

Libros de **Cátedra**

Ecosistemas y sociedad

Impactos de las urbanizaciones
sobre las cuencas hídricas

Alicia E. Ronco y Pedro Carriquiriborde

FACULTAD DE
CIENCIAS EXACTAS

e
exactas



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

ECOSISTEMAS Y SOCIEDAD

IMPACTOS DE LAS URBANIZACIONES SOBRE LAS CUENCAS HÍDRICAS

Alicia E. Ronco

Pedro Carriquiriborde

Facultad de Ciencias Exactas



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



Índice

Prefacio	8
-----------------	---

Pedro Carrquiriborde

Introducción	9
---------------------	---

Pedro Carrquiriborde

Capítulo 1

Urbanización de las cuencas hídricas: Arroyos “Del Gato” y “El Pescado”, La Plata	11
---	----

María Emilia Arruti y Luisina Dorsi

Capítulo 2

Cambios a escala micro-climática: Islas de calor urbanas	28
--	----

Nicolás Ronco

Capítulo 3

Alteraciones sobre el ciclo del agua	48
--------------------------------------	----

Ivana Stoeff Belkenoff

Capítulo 4

Canalización de ríos y arroyos	61
--------------------------------	----

María Florencia Yorlano

Capítulo 5

Escorrentías y contaminación de las aguas	73
---	----

Bruno Caram

Capítulo 6

Descargas cloacales y contaminantes emergentes	98
--	----

Macarena Gisele Rojo

Capítulo 7

Legislación ambiental _____ 111

Darío Moyano

Capítulo 8

Integración de las problemáticas tratadas respecto a la urbanización
de las cuencas hídricas _____ 130

Pedro Carriquiriborde

Los autores _____ 139

CAPÍTULO 2

Cambios a escala micro-climática: Islas de calor urbanas

Nicolás Ronco

Muchas áreas urbanas y suburbanas experimentan temperaturas más altas que las zonas rurales que las rodean. Esta diferencia térmica es lo que constituye una *isla de calor urbana* (ICU). A medida que se desarrolla una ciudad, se realizan cambios en el paisaje. Edificios, calles y otras infraestructuras urbanas reemplazan al campo y a la vegetación. Superficies que eran permeables y húmedas, se vuelven impermeables y secas. Todo esto lleva a la acumulación de energía durante las horas de sol, que se libera luego lentamente impidiendo que bajen las temperaturas.

La ICU de una ciudad puede caracterizarse a través de su intensidad, forma y localización del máximo térmico. La intensidad de la ICU se evalúa como la diferencia observada en un instante determinado entre la temperatura medida en el centro de la ciudad (T_u) y la del área rural próxima (T_r). Esta intensidad varía con la hora del día y la estación del año, dependiendo también de factores meteorológicos como el viento y la nubosidad, y factores urbanos como la densidad de población o el tamaño de la ciudad. En general, la máxima intensidad se produce entre 4 y 6 horas después de la puesta del Sol mientras que durante el mediodía y las primeras horas de la tarde la diferencia suele ser mínima e incluso, en algunas ciudades como Buenos Aires la temperatura urbana puede ser inferior a la rural. Este fenómeno inverso suele denominarse *isla fría*. Así mismo, la máxima intensidad se observa generalmente durante el invierno, especialmente en ciudades con inviernos muy fríos.

Introducción

La temperatura media anual de una ciudad con 1 millón de habitantes o más puede ser entre 1 y 3 °C superior a la media anual de la zona rural circundante. Esta diferencia incrementa en la noche, especialmente si esta es calma y despejada, pudiendo llegar a ser de 12 °C. Las ciudades pequeñas no están ajenas a generar islas de calor, aunque la intensidad de la ICU generalmente es mayor en las metrópolis. A su vez, la morfología urbana puede modificar la intensidad del fenómeno.

En las Figuras 1 y 2 se esquematiza de dos formas distintas el comportamiento general: la temperatura se distribuye de forma tal que los valores más altos se registran en el área céntrica, donde las construcciones forman un conjunto denso y compacto. En consecuencia, las isotermas presentan generalmente una disposición concéntrica alrededor del centro urbano, con temperaturas que tienden a disminuir hacia las regiones menos construidas.

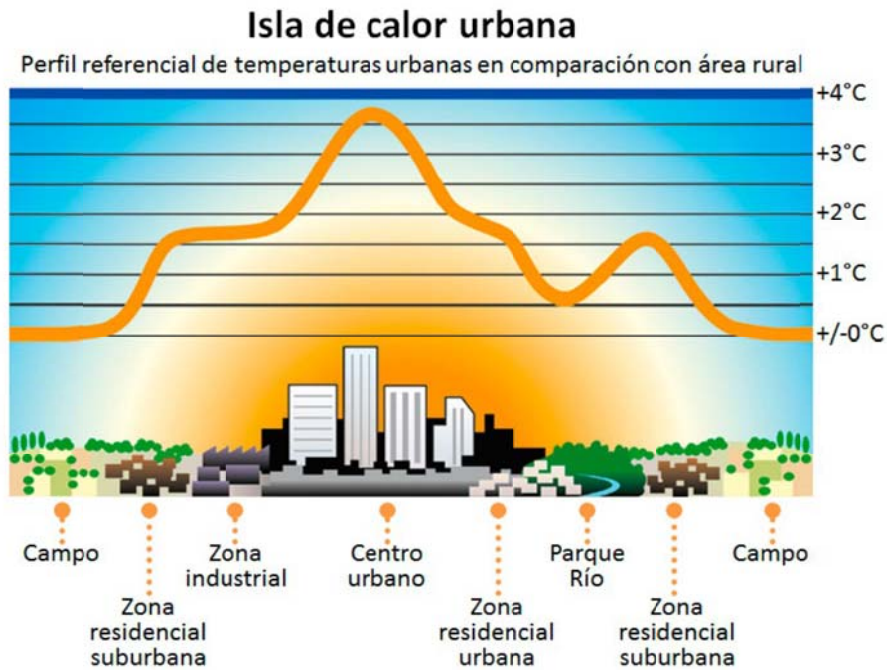


Figura 1. Perfil de temperatura en una zona urbana, suburbana y rural (Fuente: www.arquitecturayenergía.cl).



Figura 2. ICU atmosférica durante la noche, totalmente desarrollada. La línea roja indica el eje en el que fueron registradas las temperaturas. La temperatura del aire normalmente se mide a través de una densa red de puntos de muestreo, sean estaciones fijas o móviles (Fuente: Adaptado de EPA 2008).

Se pueden diferenciar dos efectos de las islas de calor urbanas: el superficial y el atmosférico. La diferencia entre ambos radica en el impacto que tienen y en los métodos disponibles para mitigarlos.

Islas de Calor Urbanas superficiales

En un día de verano soleado y caluroso, el sol calienta las superficies urbanas expuestas, como terrazas y pavimento, a temperaturas mucho más altas (entre 27 y 50 °C) que la del aire. Por otro lado, las superficies húmedas o que están a la sombra (normalmente en el entorno rural) presentan temperaturas cercanas a las del aire. Si bien este tipo de ICU (Figura 3) existe tanto en el día como en la noche es más intenso durante el día, cuando el sol está brillando. En promedio la diferencia de temperaturas superficiales durante el día, entre zonas urbanas y rurales, es de 10 a 15 °C; durante la noche esta diferencia es menor, de entre 5 y 10 °C. Además, este efecto es más pronunciado durante la temporada de verano, cuando el sol es más intenso.

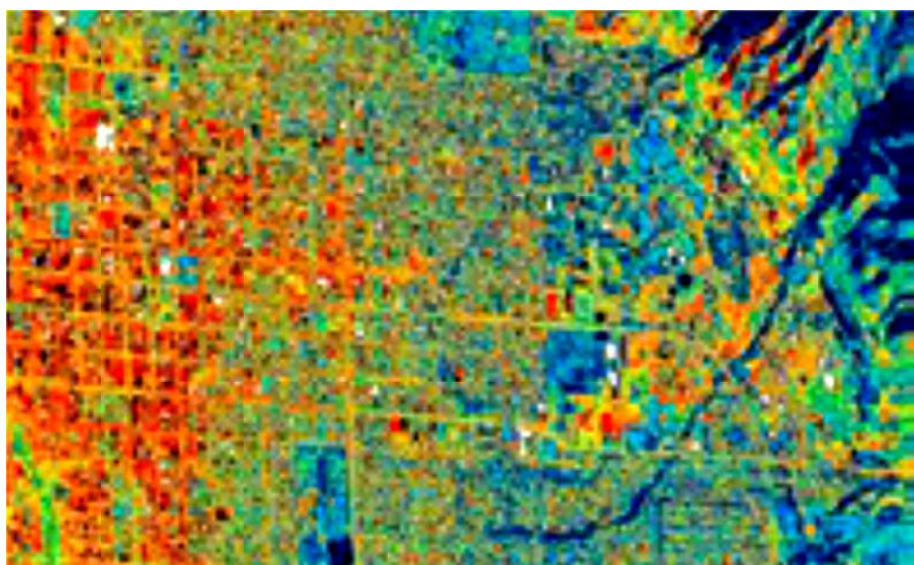


Figura 3. Imagen mostrando una isla de calor superficial. Las zonas blancas indican temperaturas cercanas a los 70 °C (urbe), mientras que las zonas azules (campo) tienen temperaturas cercanas a 30 °C (Fuente EPA 2008).

Islas de Calor Urbanas atmosféricas

Este efecto es la diferencia entre la temperatura del aire en áreas urbanas y la menor temperatura de áreas rurales cercanas (Figura 4). A su vez, se clasifica en dos tipos: capa baja y capa frontera. La primera, está constituida por el aire donde vivimos y se extiende desde el suelo hasta la cima de los árboles y edificios. Este efecto es el que mayor impacto posee en el desarrollo de nuestra vida diaria. La segunda capa, se extiende desde el final de la anterior hasta el punto en donde el entorno urbano ya no tiene influencia sobre la atmósfera (este límite

superior es alrededor de 1,5 km). Si bien este efecto es débil cerca del mediodía y la tarde, y se potencia luego del atardecer debido a la lenta liberación de calor por parte de los edificios y pavimentos, no debemos olvidar que depende de las propiedades particulares de la urbe, del tiempo y de la estación.

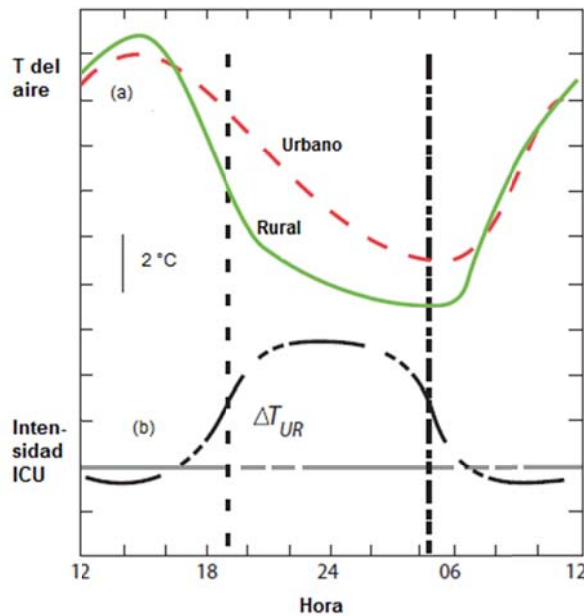


Figura 4. Esta figura muestra la evolución temporal de una ICU atmosférica. (a) evolución de la temperatura en cada zona (b) diferencia de temperaturas entre zona urbana y rural en una jornada despejada y calma. La Intensidad de la ICU es mayor cerca del atardecer (Fuente Adaptado de EPA 2008).

En la Figura 5 se comparan las curvas de temperatura de las islas de superficie y atmosféricas. Más allá de esta clasificación, es importante resaltar que ambos fenómenos se dan simultáneamente y se encuentran relacionados: especialmente el efecto superficial y el atmosférico de capa baja, es decir, la parte del aire que es más cercana a la superficie del suelo.

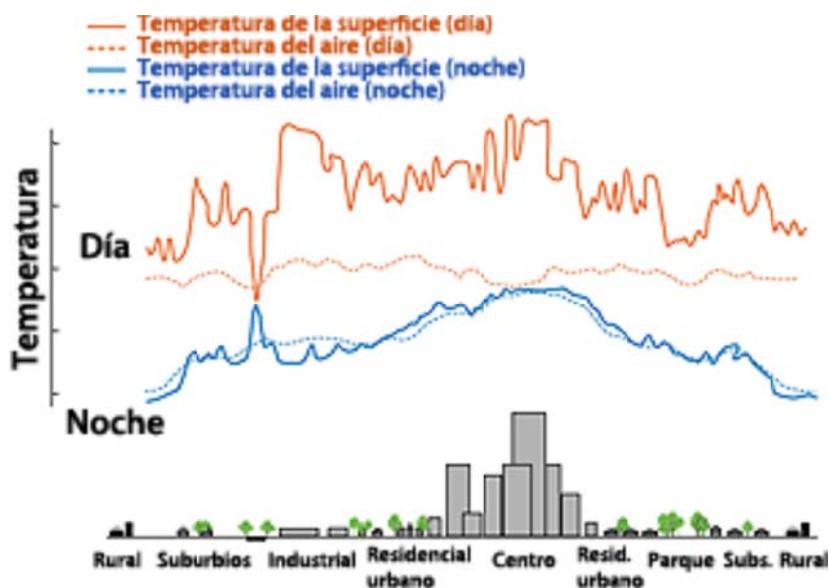


Figura 5. Las temperaturas de la superficie varían más que las del aire durante el día, pero a la noche ambas son muy similares (Fuente Adaptado de EPA 2008).

Isla de Calor Urbana y Calentamiento Global

Las ICU son ocasionadas por el desarrollo y los cambios en las propiedades térmicas y de radiación de la infraestructura urbana, así como por el impacto que tienen las construcciones sobre el micro-clima local: por ejemplo, los edificios altos pueden disminuir la velocidad a la cual las ciudades se enfrían durante la noche. Además, este fenómeno es influenciado por la localización geográfica y clima de la ciudad y su intensidad varía según el día y la época del año.

La diferencia fundamental entre el efecto de una ICU y el calentamiento global es que el cambio climático en el primero está limitado a una escala local y disminuye al alejarse de la fuente (ciudad). A diferencia de esto, el calentamiento global es un aumento en la temperatura promedio de la atmósfera terrestre, ocasionado por diversos factores naturales y humanos pero principalmente por la alta emisión de gases de *efecto invernadero*. El incremento de las temperaturas es sólo una de las consecuencias del cambio climático global, junto con el cambio en el nivel del mar y la alteración del patrón de las precipitaciones, entre otros.

No obstante, las medidas para reducir el efecto de las ICU producen múltiples beneficios, incluyendo la reducción en la demanda de energía y la contaminación del aire, contribuyendo así también a la reducción del cambio climático global.

Causas

La urbanización, sobre todo cuando se lleva a cabo sin una planificación que contemple el impacto ambiental, genera este efecto a través de factores que están relacionados e interactúan entre sí aumentando la magnitud del fenómeno. La inherente destrucción de áreas verdes, el uso de materiales de baja reflectancia en la construcción, la impermeabilización y pavimentación de suelos, el uso excesivo del automóvil y el consumo descuidado de energía en los hogares son las principales causas.

Reducción de la vegetación en áreas urbanas

Como sabemos, los árboles proveen sombra y esto ayuda a disminuir la temperatura del ambiente. Pero no la única manera de bajar la temperatura de la superficie. La evapotranspiración es un proceso por el cual las plantas liberan agua al entorno disipando el calor (calor latente, que se siente como humedad). En contraposición, las áreas urbanas se caracterizan por presentar áreas impermeables y secas tales como techos, terrazas, calles, etc. Con el desarrollo de las ciudades, la vegetación se disipa y, con ella, desaparecen las superficies permeables, la sombra y la humedad que, como dijimos anteriormente, favorecerían el enfriamiento del ambiente urbano.

En este sentido, una ciudad con pocos espacios verdes, es una ciudad con poca capacidad de evapotranspiración y de infiltración, esto último como consecuencia de las alteraciones en el ciclo del agua. Esto, favorece la escorrentía lo que, a su vez, ocasiona la contaminación difusa del agua.



Figura 6. Museo de Ciencias Naturales (arriba) e Hipódromo (abajo) de La Plata. Parte del Bosque fue cedido para estas construcciones.

Propiedades de los materiales de la infraestructura urbana

Las propiedades de los materiales de construcción, en particular la reflectancia, la emisividad térmica y la capacidad calorífica, también afectan al desarrollo de una ICU ya que determinan la cantidad de energía solar que acumulan. El 5% de la radiación que llega del sol pertenece a la región ultravioleta, el 43% es de la zona visible y el resto infrarroja. Todas estas radiaciones contribuyen a la formación de una ICU. La reflectancia solar es el porcentaje de la energía solar que refleja una superficie. Esta depende en parte del color de dicha superficie: las

más oscuras suelen presentar reflectancias menores que las de colores suaves. Entonces, de aquí surge una posible alternativa para reducir el efecto de ICU: utilizar materiales de colores *fríos* o pigmentos especialmente desarrollados para que reflejen la radiación infrarroja.

En general, las zonas urbanas utilizan materiales con menor reflectancia que los presentes en zonas rurales. Como resultado, aumenta el porcentaje de radiación absorbida, lo que aumenta la temperatura de las superficies y contribuye a la formación de una ICU superficial y atmosférica de capa baja. Otra propiedad importante es la capacidad de acumular energía. Los materiales de construcción poseen altas capacidades, lo que convierte a las ciudades en almacenes de calor muy efectivos. Zonas densamente pobladas pueden absorber y almacenar dos veces la cantidad de calor que absorbe el ambiente rural.

Calor antropogénico

Este es el calor generado por las actividades humanas y contribuye a la formación de ICU atmosféricas.

Entre sus fuentes podemos mencionar la energía empleada para calefaccionar y enfriar ambientes, electrodomésticos, medios de transporte y procesos industriales. Estas cantidades varían según la ciudad, siendo las más pobladas las que más calor producen. El calor antropogénico no es importante en las zonas rurales y puede ser un aporte significativo a la diferencia de temperaturas, sobre todo en invierno. El efecto se presenta prácticamente en todas las ciudades del mundo, en diferente medida dependiendo del macro y meso clima, y de las características urbanas, pero generalmente es más fuerte cuanto más grande es la urbe.

Geometría Urbana

La forma de las ciudades influye sobre el flujo del viento, la cantidad de energía absorbida y la cantidad que se libera efectivamente de nuevo al espacio. En áreas urbanas muy desarrolladas, los edificios suelen estar rodeados por otros y se convierten en grandes masas calientes que no pueden liberar su temperatura en exceso, debido a dichas obstrucciones. Esto es especialmente importante a la noche, cuando el aire en esta zona se calienta por contacto con dichas superficies. En general, las máximas temperaturas tienden a encontrarse a sotavento del área más densamente construida. Esto está relacionado con lo que suele llamarse *cañones urbanos*, es decir, calles angostas bordeadas por edificios altos y muy cercanos entre sí. Durante el día el efecto de estos cañones es dual: por un lado, pueden dar sombra y reducir la superficie que absorbe radiación solar. Por otro, cuando la radiación alcanza la profundidad del cañón, la energía se refleja múltiples veces hasta que es absorbida por las paredes aumentando su temperatura (disminuye la reflectancia neta), en lugar de reflejarse hacia la atmósfera.

Por la noche el efecto es completamente negativo, pues estas estructuras dificultan el enfriamiento por emisión de radiación o por entrada de flujos de aire frío.

El efecto de la geometría urbana en la formación de ICU se describe a través del *Factor de Visibilidad del Cielo* (FVC), que representa al área del cielo visible desde un punto dado de la superficie. Este factor varía entre 0 (situación parecida a los cañones urbanos) y 1 (espacios abiertos). Los edificios y demás construcciones absorben la radiación de onda corta y la emiten luego como radiación de onda larga. En zonas con un FVC pequeño esta radiación se refleja y es reabsorbida por construcciones linderas, impidiendo que el calor sea liberado.

Otros factores

Existen dos factores respectivos al clima relevantes para la formación de ICU: el viento, y la nubosidad. En general, las ICU se forman durante periodos sin viento y cielo despejado, pues así se maximiza la cantidad de energía solar que llega a la superficie urbana, y se minimiza la cantidad de calor que pierde por convección.

La ubicación geográfica es otro factor, en cuanto determina la topografía y el clima de la ciudad. Distintos factores habrá según si está emplazada en un valle, junto a un río, un lago o el mar. Por ejemplo, grandes cuerpos de agua ayudan a mantener la temperatura baja (ver figura 2) y además pueden generar vientos que arrastren el calor.

Cuando la velocidad del viento es moderada, la ICU suele deformarse y orientarse en la dirección en la que sopla el viento. Cuando la velocidad del viento aumenta, la diferencia de temperatura urbana-rural disminuye. De esta forma pueden alcanzarse velocidades críticas a partir de las cuales la ICU no se desarrolla.

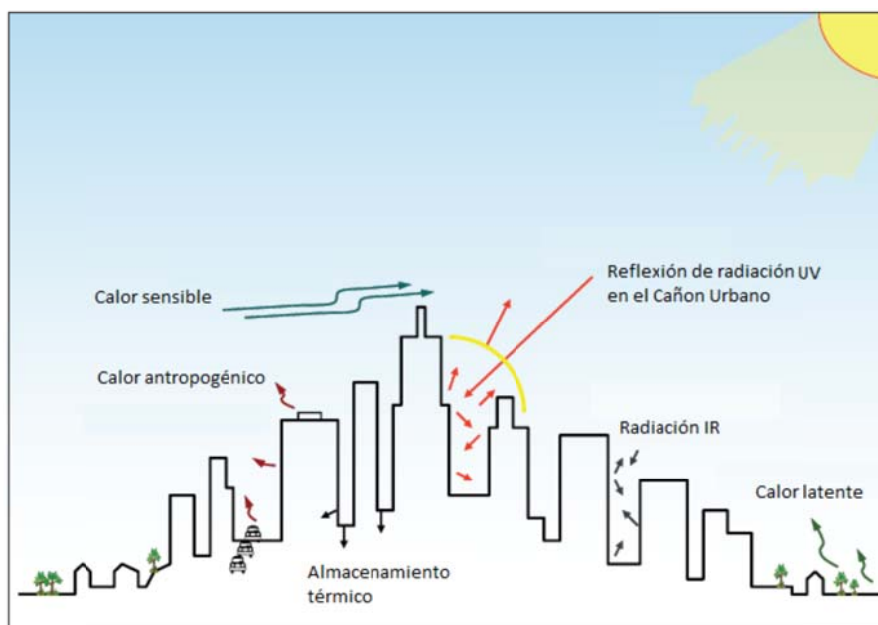


Figura 7. Ciclo de la energía en un entorno urbanizado (Fuente: Adaptado de EPA 2008).

Consecuencias

Las temperaturas elevadas producto de una ICU -en especial durante el verano- afectan el ambiente y la calidad de vida de la comunidad de manera negativa: aumenta el consumo de energía, aumentan las emisiones de contaminantes y gases de invernadero, el clima se torna desagradable y se potencian los riesgos de sufrir golpes de calor; se prolonga la temporada de crecimiento de la vegetación y disminuye la demanda de energía para calefacción en el invierno. No obstante, esta última ventaja, si se compara con los perjuicios durante el resto del año el saldo es ampliamente desfavorable.

Consumo de energía

El pico de demanda suele ocurrir en las tardes de los días de semana de verano y el aumento en la demanda se estima en un 3% por cada grado de aumento de temperatura. Además, se cree que el crecimiento sostenido en el consumo energético en los últimos tiempos se destina en un 5 a 10% a compensar el efecto de ICU. Incluso pueden ocurrir apagones por saturación de la red.

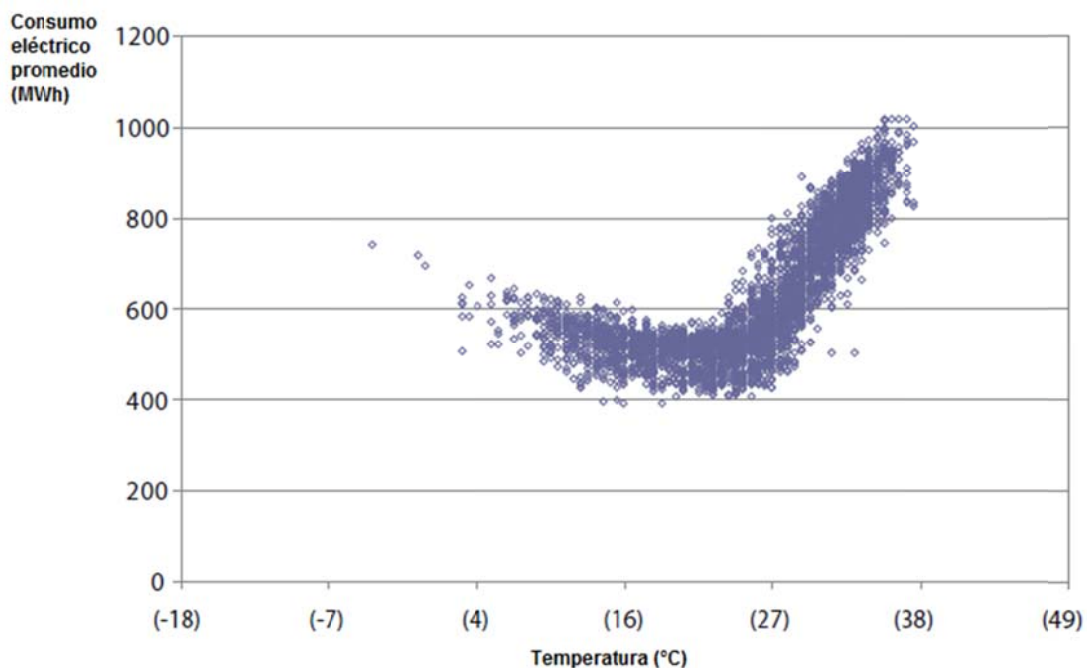


Figura 8. Demanda de energía eléctrica versus temperatura máxima del día. Se observa el aumento sostenido y abrupto en la demanda de energía a partir de que la temperatura supera los 25 °C (Fuente: Datos de Nueva Orleans, Adaptado de EPA 2008).

Calidad del aire y del agua

Las altas temperaturas hacen que aumente la demanda de energía, lo que generalmente lleva aparejado la mayor emisión de contaminantes al aire y de gases de invernadero. Cuando la energía eléctrica es producida a partir de la combustión de combustibles fósiles, se emiten al ambiente contaminantes tales como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, material particulado, monóxido y dióxido de carbono. Estas emisiones son dañinas para la salud y ocasionan problemas ambientales, por ejemplo, la lluvia ácida. Además, aumenta la velocidad de producción de ozono al nivel de la atmósfera a partir de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles.

En general, los efectos directos de una ICU sobre la comunidad son incomodidad; agotamiento; golpes de calor y problemas respiratorios. Los grupos de riesgo son los niños y los ancianos. Por citar dos ejemplos, se estima que entre los años 1979 y 1999 ocurrieron en EEUU unas 8.000 muertes relacionadas con calores extremos. En Buenos Aires, alrededor del 10% de las muertes en el verano se asocian con el estrés térmico.

Cuando llueve en una ciudad, el agua absorbe el calor de la infraestructura y luego lo arrastra hasta algún curso natural por medio de los desagües pluviales. Esto puede incrementar la temperatura de las aguas superficiales varios grados en pocos minutos, alterando el ecosistema de manera peligrosa para las especies que allí se desarrollan.

Precipitaciones intensas

El efecto de la urbanización sobre el clima suele asociarse con la formación de islas de calor y ha sido detalladamente estudiado desde el trabajo de Oke en 1981 y explicado aquí. Sin embargo, la relación entre el grado de urbanización y las precipitaciones es un poco más compleja y no ha sido fehacientemente determinada. Durante la temporada baja de lluvias en algunos sectores urbanos, suelen formarse núcleos de condensación pequeños, es decir nubes pequeñas, a causa de la contaminación atmosférica con material particulado. Sin embargo, en las temporadas de lluvias frecuentes, estas pueden incrementarse considerablemente. Cuando las nubes con altas concentraciones de aerosoles alcanzan mayores alturas las gotas que forman las nubes se congelan, liberando calor y generando fuertes movimientos convectivos y precipitaciones violentas. Es posible afirmar que las precipitaciones intensas son más frecuentes en áreas urbanas que en áreas rurales.

En un estudio para investigar el efecto de la urbanización en la intensidad de las precipitaciones, refiriéndose a una escala temporal, se tomaron medidas de lluvias durante distintos intervalos que van desde 3 horas hasta 5 días. Análisis estadísticos revelan una baja correlación entre la extensión de la urbe y la precipitación total anual. Sin embargo, existe una correlación entre la extensión de la urbe y la ocurrencia de fuertes precipitaciones, indicando que estas suelen ocurrir con mayor frecuencia en zonas urbanas. Además, estas correlaciones

mejoran cuando la escala temporal disminuye, debido a que las tormentas fuertes suelen ser cortas, encontrándose el mejor ajuste para un intervalo de 6 horas de lluvia intensa.

Por otro lado, a ciudad de mayor tamaño, mayor tendencia al aumento de lluvias intensas durante la temporada húmeda, y una disminución en la temporada seca. Las altas temperaturas de la superficie de la ciudad provocan inestabilidad en la atmósfera, lo que da como resultado vientos más intensos y, por lo tanto, precipitaciones más violentas. Cabe aclarar que, si bien la topografía puede influir en los patrones de precipitaciones de cada lugar, no tiene influencia significativa sobre las lluvias fuertes, especialmente las más intensas y de corta duración.

Cambio Climático

Según el quinto reporte del *Panel Intergubernamental para el Cambio Climático* (IPCC, por sus siglas en inglés) se pronostican las siguientes condiciones para la región de la Cuenca del Plata:

- Aumento del nivel del río.
- Mayores temperaturas (aumento medio anual estimado de 0,5 °C para la década 2020-2029)
- Aumento de frecuencia de las sudestadas y de las lluvias más caudalosas.
- Probabilidad de que aumente la frecuencia islas de calor.

Mitigación

La reducción del efecto de isla de calor es extremadamente compleja. Requiere cambios sustanciales en la estructura urbana que sólo se lograrían con una planificación sustentable y con políticas de largo plazo. Estas deben tener como objetivo, entre otros, una mejor ventilación de la ciudad, la disminución de la densidad y de la altura de construcción y el aumento de las zonas verdes. No obstante, existen técnicas de mitigación del efecto isla de calor aplicables a pequeña escala, por ejemplo:

- Instalar techos y pavimentos con materiales de alta reflectancia o utilizar techos y fachadas *verdes* o de colores *fríos*.
- Promover el aumento y la conservación de las áreas con vegetación.
- Utilizar reservorios de agua en espacios verdes (convierte el calor sensible en calor latente).
- Ahorro energético. Por ejemplo, fomentar el aprovechamiento de la energía solar y el uso de ventanas con doble vidrio.

Isla urbana de calor de Buenos Aires

La magnitud de la ICU en la ciudad de Buenos Aires (BA) varía según la época del año, alcanzando el máximo durante el invierno y el mínimo en el verano. En la Figura 9 se presenta la variación media horaria de la intensidad de la ICU de BA para verano e invierno calculada como la diferencia entre las temperaturas horarias registradas en las estaciones meteorológicas Observatorio Central Buenos Aires (urbana) y Ezeiza Aero (rural) pertenecientes a la red de observación del Servicio Meteorológico Nacional en el periodo 1976-2007.

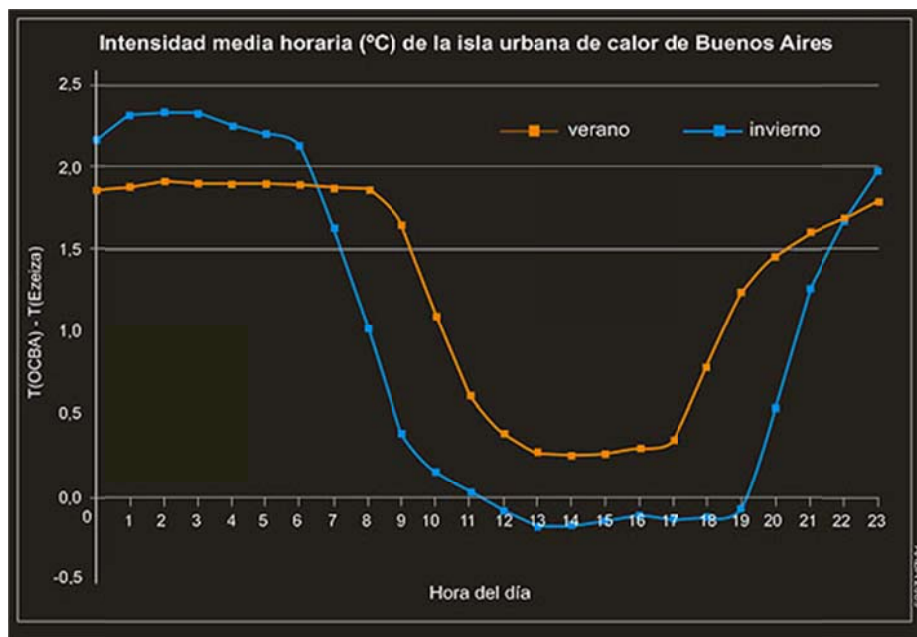


Figura 9. Variación media horaria y estacional de la intensidad de la ICU en CABA (Fuente: atlasdebuenosaires.gov.ar).

La intensidad de la ICU de BA es en promedio menor en el invierno (1 °C) y alcanza el máximo valor medio durante el verano (1,3 °C). No obstante, durante el verano se registra con mayor frecuencia el efecto de isla fría. Sea durante el verano o durante el invierno, la intensidad de la ICU es mínima en las horas del día y máxima en la noche. Igualmente, la diferencia de temperaturas entre BA y Ezeiza puede alcanzar valores del orden de 10 °C. Por ejemplo, la intensidad máxima horaria de la ICU registrada en el periodo 1976-2007 en verano fue de 11,3°C (14/01/2005 a las 19:00 horas); y para invierno, de 10,2°C (28/08/1982 a las 22:00 horas).

En la Figura 10 se muestra la tendencia a la menor frecuencia de ocurrencia de noches con cielo despejado y la tendencia hacia la menor frecuencia de noches calmas (sin viento). Ante estas condiciones, es posible esperar que disminuya la magnitud del calentamiento urbano.

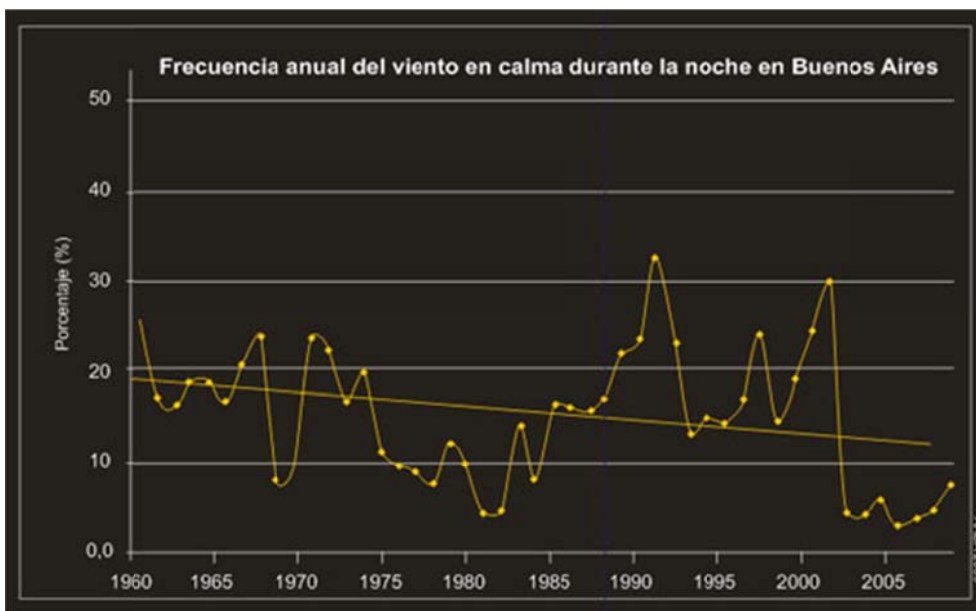
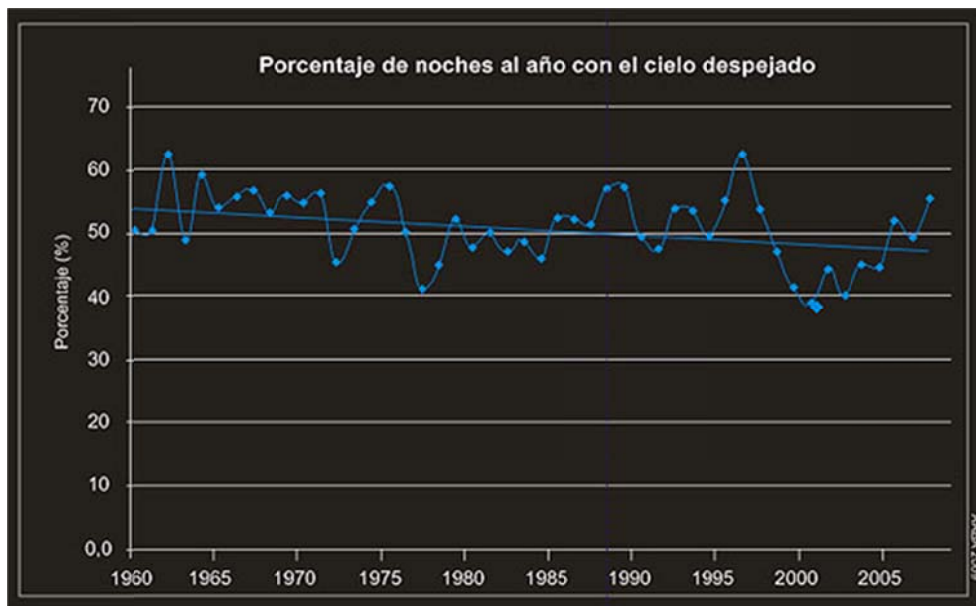


Figura 10. Evolución anual del porcentaje de noches con cielo despejado y de la frecuencia de noches calmas en CABA (Fuente: atlasdebuenosaires.gov.ar).

En la figura 11 se presenta la evolución de la intensidad media de la ICU de BA para el periodo 1960-2008. Es posible apreciar que, pese al aumento de la urbanización durante ese periodo, el efecto de calentamiento urbano muestra una tendencia negativa. Este comportamiento indica que la población no es el único parámetro determinante de la intensidad de este fenómeno, sino que es el resultado de complejas interacciones con otros factores.

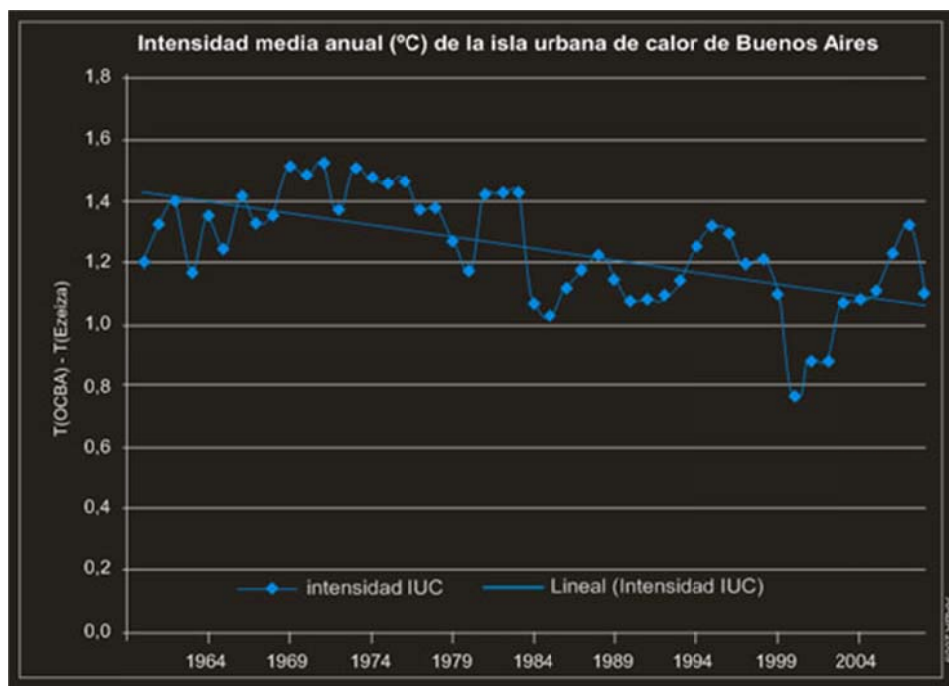


Figura 11. Evolución anual de la intensidad media de la ICU en CABA. (Fuente: atlasdebuenosaires.gov.ar).

Ciudad de La Plata

Está ubicada en la pampa húmeda, a 56 kilómetros en dirección sudeste de la ciudad de Buenos Aires y a 9,87 metros sobre el nivel del mar. Es la ciudad más populosa de la Provincia. También es la más desarrollada y asiento de las autoridades bonaerenses.

Su clima es templado, con una temperatura media anual de 16,3 °C y precipitaciones medias anuales calculadas en 1023 mm. La humedad media anual es de 77,6 % y el viento dominante es del Sudeste, que se manifiesta durante 4 meses al año.

La ciudad fundada por Dardo Rocha es desde su fundación un polo educativo de excelencia. La Plata es paradigma de planificación urbanística de fines del Siglo XIX. Por ser una ciudad proyectada antes de construirse, presenta una estructura ecológicamente armónica. La traza de la ciudad se caracteriza por una estricta cuadrícula y sus numerosas avenidas y diagonales. La forma aproximada del plano original es la de un cuadrado de 38 cuadras. La convergencia de las dos diagonales más importantes, 73 y 74, que atraviesan la ciudad de este a oeste y de norte a sur, respectivamente, se produce en la Plaza Moreno, la principal de la ciudad, en cuyo centro se encuentra la Piedra Fundamental.

En la «ciudad de los tilos y las diagonales», cada seis calles se encuentra una avenida, y en cada intersección de avenidas aparece uno de sus 23 parques y plazas (incluido el Paseo del Bosque), cruzados también por diagonales más cortas. Pobladas por alguna especie arbórea que las caracteriza, especialmente tilos, así como también por plátanos, jacarandás, naranjos, palos borrachos y paraísos. Entre otros, las vías de la ciudad se presentan como las más fores-

tadas entre las ciudades del país (Figura 12), y con una considerable variedad en especies de aves, que permite ver estorninos, carpinteros, colibríes, horneros, cotorras y zorzales.



Figura 12. Jacarandas en las calles de la ciudad.

Sobre el borde nordeste de La Plata, Benoit proyectó el Paseo del Bosque, un inmenso espacio verde y público inspirado en el Parque 3 de Febrero de Buenos Aires. Aunque su idea original no se respetó, ya que en 1884 se decía que parte de las tierras del parque serían destinadas para el futuro Hipódromo de La Plata, el Bosque sigue siendo el principal parque platense. A lo largo del siglo XX, numerosos edificios y concesiones a entidades privadas siguieron adueñándose de las tierras públicas del Paseo del Bosque. Aun así, hoy en día se destacan su lago, el anfiteatro Martín Fierro, el Jardín Zoológico y Botánico de estilo victoriano, el observatorio astronómico y el Museo de Ciencias Naturales de la UNLP. Una Avenida de Circunvalación bordea la ciudad, formando las aristas perimetrales de este cuadrado ideal que consistió en el plano urbano original. Está compuesta por las Avenidas 32, 122, 72 y 31, e incluye cuatro avenidas curvas que evitan los vértices del *cuadrado*, llamadas Boulevard: 81, 82, 83 y 84. Una serie de diagonales menores conectan los cruces de las avenidas principales y sus plazas.

En las Figuras 13, 14 y 15 se muestran diferentes parámetros meteorológicos medidos para la ciudad de La Plata, CABA y Ezeiza.

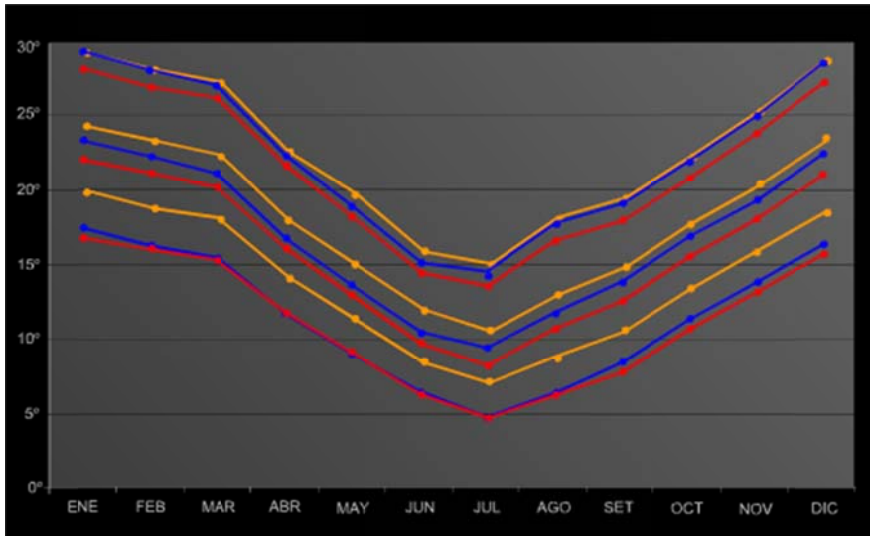


Figura 13. Temperatura media y temperaturas extremas medias mensuales (máxima y mínima) para CABA (naranja), La Plata (rojo) y Ezeiza (azul). Esta última se toma como zona rural. (Fuente: atlasdebuenosaires.gov.ar).

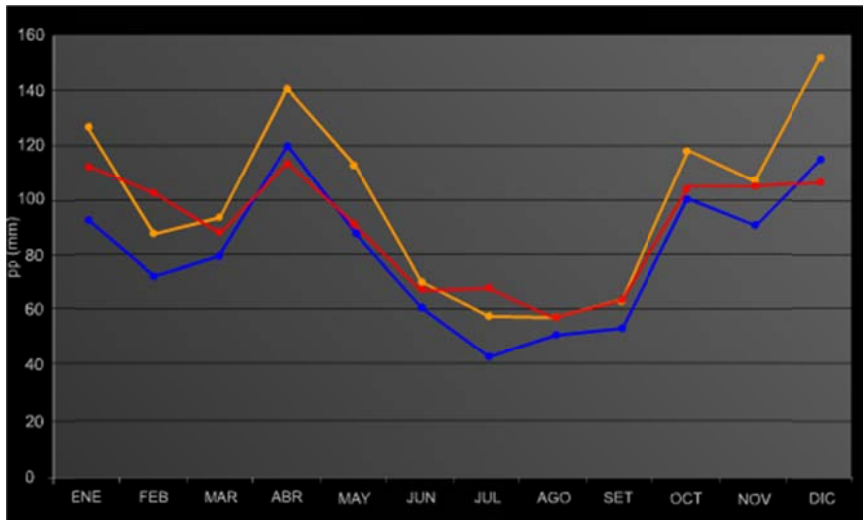


Figura 14. Precipitaciones mensuales (mm) para CABA (naranja), La Plata (rojo) y Ezeiza (azul). (Fuente: atlasdebuenosaires.gov.ar).

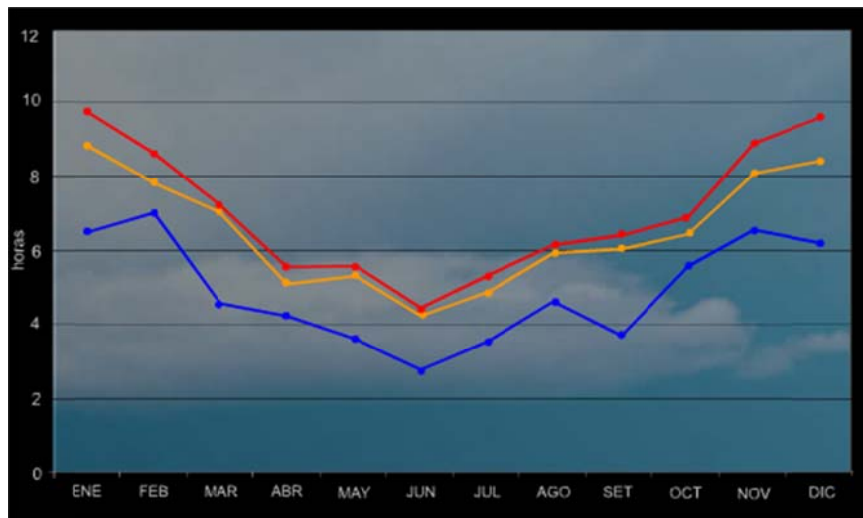


Figura 15. Horas de sol diarias. CABA (naranja), La Plata (rojo) y Ezeiza (azul). (Fuente: atlasdebuenosaires.gov.ar).

La evolución de la población del Partido de La Plata desde 1960 al 2010 se muestra en la Figura 16. Se pone de manifiesto el crecimiento demográfico que ha sostenido la ciudad. El casco urbano fundacional, según el Censo de Nacional de Población y Viviendas de 2001 contaba con una población de 186.524 habitantes. Nótese como entre 1991 y 2001 desaceleró su crecimiento, como le sucedió a muchas ciudades argentinas; sin embargo, La Plata (LP) y el Gran La Plata (GLP) tienen un crecimiento vegetativo 3,5% superior a la media de la Argentina, lo que significa que la ciudad recibe nuevos habitantes permanentes. A su vez, el aglomerado GLP contó con 745.027 en 2001, lo que la sitúa hasta el momento como la 6^{ta} aglomeración de Argentina.

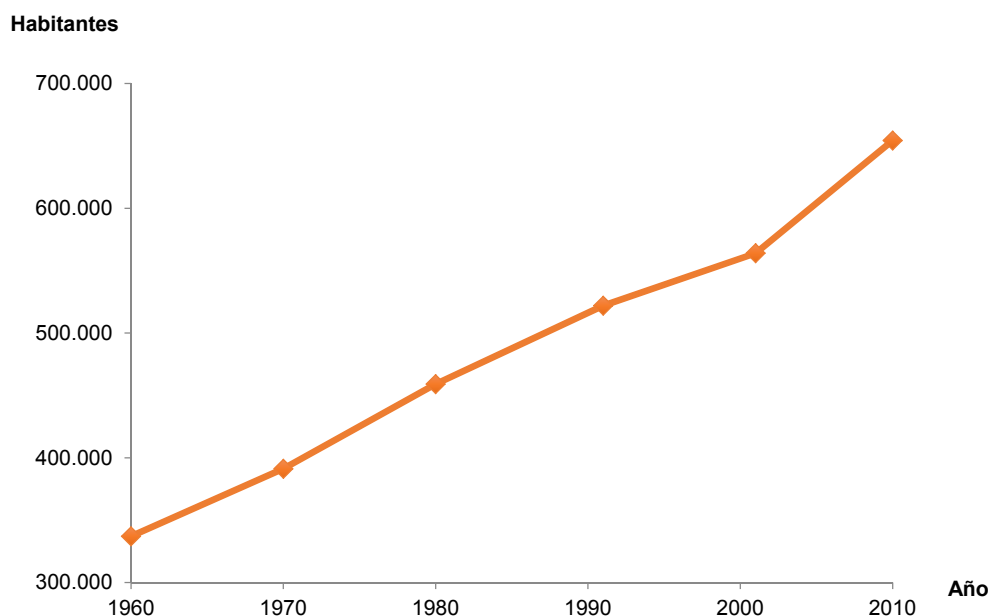


Figura 16. Evolución de la población del partido de La Plata desde 1960 a 2010. (Datos de INDEC).

En la Figura 17 se representa el área construida en la ciudad, en cada mes, para los años 2002, 2007 y 2008. Excepto en el 2002, un año marcado por la gran crisis social y económica, en el que el área construida nunca supera los 10.000 m², en los otros dos ejemplos mostrados este número es casi una cota inferior, alcanzando picos de 45.000 m². Esto denota el fuerte crecimiento inmobiliario que ha tenido la ciudad en los últimos años. Además, en la figura 20, se observa que la mayor parte de la construcción nueva que se realizó en la ciudad estuvo dirigida a edificios (viviendas multifamiliares) y en segunda instancia, a viviendas familiares simples. Como ya se explicó (ver Geometría urbana), el efecto que producen los edificios en la formación de ICU es mucho más importante que el de construcciones bajas.

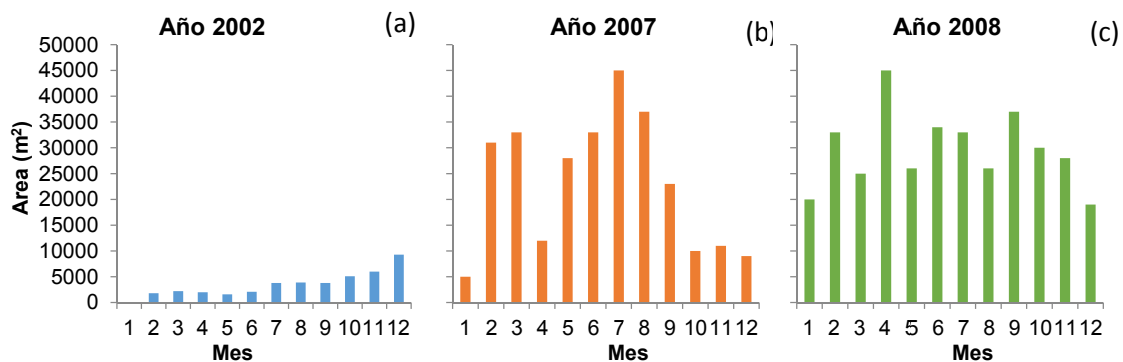


Figura 17. Superficie cubierta (en m²) de construcción nueva y ampliación en La Plata durante el año (a) 2002, (b) 2007, (c) 2008. (Fuente: Datos de Publicaciones, Municipalidad de La Plata).

La gran densidad de edificios en el centro urbano (y en las zonas cercanas a las Facultades) se ve en la Figura 18, entre las Avenidas 1 a 13, y 44 a 60.



Figura 18. Vista aérea de La Plata, casco urbano y periferia. Se observan los grandes pulmones verdes como el Bosque, Parque San Martín y Parque Saavedra.

Por último, en la Tabla 1 se detalla la cantidad de superficie construida en cada centro comunal correspondiente al Partido de La Plata. En ella se ve que el 58% tuvo lugar dentro del Casco Urbano, de lo cual se puede esperar un gran efecto negativo en cuanto el fenómeno de islas de calor, pues en la zona más densamente poblada se registró el mayor incremento en el número de edificios y de área construida. No deben extrañar estos números, puesto que LP es una ciudad universitaria y recibe anualmente miles de nuevos estudiantes, así como también recibe y posee gran cantidad de empleados públicos.

Tabla 1. Superficie total por centro comunal (periodo 2008).

Localidad	Superficie (m ²)	Porcentaje
Casco urbano	318.333	58,57
City Bell	54.577	10,04
Gonnet	22.459	4,13
Los Hornos	36.891	6,79
Villa Elisa	12.892	2,37
San Carlos	18.822	3,46
Villa Elvira	13.669	2,52
Tolosa	13.541	2,49
Ringuelet	8.575	1,58
Hernández-Gorina	7.169	1,32
Olmos	6.358	1,17
San Lorenzo	4.496	0,83
Abasto	19.825	3,65
Etcheverry	4.199	0,77
Otras	1715	0,31
Total	543.527	100

(Fuente: Datos de Publicaciones. Municipalidad de La Plata).

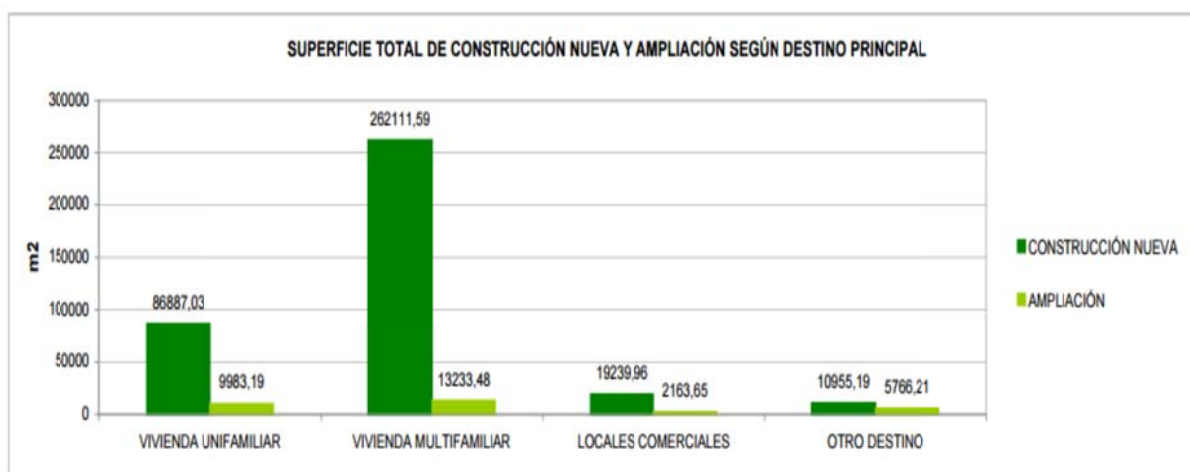


Figura 19. Superficie total de construcción nueva y ampliación, según destino principal (periodo 2008). (Fuente: Publicaciones. Municipalidad de La Plata).

Conclusiones

La topografía de LP es similar a la de BA, pues ambas se encuentran en una zona plana y en la Cuenca del Plata. No obstante, Capital Federal y el Gran Buenos Aires poseen una extensión mucho mayor de la que posee La Plata y el Gran La Plata. También debemos destacar que la primera se encuentra más cerca del Río de La Plata. Ambas poseen un clima similar y suelen tener las mismas variaciones e influencias, si bien la temperatura promedio en LP es 2°C más baja que en BA.

Por otra parte, en su diseño urbanístico original, La Plata ha sido pensada como una ciudad ecológicamente amigable, con calles y veredas anchas y arboladas, con plazas en cada intersección de avenidas y bordeada por un gran anillo verde; además, la prolongación de Diagonal 74 comunica el centro de la ciudad con el Río de La Plata, lo que favorece el ingreso de aire fresco y reduce así la intensidad de la ICU.

En conclusión, si bien el crecimiento demográfico de la ciudad ha sido muy importante en los últimos años y ha conllevado la construcción de edificios, la impermeabilización de terrenos, la expansión hacia zonas suburbanas aledañas, etc., debe tenerse en cuenta que la población no es el único factor que afecta a la formación de ICU. Así, las condiciones del tiempo descritas para BA es probable que afecten de la misma forma a LP y la intensidad de las ICU haya tenido durante las últimas décadas una leve tendencia a la disminución.

Bibliografía

Centro de Investigaciones Geoambientales del Museo Argentino de Ciencias Naturales; Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UBA. (2010). *Atlas ambiental de Buenos Aires*. CONICET; Agencia de Promoción Científica y Tecnológica; Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación; Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

EPA. (2008). "Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies" EE.UU.

Estadística y Evaluación de programas especiales. Publicaciones. Página:

<http://www.estadistica.laplata.gov.ar>. Municipalidad de La Plata. Argentina.

Instituto Nacional de Estadística y Censo (INDEC). (1960-2010). Censos Nacionales. Resultados definitivos. Argentina.

Oke, T.R. (1981). "Canyon Geometry and the Nocturnal Urban Heat Island: Comparison of Scale Model and Field Observations." En *Journal of Climatology*. 1, 237-254. Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). (2014). Quinto Reporte.

Wang D., Jiang P., Wang G., Wang D. (2015). "Urban extent enhances extreme precipitation over the Pearl River Delta, China". En *Atmos. Sci. Let.* 16, 310–317.

Wikipedia Enciclopedia virtual. Página: https://es.wikipedia.org/wiki/La_Plata.

Los Autores

Coordinadores

Pedro Carriquiriborde

Dr. en Ciencias Naturales y Lic. en Biología (Zoología) por la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de la Plata (FCNyM-UNLP). Profesor Adjunto de la asignatura Biología y Jefe de Trabajos Prácticos en las asignaturas de Ecotoxicología y Evaluación de Riesgo y Ecosistemas y Sociedad de la Facultad de Ciencias Exactas (FCE-UNLP). Investigador Independiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Nación (CONICET) y Docente Investigador Categoría III del Programa de Incentivos a Docentes Investigadores del Ministerio de Educación de la Nación. Es autor de más de treinta publicaciones científicas en revistas de alcance internacional, capítulos de libros, normas de calidad y publicaciones de divulgación científica. Ha contribuido a la formación de recursos humanos y ha asistido a diferentes instituciones públicas y privadas en temas de contaminación ambiental. Ha sido Miembro del Consejo Directivo Mundial y Presidente de la Rama Latinoamericana de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC).

Alicia Estela Ronco

Dra. en Ciencias Naturales y Lic. en Geoquímica por la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de la Plata (FCNyM-UNLP). Profesora Asociada de las asignaturas Introducción a las Ciencias Ambientales, Ecotoxicología y Evaluación de Riesgo y Ecosistemas y Sociedad Facultad de Ciencias Exactas (FCE-UNLP). Investigadora Principal del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Nación (CONICET) y Docente Investigador Categoría I del Programa de Incentivos a Docentes Investigadores del Ministerio de Educación de la Nación. Posee una extensa trayectoria en investigación científica en temas vinculados a la Química Ambiental, Ecotoxicología y Evaluación de Riesgo Ecológico, siendo autora de más de un centenar de publicaciones en revistas científicas de alcance internacional, capítulos de libros, normas de calidad y artículos de divulgación. Ha desarrollado una extensa labor en la formación de Recursos Humanos en su área de estudio y ha brindado asistencia técnica de alto nivel a diferentes instituciones públicas y privadas. Ha asistido a la justicia en pericias vinculadas a problemas de contaminación ambiental.

Autores

María Emilia Arruti

Estudiante de la Licenciatura de Química y Tecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de la Plata (FCE-UNLP). Integrante del Proyecto de Extensión Universitaria del área temática, ambiente, producción del hábitat y derecho a la ciudad, en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

Bruno Federico Caram

Licenciado en Química por la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata (FCE-UNLP). Becario Doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Nación (CONICET), con lugar de trabajo en el Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA). Ayudante Diplomado de la asignatura Cinética Química (FCE-UNLP). Ha publicado en *Chemosphere* (2018), *Applied Catalysis B: Environmental* (2015) y *Revista de Ciencia y Tecnología* (2013).

Luisina Dorsi

Arquitecta y estudiante de la Maestría en Paisaje, Medio Ambiente y Ciudad de la Facultad de Arquitectura y Urbanismos de la Universidad Nacional de la Plata (FAU-UNLP). Becaria en investigación científica FAU-UNLP (2015) con el tema "Procesos de expansión urbana e instrumentos de regulación ambiental sobre cuencas hídricas". Ayudante del Curso de Ingreso 2014 FAU-UNLP. Participación en proyectos de investigación (2014-2015). Se desempeña profesionalmente en consultorías de sistemas de información geográfica (Aeroterra S.A.) y de estudios hidráulicos e impacto ambiental (SERMAN & Asociados S.A). Posee una publicación en el XIX Congreso Arquisur 2015.

José María Martocci

Abogado por la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad Nacional de la Plata (FCJyS-UNLP). Docente de Derechos Humanos. Director de la Clínica Jurídica en Derechos Humanos de la FCJS-UNLP. Integrante del Programa de Extensión Universitaria *Clínica Jurídica*.

Darío Moyano

Estudiante de la Licenciatura en Química y Tecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas (FCE-UNLP).

Macarena Gisele Rojo

Estudiante de Doctorado y Licenciada en Química y Tecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas (FCE-UNLP). Becaria doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Nación (CONICET).

Nicolás Ronco

Licenciado en Química y Estudiante del Doctorado de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata (FCE-UNLP). Becario Doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Nación (CONICET) con lugar de trabajo en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Métodos Analíticos (LIDMA, FCE, UNLP). Ayudante Diplomado en la asignatura Fisicoquímica y Química Analítica Instrumental (FCE-UNLP). Ha publicado en el *Journal of Chromatography A* (2016 y 2017) y participa del Programa de Extensión Universitaria *Análisis de Potabilidad de Aguas* (FCE-UNLP).

Ivana Stoeff Belkenoff Estudiante de la Licenciatura en Química y Tecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas (FCE-UNLP).

María Florencia Vechiati

Abogada, especialista en Derecho Administrativo, por Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de Universidad Nacional de la Plata (FCJyS-UNLP). Estudiante de la especialización en Derecho Ambiental, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de Buenos Aires (UBA). Actividad profesional independiente, Docencia universitaria en la UNLP y Universidad el Este. Integrante del Programa de Extensión Universitaria *Clínica Jurídica*. Miembro del Instituto de Derecho Ambiental del Colegio de Abogados de La Plata.

María Florencia Yorlano

Licenciada en Química y Tecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas (FCE-UNLP).

Ecosistemas y sociedad : impactos de las urbanizaciones sobre las cuencas hídricas / Pedro Carriquiriborde... [et al.] ; coordinación general de Alicia Estela Ronco; Pedro Carriquiriborde. - 1a ed . - La Plata : Universidad Nacional de La Plata ; La Plata : EDULP, 2019.
Libro digital, PDF - (Libros de cátedra)

Archivo Digital: descarga
ISBN 978-950-34-1780-5

1. Recursos Hídricos. 2. Urbanización. 3. Impacto Ambiental. I. Carriquiriborde, Pedro, coord.
II. Ronco, Alicia Estela, coord.
CDD 577.1

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata
47 N.º 380 / La Plata B1900AJP / Buenos Aires, Argentina
+54 221 427 3992 / 427 4898
edulp.editorial@gmail.com
www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2019
ISBN 978-950-34-1780-5
© 2019 - Edulp

e
exactas


Editorial
de la Universidad
de La Plata



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA