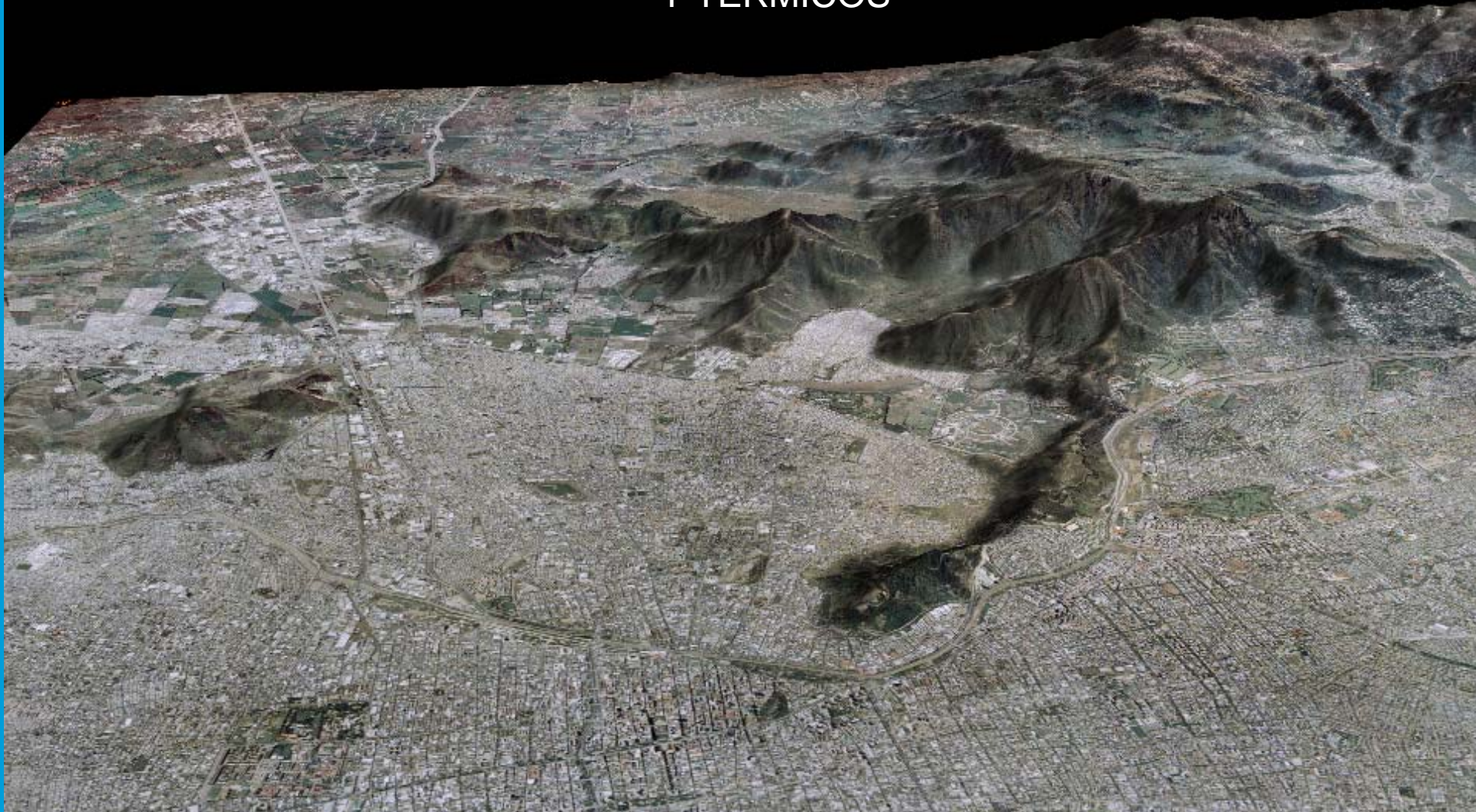


# CAMBIO CLIMÁTICO Y CRECIMIENTO URBANO DE LAS METRÓPOLIS CHILENAS

Dr. HUGO ROMERO  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
UNIVERSIDAD DE CHILE  
SANTIAGO

MESA REDONDA SOBRE ASPECTOS URBANOS  
III CONFERENCIA REGIONAL SOBRE CAMBIOS GLOBALES  
EN AMÉRICA DEL SUR  
SAO PAULO, 6 DE NOVIEMBRE DE 2007

# CRECIMIENTO ESPACIAL DE SANTIAGO Y CAMBIOS VEGETACIONALES Y TÉRMICOS



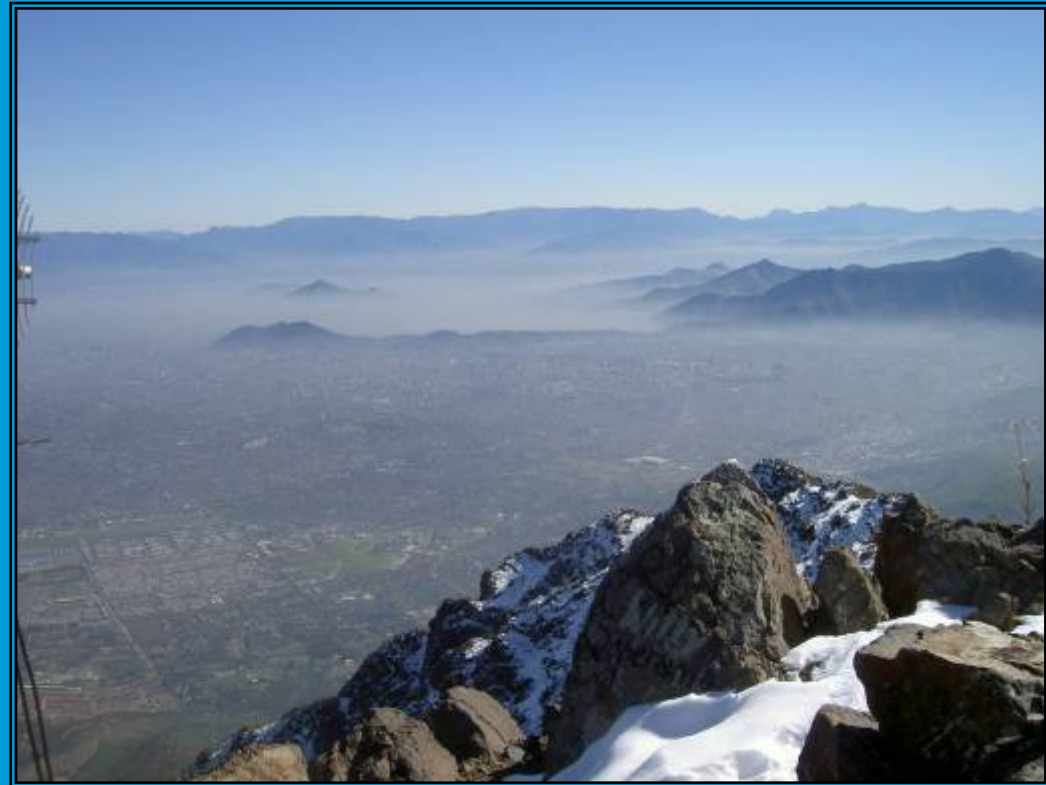


LA POLUCIÓN DEL AIRE LA CAUSAN VEHÍCULOS, INDUSTRIAS Y CHIMENEAS DOMICILIARIAS

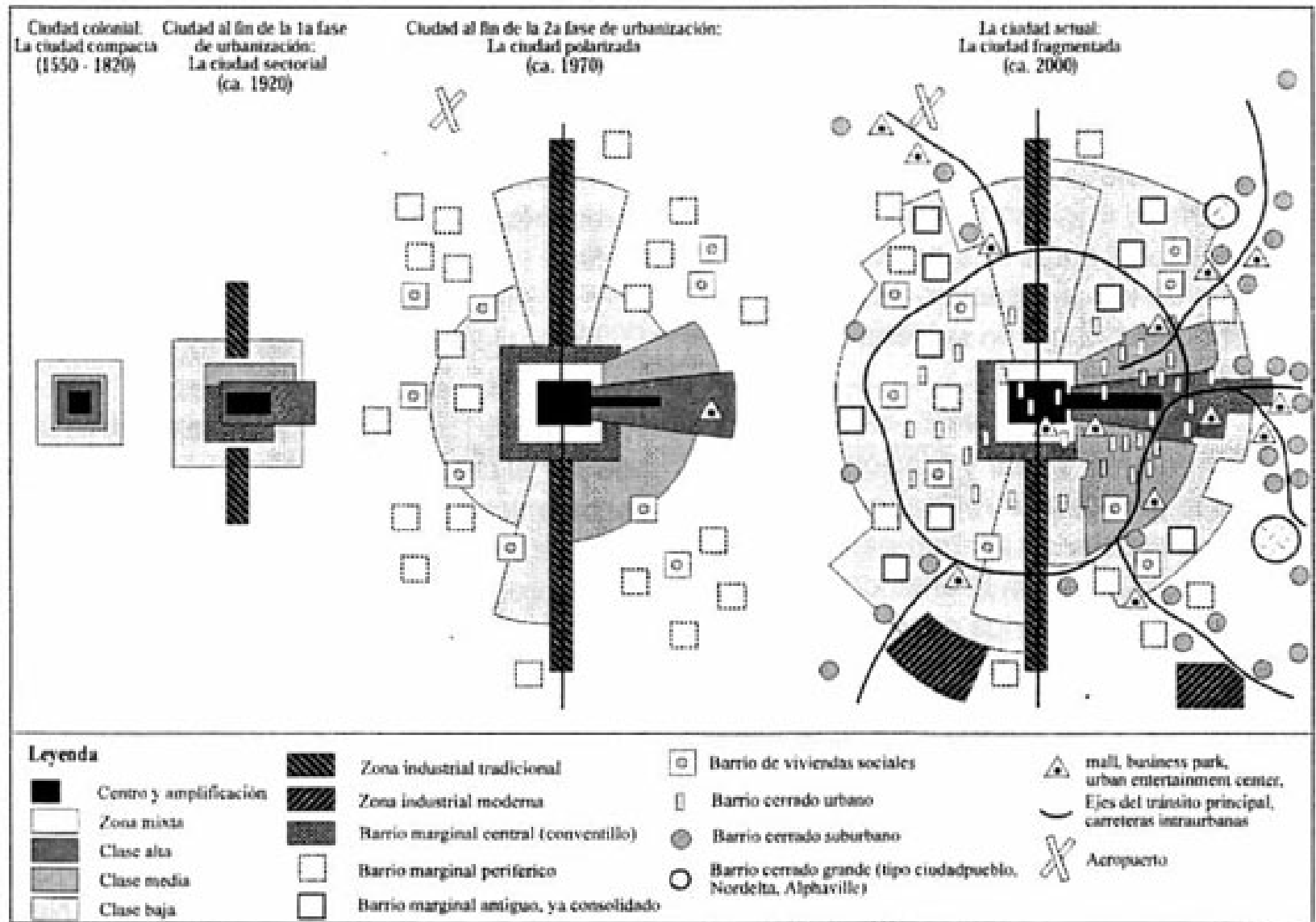
LAS EMISIONES SE CONCENTRAN ESPECIALMENTE EN BARRIOS DE ALTOS INGRESOS E INDUSTRIALES

EL AIRE POLUIDO ES TRASLADADO ESPECIALMENTE HACIA LAS ÁREAS MÁS POBRES DE LA CIUDAD

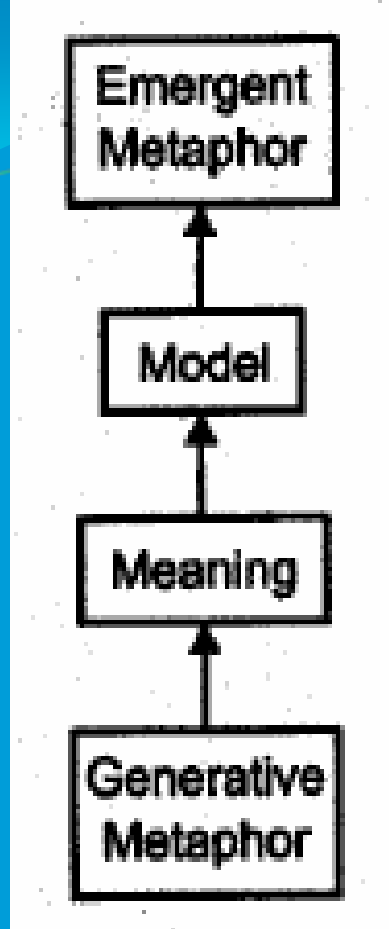
INJUSTICIA AMBIENTAL: LOS POBRES DE LA CIUDAD SUFREN EFECTOS DESPROPORCIONADOS SOBRE SU SALUD (MAYOR MORTALIDAD Y MORBILIDAD) SIN SER CAUSA DEL PROBLEMA



**Figura 1. El modelo del desarrollo estructural de la ciudad latinoamericana.**



**Fuente:** Borsdorf, Bähr & Janoschka (2002), adaptado por Borsdorf.



Discurso,  
conectividad,  
máquinas,  
entidades  
orgánicas,  
cibernéticas

Componentes,  
límites,  
interacciones  
y dinámica

Ecosistema

La resiliencia de las ciudades es una de las nuevas herramientas o metáforas que vinculan el diseño urbano con la ecología y la planificación

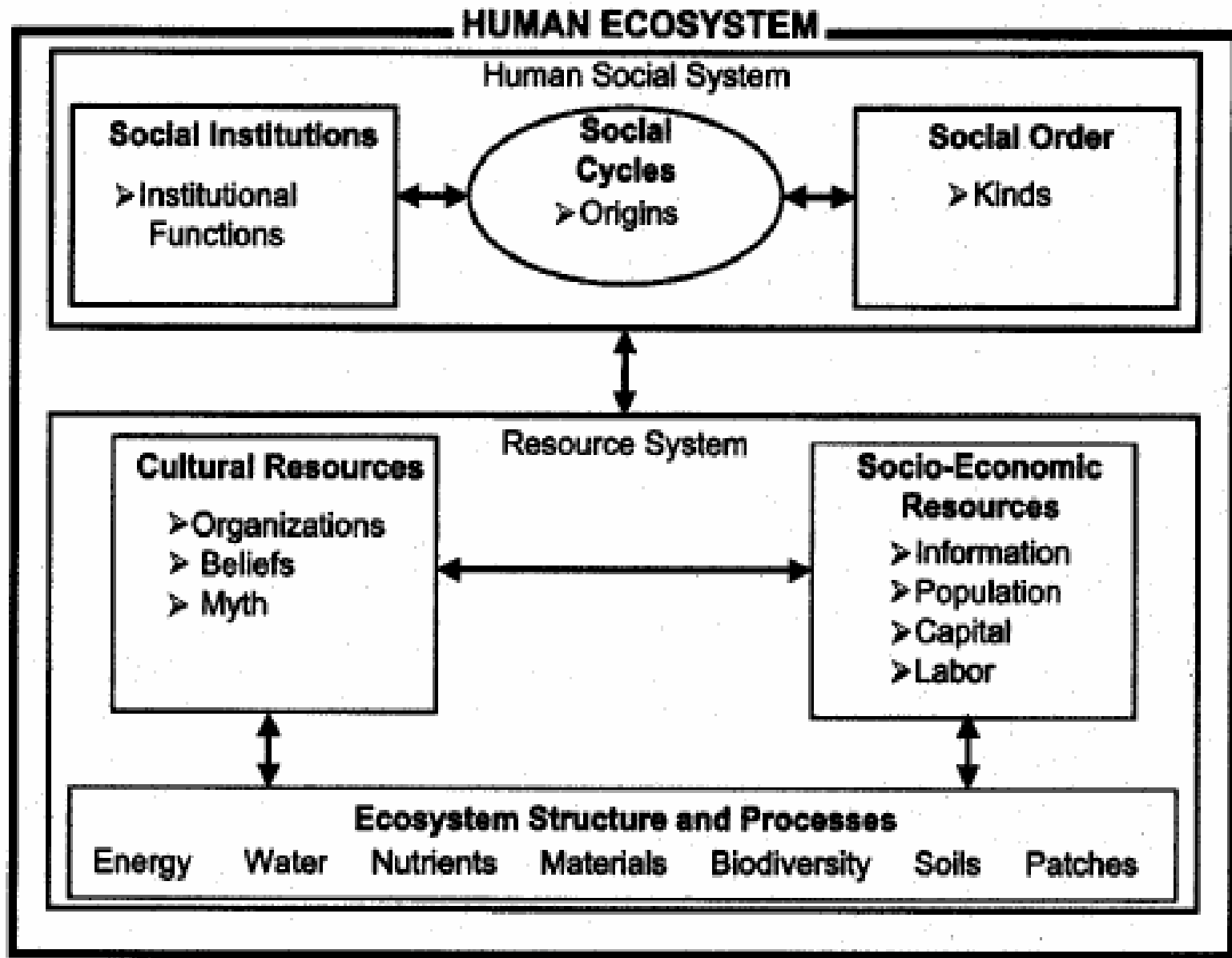
La relación estructura-función es otra herramienta

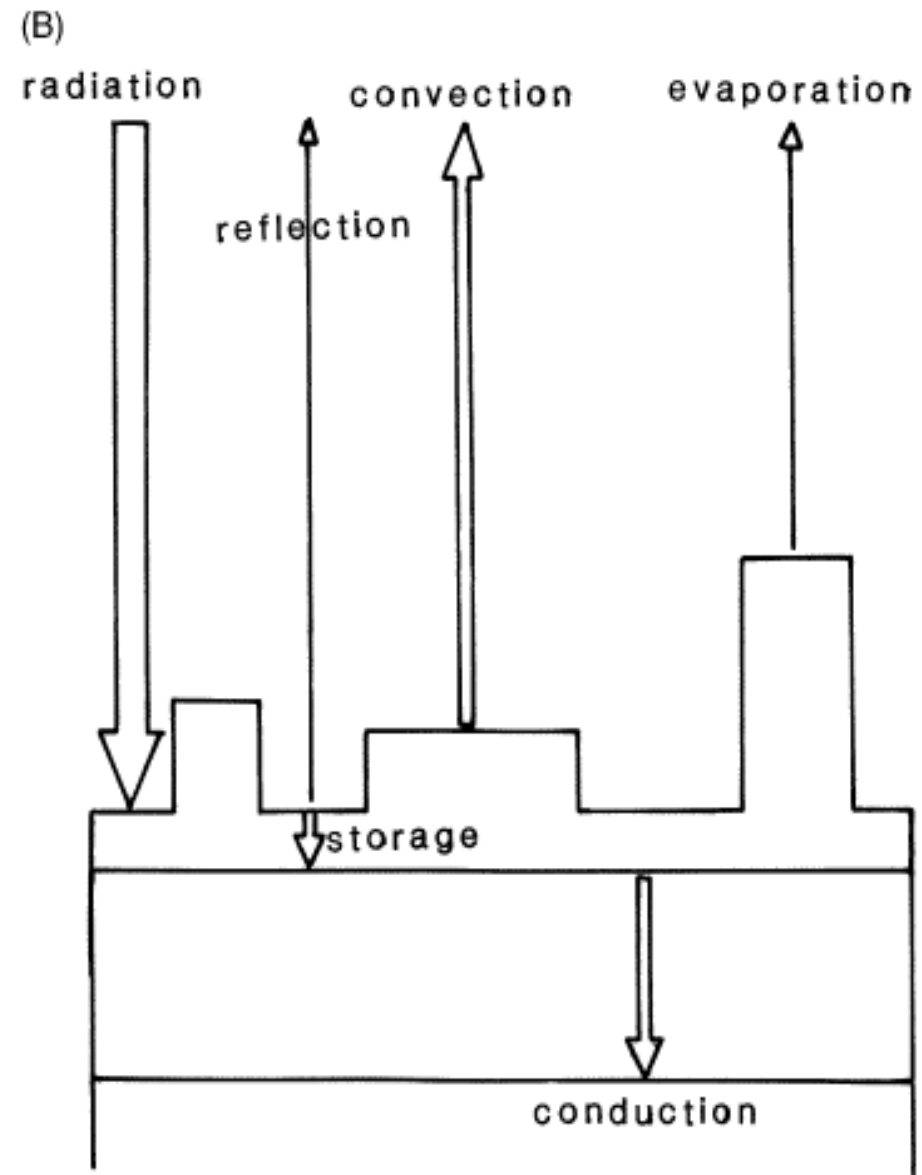
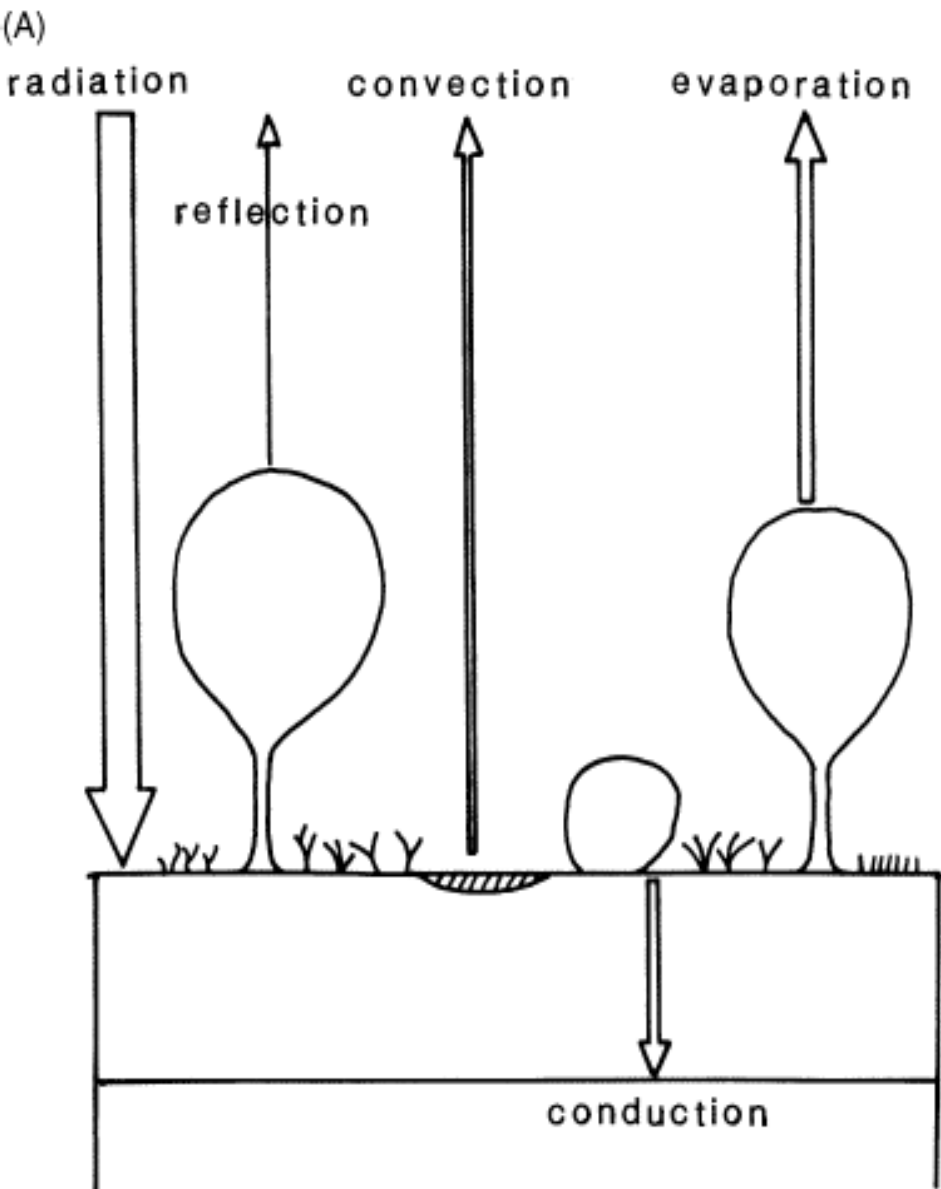
Estructura es la forma en que el sistema está construido y función es lo que hace en un contexto particular

Ciudades resilientes es una metáfora dinámica que da cuenta de la estabilidad, flexibilidad o adaptabilidad

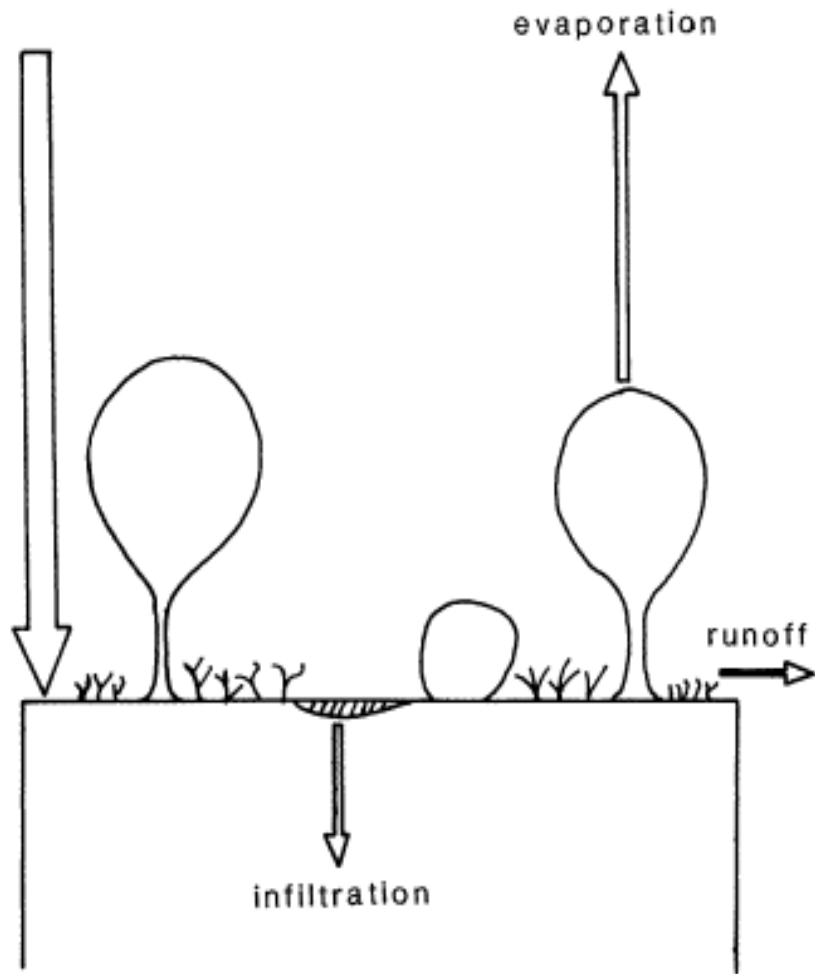
Niveles múltiples de connotación en ecología y planificación urbana: ciudad bella, ciudad-jardín, evolución, sucesión, comunidad, perturbación, competencia.

Interrelación de los tipos de connotaciones de los conceptos ecológicos. Significado es la definición más básica y general del concepto. Modelo es la traducción gráfica, cuantitativa o estructural de situaciones reales o hipotéticas. Las metáforas son las imágenes que estimulan la creación de significados de conceptos técnicos de una manera informal y no-técnica. Las herramientas teóricas convierten los significados fundamentales en modelos operacionales. (Picket et al., 2004).

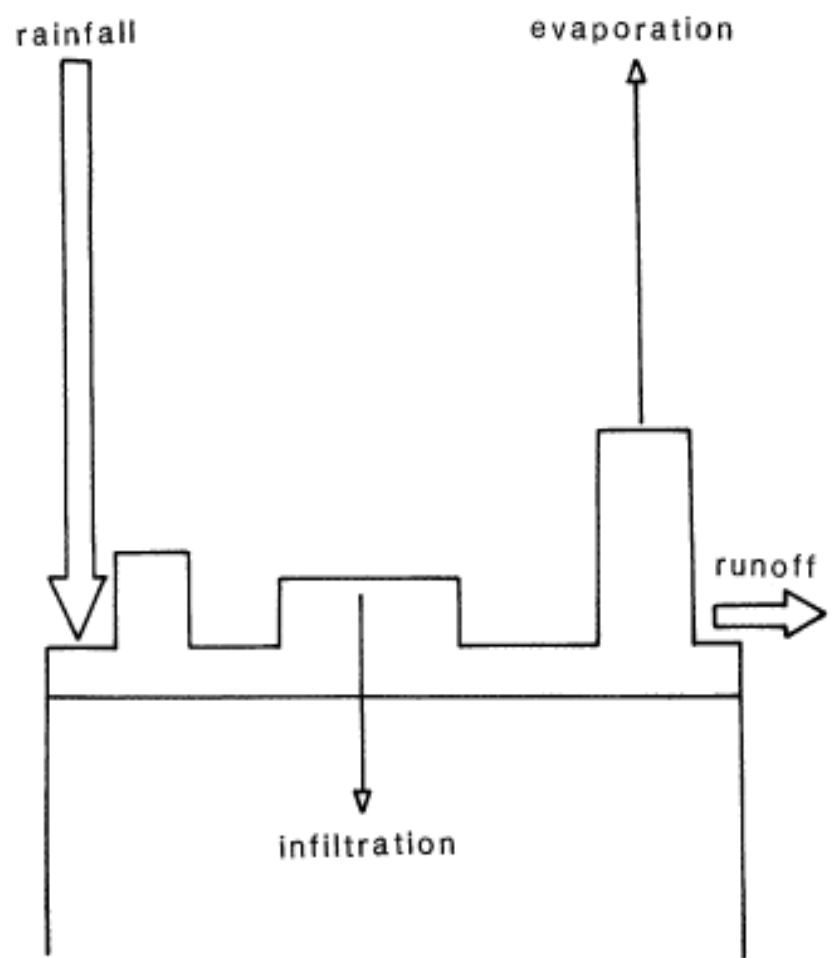




(A)

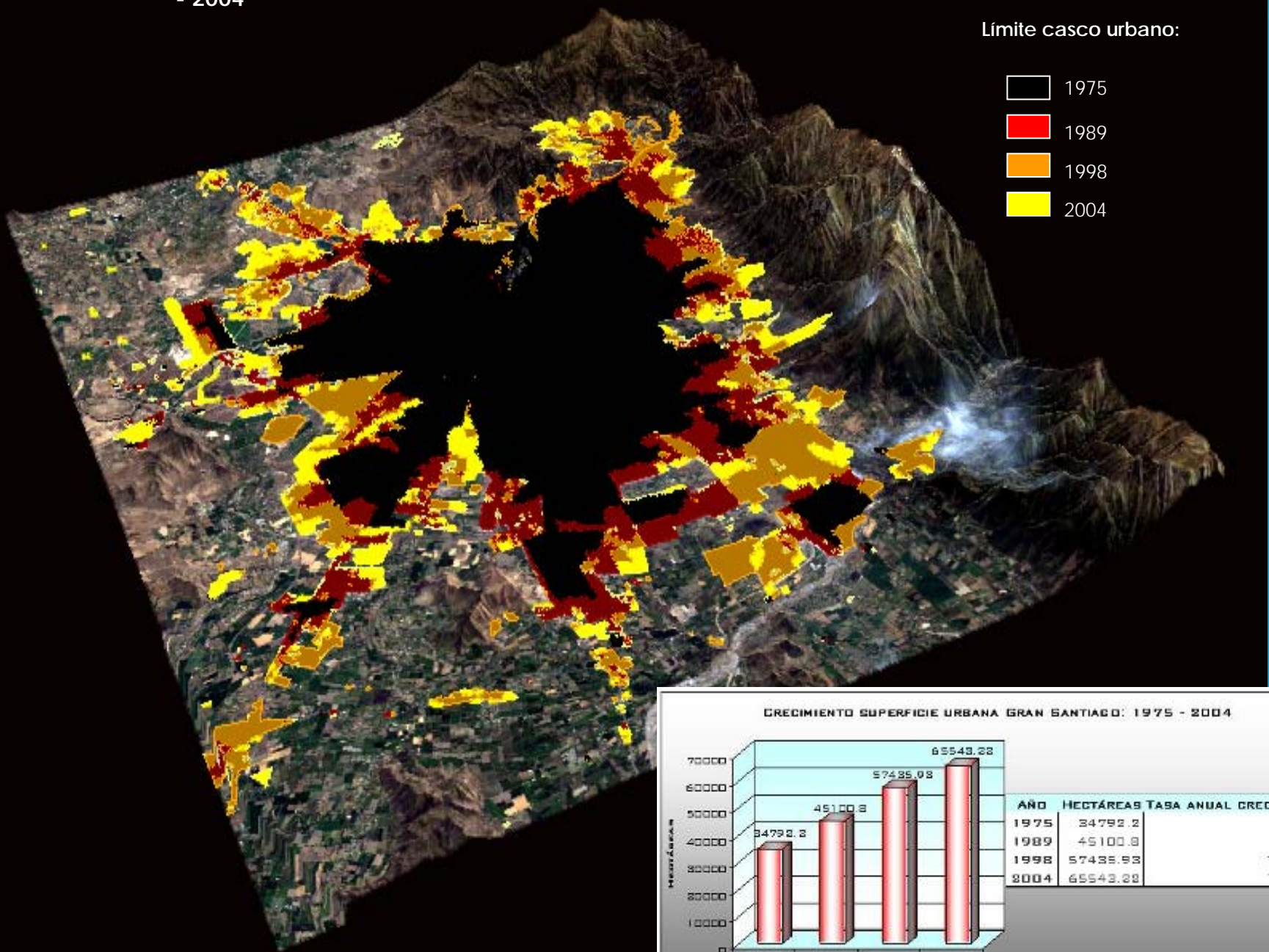


(B)



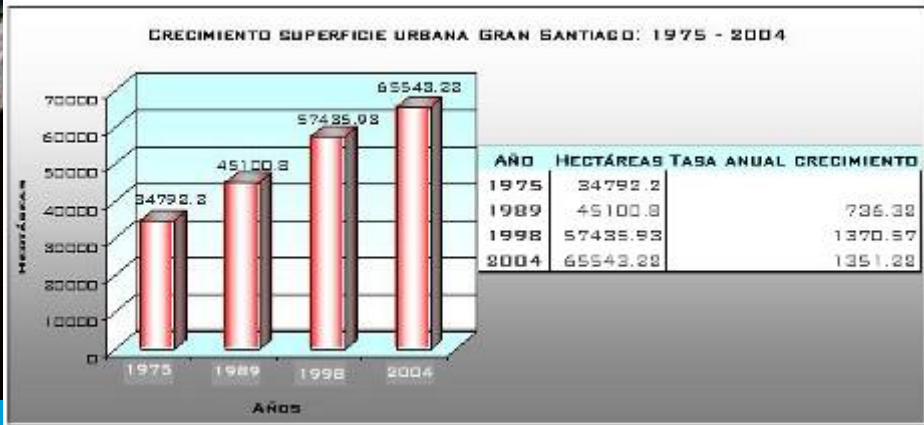


# Gran Santiago: Expansión Casco Urbano 1975 - 2004

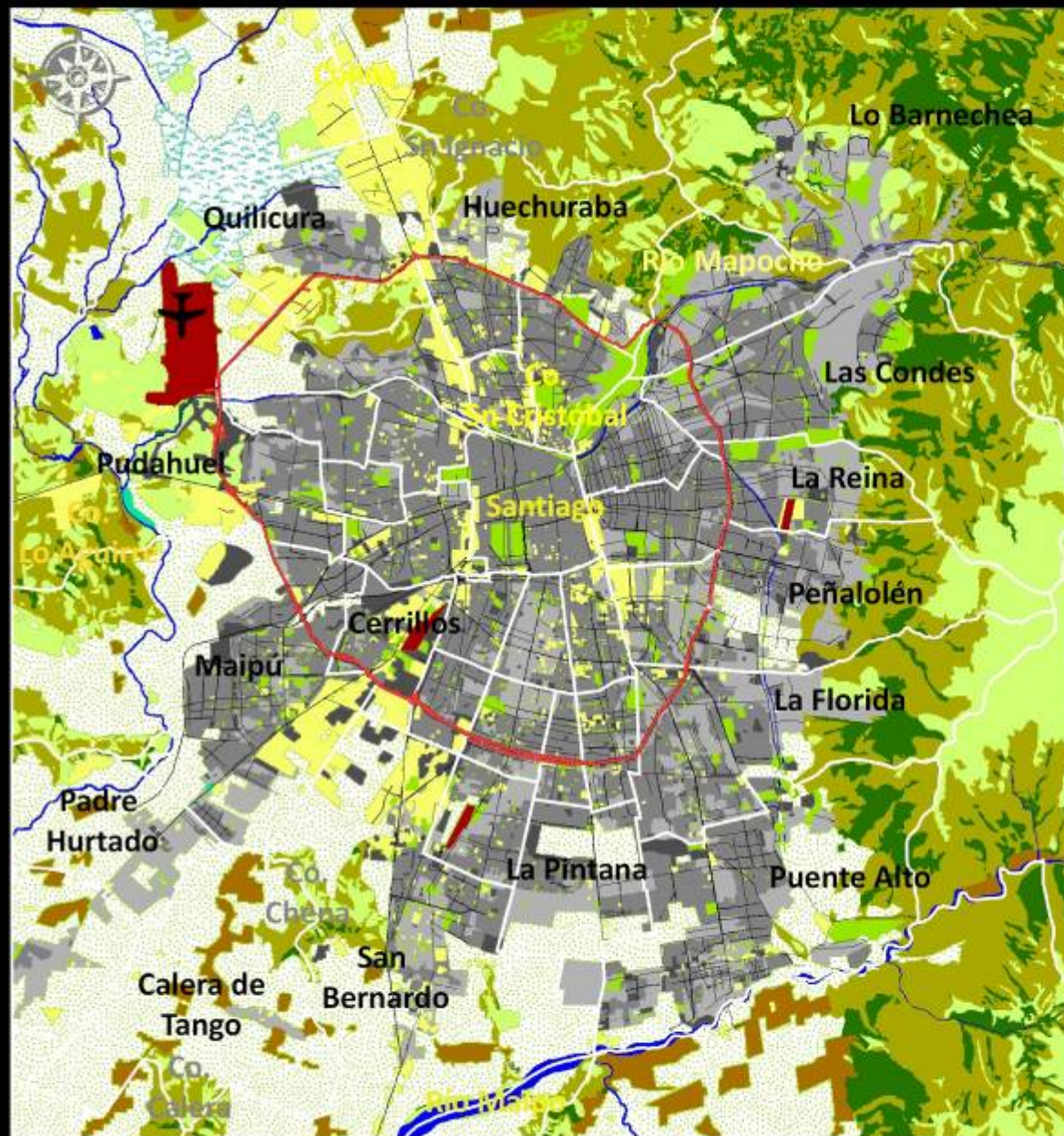


Límite casco urbano:

- 1975
- 1989
- 1998
- 2004



# USOS Y COBERTURAS DEL SUELO DE SANTIAGO, 2004



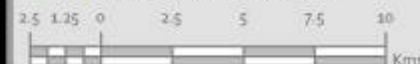
Universidad de Chile  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Geografía

## Simbología

- Red Vial
- Av. Américo Vespucio
- Límites comunales

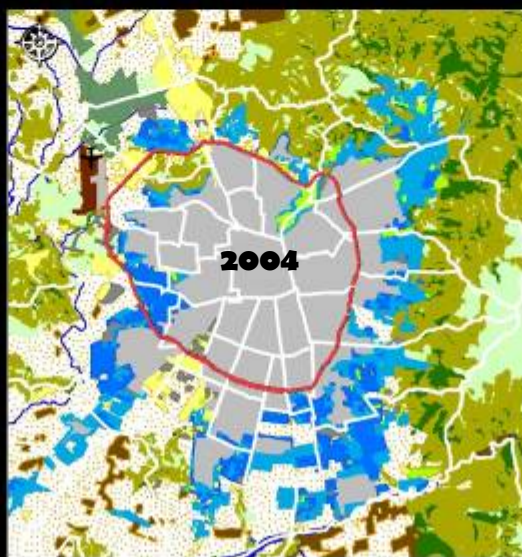
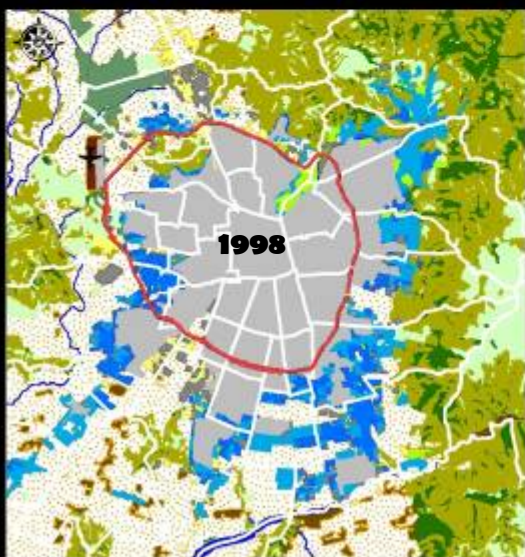
## Usos y Coberturas del suelo:

- Aeródromo/ Aeropuerto
- Área verde
- Asentamiento rural
- Cultivos
- Espacios abiertos
- Forestal
- Humedal
- Industrial
- Ríos
- Suelo desnudo
- Urbanización alta densidad
- Urbanización baja densidad
- Vegetación densa
- Vegetación dispersa



# EVOLUCIÓN DE LOS USOS Y COBERTURAS DEL SUELO EN LA PERIFERIA DE SANTIAGO

1975 - 2004



Universidad de Chile  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Geografía

## Simbología

- Av. Américo Vespucio
- Límites comunales

- Límite Urbano 1975
- Aeropuerto
- Área Verde
- Asentamiento Rural
- Cultivos
- Hidrografía
- Espacios Abiertos
- Forestal
- Humedal
- Industrial
- Suelo Desnudo
- Urbanización Alta Densidad
- Urbanización Baja Densidad
- Vegetación Densa
- Vegetación Dispersa



Fuente: Elaboración propia en base a fotointerpretación de imágenes Landsat



a) Urbanización de baja densidad, La Dehesa.



b) Urbanización de baja densidad, Las Condes.



c) Urbanización de alta densidad, Maipú.

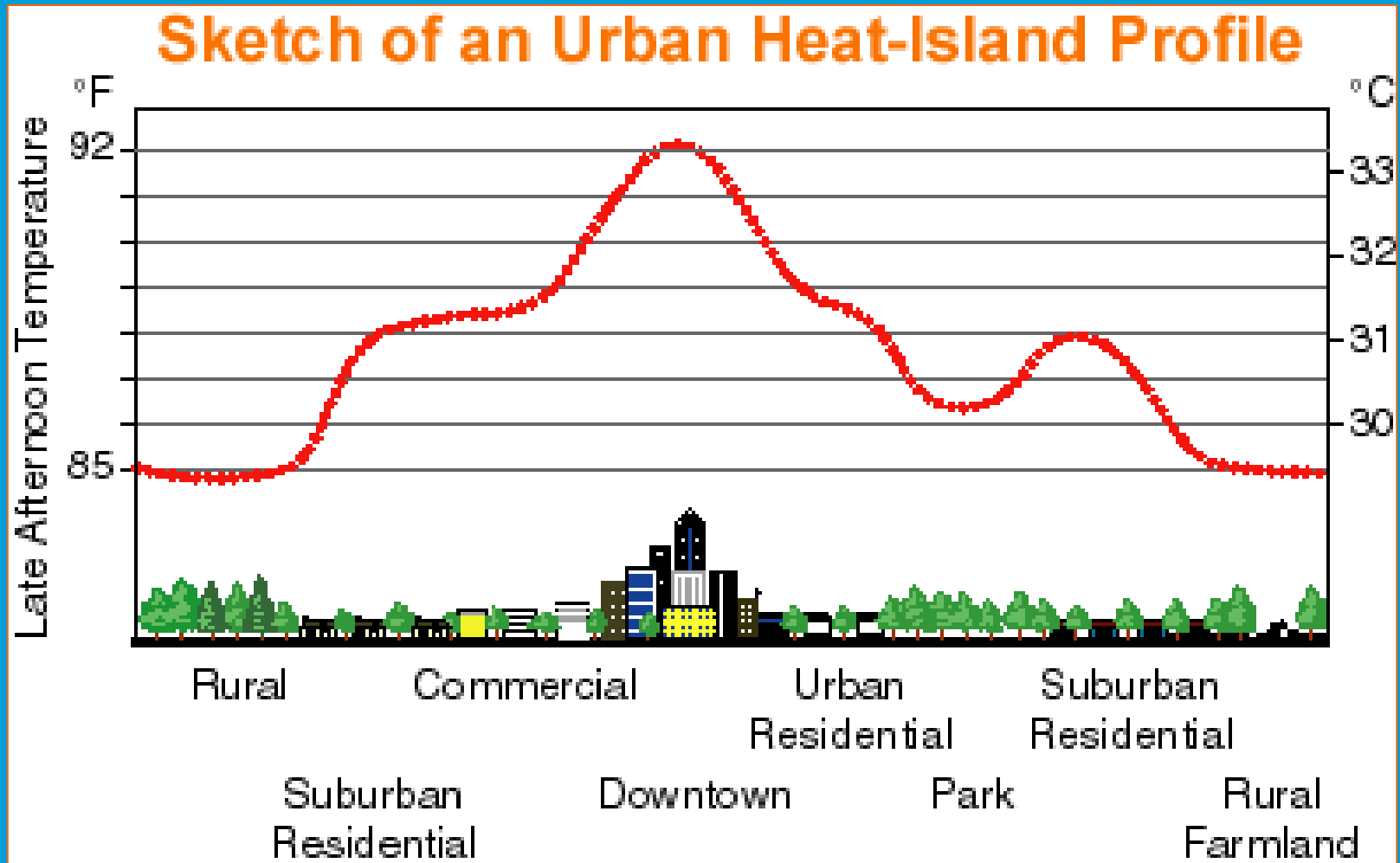


d) Urbanización de alta densidad, La Pintana.

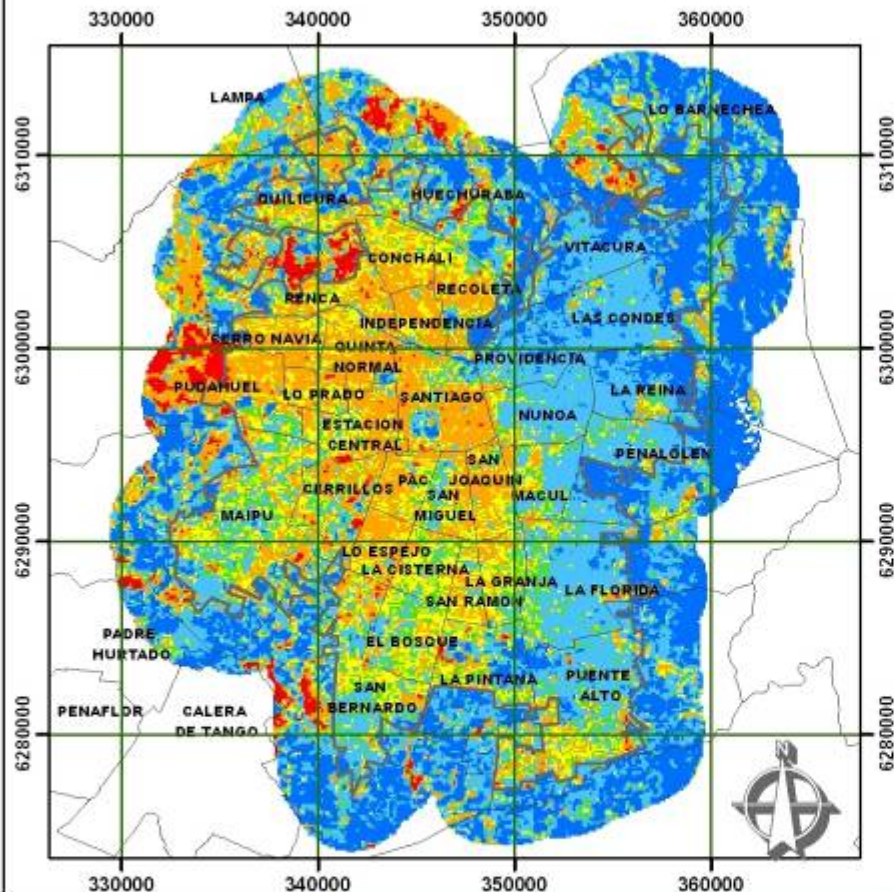
Paisaje actual en las superficies de expansión urbana de alta y baja densidad 1975 - 1989.

Fuente: Google Earth

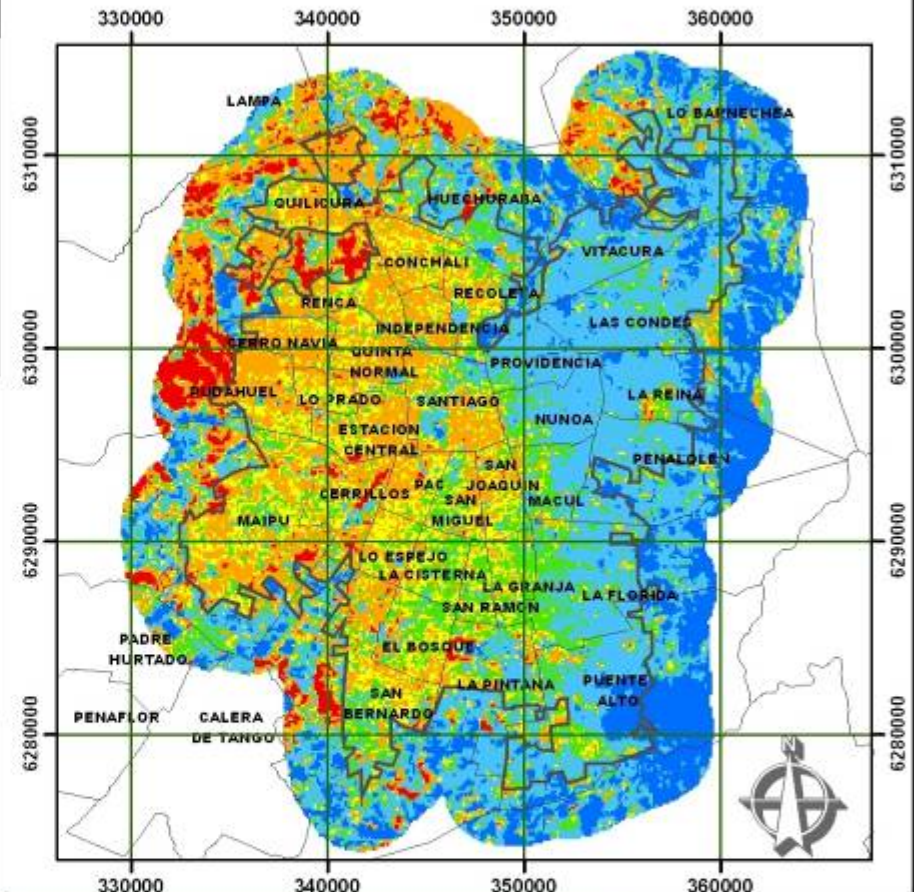
# Perfil Típico del Efecto de ICU (Oke, 1987)









*Temperatura superficial captada por el satélite  
Landsat TM en 1998. Ciudad de Santiago*



*Temperatura superficial captada por el satélite  
Landsat TM en 2004. Ciudad de Santiago*



**Simbología**






- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|  | <i>Límite urbano 2004</i>                         |  | <i>Temperaturas medias</i>                       |
|  | <i>Isla de Frio Urbana (IFU) extrema (-6.5°C)</i> |  | <i>Isla de Calor Urbana de Superficie (ICUs)</i> |
|  | <i>IFU (-4°C)</i>                                 |  | <i>ICUs extrema</i>                              |
|  | <i>IFU moderada (-3°C)</i>                        |  |  |

## Legenda

### Biopos

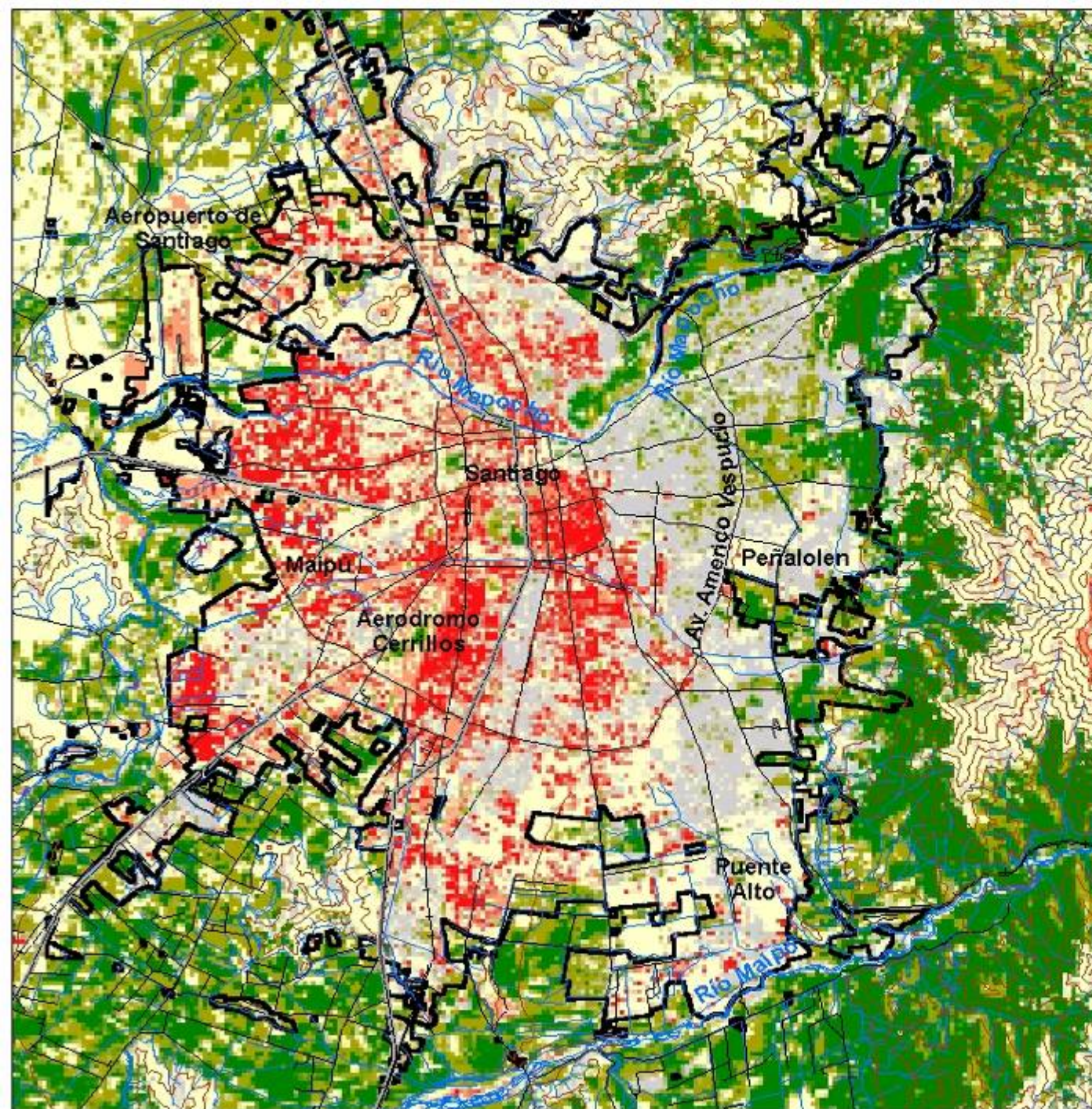
-  Temperatura de Emisión Superficial Media Alta y Cobertura Vegetacional Baja
-  Temperatura de Emisión Superficial Alta y Cobertura Vegetacional Baja
-  Temperatura de Emisión Superficial Media Baja y Cobertura Vegetacional Media
-  Temperatura de Emisión Superficial Baja y Cobertura Vegetacional Alta
-  Temperatura de Emisión Superficial Media Baja y Cobertura Vegetacional Alta
-  Otras Categorías

### Simbología

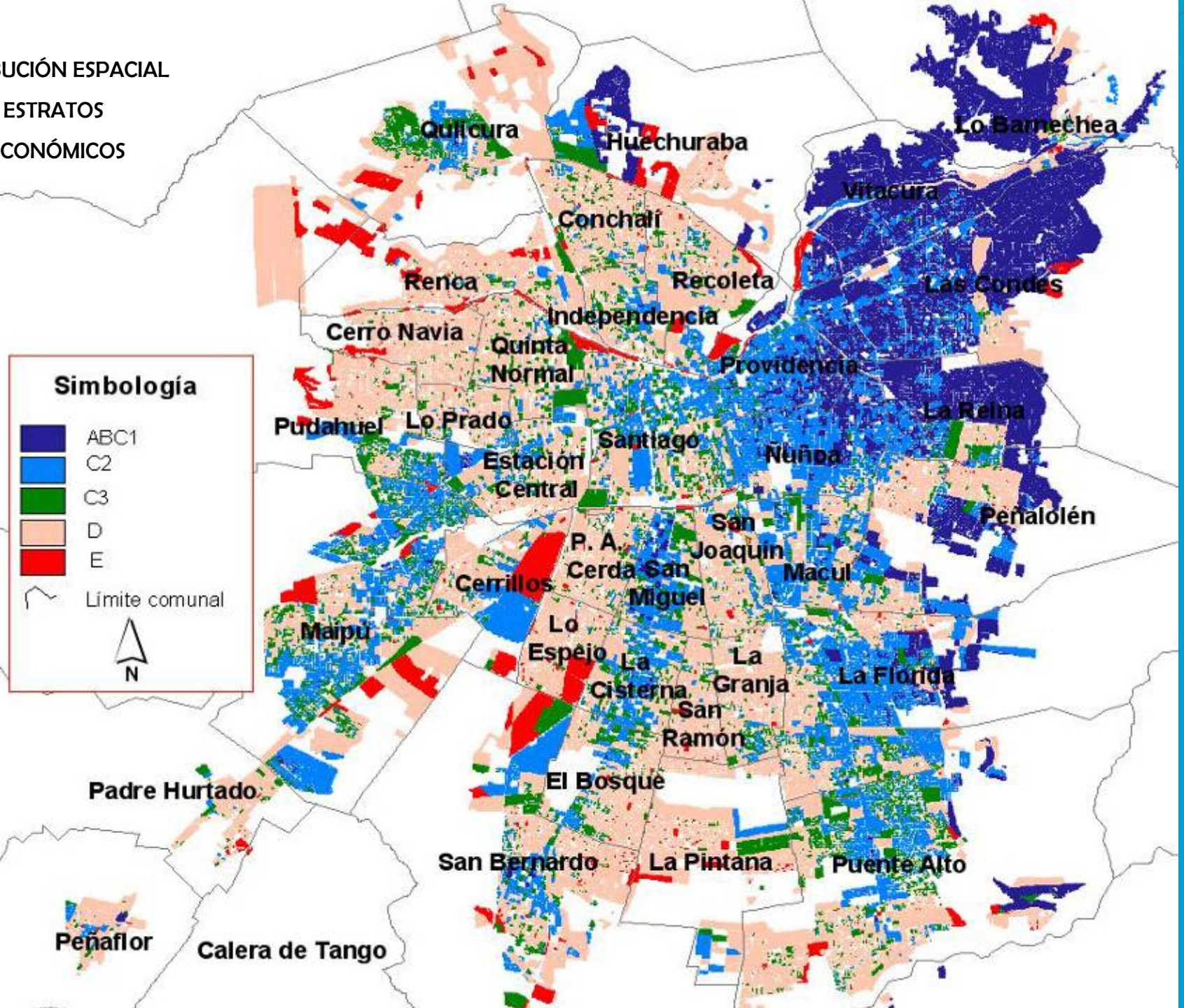
-  Limite Casco Urbano año 2004
-  Hidrografía
-  Curvas de Nivel
-  Carretera Principal
-  Camino Principal



0 1.25 2.5 5 7.5 10 Kilometers



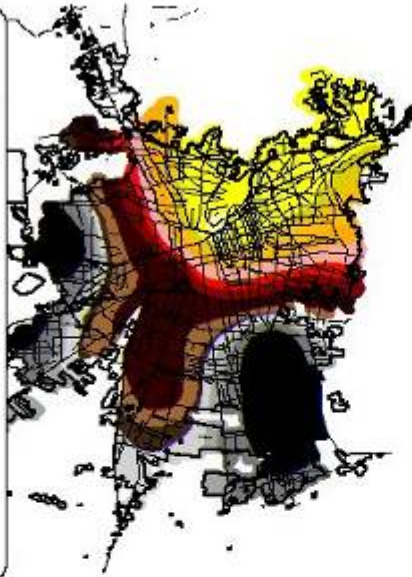
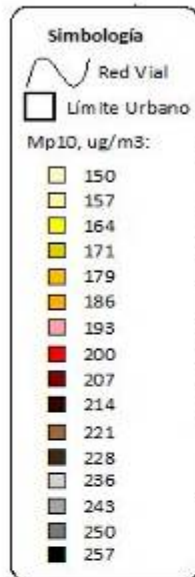
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL  
DE LOS ESTRATOS  
SOCIOECONÓMICOS



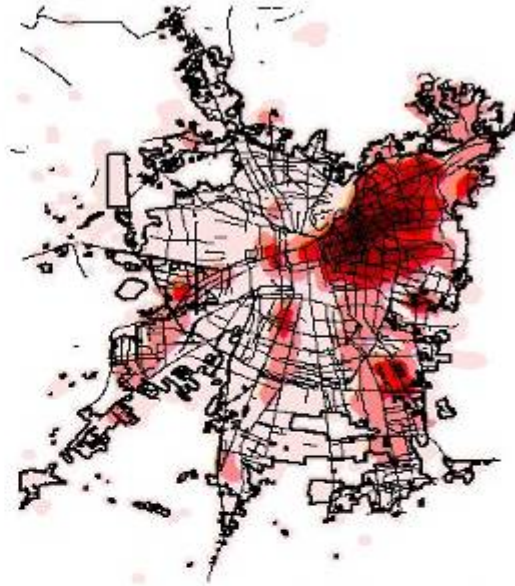


## Concentraciones de Mp10 y O3 y niveles socioeconómicos en el Gran Santiago

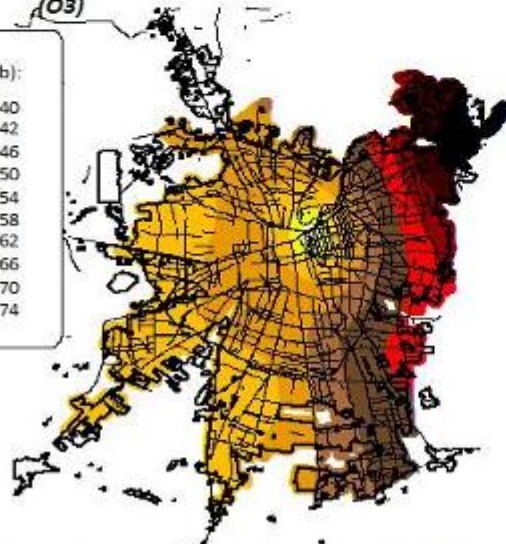
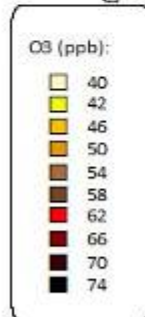
**CONCENTRACIÓN MEDIA ANUAL  
DE MATERIAL PARTICULADO  
(PM10)**



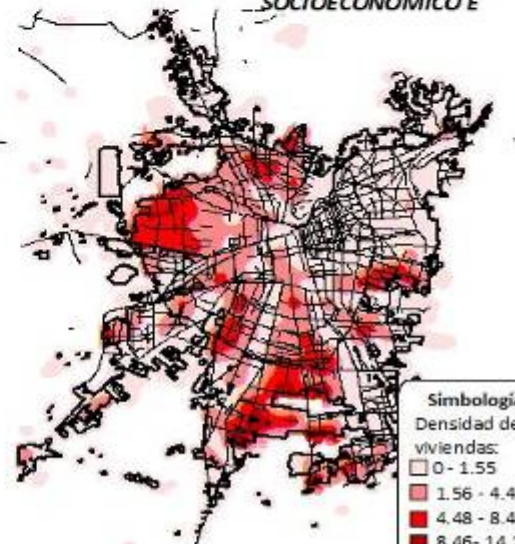
**DISTRIBUCIÓN DE DENSIDAD  
DE VIVIENDAS SEGÚN NIVEL  
SOCIOECONÓMICO ABC1**



**CONCENTRACIÓN MEDIA ANUAL  
DE OZONO  
(O3)**

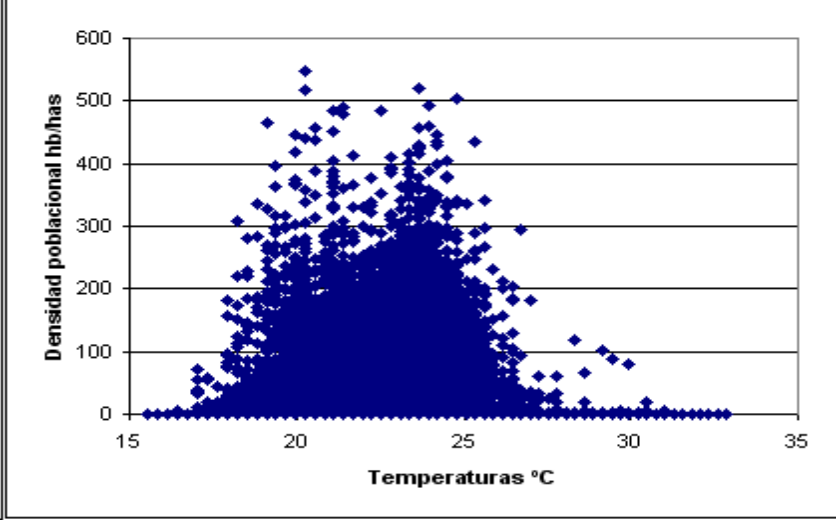
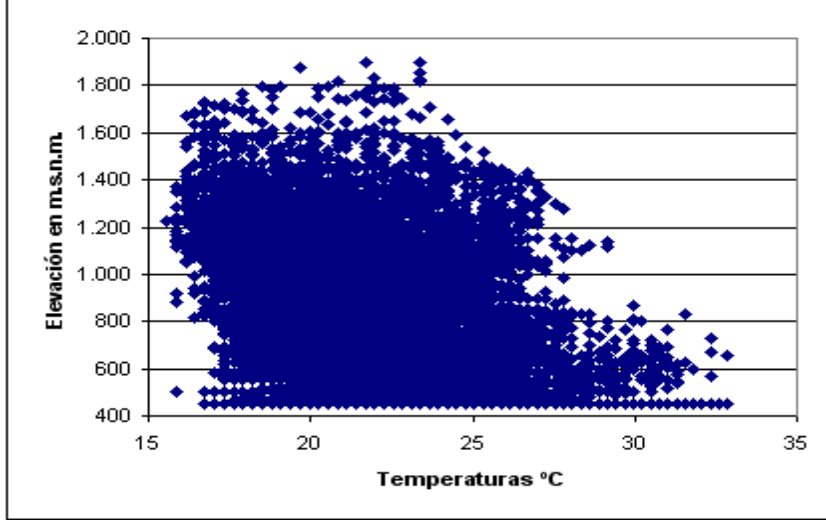
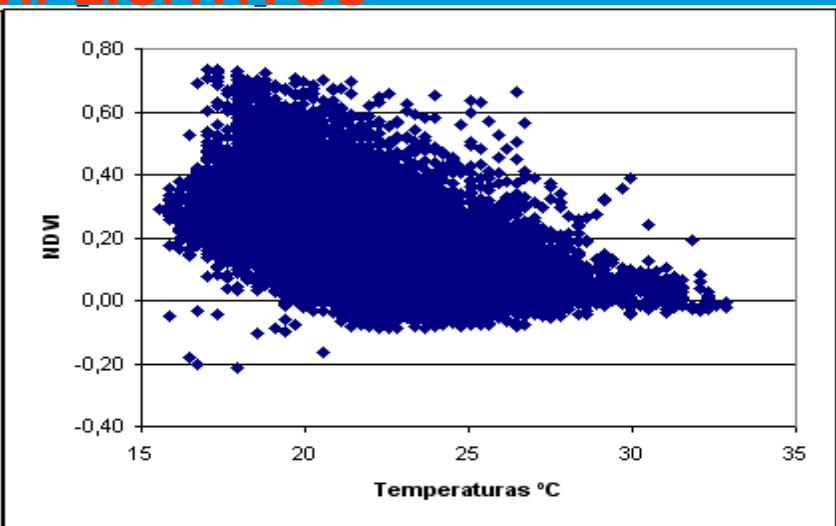
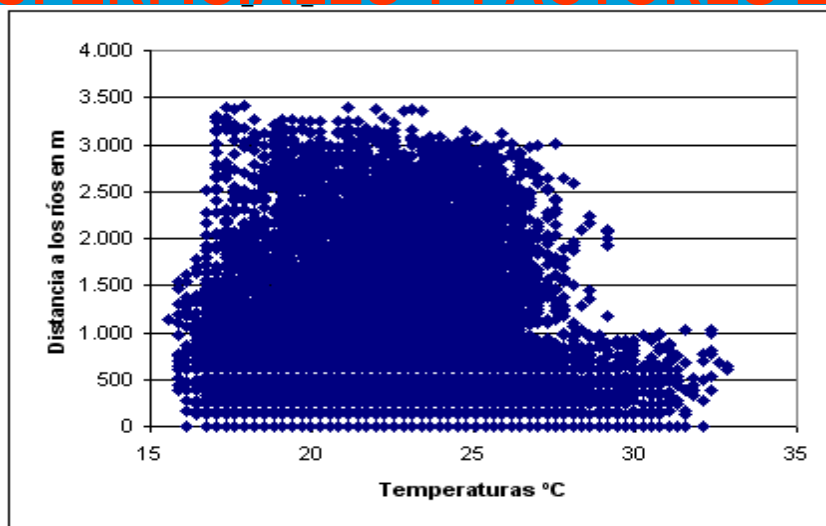


**DISTRIBUCIÓN DE DENSIDAD  
DE VIVIENDAS SEGÚN NIVEL  
SOCIOECONÓMICO E**

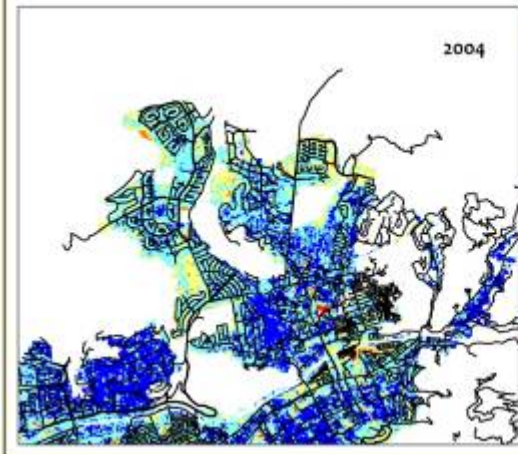
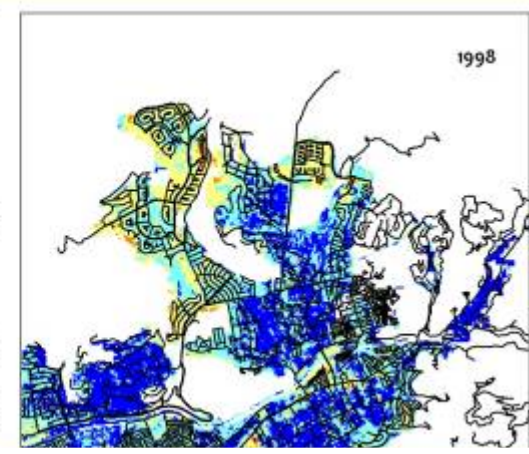
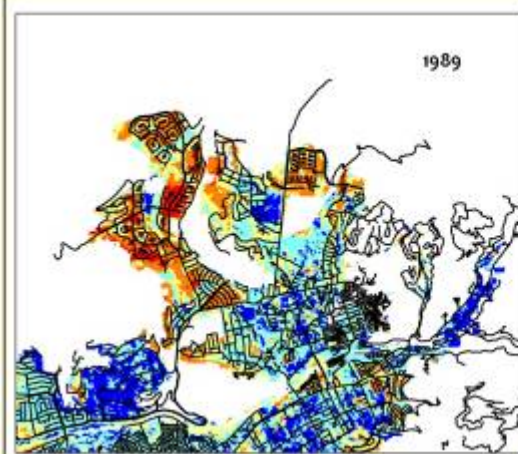


3 0 3 6 9 12 15 18 21 Kilómetros

# SANTIAGO: RELACIONES ENTRE TEMPERATURAS SUPERFICIAES Y FACTORES EXPLICATIVOS



## Variaciones de Temperaturas de emisión superficial en Lo Barnechea: 1989 - 2004



**Simbología**

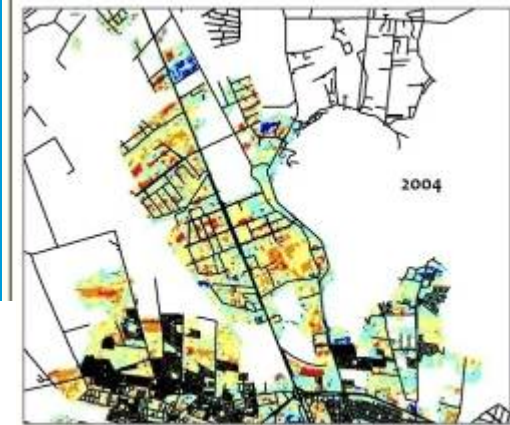
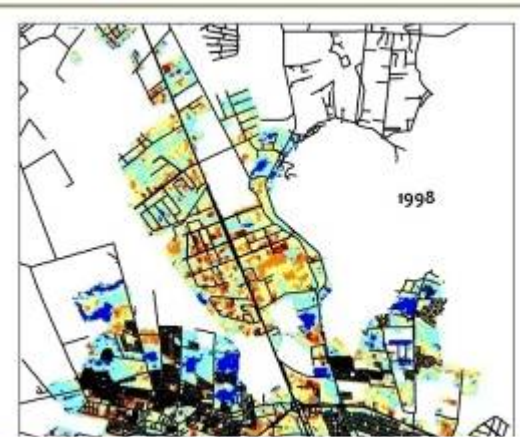
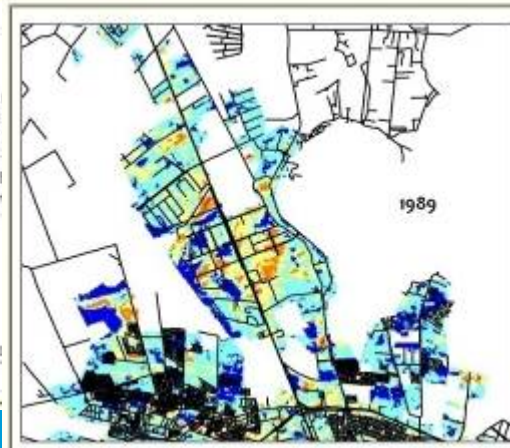
Red Vial

Rangos zonales de Temperatura

- Zonas Frías
- Zonas Templadas Frías
- Zonas Templadas
- Zonas Templadas Cálidas
- Islas de Calor Urbanas y Rurales
- Zonas de Extremo Calor

Facultad

Fuente: Imágenes



**Simbología**

Red Vial

Rangos zonales de Temperatura

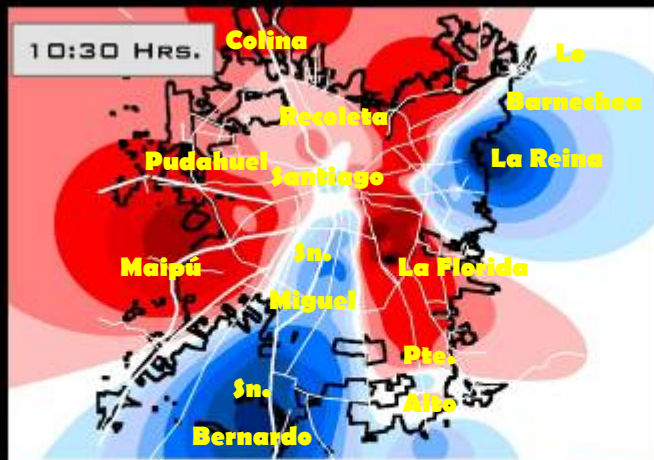
- Zonas Frías
- Zonas Templadas Frías
- Zonas Templadas
- Zonas Templadas Cálidas
- Islas de Calor Urbanas y Rurales
- Zonas de Extremo Calor

Universidad de Chile  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Geografía

Fuente: Elaboración propia, en base a imágenes LANDSAT 1989, 1998 y 2004

## Variaciones de Temperaturas de emisión superficial en Colina: 1989 - 2004

## Comportamiento de las temperaturas atmosféricas Santiago, Febrero 2007



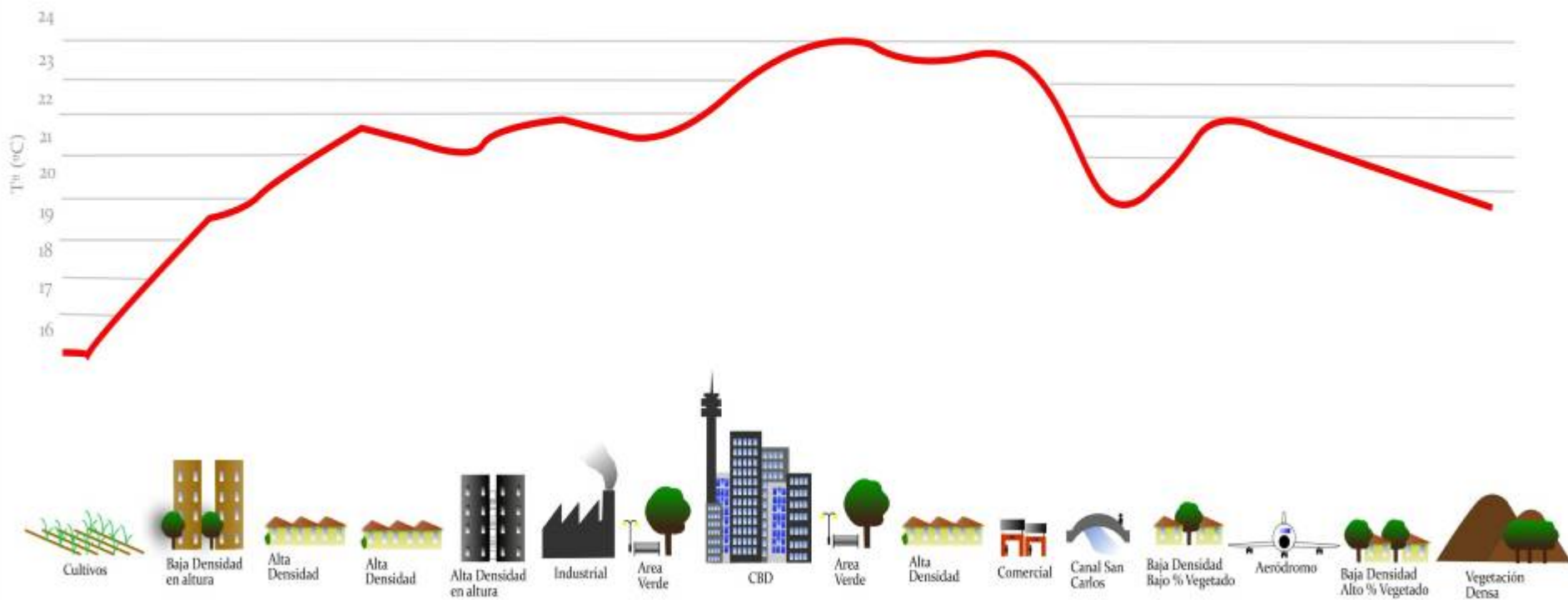
1. Durante la mañana, las temperaturas el aire más altas se sitúan principalmente en las zonas rurales del norponiente de la ciudad. Las excepciones corresponden al Cono de Cerrillos y el piedmont andino, debido a la confluencia de vientos regionales y bajo porcentaje de visión del suelo respectivamente.

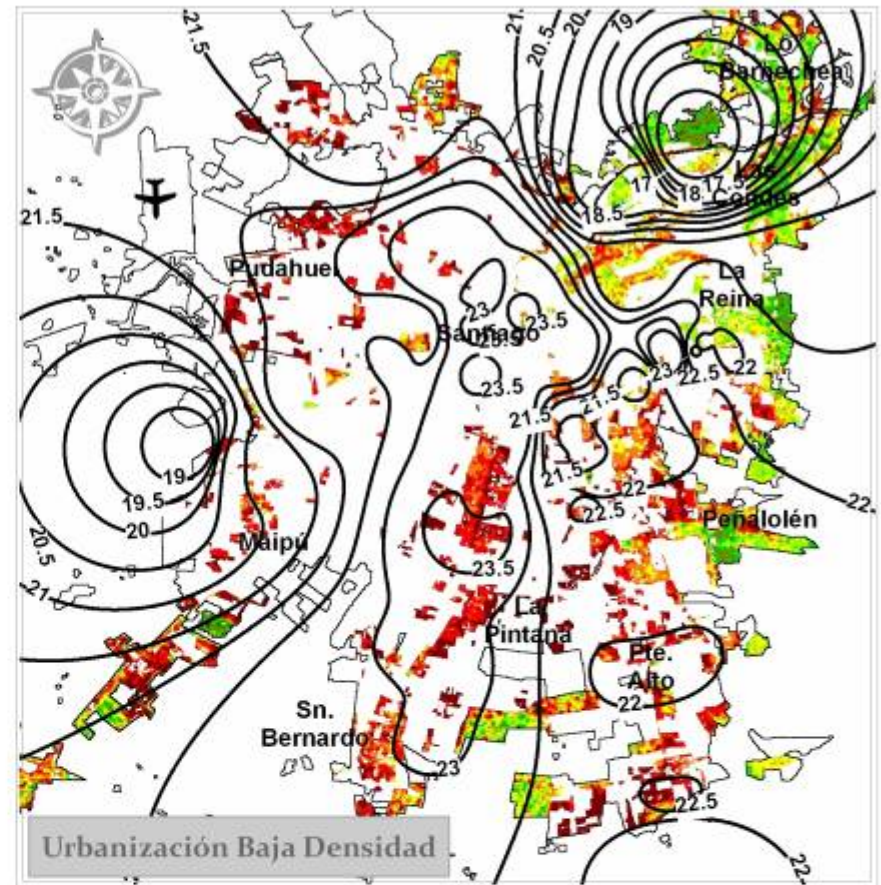
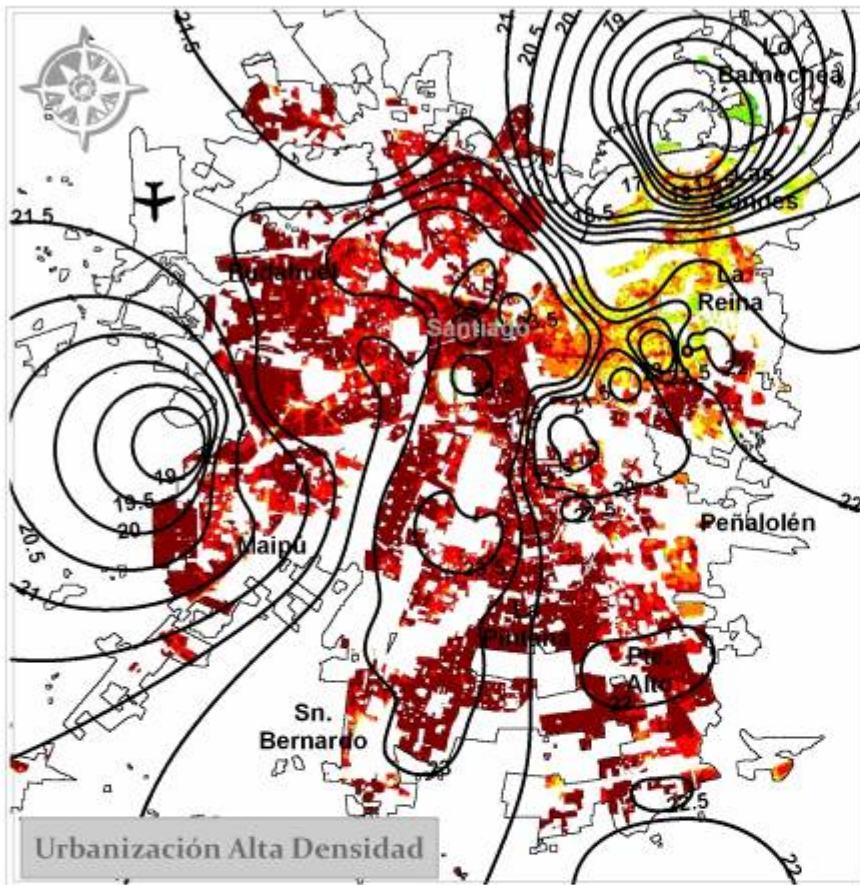
El centro de la ciudad se mantiene frío.

2. Para el mediodía se aprecia una homogeneidad en las temperaturas urbanas y rurales. A esta hora es cuando las zonas urbanas alcanzan su peak de alta temperatura.

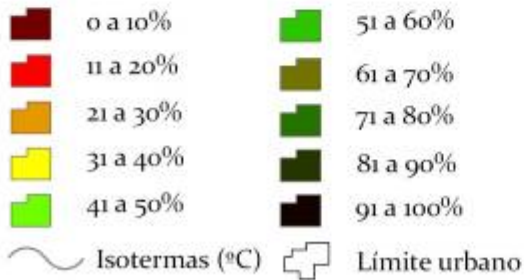
3. Luego de dos horas de la puesta de sol, las coberturas naturales se han enfriado, mientras que la ciudad se manifiesta como una Isla de Calor.

Tº Promedio en Santiago 22:00 Hrs., transecta nº3:  
La Reina - La Farfana (O - E)





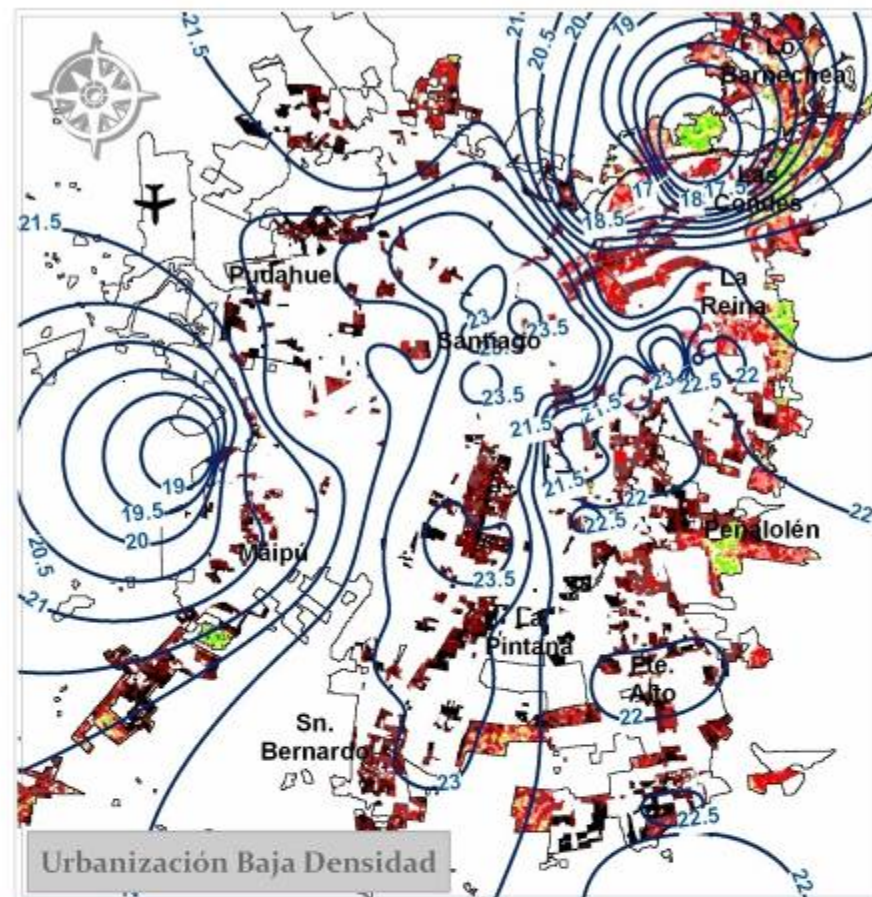
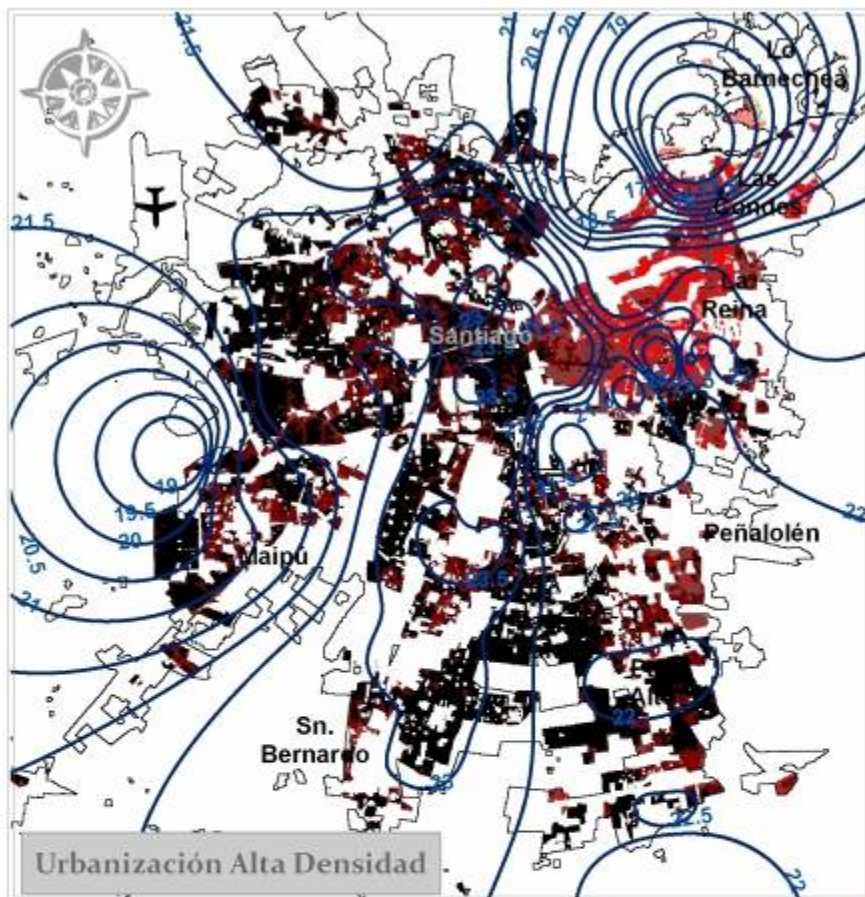
Porcentajes cobertura vegetal  
urbanización de Alta y Baja Densidad:



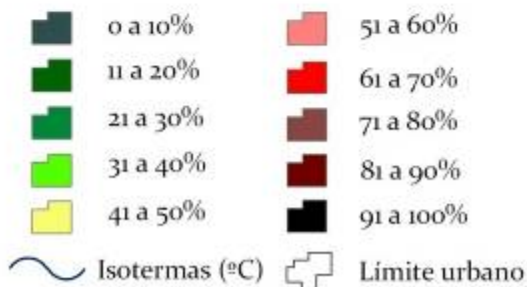
**Relación entre porcentajes de vegetación en  
urbanización de alta y baja densidad,  
y temperatura atmosférica**

  
Universidad de Chile  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Geografía

Fuente: Elaboración propia, en base a  
imagen Landsat 2004.



Porcentajes impermeabilización del suelo, urbanización de Alta y Baja Densidad:

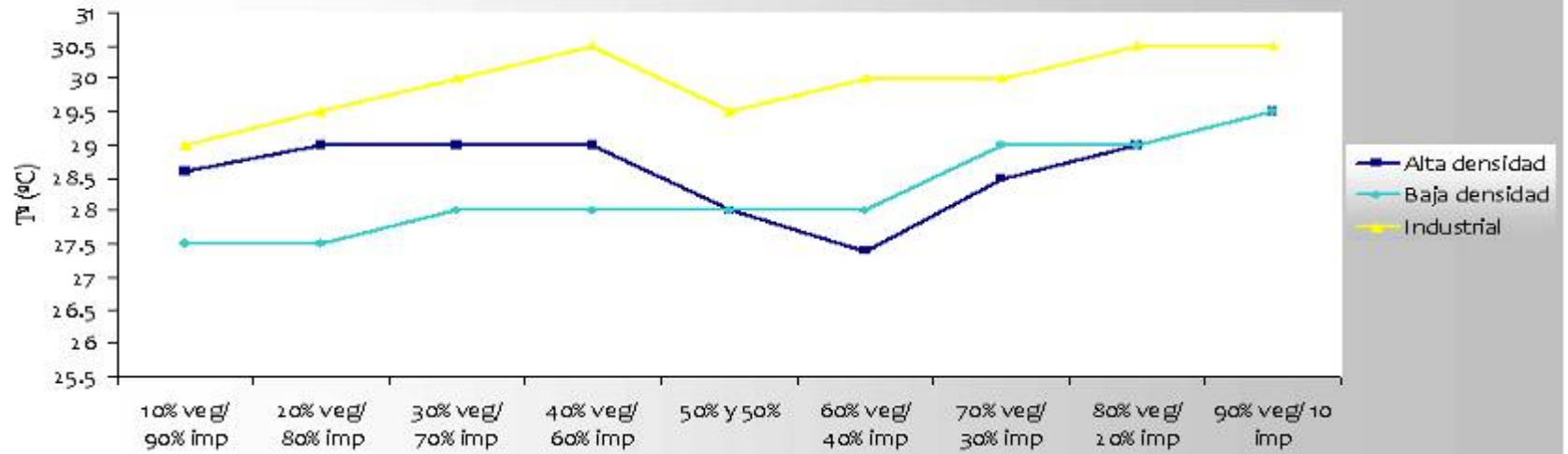


**Relación entre porcentajes de impermeabilización del suelo en urbanización de alta y baja densidad, y temperatura atmosférica**

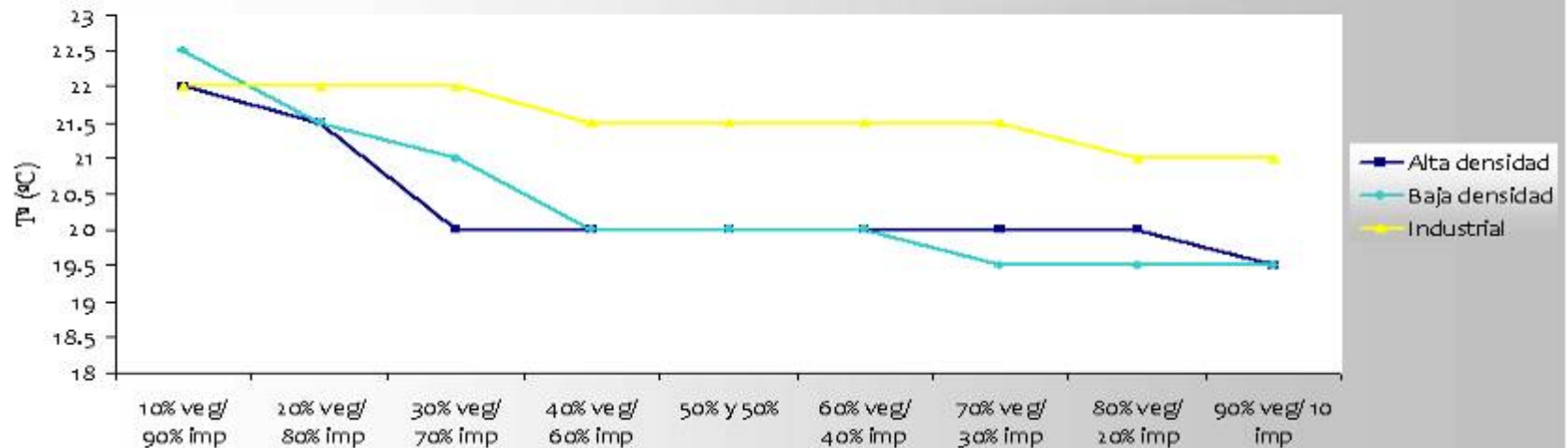
  
 Universidad de Chile  
 Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
 Escuela de Geografía

Fuente: Elaboración propia, en base a imagen Landsat 2004.

10:30 Hrs.

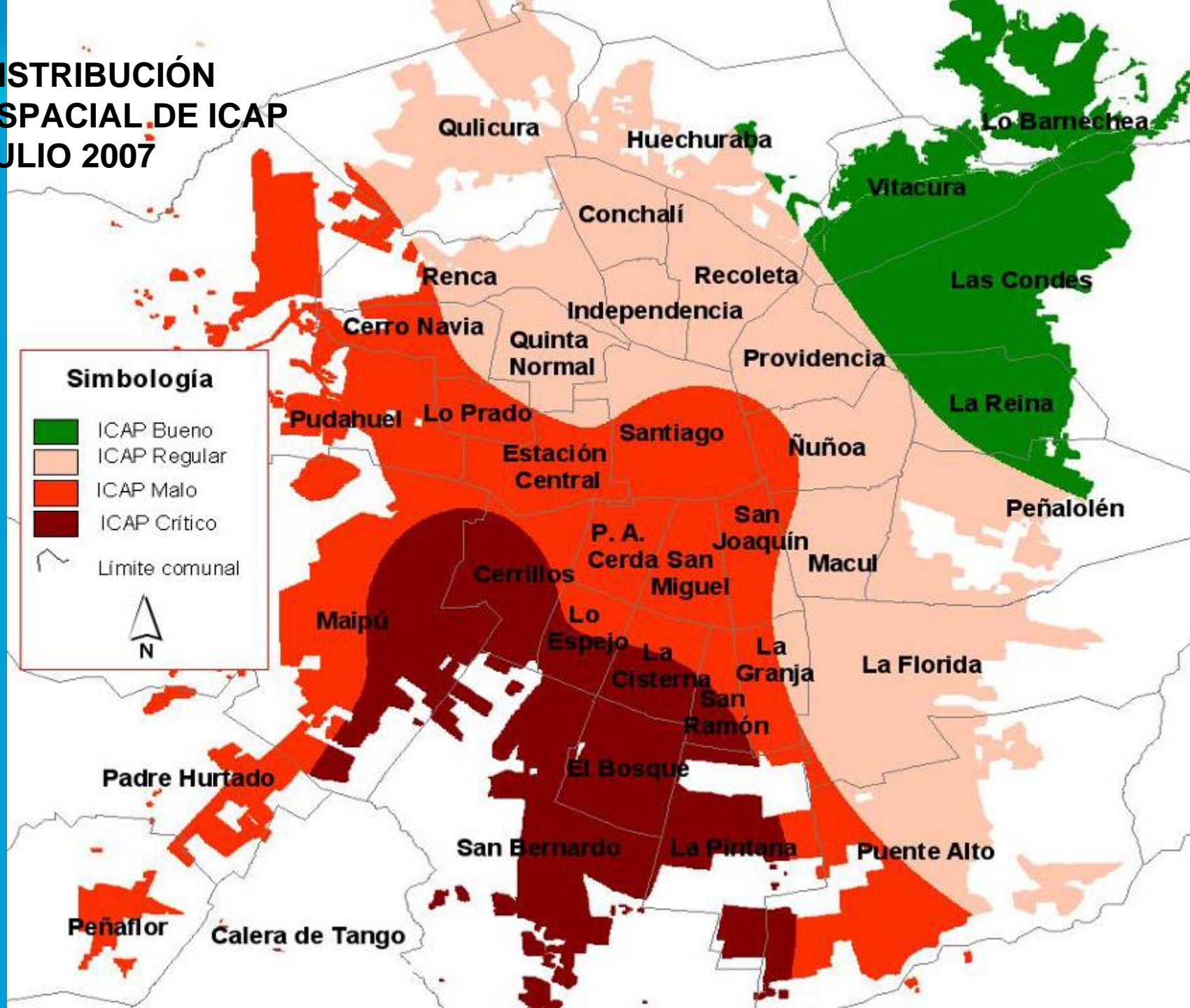


22 Hrs.

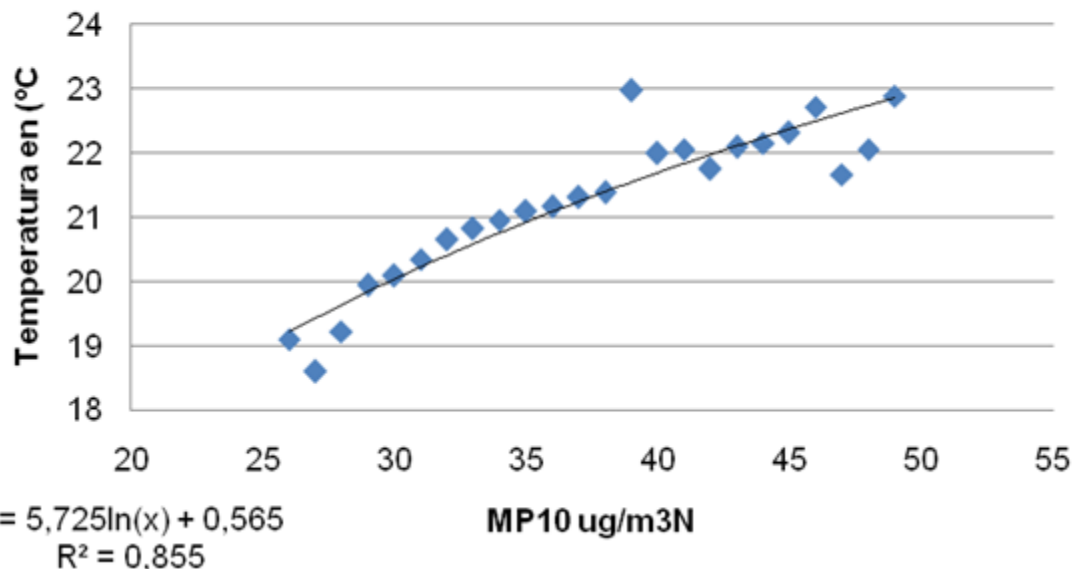




# DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE ICAP JULIO 2007

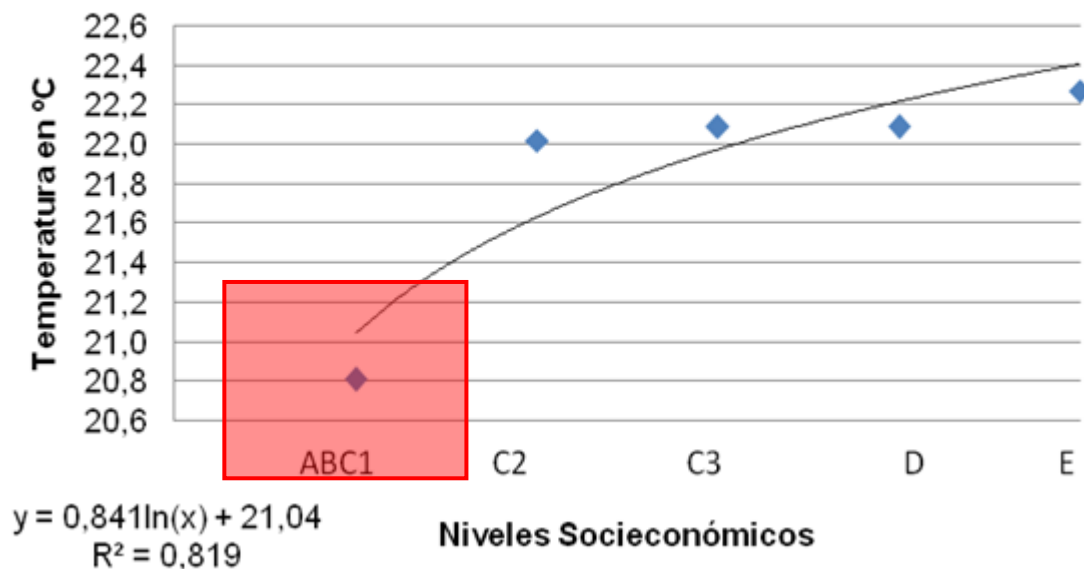


Relación entre MP10 y temperaturas atmosféricas de verano, condiciones nocturnas

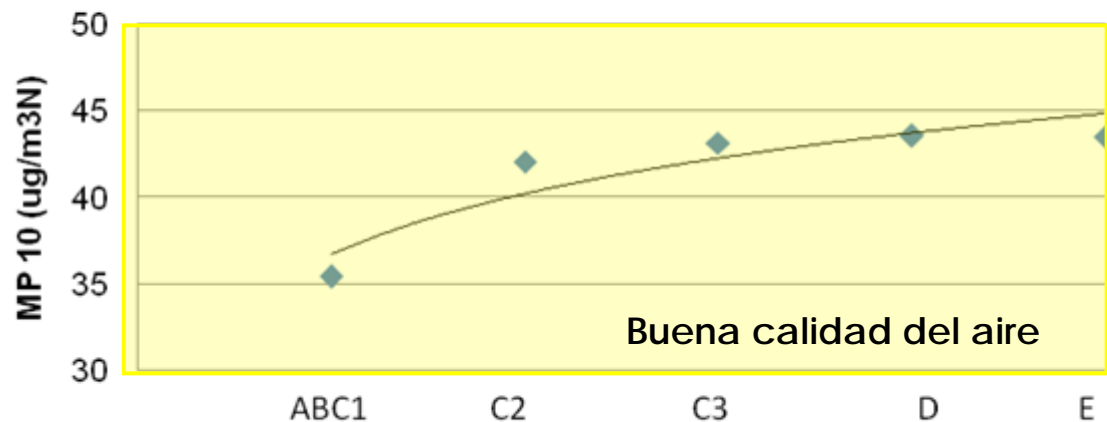


RELACIONES ENTRE CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO Y TEMPERATURA DEL AIRE

Relación entre niveles socioeconómicos y temperatura atmosférica, condición nocturna de verano



### Relación entre niveles socioeconómicos y contaminación por material particulado, condición nocturna de verano



$y = 5,041\ln(x) + 36,72$   
 $R^2 = 0,842$

Niveles Socioeconómicos

RELACIONES ENTRE CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO Y NIVEL SOCIOECONÓMICO

### Relación entre niveles socioeconómicos y contaminación por material particulado, condición nocturna de invierno

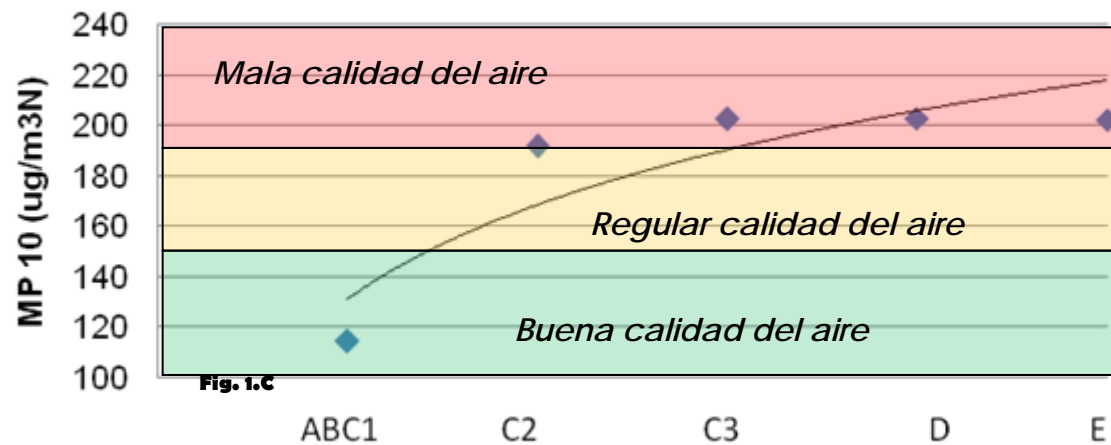
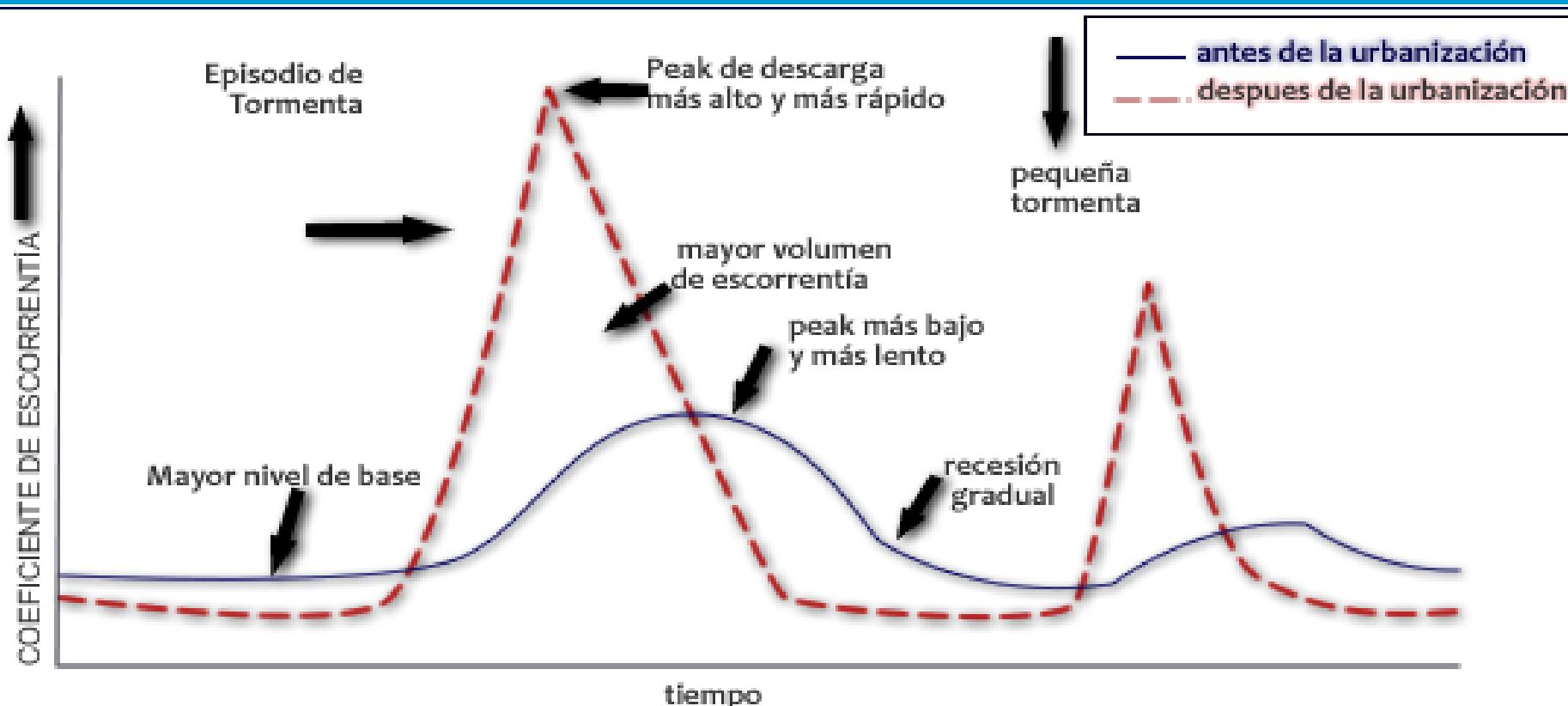


Fig. 1.C

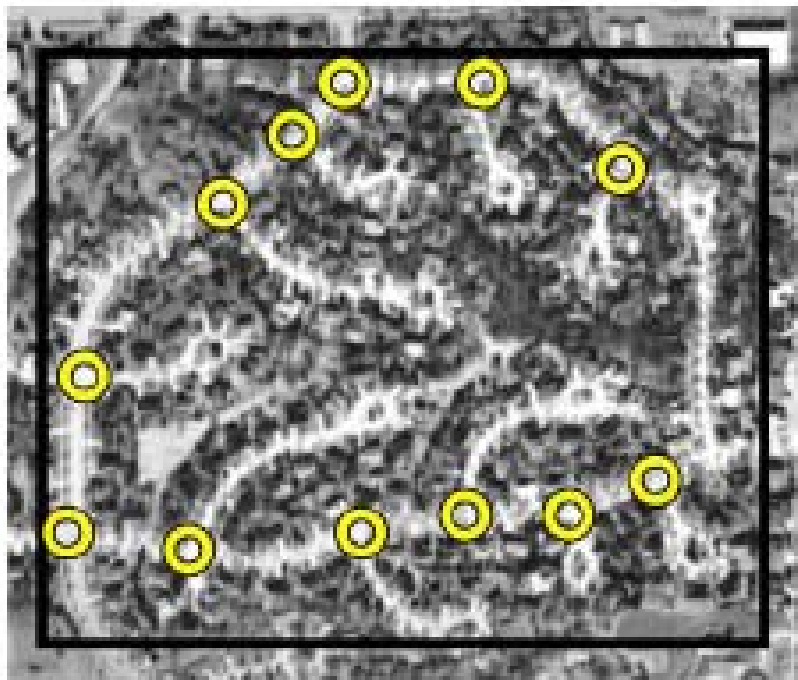
$y = 53,91\ln(x) + 131,2$   
 $R^2 = 0,791$

Niveles Socioeconómicos

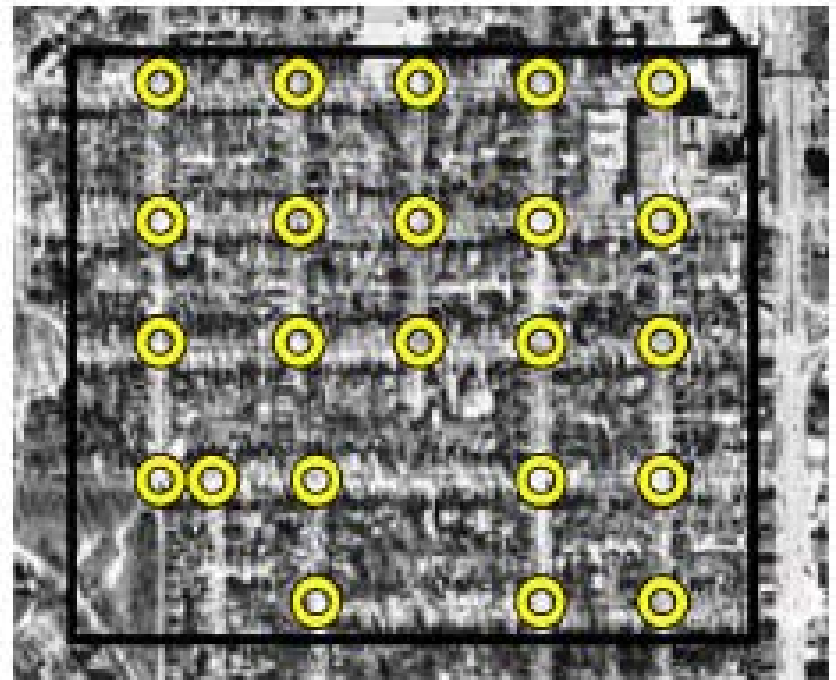








**Red dendrítica**  
12 intersecciones en  $\frac{1}{4}$  Km.<sup>2</sup>



**Red de rejilla**  
23 intersecciones en  $\frac{1}{4}$  km<sup>2</sup>



1/8      0      1/8      1/4 km



Expansión urbana antigua y espontánea junto a un proceso reciente y planificado de los sectores de ingresos bajos y medios de la ciudad de Concepción, localizado sobre áreas inundables de la desembocadura del río Biobío. Foto de Julio de 2006

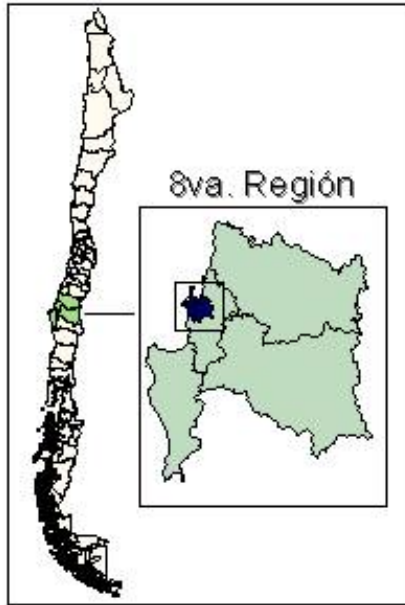


# SUB CUENCAS GRAN CONCEPCIÓN

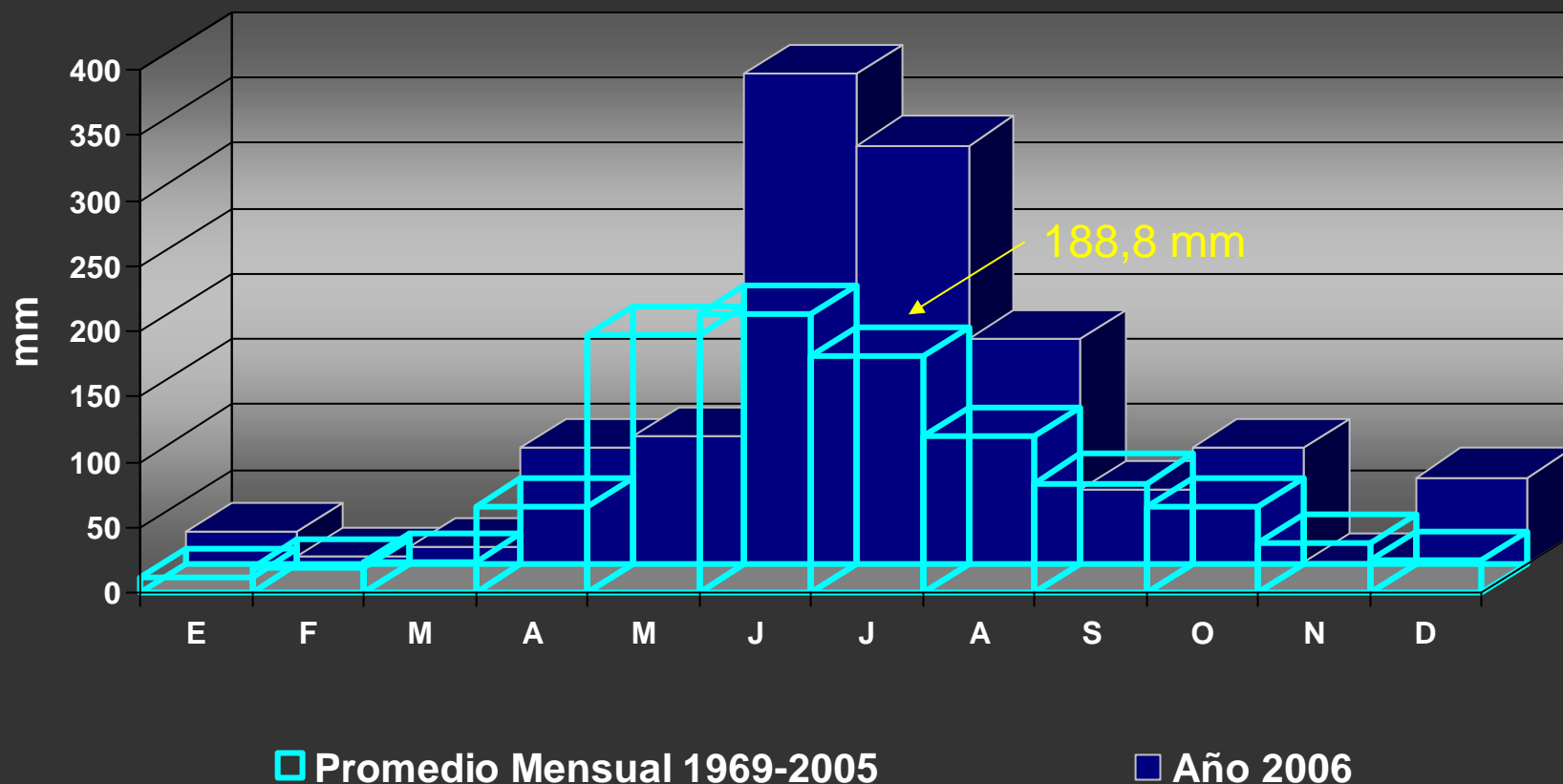


**LEYENDA**

-  Cursos de agua
-  Lagunas

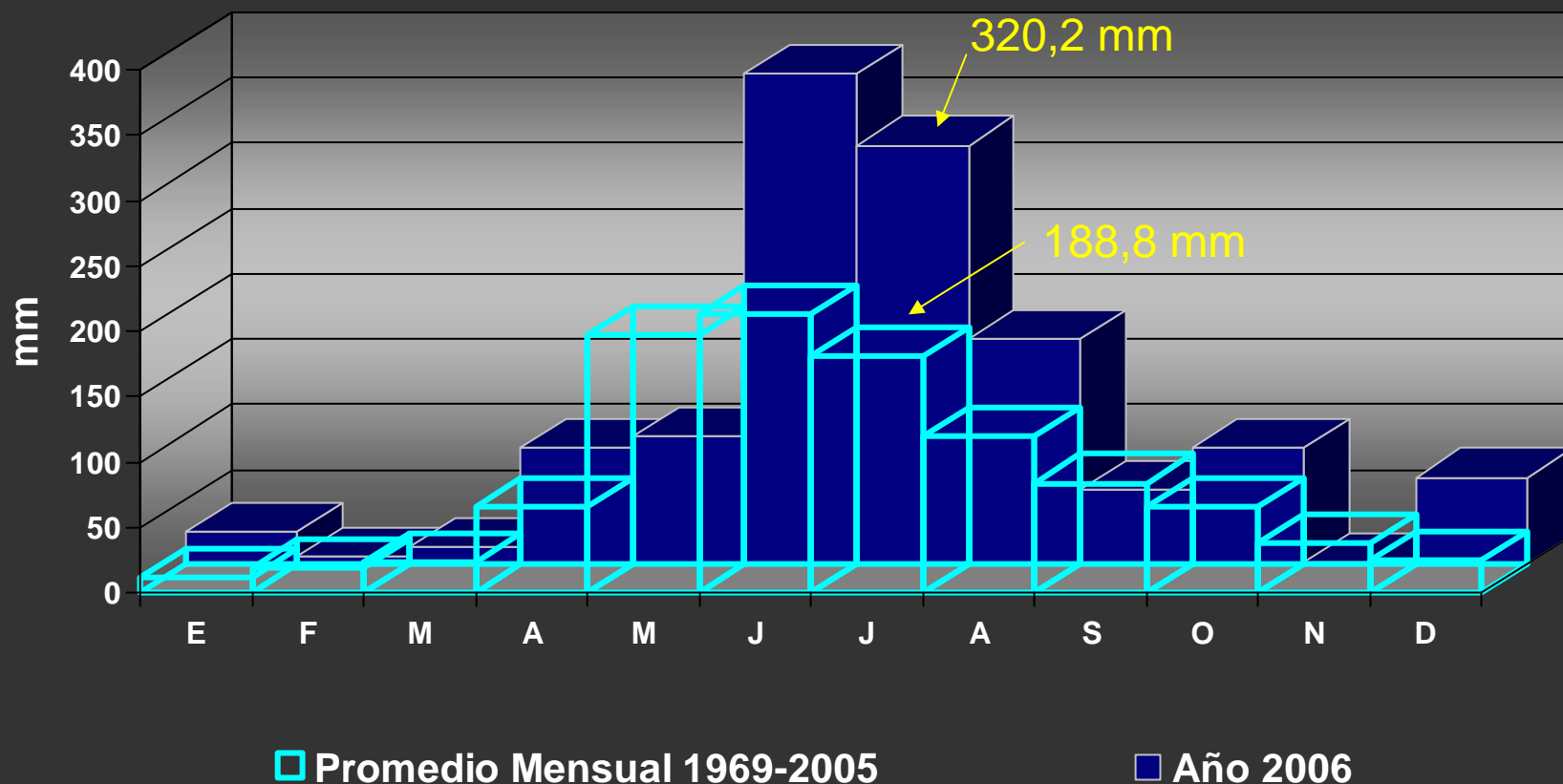


# Promedio Mensual de Precipitaciones Estación Campus Chillán - UDEC



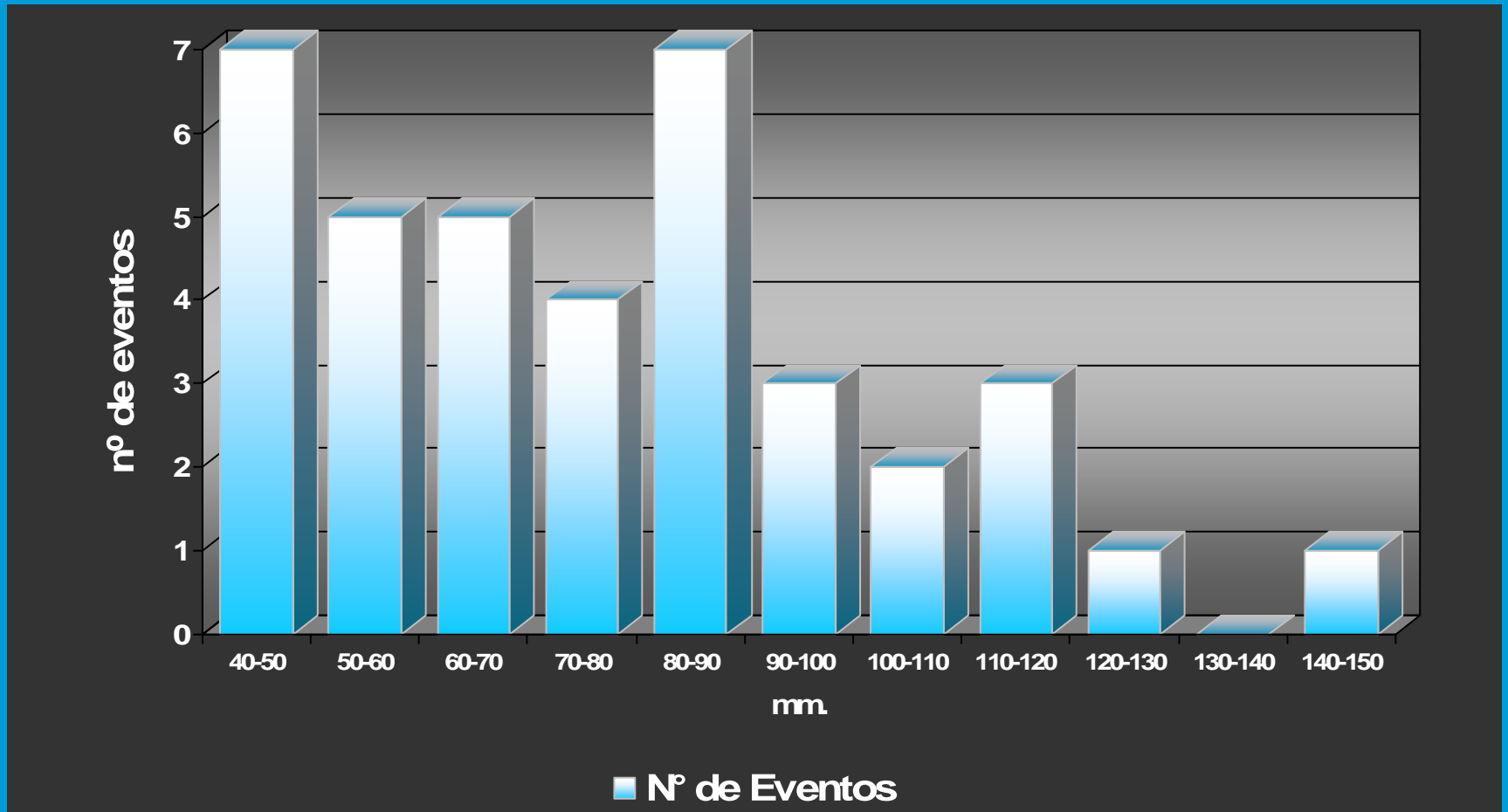
Fuente: Datos procesados de Facultad de Ingeniería Agrícola (2007)

# Promedio Mensual de Precipitaciones Estación Campus Chillán - UDEC



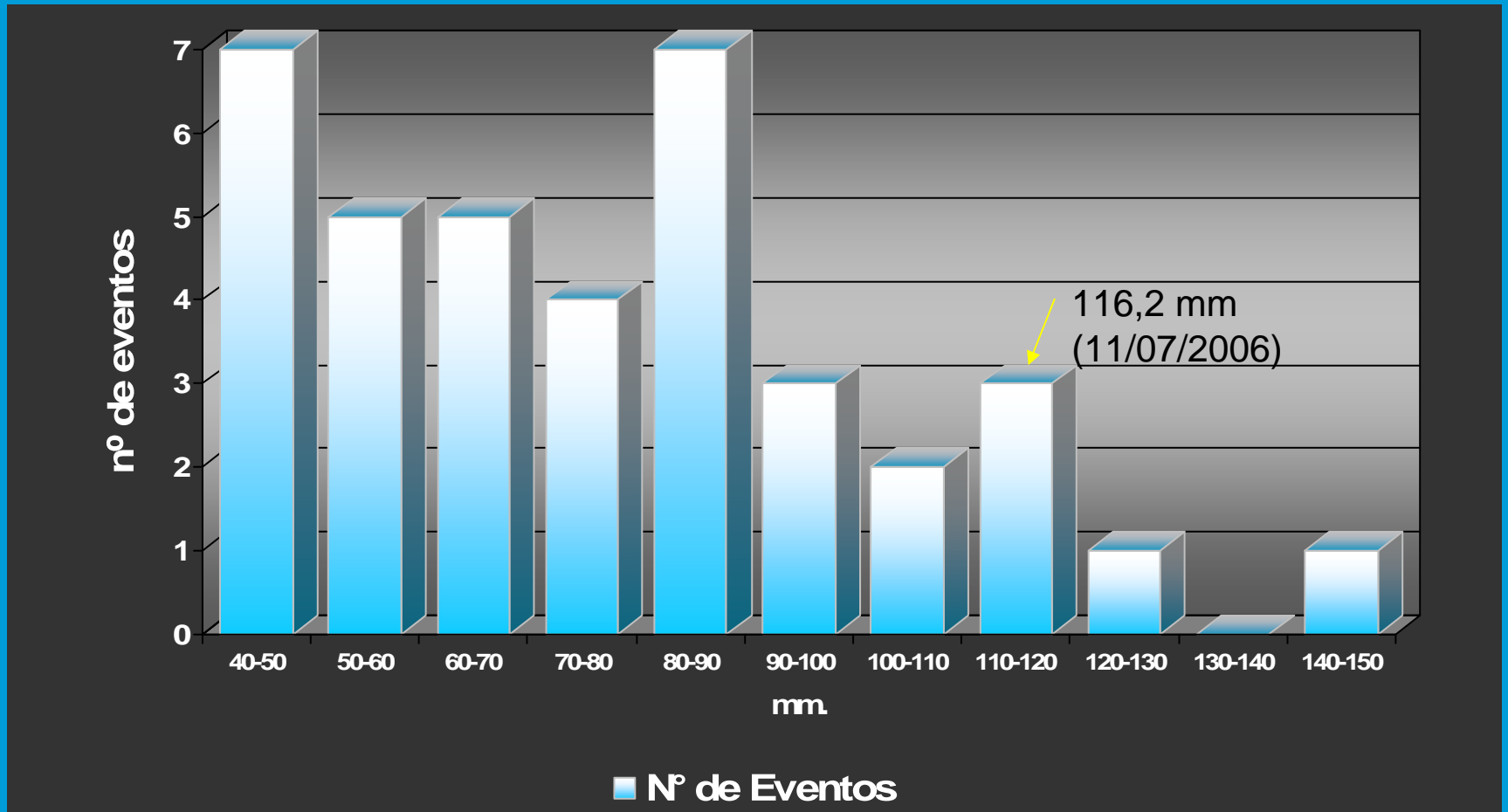
Fuente: Datos procesados de Facultad de Ingeniería Agrícola (2007)

# Frecuencias de Precipitaciones Máximas Diarias en 24 horas por rango. Periodo 1969-2005. Estación Campus Chillán



Fuente: Datos procesados de Facultad de Ingeniería Agrícola (2007)

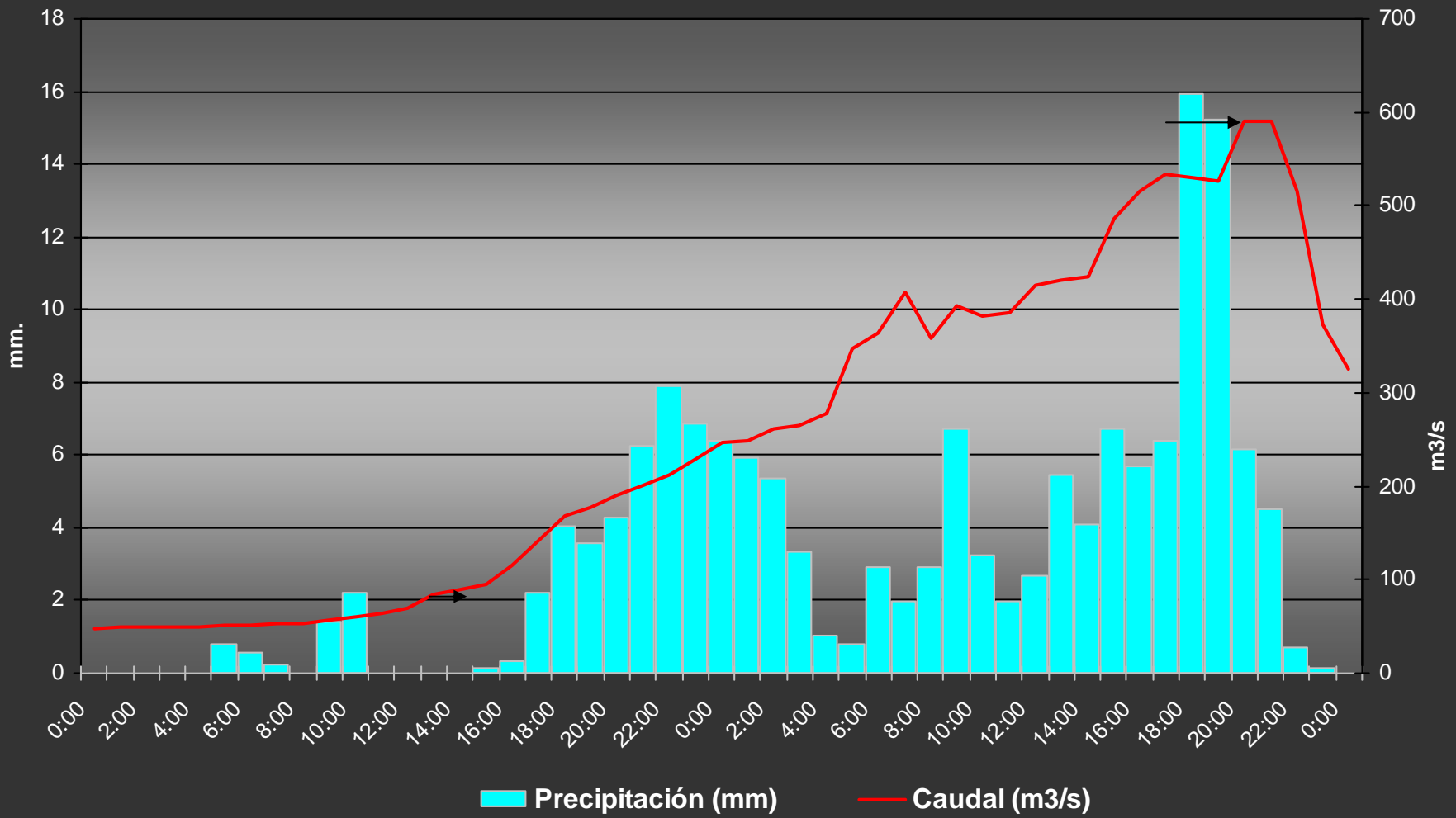
# Frecuencias de Precipitaciones Máximas Diarias en 24 horas por rango. Periodo 1969-2005. Estación Campus Chillán



Fuente: Datos procesados de Facultad de Ingeniería Agrícola (2007)

# Relación Caudal/Precipitación

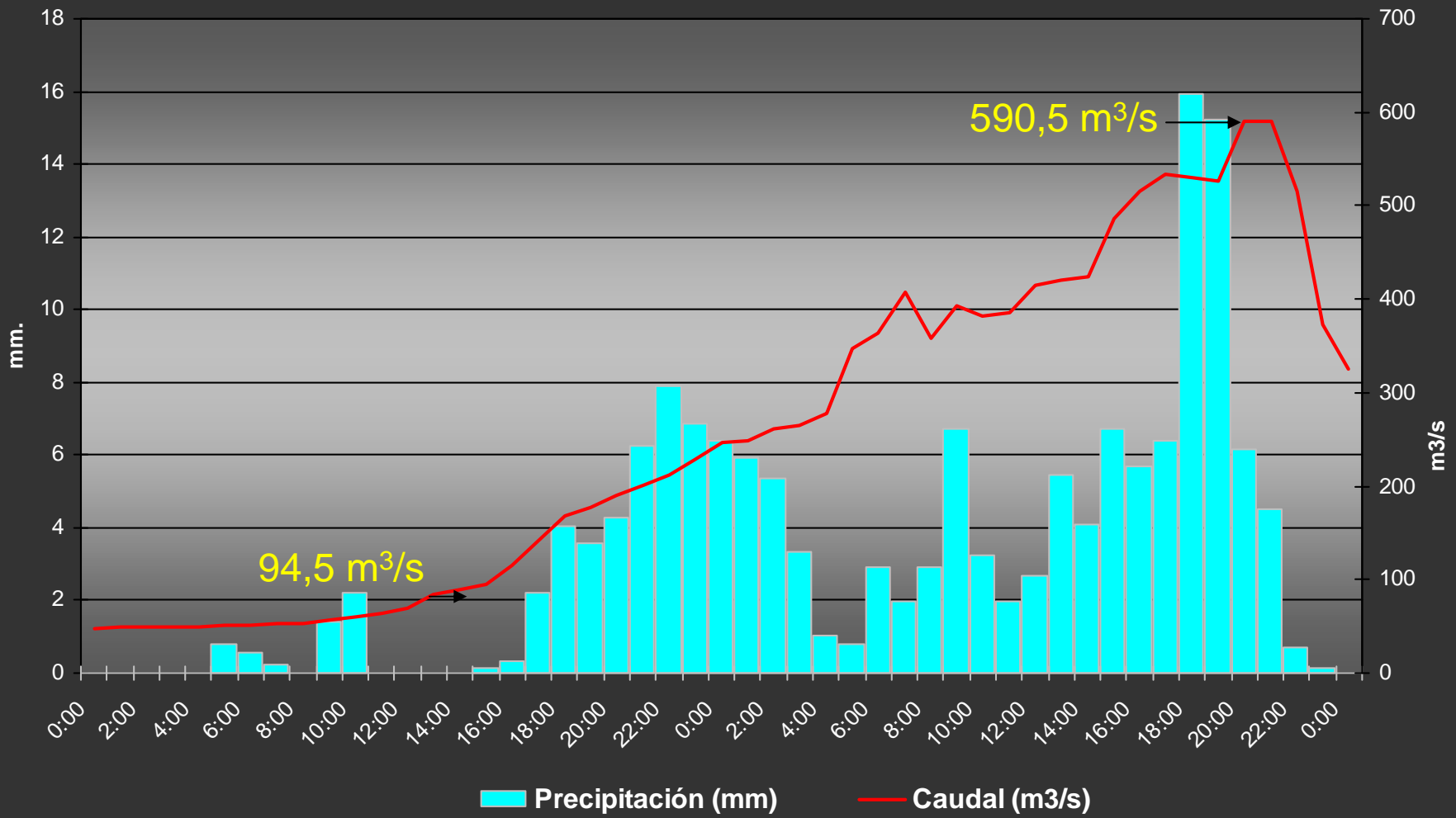
## Estación Esperanza, Chillán, 10 y 11 de Julio de 2006



Fuente: Datos procesados de Facultad de Ingeniería Agrícola (2007) y DGA (2007)

# Relación Caudal/Precipitación

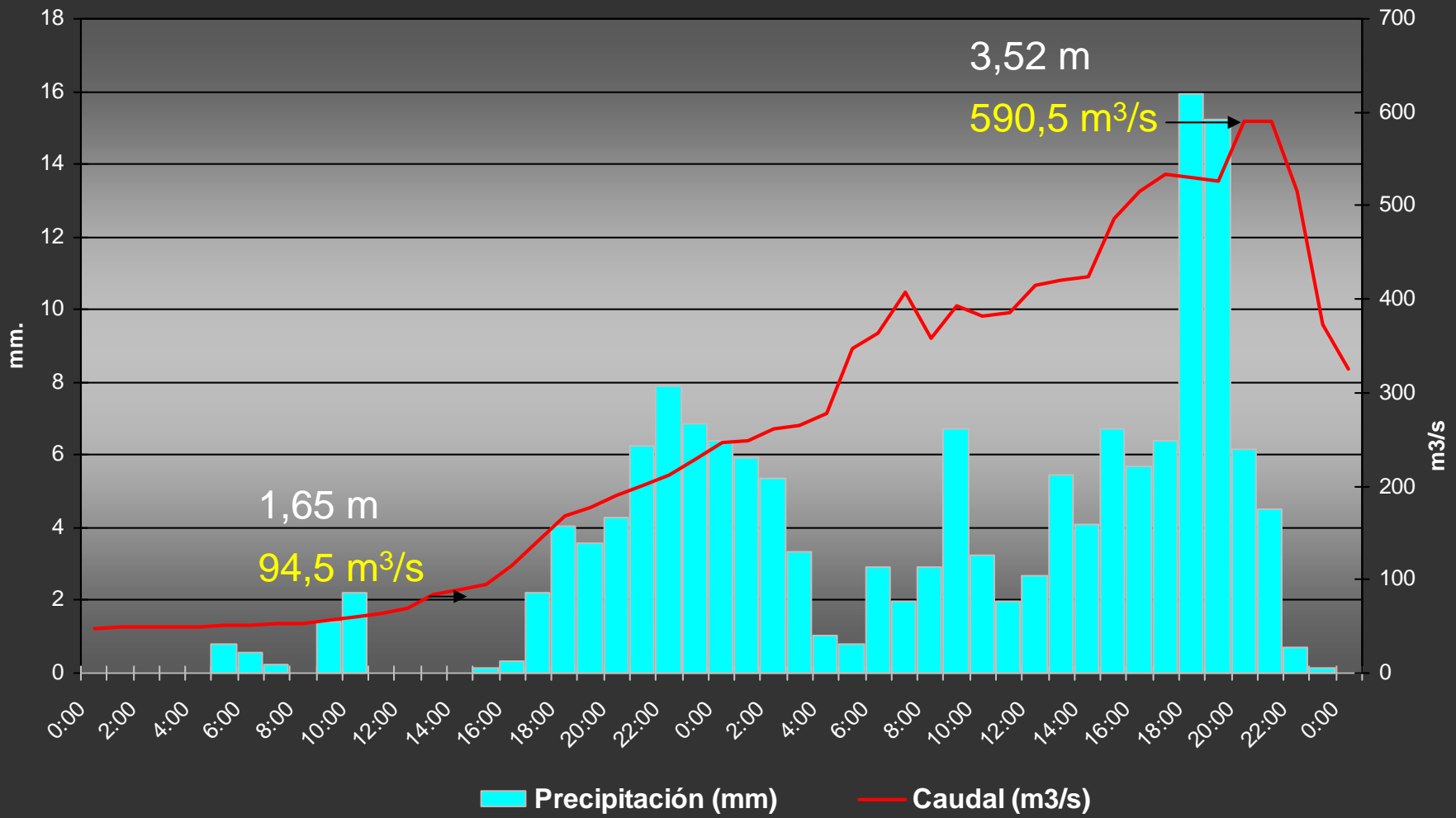
## Estación Esperanza, Chillán, 10 y 11 de Julio de 2006



Fuente: Datos procesados de Facultad de Ingeniería Agrícola (2007) y DGA (2007)

# Relación Caudal/Precipitación

## Estación Esperanza, Chillán, 10 y 11 de Julio de 2006



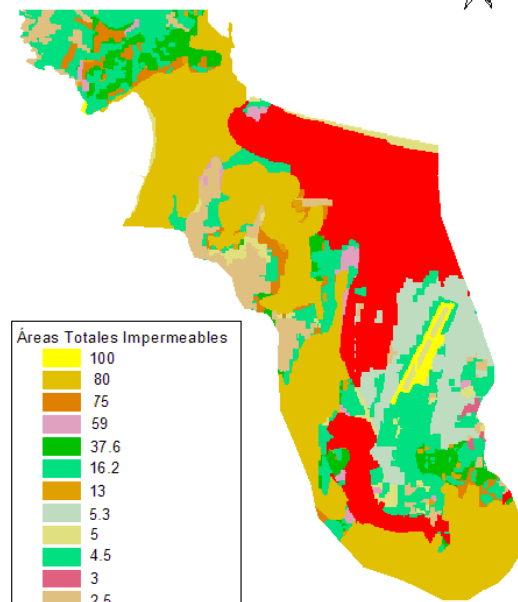
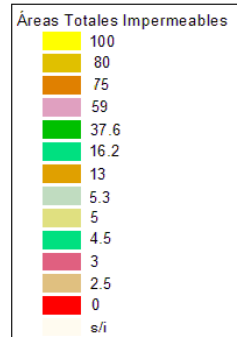
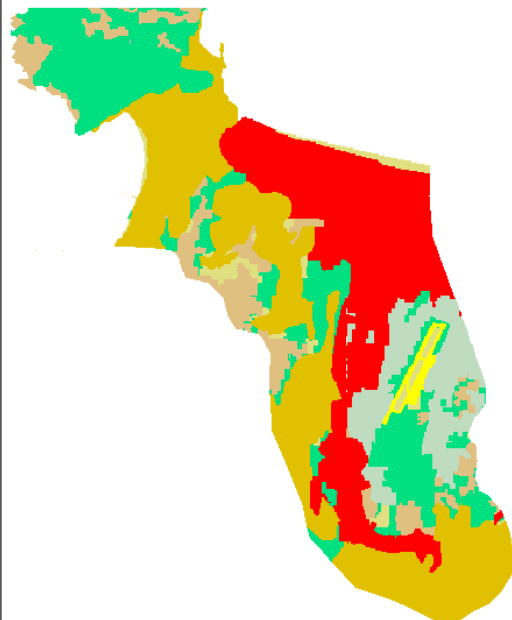
Fuente: Datos procesados de Facultad de Ingeniería Agrícola (2007) y DGA (2007)



# Áreas Totales Impermeables (ATIs) Sub Cuenca Andalién Costa

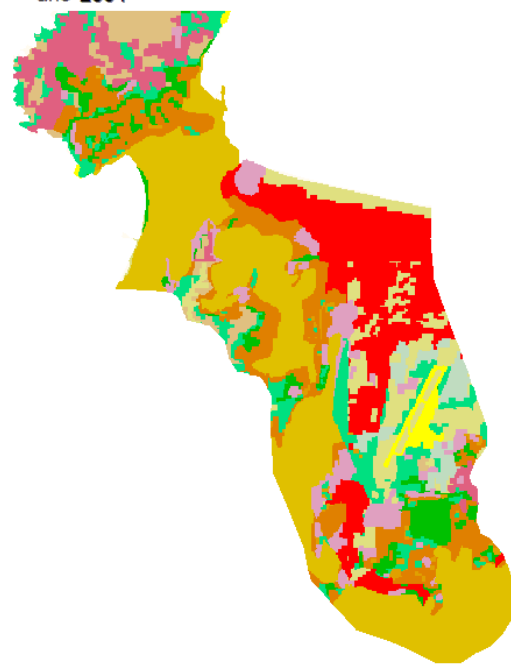
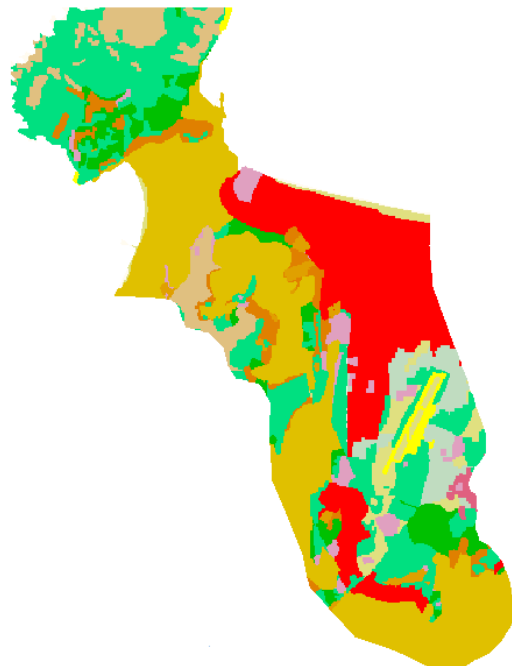
año 1975

año 1990



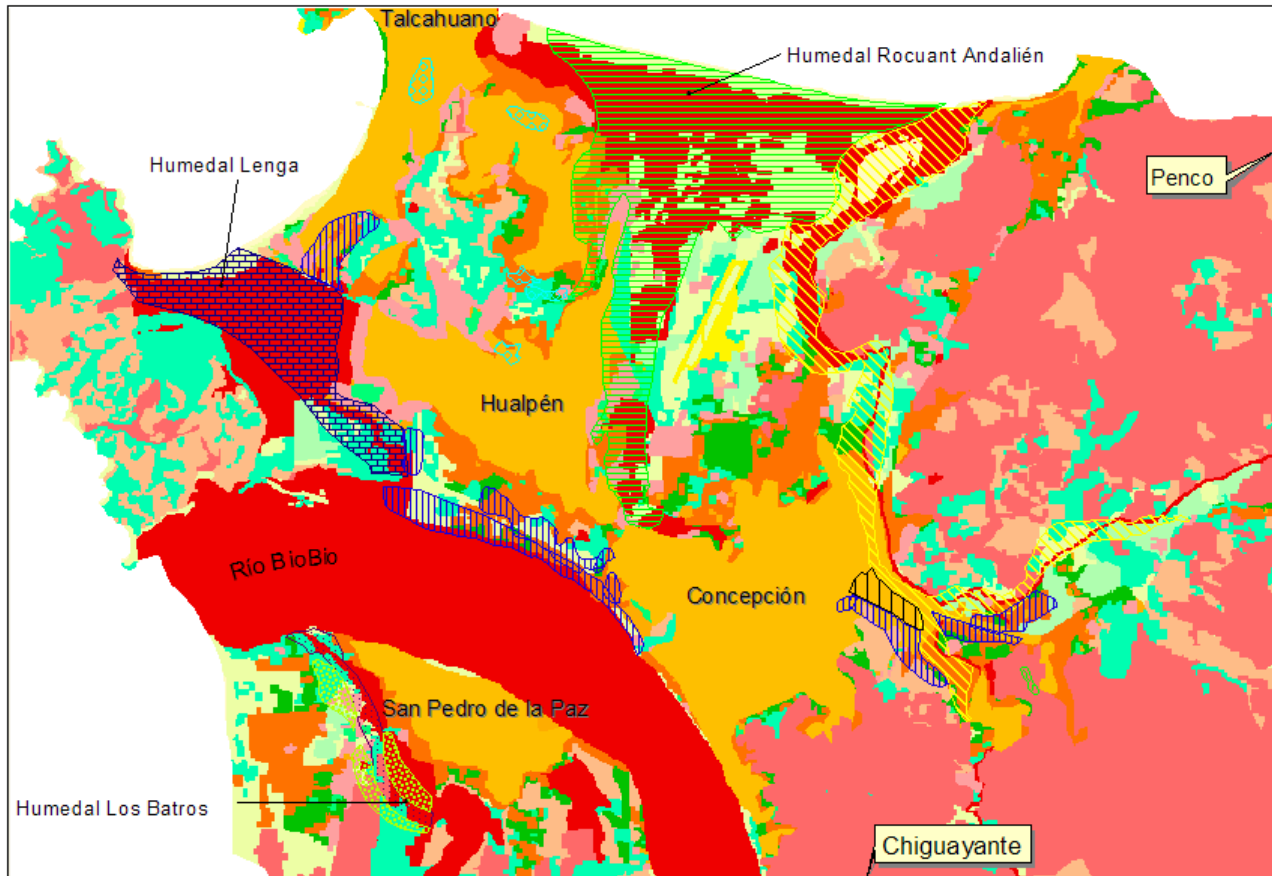
año 2001

año 2004



| Porcentaje Superficie Impermeabilizada (%) | Usos y Coberturas del Suelo         |
|--|-------------------------------------|
| 0  | Humedales, Cursos y Cuerpos de Agua |
| 2.5  | Vegetación Densa                    |
| 3  | Plantaciones Forestales             |
| 4.5  | Vegetación Dispersa                 |
| 5  | Espacios con poca o nula vegetación |
| 5.3  | Cultivos                            |
| 13   | Sitio Eriazo (Suelo desnudo urbano) |
| 16.2                                       | Áreas Verdes                        |
| 37.6                                       | Urbanización Baja Densidad          |
| 59   | Industrial                          |
| 75   | Urbanización Alta Densidad          |
| 80   | Casco Urbano Año 1975               |
| 100  | Puertos, Aeropuertos, Autopistas    |

**Áreas Totales Impermeables (ATIs) y Riesgos Hidrológicos, Gran Concepción, año 2004**



| Riesgos |  |
|---------|--|
|         | Aneamiento areas pantanosas e impermeabilización por urbanización                                      |
|         | Aneamiento por paleocauce y marismas e impermeabilización por urbanización                             |
|         | Aneamiento sobre humedal   |
|         | Inundación terraza inundación reciente, desborde cursos artificiales, impermeabilización pavimentación |
|         | Inundación desborde cursos artificiales  |
|         | Inundación en humedal impermeabilización por urbanización  |
|         | Mixto inundación anegamineto sobre paleocauce y extracción aridos                                      |
|         | Mixto Inundación desborde cauce artificial y anegamineto   |
|         | Remoción en masa, extracción de arcillas   |

| Áreas Totales Impermeables |      |
|----------------------------|------|
|                            | 100  |
|                            | 80   |
|                            | 75   |
|                            | 59   |
|                            | 37.6 |
|                            | 16.2 |
|                            | 13   |
|                            | 5.3  |
|                            | 5    |
|                            | 4.5  |
|                            | 3    |
|                            | 2.5  |
|                            | 0    |
|                            | s/i  |



**Año 2004**

TALCAHUANO

PENCO

Canal del Morro

Humedal Rocuant - Andalién

Río Andalién

Estero Lengua

HUALPÉN

Humedal Lengua

Río Bio Bio

CONCEPCIÓN

Estero Los Batros

SAN PEDRO DE LA PAZ

Océano Pacífico

Humedal Los Batros

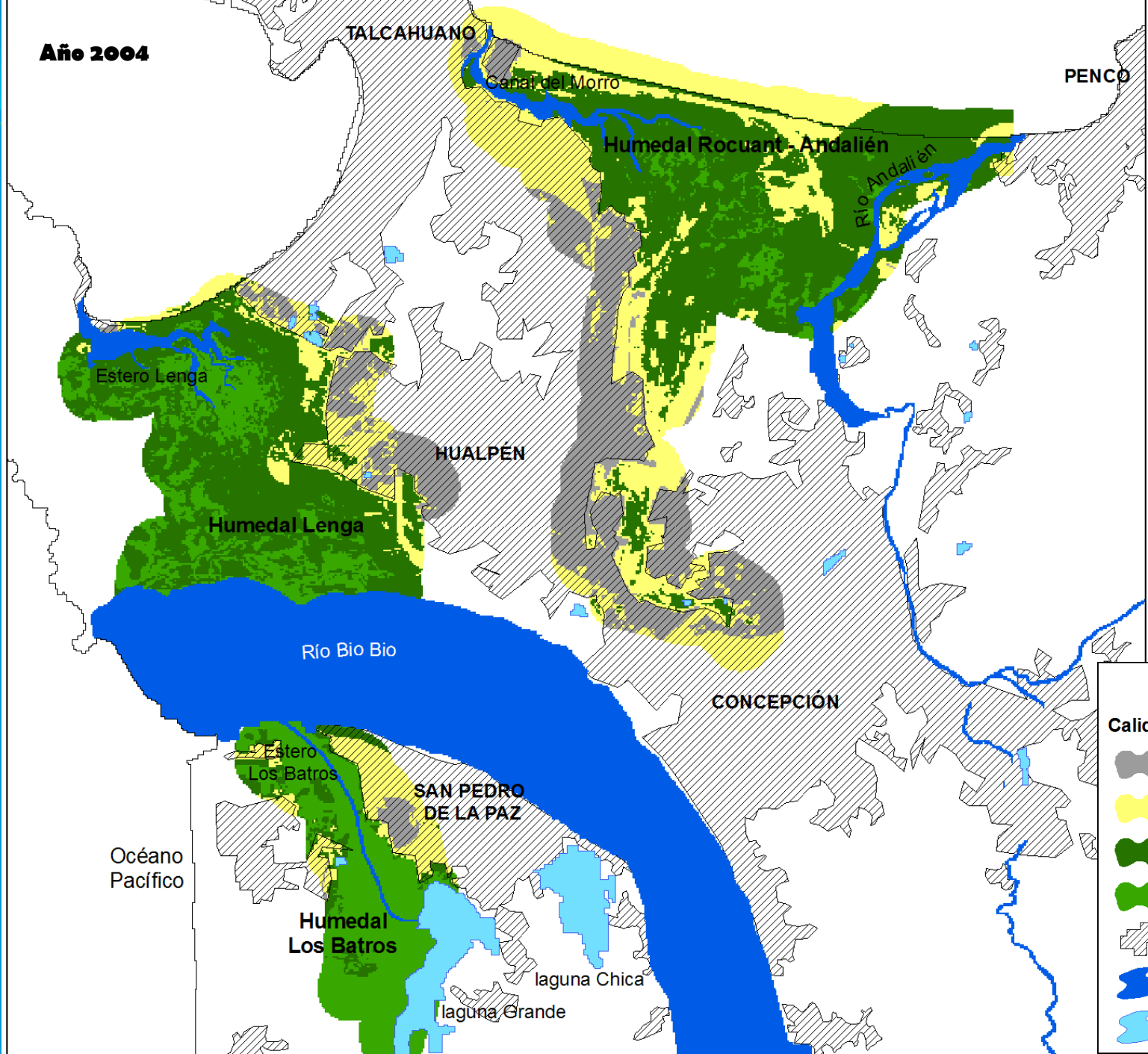
laguna Chica

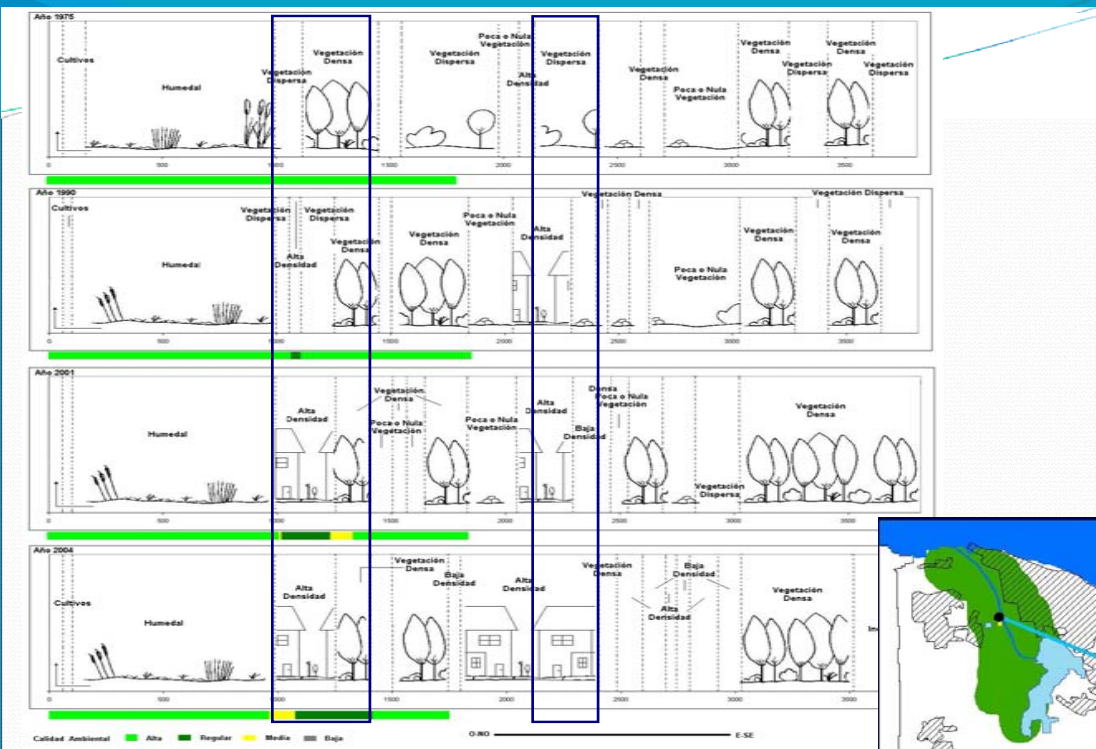
laguna Grande

**LEYENDA**

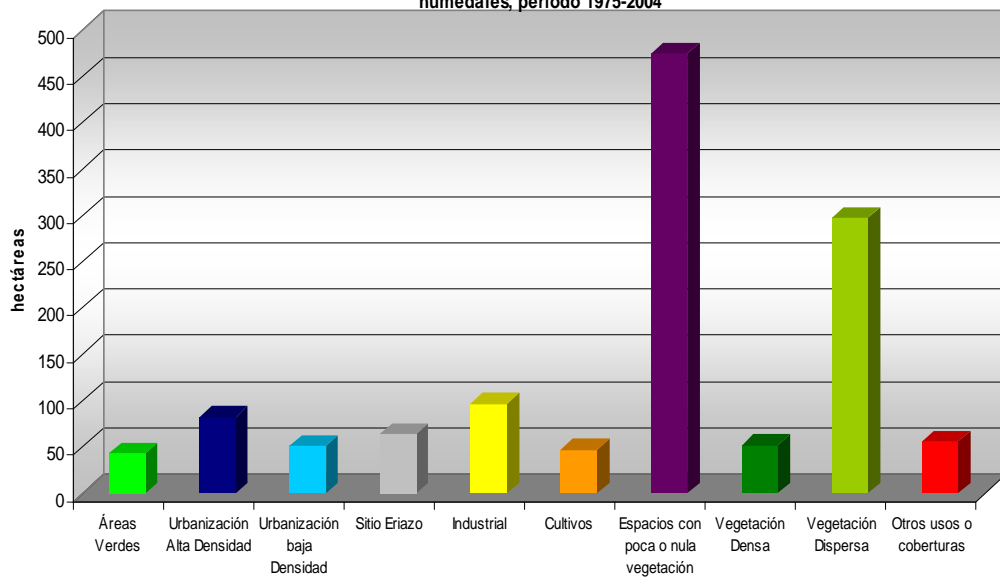
**Calidad Ambiental**

-  Baja
-  Media
-  Media Alta
-  Alta
-  Limite Urbano
-  Cursos de Agua
-  Cuerpos de Agua





Distribución de hectáreas ocupadas por usos y coberturas que reemplazan a la superficie perdida por humedales, período 1975-2004



# ¿SON RESILIENTES NUESTRAS CUENCAS URBANAS?

Foto 139 - Río Andalién Sector Rotonda Breviata  
12 de Julio del 2006 - 14:13 hrs.

Inundación por crecida y desborde  
río Andalién: **SECTOR NUNCA  
ANTES INUNDADO**



Parágrafo: Didier Rousset Buy - 41 331389 - Concepción