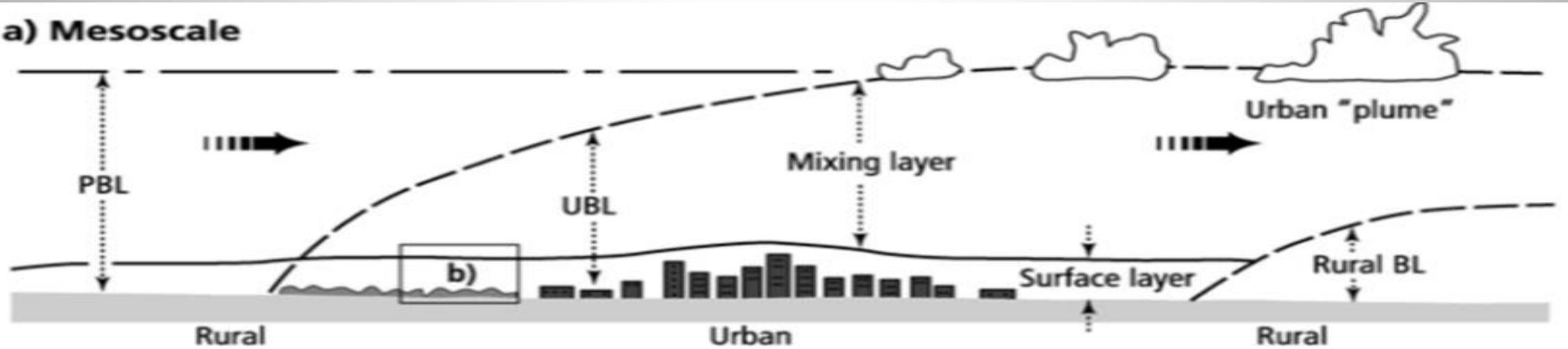
- **Tiempo:** Estado de la atmósfera con respecto a temperatura, humedad, viento, nubosidad, presión atmosférica en un espacio y tiempo dado.
- **Clima:** Promedio o condiciones prevalecientes de tiempo en una región dada a través de un año promediado en una serie de años (normalmente mas de 30)

# Balance de Energía en Superficie

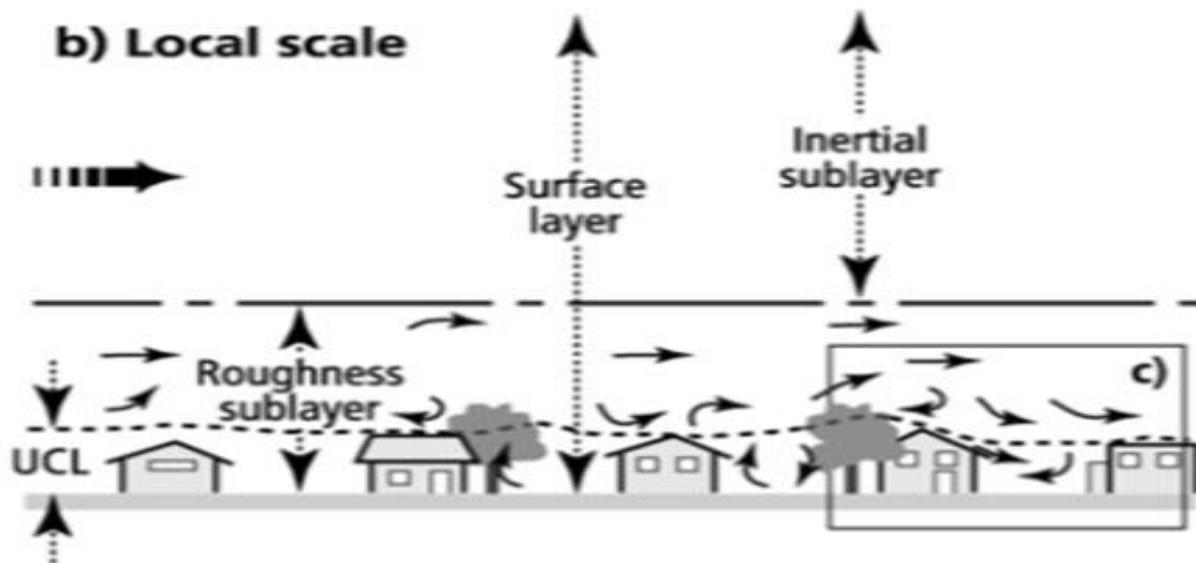


# Capa Límite Urbana

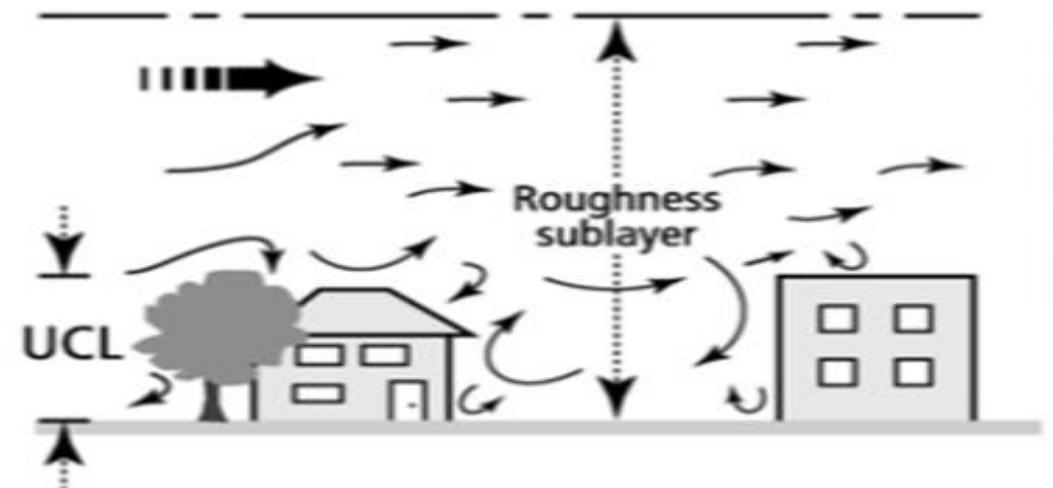
a) Mesoscale



b) Local scale

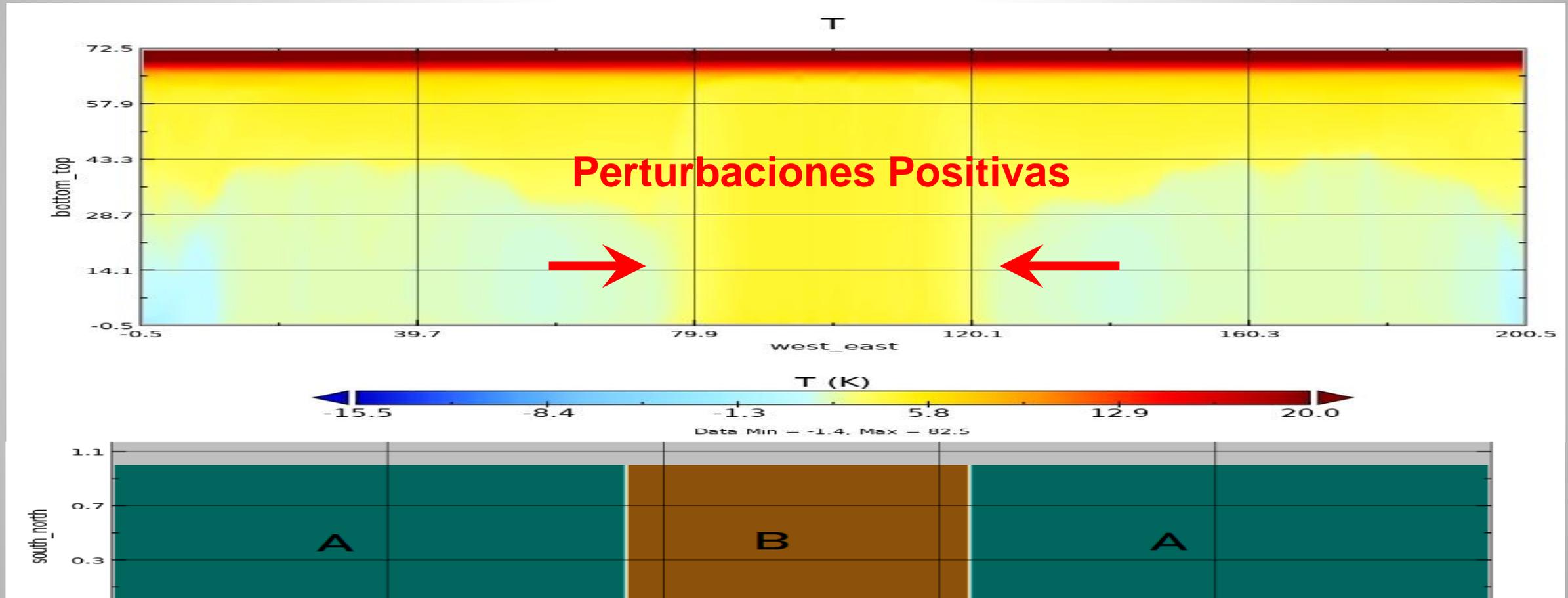


c) Microscale



# Simulación Idealizada 2D

## Perturbación de Temperatura Potencial



**Vegetación**

**Urbano**

**Vegetación**

# Isla de Calor (ICU)

“El aire en la cobertura urbana es normalmente más caliente que en las zonas rurales a los alrededores”(Oke, 1987)

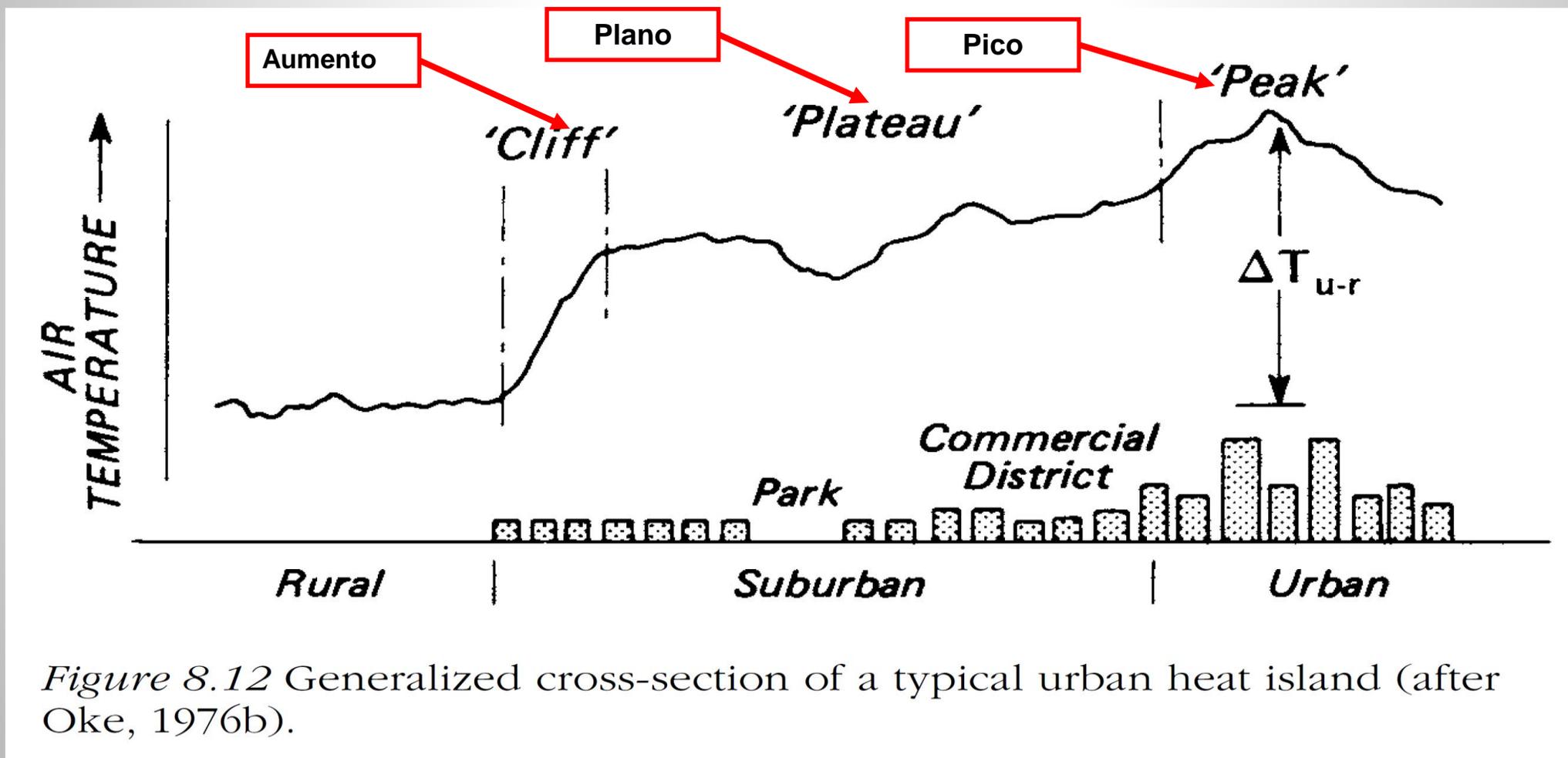
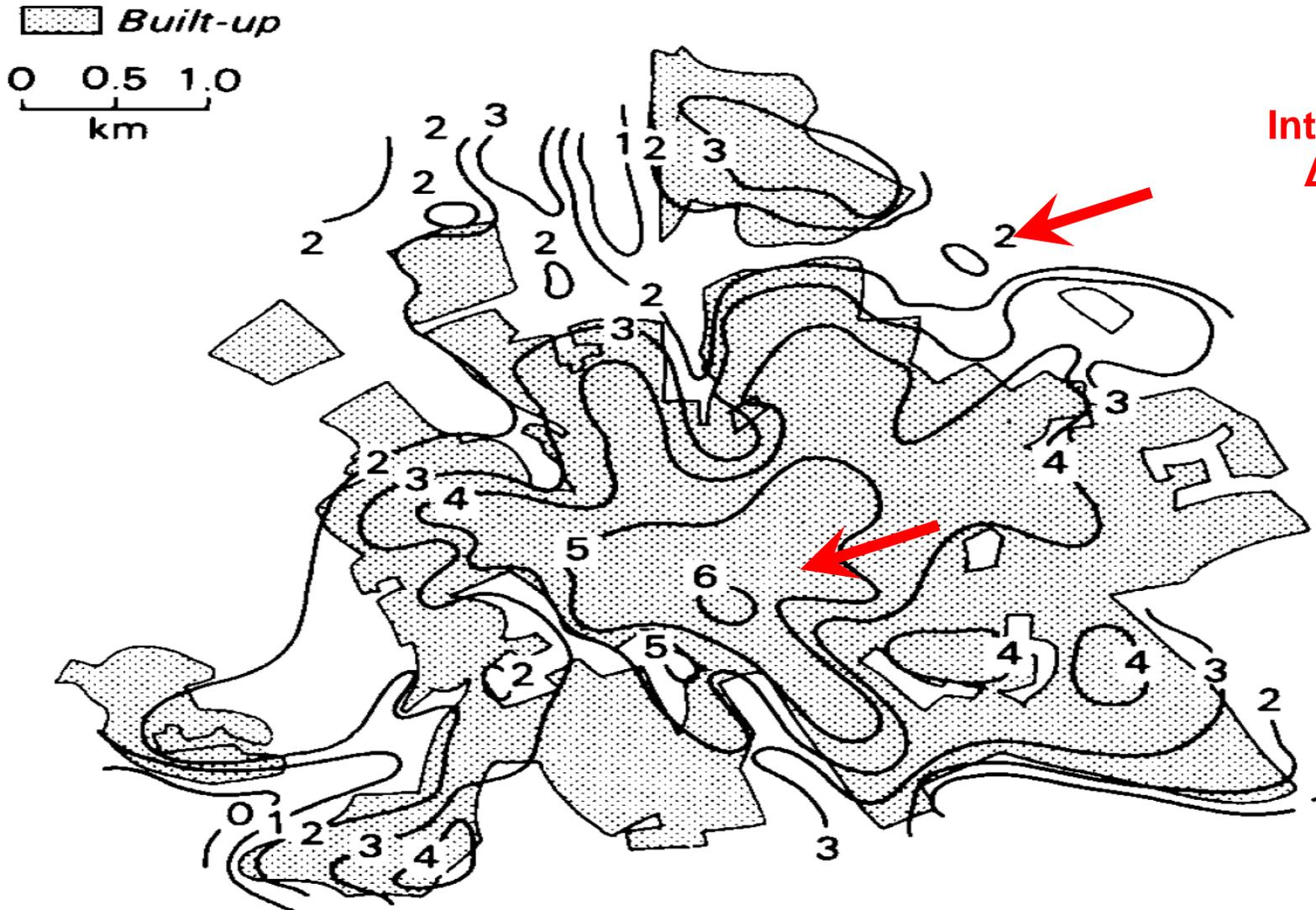


Figure 8.12 Generalized cross-section of a typical urban heat island (after Oke, 1976b).

# Primeros Estudios de ICU



Intensidad de UHI  
 $\Delta T_{u-r} = T_u - T_r$

*Figure 8.13*  
Canopy layer heat island in Uppsala, Sweden at 2330 h on 20 September 1976. Wind less than  $1\text{ms}^{-1}$ , direction variable, almost cloudless skies. Isotherms are in degrees Celsius (after Taesler, 1980).

# Ciclo Diurno

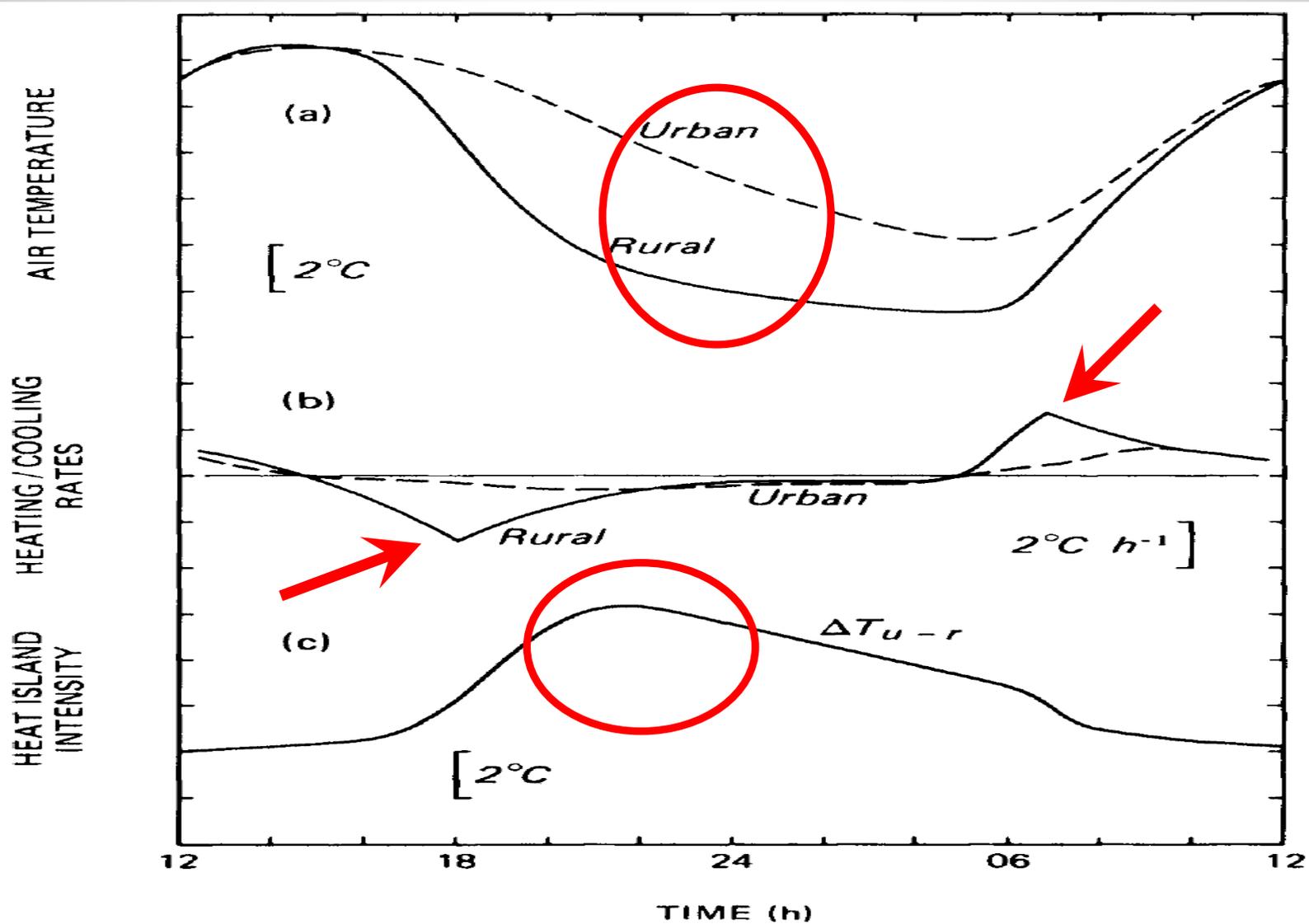


Figure 8.14 Typical temporal variation of urban and rural (a) air temperature and (b) cooling/warming rates and (c) the resulting heat island intensity ( $\Delta T_{u-r}$ ) under 'ideal' weather conditions (after Oke, 1982).

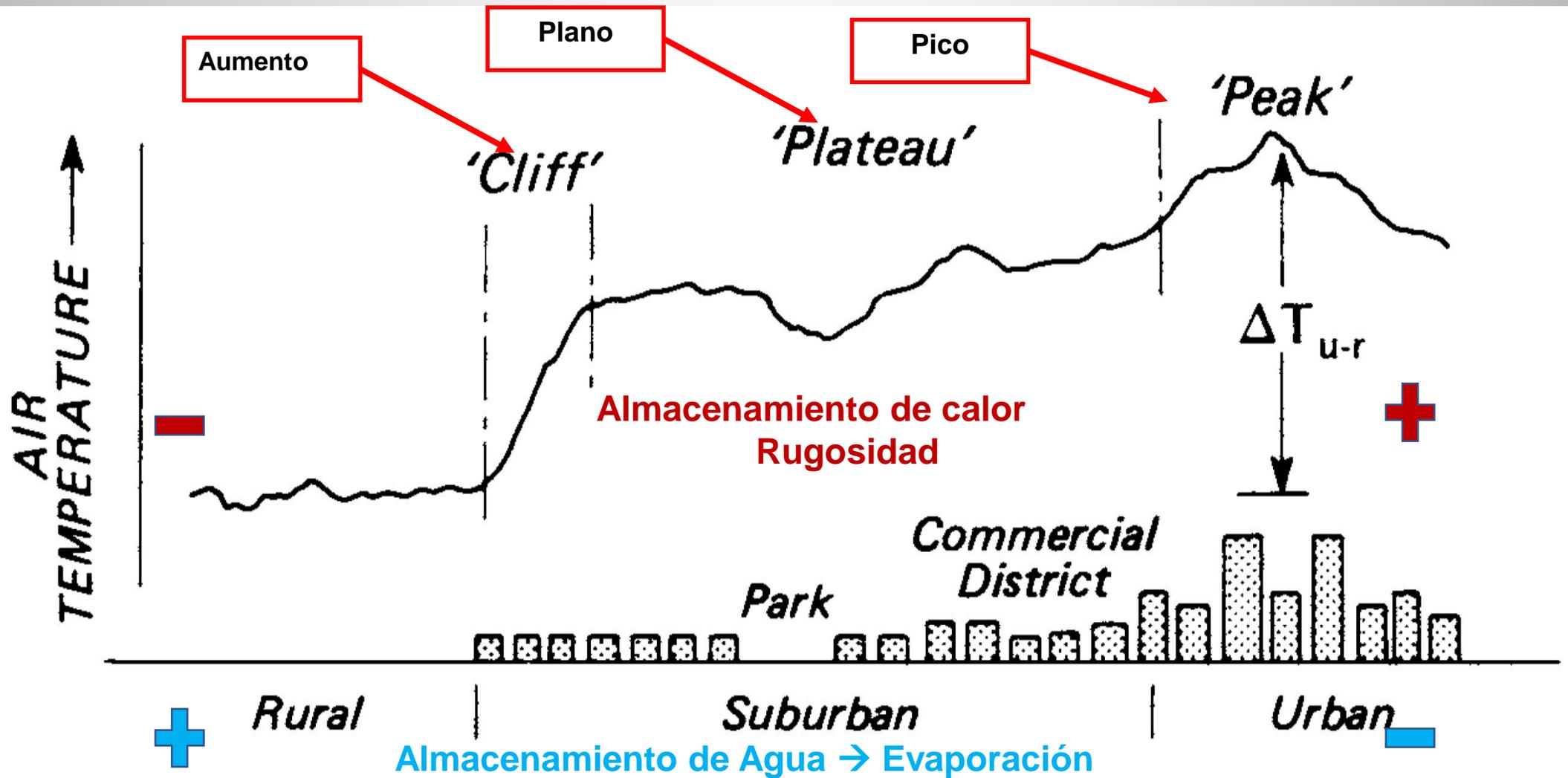
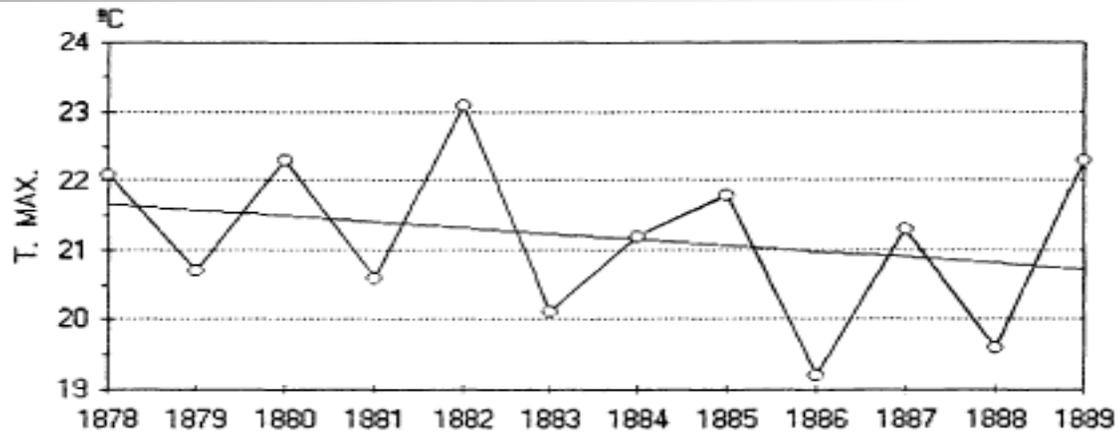


Figure 8.12 Generalized cross-section of a typical urban heat island (after Oke, 1976b).

# Principales Características de ICU

- Diferencias de temperatura mínima cerca de la superficie entre la zona urbana y rural
- Gradiente de temperatura de hasta  $4 \text{ C km}^{-1}$  o más
- La morfología de la ICU esta controlada por la distribución de cada ciudad
- A diferencia de las áreas rurales, las áreas urbanas tienen una mayor rugosidad, **no almacenan agua** y pueden absorber mayor cantidad de calor

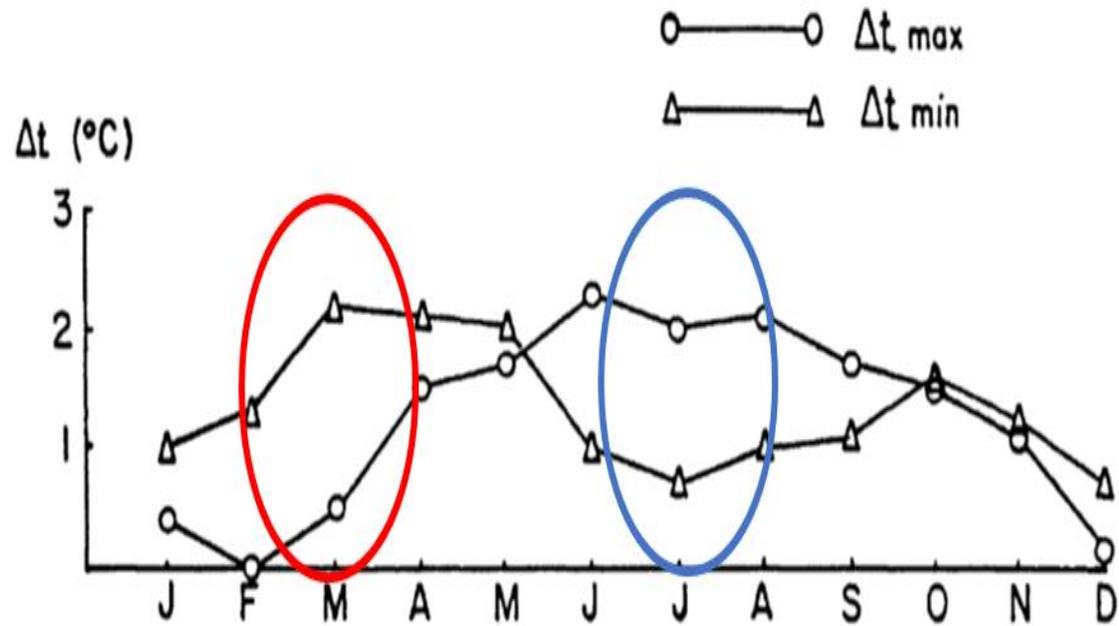
# ICU en CdMx (1800's)



*Fig. 3: Mean maximum and minimum temperature trend for February at National Palace station, period 1878-1889*

- Datos de Manuel Moreno (climatólogo del siglo XIX)
- Encontró una diferencia de 1.4 C entre centro de la ciudad y Tacubaya
- Aumento poblacional de 185k a 471k habitantes entre 1858 y 1900

# ICU en CdMx (1800's)



*Fig. 2:* Seasonal variation of heat island intensity between National Palace (urban) and Tacubaya (suburban) in 1896

- Intensidad máxima al final de la época seca
- Intensidad mínima en la época de lluvias

# Promedio Tmin Marzo 1933

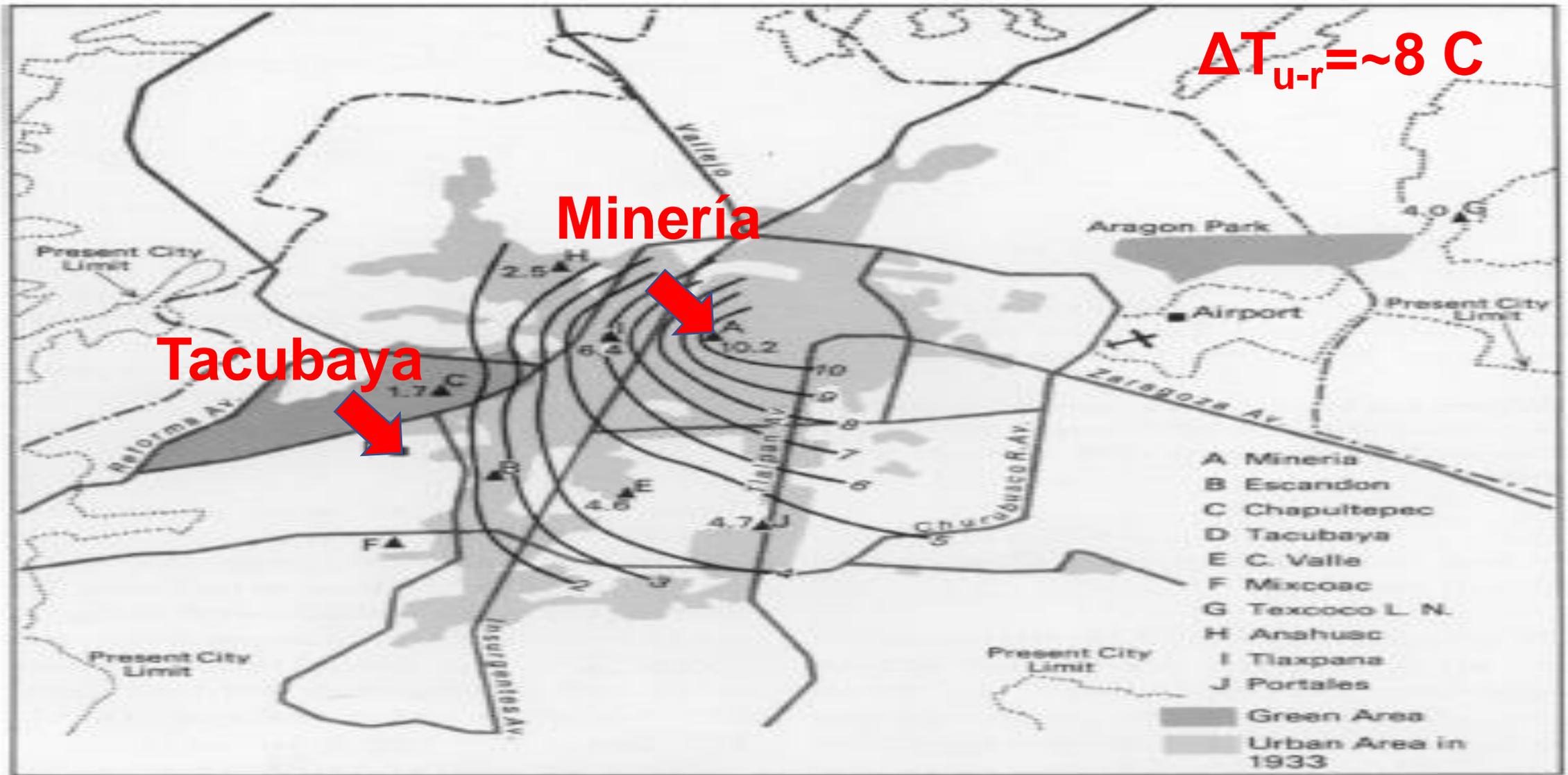
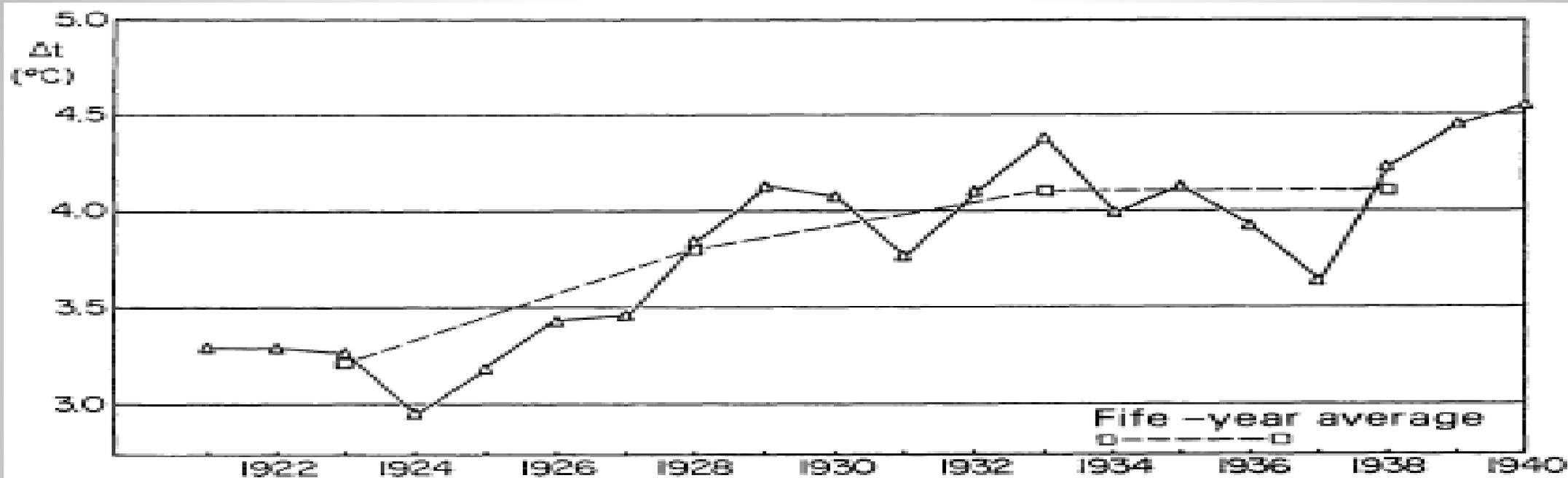


Fig. 7: Distribution of mean minimum temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) for March 1933 in Mexico City

Verteilung der mittleren Minimum-Temperatur für den März 1933 in Mexico City Jauregui, 1993

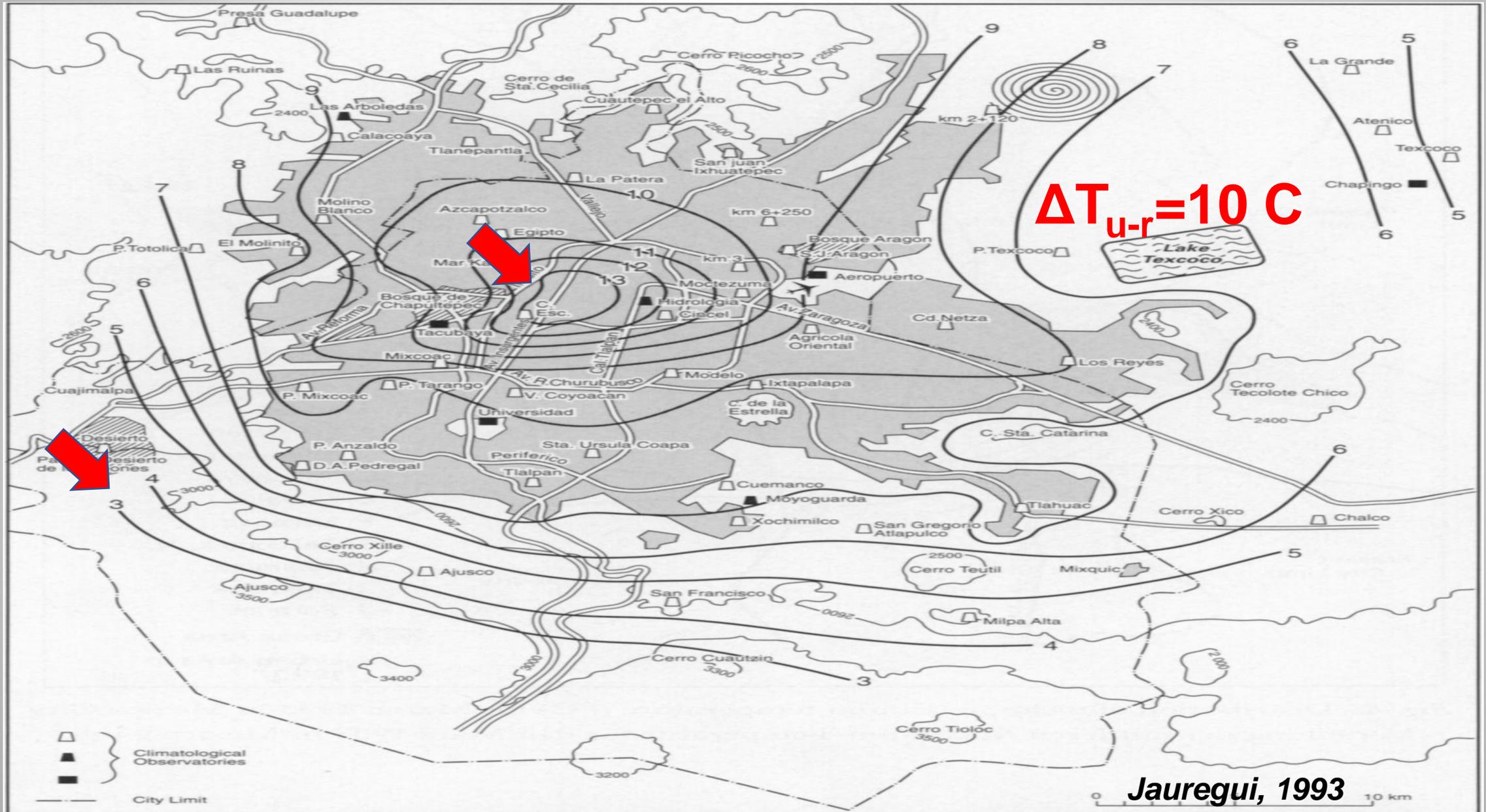
# UHI en CdMx (1921-1940)



*Fig. 5:* Nocturnal mean heat island intensity trend between School of Mines (urban) and Tacubaya observatory (suburban) for period 1921-1940, for months January through April

Intensidad de UHI Minería-Tacubaya durante la noche, 1921-1940, Ene-Abr (**aumento casi al doble el área urbana**)

# Promedio T<sub>min</sub> Marzo 1980



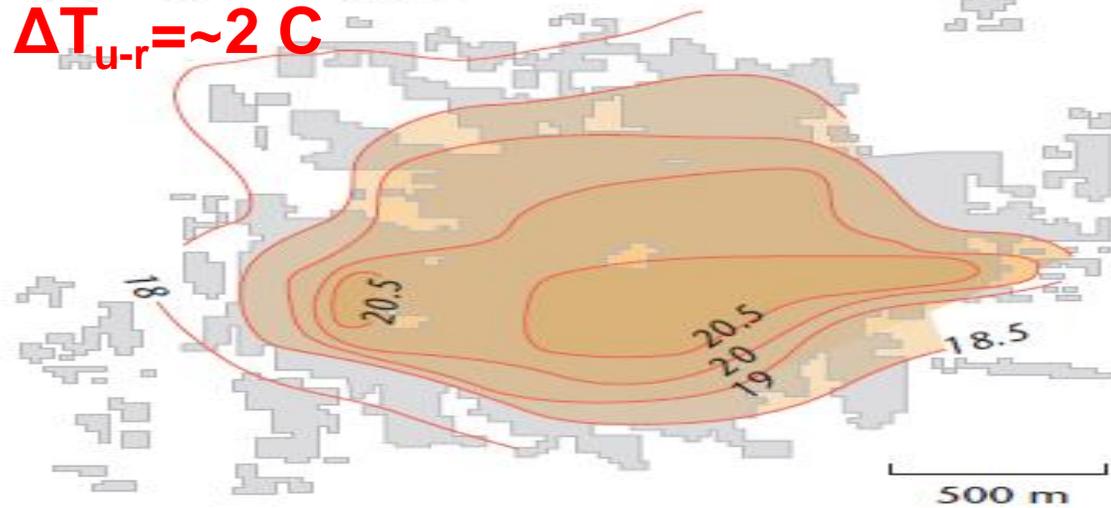
# Conclusiones de Jauregui 1993

- Variaciones en temperatura en superficie mínima y máxima de finales del siglo XIX a 1980
- La intensidad media de la ICU era de **2 C** con un área urbana pequeña (**26km<sup>2</sup>**)
- En 1930 con un área urbana de **86.1 km<sup>2</sup>** aumento la intensidad a **6 C** en algunos sitios
- Para 1980 la intensidad de la UHI variaba entre **8 y 9 C** para un área urbana de **850 km<sup>2</sup>**
- Es importante ser **cuidadosos** al ver estos resultados, debido al **terreno complejo** de la Ciudad de México

# Comparación de ICU

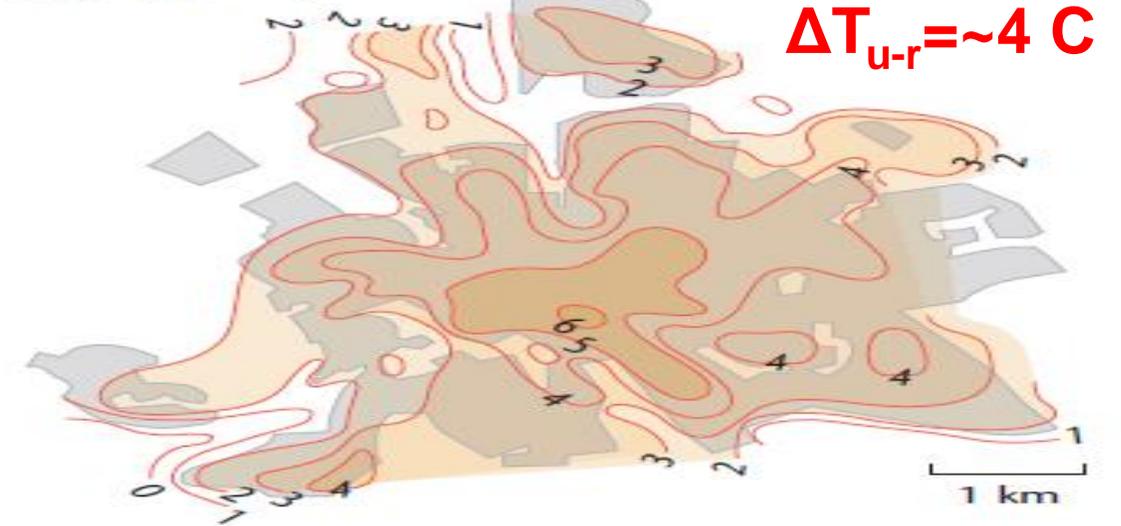
(a) Ogaki City, Japan

$\Delta T_{u-r} \sim 2 \text{ C}$



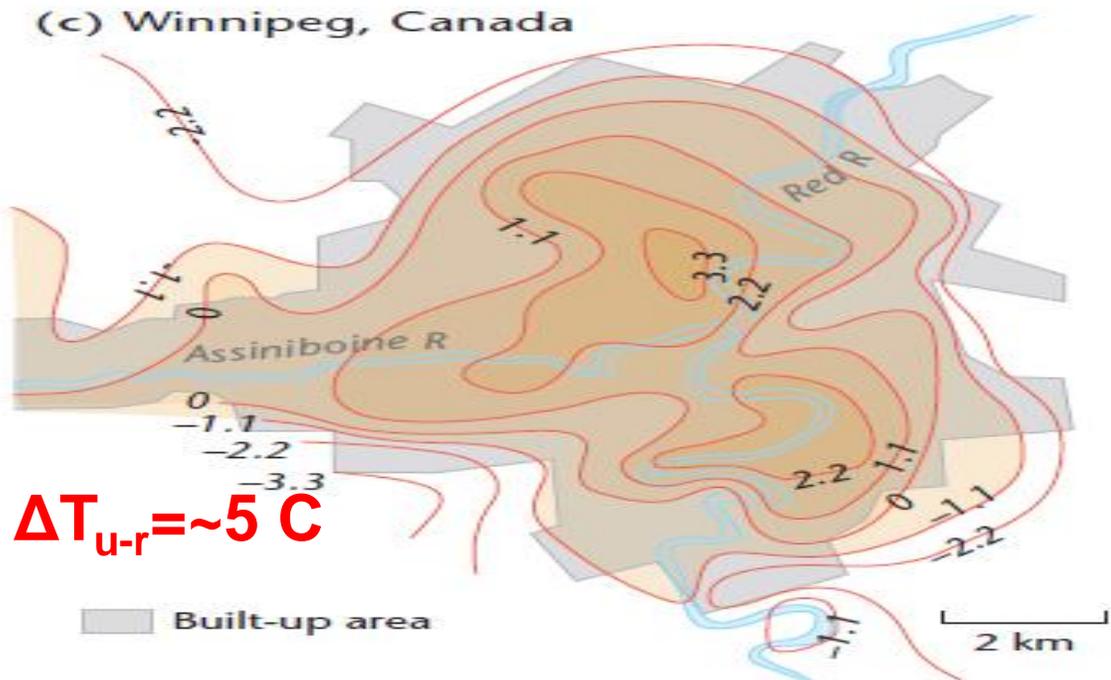
(b) Uppsala, Sweden

$\Delta T_{u-r} \sim 4 \text{ C}$



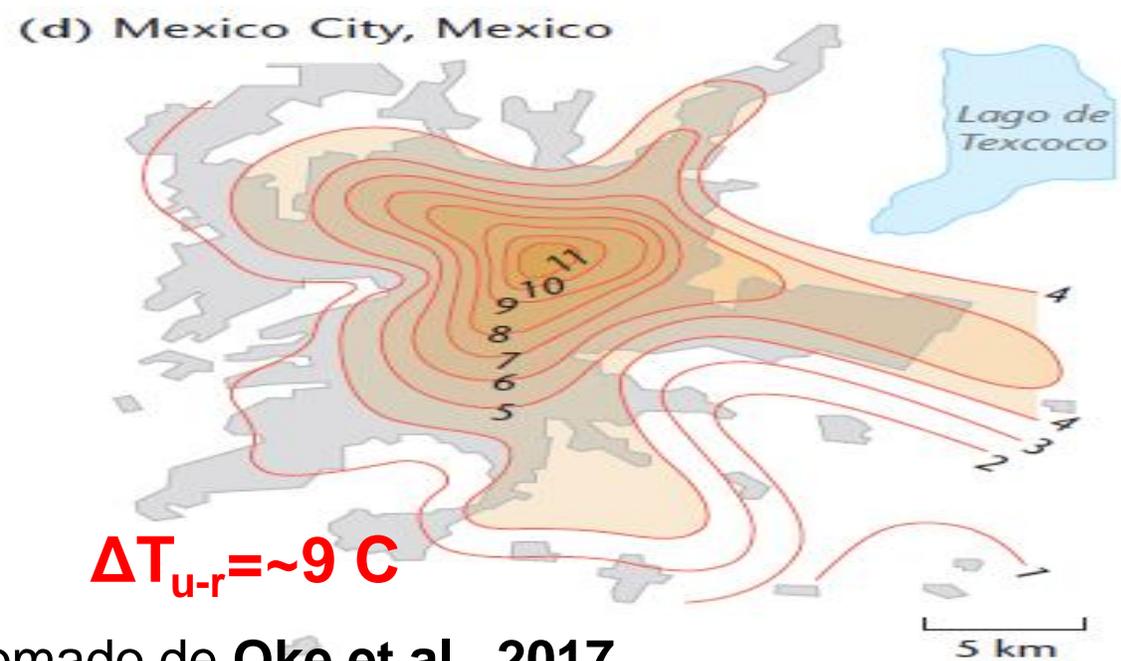
(c) Winnipeg, Canada

$\Delta T_{u-r} \sim 5 \text{ C}$



(d) Mexico City, Mexico

$\Delta T_{u-r} \sim 9 \text{ C}$



Tomado de Oke et al., 2017

# Variación Estacional de la ICU (Cui y de Foy 2012)

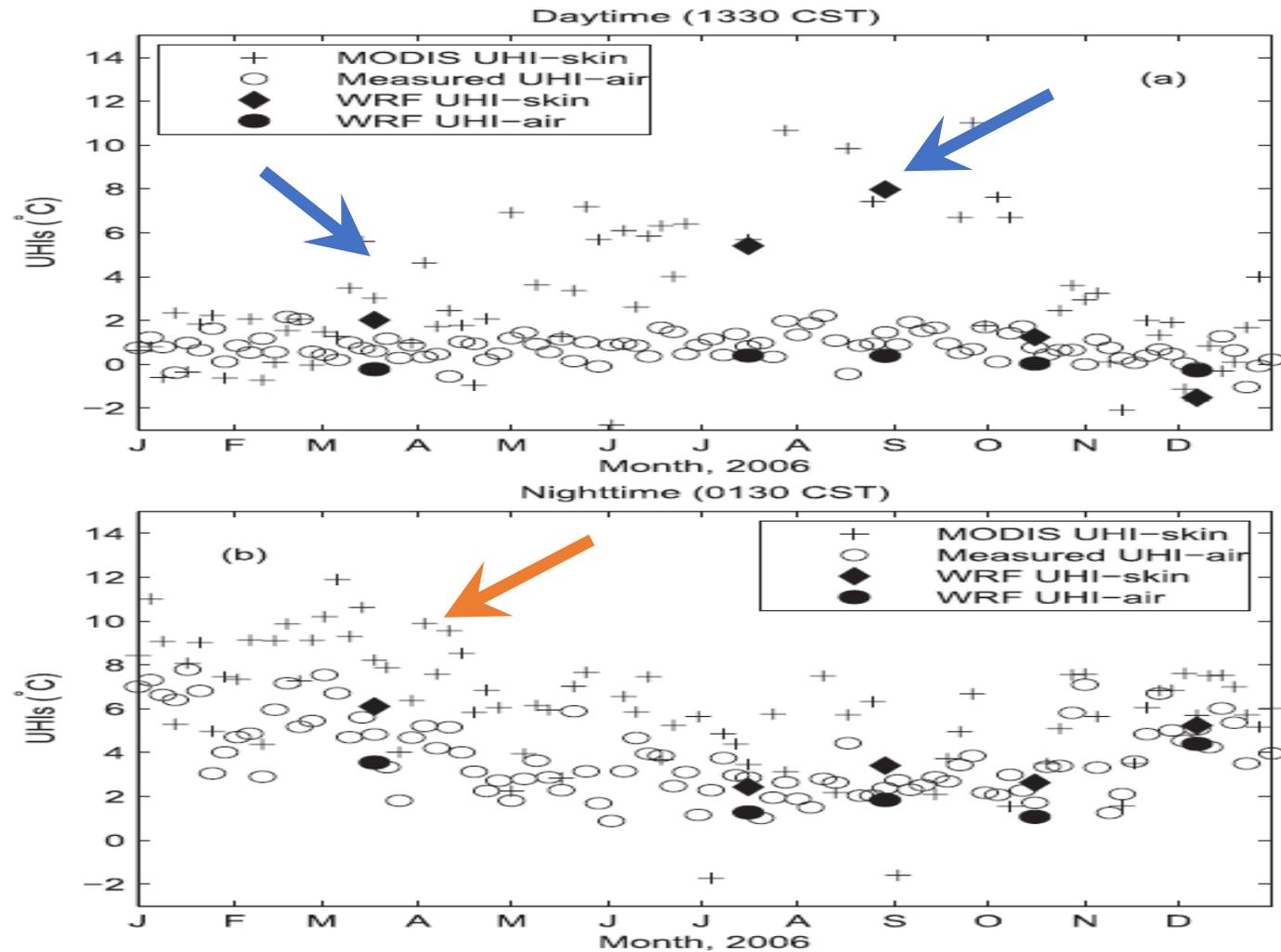
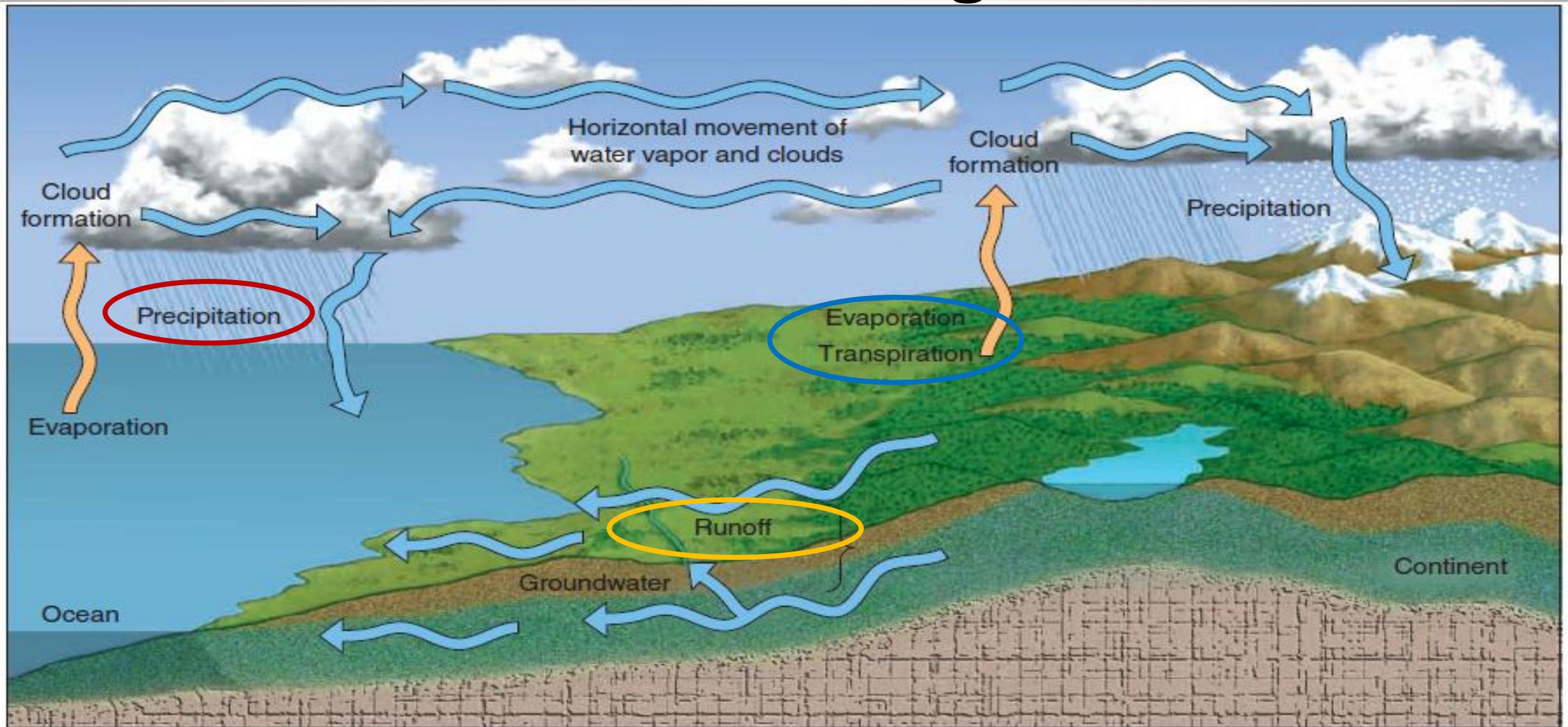


FIG. 4. Seasonal variations of  $UHI_{skin}$  and  $UHI_{air}$  from satellite remote sensing, surface observations, and WRF simulations during the (a) day and (b) night. UHI is calculated for TEZO and MONT. Plus signs (MODIS data) and open circles (surface measurements) show 4-day averages throughout the year. Filled diamonds and filled circles show 4-day averages from the five WRF episodes (March, July, August, October, and December) using WRF-UCM (80%).

- Estudiaron la estacionalidad de la ICU
- Utilizando datos satelitales, superficiales
- Modelación regional
- Más intensa en verano que en época seca durante el día
- Durante la noche, en general fue intensa, pero más en la época seca

# Ciclo Hidrológico



▲ FIGURE 5-1 The hydrologic cycle.

# Efectos LULC de acuerdo a Han et al., (2014)

## Efecto de UHI

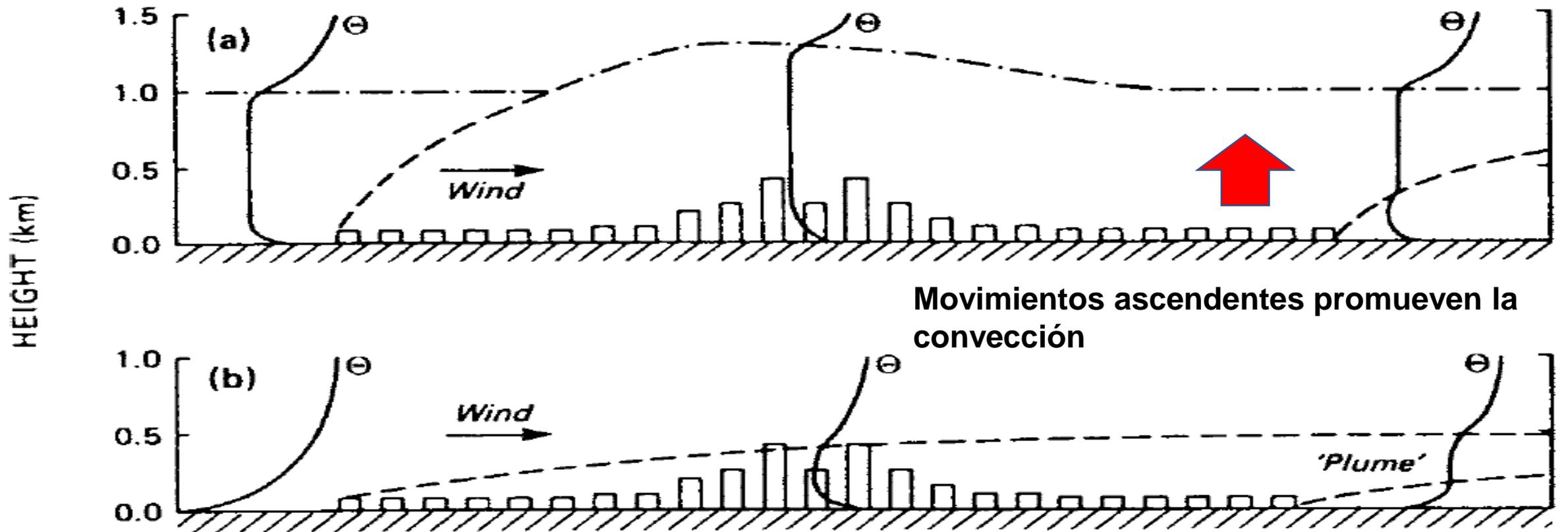
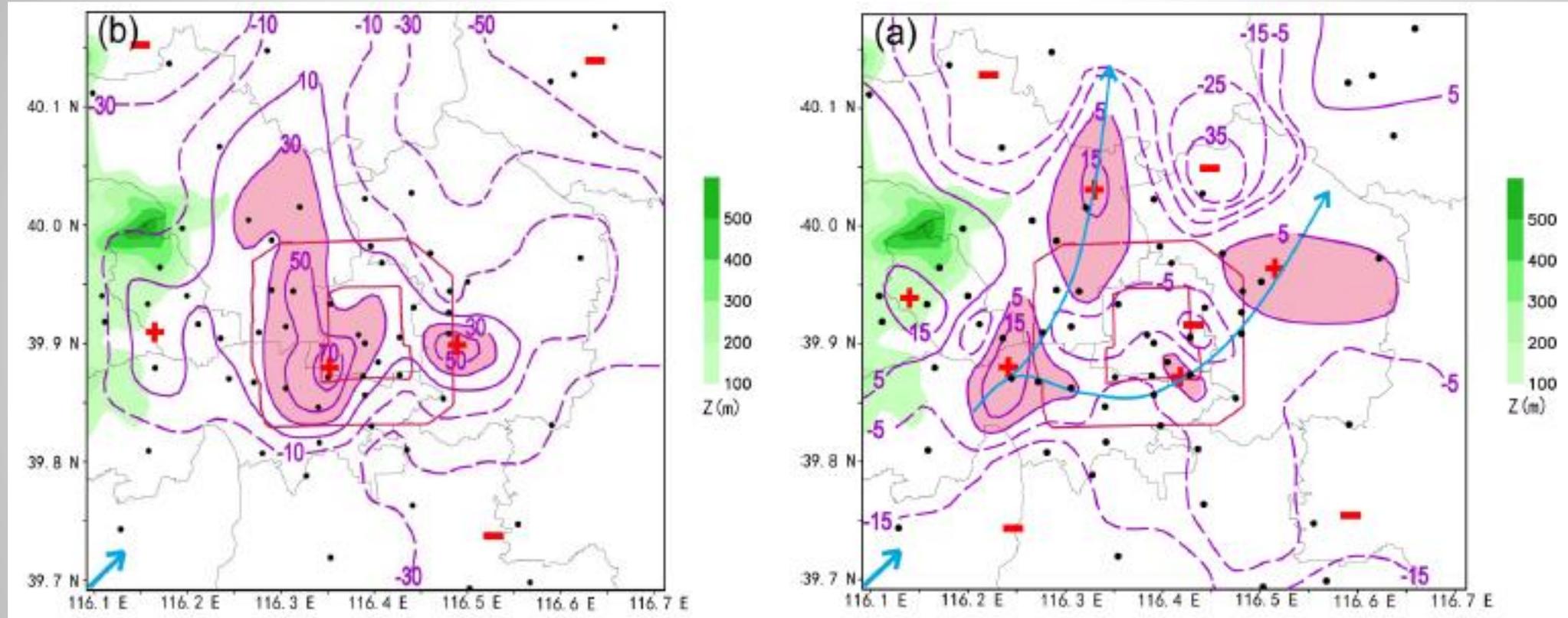


Figure 8.19 The thermal structure of the UBL in a large city during fine weather. Schematic profiles of potential temperature ( $T$ ) (a) by day and (b) at night (after Oke, 1982).

# Efectos LULC de acuerdo a Han et al., (2014)

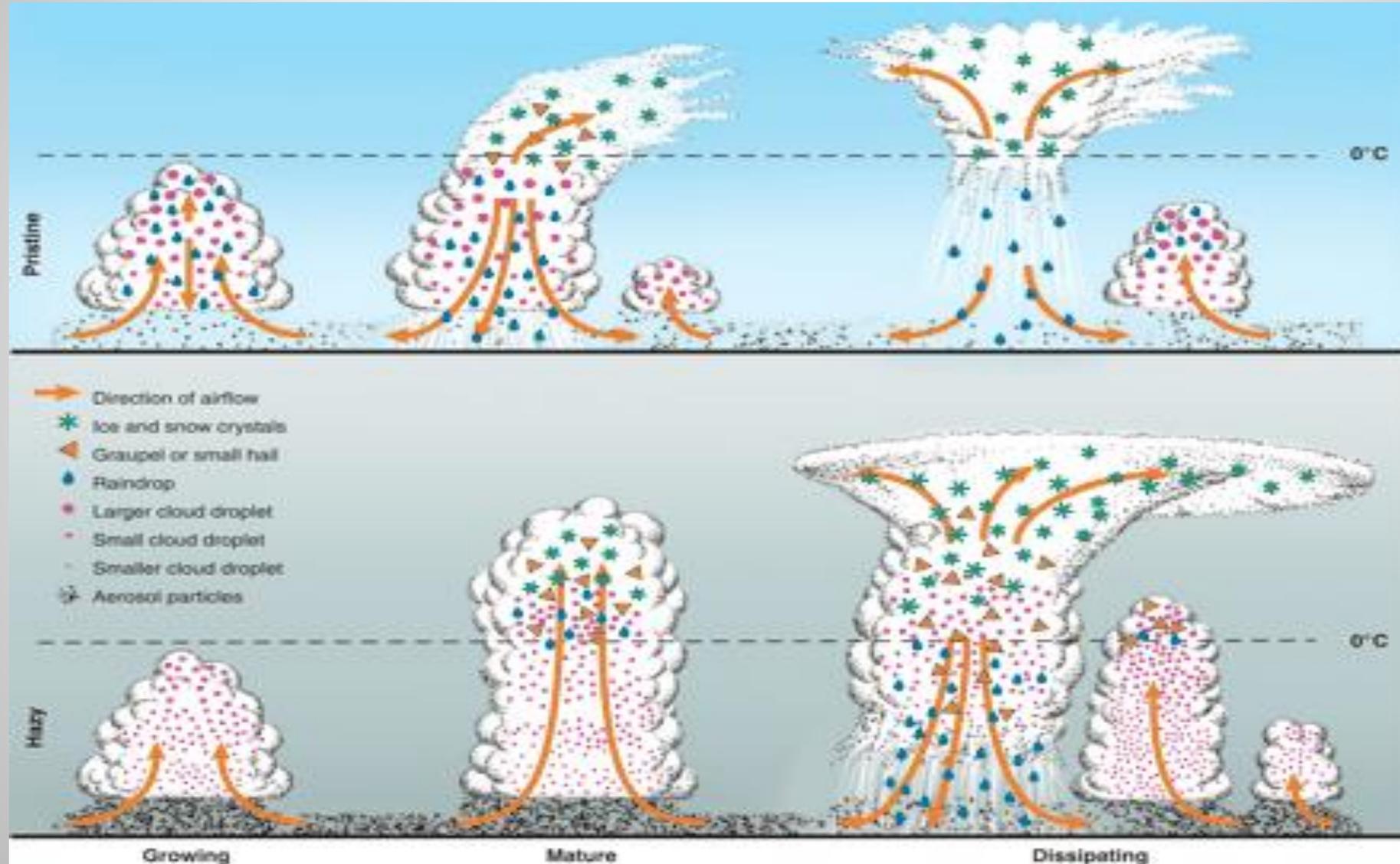
## Aumento de la Rugosidad



Precipitación de verano normalizada para 2008-2012. Solo para vientos del SO a 850 hPa (flecha azul). (Izquierda) UHI ( $\geq 1.25$  °C, 79 casos)  $\rightarrow$  tormenta-inducida UHI  $\rightarrow$  **efecto urbano máx.** vs. (Derecha) no UHI ( $<1.25$  °C, 55 casos)  $\rightarrow$  bifurcación de tormentas  $\rightarrow$  **efecto urbano min.** (*Bornstein, 2015, presentación*)

# Efectos LULC de acuerdo a Han et al., (2014)

## Emisión de aerosoles atmosféricos



Tomado de Rosenfeld et al., 2008

# Estudios en CDMX de LULC y Precipitación

## Cambios en la hora a la que precipita

(Jauregui y Romales, 1996)

**TACUBAYA (Oeste)**

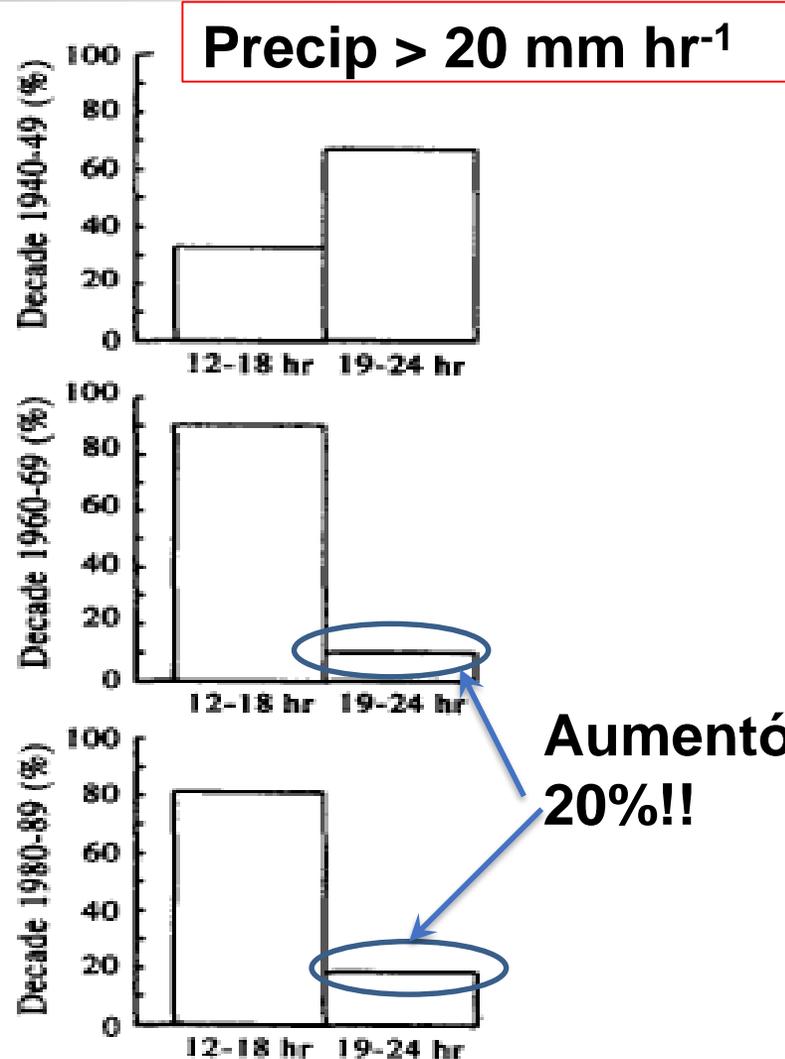


Fig. 4. Frequency of intense rainfall events > 20 mm h<sup>-1</sup> for three decades by time of day in Mexico City.

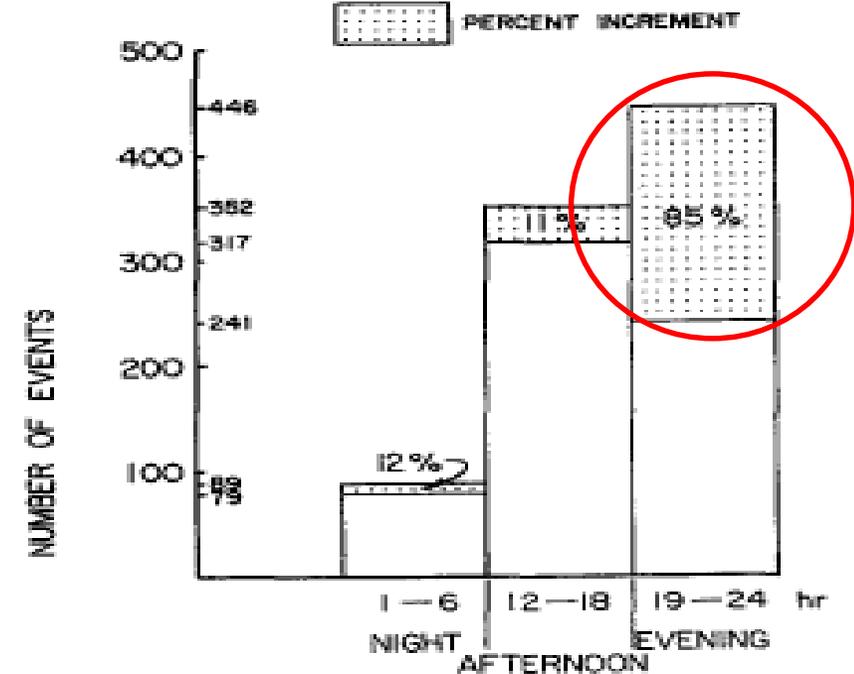
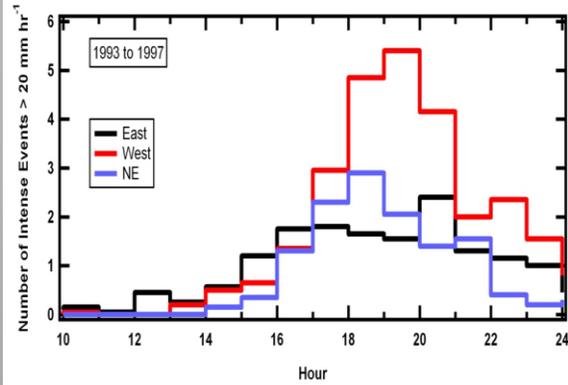
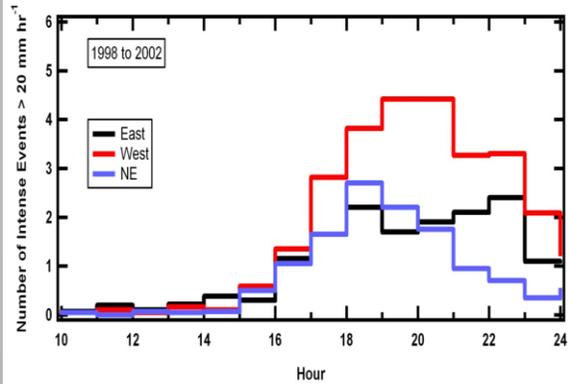
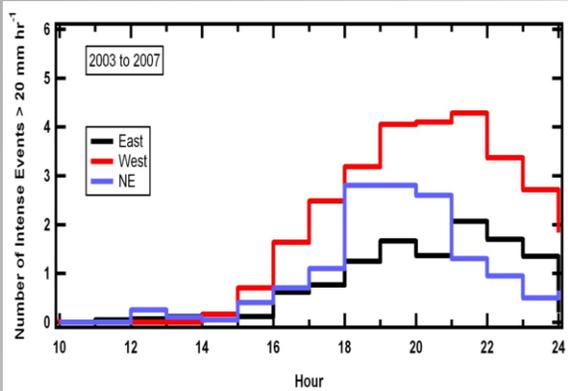


Fig. 5. Frequency of rainfall events (> 1 mm h<sup>-1</sup>) for two decades 1941-1950 and 1981-1990 for three periods during the day at the Tacubaya Observatory.

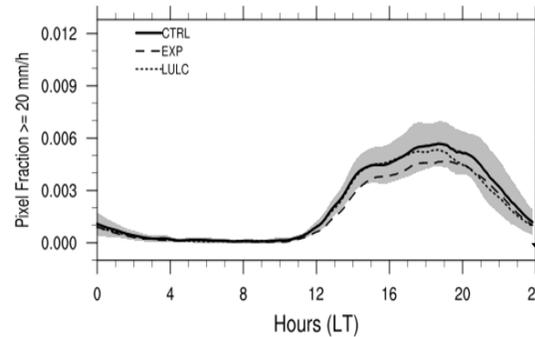
# Estudios en CDMX de LULC y Precipitación

## Observaciones

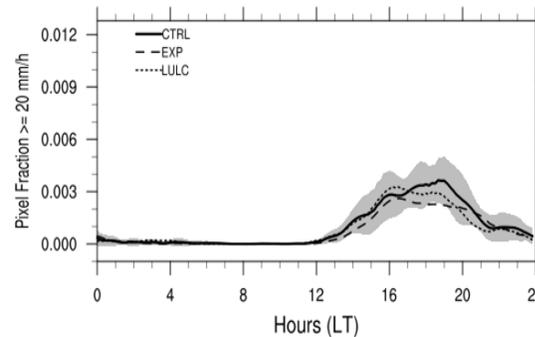


## Simulaciones

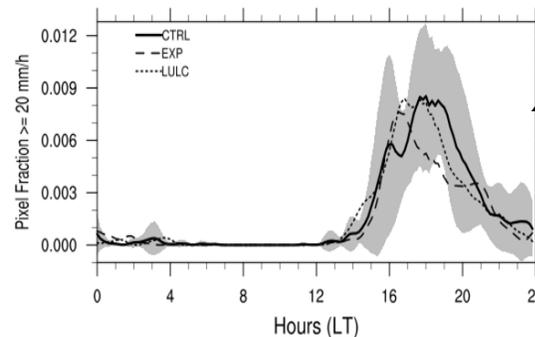
Intense Precipitation Events in d03



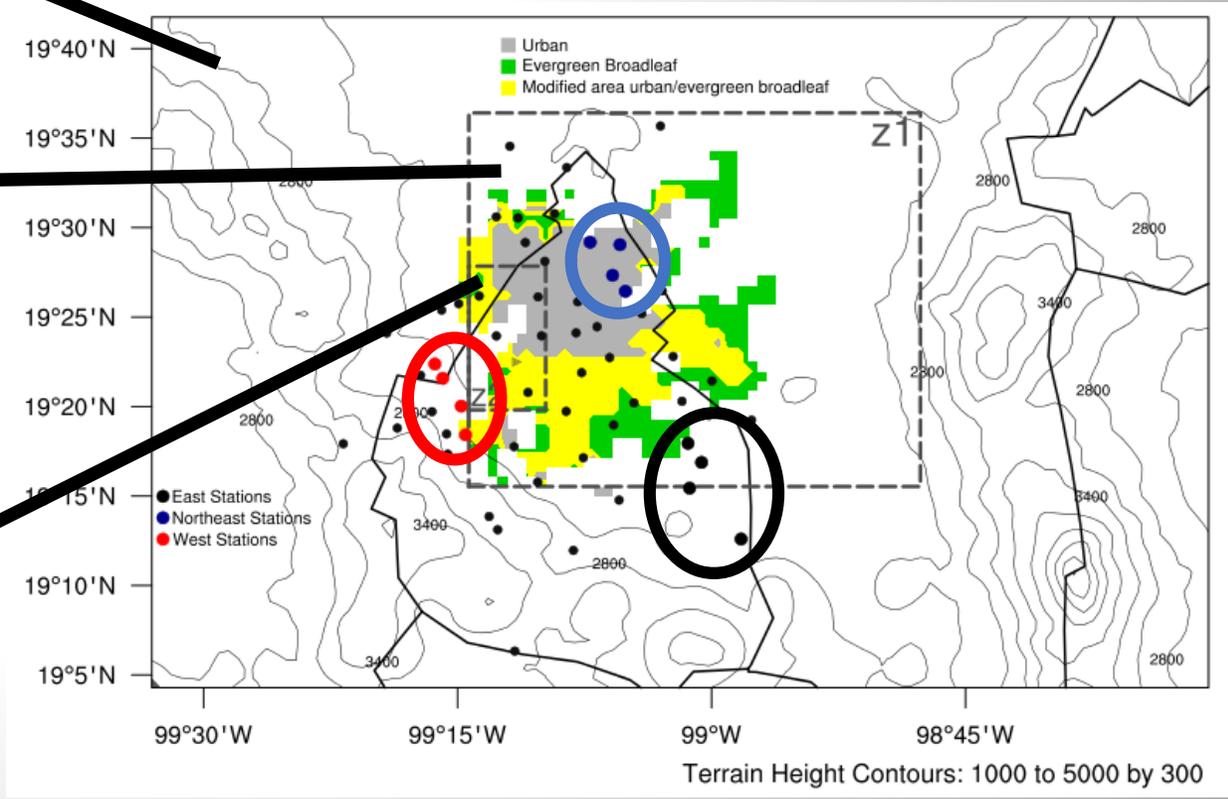
Intense Precipitation Events in z1



Intense Precipitation Events in z2

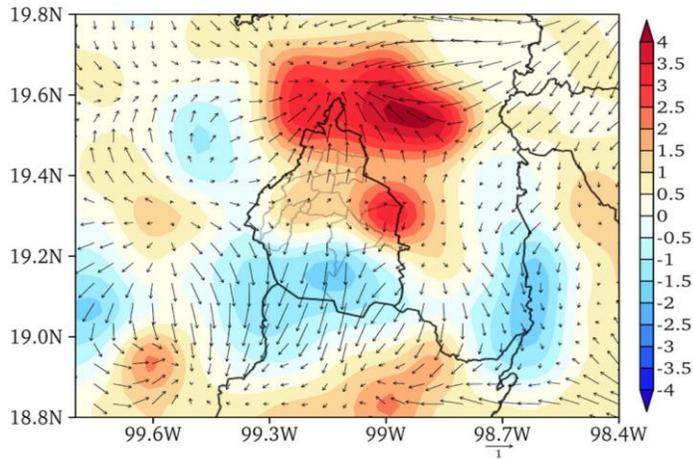


Las simulaciones numéricas sugieren que LULC y aumento de aerosoles tienden a mover el máximo hacia más temprano. (Ochoa et al., 2015)



# Estudios en CDMX de LULC y Precipitación

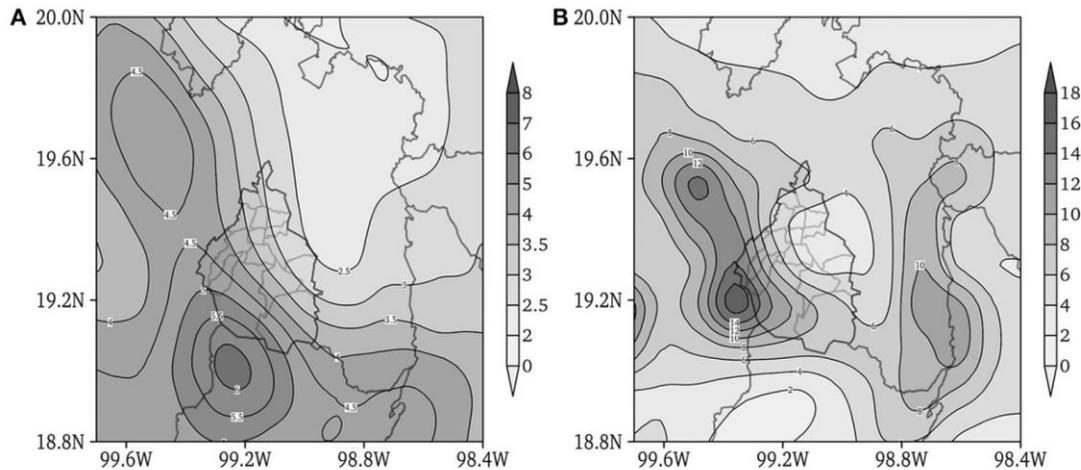
## T2m EXP - CTRL



**FIGURE 9** | Sensitivity experiment with urban area of MCMA modified. 2 m air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) difference for July 2014 between the control and the modified experiment at 17:00 UTC is shown in shading. The vectors show the 10 m wind differences (m/s).

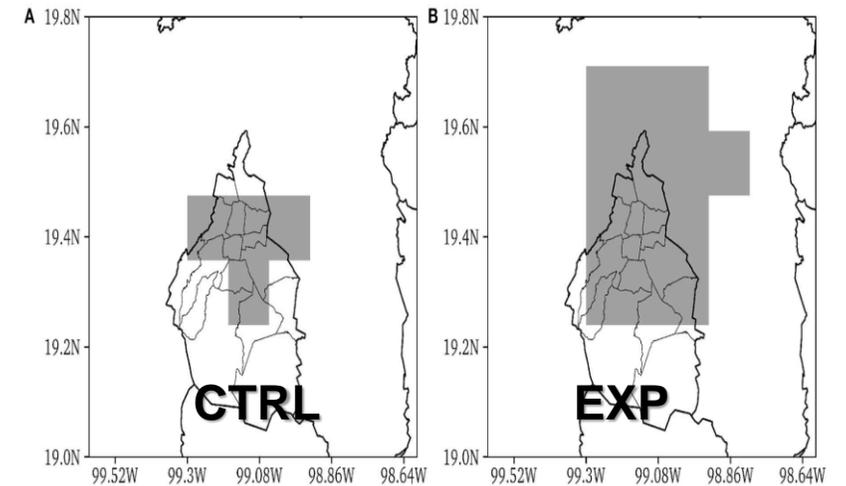
Actualizar el área urbana mejoró la habilidad de un modelo regional para predecir la temperatura en superficie y la precipitación durante julio 2014 (López-Bravo et al., 2018)

## Precip. EOF Obs. vs Mod.



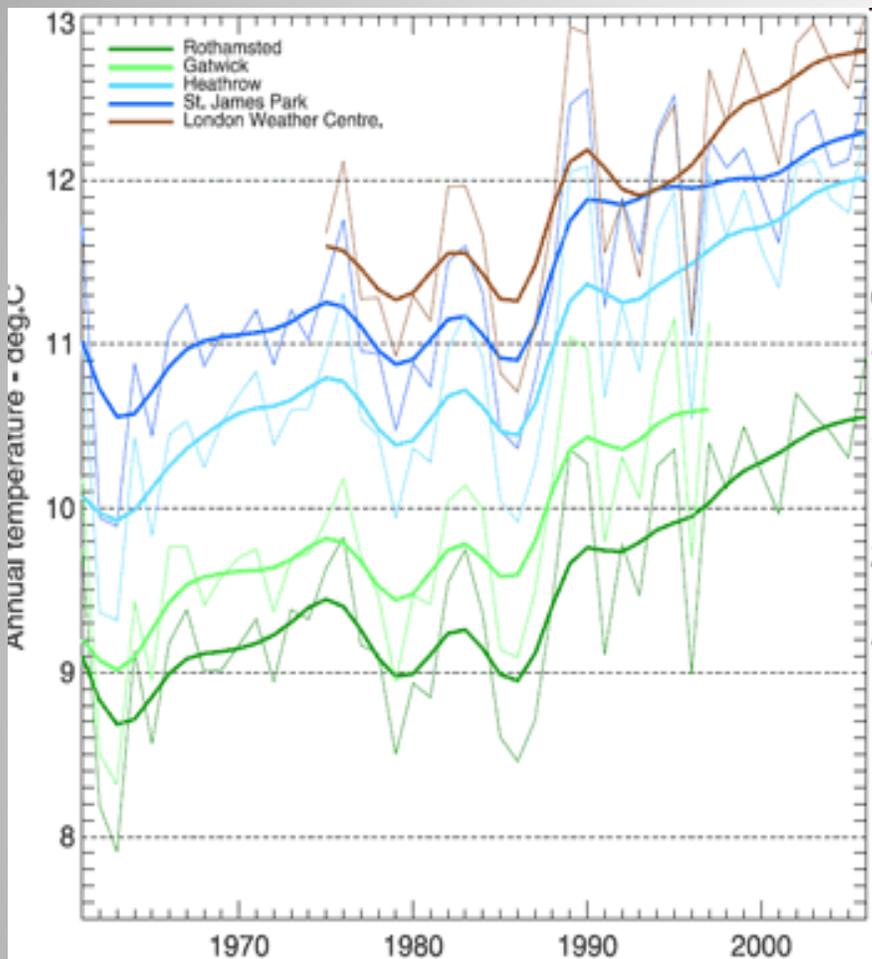
**FIGURE 15** | EOF analysis of the precipitation field for July 2014: (A) EOF constructed from surface observations; (B) EOF from the predicted precipitation field.

## Actualización de la zona urbana



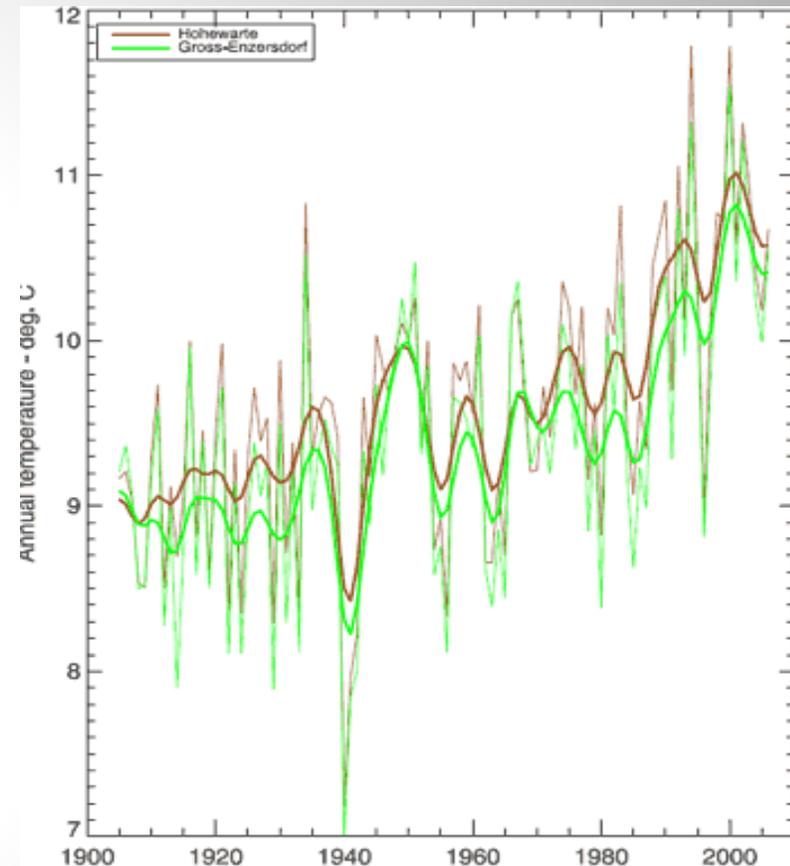
**FIGURE 5** | Spatial distribution of the urban area at 12 km horizontal resolution (A) from the WRF geographical database and (B) modified with INEGI data for 2005-2010.

# Serie de Tiempo Larga de Temperatura



## Evolución en paralelo

Desde , 1975 dos tercios del calentamiento global se han producido a una tasa aproximada de 0.15-0.20 C por década. Londres y Viena muestran un calentamiento aproximado de 0.3-0.4 C y 0.15-0.18 C, respectivamente

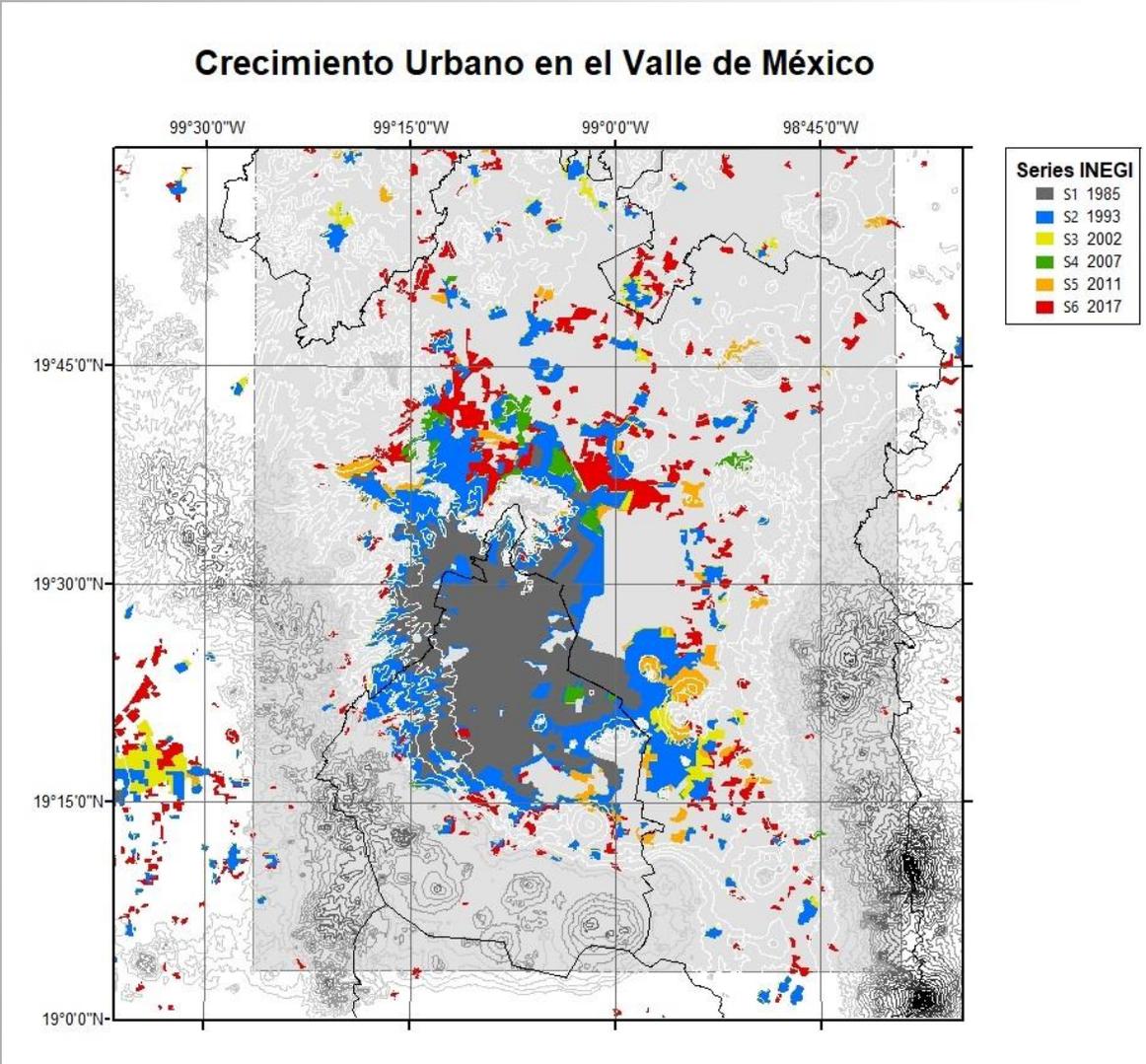


Temperatura anual en cinco estaciones dentro y fuera de Londres. Líneas café y azul oscuro corresponden a ubicaciones urbanas; verdes a ubicaciones rurales

Tendencias de la temperatura anual para dos ubicaciones en Viena. Centro (café) y rural (verde)

- ❖ **La señal en temperatura del calentamiento global se ve representada en las series de tiempo largas de temperatura de las urbes**
- ❖ **El efecto de la ICU es añadir a la tendencia global de temperatura en superficie la propia tendencia de la urbe.**
- ❖ **Cada ciudad tiene su propia huella en temperatura debido a características específicas como:**
  - ❖ **Crecimiento poblacional con mayor capacidad de consumo**
  - ❖ **Aumento en el área construida (rugosidad y albedo)**
  - ❖ **Disminución de áreas de bosques**
  - ❖ **Aumento del número de vehículos**
  - ❖ **Cambios en las circulaciones de viento locales y por tanto en la ventilación**
  - ❖ **Aumento en emisiones**

# Puntos a reflexionar



- **Efecto de la urbanización en la dinámica local**
- **Interacción de la circulación ICU con circulaciones naturales (por ej. brisa valle-montaña)**
- **Cambios en los patrones de precipitación (eventos extremos)**
- **Inundaciones en diferentes zonas**
- **Efecto de los cambios en la dinámica local en la dispersión de contaminantes**

# ¡Gracias!

## Clima y Sociedad



[carlos.ochoa@atmosfera.unam.mx](mailto:carlos.ochoa@atmosfera.unam.mx)

<https://www.atmosfera.unam.mx/ciencias-atmosfericas/clima-y-sociedad/>