



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE DOCTORADO EN GEOGRAFÍA

La radiación solar en Bahía Blanca

Lic. María Eugenia Fernández

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2020

PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Doctor en Geografía, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur, durante el período comprendido entre el 22 de junio de 2016 y el 1 de julio de 2020, bajo la dirección de la Dra. Alicia María Campo, Profesora Extraordinaria Consulta del Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur e Investigadora Principal (Ad-honorem) del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y bajo la co-dirección del Dr. Jorge Osvaldo Gentili, Profesor Adjunto del Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur e Investigador Adjunto del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

María Eugenia Fernández



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el/..../..... , mercedo la calificación de (.....)

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Sur y a las autoridades, personal docente y administrativo del Departamento de Geografía y Turismo por la ayuda, el apoyo, la formación, el espacio. A la Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por brindar el soporte y el marco que permitieron desarrollar mi trabajo de investigación.

A las personas e instituciones que brindaron datos e información. Agradezco particularmente al Instituto Nacional de Estadística y Censos, al Servicio Meteorológico Nacional, a la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca y al Municipio de Bahía Blanca. También a las personas que dedicaron parte de su tiempo a responder la encuesta relativa al Sol en la ciudad, a las cuales le debo el capítulo ocho de esta tesis. Aunque la mayor parte de ellas permanezcan en el anonimato, muchas gracias.

A mi directora, Dra. Alicia Campo. Por verme, por abrirme las puertas del proyecto, por impulsarme y por depositar en mí la confianza. Por hacer que me enamore de la climatología desde el día uno y ayudar a que éste haya sido mi camino a transitar durante estos años.

A mi co-director, Dr. Jorge Gentili, artífice de la horizontalidad creativa que dio lugar al desarrollo de este trabajo y, estoy segura, de todo el que vendrá. Por el apoyo indudable y constante, el inquebrantable optimismo y el trabajo codo a codo. Por siempre impulsarme a más. Gracias.

Agradezco especialmente a la Dra. Natasha Picone, con quien compartimos el amor por este pequeño gran universo de la climatología urbana. Gracias por el constante interés, la ayuda sin reticencias y las ganas de compartir lo que sabés, que es mucho. A la Dra. Paula Zapperi, por la entera buena predisposición y la cooperación. A la Dra. Ana Casado, por su colaboración presta. A la Lic. Guadalupe Ybarra Alcaráz, la Lic. Belén Moretto y la Lic. María Ortuño Cano, por su compañía y gran ayuda en las campañas urbanas.

A mis increíbles compañeras del gabinete 16. A nuestros vecinos del 17. Por hacer más lindos los días buenos y más amenos los que no lo son tanto. Por la compañía, las charlas, los tópicos interminables.

A Guada, Manu y Lu, mis geógrafas favoritas del universo entero. Mis infaltables. Por siempre prestarme un oído, por el ánimo y el aguante, por estar. Por hacer que mis alegrías sean también las suyas. Gracias especialmente a Guada, por caminar conmigo todos los días desde hace ya más de diez años.

A mi familia entera. A los que están y a los que tuve que despedir. A mis polifacéticos padres. Mis constantes, mis columnas. Los que aún logran empequeñecer los problemas, los que siempre se hacen el tiempo e invariablemente me hacen falta. Gracias por ser geógrafos conmigo, con todo lo que eso implica. A mis abuelos, que se las ingenian todavía para malcriarme. A Claudia, Christian, Juli y Sebi, por ser tan generosos, accesibles y adaptables aun cuando las circunstancias no siempre hayan sido las mejores. Por ese inolvidable viaje a Córdoba.

A mis amigos incondicionales, la familia que me permito elegir día a día. Gracias infinitas por estar siempre y, de una forma u otra, recordarme qué es lo verdaderamente importante y a qué cosas merece la pena dar prioridad. Son mi equilibrio. No sé qué haría sin ustedes.

María Eugenia Fernández

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es analizar la distribución espacio-temporal de la radiación solar en relación con los elementos físico-naturales y humanos del ambiente con los que interactúa a fin de proponer medidas en el marco del desarrollo urbano sostenible en Bahía Blanca. En primer término, se efectuó un análisis a escala regional de la radiación solar global y la heliofanía efectiva. Este estudio es un insumo base fundamental para el posterior abordaje de la radiación a escala local y micro local y definir la influencia de la estructura urbana en dicha variable. Posteriormente se analizó la distribución de radiación solar global y su vinculación con los registros de nubosidad a escala local. En lo referido a la radiación solar y su relación con elementos antropogénicos, se efectuó un análisis holístico de la variable en Bahía Blanca. Se contemplaron dimensiones desde donde abordar el estudio del Sol en relación con el hombre en sociedad, su entorno físico-natural y sus actividades, organizadas en tres categorías. El Sol como un recurso (desde un punto de vista de la optimización energética y para la salud y elemento de disfrute), el Sol como un peligro y el Sol como un derecho humano fundamental. El análisis por dimensiones fue abordado en el estudio de la variable física y su dinámica en el marco urbano, en un análisis de percepción aplicado a los habitantes de la ciudad de Bahía Blanca y en la formulación de propuestas concretas de desarrollo sostenible susceptibles de ser materializadas en la ciudad. En lo que respecta al Sol como recurso, se efectuó un análisis de la variabilidad del recurso solar a escala local y microlocal (microcentro) y la influencia de la estructura urbana en su distribución. El Sol como peligro fue evaluado desde aspectos puntuales: el peligro asociado a la producción de contaminantes en la baja atmósfera, y la vulnerabilidad de la población. Se tomó como caso de estudio las playas de estacionamiento del microcentro bahiense, ya que constituyen una tipología de uso de suelo urbano en la que se conjugan las problemáticas abordadas. En lo que respecta al Sol como un derecho, se analizó el marco jurídico-institucional vigente a nivel nacional, provincial y local en lo relativo al acceso al Sol. Se identificaron potencialidades y vacíos jurídicos e institucionales existentes en temática. Además, se evaluó la percepción de los habitantes de Bahía Blanca respecto al Sol, su aprovechamiento energético, salud y disfrute, peligrosidad y libre acceso. Asimismo, se indagó respecto al efecto de la forma y función urbana de Bahía Blanca en los flujos caloríficos integrados en el balance energético a escala local. Finalmente, con base en lo analizado, se plantearon propuestas urbanísticas concretas y susceptibles de ser implementadas en diversas zonas de la ciudad. Dichas medidas se corresponden con las dimensiones del Sol estudiadas y poseen potenciales de mejora/mitigación para algunas de las principales problemáticas que presenta la ciudad, en línea con la materialización de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the spatial and temporal distribution of solar radiation in Bahía Blanca and its relation to natural and human elements in order to propose urban sustainable measures. First, a regional-scale analysis of solar global radiation and sunshine hours was performed. This study is an important input for a later local and micro local scale analysis, including the study of urban structure's influence on solar radiation. Subsequently, the solar global radiation distribution and its link to cloud records at the local level were analyzed. Concerning solar radiation and its relation with anthropogenic elements, a holistic analysis was made. Sun dimensions related to man, his physical-natural environment and his activities were considered and organized in three categories: the Sun as a resource (for energy, health, and enjoyment), as a hazard and as a right. These categories were the main framework in the study of the physical variable and its dynamics in the city. They were addressed in the perception analysis applied to the inhabitants of Bahía Blanca, and were also considered in urban proposals for sustainable development. Regarding the Sun as a resource, it was performed a spatio-temporal variability analysis at a local and micro-local scale, including the influence of the urban structure on its distribution. The Sun as a hazard was studied on its relation to air pollutants produced in the lower atmosphere and the population vulnerability. Urban parking lots in downtown Bahía Blanca were included as a study case, since the parking lot is a typology of urban land use in which the urban environmental problems are usually combined. Concerning the Sun as a right, the

effective legal framework at the national, provincial and local levels regarding solar access was analyzed. Existing legal potentials as well as gaps in the subject were identified. Furthermore, it was assessed the perception of the inhabitants of Bahía Blanca about the Sun, its energy use, health and enjoyment, dangerousness and free access. Also, the urban form and function effect on the urban energy balance at local level was investigated. Finally, concrete urban planning proposals were proposed. These measures correspond to the dimensions of the Sun studied and have potential for improvement/mitigation for some of the main environmental issues of Bahía Blanca, in accordance with the Sustainable Development Goals (SDG).

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| PREFACIO | I |
| AGRADECIMIENTOS | II |
| RESUMEN | III |
| ABSTRACT | III |
| ÍNDICE | V |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS | XI |
| PARTE I. ENCUADRE TEÓRICO-METODOLÓGICO PARA EL ABORDAJE DEL ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN BAHÍA BLANCA | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1. La radiación solar en Bahía Blanca: un abordaje holístico para una ciudad sostenible | 2 |
| 1.2. Antecedentes y estado actual del conocimiento | 3 |
| 1.3. Justificación de la investigación | 5 |
| 1.4. Objetivos general y específicos | 6 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1. La Teoría General de Sistemas en Climatología | 6 |
| 2.2. La radiación solar en el sistema climático terrestre | 7 |
| 2.2.1. Factores que afectan la radiación solar que alcanza la superficie terrestre..... | 8 |
| 2.3. El balance energético terrestre..... | 8 |
| 2.4. El sistema urbano..... | 9 |
| 2.4.1. El balance energético terrestre en las ciudades..... | 10 |
| 2.5. La radiación solar en la ciudad: un recurso, un peligro y un derecho | 11 |
| 2.5.1. La radiación solar: un recurso valioso..... | 12 |
| 2.5.1.1. Dimensión técnica: un recurso energético | 12 |
| 2.5.1.2. Dimensión social e individual: un elemento fundamental para la salud y el disfrute en la ciudad..... | 12 |
| 2.5.2. La radiación solar: un peligro para los ciudadanos. Análisis en el marco de la Teoría Social del Riesgo | 12 |
| 2.5.2.1. La radiación solar y los contaminantes atmosféricos en las ciudades | 13 |
| 2.5.2.2. Peligros asociados a la sobreexposición | 14 |
| 2.5.3. Radiación solar: un derecho de todos los habitantes. Acceso solar y el marco legislativo-institucional.... | 15 |
| 2.6. La gestión local del cambio climático y la integración del Sol en las estructuras urbanas..... | 15 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 17 |
| 3.1. Revisión bibliográfica..... | 17 |
| 3.2. Obtención y estructuración de datos | 17 |
| 3.2.1. Estructura urbana del microcentro de Bahía Blanca | 19 |
| 3.2.2. Percepción de los ciudadanos respecto al Sol: aprovechamiento, peligrosidad, libre acceso y disfrute en Bahía Blanca | 21 |

| | | |
|---|---|----|
| 3.3. | Análisis de los datos | 23 |
| 3.3.1. | Análisis de los registros de radiación solar global en el sur de la región Pampeana..... | 23 |
| 3.3.2. | Análisis de la radiación solar a escala local y microlocal | 23 |
| 3.3.3. | Análisis de los elementos del tiempo y calidad del aire..... | 24 |
| 3.3.4. | Análisis de las variables censales: vulnerabilidad como dimensión del riesgo tecnológico en Bahía Blanca 24 | |
| 3.3.5. | Análisis del balance energético urbano | 27 |
| 4. | ÁREA DE ESTUDIO | 31 |
| 4.1. | Bahía Blanca: su localización en el suroeste bonaerense y en la Argentina | 31 |
| 4.2. | El clima a escala regional y local | 32 |
| 4.2.1. | El clima del suroeste bonaerense..... | 32 |
| 4.2.2. | El clima de Bahía Blanca..... | 35 |
| 4.3. | Características geomorfológicas y topográficas del área urbana..... | 36 |
| 4.4. | Crecimiento disperso y desarrollo vertical: una estructura urbana en evolución | 37 |
| 4.5. | Vegetación autóctona, arbolado urbano y espacios verdes | 38 |
| 4.6. | Ciudad intermedia de importancia regional y nacional | 38 |
| 4.6.1. | El complejo portuario-industrial de Bahía Blanca..... | 38 |
| 4.6.1.1. | El complejo portuario – industrial y las problemáticas ambientales asociadas a su funcionamiento.... | 39 |
| PARTE II. RADIACIÓN SOLAR REGIONAL Y LOCAL: VARIABILIDAD, FACTORES E INTERACCIONES CON ELEMENTOS NATURALES Y ANTROPOGÉNICOS 40 | | |
| 5. | LA RADIACIÓN SOLAR EN EL ÁMBITO REGIONAL..... | 41 |
| 5.1. | Radiación solar global (RSG) en el sur de la región Pampeana | 41 |
| 5.2. | Variabilidad espacio-temporal de la heliofanía efectiva en el sur de la región Pampeana..... | 47 |
| 5.2.1. | Heliofanía efectiva y nubosidad: comportamiento en el sur de la región Pampeana argentina | 52 |
| 6. | LA RADIACIÓN SOLAR A ESCALA LOCAL: BAHÍA BLANCA..... | 54 |
| 6.1. | Radiación solar global: variabilidad temporal, factores e interacciones con elementos climáticos | 54 |
| 7. | RADIACIÓN SOLAR GLOBAL: FACTORES E INTERACCIONES CON ELEMENTOS ANTROPOGÉNICOS | 58 |
| 7.1. | Radiación solar como recurso. Distribución espacio-temporal en Bahía Blanca..... | 58 |
| 7.2. | Radiación solar: un peligro para la población | 64 |
| 7.2.1. | Contaminantes atmosféricos en Bahía Blanca: variabilidad e influencia de los elementos del tiempo..... | 64 |
| 7.2.1.1. | Vulnerabilidad de la población frente al riesgo tecnológico | 73 |
| 7.2.2. | Caso de estudio: playas de estacionamiento del microcentro de Bahía Blanca | 78 |
| 7.2.2.1. | Distribución espacial y diseño de las playas de estacionamiento | 78 |
| 7.2.2.2. | Las playas de estacionamiento y las problemáticas ambientales urbanas..... | 82 |
| 7.3. | Acceso al Sol: un derecho de todos los habitantes. Análisis del marco jurídico-institucional vigente para Bahía Blanca | 85 |
| 7.3.1. | El acceso al Sol en la Argentina y en Bahía Blanca. Análisis del marco normativo..... | 85 |
| 7.3.1.1. | Normativa referida a la protección del ambiente, el cambio climático y el desarrollo sostenible | 89 |

| | | |
|---|---|-----|
| 7.3.1.1.1. | La Constitución Nacional y el derecho a un ambiente sano | 89 |
| 7.3.1.1.2. | Los Convenios Internacionales en la legislación argentina | 90 |
| 7.3.1.1.3. | Normativa nacional y provincial..... | 91 |
| 7.3.1.2. | Promoción y desarrollo de energías limpias en la legislación argentina | 91 |
| 7.3.1.2.1. | Normativa nacional..... | 91 |
| 7.3.1.2.2. | Normativa provincial..... | 92 |
| 7.3.1.2.3. | Normativa municipal..... | 92 |
| 7.3.1.3. | La legislación referida a las características morfológicas urbanas/edilicias | 93 |
| 7.3.1.3.1. | Normativa nacional y provincial..... | 93 |
| 7.3.1.3.2. | El Código de Planeamiento Urbano de Bahía Blanca | 94 |
| 7.3.2. | Marco jurídico relacionado al acceso al Sol: su evolución temporal | 97 |
| 8. | PERCEPCIÓN DE LOS CIUDADANOS RESPECTO AL SOL: APROVECHAMIENTO, DISFRUTE Y SALUD, PELIGROSIDAD Y LIBRE ACCESO EN BAHÍA BLANCA..... | 102 |
| 8.1. | Un recurso energético..... | 104 |
| 8.2. | Un elemento de salud y disfrute..... | 106 |
| 8.3. | Un peligro..... | 109 |
| 8.4. | Un derecho..... | 113 |
| 9. | BALANCE ENERGÉTICO EN BAHÍA BLANCA | 114 |
| 9.1. | Zonas Climáticas Locales en la ciudad d Bahía Blanca | 114 |
| 9.2. | Variabilidad anual y estacional de flujos radiativos..... | 115 |
| 9.3. | Distribución espacial de los flujos radiativos | 120 |
| PARTE III. PROPUESTAS Y CONCLUSIONES..... | | 125 |
| 10.1. | El Sol como recurso: aprovechamiento energético, salud y disfrute en la ciudad | 126 |
| 10.2. | El Sol como peligro: contaminación atmosférica y sobreexposición | 127 |
| 10.3. | El Sol como derecho: la estructura urbana y el acceso al Sol | 129 |
| 11. | CONCLUSIONES | 132 |
| 12. | Referencias bibliográficas..... | 134 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|----|---|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2. | MARCO TEÓRICO | 6 |
| | Figura 2.1. Balance energético superficial en el ecosistema urbano..... | 11 |
| | Figura 2.2. Acceso al Sol, morfología urbana y normativa en el marco de la gestión local del cambio climático..... | 16 |
| 3. | MATERIALES Y MÉTODOS | 17 |
| | Figura 3.1. Campaña urbana en el microcentro de Bahía Blanca..... | 19 |
| | Figura 3.2. Características geométricas de cañones urbanos..... | 20 |
| | Figura 3.3. a) Cuestionarios autoadministrados y b) por entrevista..... | 22 |
| | Figura 3.4. Estrategias de difusión del cuestionario..... | 23 |
| | Figura 3.5. Esquema metodológico..... | 27 |
| | Figura 3.6. Tabulación de datos meteorológicos..... | 28 |
| 4. | ÁREA DE ESTUDIO | 31 |
| | Figura 4.1. El partido de Bahía Blanca en el suroeste bonaerense..... | 31 |
| | Figura 4.2. Delegaciones en las que se divide Bahía Blanca..... | 32 |
| | Figura 4.3. Anticiclones migratorios en la Argentina..... | 33 |
| | Figura 4.4. Situación sinóptica de estados de tiempo típicos que inciden en el suroeste bonaerense: a) Sudestada, b) Pampero y c) Viento Norte..... | 34 |
| | Figura 4.5. a) Distribución anual de la temperatura y las precipitaciones y b) rosa de los vientos para Bahía Blanca (2001-2010)..... | 36 |
| 5. | LA RADIACIÓN SOLAR EN EL ÁMBITO REGIONAL..... | 41 |
| | Figura 5.1. Distribución anual de la RSG (1981-2010)..... | 42 |
| | Figura 5.2. Distribución estival de la RSG (1981-2010)..... | 43 |
| | Figura 5.3. Esquemas de las situaciones sinópticas más frecuentes durante el verano..... | 44 |
| | Figura 5.4. Distribución invernal de la RSG (1981-2010)..... | 45 |
| | Figura 5.5. Esquemas de las situaciones sinópticas más frecuentes durante el invierno: avance de frente frío en la Argentina..... | 46 |
| | Figura 5.6. Anticiclones migratorios y estados de tiempo asociados..... | 47 |
| | Figura 5.7. Heliofanía efectiva media (h) y Coeficiente de Variación (%) para el sur de la región Pampeana (1991-2015). 49 | |
| | Figura 5.8. Valores medios y coeficientes de variación estacionales (1991-2015)..... | 50 |
| | Figura 5.9. Distribución anual y estacional de la HE (h) para Río Colorado y Mar del Plata..... | 51 |
| | Figura 5.10. Frecuencia relativa (%) de días cubiertos y despejados para el período 2000-2015..... | 53 |
| | Figura 5.11. Porcentajes de días con cielos cubiertos y despejados y distribución de la HE para Santa Rosa, Bahía Blanca, Mar del Plata y Tres Arroyos..... | 54 |
| 6. | LA RADIACIÓN SOLAR A ESCALA LOCAL: BAHÍA BLANCA..... | 54 |
| | Figura 6.1. Distribución interanual de la RSG para Bahía Blanca..... | 55 |

| | |
|---|----|
| Figura 6.2. Comportamiento estacional de la RSG para Bahía Blanca para el período 2000-2019. | 55 |
| Figura 6.3 Comportamiento radiativo diario medio (2000-2019). | 56 |
| Figura 6.4. Distribución estacional de la radiación solar global (W/m^2) en días claros y en días cubiertos (2000-2019)... | 58 |
| 7. RADIACIÓN SOLAR GLOBAL: FACTORES E INTERACCIONES CON ELEMENTOS ANTROPOGÉNICOS..... | 58 |
| Figura 7.1. Distribución espacial de la radiación solar en la ciudad de Bahía Blanca..... | 59 |
| Figura 7.2. El microcentro de Bahía Blanca..... | 60 |
| Figura 7.3. a) Espacios verdes públicos, b) vegetación urbana c) ancho y d) orientación de veredas en el microcentro. . | 61 |
| Figura 7.4. a) Altura media de la edificación, b) ancho de calles y c) relación de aspecto de los cañones urbanos en el microcentro. | 62 |
| Figura 7.5. Distribución espacial de la radiación solar en el microcentro de la ciudad..... | 63 |
| Figura 7.6. Distribución horaria semanal de O_3 , NO_x , CO , SO_2 y PM_{10} (2010-2017) en Bahía Blanca. | 66 |
| Figura 7.7. Distribución anual de O_3 , NO_x , CO , SO_2 y PM_{10} en relación con la temperatura y la humedad (2010-2017).... | 67 |
| Figura 7.8. Concentración de O_3 , NO_x , CO , SO_2 y PM_{10} según dirección de viento en Bahía Blanca ($\mu g/m^3$). | 68 |
| Figura 7.9. Distribución horaria de NO_x , CO y O_3 y su vinculación con a) la radiación solar global y b) la nubosidad en Bahía Blanca. | 69 |
| Figura 7.10. Distribución horaria de O_3 , NO_x , CO , SO_2 y PM_{10} según la ocurrencia de las precipitaciones. | 70 |
| Figura 7.11. Distribución horaria de los O_3 , NO_x , CO , SO_2 , y PM_{10} en un evento de precipitación registrado entre el 03/02/2016 y el 07/02/2016..... | 72 |
| Figura 7.12. Comportamiento horario de los NO_x y O_3 para los días 09/02/2017 y 10/02/2017. | 73 |
| Figura 7.13. Vulnerabilidad económica, social y técnica del partido de Bahía Blanca. | 76 |
| Figura 7.14. a) Temporalidad de los principales sucesos asociados a las industrias en Bahía Blanca. b) Mapa de actores del sector industrial de Bahía Blanca. | 77 |
| Figura 7.15. Distribución y fecha de habilitación de las playas de estacionamiento en el microcentro de Bahía Blanca. . | 79 |
| Figura 7.16. Tipos de solado observados en las playas de estacionamiento del microcentro de Bahía Blanca. | 79 |
| Figura 7.17. a) Tipo de solado en las playas del microcentro de Bahía Blanca según el período de habilitación b) Cubierta en las playas del microcentro de la ciudad de Bahía Blanca según el período de habilitación. | 80 |
| Figura 7.18. Número de cocheras según categorías de tipo de piso y tipo de cubierta en el microcentro de la ciudad de Bahía Blanca..... | 81 |
| Figura 7.19. Ejemplos del estado a) bueno y b) malo de conservación de los muros perimetrales de las playas de estacionamiento en el microcentro de Bahía Blanca..... | 82 |
| Figura 7.20. Estado de conservación de los muros perimetrales de las playas de estacionamiento en el microcentro de Bahía Blanca..... | 82 |
| Figura 7.21. Ejemplos de playas de estacionamiento con a) mucha vegetación y b) con escasa o nula vegetación. | 83 |
| Figura 7.22. Horas de máxima ocupación y concentraciones de contaminantes (PM_{10} - O_3 - NO_x) en Bahía Blanca..... | 84 |
| Figura 7.23. Normativa según jurisdicción (nacional, provincial y local) relacionada con el acceso al recurso solar en la Argentina. | 86 |
| Figura 7.24. a) Zonas y subdivisiones establecidas por el CPU para Bahía Blanca b) Principales zonas y subdivisiones relacionadas con el acceso al Sol establecidas por el CPU para Bahía Blanca. | 96 |
| Figura 7.25. Temporalidad del marco jurídico nacional, provincial y local relacionada con el acceso al recurso solar en la Argentina. | 98 |

| | |
|--|-----|
| Figura 7.26. Instituciones con injerencia directa o indirecta en lo referente al acceso al Sol en la Argentina. | 100 |
| 8. PERCEPCIÓN DE LOS CIUDADANOS RESPECTO AL SOL: APROVECHAMIENTO, DISFRUTE Y SALUD, PELIGROSIDAD Y LIBRE ACCESO EN BAHÍA BLANCA..... | 102 |
| Figura 8.1. El Sol para los ciudadanos de Bahía Blanca. | 102 |
| Figura 8.2. Respuestas (%) correspondientes a valoración “muy significativa” para cada una de las dimensiones del Sol analizadas según delegaciones..... | 103 |
| Figura 8.3. Tipo de vivienda y disponibilidad de luz solar directa según tipo de vivienda..... | 104 |
| Figura 8.4. El Sol como recurso para satisfacer la demanda energética. | 105 |
| Figura 8.5. Acceso a luz natural directa en espacios interiores de la vivienda según delegación..... | 105 |
| Figura 8.6. El Sol como elemento de salud y disfrute en Bahía Blanca. | 106 |
| Figura 8.7. Disfrute del Sol en la ciudad, porcentajes según tipo de respuesta por delegación..... | 107 |
| Figura 8.8. Espacios para disfrute del Sol en la ciudad, porcentajes de respuestas afirmativas según delegación. | 108 |
| Figura 8.9. Espacios asociados al disfrute del Sol en Bahía Blanca. | 108 |
| Figura 8.10. Espacios de disfrute del Sol según delegación. | 109 |
| Figura 8.11. Peligrosidad asociada a la exposición Sol..... | 110 |
| Figura 8.12. Peligros asociados a la sobreexposición al Sol..... | 111 |
| Figura 8.13. Medidas implementadas para protegerse de la exposición al Sol..... | 111 |
| Figura 8.14. Horarios de exposición al Sol..... | 112 |
| Figura 8.15. Medidas de protección frente a la exposición al Sol según delegación. | 112 |
| Figura 8.16. Edificación en altura y acceso al Sol en Bahía Blanca. | 113 |
| Figura 8.17. Edificación en altura y acceso al Sol, porcentajes según delegación. | 114 |
| 9. BALANCE ENERGÉTICO EN BAHÍA BLANCA | 114 |
| Figura 9.1. Zonas Climáticas Locales en Bahía Blanca..... | 115 |
| Figura 9.2. Distribución diaria de Q^* , QF , ΔQS , QH y QE en las principales ZCL de Bahía Blanca. | 116 |
| Figura 9.3. Distribución anual de calor antropogénico en el centro de la ciudad..... | 118 |
| Figura 9.4. Distribución horaria estacional de calor antropogénico en el centro de la ciudad..... | 118 |
| Figura 9.5. Diferencias absolutas estacionales y anuales de QH , QE y QF (W/m^2) respecto al valor medio anual y estacional de las principales ZCL en Bahía Blanca. | 120 |
| Figura 9.6. Variabilidad espacial anual de χ : QH/Q^* en Bahía Blanca..... | 122 |
| Figura 9.7. Variabilidad espacial anual de γ : QE/Q^* en Bahía Blanca..... | 122 |
| Figura 9.8. Variabilidad espacial anual y estacional de β : QH/QE en Bahía Blanca..... | 123 |
| Figura 9.9. Variabilidad espacial anual y estacional de ΔQS y del Λ : $\Delta QS/Q^*$ en Bahía Blanca. | 123 |
| Figura 9.10. Distribución espacial anual y diaria de QF en Bahía Blanca..... | 124 |
| 10. PROPUESTAS..... | 126 |
| Figura 10.1. Propuestas de desarrollo sostenible para diversos sectores de Bahía Blanca..... | 131 |
| 11. CONCLUSIONES | 132 |
| 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 134 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----|--|-----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2. | MARCO TEÓRICO | 6 |
| 3. | MATERIALES Y MÉTODOS | 17 |
| | Tabla 3.1. Datos utilizados en el desarrollo de la tesis..... | 17 |
| | Tabla 3.2. Planilla de relevamiento de las playas de estacionamiento del microcentro de Bahía Blanca | 21 |
| | Tabla 3.3. Indicadores seleccionados para la evaluación de la vulnerabilidad..... | 25 |
| | Tabla 3.4. Clasificación de Zonas Climáticas Locales..... | 29 |
| | Tabla 3.5. Procedimiento metodológico utilizado con UMEP en el software QGIS 3.6.0..... | 30 |
| 4. | ÁREA DE ESTUDIO | 31 |
| 5. | LA RADIACIÓN SOLAR EN EL ÁMBITO REGIONAL..... | 41 |
| 6. | LA RADIACIÓN SOLAR A ESCALA LOCAL: BAHÍA BLANCA..... | 54 |
| | Tabla 6.1. Frecuencia de días despejados, parcialmente nublados y cubiertos (calculados a partir de observaciones diurnas) y sus efectos sobre la radiación solar global recibida para el período 2000-2019..... | 57 |
| | Tabla 6.2. Ocurrencia (%) de géneros nubosos según estación en Bahía Blanca para el período 2000-2019..... | 57 |
| 7. | RADIACIÓN SOLAR GLOBAL: FACTORES E INTERACCIONES CON ELEMENTOS ANTROPOGÉNICOS..... | 58 |
| | Tabla 7.1. Variabilidad estacional (2010-2017) de los contaminantes atmosféricos registrados en Bahía Blanca..... | 64 |
| | Tabla 7.2. Normativa nacional, provincial y local que posee incidencia en la temática de acceso al Sol en entornos urbanizados..... | 86 |
| | Tabla 7.3. Principales zonas, y sus subdivisiones e indicadores urbanísticos relacionados con el acceso al Sol establecidas por el CPU para Bahía Blanca..... | 95 |
| 8. | PERCEPCIÓN DE LOS CIUDADANOS RESPECTO AL SOL: APROVECHAMIENTO, DISFRUTE Y SALUD, PELIGROSIDAD Y LIBRE ACCESO EN BAHÍA BLANCA..... | 102 |
| 9. | BALANCE ENERGÉTICO EN BAHÍA BLANCA | 114 |
| | Tabla 9.1. Valores medios estacionales y anuales de QH , QE y QF (W/m^2) en Bahía Blanca..... | 119 |
| 10. | PROPUESTAS..... | 126 |
| | Tabla 10.1. Cuadro síntesis de propuestas de desarrollo sostenible para diversos sectores de Bahía Blanca..... | 130 |
| 11. | CONCLUSIONES | 132 |
| 12. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 134 |

PARTE I. ENCUADRE TEÓRICO-METODOLÓGICO PARA EL ABORDAJE DEL ESTUDIO DE LA
RADIACIÓN SOLAR EN BAHÍA BLANCA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La radiación solar en Bahía Blanca: un abordaje holístico para una ciudad sostenible

Bahía Blanca es una ciudad media que organiza una extensa región a su alrededor, como polo de desarrollo, al ofrecer una serie de servicios comerciales, educativos y sanitarios (Lorda 2008; Urriza y Garriz 2014; Urriza 2016). Además, posee un rol destacado dentro del sector industrial del país por el funcionamiento del Polo Petroquímico de Bahía Blanca. Como consecuencia, la ciudad ha sido protagonista de una expansión notable, materializada en superficie con la extensión desde el centro a la periferia y, en altura, transformando la fisonomía y funcionalidad de las áreas centrales (Formiga y Marengo 2000). Entre 2006 y 2010 la población urbana aumentó el 0,5 % anual frente a un incremento del área urbanizada del 2,71 % en el mismo período, lo que equivale a decir que por cada 1 % de incremento poblacional la ciudad se expandió 5,4 % (CIPPEC 2017). Esto se manifiesta también en el constante crecimiento del parque automotor. Con un valor de aproximadamente 180.000 vehículos, el índice por habitante en Bahía Blanca es comparable con el de países industrializados del primer mundo en 2016 (semejante a Australia y superior a Canadá, Italia y Alemania) (La Nueva 2016a). La edificación en altura comenzó a materializarse en la ciudad a mediados del siglo XX en las proximidades de la plaza central y en los años subsiguientes rebasó los límites del microcentro y macrocentro (Bróndolo et al. 1994; Formiga y Marengo 2000; Fittipaldi et al. 2018). En febrero de 2008 se estimaba que en los 5 años precedentes se habían construido más de cien edificios destinados a viviendas multifamiliares en los barrios Napostá y Universitario (Urriza y Garriz 2014).

Debido a su constante crecimiento y a la dinámica de su desarrollo, Bahía Blanca no escapa a las problemáticas que son frecuentes en muchas ciudades del mundo. Su forma y función posee consecuencias directas en el ambiente y, por ende, en la calidad de vida de los habitantes. El proceso de urbanización y la reducción de la biomasa en el interior de la ciudad produce cambios en las propiedades atmosféricas locales, fenómeno conocido como isla de calor urbana (Capelli de Steffens et al. 2005; Ferrelli 2016; Oke et al. 2017). La edificación vertical en el micro y macrocentro urbano definen patrones de iluminación y sombra que afectan directamente el acceso al Sol de los habitantes y por lo tanto posee consecuencias sobre su confort (Fernández et al. 2017). Por otro lado, la expansión urbana hacia la periferia favorece el uso del vehículo privado como alternativa a la demanda de movilidad (Schroeder y Garriz 2009). La expansión del parque automotor y la frecuente construcción de edificios que no cuentan con cocheras hace que las playas de estacionamiento hayan aumentado su presencia en el ámbito urbano. Esta tipología de uso de suelo urbano representativa del microcentro de Bahía Blanca es cada vez más frecuente y repercute negativamente en el ambiente urbano. Desde un punto de vista estático, sus características de diseño y localización (concentración en el microcentro, ausencia de vegetación y asfalto y chapa como materiales constructivos principales) posee directa incidencia en la isla de calor urbana y afecta la infiltración natural. Desde un punto de vista dinámico, su existencia en la zona central de la ciudad implica la circulación vehicular en las calles y avenidas, lo que se asocia directamente con la polución de la atmósfera urbana (Gentili 2005; Gentili et al. 2019). Por otro lado, en Bahía Blanca se ha identificado la ocurrencia de contaminación de invierno y de verano (Campo et al. 2018). La contaminación de verano se caracteriza principalmente por la presencia de ozono en la baja atmósfera. Su dinámica atmosférica se halla estrechamente vinculada con los ciclos radiativos diarios y anuales y la variabilidad de flujo de sus contaminantes precursores (principalmente óxidos de nitrógeno) (Campo et al. 2018; Gentili et al. 2019). Dichos contaminantes primarios mostraron máximas concentraciones durante los días laborables y en las horas de mayor tráfico vehicular (Campo et al. 2017, 2018). Además, las actividades industriales y portuarias, como el transporte y almacenamiento de granos, afectan la calidad del aire en la ciudad (Campo et al. 2017, 2018). Por su localización específica, las precipitaciones se hallan sujetas a gran variabilidad en todas las escalas temporales. Durante la existencia de períodos secos, disminuye el lavado atmosférico, proceso que disminuye sustancialmente las concentraciones de contaminantes en la baja atmósfera.

En 2015 la Asamblea General de Naciones Unidas aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible que incorpora 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (United Nations General Assembly 2015; Dugarova y Gülasan 2017). En esta línea es deseable que las políticas públicas se orienten a desarrollar y mantener una estructura urbana que requiera un menor uso

del suelo y de energía, contribuya al cuidado del ambiente y mejore las condiciones de vida y la salud de la población. Adquieren especial relevancia medidas que combatan el cambio climático y sus efectos, garanticen la sustentabilidad de los recursos renovables, la reducción del uso de los recursos no renovables, la prevención de la contaminación, la inversión en infraestructura ecológica y la resiliencia ante los desastres (EEA 2015). En este contexto, la gestión local del cambio climático busca reconocer iniciativas concretas de adaptación y mitigación en respuesta a las necesidades o problemas producidos o intensificados por las condiciones de cambio climático (IPCC 2007). El enfoque metodológico ambiental de la climatología se centra en la aplicabilidad social y económica del estudio de los elementos del clima ante demandas sociales cada vez más exigentes y complejas, que requieren de soluciones inmediatas en todos los ámbitos de la vida humana. Si bien el clima es un recurso fundamental para las actividades del hombre, puede suponer un obstáculo para su desarrollo, por lo que es necesario estudiar su papel en el ambiente (Sala Sanjaume y Batalla Villanueva 1996).

En el desarrollo de este trabajo se contemplará la dimensión solar en el marco del fortalecimiento del desarrollo urbano sostenible y la gestión local del cambio climático. El análisis holístico e integral de la radiación solar en entornos urbanos constituye un paso importante para contribuir a la mitigación de las problemáticas urbanas antes mencionadas. Es posible identificar dimensiones o aspectos desde donde abordar el estudio de la radiación solar en relación con el hombre en sociedad, su entorno físico-natural y sus actividades, organizados en tres categorías. El Sol puede ser visto como un recurso, sea desde un punto de vista de sostenibilidad y optimización energética, para la salud o como elemento de disfrute para el hombre. También, la exposición a la radiación solar puede suponer un peligro para el hombre. Por otro lado, la disponibilidad de luz solar directa en edificios privados y áreas públicas es un derecho. Dichas dimensiones contemplan los usos del Sol que deben ser tenidos en cuenta y garantizados en el entorno urbano: el individual (acceso directo de la luz diurna y a la iluminación natural de los edificios), el técnico (conversión de la radiación solar en distintas formas de energía) y el social (asoleo directo de áreas públicas) (Curreli 2017).

Cada una de las dimensiones o aspectos analizados involucra y se corresponde con propuestas concretas de desarrollo sostenible susceptibles de ser materializadas en la ciudad. Las mismas se catalogan dentro de lo que podría denominarse la gestión del recurso solar y la gestión del riesgo solar. Se contemplarán soluciones estructurales y no estructurales (González et al. 2015). Las primeras involucran respuestas con resultados tangibles, como el fortalecimiento de la infraestructura verde, las normativas de control edilicio para un posible aprovechamiento energético y disfrute del recurso solar en la ciudad. Por otro lado, las no estructurales dan cuenta de capacidades individuales a potenciar, en las que se enmarca el conocimiento y difusión de la información (relativa a peligros de sobreexposición, olas de calor y contaminación urbana con sus acciones preventivas correspondientes) como principal insumo.

1.2. Antecedentes y estado actual del conocimiento

La radiación solar mantiene la vida en la Tierra y controla gran parte de los procesos biológicos, define el ritmo a nuestras vidas y nuestra percepción del transcurso del tiempo a partir de la alternancia del día y la noche y el cambio de estaciones, entre otros (Patton et al. 1978; Strahler y Strahler 2000; Franco-Medina 2014; Oke et al. 2017). En forma de energía, provee el necesario calentamiento del cuerpo humano equilibra los intercambios térmicos fisiológicos y regula el confort de los ambientes interiores y exteriores (Olgay 2016; Curreli 2017; Oke et al. 2017).

Los estudios sobre la radiación solar son variados e involucran distintas dimensiones. En lo que respecta al aprovechamiento del recurso solar, depende fundamentalmente del conocimiento de la cantidad y distribución de irradiación en un espacio determinado, así como también de su variación temporal (Vera Mella y Baldasano Recio 2005; Sengupta et al. 2017). Es una práctica común presentar dicha información en mapas solares, que constituye una herramienta básica de gestión y resulta de utilidad a la hora de evaluar y ejecutar medidas orientadas al desarrollo energético sostenible (Gueymard y Wilcox 2011; Habte et al. 2017). Abordar la temática energética desde la óptica territorial presenta múltiples ventajas ya que permite, entre otras cosas, valorar los recursos energéticos renovables potenciales, determinar la demanda energética, incorporar las perspectivas y visiones de los actores locales, potenciar recursos y capacidades locales, analizar impactos ambientales e

identificar las prioridades y orientar la planificación de propuestas y acciones en cuestiones energéticas. De ahí que a nivel mundial se observe una tendencia creciente a la vinculación entre las energías renovables y el ordenamiento territorial desde una óptica integral (Belmonte et al. 2009). El desarrollo de mapas de radiación solar ha sido llevado a cabo en Europa (Greif y Scharmer 2000; Scharmer y Greif 2000; Page et al. 2001; Meizoso López 2012; Del Pino Pérez Rodríguez 2014), África (Diabaté et al. 2004; Pillot et al. 2013a, b), la Península Arábiga (Alnaser et al. 2004; Alyahya y Irfan 2014, 2016), así como en Norteamérica (Cuff y Young 1980; George y Maxwell 1999), Sudamérica (Tiba 2000; Wright 2002; SENAMHI-MEM 2003; Bueno Pereira et al. 2006; Abal et al. 2010a, b; Ceballos y Macedo 2014) y la Argentina (Grossi Gallegos y Righini 2007), entre otros. Además, numerosos estudios se focalizan en el análisis del potencial solar en los entornos urbanizados (Denholm y Margolis 2008; Arboit et al. 2012; Grossi Gallegos y Righini 2013; Arboit y Betman 2014, 2017; Mainzer et al. 2014; Shahrokni et al. 2014; Schiller y Evans 2015; Gagnon et al. 2016). En el año 2017 existían al menos 190 investigaciones relativas a la evaluación de la energía solar en las ciudades (Byrne et al. 2017b). Se han documentado estudios relativos al potencial energético solar en ciudades europeas (Currelli et al. 2012; Martín Ávila 2014; Rode et al. 2014; Mainzer et al. 2014; Shahrokni et al. 2014), norteamericanas (Denholm y Margolis 2008; Gagnon et al. 2016; Krishnan 2016) y centroamericanas (Santillán et al. 2010; Vallejo Lozada, W. A., Hernandez y Saenz 2010; Franco-Medina 2014; Albarracín Vélez 2016), así como también en la Argentina (Arboit y De la Rosa 2012; Grossi Gallegos y Righini 2013; Arboit 2013; Schiller y Evans 2015; Arboit y Betman 2017). Debido a los altos costos del instrumental de medición de radiación solar la disponibilidad de datos suele ser limitada (Raichijk et al. 2006; Ramirez Camargo et al. 2015). Ante esta situación es necesario buscar fuentes alternativas a fin de conocer la variabilidad del recurso solar en diversos territorios. Históricamente los datos de heliofanía efectiva han sido utilizados para estimar la RSG (Löf et al. 1966; Hay 1979; Benson et al. 1984; Assi y Jama 2010; Román et al. 2014; Argungu et al. 2017; Sengupta et al. 2017). Contemporáneamente, la utilización de modelos numéricos e imágenes satelitales para el estudio de la RSG ha surgido como una alternativa (Lohmann et al. 2006; Schroeder et al. 2009; Linares-Rodríguez et al. 2011; Ramirez Camargo et al. 2015).

Respecto al disfrute del Sol en entornos urbanizados, numerosos estudios exponen su importancia en el bienestar y salud para el hombre (Partonen y Pandi-Perumal 2010; Currelli et al. 2012; Franco-Medina 2014; Gray Lovio et al. 2014). Además, las condiciones microclimáticas de los espacios públicos definen el confort y el tiempo de permanencia de los ciudadanos. En este sentido, se expone la necesidad de crear condiciones bioclimáticas adecuadas para el uso de los espacios públicos a lo largo de todo el año, atendiendo a aspectos tales como el asoleo en invierno y la protección solar en verano (Verdaguer 2005; Laura Capcha 2018). Relacionado con ello, el libre acceso a la radiación solar directa es un derecho. La irrupción de grandes áreas de sombra sobre edificaciones bajas como consecuencia de la verticalización urbana ha interrumpido el acceso solar en muchos sectores de las ciudades (Contardo et al. 2017). Regular la morfología y el diseño urbano se considera esencial para asegurar el control de los elementos que representen obstrucciones sobre superficies potencialmente colectoras de energía solar, así como en calles y espacios públicos. De ahí que muchos estudios aludan a la necesidad de modificar la legislación vigente e incluir en los códigos municipales de planeamiento cuestiones referidas al acceso al Sol (Mesa y De Rosa 2004; Cárdenas Jirón y Uribe Araya 2012; Mesa et al. 2013; Franco-Medina y Bright-Samper 2016; Contardo et al. 2017; Curreli 2017; Gómez y Moris 2017).

Por otro lado, los peligros asociados a la radiación solar han sido ampliamente documentados y estudiados por científicos de todo el mundo. La exposición prolongada a la insolación puede tener impactos negativos en la salud del ser humano, entre los que se destacan el disconfort térmico (Johansson 2006; Hodder y Parsons 2006; Lin et al. 2010; Hwang et al. 2011; Kurazumi et al. 2013; Zhao et al. 2013; Li y Ratti 2018), golpe de calor y exacerbación de problemas respiratorios preexistentes (Semenza et al. 1996; Tertre et al. 2006; Borden y Cutter 2008; Klinenberg 2015; Gasparrini et al. 2015; Gronlund et al. 2016; Lee et al. 2018), dolencias en la piel, cáncer, quemaduras de Sol, aparición de cataratas y bloqueos inmunológicos (Urbach 1989; Pasquali 2004; Matsumura y Ananthaswamy 2004; Akhalaya et al. 2014; Grigalavicius et al. 2016). Además, los ciclos radiativos diarios y anuales poseen directa relación con la contaminación atmosférica, que constituye una problemática importante que afecta a ciudades de todo el planeta y posee efectos directos sobre la salud de la población (Wang et al. 2018; Dehghan et al. 2018; Gao et al. 2019; Xie et al. 2019). Por esta razón en todo el mundo

se han desarrollado múltiples investigaciones en esta línea (Silva Vinasco y Canchala Nastar 2013; Alghamdi et al. 2014; Sharma et al. 2014; Cazorla 2016; Touchaei et al. 2016; Yadav et al. 2016; Yang 2017; Zhang et al. 2017; Li et al. 2017; Wu et al. 2017; Shi et al. 2017; Zhong et al. 2017; Mbululo et al. 2017; Cichowicz et al. 2017; Lam 2018; Li y Song 2018; Wang et al. 2018; Dehghan et al. 2018; Xie et al. 2019; Gao et al. 2019; Fan et al. 2019). Asimismo, esta problemática se ha estudiado en múltiples ciudades argentinas de diversos tamaños, desde grandes ciudades, hasta medias y pequeñas: Buenos Aires (Bogo et al. 1999, 2001, 2003; D'angiola et al. 2010; Abrutzky et al. 2012, 2013; Gallardo et al. 2012), Córdoba (Stein y Toselli 1996; Olcese y Toselli 1998a, b, 2002; Laura López et al. 2011; Achad et al. 2014; Olcese et al. 2014; Palancar et al. 2017; Lanzaco et al. 2017), Rosario (Andrés et al. 2011), La Plata (Allende et al. 2016a; E. Ratto et al. 2018), San Miguel de Tucumán (Khouri et al. 2018), Mendoza (Pulíafito et al. 1998; Fernández et al. 2010; Allende et al. 2014a, 2016b; Ruggeri et al. 2016), General Roca (Paez 2017) e incluso Bahía Blanca (Pulíafito y Allende 2007; Pulíafito et al. 2009; Colman Lerner et al. 2012; Orte et al. 2013; Bambill et al. 2017; Campo et al. 2017, 2018). Particularmente, la contaminación fotoquímica es un contaminante climático de vida corta (CCVC o también en inglés SLCP: *Short-Lived Climate Pollutants*) que posee directa relación con el proceso de cambio climático global y por eso ha sido el foco de interés de muchas investigaciones (Olcese y Toselli 1998a; Jenkin y Clemitshaw 2000; Fujita et al. 2003; Yin et al. 2004; Camalier et al. 2007; Zhang et al. 2008; Shao et al. 2009; Hembeck et al. 2019).

En el contexto de cambio climático global y ante la urgencia de promover medidas sostenibles en los entornos urbanos surge el concepto de *ciudad solar* (Winter 1994). Las ciudades solares involucran el potencial combinado de todas las dimensiones del Sol analizadas. La planificación urbana desde este enfoque ha sido ampliamente discutida (Martín Ávila 2014; Byrne et al. 2015, 2016, 2017b, a; Curreli 2017; Gómez y Moris 2017; Yousuf et al. 2018). En lo que respecta a esfuerzos concretos, el caso de Australia resalta por su magnitud, con un programa que incluyó a 7 ciudades australianas y se basó en la asociación de todos los niveles de gobierno, la industria, los negocios y la comunidad local (Gerritsen y Zeng 2012; Australian Government 2013; Gómez y Moris 2017).

1.3. Justificación de la investigación

La población mundial que vive en áreas urbanas es cada día mayor (United Nations 2015; Kamiya y Zhang 2017). Es altamente probable que esta situación derive en un alza exponencial de la demanda energética que incrementaría, a su vez, la presión sobre los recursos naturales y la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, exacerbando el cambio climático y sus impactos (IPCC 2014). Por lo tanto es esperable que, con la urbanización aumente la frecuencia, intensidad y complejidad de las problemáticas ambientales con directa incidencia sobre la sostenibilidad y las condiciones de vida de sus habitantes (Barros y Camilloni 2016). La ciudad de Bahía Blanca no está exenta de dichas problemáticas, que poseen consecuencias tanto ambientales como socio-económicas a nivel local. En este contexto, el análisis holístico del Sol en la ciudad constituye una herramienta factible de potenciar la sostenibilidad y la resiliencia a escala local. La necesidad de desarrollar entornos urbanos sostenibles y la oportunidad que representa la integración y utilización de todas las dimensiones del Sol para tal fin justifica la realización de esta investigación para Bahía Blanca.

Numerosos estudios abordan la distribución espacio-temporal de la radiación solar y su importancia como herramienta de sostenibilidad. Por otro lado, otras tantas investigaciones refieren a la incidencia del Sol en la producción de contaminantes, en el confort térmico de los ciudadanos y en la salud y bienestar del ser humano. Sin embargo, la mayor parte de dichos estudios se focalizan en solo un aspecto del Sol. La originalidad de esta propuesta se sustenta fundamentalmente en el análisis multidimensional del Sol a escala local y en el potencial que posee esta visión integral a la hora de tomar medidas orientadas al desarrollo urbano sostenible. Este tipo de análisis es innovador en el contexto de la ciudad de Bahía Blanca y posee gran importancia a la hora de fortalecer las capacidades de adaptación al cambio climático y sus efectos y promover una estructura urbana resiliente.

Las hipótesis que guían la presente investigación son:

- La radiación solar recibida en superficie en Bahía Blanca está determinada por factores naturales y antropogénicos.
- La radiación solar es un recurso energético renovable que puede ser considerado como una variable en la elaboración de planes de ordenamiento territorial en Bahía Blanca.

1.4. Objetivos general y específicos

Objetivo general:

Analizar la distribución espacio-temporal de la radiación solar en relación con los elementos físico-naturales y humanos del ambiente con los que interactúa a fin de proponer medidas en el marco del desarrollo urbano sostenible.

Objetivos específicos:

1. Describir la variabilidad espacio-temporal de los componentes de la radiación solar en el sur de la provincia de Buenos Aires, en Bahía Blanca y su vinculación con las coberturas nubosas.
2. Analizar la variabilidad temporal de los contaminantes atmosféricos en relación con los ciclos radiativos a escala urbana.
3. Indagar sobre los patrones de iluminación y sombra urbana (vinculados a la insolación) que inciden en las condiciones de confort térmico de los habitantes.
4. Definir el efecto de la forma y función urbana de Bahía Blanca en los flujos caloríficos integrados en el balance energético a escala local.
5. Analizar el marco jurídico-institucional vigente a nivel nacional, provincial y local en lo relativo al acceso al Sol para la ciudad de Bahía Blanca.
6. Conocer la percepción de los habitantes de Bahía Blanca respecto al Sol, en términos de su aprovechamiento energético, disfrute y salud, peligrosidad y libre acceso a escala urbana.
7. Incorporar la dimensión solar en la propuesta de medidas basadas en principios urbanísticos conducentes al logro del desarrollo urbano sostenible.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La Teoría General de Sistemas en Climatología

La Teoría General de Sistemas consiste en una visión holística e integradora para entender y explicar la realidad al abordar no solo partes y procesos aislados sino su interacción, a fin de también resolver problemas vinculados a la organización y el orden que los unifican (Von Ludwing 1968). Con la Teoría General de Sistemas se busca una solución para la complejidad del mundo real (Capitanelli 1998). Un sistema podría definirse como un conjunto estructurado de elementos interdependientes, que poseen organización interna y funcionan juntos a través de combinaciones de conexiones dentro de límites definidos (Cuadrat y Pita 2006). Cuando se conceptúa la realidad de forma sistémica se focaliza la atención en los procesos y respuestas materializados en la superficie terrestre. Desde la geografía, el abordaje a partir de sistemas resulta un medio útil para vincular procesos, morfología y materiales a todas las escalas (Patton et al. 1978; Capitanelli 1998). La Tierra se comporta como un sistema natural cerrado pero no aislado, ya que ingresa energía proveniente del Sol y al mismo tiempo el planeta emite energía en forma de radiación en longitudes de onda infrarrojas hacia el espacio exterior (Sánchez-Santillán et al. 2015). A su vez, dentro del gran sistema Tierra hay también otros sistemas. Nuestro planeta está compuesto por una serie de sistemas interconectados, de varias escalas y diferente complejidad, formando una gran jerarquía. El sistema climático es uno de ellos.

El clima de la Tierra constituye la expresión de un sistema abierto con múltiples subsistemas interconectados. Los factores cósmicos, planetarios y geográficos son las entradas y las salidas están constituidas por la diversidad de climas del globo (Cuadrat y Pita 2006). Los elementos del clima son los componentes que lo definen y las variables a través de las cuales se manifiesta su influencia en los demás elementos del medio natural (Fernández García 1996). Los distintos elementos del clima manifiestan fuertes vínculos entre sí y se articulan a través de una amplia gama témporo-espacial de procesos.

La escala espacial de análisis define la forma en que será abordado el estudio de la interacción entre los elementos climáticos. En los climas zonales o macroclimas la configuración de los elementos climáticos se ve directamente influenciada por la latitud y la circulación atmosférica general. Los climas regionales o mesoclimas se ven determinados por los factores climáticos que inciden en el comportamiento de los centros de acción. Por otro lado, en los climas locales y su configuración predominan las condiciones del sitio, como la altitud, la cubierta vegetal o el ambiente edificado. El clima urbano constituye una singularidad del clima local que constituye el reflejo de la totalidad de cambios microclimáticos surgidos por la modificación antropogénica de la superficie terrestre. Los microclimas son climas cuyos elementos se ven determinados principalmente por factores del entorno inmediato, dejando en un segundo plano la influencia de los factores locales (Pédélaborde 1970; Fernández García 1996; Capelli de Steffens et al. 2005; Oke et al. 2017). No obstante, la naturaleza de los fenómenos climáticos debe contemplarse con enfoques globalizadores. El enfoque sistémico-integral descarta la posibilidad de concebir las escalas climáticas de análisis como elementos estancos y resalta la necesidad de estudiar los elementos del clima de forma inter-escalar a fin de determinar su real distribución y explicar de forma integrada su comportamiento y grado de influencia en el ambiente (Patton et al. 1978; Cuadrat y Pita 2006).

2.2. La radiación solar en el sistema climático terrestre

La principal fuente de energía de todos los procesos climáticos es la radiación que el planeta Tierra recibe del Sol. Los distintos elementos del clima (como la temperatura, la humedad y la presión atmosférica, entre otros) poseen intensidades y gradientes determinados por la insolación. Por lo tanto, la radiación es la causa primaria de las diferencias climáticas (Patton et al. 1978).

En el interior del Sol se genera una vasta cantidad de energía en forma de calor, que encuentra su vía de escape por convección y conducción hacia la superficie. De esta manera, el Sol emite radiación electromagnética, que en poco más de ocho minutos recorre la distancia que lo separa de la Tierra (Strahler y Strahler 2000; Aguado y Burt 2015; Habte et al. 2017). La tasa de producción de energía es aproximadamente constante para escalas temporales breves. La constante solar es un concepto utilizado para referirse a la energía que recibe la Tierra por unidad de superficie, como objeto dispuesto perpendicularmente a los rayos del Sol (Strahler y Strahler 2000; Aguado y Burt 2015). En los últimos años las variaciones a corto y largo plazo en la actividad solar han sido identificados y cuantificados. Se identificaron ciclos de 11 años en la actividad solar, que están acompañados por un número variable de manchas solares (áreas frescas y oscuras en el Sol) y fáculas (puntos calientes, brillantes). Teniendo en cuenta dicha variabilidad, la emisión solar (solar outputs) es ahora referido como Irradiancia Solar Total (IST o TSI -*Total Solar Irradiance*-, por sus siglas en inglés) (Habte et al. 2017). La TSI se define como la cantidad de energía proveniente del Sol, por unidad de área, que recibe todo punto por encima de la atmósfera terrestre, en cada instante de tiempo (Plasencia et al. 2007). En consecuencia, la Constante Solar es considerada como el promedio a largo plazo de la TSI y se le asigna un valor de 1.361 W/m^2 (Plasencia et al. 2007; Aguado y Burt 2015; Habte et al. 2017).

La radiación solar que alcanza el límite superior de la atmósfera terrestre se denomina Radiación Solar Extraterrestre (RSE o ETR – *Extraterrestrial Radiation*, por sus siglas en inglés) (WMO 2017). La radiación extraterrestre se ve determinada por los movimientos terrestres y la distancia entre la Tierra y el Sol.

2.2.1. Factores que afectan la radiación solar que alcanza la superficie terrestre

La radiación solar que alcanza cierto sector de la superficie terrestre se ve determinada por la altura solar, la duración del día, el efecto de la atmósfera y la topografía del terreno.

La altura solar se define como el ángulo de incidencia de los rayos solares respecto a una superficie horizontal. Cuanto más cerca de la vertical estén los rayos del Sol, menor será la superficie horizontal que cubran, por lo que la insolación por unidad de superficie será mayor. Por lo tanto, la altura solar define la evolución y recepción de los rayos solares en la superficie terrestre (Gil Olcina y Olcina Cantos 2017). La altura solar depende de la latitud, la época del año y la hora del día. En la medida que la latitud aumenta, la altura solar disminuye (Gil Olcina y Olcina Cantos 2017). Asimismo, el movimiento de rotación terrestre determina que en cada uno de los momentos del día el Sol describa una trayectoria aparente que define distintos ángulos de incidencia. Al amanecer los rayos solares forman un ángulo cuyo valor es 0° , aumenta 15° cada hora y decrece al mismo ritmo hasta el ocaso (Fernández García 1996).

La duración del día define la duración de la insolación o luz solar. Este factor depende de la estación del año y la latitud. Fuera del Ecuador y a excepción de los equinoccios de otoño y primavera, días y noches son desiguales en todo el globo. Dicha desigualdad se incrementa en la medida que aumenta la distancia respecto al Ecuador y se hace máxima durante los solsticios (Barry et al. 2004; Gil Olcina y Olcina Cantos 2017).

La atmósfera terrestre constituye un constante filtro para la radiación. La radiación incidente sufre tres procesos al penetrar en la atmósfera: absorción, difusión y reflexión (Patton et al. 1978; Abal 2012; Oke et al. 2017). Las complejas interacciones de la radiación solar con la atmósfera terrestre resultan en el abordaje teórico de sus tres componentes. La radiación solar directa es aquella que se recibe directamente del Sol, sin sufrir ninguna dispersión atmosférica. La radiación difusa es la que la superficie recibe del Sol luego de ser desviada por las partículas discretas presentes en la atmósfera. La radiación solar global (RSG) es la suma geométrica de las radiaciones directa y difusa que se reciben sobre una superficie (Hermosillo Villalobos et al. 1995; Habte et al. 2017). El término insolación se asocia con el brillo del disco solar que rebasa la luz difusa del fondo del cielo o, como lo observa mejor el ojo humano, con la aparición de sombras detrás de objetos iluminados. Como tal, el término se relaciona más con la radiación visible que con la energía radiada en otras longitudes de onda (WMO 2017). La heliofanía efectiva se refiere a la suma de los períodos de tiempo en que la radiación solar directa excede los 120 W/m^2 . El instrumental más utilizado para su registro por el Servicio Meteorológico Nacional es el heliofanógrafo tipo Campbell – Stokes. El registro se obtiene sobre una faja de papel que es quemada por los rayos del Sol refractados en la esfera. Todo fenómeno meteorológico (litometeoros, nubes o nieblas) que intercepte la radiación solar directa quedará registrado en la faja al disminuir la intensidad del trazo, llegando, a veces, a no producirse registro alguno (WMO 2017). Las superficies receptoras de radiación poseen diferentes inclinaciones y orientaciones en relación con la radiación incidente (Fernández García 1996). Características como la orientación y anfractuosidad del terreno y sistemas de pendientes son factores decisivos. Las solanas y umbrías son variables de gran interés en el análisis de los climas locales y son conceptos fundamentales a la hora de explicar el comportamiento de las especies vegetales (Felicísimo Pérez 1994; Gil Olcina y Olcina Cantos 2017). Especialmente en invierno y en zonas de relieves acusados y zonas urbanas, la radiación solar incidente se ve directamente afectada por la altura y orientación de edificios y calles (Fernández García 1996).

2.3. El balance energético terrestre

El balance de radiación global que se produce en nuestro planeta puede analizarse como un sistema abierto de energía, donde la superficie exterior de la atmósfera es el límite. En cuanto la radiación solar ingresa al sistema tierra-atmósfera, se producen una serie de mecanismos que implican ganancias y pérdidas de energía. La diferencia entre la radiación entrante y la radiación saliente se denomina radiación neta (Patton et al. 1978; Strahler y Strahler 2000; Oke et al. 2017).

En términos de los resultados de intercambios caloríficos entre la atmósfera y la superficie terrestre mediante radiación, convección y conducción, la ecuación de balance energético terrestre puede expresarse de la siguiente manera:

$$Q^* = Q_H + Q_E + Q_G \quad [2.1]$$

Donde Q^* es la radiación neta, Q_H representa el flujo de calor sensible, Q_E el flujo de calor latente (ambos flujos turbulentos que representan el traspaso de energía desde superficie terrestre hacia la atmósfera) y Q_G es el flujo de calor sensible transmitido por conducción en el sustrato terrestre (Oke et al. 2017).

Parte de la radiación de onda corta recibida es absorbida por la atmósfera, se almacena en ella y se transforma en calor sensible. Convertida en energía de onda larga, parte de dicha porción se envía a la superficie terrestre por contrarradiación, donde es absorbida y transformada en calor sensible, transmitido por conducción hacia capas más profundas de la superficie (Q_G) (Strahler y Strahler 2000).

La transferencia de energía de la tierra a la atmósfera se realiza mediante dos mecanismos de radiación de onda larga: el flujo de calor sensible (Q_H) que asciende por movimientos turbulentos y se ve determinado por las diferencias térmicas entre la atmósfera y el sustrato y el flujo de calor latente (Q_E) que asciende con el vapor de agua. Una vez que el agua es evaporada, el calor latente permanece en las partículas de vapor de agua, para ser liberado nuevamente en el proceso de condensación. La evaporación remueve energía del sistema, causando enfriamiento atmosférico, mientras que la condensación libera energía y caldea la atmósfera (Strahler y Strahler 2000; Oke et al. 2017).

Desde un punto de vista global, en un período anual la radiación neta será cero. Sin embargo, este valor no es generalizable: en algunos lugares la energía entrante es mayor que la saliente ($Q^* > 0$), lo que implica un superávit de energía; en otros, la energía entrante es menor que la saliente ($Q^* < 0$), lo que significa un déficit energético (Strahler y Strahler 2000). Además, el sistema de transferencia de calor entre la atmósfera y la tierra posee un ritmo estacional y diario marcado por la presencia o ausencia de la radiación incidente. Durante el día se observa un superávit de radiación neta en superficie, determinado por la conducción de calor sensible en el sustrato (Q_G) o el transporte turbulento de calor sensible por convección a la baja atmósfera (Q_H). Durante la noche la superficie terrestre emite radiación y especialmente en invierno formándose inversiones térmicas en las capas más cercanas al suelo (Oke et al. 2017).

2.4. El sistema urbano

La ciudad puede ser considerada como un sistema abierto, que intercambia materia y energía más allá de los límites que la circunscriben (Oke et al. 2017). Bajo este criterio, Oke et al. (2017) proponen el concepto de Metabolismo Urbano, analogía que da cuenta de los flujos y transformaciones de materia y energía que suceden dentro de una ciudad. Las entradas al sistema están constituidas por la energía, combustibles, el aire, el agua y los alimentos necesarios para la vida, operar la ciudad, crear infraestructura y proveer servicios. Las salidas se materializan en residuos sólidos y líquidos, contaminantes atmosféricos y calor residual. De acuerdo con el principio de conservación, un exceso en las entradas al sistema implicará su crecimiento: incrementos físicos en el tamaño de la ciudad, su población, sus bienes y servicios (EEA 2015; Oke et al. 2017). Desde esta perspectiva es de esperar que la existencia de las ciudades modifique los subsistemas terrestres en los que se asienta, entre ellos la atmósfera.

La forma y función urbana son las principales configuraciones que inciden en las propiedades atmosféricas de la ciudad. La forma incluye a los materiales que son utilizados para su construcción, la cobertura de la superficie y la estructura de la ciudad (dimensiones de los edificios, ancho de calles, etc.). La función se refiere a las actividades antropogénicas realizadas dentro de la ciudad y sus correspondientes ciclos: ritmos de trabajo que influyen en el tráfico vehicular, actividades industriales, calefacción y refrigeración de espacios interiores, etc. (Oke et al. 2017).

La capa atmosférica más próxima a la superficie se denomina Capa Límite Atmosférica (CLA), se halla entre los 100 y los 3.000 metros de altura y sus propiedades se hallan controladas por los elementos de rugosidad de la superficie, los movimientos turbulentos de aire y el aporte de humedad y contaminantes atmosféricos de la superficie terrestre. Sobre los núcleos urbanos, la CLA posee una estructura diferencial y se denomina Capa Límite Urbana (CLU). El espesor de la CLU aumenta durante el día y disminuye durante la noche. Es en esta sección de la atmósfera terrestre donde los fenómenos

meteorológicos se ven influenciados por la naturaleza de la superficie urbana. La modificación más importante del clima por la presencia de la urbanización es la isla de calor, fenómeno caracterizado por la existencia de temperaturas más elevadas en los sectores centrales de la ciudad (Capelli de Steffens et al. 2005; Oke et al. 2017).

2.4.1. El balance energético terrestre en las ciudades

Las características radiativas, aerodinámicas e higrotérmicas de los materiales que componen las ciudades actuales modifican sustancialmente los intercambios energéticos entre la superficie terrestre y la atmósfera (Oke et al. 2017).

En lo que respecta al análisis del balance energético en ciudades, no es correcto contemplar superficies individuales (techos, calles, veredas). Se debe analizar a la ciudad como un todo, lo que implica hablar volúmenes urbanos, dentro de los cuales se generan intercambios energéticos, enfriamientos y calentamientos de los materiales que lo componen. Oke et al. (2017) proponen un modelo 3D de conceptualización del ecosistema urbano (Fig. 2.1) y la fórmula de balance energético en este tipo de ecosistemas:

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A \quad [2.2]$$

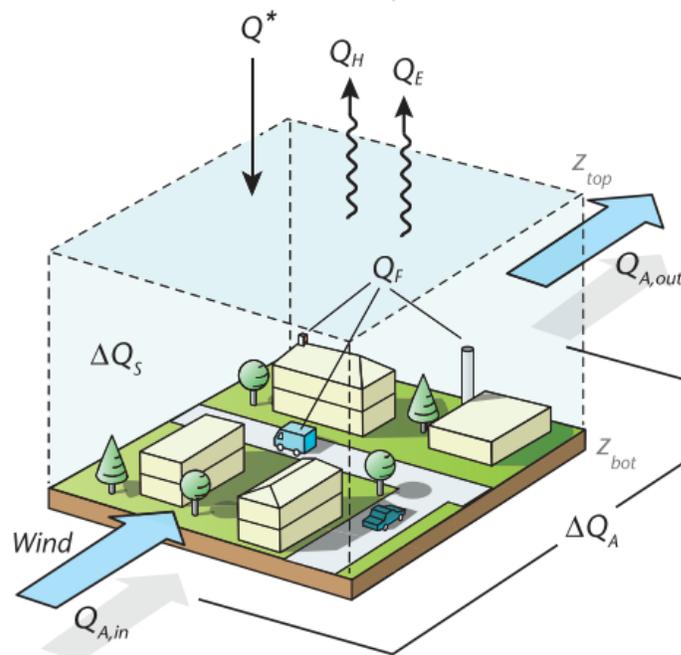
Q^* se refiere a la radiación neta y Q_F al flujo de calor antropogénico producido por las actividades humanas (vivienda, transporte, trabajo). Este componente incluye la liberación de energía generada por la quema de combustibles o el consumo de electricidad utilizada para enfriar o calefaccionar los ambientes interiores, cocinar, iluminar e incluso la utilización de la energía en procesos industriales y en el transporte (Oke et al. 2017). Por otra parte, el metabolismo humano también libera energía al ambiente. El calor antropogénico se ve altamente determinado por el clima de la región analizada, el tipo de economía, las formas de transporte y el grado de industrialización e incluso el grado de compacidad y densidad humana dentro de las ciudades. Sus variaciones temporales son tres: a lo largo del día (ciclo diario), entre días laborables y no laborables (ciclo semanal) y a lo largo del año (ciclo estacional). Además, se han registrado variaciones intraurbanas, con gradientes descendentes desde el centro a la periferia (Oke et al. 2017). Q_F puede ser la fuente primaria de energía en el sistema, principalmente en sitios donde la radiación de onda corta es débil y posee impactos directos sobre la temperatura del aire (Oke et al. 2017).

ΔQ_A es la energía neta agregada o sustraída del volumen urbano a causa del viento. En la práctica y en la ejecución de modelos, este parámetro se evita seleccionando o asumiendo una superficie urbana horizontal relativamente homogénea, con diferencias horizontales despreciables (Oke et al. 2017).

ΔQ_S se refiere al calor almacenado en los suelos, materiales de construcción, árboles y el aire contenido en el volumen urbano analizado. El calor se almacena temporalmente en estos elementos, que se caldean durante el día y en el verano y se enfrían durante la noche y en el invierno. Su valor depende de las propiedades térmicas de los materiales empleados en las ciudades, que poseen gran capacidad de almacenamiento calorífico y gran conductividad, lo que los convierte en buenos almacenamientos de calor sensible. La absorción de calor en las ciudades es mayor que en las zonas rurales, principalmente debido a su morfología. Los edificios pueden ser dos o tres veces más altos que el sustrato natural, lo que genera mayor captación de radiación de onda corta entre los cañones urbanos y la reducción de la pérdida de radiación de onda larga. Estas configuraciones urbanas también incrementan el abrigo contra el viento, reduciendo la pérdida de calor sensible por flujos turbulentos (Oke et al. 2017).

La relación entre Q^* y ΔQ_S varía a lo largo del día: después del amanecer una gran porción de Q^* es transferida a ΔQ_S ; después del amanecer, los materiales urbanos se enfrían y más energía es canalizada a través de los flujos turbulentos Q_H y Q_E ; durante la noche, los flujos turbulentos disminuyen pero en las áreas urbanas más densas Q_H se mantiene positivo (Oke et al. 2017).

Figura 2.1. Balance energético superficial en el ecosistema urbano.



Fuente: Oke et al. (2017).

2.5. La radiación solar en la ciudad: un recurso, un peligro y un derecho

En las ciudades, los patrones de solanas y umbrías poseen una dinámica distintiva debido a las obstrucciones de árboles y edificios. Las variables morfológicas de las configuraciones urbano-edilicias limitan el acceso solar debajo del nivel de los edificios y crean sombras en los ambientes en los que los peatones circulan (Basso et al. 2013; Arboit 2013; Arboit y Betman 2014, 2017; Oke et al. 2017). Una de las unidades elementales de la morfología urbana son los cañones urbanos, que se refieren al espacio formado por las paredes de los edificios y la calle entre ellos (Oke et al. 2017).

Entre los principales descriptores morfológicos urbanos pueden mencionarse la orientación de la trama urbana, el ancho de las calles y la altura de los edificios. La orientación de la trama urbana determina qué sectores estarán expuestos a los rayos directos del Sol en una u otra época del año. La altura de los edificios define la proyección de su sombra sobre las fachadas de otros edificios o sectores públicos de la ciudad. El ancho de las calles dará cuenta de la proximidad física de las edificaciones, lo que reduce la penetración de la radiación solar. A su vez, la relación entre el ancho de calles y la altura de la edificación debe ser considerada. En este sentido, la relación de aspecto (*aspect ratio*) es una medida ampliamente utilizada para conocer la geometría de los cañones urbanos, que define la relación entre el alto de los edificios (H) y el ancho de las calles (W). Este factor constituye un elemento fundamental en el análisis de la radiación solar y el balance energético a escala urbana (Carrasco Aldunate 2010; Rodríguez Algeciras 2013; Shishegar 2013; Curreli 2017).

El Sol es un bien común y todos los individuos deben poder disfrutar de sus beneficios (Martín Mateo 1981; Franco-Medina 2014). Son tres los grados de utilización del Sol que deben analizarse en los entornos urbanos: el uso individual, el uso técnico y el uso social. El uso individual hace referencia al acceso directo de la luz diurna y a la iluminación natural de los edificios, al contacto visual con el entorno exterior y al calentamiento pasivo de los espacios. El uso técnico implica un proceso de conversión de la radiación solar en distintas formas de energía, la utilización directa mediante instalaciones fotovoltaicas o aplicaciones indirectas como la generación de energía a partir de biomasa. El uso social se refiere al asoleo

directo de las áreas públicas, accesibles a toda la comunidad. Esto último contempla la organización racional de la distribución urbana procurando que los edificios no afecten con su sombra el uso directo del Sol. Esto permite a los ciudadanos disfrutar de espacios públicos soleados y también constituye el componente primario para el crecimiento de la vegetación, que contribuye a la mejora de la calidad de vida y al confort en el ámbito urbano (Herzog et al. 1996; Treberspurg 2008; Curreli 2017).

En contrapartida, la sobreexposición a la insolación puede convertirse en un peligro para la salud de las personas. En verano y especialmente en episodios de olas de calor la disponibilidad de sombra incide en el confort térmico de los transeúntes. Es de esperar que las olas de calor aumenten en la medida que los efectos del calentamiento global se acentúen, según investigaciones recientes (Beniston 2004; Della-Marta et al. 2007; Fischer y Schär 2010; Rohini et al. 2016; Ward et al. 2016b; Dosio et al. 2018; Guerreiro et al. 2018; Kang y Eltahir 2018) e informes de organizaciones internacionales, como el IPCC (Seneviratne et al. 2012). Además, la radiación solar en la atmósfera urbana posee directa incidencia en la producción y distribución de contaminantes. Es así como los cambios en el sistema ambiental derivados de la urbanización pueden transformar los recursos en amenazas para la vida humana (Lavell 2002). En presencia de contaminantes primarios, la insolación desencadena reacciones que posibilitan la producción de ozono en la baja atmósfera (smog fotoquímico) (Fujita et al. 2003; Alghamdi et al. 2014; Yoo et al. 2015) cuya presencia en el aire se asocia a cambios en la función pulmonar e inflamación en las vías respiratorias (WHO 2006). En este contexto resulta fundamental incorporar instrumentos de planificación urbana-local relativos a la gestión del recurso solar y gestión del riesgo solar.

2.5.1. La radiación solar: un recurso valioso

2.5.1.1. Dimensión técnica: un recurso energético

En forma de energía, el Sol provee al necesario calentamiento del cuerpo humano y de todos los espacios interiores y exteriores que representan la escena de nuestras acciones, equilibra los intercambios térmicos fisiológicos y regula el confort de los ambientes. Desde un punto de vista técnico, la radiación solar puede ser vista como una herramienta de sostenibilidad y optimización energética (Sengupta et al. 2017).

La energía solar se puede aprovechar de formas diferentes: la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica. La energía solar térmica utiliza una parte del espectro electromagnético solar para producir calor mediante el empleo de colectores térmicos. La energía solar fotovoltaica transforma la energía solar en energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas. Estos sistemas de energía solar utilizan diferentes tecnologías, recolectan diferentes fracciones del espectro solar y tienen diferentes requisitos de ubicación y capacidades de producción (Sengupta et al. 2017). El potencial solar en los entornos urbanizados ha sido ampliamente estudiado alrededor del mundo (Mainzer et al. 2014; Schiller y Evans 2015; Gagnon et al. 2016; Arboit y Betman 2017; Byrne et al. 2017b).

2.5.1.2. Dimensión social e individual: un elemento fundamental para la salud y el disfrute en la ciudad

El Sol representa un elemento ineludible de bienestar y salud para el hombre. El acceso garantizado a la energía solar es fundamental para el sostenimiento y la salud de nuestras vidas (Franco-Medina 2014). La luz que provee el Sol permite conocer la claridad, influye en la producción de hormonas, el humor, los impulsos y las acciones (Partonen y Pandi-Perumal 2010; Curreli 2017). Además, el contacto directo con el Sol produce sensación de bienestar, es necesario en la síntesis de vitamina D en el organismo y mejora afecciones dermatológicas como la psoriasis (Gray Lovio et al. 2014). Asimismo, la luz del Sol es el elemento primario para el crecimiento de la vegetación, que contribuye de gran manera al confort en la ciudad.

2.5.2. La radiación solar: un peligro para los ciudadanos. Análisis en el marco de la Teoría Social del Riesgo

En ocasiones, la interacción entre los sistemas sociales y los sistemas naturales plantea consecuencias no deseables para la comunidad y el medio ambiente. Los elementos del sistema climático pueden constituir un riesgo para la vida y el desarrollo

humano. El aumento en la frecuencia, magnitud y duración de los fenómenos climáticos adversos provocados por el fenómeno del cambio climático global se asocian al concepto de riesgo climático. Este incluye amenazas asociadas a registros térmicos extremos, precipitaciones extraordinarias, carencia de lluvias, vientos violentos e incluso lluvias ácidas y contaminación atmosférica (Gil Olcina y Olcina Cantos 2017). Ante este panorama, las ciencias sociales se ocupan de desarrollar conceptos, teorías y métodos para la correcta definición y análisis de los problemas ambientales (Bosque Sendra et al. 2004). Entre ellos, se destaca la Teoría Social del Riesgo, un marco conceptual que modifica la percepción del problema y los riesgos son asumidos en relación con los actores y sus decisiones, desplazando el centro de atención de la fatalidad a la propia responsabilidad con hincapié en la reflexión de lo que se puede hacer como sociedad frente a lo que acontece a su alrededor (Barrenechea et al. 2003). En este sentido, los riesgos son concebidos como eventos potenciales que pasan a ser catástrofes cuando dicha potencialidad se concreta. El análisis del riesgo ha introducido la conceptualización del riesgo en términos de cuatro dimensiones: peligrosidad, exposición, incertidumbre y vulnerabilidad (Natenzon 2004; Natenson y Ríos 2015; Gil Olcina y Olcina Cantos 2017). El riesgo tecnológico en particular se define como la probabilidad de sufrir daños o pérdidas económicas, ambientales y humanas como consecuencia del mal funcionamiento o accidente de una tecnología aplicada en una actividad humana (Bosque Sendra et al. 2004; Fàbrega y Vílchez Sánchez 2010). Por otro lado, los riesgos ante eventos climáticos se definen en función de la probabilidad que se manifiesten consecuencias adversas después de producirse una amenaza climática. Esta probabilidad depende de la interacción entre las posibles amenazas propias del clima y la vulnerabilidad de un sistema a esas amenazas (González et al. 2015). La capacidad de una sociedad de adaptarse a los impactos del cambio climático depende de múltiples factores. Entre ellos, la base productiva de los países y territorios, las prestaciones sociales, las instituciones, la tecnología disponible, el capital humano, la capacidad de gestión y las políticas de desarrollo bien planificadas. Por todo esto, el grado en que una sociedad puede responder exitosamente a los desafíos que plantea el cambio climático está íntimamente conectado con el desarrollo social y económico (González et al. 2015). En este contexto se han incorporado nuevos conceptos relacionados con el análisis del riesgo, como el de resiliencia, que hace referencia a la capacidad que tienen las sociedades para recuperarse lo más rápido posible ante los efectos negativos de un fenómeno meteorológico extremo (Gil Olcina y Olcina Cantos 2017).

En el marco urbano, el riesgo y los desastres pueden abordarse desde dos perspectivas: como proceso y como producto (Herzer y Gurevich 1996). Como proceso, se conciben en la creación de las condiciones de riesgo a través del tiempo resultado de la dinámica de los peligros y las vulnerabilidades sociales. Como producto, el desastre se evidencia en los grandes eventos catastróficos de naturaleza puntual (por ejemplo, una explosión o un escape industrial) o en la presencia de pequeñas rupturas o desequilibrios que suceden cotidianamente (por ejemplo, emisiones de contaminantes constantes de una fábrica cercana a donde las personas viven y trabajan), pero que acumulados adquieren un valor significativo a veces hasta más importante que el de los grandes eventos (Herzer y Gurevich 1996). En este sentido, la dinámica de la radiación solar representa un peligro para la población ya que tiene estrecha relación con la distribución de los contaminantes. Por otra parte, numerosos estudios han demostrado que la exposición prolongada a la insolación puede tener impactos negativos en la salud del ser humano.

2.5.2.1. La radiación solar y los contaminantes atmosféricos en las ciudades

Un informe reciente de la Organización Mundial de la Salud (OMS o WHO por sus siglas en inglés) reveló que solo una de cada diez personas vive en una ciudad que cumple con las pautas de calidad del aire de la OMS. Además, las estimaciones recientemente publicadas muestran que solo la contaminación del aire exterior mata a aproximadamente 3 millones de personas cada año y que la combinación de contaminación del aire exterior e interior es responsable de aproximadamente una de cada nueve muertes por año (WHO 2016). Entre los contaminantes atmosféricos más comunes se destacan el ozono (O_3), el dióxido de azufre (SO_2), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el material particulado atmosférico y los compuestos orgánicos volátiles (COV). Los focos de calor domésticos, los automóviles y las industrias son sus principales fuentes de emisiones (Fernández García 2001). La contaminación atmosférica es una problemática

importante que afecta a ciudades de todo el planeta y posee efectos directos sobre la salud de la población (Wang et al. 2018; Dehghan et al. 2018; Gao et al. 2019; Xie et al. 2019).

La dinámica de la radiación solar en la atmósfera urbana tiene estrecha relación con la producción y distribución de los contaminantes. Es un factor fundamental en la dispersión de los contaminantes y en su transformación mediante reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera. Debido a los movimientos terrestres, la radiación recibida por la superficie experimenta ciclos diarios y anuales que se relacionan directamente con el descenso y aumento de temperaturas a lo largo del día y en el transcurso del año. Dichas variaciones poseen directa incidencia en la distribución y concentración de contaminantes. En este sentido, es posible realizar una distinción entre “contaminación de verano” (*Summer smog*) y “contaminación de invierno” (*Winter smog*) (Observatorio de la Sostenibilidad en España 2007; Elsom 2014; Cichowicz et al. 2017). Durante la estación fría, las bajas temperaturas y las inversiones térmicas se asocian al estancamiento del aire que inhibe la dispersión atmosférica vertical, favoreciendo la concentración de los contaminantes cerca del suelo (Aguado y Burt 2015; Oke et al. 2017; Li et al. 2017; Wu et al. 2017; Mbululo et al. 2017; Li y Song 2018). La contaminación tipo “verano” (*Summer smog*) se refiere fundamentalmente a la contaminación fotoquímica, producto de las reacciones químicas de contaminantes precursores estimulados por la luz solar (Bravo et al. 1992; Barry et al. 2004; Khodakarami y Ghobadi 2016).

El *smog* fotoquímico constituye un tipo especial de contaminación, en el que el ozono se produce en las capas bajas de la atmósfera. El ozono troposférico se encuentra entre los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC o también en inglés SLCP: *Short-Lived Climate Pollutants*) (Pierrehumbert 2014; Quinn 2016) que contribuyen al cambio climático, degradan la calidad del aire y tienen graves impactos en la salud de la población más vulnerable. La luz del Sol es un insumo fundamental para este tipo de contaminante (denominado contaminante secundario), ya que las reacciones fotoquímicas con los contaminantes primarios causa su formación troposférica (Rani et al. 2011; Khodakarami y Ghobadi 2016). Su presencia en el aire se asocia a cambios en la función pulmonar e inflamación en las vías respiratorias (WHO 2006) y con clorosis y necrosis en las especies vegetales, por lo que el rendimiento de las especies vegetales se ve directamente afectado por su permanencia en la troposfera (Anze et al. 2007; Cortés Navarro y Calderon Rubiano 2015; Zhuzhingo Peña 2017). En niveles troposféricos actúa como gas de efecto invernadero y eleva las tasas de calentamiento general de la Tierra. Existen una serie de elementos condicionantes para su formación: emisiones de contaminantes primarios (principalmente óxidos de nitrógeno -NOx- y los compuestos orgánicos volátiles -COV-), variables meteorológicas y estratificación térmica atmosférica, topografía del sitio y morfología urbana, la época del año y el momento del día (Khodakarami y Ghobadi 2016).

2.5.2.2. Peligros asociados a la sobreexposición

Numerosos estudios han demostrado que la exposición prolongada a la insolación puede tener impactos negativos en la salud del ser humano. Durante la época estival la radiación solar y los episodios de calor severo pueden derivar en situaciones de disconfort térmico que provoca inconvenientes para el desarrollo de actividades al aire libre por parte de residentes urbanos (Johansson 2006; Hodder y Parsons 2006; Lin et al. 2010; Hwang et al. 2011; Kurazumi et al. 2013; Zhao et al. 2013; Li y Ratti 2018). Asimismo, la exposición durante extensos períodos puede derivar en diversas dolencias, como golpe de calor, exacerbación de problemas respiratorios preexistentes e incluso la muerte (Semenza et al. 1996; Tertre et al. 2006; Borden y Cutter 2008; Klinenberg 2015; Gasparrini et al. 2015; Gronlund et al. 2016; Lee et al. 2018). La radiación UV se relaciona directamente con dolencias en la piel, cáncer, quemaduras de Sol, aparición de cataratas y bloqueos inmunológicos (Urbach 1989; Pasquali 2004; Matsumura y Ananthaswamy 2004; Akhalaya et al. 2014; Grigalavicius et al. 2016). Los efectos perjudiciales de la exposición al Sol se denominan fotodaño y, en la piel, se divide en agudo (quemadura solar y fotosensibilidad) y crónico (fotoenvejecimiento y cáncer de piel) (Gray Lovio et al. 2014).

En el contexto del cambio climático global es de esperar que los episodios de calor extremo aumenten, lo que tendrá efectos directos en la salud y el confort de la población (IPCC 2007, 2014). Por lo tanto, estimar la distribución espacio-temporal de

la radiación solar en los entornos urbanos y su influencia en el confort/disconfort de los ciudadanos posibilitará el diseño de calles, veredas y espacios verdes públicos urbanos térmicamente confortables.

2.5.3. Radiación solar: un derecho de todos los habitantes. Acceso solar y el marco legislativo-institucional

En el marco de la gestión del recurso solar, la integración y utilización del Sol en la estructura urbana requiere de legislaciones que garanticen su libre acceso. El acceso solar puede definirse como la continua disponibilidad de luz solar directa que posee una edificación sin obstrucción de otra de propiedad (Kettles 2008; Contardo et al. 2017). La regulación de la morfología y diseño urbano será esencial para asegurar el control de elementos que representen obstrucciones sobre superficies potencialmente colectoras de energía solar, así como en calles y espacios públicos. Los códigos municipales de ordenamiento urbano son los principales instrumentos legales para promover un uso equitativo del recurso solar para todos los habitantes (Mesa et al. 2013). Sin embargo, las ciudades contemporáneas han crecido y evolucionado sin tener en cuenta el medio, la orientación y exposición al Sol, el acceso y aprovechamiento del recurso solar. La irrupción de grandes áreas de sombra sobre edificaciones bajas como consecuencia de la verticalización urbana ha interrumpido el acceso solar en los centros urbanos, lo que constituye un factor que degrada la calidad de vida de los habitantes (Contardo et al. 2017). De acuerdo con Capeluto y Yezioro (2006), las regulaciones en materia de acceso solar poseen dos enfoques: el método de actuación, que define unos requisitos básicos que deben ser cumplidos como, por ejemplo, el número de horas mínimas de asoleamiento necesarias y el método descriptivo, donde a través de la geometría y la proyección de sombras se busca establecer las alturas máximas de los edificios para que estos no obstruyan el acceso solar a otras edificaciones.

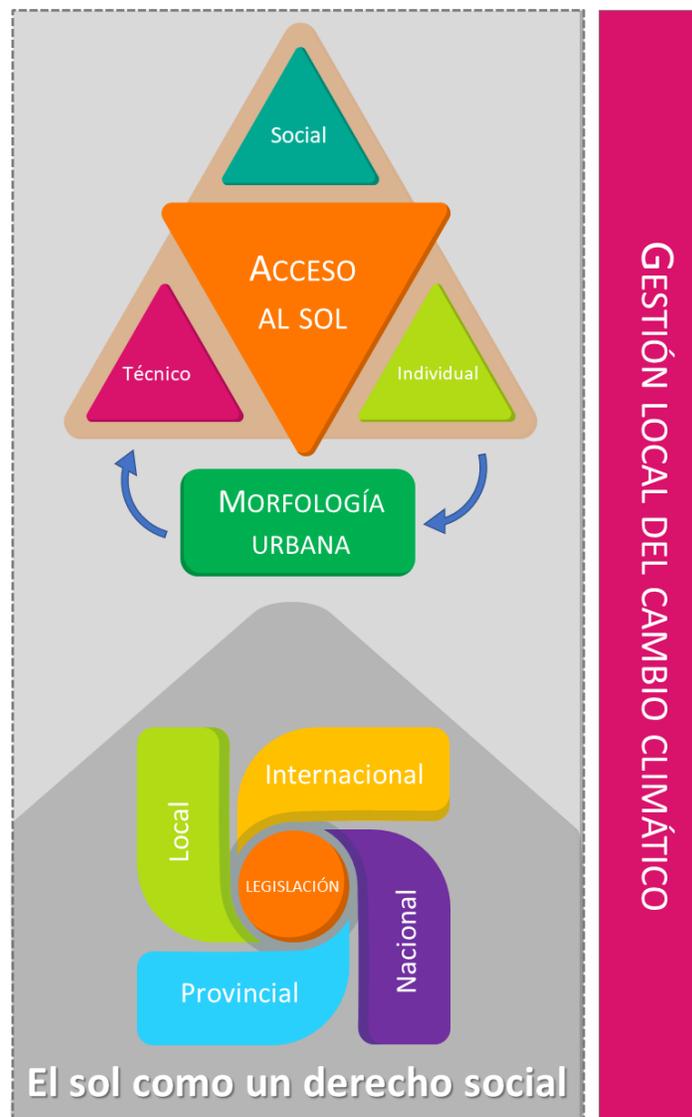
2.6. La gestión local del cambio climático y la integración del Sol en las estructuras urbanas

La gestión local del cambio climático busca reconocer iniciativas concretas de adaptación y mitigación en respuesta a las necesidades o problemas producidos o intensificados por las condiciones de cambio climático (IPCC 2007). Entre las metas específicas derivadas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relativas al cambio climático, se encuentran la incorporación de medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales y el fortalecimiento de la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima (EEA 2015; United Nations General Assembly 2015). Cada país debe hacer un proceso de “adaptación” de la Agenda 2030 y cuantificar las metas de acuerdo a su realidad y planificación. En septiembre del 2015 la Argentina adhirió a la Agenda Internacional de las Naciones Unidas. Para que esta estrategia sea exitosa, se requiere de una implementación territorial de forma articulada e intersectorial. En esta instancia, los gobiernos locales tienen un papel fundamental. Es por eso que se habla de la gestión local del cambio climático (Fig. 2.2) que busca reconocer iniciativas concretas de adaptación y mitigación en respuesta a las necesidades o problemas producidos o intensificados por las condiciones del cambio climático (IPCC 2007). En este marco, adquieren especial interés la integración del Sol en la estructura urbana, lo que incluye el planteo de políticas en línea con la gestión del recurso y el peligro solar.

El potencial combinado de todas las opciones y tecnologías de energía solar en los entornos urbanos ha sido denominado bajo el concepto de Ciudad Solar (*Solar City*) (Martín Ávila 2014; Byrne et al. 2015, 2016, 2017b, a; Curreli 2017; Gómez y Moris 2017; Yousuf et al. 2018). La condición esencial de las ciudades solares es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por medio de una serie de estrategias holísticas orientadas a la integración y utilización del Sol en todas las estructuras urbanas. Con ellas se plantea la idea de recuperar la espontánea relación con el Sol en términos de controlar, aprovechar y disfrutar del recurso y su amplia disponibilidad (Fig. 2.2). Esto incluye no solo el aprovechamiento desde un punto de vista técnico. La ciudad solar también contempla el uso individual y social del recurso. El primero en términos de acceso a la luz diurna, el calentamiento pasivo de los espacios, la iluminación natural de los edificios y el contacto visual con el entorno exterior y el segundo relativo al asoleo directo de las áreas públicas (Fig. 2.2). Estas dimensiones contemplan la organización racional de la distribución para que los edificios no afecten con su sombra el uso directo del Sol (Treberspurg 2008; Curreli 2017). La ordenación territorial sostenible permitirá materializar el aprovechamiento de dichas dimensiones,

produciendo la inserción armónica de los elementos correspondientes al perfil energético y promoviendo la gestión responsable de los recursos disponibles, un desarrollo socioeconómico equilibrado y la mejora de la calidad de vida de la población (Rodríguez Gámez et al. 2013).

Figura 2.2. Acceso al Sol, morfología urbana y normativa en el marco de la gestión local del cambio climático.



Fuente: Fernández (2020) diseñado sobre la base de diagramas provistos por PresentationGO.com.

En lo que respecta al confort y el control de la contaminación urbana, la vegetación juega un papel fundamental. La infraestructura verde incluye parques públicos, jardines privados, arbolado de alineación y otras opciones como techos o paredes verdes. Muchos estudios han probado el efecto refrescante de las especies vegetales en el ámbito urbano (Gill et al. 2007; Shahidan et al. 2012; Arabi et al. 2015; Norton et al. 2015; Middel et al. 2015; Vásquez 2016). La vegetación puede incrementar la evapotranspiración y el reflejo de la radiación, disminuyendo la isla de calor urbano y aumentando el confort térmico del hombre (Scott et al. 1999; Blanchard y Tanenbaum 2003; Wong y Yu 2005; Gill et al. 2007; Onishi et al. 2010; Goodrich 2016; Knight et al. 2016; Bajsanski et al. 2016; Declet-Barreto et al. 2016). Mediciones realizadas en Australia sugieren que al aumentar la cobertura vegetal en un 10 % las temperaturas diurnas urbanas podrían reducirse en un 1 °C (Coutts y Harris

2013). La vegetación tiene la capacidad de reducir los contaminantes a nivel troposféricos, como el ozono, los óxidos de nitrógeno y el material particulado atmosférico (Oke 1997; Acero Alejandro 2010; Norton et al. 2015; Knight et al. 2016; Cho et al. 2017; Lazzari et al. 2018; Perini y Roccotiello 2018; Rowe 2018). En este sentido deben evaluarse medidas para fortalecer la infraestructura verde de la ciudad, teniendo en cuenta su morfología y relación con la distribución diaria y estacional de la insolación en el ambiente urbano.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Revisión bibliográfica

El proceso de revisión de literatura se realizó según los pasos expuestos por Hernández Sampieri et al. (2014). Se detectaron, consultaron y obtuvieron diversas bibliografías y materiales de fuentes primarias (directas) y secundarias.

Se revisaron ejemplares de la Biblioteca Central y de la Biblioteca de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur y bibliografía internacional disponible en las bases de datos de recursos electrónicos suscriptas por la Universidad Nacional del Sur a través del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación Argentina. Asimismo, se consultaron tesis, artículos de revistas científicas nacionales e internacionales, anales de congresos nacionales e internacionales, conferencias, reportes, informes técnicos, etc.

También se analizaron artículos periodísticos locales y nacionales, que constituyen una fuente de información primaria de gran relevancia en las ciencias sociales (Earl et al. 2004; Hernández Sampieri et al. 2014; García-Carmona y Acevedo Díaz 2016). Además, fue necesaria la consulta de resoluciones internacionales y regionales (Latinoamérica), leyes nacionales y provinciales y ordenanzas municipales de temáticas varias, principalmente aquellas que poseen injerencia en el ambiente urbano. Para la gestión de citas y referencias bibliográficas se utilizó el software Mendeley Desktop, versión 1.19.4.

3.2. Obtención y estructuración de datos

La tabla 3.1 muestra los datos que fueron utilizados en el desarrollo de este trabajo. En ella se detalla el tipo de dato, la unidad y la frecuencia de registro, la unidad espacial a la que se refieren (localización), el período de registro y la fuente de dichos datos. Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron datos de diversas fuentes y características. Para la organización de la información se implementó una base de datos geográficos en el modelo Geodatabase, con la definición de dominios y relaciones mediante el software ArcGIS 10 (Fernández et al. 2014). La base de datos permitió estructurar la información y posteriormente representarla en forma de gráficos y mapas temáticos.

Tabla 3.1. Datos utilizados en el desarrollo de la tesis.

| Tipo de información | Dato | Unidad de registro | Frecuencia de registro | Área de cobertura | Período de registro | Fuente |
|---------------------------|-------------------------------------|--------------------|------------------------|---|---------------------|---|
| Meteorológica - Climática | Radiación Solar Global | W/m ² | Horaria | Bahía Blanca | 2000-2019 | Departamento de Geografía y Turismo, UNS; Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca |
| | | MJ/m ² | Diaria | Sur de la región Pampeana | 1981-2010 | Modelo numérico de Reanálisis (CFSR) en la página web https://globalweather.tamu.edu/ . |
| | Nubosidad. Cielo cubierto, géneros, | Octas | Horaria | Sur de la región Pampeana, Santa Rosa, Bolívar, Tandil, | 2000-2019 | Servicio Meteorológico Nacional (SMN) |

| | | | | | | |
|--|---|-------------------|-------------------|---|-----------|--|
| | altura | | | Mar del Plata, Tres Arroyos y Bahía Blanca | | |
| | Heliofanía Efectiva | Horas | Diaria | Bahía Blanca, Bolívar, Tres Arroyos, Coronel Suárez, Tandil, Mar del Plata, Santa Rosa y Río Colorado | 1991-2015 | Servicio Meteorológico Nacional (SMN) |
| | Temperatura media, máxima y mínima | °C | Horaria | Bahía Blanca | 2000-2019 | Servicio Meteorológico Nacional (SMN) Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca |
| | Humedad relativa | % | | | | |
| | Presión atmosférica | hPa | | | | |
| | Velocidad de viento | km/h | | | | |
| | Dirección de viento | Grados | | | | |
| | Precipitación | mm | | | | |
| | Estadísticas Climatológicas | - | Decádica | Bahía Blanca, Bolívar, Tres Arroyos, Coronel Suárez, Tandil, Mar del Plata, Santa Rosa y Río Colorado | 1961-2010 | Servicio Meteorológico Nacional (SMN) |
| | Situación sinóptica | Cartas del tiempo | Horas principales | Argentina | 2009-2018 | Servicio Meteorológico Nacional (SMN) |
| Calidad del Aire | CO, NO _x , NO, NO ₂ , SO ₂ , O ₃ y PM ₁₀ | µg/m ³ | Horaria | Bahía Blanca | 2010-2017 | Comité Técnico Ejecutivo (CTE), Municipalidad de Bahía Blanca |
| Censales | Población total | N° de personas | Decádica | Radios censales del partido de Bahía Blanca | 2010 | Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) |
| | Índice de dependencia total | N° de personas | | | | |
| | Hogares Unipersonales habitados por personas mayores a 65 años. | N° hogares | | | | |
| | Tasa de analfabetismo | % | | | | |
| | Calidad constructiva de la vivienda | N° viviendas | | | | |
| | Uso de computadora y acceso a telefonía | N° hogares | | | | |
| | Índice de hacinamiento | N° hogares | | | | |
| | Tasa de desocupación total | % | | | | |
| Estructura urbana | Playas de estacionamiento. Localización y características | - | - | Microcentro de Bahía Blanca | 2018 | Relevamiento en campo |
| | Ancho de veredas y calles | - | - | | 2019 | |
| | Altura de la edificación | - | - | | 2018 | |
| Percepción de los ciudadanos respecto al Sol | Aprovechamiento, disfrute, peligrosidad y libre acceso | - | - | Bahía Blanca | 2019 | Encuestas virtuales y en campo |

Fuente: Fernández (2020).

3.2.1. Estructura urbana del microcentro de Bahía Blanca

Se realizaron campañas urbanas en la que se relevaron elementos referidos a la estructura urbana del microcentro de Bahía Blanca (Tabla 3.1). Se observaron y registraron los anchos de un total de 123 calles y veredas de la ciudad y la altura de la edificación para cada cuadra (Fig. 3.1). Paralelamente se descargaron datos referidos a la altura de los edificios del microcentro desde la página <https://osmbuildings.org/>. Los datos son abiertos y colaborativos, corresponden a *Open Street Maps* (OSM) y se descargaron en formato GeoJSON. Se utilizó un conversor web para transformarlos a formato *shape*. Si bien dicha información solo está disponible para una sección del área de interés, fue de utilidad para contrastar y verificar las alturas de los edificios registradas en el campo. Las variables relevadas fueron sistematizadas en el software Microsoft Excel y se espacializaron mediante el software ArcGIS 10.

Figura 3.1. Campaña urbana en el microcentro de Bahía Blanca.



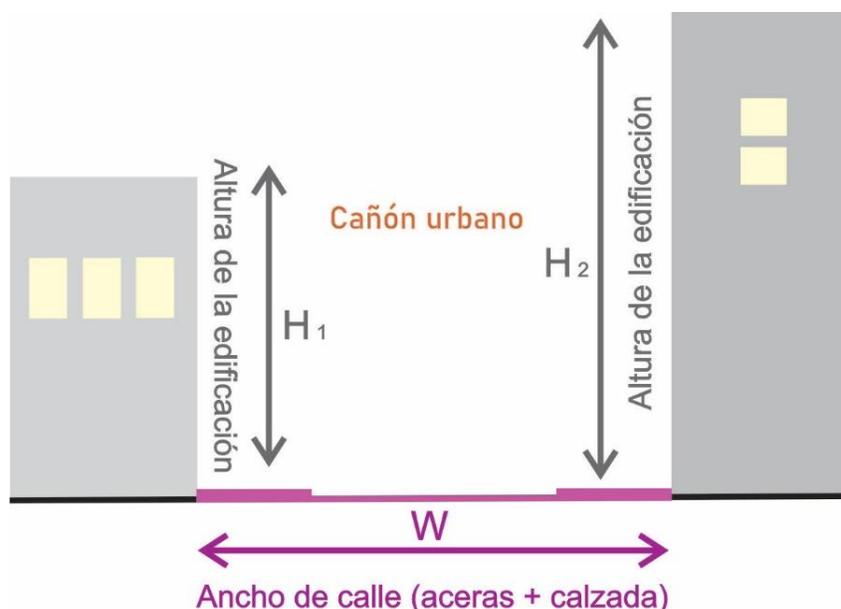
Fuente: Fernández (2020).

Para calcular la relación de aspecto de cada calle de la ciudad se siguió la metodología empleada por Mohajeri et al. (2019) en su análisis de las características geométricas de cañones urbanos (Fig. 3.2). En una primera etapa, se calculó la altura de cada edificación de cada cuadra del microcentro, se calculó el valor medio de la altura de la edificación por cada cuadra y finalmente se obtuvo la relación de aspecto (Oke et al. 2017) para cada una de ellas. La relación de aspecto expresa la proporción entre la altura de la edificación (H) y el ancho de las calles (W) (Fig. 3.2) y se calculó de la siguiente forma:

$$\text{Relación de aspecto} = \frac{H}{W} \quad [3.1]$$

En una segunda etapa se calculó la relación de aspecto media por cada calle. Para ello se promedió la relación de aspecto de ambos lados del cañón urbano (Fig. 3.2). Este análisis permitió conocer las características de los cañones urbanos en el microcentro de la ciudad, factor que influye directamente en el comportamiento de las variables climáticas a escala urbana y microlocal.

Figura 3.2. Características geométricas de cañones urbanos.



Fuente: modificado de Mohajeri et al. (2019).

Se consideraron también las playas de estacionamiento del microcentro de Bahía Blanca (Tabla 3.1) como caso de estudio. Estos espacios son un ejemplo de tipologías de uso de suelo urbano en el cual se conjugan diversas problemáticas ambientales. Además, poseen buena representatividad en la zona central de la ciudad. La selección espacial se basa en la sectorización realizada por la Municipalidad de Bahía Blanca para la ciudad (Municipalidad de Bahía Blanca 2000). El microcentro se caracteriza por poseer gran densidad de población, un tejido urbano denso con predominancia de viviendas de una y dos plantas y una alta concentración de edificios en altura. Por esas condiciones las problemáticas ambientales urbanas se ven intensificadas.

Se consultó el Código de Planeamiento Urbano (CPU) de Bahía Blanca (Municipalidad de Bahía Blanca 1993) que define a la playa de estacionamiento como “parcela, edificio, estructura o una de sus partes destinado a los automotores que deben estacionarse por un tiempo limitado, no mayor a 24 h. Puede ser pública o privada, de explotación comercial o a título gratuito o como servicio complementario de otro uso” y establece una serie de prescripciones constructivas. No fueron considerados los espacios destinados a estacionamientos totalmente techados, dado que el código mencionado los identifica como cocheras. Tampoco fueron incluidas las playas de estacionamiento privadas. Para realizar el inventario y obtener información respecto a las playas de estacionamiento se elaboró una planilla de observación con base en los criterios considerados por Gentili (2005) (Tabla 3.2).

Se consideraron variables generales, como las referentes a localización, capacidad de vehículos, año de creación y otras específicas en relación con los muros perimetrales, las construcciones linderas, el solado y la presencia de vegetación. Estos elementos fueron tenidos en cuenta debido a su mención en el CPU de Bahía Blanca (Municipalidad de Bahía Blanca 1993) y por su relevancia respecto a las problemáticas ambientales urbanas, como la isla de calor, la contaminación o la infiltración urbana, entre otras. Junto con estas observaciones se realizaron entrevistas no estructuradas (Hernández Sampieri et al. 2014) a los encargados y/o dueños de los estacionamientos quienes brindaron información relevante para la investigación. Los datos obtenidos fueron contrastados y complementados con información de los registros oficiales del Departamento de Habilitaciones y de la Subsecretaría de Planificación y Desarrollo Urbano de la Municipalidad de Bahía Blanca.

Tabla 3.2. Planilla de relevamiento de las playas de estacionamiento del microcentro de Bahía Blanca.

| Playa de estacionamiento | | | | | | |
|---------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|------------|---------|
| Horas de máxima ocupación | | | | | | |
| Dirección | Año de apertura | Capacidad | | | | |
| | | m ² | Número de autos | | | |
| | | | | | | |
| Muro perimetral derecho | | | | | | |
| No revestido | Revestido | Estado de conservación | | | | |
| | | | | | | |
| | Color | Bueno | Malo | Regular | | |
| | | | | | | |
| Muro perimetral izquierdo | | | | | | |
| No revestido | Revestido | Estado de conservación | | | | |
| | | | | | | |
| | Color | Bueno | Malo | Regular | | |
| | | | | | | |
| Muro perimetral fondo | | | | | | |
| No revestido | Revestido | Estado de conservación | | | | |
| | | | | | | |
| | Color | Bueno | Malo | Regular | | |
| | | | | | | |
| Cobertura para vehículos | | | | | | |
| 1- Mediasombra | 2-Chapa | 4-Otro | 3- Mixto | | 5- Ninguno | |
| | | | % | % | | |
| Pisos | | | | | | |
| 1- Cemento | 2- Tierra | 3- Césped | 4-Material no consolidado | 5- Pavimento articulado | 6-Mixto | |
| | | | | | % | % |
| Vegetación | | | | | | |
| Ninguno | Árboles | | | | | |
| | Número de árboles | Altura | Diámetro de copa | Especie | Caduco | Perenne |
| | | | | | | |
| | Arbustos | | | | | |
| | Número de arbustos | Altura | Diámetro de copa | Especie | Caduco | Perenne |
| | | | | | | |
| Comentarios | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: Gentili (2005).

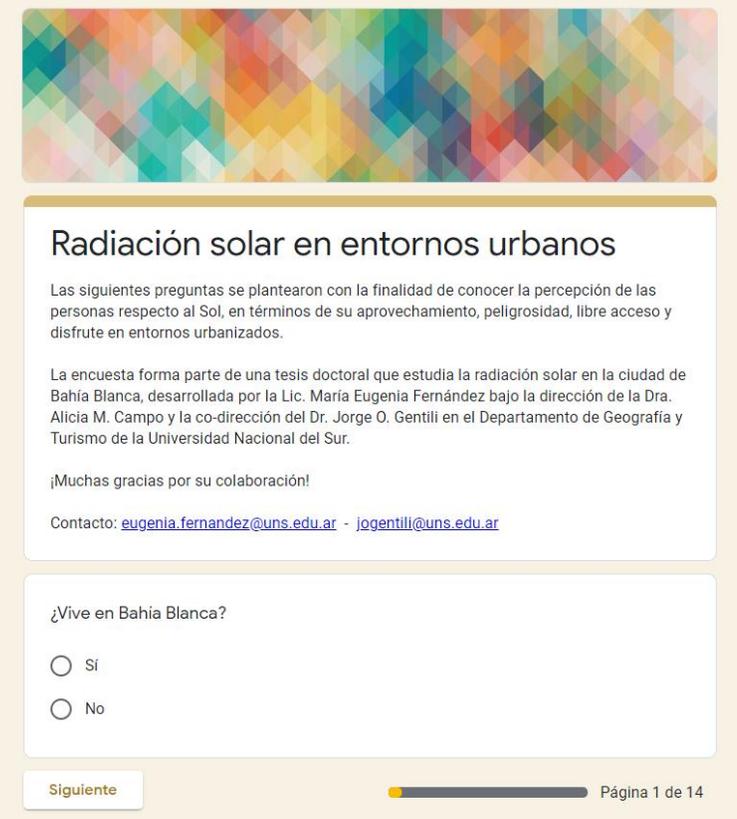
3.2.2. Percepción de los ciudadanos respecto al Sol: aprovechamiento, peligrosidad, libre acceso y disfrute en Bahía Blanca

La unidad de análisis seleccionada fueron los habitantes de Bahía Blanca (Tabla 3.1). La muestra de la población es de tipo probabilística ya que todos los elementos de la población tuvieron igual probabilidad de ser elegidos. La muestra probabilística es idónea donde se pretende hacer estimaciones de variables en la población. Estas variables se miden y se analizan con pruebas estadísticas en una muestra (Hernández Sampieri et al. 2014). El tamaño de la muestra fue de 564 personas, con una población de 301.531 individuos (INDEC 2010). Considerando un intervalo de confianza de 95 % y una heterogeneidad del 50 %, el margen de error estimado es el 4,1 %.

El método de recolección de datos utilizado fue el cuestionario (Couper 2008; De Vaus 2014; Hernández Sampieri et al. 2014). Se plantearon preguntas abiertas y cerradas. Las mismas se refieren a las dimensiones del Sol: aprovechamiento energético, salud y disfrute, peligrosidad y libre acceso en entornos urbanos. Se realizó un esfuerzo consciente por plantear interrogantes claros, precisos, comprensibles y acordes a los objetivos de la investigación. En el cuestionario se incluyó una introducción que tenía por objetivo identificar a los autores del cuestionario, mostrar el propósito general del estudio, agradecer la participación y brindar un canal de contacto como forma de retroalimentación y resolución de dudas, en línea con la propuesta de Hernández Samperi et al. (2014). Los cuestionarios se aplicaron de dos formas: autoadministrados (Fig. 3.3a) y por entrevista (Fig. 3.3b) (Hernández Sampieri et al. 2014). Los autoadministrados se dispusieron de forma directa a los participantes, mediante formularios de Google (Umbach 2004; Couper 2008; Tourangeau et al. 2013). La difusión bajo esta modalidad se realizó a través de medios electrónicos (correos electrónicos, redes sociales) y también se generó un código QR de acceso al cuestionario que fue colocado en carteles específicamente diseñados para la difusión (Fig. 3.4) que se distribuyeron en diversas zonas de la ciudad. Por otro lado, se realizaron entrevistas personales en los espacios verdes públicos. De esta manera, se aseguró la participación de personas que no poseen acceso a computadora o internet. El análisis de contenido se efectuó por medio de la codificación de las respuestas. Cada una de ellas se clasificó en categorías y subcategorías y se le asignó un valor numérico para facilitar el análisis de los resultados. En el caso de las preguntas abiertas, se observó la frecuencia con que aparecía cada respuesta a determinadas preguntas y se le asignó un código a cada una de ellas a fin de procesarlas estadísticamente. Se utilizó el software Microsoft Excel para realizar la matriz de datos, analizar y representar los resultados (De Vaus 2014). La presentación de los resultados se realizó mediante diagramas circulares, histogramas y mapas temáticos.

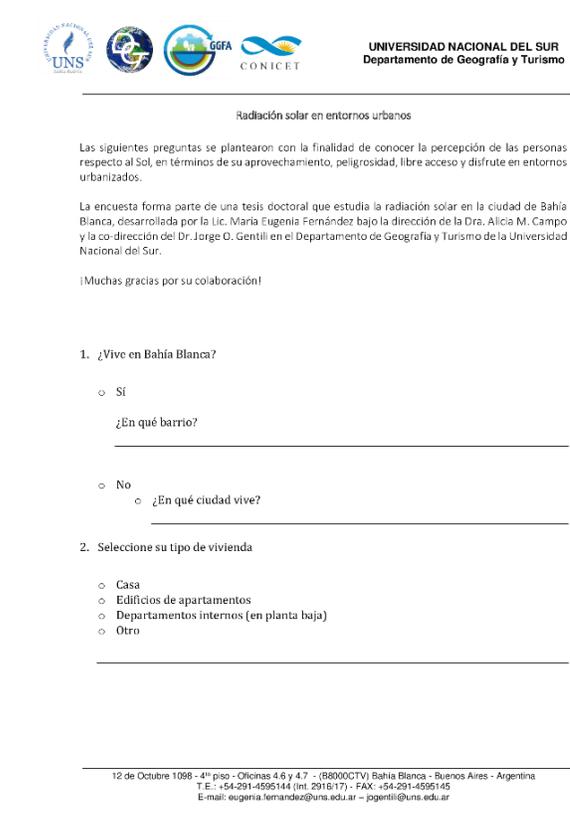
Figura 3.3. a) Cuestionarios autoadministrados y b) por entrevista.

a)



The screenshot shows a questionnaire form with a colorful geometric header. The title is "Radiación solar en entornos urbanos". The text explains the purpose of the survey and provides contact information for Eugenia Fernández and Jorge O. Gentili. A question asks "¿Vive en Bahía Blanca?" with radio button options for "Sí" and "No". A "Siguiente" button is at the bottom left, and a progress bar and page number "Página 1 de 14" are at the bottom right.

b)



The screenshot shows a questionnaire form with logos for UNS, GGFA, and CONICET at the top right. The title is "Radiación solar en entornos urbanos". The text explains the purpose of the survey and provides contact information. A question asks "1. ¿Vive en Bahía Blanca?" with radio button options for "Sí" and "No". Below "Sí" is a question "¿En qué barrio?" with a text input field. Below "No" is a question "¿En qué ciudad vive?" with a text input field. A second question asks "2. Seleccione su tipo de vivienda" with radio button options for "Casa", "Edificios de apartamentos", "Departamentos internos (en planta baja)", and "Otro". A text input field is provided below. At the bottom, there is contact information and a page number "Página 1 de 14".

Fuente: Fernández (2020).

Figura 3.4. Estrategias de difusión del cuestionario.

¿QUÉ SABEMOS DEL SOL?

Te invitamos a participar en una encuesta, que nos ayudará a conocer más sobre lo que pensás del Sol. Las preguntas se plantearon con la finalidad de conocer la percepción de las personas respecto al Sol, en términos de su aprovechamiento, peligrosidad, libre acceso y disfrute en entornos urbanizados.



¿CÓMO PARTICIPAR?

Podés acceder a la encuesta mediante el siguiente link: <https://forms.gle/m5V7rUSGoidgVHUR9>

También mediante la lectura del código QR que aparece debajo



¿QUIÉNES SOMOS?

La encuesta se elaboró en el marco de una tesis doctoral en Geografía que aborda el estudio de la radiación solar en Bahía Blanca.

La tesis es desarrollada por la Lic. María Eugenia Fernández (CONICET) bajo la dirección de la Dra. Alicia M. Campo (UNS-CONICET) y la co-dirección del Dr. Jorge O. Gentili (UNS-CONICET) en el Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur.

¡SOLO TE LLEVARÁ 10 MINUTOS!

PODÉS COMPARTIRLA CON QUIEN QUIERAS

¡MUCHAS GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!



Por cualquier comentario dirigirse a: eugenia.fernandez@uns.edu.ar - jogentili@uns.edu.ar



Fuente: Fernández (2020). La viñeta del afiche de difusión es de @72kilos obtenida de <https://instagram.com/72kilos?igshid=Zr6rirmemzpg>

3.3. Análisis de los datos

3.3.1. Análisis de los registros de radiación solar global en el sur de la región Pampeana

Se descargaron datos de radiación solar correspondientes al período 1981-2010 del modelo numérico de reanálisis *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR) de sitio web <https://globalweather.tamu.edu> (Tabla 3.1). Se calcularon valores de radiación media anual y estacional (diciembre-febrero; junio-agosto) para el sur de la región Pampeana a partir de datos diarios para 180 puntos extraídos de la grilla del modelo CFSR. Se realizó un análisis medio de todo el período (1981-2010) y también un análisis interdecádico (1981-1990; 1991-2000; 2001-2010). Tanto los valores medios del periodo (1981-2010) como los valores medios decádicos se ajustaron a la misma escala de representación (26 a 29 MJ/m²) para facilitar la comparación.

3.3.2. Análisis de la radiación solar a escala local y microlocal

El cálculo de la insolación directa, difusa y global y la heliofanía efectiva para la ciudad y para el microcentro se realizó con la herramienta *Solar Radiation* de *Spatial Analyst* disponible en el Software ArcGIS 10.0, que permite representar cartográficamente la insolación sobre un área geográfica para períodos de tiempo específicos.

La herramienta *Area Solar Radiation* deriva la radiación solar a partir de una superficie ráster. El ráster de superficie de elevación de entrada es un DSM del satélite ALOS PALSAR de 12,5 m de resolución espacial. Mediante la herramienta *Extract*

by mask de *Spatial Analyst* se recortó el archivo ráster a partir de un polígono correspondiente a Bahía Blanca y al microcentro de la ciudad. Se obtuvieron rásteres referidos a la radiación solar global, directa, difusa y la heliofanía efectiva. El análisis fue realizado para el año 2018, a fin de comparar los resultados con otros productos obtenidos en el desarrollo de la tesis. Los valores de radiación solar reflejan la radiación acumulada anual y se expresan en unidades de vatios hora por metro cuadrado (Wh/m^2). Dichas unidades fueron convertidas a MJ/m^2 a fin de facilitar su comparación con otros resultados llevados a cabo en esta tesis. La heliofanía efectiva se consigna en horas y refleja las horas de brillo solar acumuladas al año.

3.3.3. Análisis de los elementos del tiempo y calidad del aire

Se realizó el análisis estadístico estándar de los registros referidos a calidad del aire y elementos del tiempo (Tabla 3.1). Mediante el software Excel del paquete de Microsoft Office se realizaron los cálculos y los gráficos para contar con información estructural del comportamiento de cada variable. En el análisis se calcularon medidas de centralidad, dispersión y distribución de cada dato en el continuo numérico a diversas escalas temporales: decádicas, anuales, estacionales, mensuales, semanales, diarias y horarias (Bosque Sendra y Moreno Jiménez 1994; Buzai y Baxendale 2009). En lo que respecta al análisis de los registros de nubosidad, se analizaron solo los diurnos ya que los registros nocturnos son proclives a poseer subestimaciones (Hahn et al. 1995). Se analizó la frecuencia de ocurrencia de días claros (nubosidad total diaria \leq a 2 octavos) y cubiertos (nubosidad total diaria \geq a 6 octas) para diversos períodos. Por otro lado, se calcularon porcentajes de ocurrencia de géneros de nubosidad (Cohn 2017) a fin de vincularlos con las situaciones sinópticas más frecuentes de la región. Para visualizar los resultados se realizaron gráficos de barras, circulares, de líneas, de cajas y bigotes, de áreas e histogramas.

3.3.4. Análisis de las variables censales: vulnerabilidad como dimensión del riesgo tecnológico en Bahía Blanca

Se realizó un análisis cuantitativo de la vulnerabilidad económica, social y técnica y una aproximación cualitativa referida a la vulnerabilidad institucional como una dimensión del riesgo tecnológico en la ciudad de Bahía Blanca, donde se incluye un mapa de actores que tiene como fin analizar cómo estos se articulan, relacionan y desenvuelven en el marco estudiado (Wilches Chaux 1993; Tapella 2007).

A fin de evaluar la vulnerabilidad económica, social y técnica se seleccionaron variables asociadas a la capacidad de respuesta y recuperación ante la materialización de la amenaza. Se utilizaron los datos oficiales más recientes disponibles obtenidos del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda del año 2010 (INDEC 2010) a través de la base de datos de REDATAM (INDEC 2013a, b), que provee información desagregada a nivel de radio censal (mínima unidad espacial en las publicaciones de datos censales oficiales), permitiendo visualizar su distribución espacial (Tabla 3.1). Las variables seleccionadas se refieren a características demográficas, condiciones de vida y situación laboral (Tabla 3.3) y presentan dicotomías entre situaciones favorables y desfavorables. La base cartográfica digital, correspondiente con la unidad censal de las variables, fue descargada del sitio oficial del INDEC.

En cuanto a las características demográficas, se consideró la población total que da cuenta de la concentración o dispersión de personas frente a la ocurrencia de un evento peligroso (Muñoz y Díaz Castillo 2002; Barrenechea et al. 2003; Carreño et al. 2005). El índice de dependencia total muestra la proporción de población dependiente (entre 0 y 14 años y mayores de 65) con respecto al total de la población económicamente activa. Expresa el número de personas inactivas que sostiene cada individuo en edad activa. Se trata de un dato síntesis que manifiesta la estructura de edad de la población y muestra las debilidades y capacidades potenciales de cada grupo para enfrentar situaciones peligrosas. Se supone que un adulto medio posee la capacidad de toma de decisiones y la energía física necesaria para enfrentar ese tipo de situaciones y que, ante la ocurrencia de un evento, el adulto mayor y el niño pueden requerir de la ayuda de otra persona para desplazarse. Es por eso que una mayor dependencia potencial será muestra de una mayor vulnerabilidad (Barrenechea et al. 2003; Carreño et al. 2005; Cornejo de Grunauer 2013). Además, se trabajó con el indicador tipo de hogar. Se seleccionaron los

hogares unipersonales habitados por personas mayores a 65 años. En este caso se consideró que la vulnerabilidad de estos sería mayor ya que este grupo de edad podría presentar una declinación en su estado de salud. Al vivir solos su situación se ve agravada, lo que se asocia a un mayor desamparo y necesidad de asistencia tanto en la emergencia como en la recuperación.

Tabla 3.3. Indicadores seleccionados para la evaluación de la vulnerabilidad.

| Vulnerabilidad | Indicador | Clasificación | Unidad | Costo/ Beneficio |
|---|---|--|----------------------|---------------------|
| Social | Población total | | N° de personas | Costo |
| | Índice de dependencia total | | N° de personas | Costo |
| | Tipo de hogar Unipersonal habitado por personas mayores a 65 años | | N° hogares | Costo |
| | Tasa de analfabetismo | | % | Costo |
| Técnica | Calidad constructiva de la vivienda | Insuficiente: no cuentan con materiales resistentes y sólidos ni con la aislación adecuada; tampoco cañerías dentro de la vivienda e inodoro con descarga de agua (INDEC 2013a). | N° viviendas | Costo |
| | | Básica: no cuentan con elementos adecuados de aislación o tienen techo de chapa o fibrocemento. Sí cuentan con cañerías dentro de la vivienda y de inodoro con descarga de agua (INDEC 2013a). | | Costo |
| | | Satisfactoria: disponen de materiales resistentes, sólidos y con la aislación adecuada. A su vez también disponen de cañerías dentro de la vivienda y de inodoro con descarga de agua (INDEC 2013a). | | Beneficio |
| | Uso de computadora y acceso a telefonía | | N° hogares | Beneficio |
| | Índice de hacinamiento | Hacinamiento crítico: más de tres personas por cuarto (INDEC 2013c). | N° hogares (%) | Costo |
| Hacinamiento: más de dos personas por cuarto (INDEC 2013c) | | Costo | | |
| Sin hacinamiento: dos o menos personas por cuarto (INDEC 2013c) | | Beneficio | | |
| Económica | Tasa de desocupación total | | % | Costo |

Fuente: Gentili et al. (2018).

En lo referido a condiciones de vida, se tomaron en cuenta indicadores relativos a la educación (analfabetismo), a la vivienda (calidad constructiva de la vivienda) y a las características habitacionales del hogar (uso de computadora y acceso a telefonía, índice de hacinamiento). Las personas que no saben leer ni escribir serán más vulnerables frente a un evento por la falta de acceso a la información generada para la prevención, disponible en su mayoría de manera escrita (Reyes Sandoval 2003; Cornejo de Grunauer 2013). La calidad constructiva de la vivienda es un indicador que se define a partir de la calidad de los materiales con los que está construida la vivienda y las instalaciones internas y de servicios básicos (agua de red y

desagüe) de las que dispone (INDEC 2013c). Viviendas con materiales resistentes, sólidos y con la aislación adecuada serán menos vulnerables que aquellos que no cuentan con esas condiciones. Asimismo, el uso de computadora y acceso a telefonía da cuenta del acceso a medios de comunicación e información e incluso redes sociales (internet), fundamentales a la hora de recibir/transmitir información sobre qué hacer en caso de un evento catastrófico (Reyes Sandoval 2003). Además, el índice de hacinamiento brinda información sobre la protección, habitabilidad y salubridad de la vivienda. Serán considerados con hacinamiento aquellos hogares con más de dos personas por cuarto, tomándose como hacinamiento crítico aquellos que superen las tres personas por cuarto (INDEC 2013c). Mayores índices de hacinamiento se relacionarán con hogares más vulnerables. Con respecto a la situación laboral, se tomó en cuenta la tasa de desocupación total (Barrenechea et al. 2003; Reyes Sandoval 2003). Cuanto mayor sea el desempleo, mayor será la vulnerabilidad (Cannon et al. 2003).

La organización de los datos se realizó en una matriz de datos estructurada en filas (unidades espaciales) y columnas (variables), llamada Matriz de Datos Originales (MDO) (Fig. 3.5). Esta estructura es consistente con el procesamiento digital mediante el uso de hojas de cálculo y bases de datos SIG. Se clasificaron los datos en variables de costo y beneficio, los cuales en sus máximos puntajes evidencian situaciones desfavorables y favorables respectivamente (Buzai y Baxendale 2012). Las variables de costo son: población total, hogares unipersonales habitados por individuos mayores de 65 años, índice de dependencia total, tasa de analfabetismo, calidad constructiva de la vivienda básica e insatisfactoria, hogares con hacinamiento y con hacinamiento crítico y tasa de desocupación. Las variables de beneficio son: calidad constructiva de la vivienda satisfactoria, hogares sin hacinamiento y uso de computadora y acceso a telefonía. Los datos seleccionados se incorporaron a una base georreferenciada, vinculando los radios censales a la información correspondiente a los mismos. Posteriormente se implementó una metodología de análisis multivariado basada en la estandarización de variables y la generación de un puntaje síntesis de variables de beneficio y costo (puntaje de clasificación espacial unificado, PCEU) mediante el cual se procede a la generación de cartografía temática que resume las situaciones de vulnerabilidad para cada unidad espacial analizada, siguiendo lo propuesto por Buzai y Baxendale (2012). El procesamiento de datos incluyó la estandarización de los valores de cada variable, a fin de lograr el agrupamiento de unidades espaciales y la comparación de la mismas (matriz de datos estandarizada, MDE) (Fig. 3.5). Para ello se utilizó la estandarización omega (Ω), con la siguiente fórmula:

$$\Omega = \frac{xi - m}{M - m} \times 100 \quad [3.2]$$

donde: xi son los valores de una variable, m el menor valor y M el mayor valor del total del conjunto de datos. Para ambos tipos de variables, los valores resultantes se distribuyen en un rango de 0 a 100. Para las variables de beneficio, un valor 100 indica la mejor situación y 0 la peor. Lo inverso sucede en el caso de las variables de costo. A fin de hacer comparables ambos tipos de variables, para las de beneficio se realizó una estandarización a partir de la siguiente fórmula:

$$\Omega (inv) = \frac{M - xi}{M - m} \times 100 \quad [3.3]$$

donde: xi son los valores de una variable de beneficio, m el menor valor y M el mayor valor del total del conjunto de datos.

Posteriormente, se calculó un Puntaje de Clasificación Espacial Global (PCEG) con los valores de estandarización de las variables de costo (Fórmula 3.2) y beneficio (Fórmula 3.3). Este puntaje fue calculado con la siguiente fórmula:

$$PCEG = (vc1 + vc2 + vc3 + \dots + vb(i)1 + vb(i)2 + vb(i)3 \dots) / n \quad [3.4]$$

donde: vc son variables de costo omega, $vb (i)$ variables de beneficio omega inversa y n la cantidad de variables en puntaje omega consideradas en la clasificación global.

Figura 3.5. Esquema metodológico.



Fuente: Gentili et al. (2018) diseñado sobre la base de diagrama provisto por PresentationGO.com.

La cartografía temática resultante a partir del Puntaje de Clasificación Espacial Global (PCEG) (Fig. 3.5) permitió analizar la distribución y asociación espacial de las variables consideradas relevantes en términos de vulnerabilidad en la ciudad de Bahía Blanca (Humacata 2015). De acuerdo a lo expuesto por Barrenechea et al. (2003), el método de Quiebres Naturales de Jenks (Jenks 1967) es el criterio más adecuado dentro del entorno SIG para visualizar las heterogeneidades en la información seleccionada si bien las consideraciones conceptuales no dejan de ser imprescindibles en el proceso.

3.3.5. Análisis del balance energético urbano

A fin de analizar los parámetros de balance energético urbano se utilizó el *Surface Urban Energy and Water Balance Scheme* (SUEWS) (Järvi et al. 2011; Ward et al. 2016a; Ting et al. 2019), herramienta incluida dentro de UMEP (*Urban Multi-scale Environmental Predictor*), complemento de servicio climático libre que combina modelos y herramientas esenciales para simulaciones climáticas a escala urbana (Lindberg et al. 2018). SUEWS permite simular la radiación y energía urbana utilizando registros meteorológicos e información respecto a coberturas urbanas. UMEP se descargó como un complemento del software libre QGIS 3.6.0. SUEWS se centra en el balance energético urbano, expresado por la fórmula [2.2]. El modelo da cuenta de la disponibilidad energética en la superficie urbana y su utilización: para caldear el aire (Q_H), evaporar agua (Q_E) y caldear el sustrato (ΔQ_S) (Alexander et al. 2016; Oke et al. 2017). Cada término se expresa como una densidad de flujo (W/m^2) a través de los lados de un cubo imaginario que encierra una sección del paisaje urbano. Dicho volumen posee como límite superior la Capa Límite Urbana (CLU) y su límite inferior se extiende por el sustrato hasta una profundidad en la que los intercambios energéticos son prácticamente nulos; de esta manera incluye todos los elementos de rugosidad presentes en la ciudad, como edificios, casas y árboles (Alexander et al. 2016; Oke et al. 2017).

UMEP contiene tres funcionalidades principales: pre-procesamiento (entrada de información de tipo meteorológica o de superficie), procesamiento (ejecución de modelos, como por ejemplo el *Surface Urban Energy and Water Balance Scheme*, SUEWS) y post-procesamiento (herramientas de análisis de resultados) (Lindberg et al. 2018).

En primer lugar, se elaboró un polígono sobre el área total de la ciudad dividido en celdas de 500 m x 500 m, que fue el soporte para la ejecución del modelo y el análisis de los resultados. Dicho tamaño obedece al criterio expuesto por Stewart y Oke (2012), según el cual las Zonas Climáticas Locales poseen un diámetro mínimo de 400 m. La grilla determina los espacios para los cuales se generarán los modelados de los flujos radiativos urbanos. Para su confección se utilizaron herramientas del Software ArcGIS 10.0. Posteriormente se prepararon los archivos necesarios para ingresar información en UMEP:

- Registros meteorológicos de un año (2018), con resolución horaria (Tabla 3.1). Se seleccionó ese año por ser el más reciente del cual se contaban con datos horarios completos. Se incluyeron datos de temperatura ambiente (°C), humedad (%), presión atmosférica (kPa), velocidad de viento (m/s), precipitación (mm) y RSG (W/m²), los que fueron tabulados en un formato .txt (Fig. 3.6).

Figura. 3.6. Tabulación de datos meteorológicos.

Bahia_2018_UMEP_datos_crudos.txt: Bloc de notas

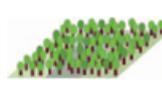
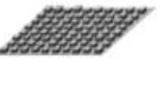
| Archivo | Edición | Formato | Ver | Ayuda | | | | | |
|---------|---------|---------|-----|-------|----|------|--------|------|--------|
| %iy | id | it | min | wind | RH | Td | press | rain | Kdn |
| 2018 | 1 | 1 | 0 | 4.72 | 53 | 17.8 | 101.11 | 0 | 0 |
| 2018 | 1 | 2 | 0 | 4.72 | 58 | 16.8 | 101.07 | 0 | 0 |
| 2018 | 1 | 3 | 0 | 5.56 | 56 | 16.8 | 101.03 | 0 | 0 |
| 2018 | 1 | 4 | 0 | 6.11 | 53 | 17.4 | 101.01 | 0 | 0 |
| 2018 | 1 | 5 | 0 | 5.28 | 55 | 17.4 | 101.03 | 0 | 1.34 |
| 2018 | 1 | 6 | 0 | 7.78 | 52 | 17.2 | 101.07 | 0 | 45.82 |
| 2018 | 1 | 7 | 0 | 7.22 | 41 | 18.9 | 101.06 | 0 | 249.95 |
| 2018 | 1 | 8 | 0 | 8.33 | 35 | 21.1 | 101.05 | 0 | 473.46 |
| 2018 | 1 | 9 | 0 | 9.17 | 32 | 23.6 | 101.06 | 0 | 650.12 |
| 2018 | 1 | 10 | 0 | 9.17 | 32 | 25.6 | 101.02 | 0 | 799.61 |
| 2018 | 1 | 11 | 0 | 8.33 | 30 | 27.3 | 101 | 0 | 907.94 |
| 2018 | 1 | 12 | 0 | 7.22 | 27 | 29.2 | 100.93 | 0 | 964.96 |
| 2018 | 1 | 13 | 0 | 6.67 | 18 | 31.5 | 100.84 | 0 | 935.49 |
| 2018 | 1 | 14 | 0 | 5.28 | 17 | 31 | 100.76 | 0 | 701.33 |
| 2018 | 1 | 15 | 0 | 7.22 | 14 | 33.2 | 100.68 | 0 | 690.37 |
| 2018 | 1 | 16 | 0 | 7.22 | 20 | 32.5 | 100.6 | 0 | 678.17 |
| 2018 | 1 | 17 | 0 | 8.33 | 45 | 26.8 | 100.65 | 0 | 471.01 |
| 2018 | 1 | 18 | 0 | 7.78 | 48 | 24.9 | 100.64 | 0 | 217.75 |
| 2018 | 1 | 19 | 0 | 7.78 | 53 | 23.6 | 100.65 | 0 | 61.91 |
| 2018 | 1 | 20 | 0 | 6.11 | 48 | 22.2 | 100.67 | 0 | 9.82 |

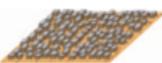
Fuente: Fernández (2020).

- Datos de densidad de población para Bahía Blanca. Se descargaron datos de población obtenidos del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda del año 2010 (INDEC 2010) a través de la base de datos de REDATAM (INDEC 2013a, b). Se calculó la densidad de población (población/ha) para cada radio censal.
- Clasificación de las Zonas Climáticas Locales para Bahía Blanca. Se siguieron los pasos expuestos en el sitio web <http://www.wudapt.org/>. En primer lugar, se definió el área de estudio mediante un polígono en el software Google Earth Pro. Luego, se descargó la plantilla de zonas climáticas locales (http://www.wudapt.org/wudapt_10_training_template/) y se definieron las zonas de muestreo para cada Zona Climática Local mediante la generación de polígonos en el software Google Earth Pro. Las zonas climáticas locales se definen como regiones de cobertura superficial, estructura, material y actividad humana uniformes que abarcan cientos de metros a varios kilómetros en escala horizontal (Stewart y Oke 2012). Se utilizó la clasificación expuesta en la tabla 3.4, que contiene un total de 17 categorías: 10 urbanas y 7 no urbanas. Se descargaron imágenes del sensor OLI del satélite Landsat 8, desde el sitio <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Se procuró que las imágenes

seleccionadas no tuvieran cobertura nubosa sobre el área de interés. Posteriormente, se utilizó el software *System for Automated Geoscientific Analyses* (SAGA) para recortar la imagen satelital de acuerdo al polígono del área de estudio y obtener la clasificación de Bahía Blanca en términos de Zonas Climáticas Locales.

Tabla 3.4. Clasificación de Zonas Climáticas Locales.

| Tipos de construcción | Definición | Tipos de cobertura de suelo | Definición |
|--|---|--|---|
| 1. Compacta de gran altura  | Mezcla densa de edificios altos de decenas de pisos. Pocos árboles o ninguno. Suelo mayormente pavimentado. Hormigón, acero, piedra y vidrio como materiales de construcción predominantes. | A. Arbolado denso  | Paisaje con muchos árboles de hoja caduca y/o perenne. Suelo principalmente permeable (plantas bajas). Uso del suelo: bosque natural, cultivo de árboles, o parque urbano |
| 2. Compacta de media altura  | Mezcla densa de edificios de mediana altura (3-9 pisos). Pocos árboles o ninguno. Suelo mayormente pavimentado. Piedra, ladrillo, azulejos y hormigón como materiales de construcción predominantes. | B. Arbolado disperso  | Paisaje ligeramente arbolado de hoja caduca y/o perenne. Suelo mayormente permeable (plantas bajas). Uso del suelo: bosque natural, cultivo de árboles, o parque urbano. |
| 3. Compacta de baja altura  | Mezcla densa de edificios de baja altura (1-3 pisos). Pocos árboles o ninguno. Suelo mayormente pavimentado. Piedra, ladrillo, azulejos y hormigón como materiales de construcción predominantes. | C. Arbustos/matorrales  | Disposición abierta de matorrales, arbustos y árboles bajos y leñosos. Suelo principalmente permeable (desnudo o arena). Uso del Suelo: matorrales naturales o agricultura. |
| 4. Abierto de gran altura  | Disposición abierta de edificios altos de decenas de pisos. Cobertura del suelo ampliamente permeable (plantas bajas, árboles dispersos). Materiales de construcción: hormigón, acero, piedra y vidrio. | D. Plantas bajas  | Paisaje sin rasgos salientes, plantas gramíneas o herbáceas / cultivos bajos. Pocos árboles o ninguno. Uso del suelo: pastizales naturales, agricultura, o parque urbano. |
| 5. Abierto de media altura  | Disposición abierta de los edificios de mediana altura (3-9 pisos). Cobertura del suelo permeable (plantas bajas, árboles dispersos). Hormigón, acero, piedra y vidrio como materiales de construcción predominantes. | E. Roca desnuda o pavimento  | Paisaje sin rasgos distintivos de roca o suelo pavimentado. Pocos o ningún árbol, ni plantas. Uso del suelo: desierto natural (roca) o transporte urbano. |
| 6. Abierto de baja altura  | Disposición abierta de edificios de baja altura (1-3 pisos). Cobertura del suelo permeable (plantas bajas, árboles dispersos). Madera, ladrillo, piedra, azulejos y hormigón como materiales de construcción predominantes. | F. Tierra desnuda o arena  | Paisaje con cubierta de arena sin rasgos de suelo. Pocos árboles o plantas, o ninguno. Uso del suelo desértico natural o agricultura. |
| 7. Ligera, baja altura | Mezcla densa de edificios de una planta. Pocos árboles o ninguno. Cobertura del | G. Agua | |

| | | | |
|--|---|--|--|
|  | suelo compactada. Materiales de construcción ligeros (por ejemplo, madera, paja, metal corrugado). |  | Grandes cuerpos de agua abiertos, como los mares y los lagos o cuerpos pequeños tales como ríos, embalses y lagunas. |
| 8. Grande de baja altura | Disposición abierta de los grandes edificios de baja altura (1-3 pisos). Pocos árboles o ninguno. Cobertura del suelo mayormente pavimentada. Acero, hormigón, metal, piedra como materiales de construcción predominantes. | VARIABLES CARACTERÍSTICAS DE LA COBERTURA DEL SUELO | |
|  | | Variables o propiedades de cobertura del suelo que cambian significativamente con los patrones meteorológicos sinópticos, las prácticas agrícolas y/o ciclos estacionales. | |
| 9. Escasamente construido | Disposición dispersa de edificios pequeños y medianos en un entorno natural. Cobertura del suelo permeable (plantas bajas y árboles dispersos). | b. Árboles desnudos | Árboles de hojas caducas. Aumento de factor de cielo visible. Reducción del albedo. |
|  | | s. Cobertura de nieve | Capa de nieve >10 cm de profundidad. Baja admitancia. Albedo alto. |
| 10. Industria pesada | Baja y media altura de estructuras industriales (torres, tanques, chimeneas). Pocos árboles o ninguno. Suelo mayormente pavimentado o tierra compacta. Metal, acero y hormigón como materiales de construcción predominantes. | d. Suelo seco | Tierra reseca. Baja admitancia. Alta relación Bowen. Aumento de albedo. |
|  | | w. Suelo húmedo | Suelo húmedo. Alta admitancia. Baja relación de Bowen. Reducción del albedo. |

Fuente: Stewart y Oke (2012) y Oke et al. (2017).

La tabla 3.5 sintetiza el procedimiento metodológico seguido con el uso de UMEP en el software QGIS 3.6.0. Para su confección se consultó lo expuesto por Lindberg et al. (2018).

Tabla 3.5. Procedimiento metodológico utilizado con UMEP en el software QGIS 3.6.0.

| Etapa | Componente | | Descripción |
|--------------------|-----------------------------|--|--|
| Pre-procesamiento | <i>Meteorological Data</i> | <i>Prepare existing data</i> | Formatea los datos meteorológicos seleccionados para su entrada a los modelos |
| | <i>Spatial Data</i> | <i>LCZ converter</i> | Permite que los parámetros morfométricos y las fracciones de la cobertura del suelo se calculen a partir de mapas de Zonas Climáticas Locales (LCZ) (Stewart y Oke 2012) |
| | | SUEWS Prepare | Prepara datos de entrada para el modelo SUEWS (procesador) con base en la información derivada de otras herramientas de preprocesamiento dentro de UMEP (Lindberg et al. 2018) |
| Procesamiento | <i>Urban Energy Balance</i> | <i>Urban Energy Balance (SUEWS, Advanced).</i> | Modelo de superficie urbana que permite calcular los flujos de radiación, energía y agua para múltiples áreas dentro de una ciudad (Järvi et al. 2011; Ward et al. 2016a; Lindberg et al. 2018; Ting et al. 2019). |
| Post-Procesamiento | <i>Urban Energy Balance</i> | <i>SUEWS analyzer</i> | Análisis espacial y temporal de los resultados del modelo. |

Fuente: modificado de Lindberg et al. (2018).

Con las herramientas de Post-Procesamiento se analizaron los resultados del modelo. Se realizaron mapas temáticos que permitieron visualizar la diferenciación espacial intraurbana de los flujos energéticos de calor sensible, latente y almacenado. Además, se seleccionaron grillas específicas representativas de las Zonas Climáticas Locales preponderantes en Bahía Blanca y se analizó para cada una de ellas los componentes modelados, su variabilidad estacional y diaria con el software Microsoft Excel, siguiendo la metodología implementada por Alexander et al. (2016).

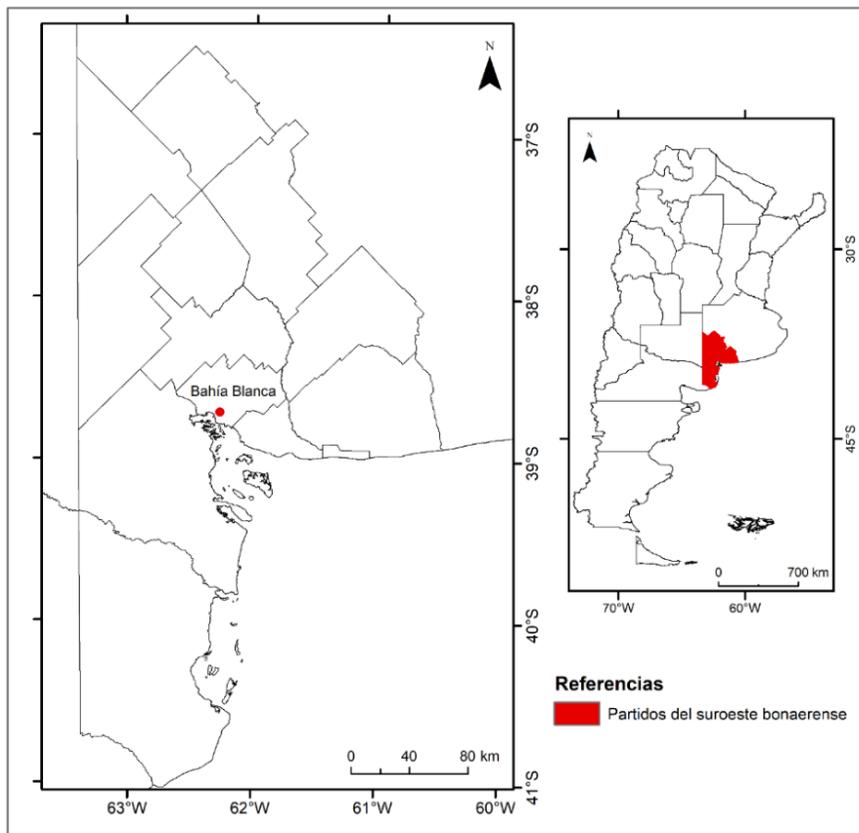
A partir de los resultados de la ejecución del modelo se calcularon índices con el objetivo de resaltar los efectos de la estructura urbana en los flujos energéticos y consecuentemente en el clima local. Para ello se siguió la metodología expuesta por Alexander et al. (2016) y Oke et al. (2017), quienes aplican los siguientes índices: índice de calor sensible ($\chi: Q_H/Q^*$), índice de evaporación ($\gamma: Q_E/Q^*$), índice de almacenamiento ($\Lambda: \Delta Q_S/Q^*$), y la relación de Bowen ($\beta: Q_H/Q_E$). Se utilizó el software Microsoft Excel y QGIS 3.6.0 para calcularlos y visualizar su variabilidad espacial a nivel intraurbano.

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Bahía Blanca: su localización en el suroeste bonaerense y en la Argentina

La ciudad de Bahía Blanca está ubicada en el límite sur de la llanura Pampeana (38° 44' S y 62° 16' O) y en el suroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Fig. 4.1). Constituye la ciudad cabecera del partido homónimo, que cuenta con 301.572 habitantes (INDEC 2010). El Plan de Desarrollo del Sudoeste Bonaerense incluye a Bahía Blanca entre los partidos que conforman la Región del Sudoeste Bonaerense, según lo establecido por la ley provincial N° 13647 (Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires 2007).

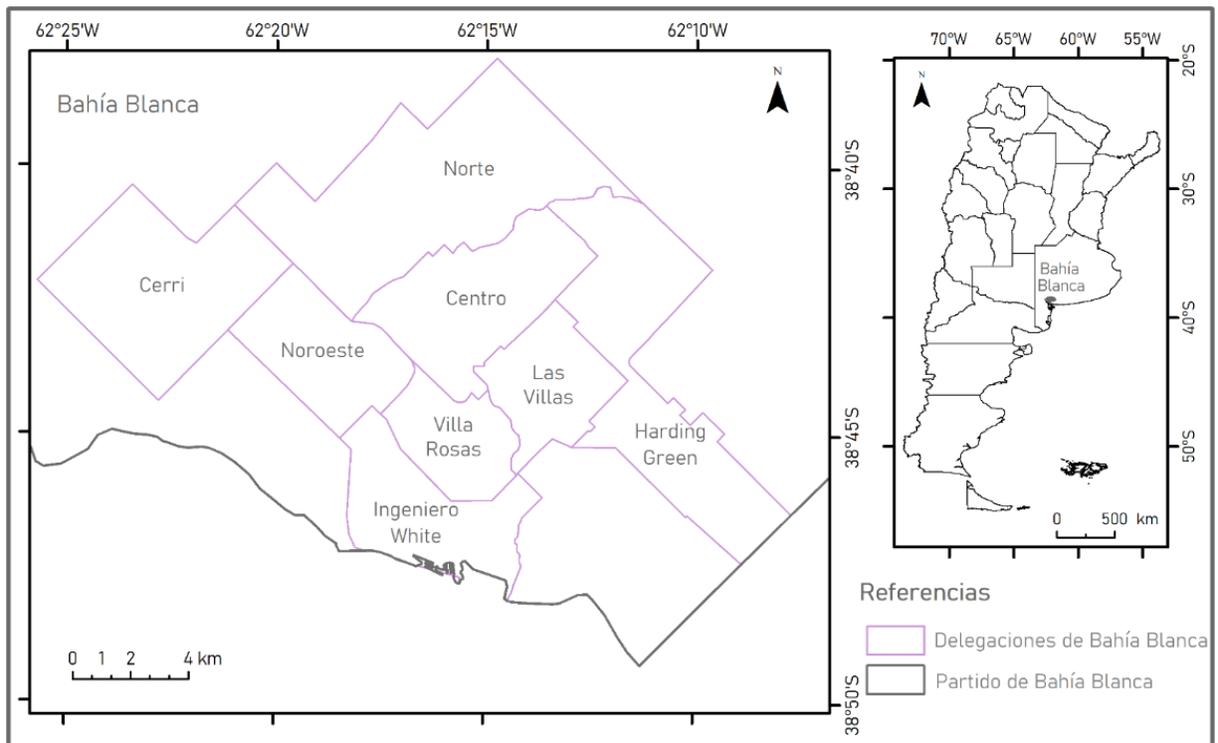
Figura 4.1. El partido de Bahía Blanca en el suroeste bonaerense.



Fuente: Fernández (2020).

La ciudad de Bahía Blanca se encuentra dividida administrativamente en ocho delegaciones: Norte, Cerri, Centro, Noroeste, Las Villas, Villa Rosas, Harding Green e Ingeniero White (Municipalidad de Bahía Blanca 1971)(Fig. 4.2). Cabe señalar que las delegaciones constituyen una unidad de gestión municipal elemental. Esta estructuración supone una organización administrativa descentralizada que permite atender la prestación de los servicios municipales. De esta manera, las delegaciones constituyen subsistemas urbanos susceptibles a intervención (Pites y Irisarri 2018).

Figura 4.2. Delegaciones en las que se divide Bahía Blanca.



Fuente: Fernández (2020).

4.2. El clima a escala regional y local

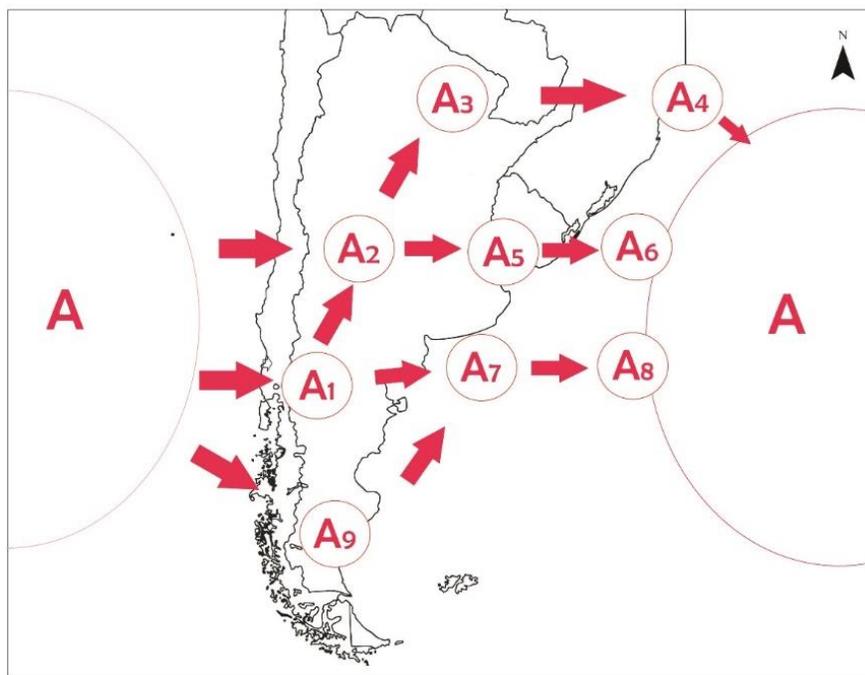
4.2.1. El clima del suroeste bonaerense

El suroeste bonaerense se localiza en la franja de climas templados con veranos e inviernos bien diferenciados y primaveras y otoños moderados (Capelli de Steffens et al. 2005). La dinámica natural produce variaciones en las condiciones atmosféricas en cada momento del tiempo y en cada sitio, variabilidad que guarda relación con el movimiento de las masas de aire de distinto origen y características (Campo de Ferreras et al. 2004).

La circulación atmosférica de la región está controlada por dos centros anticiclónicos semipermanentes ubicados sobre el océano Pacífico y el océano Atlántico, las bajas dinámicas correspondientes al cinturón de bajas subpolares y el centro ciclónico denominado Baja Térmica del Noroeste Argentino (Celemín 1984; Scian 2010). Tres de los estados de tiempo típicos que ocurren en la Argentina tienen incidencia en Bahía Blanca y la región: Sudestada, Pampero y Viento Norte. Se destaca la influencia de desprendimientos celulares de las Altas Presiones del océano Pacífico Sur (Fig. 4.3). Estos sistemas atraviesan al territorio en sentido oeste-este, trayecto en el que las masas de aire asociadas pierden humedad como consecuencia de su paso por la Cordillera de los Andes. Su procedencia austral y trayectoria continental define para la

región temperaturas frías o frescas y baja humedad relativa. Al continuar con la trayectoria en sentido oeste-este y ubicarse en el litoral atlántico estos sistemas pueden generar la Sudestada, estado de tiempo típico en el sureste bonaerense que se caracteriza por la ocurrencia de fuertes y persistentes vientos del sector sureste, que suele estar acompañada por lluvias y afecta a las costas (Fig. 4.4a) (Celemín 1984; Escobar et al. 2004; Pizarro et al. 2007; Ramos y Campo 2008; Servicio Meteorológico Nacional 2010a). Las Sudestadas se generan por efecto combinado del sistema de alta presión ubicado sobre el Océano Atlántico (que transporta aire frío y de origen marítimo hacia el este de la provincia de Buenos Aires) y el de baja presión localizado sobre la zona austral de la Mesopotamia Argentina y la región occidental del Uruguay, el que por razones de circulación produce un aporte de aire húmedo y cálido proveniente del norte del país. Al confrontarse esas dos masas de aire se profundiza la depresión, intensificándose la circulación del viento del sector sureste, fenómeno conocido como Sudestada. Una de las fases de la Sudestada se caracteriza por la presencia de vientos moderados a fuertes y presencia de nubosidad, ocurrencia de lluvias, lloviznas e incluso tormentas eléctricas en las zonas costeras. Asociado al Anticiclón del Pacífico Sur y sus desprendimientos celulares se produce el viento Pampero (Fig. 4.4b), viento fuerte y frío que proviene del interior de la región patagónica (Celemín 1984; Ramos y Campo 2008; Servicio Meteorológico Nacional 2010b).

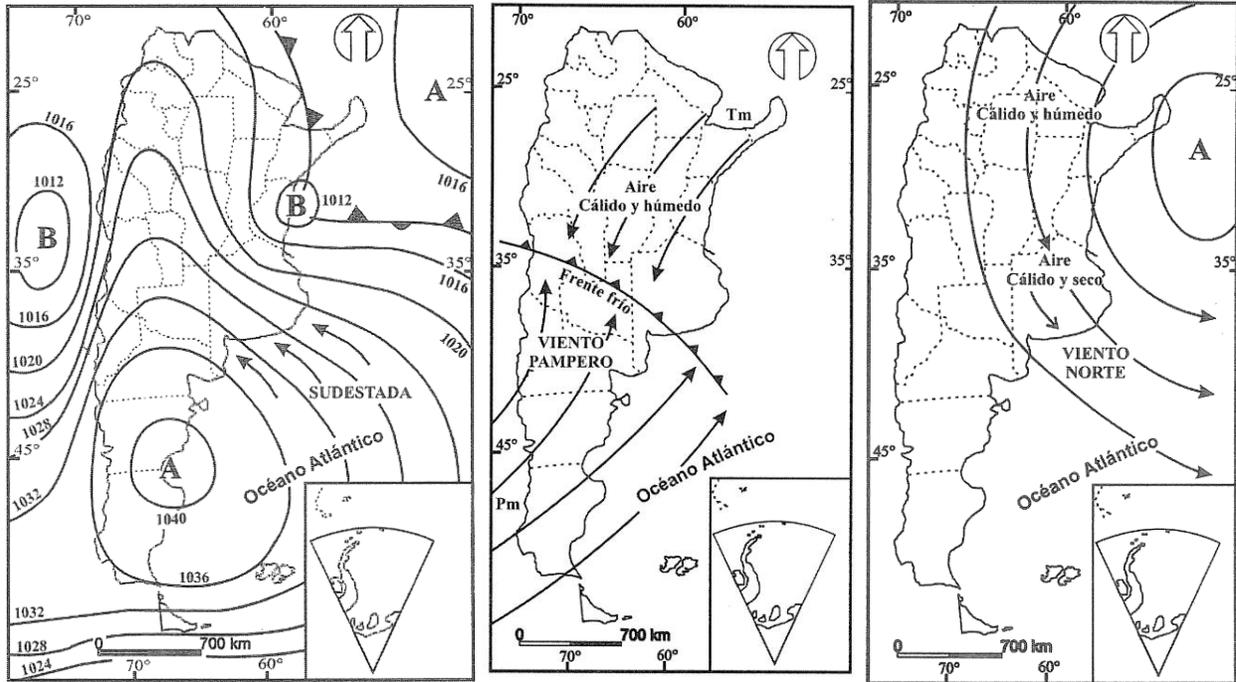
Figura 4.3. Anticiclones migratorios en la Argentina.



Fuente: digitalizado a partir de Celemín (1984).

El viento Pampero es un estado de tiempo que se caracteriza por el encuentro de una corriente de aire cálido y húmedo sobre la llanura pampeana con otra de aire frío y seco procedente del océano Pacífico Sur, dando lugar a la formación de un frente frío en el norte de la Patagonia. El aire frío que sigue al frente, al cruzar la cordillera ha perdido la mayor parte de su humedad, lo que explica la sequedad de este viento. Este frente avanza hacia el Río de la Plata y produce en la región un viento seco procedente del Sur-Suroeste. De no producirse precipitaciones de tipo frontal, se lo denomina Pampero Sucio y suelen suceder tormentas de polvo con presencia de material fino en suspensión que afecta la visibilidad y la salud de la población (Celemín 1984; Campo de Ferreras et al. 2004; Ramos y Campo 2008; Servicio Meteorológico Nacional 2010b).

Figura 4.4. Situación sinóptica de estados de tiempo típicos que inciden en el suroeste bonaerense: a) Sudestada, b) Pampero y c) Viento Norte.



Fuente: Campo de Ferreras (2004), Celemín (1984) y Servicio Meteorológico Nacional (1987a, 1987b).

En verano y en el interior del continente, las masas de aire Tropicales Continentales inhiben las precipitaciones, generando sequías y pérdida de energía por enfriamiento nocturno. En las zonas costeras de la región Pampeana dominan las masas de aire Tropicales Marítimas que se desprenden del flanco oriental del Anticiclón del Atlántico Sur, cuyo ingreso al continente favorece el desarrollo de nubosidad y precipitaciones y de las tormentas de verano que se producen en la región. Una vez que estas masas de aire descargan su humedad en el litoral, ingresan al sur de la provincia de Buenos Aires como una masa de aire seca y cálida de características Tropical Continental (Tc), que suele estar acompañada de nubes de polvo que afectan la visibilidad. Esta situación sinóptica se denomina "Viento Norte" (Fig. 4.4c) y es ampliamente reconocida por la población del sur bonaerense (Celemín 1984; Campo de Ferreras et al. 2004; Scian 2010; Servicio Meteorológico Nacional 2010c).

Los centros de acción provocan vientos de distintos componentes en la región, que interactúan con la topografía del terreno. Hacia el norte del Sistema de Ventania se evidencia un mayor predominio de viento de componente Norte, mientras que hacia el sur se destacan mayores frecuencias de componente Noroeste y Oeste (Campo de Ferreras et al. 2004). El comportamiento de los centros de acción define la estacionalidad observada en las frecuencias por dirección en la región. El suroeste bonaerense recibe en verano y primavera una mayor frecuencia de vientos del sector Norte. Durante el invierno son preponderantes los vientos del Oeste, dentro de los cuales viajan perturbaciones asociadas a las ondas frontales que se relacionan con condiciones de mal tiempo en la región (Scian 2010).

La distribución espacial térmica regional posee un carácter más bien homogéneo y se ve principalmente determinada por factores geográficos de escala regional, como altitud, cercanía marítima o movimientos advectivos. Las temperaturas máximas medias mensuales superan los 30 °C en los meses de verano y las mínimas en invierno superan los 0 °C (Scian 2010). La mayor o menor continentalidad define para la región los valores de amplitud térmica anual y la ocurrencia de heladas (Campo de Ferreras et al. 2004).

En el suroeste bonaerense las precipitaciones disminuyen de noreste a suroeste, con una estación lluviosa que se extiende de octubre a marzo y una estación relativamente seca de mayo a septiembre (Gabella et al. 2010; Casado y Campo 2019). Las precipitaciones estivales se originan principalmente por actividad convectiva y el desarrollo de sistemas frontales (Zapperi et al. 2007). En la estación seca, la precipitación se halla vinculada a sistemas frontales (fríos y cálidos), ondas frontales y procesos de ciclogénesis (Zapperi et al. 2006). Si bien estudios anteriores hallaron máximos picos máximos en primavera y otoño (Campo de Ferreras et al. 2004; Capelli de Steffens et al. 2005), estudios más recientes en la región (Gabella et al. 2010) y a escala local para el Sistema de Ventania (Gentili y Gil 2013) identifican al verano como la estación más lluviosa. Esto coincide con el incremento de la precipitación estival que ha sido registrado en el continente americano desde 1970 (Liebmann et al. 2004; Casado y Campo 2019). La diferencia entre los montos de precipitación media anual registrada entre el noreste y al suroeste de la región supera los 400 mm (Gabella et al. 2010). A nivel interanual, las precipitaciones de la región poseen una gran variabilidad que permiten diferenciar períodos secos y períodos húmedos (Campo de Ferreras et al. 2004; Campo et al. 2008; Scian 2010; Bohn et al. 2011; Ferrelli et al. 2012; Gentili 2012; Zapperi 2012; Casado y Picone 2018; Casado y Campo 2019). Este fenómeno puede relacionarse con El Niño Oscilación Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) (Grimm et al. 2000; Grimm 2011; Ferrelli 2016), si bien una gran complejidad de procesos atmosféricos se ven también involucrados, como anomalías en la temperatura superficial del mar en el océano Atlántico Sur o variaciones en la actividad convectiva de la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (Barros et al. 2000; Doyle y Barros 2002; Casado y Campo 2019).

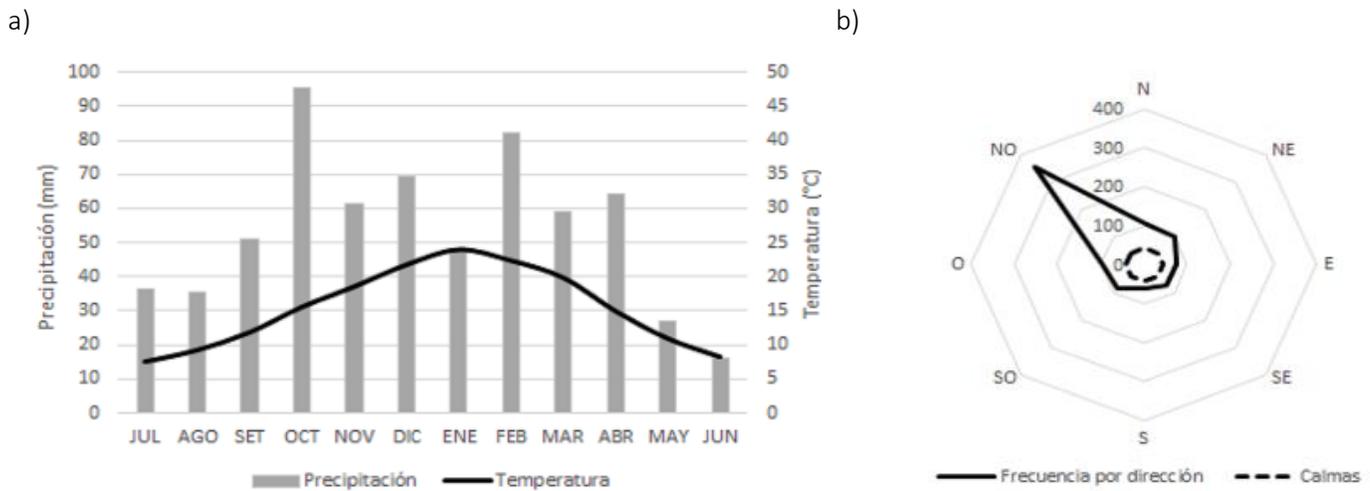
La nubosidad media anual en el suroeste bonaerense alcanza el 50 % y se observa mayormente durante el invierno, asociada a ciclones y sistemas frontales (Scian 2010). En cuanto a la distribución estacional de la heliofanía efectiva, para el mes de julio el valor medio diario es de cuatro horas y en enero oscila entre ocho y nueve horas (Grossi Gallegos y Righini 2007).

4.2.2. El clima de Bahía Blanca

La alternancia de las masas de aire a nivel regional determina para la ciudad un clima de transición entre el cálido y húmedo del este de la provincia de Buenos Aires y el frío y seco de la Patagonia. La circulación atmosférica regional imprime para la ciudad características continentales, a pesar de su posición costera (Capelli de Steffens et al. 2005). Bahía Blanca presenta una temperatura media anual de 15,5 °C con una estacionalidad térmica marcada: 22,3 °C la media estival y 9,5 °C la media invernal. Entre 1960-2014 se observó un incremento de 0,9 °C en la temperatura media del aire (Ferrelli 2016). Las precipitaciones poseen un valor medio anual de 644,6 mm. El verano es la estación más lluviosa en la ciudad, con un valor medio de 206,2 mm. En invierno las precipitaciones son menos frecuentes (Zapperi 2012; Ferrelli 2016). La ciudad se caracteriza por una gran variabilidad interanual de las precipitaciones, que se relaciona directamente con el El Niño Oscilación Sur. Las décadas 1960-1970 y 2000-2010 fueron las más secas de los últimos sesenta años (Ferrelli 2016). Respecto al viento, cabe destacar que Bahía Blanca registra uno de los mayores valores medios de velocidad de viento de la región. Su dirección preponderante es Norte y Noroeste, con velocidades mayores durante el verano (Campo de Ferreras et al. 2004).

En la Figura 4.5a se presenta la distribución anual de las precipitaciones y de las temperaturas en la ciudad (período 2001-2010). En el período las precipitaciones fueron máximas en los meses de octubre y febrero. La rosa de los vientos para ese mismo período muestra una clara dominancia de frecuencias de días de viento con dirección Noroeste y una intensidad media cercana a los 20 km/h (Fig. 4.5b). En verano, la región recibe una mayor frecuencia de vientos del sector Norte ya que la circulación del Sistema del Anticiclón del Atlántico Sur se ve acrecentada por la circulación de la Baja Térmica del Noroeste (Campo de Ferreras et al. 2004; Scian 2010).

Figura 4.5. a) Distribución anual de la temperatura y las precipitaciones y b) rosa de los vientos para Bahía Blanca (2001-2010).



Fuente: Campo et al. (2017) sobre la base de Estadísticas Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional.

El proceso de urbanización produce cambios importantes en la naturaleza de la superficie y, por lo tanto, en las condiciones atmosféricas locales. Bahía Blanca no ha sido la excepción y ya desde 1985 se realizaron estudios para identificar la isla de calor urbana en la ciudad (Capelli de Steffens et al. 2005). En un estudio comparativo de las islas de calor estivales e invernales entre 1985 y 2014 se observó que el crecimiento de la ciudad modificó la distribución espacial de la temperatura y la humedad relativa en los últimos años. En el año 2014 la isla de calor urbana estival registró una intensidad de 6,3 °C durante el día y 9,7 °C durante la noche y la isla de calor urbana invernal fue de 4,8 °C y 6,8 °C durante el día y la noche respectivamente. La intensidad del fenómeno en Bahía Blanca aumentó respecto al año 1985, con una diferencia de hasta 3,8 °C en la isla de calor invernal diurna. Los espacios construidos y con mayor densidad edilicia fueron más cálidos y secos que los costeros y con mayor cubierta vegetal (Ferrelli 2016; Ferrelli et al. 2016). Relativo al confort, para el año 2011 el centro de la ciudad registró menor porcentaje de días confortables (13,6 %) que la zona periurbana (14,8 %) y el porcentaje de frecuencia de estrés térmico por frío fue menor al del periurbano: 16,9 % y 22,7 % respectivamente en situaciones muy frías (Fernández et al. 2017, 2018a).

La expansión edilicia y el aumento en la verticalidad de la construcción influyen también en la distribución del viento en la ciudad. El viento regional es modificado por la forma y orientación de los edificios, que originan vórtices y torbellinos en ciertos sectores urbanos. Las mediciones horarias de viento en el centro de la ciudad llegan a ser hasta un 30 % inferiores a las registradas en la zona periurbana, con gradientes horizontales de 22 km/h en 30 m (Capelli de Steffens et al. 1989, 2005). Entre los efectos radiativos cabe señalar la obstrucción que representan los edificios para la radiación solar directa. En un sector del centro de la ciudad con edificación homogénea se identificaron sombras diferenciales según la época del año, de alturas que oscilaron entre los 1,9 metros en verano y 13 metros en invierno (Capelli de Steffens et al. 2003).

4.3. Características geomorfológicas y topográficas del área urbana

El suroeste bonaerense es una región de planicies extendidas que conforma el enlace de la llanura Chaco-Pampeana con la meseta Patagónica. El paisaje es únicamente interrumpido por el relieve montuoso del Sistema de Ventania, con alturas próximas a los 1.300 m s.n.m. La pendiente regional (orientada hacia el sur) presenta gradientes desde 5 % al pie de las sierras hasta menos del 0,5 % en las zonas costeras (Gonzalez Uriarte 1984; Grill et al. 2011). En lo referido a las redes de

drenaje superficial, se diferencian no integrados e integrados. Los primeros se caracterizan por ser escurrimientos laminares, controlados por bajo gradiente regional y donde no se observa el labrado de cauces. Entre los integrados se destacan los que nacen en llanura (como los Saladillos Dulce y García) y aquellos que nacen en zona serrana e ingresan a la llanura como ríos maduros (como el Sauce Grande, Chasicó, Sauce Chico o Napostá) (Gonzalez Uriarte 1984; Zavala et al. 2005).

Bahía Blanca se ubica en la cuenca inferior del arroyo Napostá, cuya cuenca hidrográfica tiene sus nacientes en la vertiente suroccidental del Sistema de Ventania y abarca una superficie total de 1.237 km². El arroyo Napostá Grande es el colector principal que domina la red de drenaje y su curso atraviesa el interior de la ciudad (Torrero 2005). Por lo tanto, desde un punto de vista geomorfológico se identifican tres unidades: las terrazas que se extienden desde el noreste al norte, el valle del río Napostá Grande y la planicie baja, cercana a la costa.

La planicie baja se presenta suavemente ondulada con pendiente regional (0,5 % al sur) siendo máxima en áreas pedemontanas (hasta 4 %) y mínima en el sub-ambiente litoral y en zonas de interfluvios (menos 0,2 %) (Zapperi 2012). Por lo tanto, desde un punto de vista topográfico Bahía Blanca está emplazada, en su mayor parte, en dos niveles altitudinales cada uno de ellos de escasa pendiente (entre 1 % y 2 %). El nivel más alto, con alturas superiores a los 80 m s.n.m. y el nivel más bajo con alturas entre el nivel del mar y los 20 o 30 m s.n.m. La vinculación entre ambos niveles es mediante un talud de desarrollo aproximadamente latitudinal con gradientes que oscilan entre el 2 % y el 8 %. La mayor ocupación del espacio se observa sobre la planicie aluvial entre los 20 y 30 m y en la zona de mayor altura predomina el uso residencial del suelo. En niveles inferiores a los 10 m se localizan las actividades portuarias e industriales y residenciales (localidad de Ingeniero White) (Zapperi 2012).

4.4. Crecimiento disperso y desarrollo vertical: una estructura urbana en evolución

El centro urbano de la ciudad se fue consolidando a partir de la fundación de la Fortaleza Protectora Argentina en el año 1828. Durante el siglo XX se afianzaron las bases de la configuración territorial actual. La estructura urbana sigue el típico formato de damero, el amanzanamiento ortogonal heredado de la colonización española (Bróndolo et al. 1994; Urriza y Garriz 2014; Fittipaldi et al. 2018). Solo algunas áreas residenciales alejadas del núcleo central se diferencian en la actualidad de esta estructura.

El proceso de expansión de Bahía Blanca se produjo fundamentalmente en el valle inferior del arroyo Napostá Grande, que posteriormente quedó incluido en la planta urbana. Bahía Blanca ha sido escenario de dos formas de crecimiento espacial: una en superficie, con la extensión desde el centro a la periferia y otra en altura, transformando la fisionomía y funcionalidad de las áreas centrales (Formiga y Marengo 2000; Urriza y Garriz 2014). En la zona periférica predominan las casas individuales con sectores de viviendas dispersas. Entre 1990 y 2001 la expansión urbana hacia los sectores norte y noreste se caracterizó por la promoción de parcelas de grandes dimensiones en entornos verdes con elevada calidad ambiental. En este proceso, gran cantidad de superficies quedaron vacantes en el interior de la mancha urbana, lo que materializó un proceso de expansión disperso y discontinuo. La expansión hacia los sectores del sur, suroeste y oeste se caracterizó por las ocupaciones informales de tierras públicas y privadas, el déficit de infraestructura y los asentamientos precarios (Urriza y Garriz 2014; Urriza 2016; Fittipaldi et al. 2018). Entre 2001 y 2017 la ciudad de Bahía Blanca presentó una importante expansión del área urbanizada. Entre 2006 y 2010, la población urbana aumentó el 0,5 % anual frente a un incremento del área urbanizada del 2,71 % en el mismo período, lo que equivale a decir que por cada 1 % de incremento poblacional la ciudad se expandió 5,4 %. En cuanto a los usos que explican esa expansión se observa un predominio de los loteos residenciales extraurbanos, lo que manifiesta la preferencia de la población bahiense por vivir en la periferia, en detrimento de vivir en las áreas centrales (CIPPEC 2017).

La edificación en altura comenzó a materializarse en la ciudad a mediados del siglo XX en las proximidades de la plaza central. El crecimiento vertical fue dominante en esta época y generó un modelo de urbanización compacta y continua del espacio (Bróndolo et al. 1994; Formiga y Marengo 2000; Fittipaldi et al. 2018). En los años subsiguientes la edificación en

altura rebasó los límites del microcentro y macrocentro. En febrero de 2008 se estimaba que en los 5 años precedentes se habían construido más de cien edificios destinados a viviendas multifamiliares en los barrios Napostá y Universitario (Urriza y Garriz 2014).

4.5. Vegetación autóctona, arbolado urbano y espacios verdes

La ciudad de Bahía Blanca se localiza en la llanura pampeana y presenta como marco natural tres provincias fitogeográficas: la del espinal, la del monte y la pampeana (Cabrera 1976). Las formaciones vegetales originarias han sido degradadas como consecuencia de la acción humana. En la primera etapa del proceso de asentamiento de la ciudad, se taló la vegetación para utilizar la leña como combustible y en etapas posteriores para ceder paso a la construcción de viviendas, infraestructura ferroviaria y otros usos del suelo (Bróndolo et al. 1994; Campos y Susana Zinger 2003; Benedetti et al. 2015). Bajo las condiciones naturales del sitio no se desarrollan grandes masas de vegetación arbórea. Por ende, la introducción de especies exóticas es una práctica común en las aceras de los barrios de la ciudad (arbolado de alineación) y en los espacios verdes (Benedetti y Campo de Ferreras 2007; Benedetti et al. 2013). Los espacios verdes más valorados son la Plaza Rivadavia, el Parque Independencia, el Parque de Mayo y el Paseo de las Esculturas (Ercolani 2005; Rosake y Ercolani 2012; Pinassi 2016).

Cabe señalar que la ciudad no se caracteriza por poseer alta cobertura arbórea. En ciertos sectores (sobre todo en los barrios nuevos y en la parte central histórica) el arbolado urbano es escaso y discontinuo (Benedetti et al. 2014; Duval y Benedetti 2017; Benedetti y Duval 2018). En un estudio realizado en el macrocentro de la ciudad se contabilizaron un total 17.063 ejemplares arbóreos en calles y avenidas, la mayoría de ellos *Fraxinus spp.*, *Robinia pseudoacacia var umbraculífera*, *Jacarandá mimosifolia*, *Lagerstroemia spp.* y *Melia azedarach*, entre otros (Benedetti et al. 2013).

4.6. Ciudad intermedia de importancia regional y nacional

La ciudad se ha consolidado como un centro de importancia regional, proveedor de bienes y servicios de la zona aledaña. Constituye un destacado nodo de transportes y comunicaciones con una amplia infraestructura terrestre, marítima y aeroportuaria (Lorda 2008). En cuanto a su estructura productiva, el sector agroindustrial representa una parte importante del perfil económico de la ciudad, así como también la actividad de la industria del petróleo, química y petroquímica (CREEBBA 2014). Por otro lado, el Puerto de Bahía Blanca constituye la principal salida para la producción agrícola de la región, cuenca agroexportadora de gran relevancia en la República Argentina (Bróndolo et al. 1994; Diez 2010; Leguizamón 2015).

4.6.1. El complejo portuario-industrial de Bahía Blanca

La zona portuaria de Bahía Blanca está constituida por un conjunto de instalaciones diseminadas a lo largo de 25 kilómetros sobre la costa norte del estuario homónimo. Ubicado en el sur de la provincia de Buenos Aires y a 650 kilómetros de la ciudad de Buenos Aires, el puerto de Bahía Blanca es un lugar de privilegio con relación a importantes centros de producción y consumo del interior del país (Bróndolo et al. 1994; Lorda 2008; Fittipaldi et al. 2018). Su ubicación al sur de la Pampa Húmeda y la condición de puerto de aguas profundas le permite atraer parte de la producción agropecuaria y agro-industrial argentina, articulado por redes camineras y ferroviarias. El emplazamiento en el sur de la costa atlántica constituye una ventaja competitiva de importancia para comerciar con los grandes centros mundiales, como el noroeste europeo, la zona mediterránea, sureste asiático, Asia Meridional, Medio Oriente y China, entre otros (Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca 2017).

El complejo portuario se encuentra bajo la gestión del Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca, un ente público no estatal que se caracteriza por llevar a cabo una política económica y financiera auto-sostenible, sin recurrir a fondos nacionales o provinciales. Las tareas de mantenimiento del dragado portuario o el sistema de control de tráfico marítimo

son ejemplos de las acciones realizadas con recursos propios en el marco de esta gestión. En 1992 el gobierno dictó la Ley Nacional N° 24093 (Senado y la Cámara de Diputados de la Nación Argentina 1992), conocida como Ley de Actividades Portuarias, que autorizó la transferencia de los puertos de propiedad del estado nacional a las provincias en las que se encuentren situados. En este marco y en el caso especial del puerto de Bahía Blanca, entre otros, la ley estableció que previo a la transferencia deberían constituirse sociedades de derecho privado o entes públicos no estatales que tendrían a su cargo la administración y explotación de cada uno de esos puertos. A partir de 1993 se constituyó el Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca convirtiéndose en el primer puerto autónomo de la República Argentina.

A su vez, el complejo portuario se integra con un entorno industrial dinámico, el Polo Petroquímico de Bahía Blanca, uno de los más importantes del país. Allí industrias petroleras (etano, naftas, GLP, fuel-oil, gas-oil, gasolina, entre otros), petroquímicas (amoníaco puro, etileno, VCM, PVC, polietileno, urea) y químicas (soda cáustica, cloro) generan aproximadamente el 65 % de la producción petroquímica argentina y 25 % del producto bruto de Bahía Blanca. Se prevé que en los próximos años las actividades portuarias y las industrias asociadas conformen un clúster portuario-industrial (Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca 2017).

4.6.1.1. El complejo portuario – industrial y las problemáticas ambientales asociadas a su funcionamiento

Las actividades del complejo industrial-portuario, si bien son relevantes para el desarrollo económico de la región, se han constituido en un peligro para la población y el ambiente. En el año 2000 se produjeron escapes de cloro y amoníaco que provocaron la clausura de las plantas industriales involucradas por parte de la Secretaría de Política Ambiental de la provincia de Buenos Aires. Lo sucedido generó gran sensibilidad en la población local, quien se manifestó a través de asambleas populares y movilizaciones sociales en las principales vías de acceso al parque industrial (Bermúdez 2000, 2001; Heredia Chaz 2014; Dobal 2015). Si bien la dirección del viento Este-Noreste evitó que los contaminantes afectaran a la zona residencial, los episodios dieron lugar a la redefinición del marco legal con la Ley Provincial N° 12530 (Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires 2000a), que creó el “Programa Especial para la Preservación y Optimización de la Calidad Ambiental” para el partido de Bahía Blanca. Para la ejecución de este programa se creó el Comité Técnico Ejecutivo (CTE) que posee la función de monitorear continuamente las emisiones industriales, cuyas acciones se estructuran en el marco del Programa Integral de Monitoreo (PIM). No obstante, los medios de comunicación locales y nacionales en reiteradas oportunidades han hecho alusión a accidentes industriales en Bahía Blanca como fugas y explosiones. Ante estos eventos, gran parte de la población manifiesta abiertamente su descontento con las actividades industriales en Bahía Blanca (La Nación 2000a, b; Bermúdez 2001; Clarín 2009, 2011; La Nueva 2016b, c, d; La Brújula 24 2017). En la página oficial del municipio de Bahía Blanca se halla registro de 189 infracciones (www.bahia.gob.ar/cte/actas) de las empresas del polo industrial entre los años 2010 y 2017 elevadas al organismo de control ambiental provincial (Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible). Desde 1995 las empresas del polo petroquímico y el municipio trabajan siguiendo los lineamientos del Programa APELL (*Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level*), dirigido a mejorar la prevención de accidentes tecnológicos y la preparación para emergencias. Se trata de una metodología elaborada por las Naciones Unidas que describe un proceso de diez etapas para guiar a las comunidades locales en cuanto al fortalecimiento de su capacidad de prevención de accidentes y medidas de respuesta en situaciones de emergencia. Dentro de este marco se desarrolla el Plan de Respuesta a Emergencias Tecnológicas (PRET), un manual elaborado con la finalidad de asignar responsabilidades y guiar las acciones inmediatas de los actores claves durante las primeras horas críticas posteriores al inicio de una situación de emergencia, a fin de minimizar los efectos adversos en la población y el medio ambiente. Estos procedimientos funcionan como herramientas de gestión del riesgo tecnológico y evidencian que los accidentes industriales forman parte de las preocupaciones de la gestión pública. Asimismo, las actividades asociadas al funcionamiento del complejo industrial y sus potenciales efectos contaminantes, si bien poseen diversas implicancias a la probabilidad de ocurrencia de accidentes, pueden considerarse como rupturas, o desastres cotidianos, cuya acumulación temporal adquiere un valor significativo, con gran influencia en la calidad de vida de la población (Herzer y Gurevich 1996; Barrenechea y Gentile 2016).

PARTE II. RADIACIÓN SOLAR REGIONAL Y LOCAL: VARIABILIDAD, FACTORES E
INTERACCIONES CON ELEMENTOS NATURALES Y ANTROPOGÉNICOS

5. LA RADIACIÓN SOLAR EN EL ÁMBITO REGIONAL

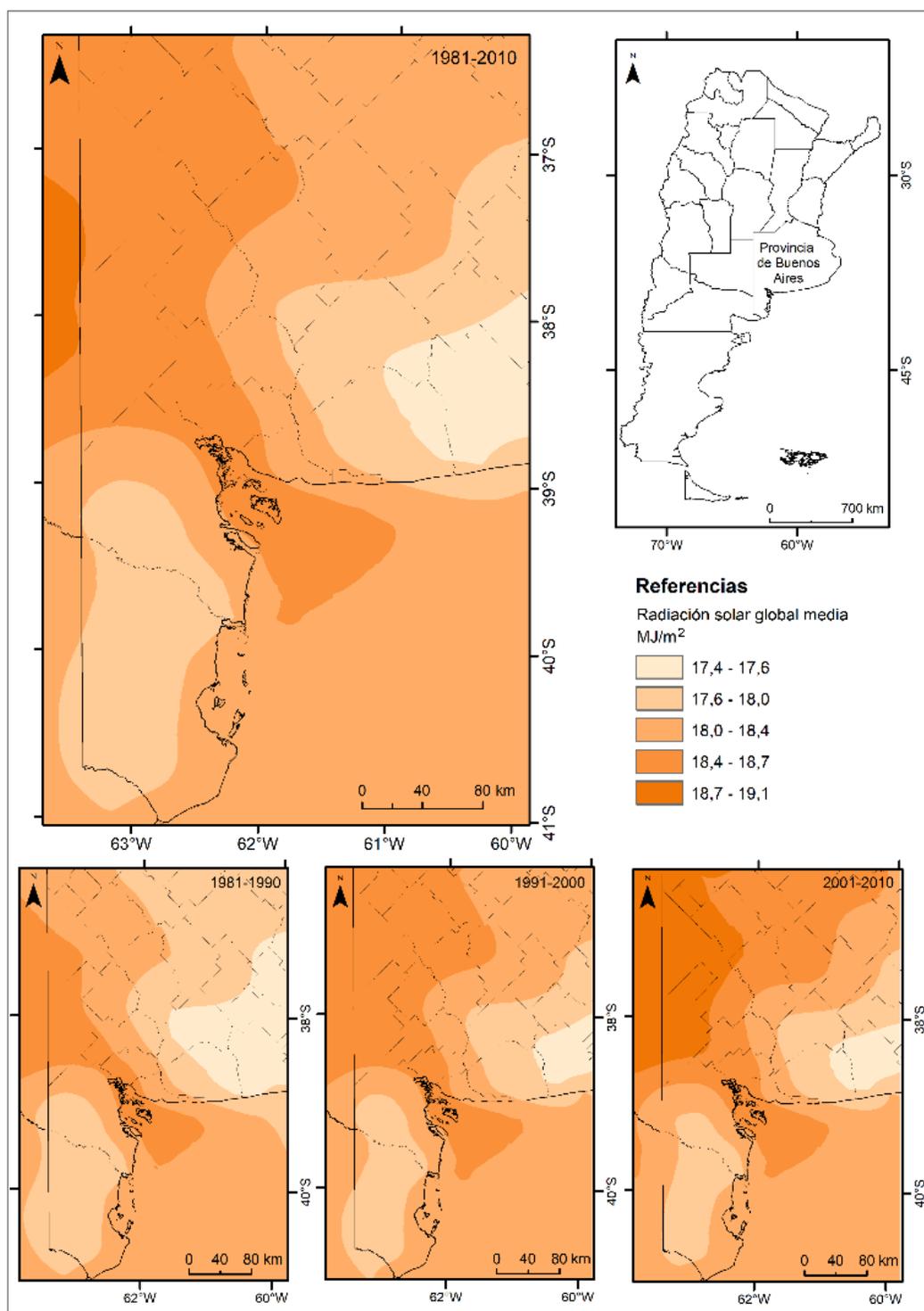
Conocer la distribución espacio-temporal de los componentes de la radiación solar (radiación solar global y heliofanía efectiva, entre otros) es un aporte fundamental a la hora de realizar estudios de balance energético y da cuenta de posibles procesos de cambio climático. En términos de optimización energética, el potencial aprovechamiento del recurso solar depende del conocimiento de su cantidad y distribución espacial, así como también de su variación temporal. Además, este análisis constituye un insumo base fundamental para posteriormente abordar el estudio de la radiación a otras escalas y definir la influencia de la estructura urbana en dicha variable.

5.1. Radiación solar global (RSG) en el sur de la región Pampeana

La distribución anual de la RSG en el área de estudio (Fig. 5.1) se corresponde con las características climáticas del área analizada. Puede observarse que la variable posee un gradiente creciente en sentido este-oeste, que coincide con el aumento de la continentalidad. En el suroeste bonaerense se registraron valores anuales medios de entre 19,1 y 17,4 MJ/m² de radiación solar global para el período 1981-2010. Las zonas costeras en el sector noreste de la provincia Buenos Aires poseen menores valores de RSG que el resto del área estudio, entre 17,6 y 17,6 MJ/m². Los climas templados con influencia oceánica poseen mayor frecuencia de precipitaciones, evapotranspiración potencial escasa y condiciones propicias para la formación de nieblas. En las zonas costeras de la región Pampeana dominan las masas de aire Tropicales Marítimas que se desprenden del borde occidental del Anticiclón del Atlántico Sur, cuyo ingreso al continente favorece el desarrollo de nubosidad y precipitaciones y de las tormentas de verano que se producen en la región (Celemín 1984; Capelli de Steffens et al. 2005; Scian 2010; García 2013). En la medida que las masas de aire avanzan sobre el continente, se definen climas caracterizados por la escasez de precipitaciones, menores valores de humedad relativa y nubosidad (Capitanelli 2008). Estos factores inciden en el valor de la RSG en superficie. El partido de Bahía Blanca posee, a pesar de su localización costera, condiciones radiativas semejantes a las zonas continentales circundantes. La circulación atmosférica regional que define mayor frecuencia de vientos del Norte, Noroeste y Oeste y la influencia de las masas de aire Tropicales Continentales inhiben la formación de nubes y precipitaciones, lo que explica la mayor disponibilidad de RSG en el sector del partido de Bahía Blanca (Capelli de Steffens et al. 2005).

En lo que respecta al análisis interdecádico, la distribución de la variable puede vincularse a la variabilidad de las precipitaciones que caracterizan a la región. Si bien la RSG se ve directamente influenciada por la cobertura nubosa y la presencia de nubes no implica necesariamente la ocurrencia de precipitaciones, se considera que son elementos del tiempo cuya dinámica se halla estrechamente vinculada. Las sequías en la Argentina están directamente asociadas a condiciones anticiclónicas persistentes y un cambio en la cobertura nubosa de una zona puede ser indicio del comienzo de este tipo de eventos (Piccolo et al. 2002). Los mapas de la figura 5.1 muestran que la RSG aumentó sucesivamente en la región entre las décadas 1991-2000 y 2001-2010. Puede observarse que en la década de 1991-2000, todos los sectores localizados al norte del río Colorado registraron valores mayores de RSG respecto a 1981-1990. El área de registro de entre 18,4 y 18,7 MJ/m² se expandió hacia el noreste y las áreas con RSG menor a 17,6 MJ/m² se redujeron en el sector este. En la década de 2001-2010 el sector oeste del área de estudio muestra el mayor valor de RSG registrada, con valores por encima de los 18,7 MJ/m². Estos hallazgos coinciden con las tendencias halladas en los volúmenes precipitados a escala regional. Campo et al. (2008) exponen la existencia de dos períodos húmedos entre 1976 y 1988 y entre 1992 y 1997, asociados con eventos Niño del fenómeno de El Niño/Oscilación Sur (ENOS). Por otro lado, el período 2005-2009 se define como la sequía más importante de los últimos 50 años en la región (Ferrelli 2010; Bohn et al. 2011). Cabe destacar que para el año 2005, la sequía ya había afectado a un 46 % de la provincia de Buenos Aires y un 49,77 % de esa superficie correspondió al suroeste bonaerense (Andrade et al. 2009).

Figura 5.1. Distribución anual de la RSG (1981-2010).

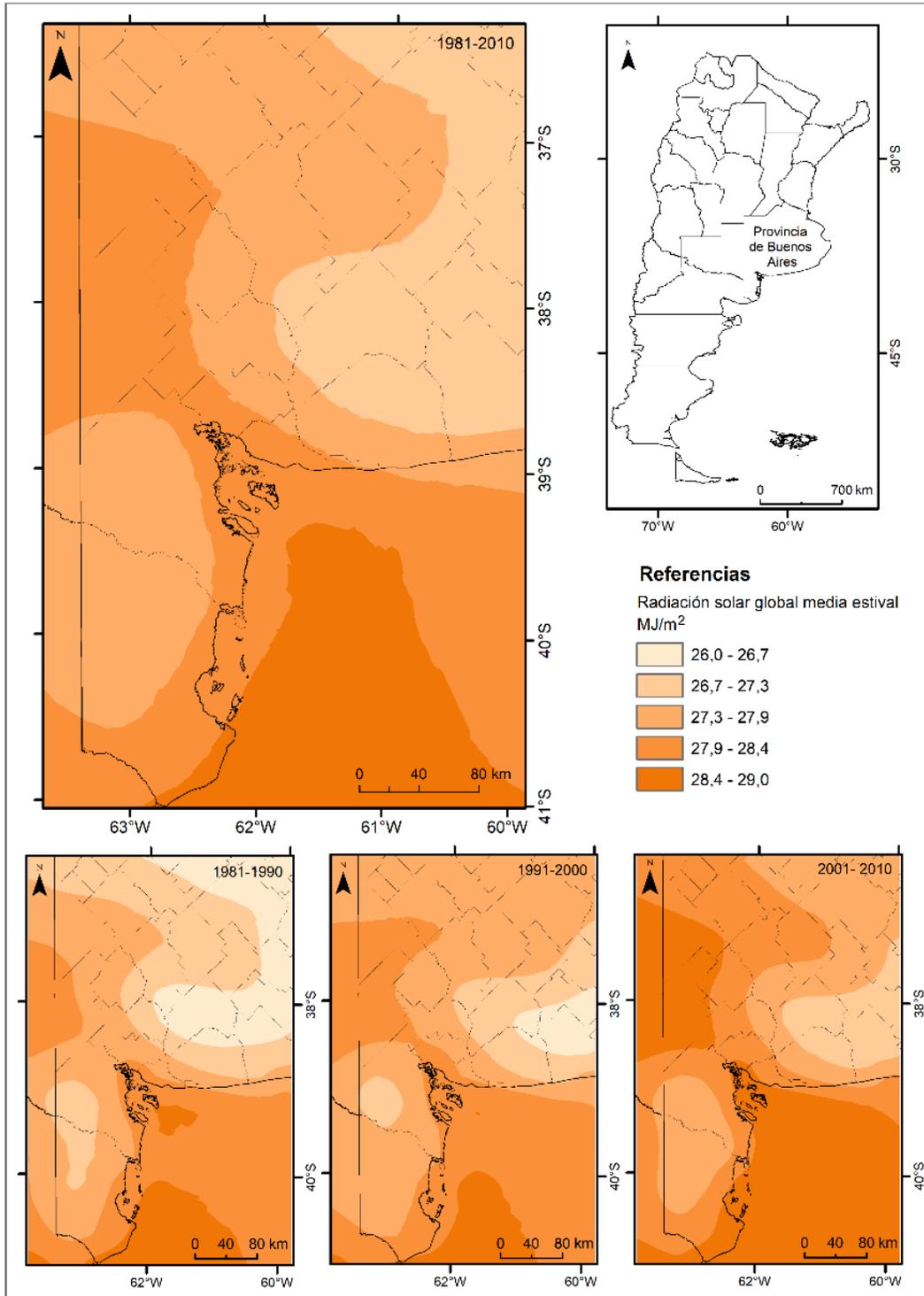


Fuente: Fernández (2020).

La distribución regional media estival de la RSG para el período 1981-2010 que oscila entre 26 y 29 MJ/m² (Fig. 5.2). El análisis interdecádico muestra que los valores de RSG aumentaron en toda el área analizada entre 1981 y 2010. La zona SE del área de estudio posee valores menores que la zona central. Se observa un gradiente creciente de RSG en sentido este-oeste en el sector norte del área de estudio. Por otro lado, en el sur del suroeste bonaerense la zona continental posee

menores valores de RSG que la zona costera. Se manifiesta la relación entre la RSG y el grado de continentalidad del área analizada, como en la distribución anual. Por otro lado, las situaciones sinópticas comunes en la estación cálida poseen directa relación con la ocurrencia de precipitaciones y la nubosidad en el área de estudio, por lo que la distribución de la RSG se puede explicar mediante su análisis basado en las condiciones sinópticas expuestas por Celemín (1984).

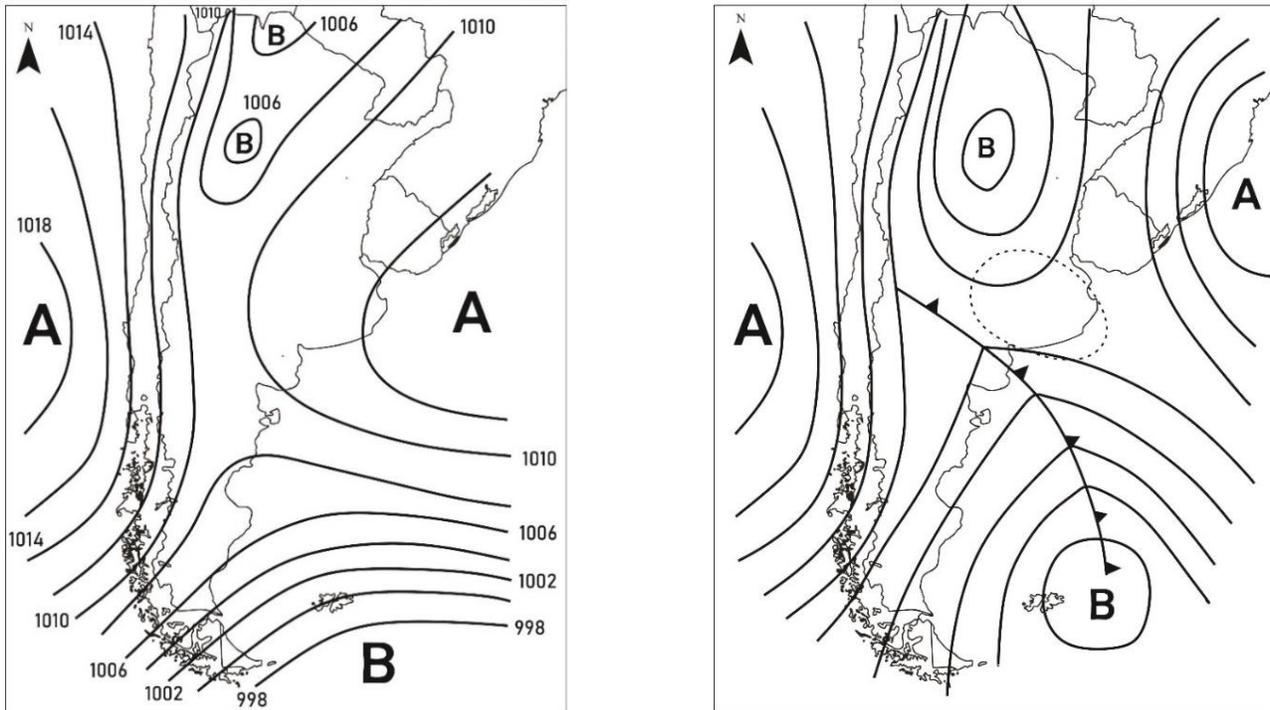
Figura 5.2. Distribución estival de la RSG (1981-2010).



Fuente: Fernández (2020).

La situación de verano se ve generalmente definida por la presencia de un sistema de baja presión térmica en el norte argentino, con valores centrales de 1006 hPa, además de un centro de baja presión al sur de la Patagonia y de los anticiclones semipermanentes del océano Pacífico y del océano Atlántico, que poseen una posición más austral debido al desplazamiento de la zona de calentamiento hacia el sur durante el verano (Garreaud y Aceituno 2007; Scian 2010). El Anticiclón del Atlántico Sur se sitúa en las costas de Brasil y Uruguay y extiende una zona de alta presión hasta el este de la provincia de Buenos Aires. Como consecuencia, las masas de aire atlánticas, que poseen una influencia más austral, penetran en el continente cargadas de humedad (con la nubosidad aparejada) contribuyendo a la disminución de la RSG en el sector oriental del suroeste bonaerense. En la medida que avanzan por el continente, las masas de aire pierden humedad y la nubosidad disminuye, lo que explica el aumento de la RSG en las zonas centrales del área de estudio. Asimismo, el frecuente avance de frentes fríos desde la Patagonia hacia el noreste puede posibilitar la formación de líneas de inestabilidad (línea punteada en la figura 5.3) delante del mismo en diversos sectores de la provincia de Buenos Aires, que definen condiciones de mal tiempo, nubosidad y precipitaciones en la región (Fig. 5.3) (Celemín 1984; Zapperi et al. 2007; Gabella et al. 2010; Rubí Bianchi y Cravero 2010; Casado y Campo 2019). Esa nubosidad constituye un factor geográfico que puede incidir en la disminución de los registros de RSG en el sur de la región Pampeana

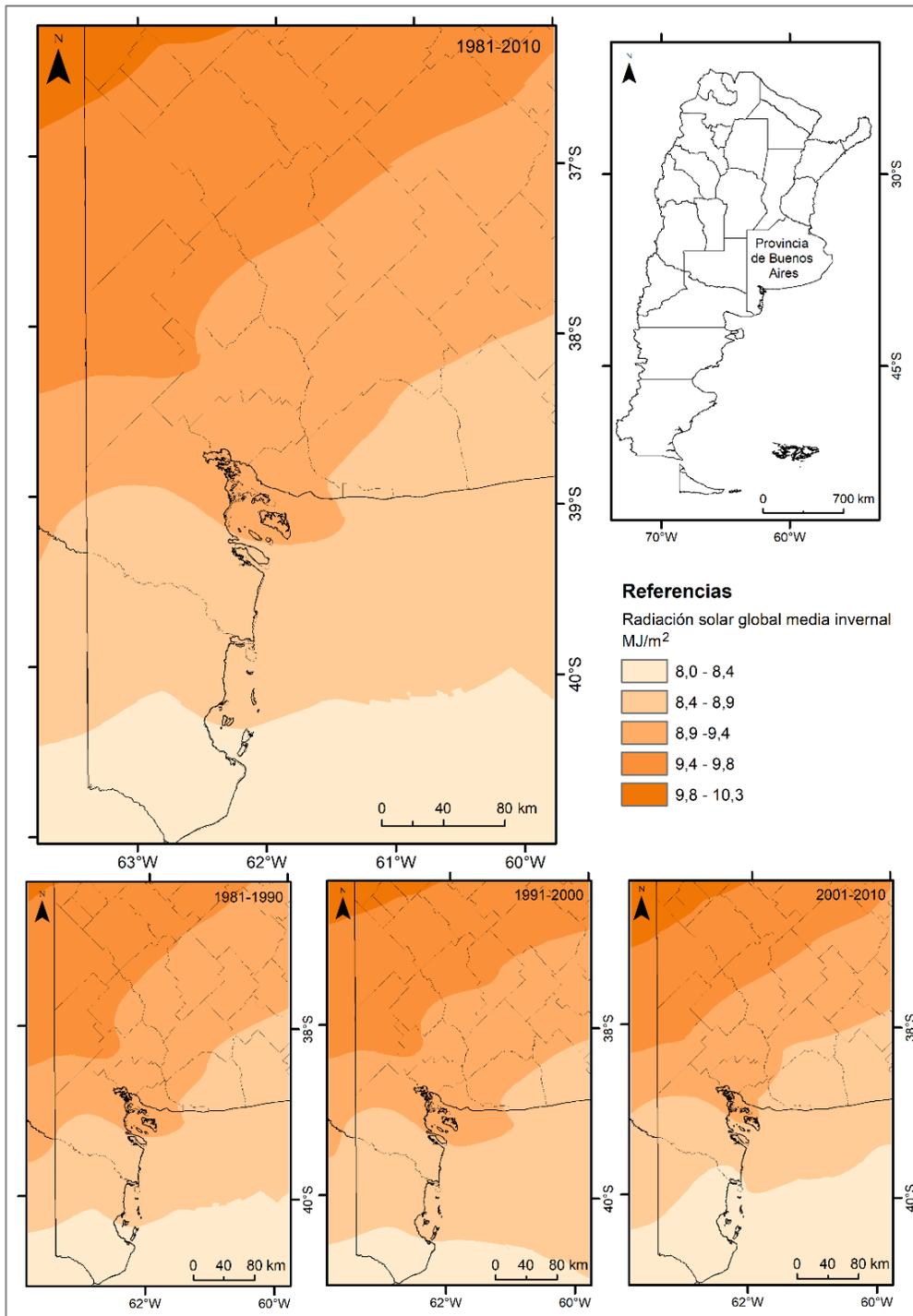
Figura 5.3. Esquemas de las situaciones sinópticas más frecuentes durante el verano.



Fuente: digitalizado a partir de Celemín (1984).

La distribución espacial de la RSG en el sur bonaerense durante la época invernal (Fig. 5.4) muestra un gradiente creciente en sentido sureste-noroeste, con valores que oscilan entre los 8 y 10,3 MJ/m². Esta distribución posee un patrón mayormente influenciado por la ocurrencia de situaciones sinópticas frecuentes en dicha estación, que definen los patrones de nubosidad invernal. Estas son fundamentalmente dos: el avance de frentes fríos sobre el territorio argentino y la situación de Sudestada (Celemín 1984).

Figura 5.4. Distribución invernial de la RSG (1981-2010).

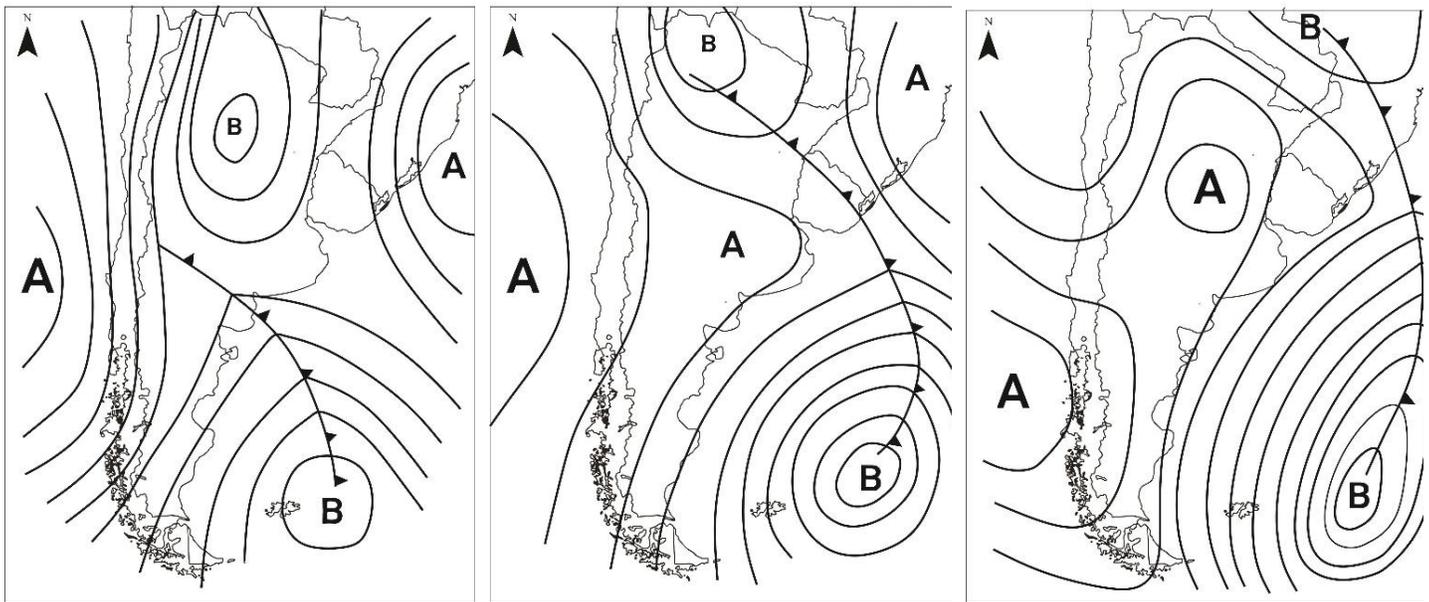


Fuente: Fernández (2020).

Celemín (1984) describe dos situaciones meteorológicas frecuentes derivadas del avance de un frente frío en la Argentina (Fig. 5.5). Ambas poseen un desarrollo de aproximadamente cuatro días de duración y su fase final consistente la presencia en el centro argentino de un gran sistema de alta presión con valores entre 1025 y 1035 hPa y una baja presión en el sur del océano atlántico. Los frentes fríos definen la presencia de nubosidad, principalmente en invierno. En la medida que un frente frío avanza sobre el territorio las nubes altas se invisibilizan desde la superficie frente a la presencia de las nubes

medias, generalmente de los géneros Alto cúmulus (AC), Altostratus (AS) y al iniciarse las lluvias, Nimbostratus (NS) (Celemín 1984). La distribución espacial de la RSG durante la época invernal presenta un gradiente ascendente en sentido SE-NO, aproximadamente perpendicular con la dirección de avance de los frentes (y la nubosidad asociada) que en forma continua recorren el país (Rubí Bianchi y Cravero 2010), así como con la disposición isobárica manifestada en las fases finales de ambas situaciones sinópticas descritas en la figura 5.5 (Celemín 1984). Puede inferirse que la presencia del sistema de bajas presiones en el océano Atlántico define patrones de nubosidad descendentes en sentido SE-NO. La presencia anticiclónica en el centro del país posterior al paso del frente frío definirá situaciones despejadas para el sector NO del suroeste bonaerense y por lo tanto mayores valores de RSG en dichos sectores.

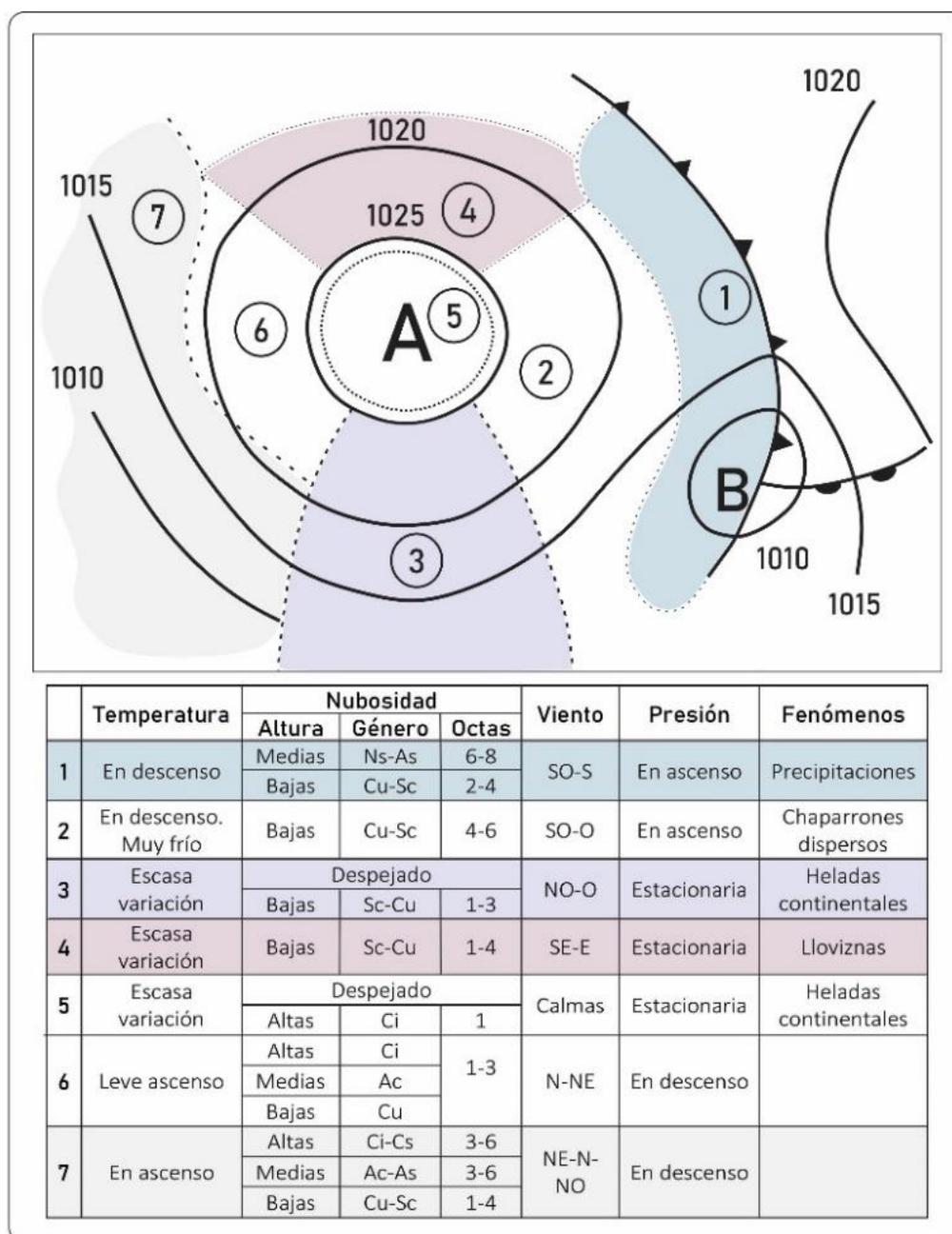
Figura 5.5. Esquemas de las situaciones sinópticas más frecuentes durante el invierno: avance de frente frío en la Argentina.



Fuente: digitalizado a partir de Celemín (1984).

Por otro lado, la ocurrencia de Sudestadas puede asociarse a la distribución de la RSG en el suroeste bonaerense. Este estado de tiempo definirá para las zonas continentales del suroeste bonaerense situaciones de cielo despejado, mientras que en las zonas costeras se producirán nubes y precipitaciones. La figura 5.6 muestra las condiciones de tiempo asociadas a los anticiclones migratorios en su paso por el territorio argentino. Puede inferirse que durante el avance de los anticiclones migratorios entre la posición A1 y la posición A7 de las trayectorias preferenciales identificados por Celemín (1984) (Fig. 4.3), con injerencia en el suroeste bonaerense, los flancos orientales de los centros de acción que coinciden con las zonas costeras son los que presentan el máximo porcentaje de cielo cubierto, con entre 6 y 8 octas de nubes medias y 2 y 4 octas de nubes bajas (Celemín 1984).

Figura 5.6. Anticiclones migratorios y estados de tiempo asociados.



Fuente: digitalizado a partir de Celemín (1984).

5.2. Variabilidad espacio-temporal de la heliofanía efectiva en el sur de la región Pampeana

A fin de describir la variabilidad espacio-temporal de los valores de Heliofanía Efectiva (HE) se tomaron datos de ocho ciudades argentinas, localizadas en el sur de la región Pampeana entre los 36° S y 39° S. En cuanto a la división político-administrativa Bahía Blanca, Bolívar, Tres Arroyos, Coronel Suárez, Tandil y Mar del Plata corresponden a la provincia de Buenos Aires, Santa Rosa es la ciudad capital de la provincia de La Pampa. Río Colorado pertenece a la provincia de Río Negro y se localiza en la zona de transición entre la región Patagónica y la Pampeana.

La figura 5.7 muestra la variabilidad espacial del valor medio y los coeficientes de variación (CV) de la HE en el área de estudio. La HE presentó un gradiente aproximadamente lineal, creciente en sentido este-oeste y con valores extremos

medios de 4,5 h a 7,5 h. Se manifestó una clara correspondencia con las características climáticas de las ciudades analizadas, principalmente relacionadas con el grado de continentalidad, así como se observó en la distribución de la RSG (Fig. 5.1). La variabilidad de la HE en la zona alcanza los mayores valores en las zonas costeras (80 %) y disminuye en sentido este-oeste hasta llegar al 50 %. Los mayores valores medios de HE y los menores valores de CV (%) se registraron en las estaciones ubicadas entre los 62° O y 65° O. Se observó una relación inversa entre los valores medios de HE y los CV (%). Las ciudades de mayores valores medios de HE son las que presentaron una mayor estabilidad temporal de la variable. La estabilidad temporal es un factor de suma importancia para la producción de energía fotovoltaica (Tomson y Hansen 2010).

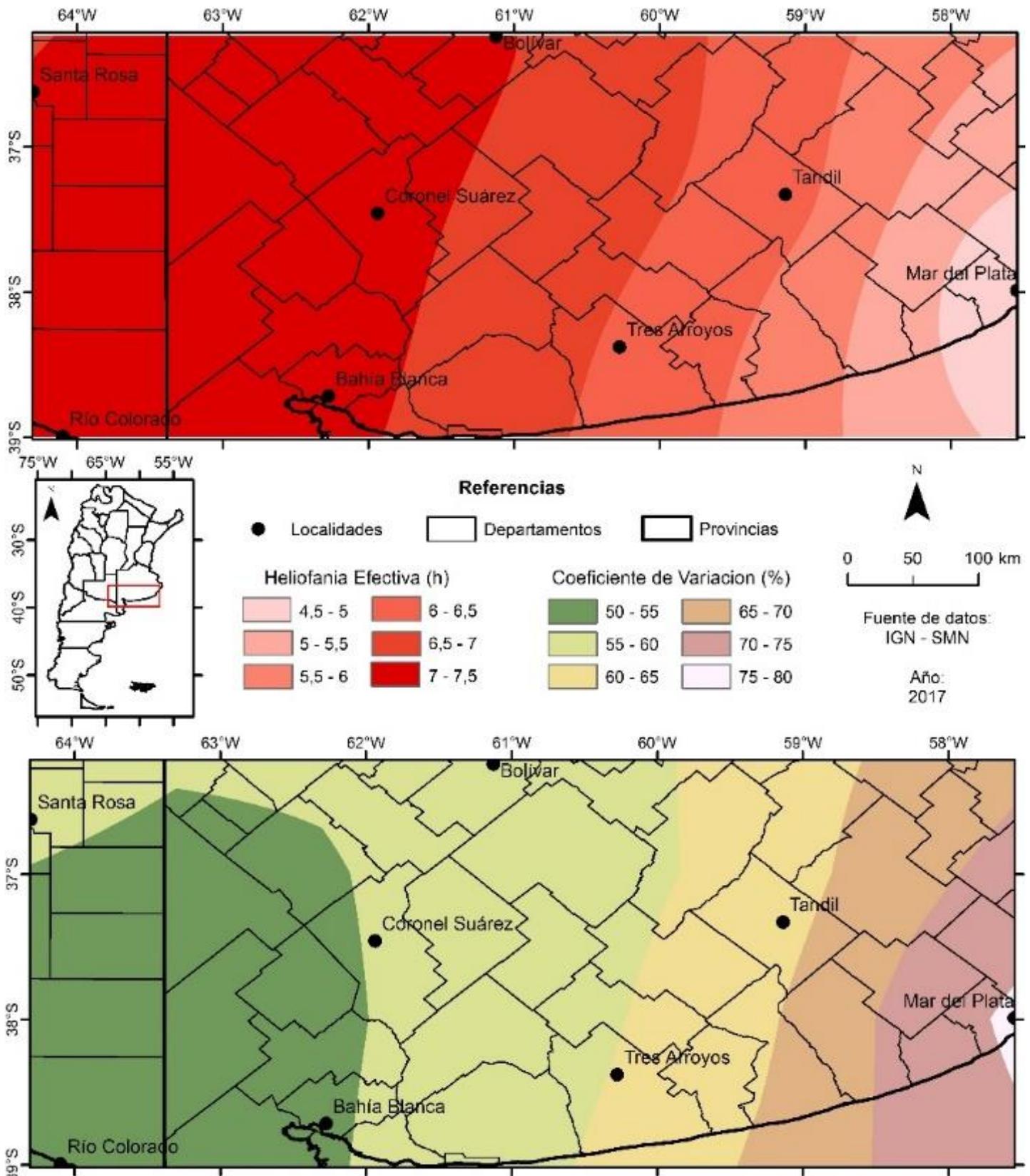
Mar del Plata presentó los menores valores medios de HE (4,5 h) y los mayores CV (%) (78,1 %), mientras que en Río Colorado la distribución fue opuesta, con los mayores valores medios de HE (7,5) y los menores valores de CV (%) (51,1 %). El gradiente hallado para la distribución de la HE en el área de estudio se corresponde con las características climáticas del área. Los climas templados con influencia oceánica, representativos de la localidad de Mar del Plata, presentan mayor frecuencia de precipitaciones y evapotranspiración potencial escasa. La cercanía al mar define, además, condiciones propicias para la formación de nieblas, principalmente de advección en invierno (Celemín 1984; Capitanelli 2008; Scian 2010; García 2013). En la medida que las masas de aire avanzan sobre el continente, se definen climas caracterizados por la escasez de precipitaciones y evapotranspiración potencial elevada. Esto supone una mayor amplitud térmica anual y menores valores de humedad relativa y nubosidad, factores determinantes en la radiación directa que alcanza la superficie (Capitanelli 2008). El clima representativo de Río Colorado se corresponde con estas características. Por su gran capacidad de absorción y reflexión de energía, las nubes son de gran importancia, ya que pueden disminuir hasta en un 80 % el aporte de radiación total (Fathey 1992; Strahler y Strahler 2000; El-Nouby Adam 2011; Sánchez et al. 2012).

La figura 5.8 muestra la distribución estacional de la HE para el período analizado: valores medios mínimos durante el invierno y valores medios máximos en verano, comportamiento típico para latitudes medias en el Hemisferio Sur (Grossi Gallegos y Righini 2007). Los porcentajes de variabilidad fueron menores en verano, lo que indica una mayor estabilidad en la radiación directa que alcanza la superficie terrestre. En la estación cálida, la variabilidad puede asociarse a la ocurrencia de tormentas de verano o el ingreso de frentes fríos desde el sur (desde la región patagónica), que suele provocar tormentas eléctricas, lluvias y chaparrones. En el semestre frío la variabilidad de la HE alcanzó los máximos valores en toda la región y principalmente en la zona costera. En invierno la HE posee una naturaleza variable debido, en parte, a la influencia de los anticiclones, puntualmente los anticiclones migratorios. Estos se asocian con distintas condiciones de tiempo en la medida en la que se trasladan (Fig. 5.6) y pueden derivar en la ocurrencia de Sudestadas, con las características lloviznas y tormentas eléctricas. Sobre las áreas continentales, en los flancos australes y occidentales de los centros de acción se presentan cielos parcialmente cubiertos o despejados y suelen ocurrir nieblas persistentes y densas (Fig. 5.6) (Celemín 1984; Escobar et al. 2004; Pizarro et al. 2007). Este comportamiento explica la mayor variabilidad de la HE en la estación fría para toda la región, resultado que coincide con lo expuesto por Grossi Gallegos et al. (2010) en el análisis de la heliofanía efectiva en Uruguay y por Jerez y Trigo (2013) y Gil et al. (2015) en el estudio de la variabilidad de las horas de insolación en la Península ibérica. Respecto de la relación de la HE con la nubosidad, Matuszko (2012) también sostiene que la nubosidad determina más la HE en la estación cálida.

En el análisis estacional, Mar del Plata presentó los menores valores medios de HE (3,2 h en invierno y 6,1 h en verano) y los mayores porcentajes de variabilidad en todas las estaciones térmicas del año, con un máximo en invierno de 92,7 %. Por otro lado, Río Colorado mostró el mayor valor medio del registro (9,8 h) y el mínimo valor de variabilidad (33,2 %), ambos en el período estival. Durante el verano, las dos ciudades presentaron una diferencia de 3,7 h en sus registros de HE. Esta diferencia fue de 2 h en otoño y de 2,4 h en invierno.

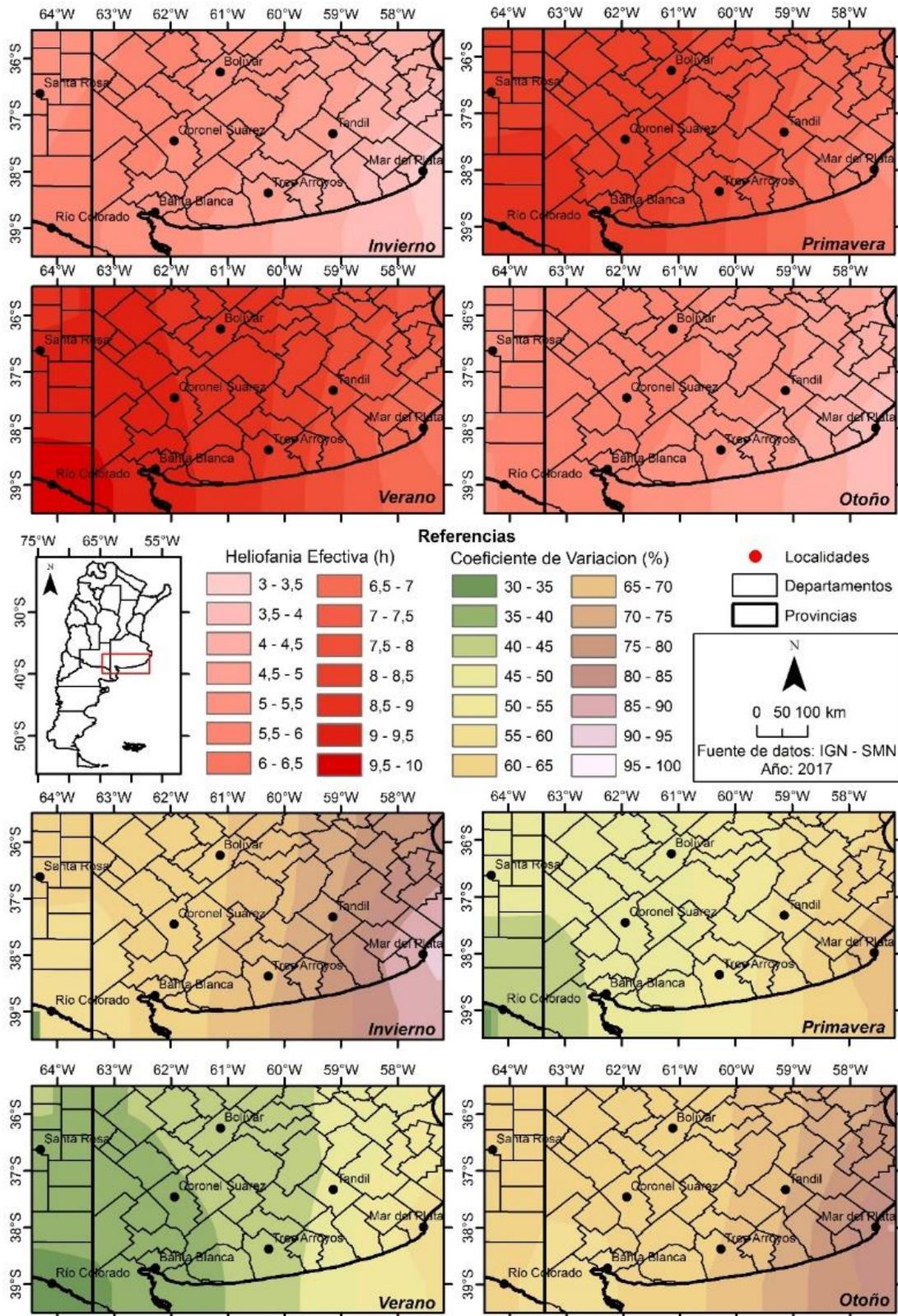
Debido a las diferencias halladas en la distribución media de la HE de ambas localidades, se realizó un análisis estadístico más detallado de sus registros anuales y estacionales, representado en gráficos de caja y bigotes (Fig. 5.9). La escala del eje vertical corresponde a las horas de HE registradas en cada estación.

Figura 5.7. Heliofanía efectiva media (h) y Coeficiente de Variación (%) para el sur de la región Pampeana (1991-2015).



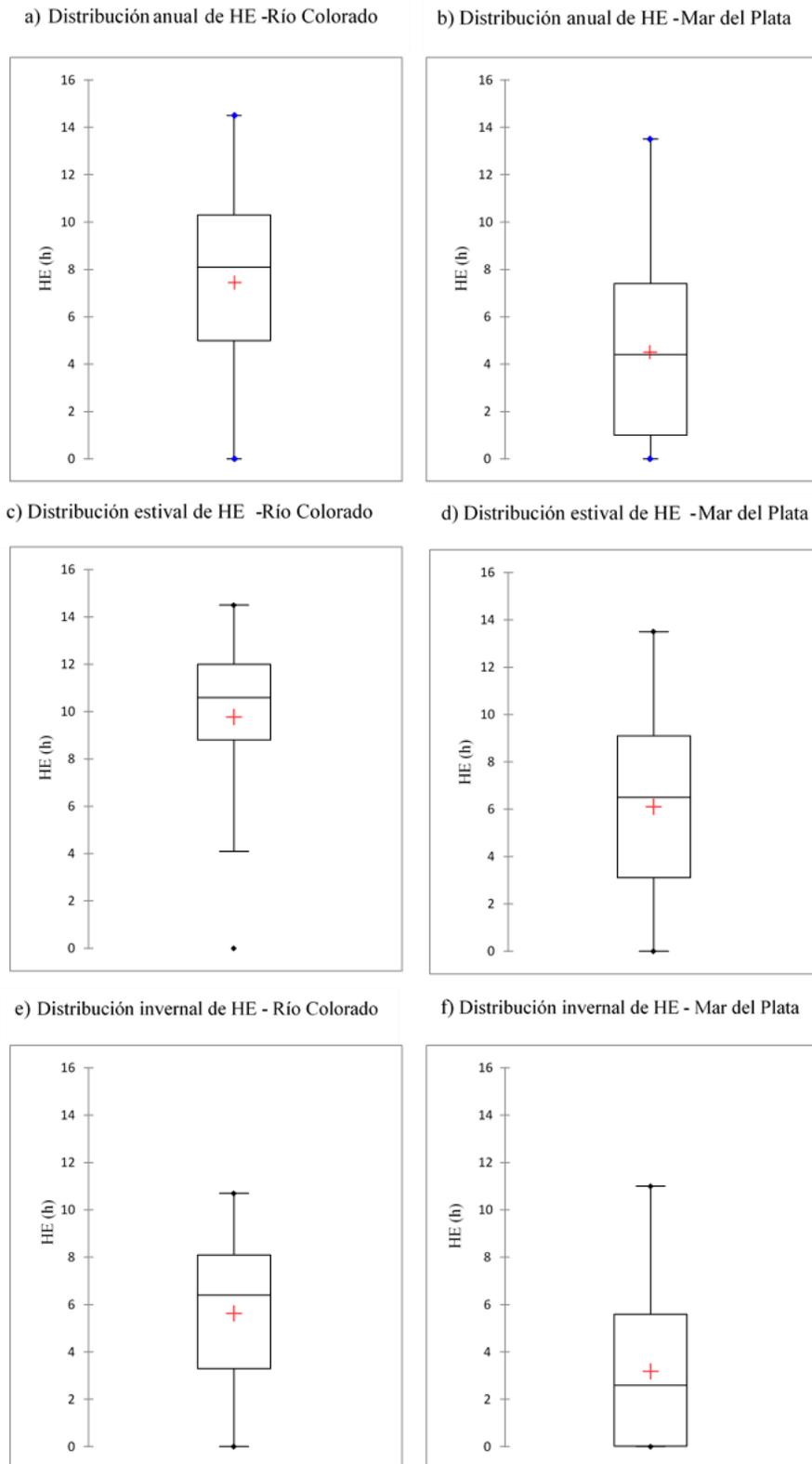
Fuente: Fernández et al. (2018b).

Figura 5.8. Valores medios y coeficientes de variación estacionales (1991-2015).



Fuente: Fernández et al. (2018b).

Figura 5.9. Distribución anual y estacional de la HE (h) para Río Colorado y Mar del Plata.



Fuente: Fernández et al. (2018b).

La figura 5.9a y 5.9b muestra que Río Colorado presentó un rango mayor de registros que Mar del Plata, con máximos de 14,5 h y 13,5 h respectivamente. En Mar del Plata (Fig. 5.9b) puede observarse un sesgo positivo (mayor dispersión en el cuarto cuartil) hacia valores de insolación más altos. Para Río Colorado (Fig.5.9a), si bien los registros de insolación tuvieron una distribución homogénea a lo largo del período analizado, se manifiesta un sesgo negativo con mayor dispersión hacia valores de HE más bajos (primer cuartil). En lo referido al análisis estacional, Río Colorado presentó mayores rangos en verano y mayores valores medios en ambas estaciones (Fig. 5.9c, Fig.5.9e). El gráfico correspondiente al verano (Fig. 5.9c) muestra que en el 95 % de los registros se superaron valores de cuatro horas de heliofanía efectiva. En la estación fría la variabilidad de la HE de Mar del Plata (Fig. 5.9f) fue levemente mayor que la de Río Colorado. Este análisis muestra la influencia de los fenómenos atmosféricos, principalmente la nubosidad, en la distribución de las horas de insolación directa del sur de la región Pampeana (y en el norte de la región Patagónica). La influencia de los centros de acción y las condiciones nubosas asociadas (Fig. 5.6) en la variabilidad espacio-temporal del recurso solar fue también expuesto por Tomson y Hansen (2010) en el norte europeo, Urban et al. (2018) en Polonia y Tarawneh y El Alfy (2017) y Tarawneh (2018) en Arabia Saudita.

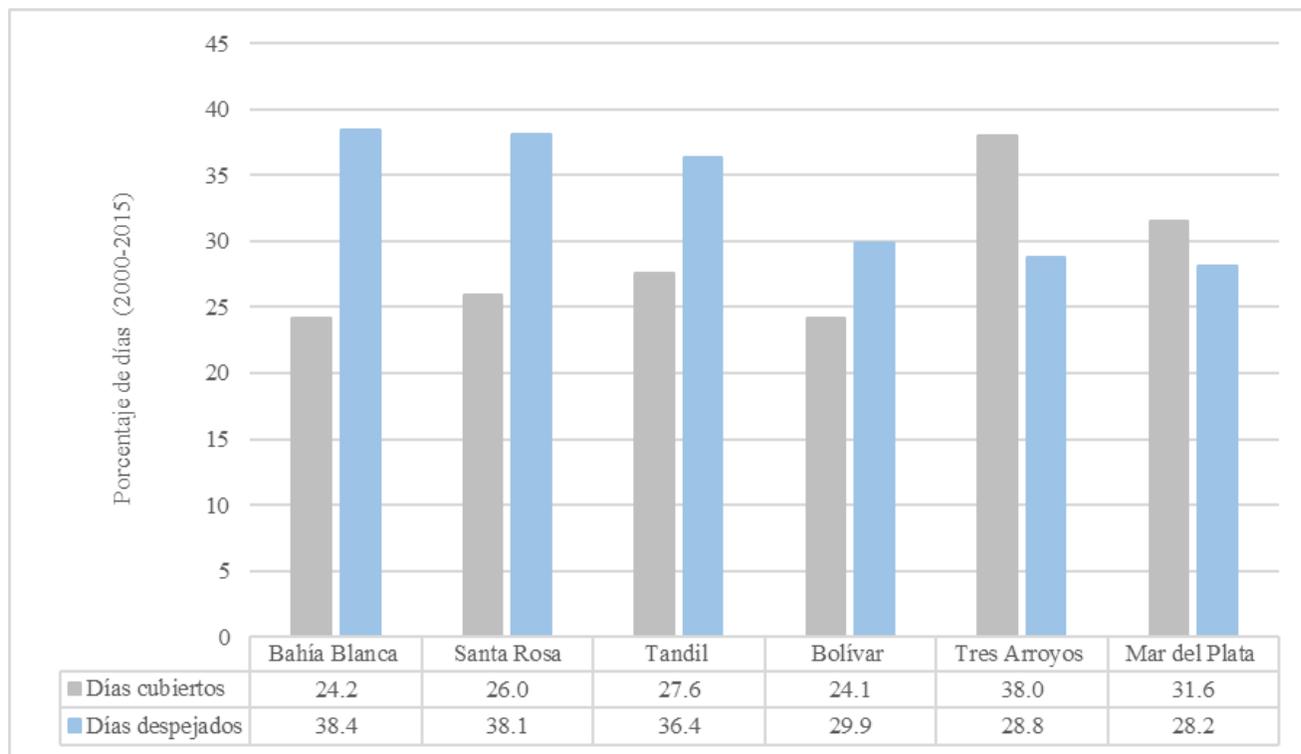
Durante el invierno austral, cuando en las costas del Río de la Plata se ubica un centro de baja presión, los desprendimientos celulares anticiclónicos provenientes del Pacífico que se hallan próximos a las costas de la Argentina ven modificada su trayectoria. En las áreas situadas en el flanco oriental de los anticiclones se producen condiciones de cielos cubiertos y precipitaciones, mientras que en el flanco austral suelen presentarse cielos despejados. En la zona occidental es común la ocurrencia de heladas persistentes y nubosidad en ascenso (Prohaska 1976; Celemín 1984; Paruelo et al. 1998). Este comportamiento atmosférico puede derivar en Sudestadas (Campo de Ferreras et al. 2004; Escobar et al. 2004; Pizarro et al. 2007; Ramos y Campo 2008). Su ocurrencia y las condiciones explican la variabilidad de la HE en las zonas costeras del área de estudio y particularmente en Mar del Plata (Fig.5.9f), que se caracteriza por manifestar una mínima dispersión de los valores de heliofanía más bajos. Las áreas continentales, en particular la ciudad de Río Colorado, ubicada en el flanco austral de los centros de acción anticiclónicos durante su trayectoria, presenta en invierno con mayor frecuencia de cielos despejados, lo que define una HE más alta y estable (Fig. 5.9e). Asimismo, suelen presentarse nieblas de radiación, principalmente en zonas bajas y valles en las primeras horas del amanecer (Celemín 1984). En verano, las distribuciones de las estaciones analizadas presentan mayor variabilidad en los valores de HE más bajos, lo que muestra la influencia de las tormentas de verano en la insolación de la región. Estas aparecen en jornadas con temperaturas altas y elevados puntos de rocío, lo que favorece la condensación en la baja atmósfera.

5.2.1. Heliofanía efectiva y nubosidad: comportamiento en el sur de la región Pampeana argentina

Las nubes poseen directa influencia sobre la radiación recibida (Badescu 2002; Power y Mills 2005b; Bosch et al. 2013; Bosch y Kleissl 2013; Perez et al. 2016; Tzoumanikas et al. 2016; Nikitidou et al. 2017; WMO 2017; Urban et al. 2018). El rendimiento de los paneles fotovoltaicos se ve influenciado por la ocurrencia de días cubiertos (Pareja Aparicio 2015). Fernández et al. (2015) vincularon la radiación en superficie para Bahía Blanca con los registros de coberturas nubosas y concluyeron que en término medio entre un día despejado y un día con cielo cubierto hay un 35 % de diferencia en la radiación solar global recibida. Es por ello que se analizaron los registros de HE y nubosidad de las localidades de Santa Rosa, Tres Arroyos, Tandil, Mar del Plata, Bolívar y Bahía Blanca para el período 2000-2015. La figura 5.10 muestra la frecuencia relativa (expresada en porcentaje) de días cubiertos (nubosidad ≥ 6 octavos) y días claros (nubosidad ≤ 2 octavos) para todo el período analizado. Puede observarse que Tres Arroyos y Mar del Plata poseen los mayores valores de días cubiertos (38 % y 31,6 % respectivamente) y los menores de cielos despejados (28,8 % y 28,2 % respectivamente). Por otra parte, Bahía Blanca y Santa Rosa registraron mayor cantidad de días despejados (38,4 % y 38,1 % respectivamente). Bolívar y Tandil mostraron un 29,9 % y 36,4% de días despejados respectivamente. La distribución espacial de los porcentajes de cielos cubiertos y despejados coincide con el gradiente regional este-oeste de la HE que se observa en la figura 5.7. Los

mayores porcentajes de cielos despejados se hallan en las localidades emplazadas al oeste del sector sur de la región pampeana y disminuyen en sentido oeste-este.

Figura 5.10. Frecuencia relativa (%) de días cubiertos y despejados para el período 2000-2015.

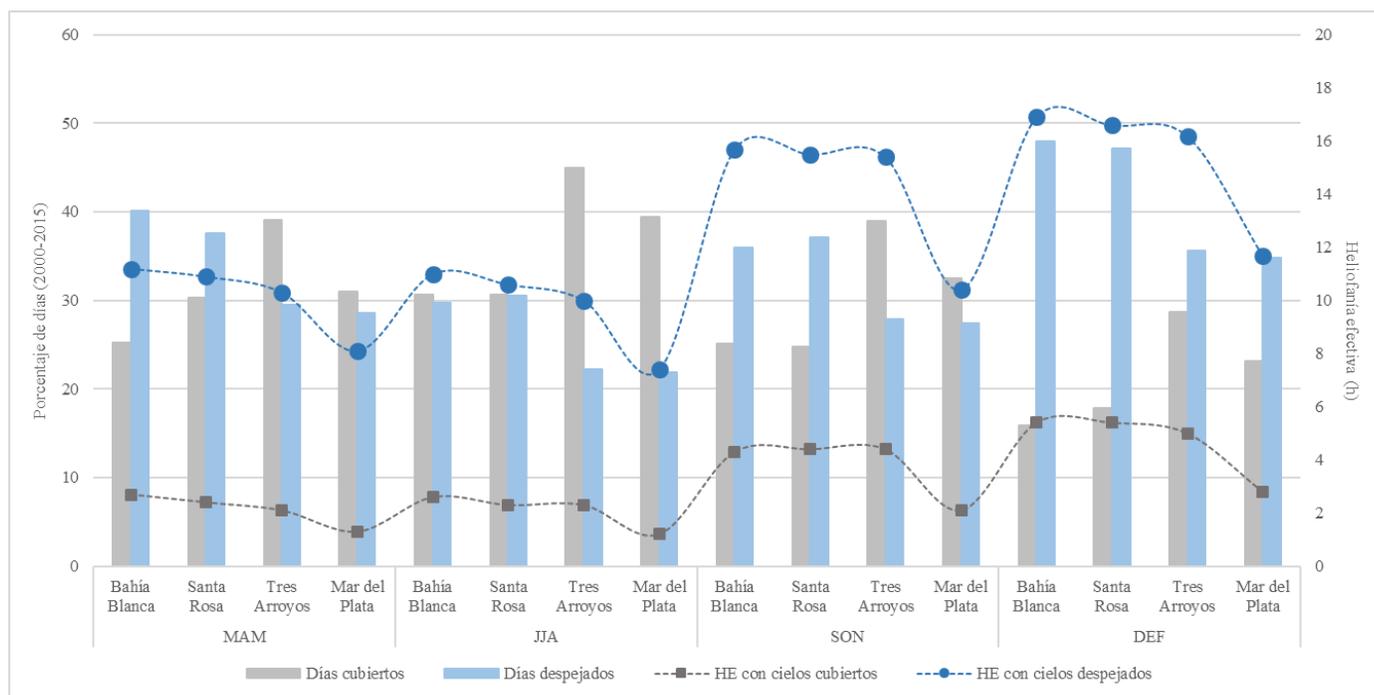


Fuente: Fernández et al. (2018b).

La figura 5.11 muestra los resultados del análisis de los registros estacionales de nubosidad y los correspondientes valores medios de HE. Se observa que los días cubiertos fueron mayores durante la estación fría (Matuszko 2012). En todas las estaciones térmicas, a excepción del invierno (por escasa diferencia), Santa Rosa y Bahía Blanca presentaron mayor porcentaje de días claros que cubiertos, principalmente en el verano. En zonas costeras, las brisas marinas usualmente se asocian con la cobertura nubosa (Power y Mills 2005b). Como se mencionó previamente, a pesar de su localización costera, la circulación atmosférica regional imprime a Bahía Blanca características de clima continental. Tres Arroyos y Mar del Plata mostraron un mayor porcentaje de días cubiertos en todas las estaciones, excepto en verano. Se registró una diferencia de cinco a siete horas en la HE de días cubiertos y de días claros. Bahía Blanca y Santa Rosa presentaron los mayores valores de insolación, con más de once horas de registro en los días claros de la estación cálida. Tanto en días claros como cubiertos, Mar del Plata registró los menores valores de HE en todas las estaciones del año. Si bien los registros de nubosidad se asemejan a los correspondientes a la localidad de Tres Arroyos es de destacar que la heliofanía en esta localidad posee un comportamiento disímil con respecto al resto de los registros. Aún en verano, cuando el porcentaje de días claros es mayor que el de días cubiertos, la insolación registrada es más de dos horas inferior a la recibida en Tres Arroyos. Es de suponer que otros factores de carácter local, relacionados con la ocurrencia de fenómenos como brumas y nieblas, inciden en la distribución de la variable en la localidad. Al respecto, García (2013) afirma que en Mar del Plata se registran 61 días al año con niebla y las estadísticas climatológicas de los decenios 1991-2000 y 2001-2010 (Servicio Meteorológico Nacional 2003, 2011) indican que el número medio de días con niebla es casi tres veces superior en Mar del Plata que en la ciudad de Tres Arroyos. Las nieblas de advección son comunes en las zonas costeras, donde suelen ser densas y persistentes. La frecuencia de ocurrencia de nieblas en la ciudad puede explicar la distribución de las horas de brillo solar en la localidad. Por ser una

de las principales zonas agroproductoras de la Argentina y con más del 90 % de la población localizada en asentamientos urbanos, la producción fotovoltaica de electricidad en la región Pampeana constituye una herramienta básica de sostenibilidad y optimización energética. El estudio realizado es una instancia importante en el análisis del clima solar de la región a fin de determinar la potencialidad del aprovechamiento energético de este recurso. El gradiente este-oeste hallado en la distribución de la radiación es un factor a tener en cuenta en la toma de decisiones en materia energética. La radiación solar en la región manifestó una clara vinculación con las situaciones sinópticas más frecuentes y registros de coberturas nubosas. Por otro lado, se verificó que la variabilidad de las precipitaciones que caracterizan a la región y que se traducen en recurrencia de sequías e inundaciones en el suroeste bonaerense influye en la distribución espacio-temporal del recurso solar.

Figura 5.11. Porcentajes de días con cielos cubiertos y despejados y distribución de la HE para Santa Rosa, Bahía Blanca, Mar del Plata y Tres Arroyos.



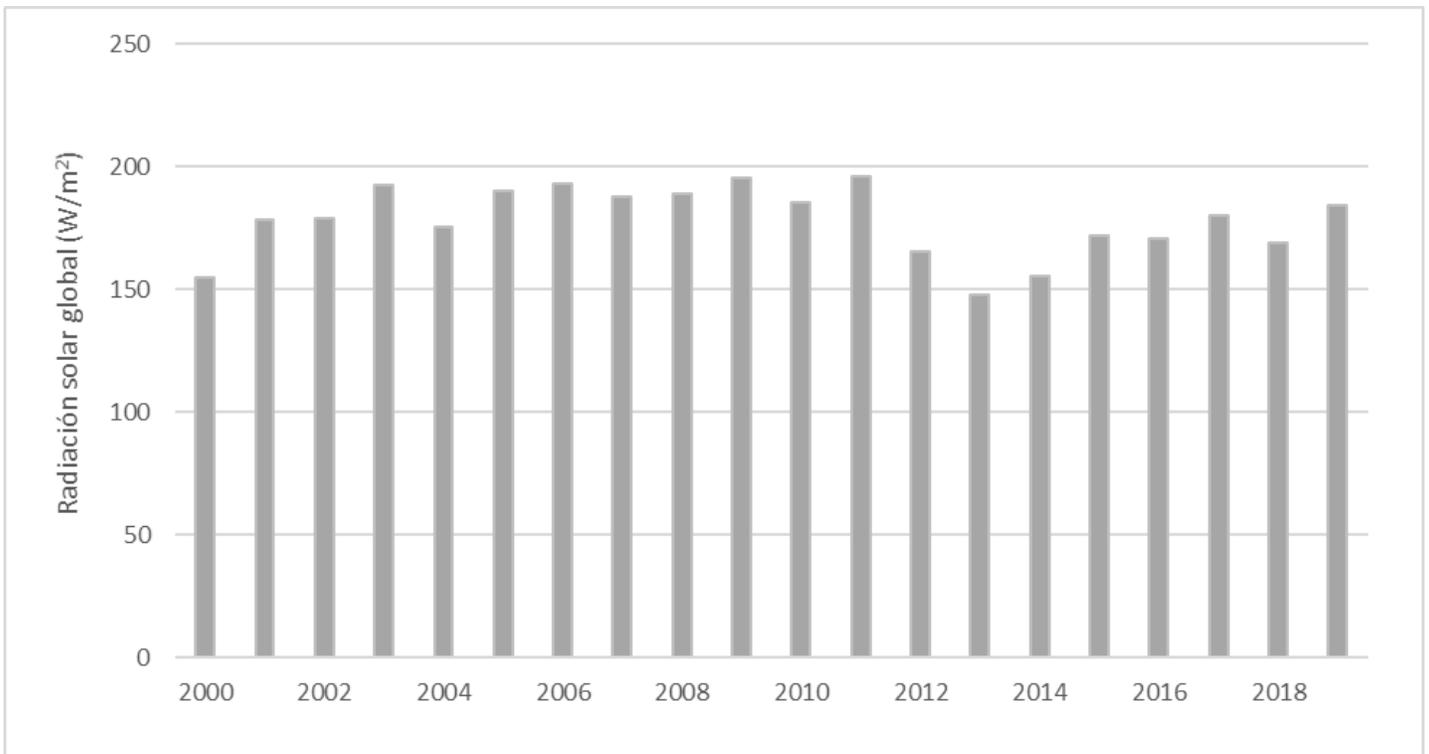
Fuente: Fernández et al. (2018b).

6. LA RADIACIÓN SOLAR A ESCALA LOCAL: BAHÍA BLANCA

6.1. Radiación solar global: variabilidad temporal, factores e interacciones con elementos climáticos

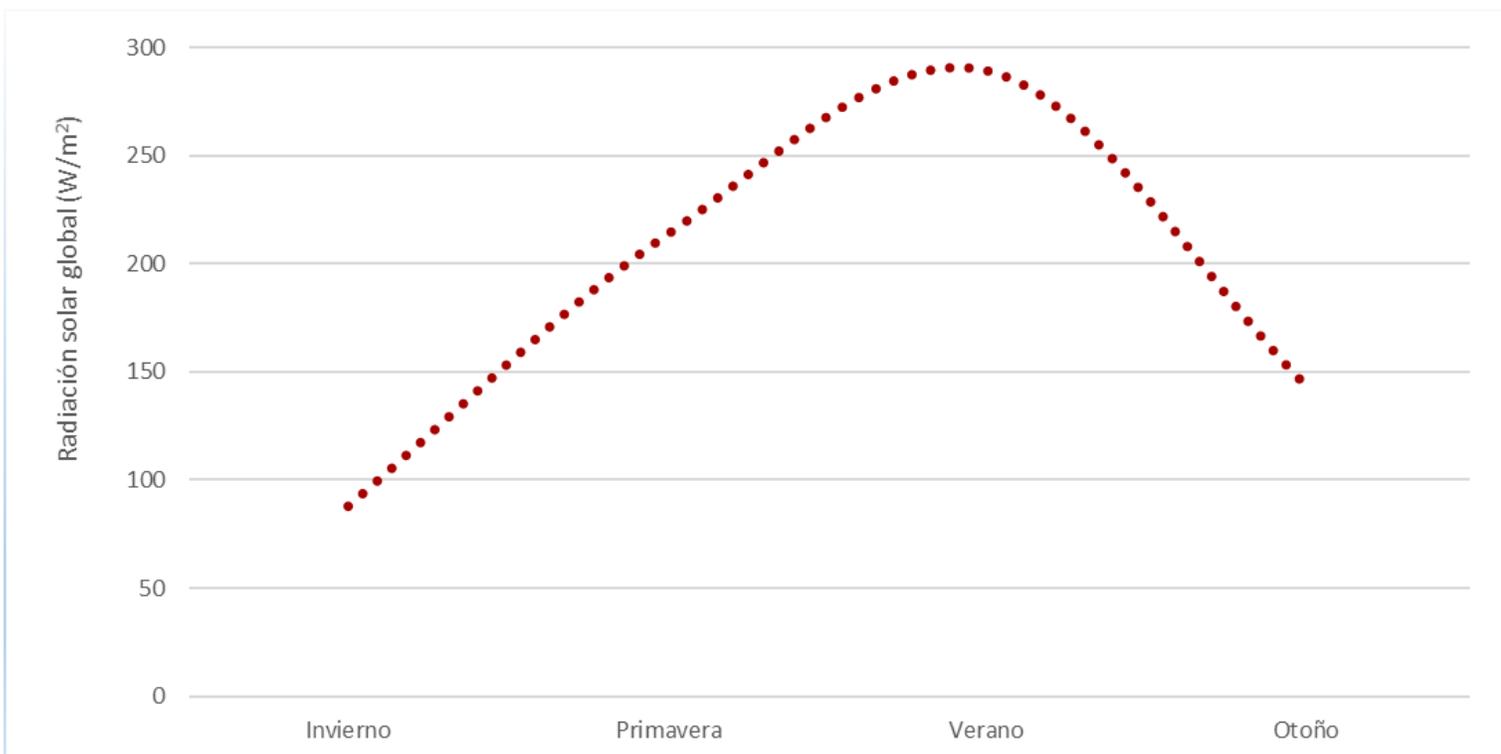
El valor medio de RSG en Bahía Blanca entre los años 2000 y 2019 fue de $179,09 \text{ W/m}^2$. El máximo valor medio (verano) fue de $288,7 \text{ W/m}^2$ y el mínimo valor medio (invierno) fue de $88,0 \text{ W/m}^2$. En primavera y en otoño se hallaron promedios de $213,8 \text{ W/m}^2$ y $141,9 \text{ W/m}^2$ respectivamente. La figura 6.1 muestra que la RSG posee una variabilidad interanual de $41,28 \text{ W/m}^2$. El valor anual medio mínimo corresponde al año 2000 con $154,7 \text{ W/m}^2$ y el máximo al año 2011 con $195,99 \text{ W/m}^2$. El comportamiento estacional de la radiación solar global en Bahía Blanca muestra un máximo valor medio en verano (enero, febrero, marzo) con $288,7 \text{ W/m}^2$ y un mínimo en invierno (junio, julio y agosto) con $88,0 \text{ W/m}^2$. En primavera y en otoño se hallaron promedios de $213,8 \text{ W/m}^2$ y $141,9 \text{ W/m}^2$ respectivamente (Fig. 6.2).

Figura 6.1. Distribución interanual de la RSG para Bahía Blanca.



Fuente: Fernández (2020).

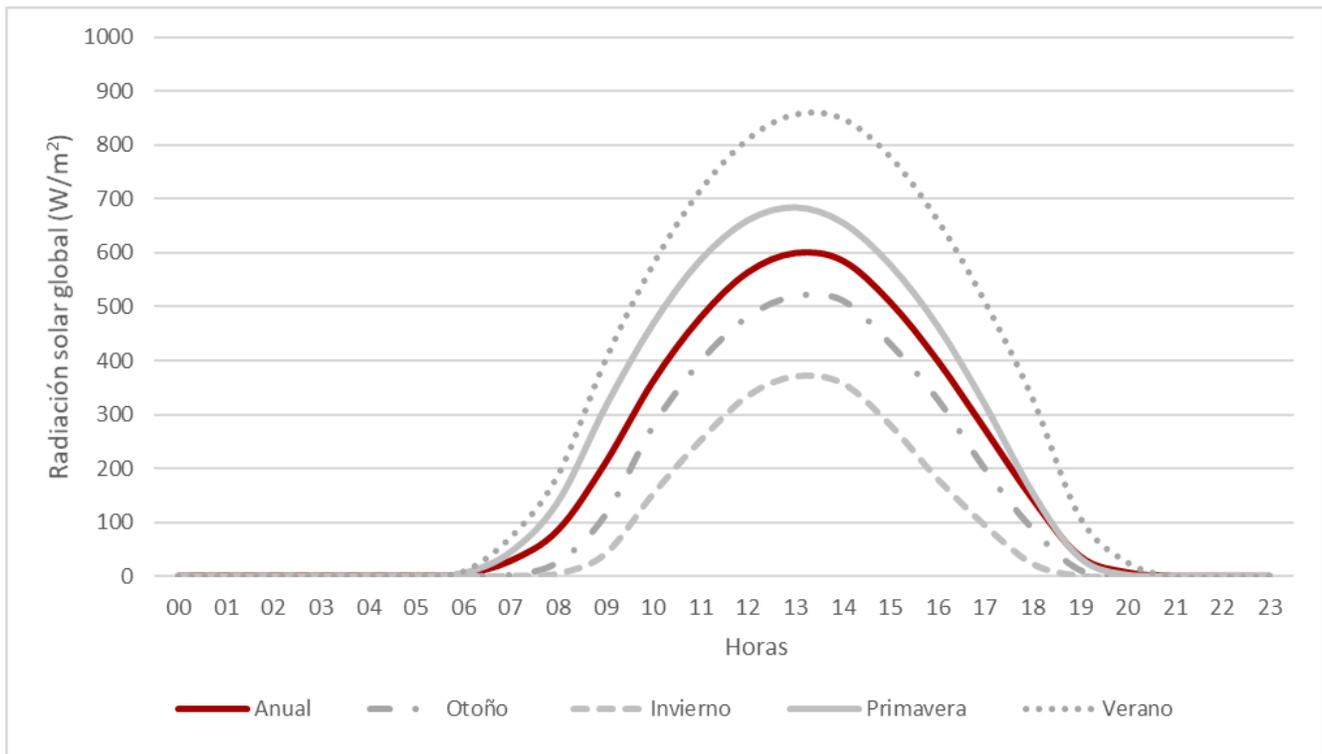
Figura 6.2. Comportamiento estacional de la RSG para Bahía Blanca para el período 2000-2019.



Fuente: Fernández (2020).

La figura 6.3 muestra el comportamiento radiativo medio a lo largo del día para el período de estudio. En todas las estaciones térmicas la radiación solar global crece uniformemente desde la salida del Sol a lo largo del día, alcanzando su máximo alrededor de 13:00 h (el hecho de que el mediodía solar sea a las 13:00 obedece a que el huso horario de la Argentina es -3 UTC, aunque el país se halla ubicado en la zona horaria -4 UTC). Durante el verano se alcanzan valores máximos diarios medios de 857,7 W/m². Durante el invierno el valor máximo diario medio de RSG es de 372,2 W/m².

Figura 6.3 Comportamiento radiativo diario medio (2000-2019).



Fuente: Fernández (2020).

La tabla 6.1 muestra la frecuencia de días despejados, parcialmente nublados y cubiertos para el período de estudio y los valores medios de radiación. En Bahía Blanca fueron más frecuentes los días claros, con un porcentaje de ocurrencia del 34,9 %. Esto coincide con lo expuesto por investigaciones previas referidas a las coberturas nubosas en Bahía Blanca y en el sur de la provincia de Buenos Aires (Fernández et al. 2015, 2018b). Mientras que los cielos despejados fueron más frecuentes en otoño y en verano, los cielos cubiertos lo fueron en primavera y en invierno, con porcentajes de 35,7 y 37 respectivamente. Los días con cielos claros registraron un valor medio anual de radiación solar de 363,5 W/m², mientras que los cielos cubiertos un valor de 173,3 W/m², lo que implica reducciones anuales de un 52,3 % entre ambos registros. En la tabla se muestra que entre días con cielos claros y días con cielos cubiertos se observaron reducciones de entre un 38,9 % en verano y 55,34 % en otoño.

Tabla 6.1. Frecuencia de días despejados, parcialmente nublados y cubiertos (calculados a partir de observaciones diurnas) y sus efectos sobre la radiación solar global recibida para el período 2000-2019.

| | Cielo claro (0-2 octas) | | Cielo semicubierto (3-5 octas) | | Cielo cubierto (6-8 octas) | |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Número de días (%) | Valor de radiación promedio | Número de días (%) | Valor de radiación promedio | Número de días (%) | Valor de radiación promedio |
| | | (W/m ²) | | (W/m ²) | | (W/m ²) |
| Invierno | 29,1 | 182,0 | 34,0 | 148,7 | 37,0 | 93,8 |
| Primavera | 29,2 | 430,6 | 35,1 | 383,4 | 35,7 | 217,6 |
| Verano | 44,6 | 523,0 | 35,2 | 457,8 | 20,2 | 319,4 |
| Otoño | 39,3 | 295,8 | 31,5 | 238,3 | 29,1 | 132,1 |
| Todo el período | 34,9 | 363,5 | 33,9 | 301,4 | 31,1 | 173,3 |

Fuente: Fernández (2020).

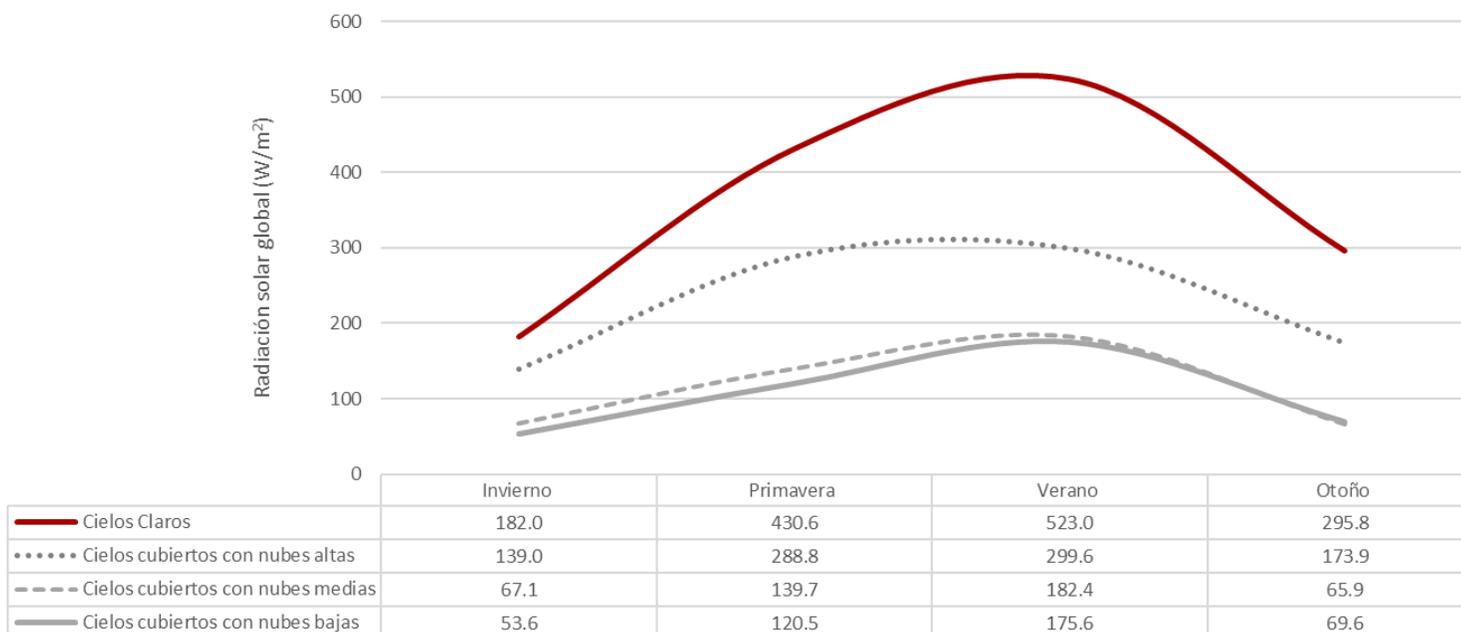
Se seleccionaron los registros de 8 octas de nubes altas, nubes medias y nubes bajas a los efectos de conocer su capacidad de reducción respecto a la radiación solar global incidente. En el período analizado se registraron nubes altas de los géneros Cirrus (Ci), Cirrocúmulus (Cc) y Cirrostratus (Cs); medias de los géneros Altocúmulus (Ac) y Altostratus (As) y bajas de los géneros Stratocúmulus (Sc), Stratus (St), Cúmulus (Cu) y Cúmulonimbus (Cb) (Cohn 2017). En la tabla 6.2 se muestra los porcentajes de ocurrencia de cada género según estación. Las nubes altas del género Ci son las más frecuentes en la ciudad en todas las estaciones del año, seguido por las Cs y su combinación. En lo que respecta a las nubes medias, se manifestó una preponderancia de As en todas las estaciones. Sc y St son los géneros de nubes bajas más frecuentes en la ciudad. Las Cb se asocian a procesos convectivos y tormentas eléctricas propias de la estación estival que generan precipitaciones en la región (Zapperi et al. 2007) y presentaron mayor porcentaje de ocurrencia en el verano. Cabe señalar que los géneros registrados con más frecuencia en Bahía Blanca coinciden con los vinculados a los anticiclones migratorios en su recorrido (Fig. 5.6), principalmente los Sc. La figura 6.4 muestra la distribución estacional de la radiación solar en días claros y en días cubiertos. Las nubes bajas y medias son aquellas que mayor capacidad de reducción poseen, con 71,4 % y 68,4 % de reducción en todo el período respectivamente. Para ambos tipos de nube, las reducciones se hacen máximas en las estaciones intermedias. Las nubes altas son las más transparentes respecto a la radiación solar, con reducciones de 35,1 %.

Tabla 6.2. Ocurrencia (%) de géneros nubosos según estación en Bahía Blanca para el período 2000-2019.

| | | Invierno | Primavera | Verano | Otoño |
|--------------|-------|----------|-----------|--------|-------|
| Nubes altas | CC | 0,5 | 1,2 | 0,7 | 1,0 |
| | CI | 58,5 | 61,9 | 67,8 | 60,7 |
| | CI/CS | 16,6 | 18,8 | 15,8 | 20,4 |
| | CS | 24,4 | 18,0 | 15,8 | 17,9 |
| Nubes medias | AC | 92,2 | 91,1 | 95,9 | 89,0 |
| | AS | 7,8 | 8,9 | 4,1 | 11,0 |
| Nubes bajas | CB | 1,7 | 8,0 | 18,7 | 4,9 |
| | CU | 2,8 | 15,3 | 23,7 | 11,6 |
| | CU/SC | 2,0 | 3,6 | 4,6 | 1,8 |
| | CU/ST | 0,9 | 1,0 | 0,5 | 1,0 |
| | SC | 54,0 | 45,9 | 41,2 | 55,4 |
| | ST | 38,6 | 26,2 | 11,4 | 25,4 |

Fuente: Fernández (2020)

Figura 6.4. Distribución estacional de la radiación solar global (W/m^2) en días claros y en días cubiertos (2000-2019).



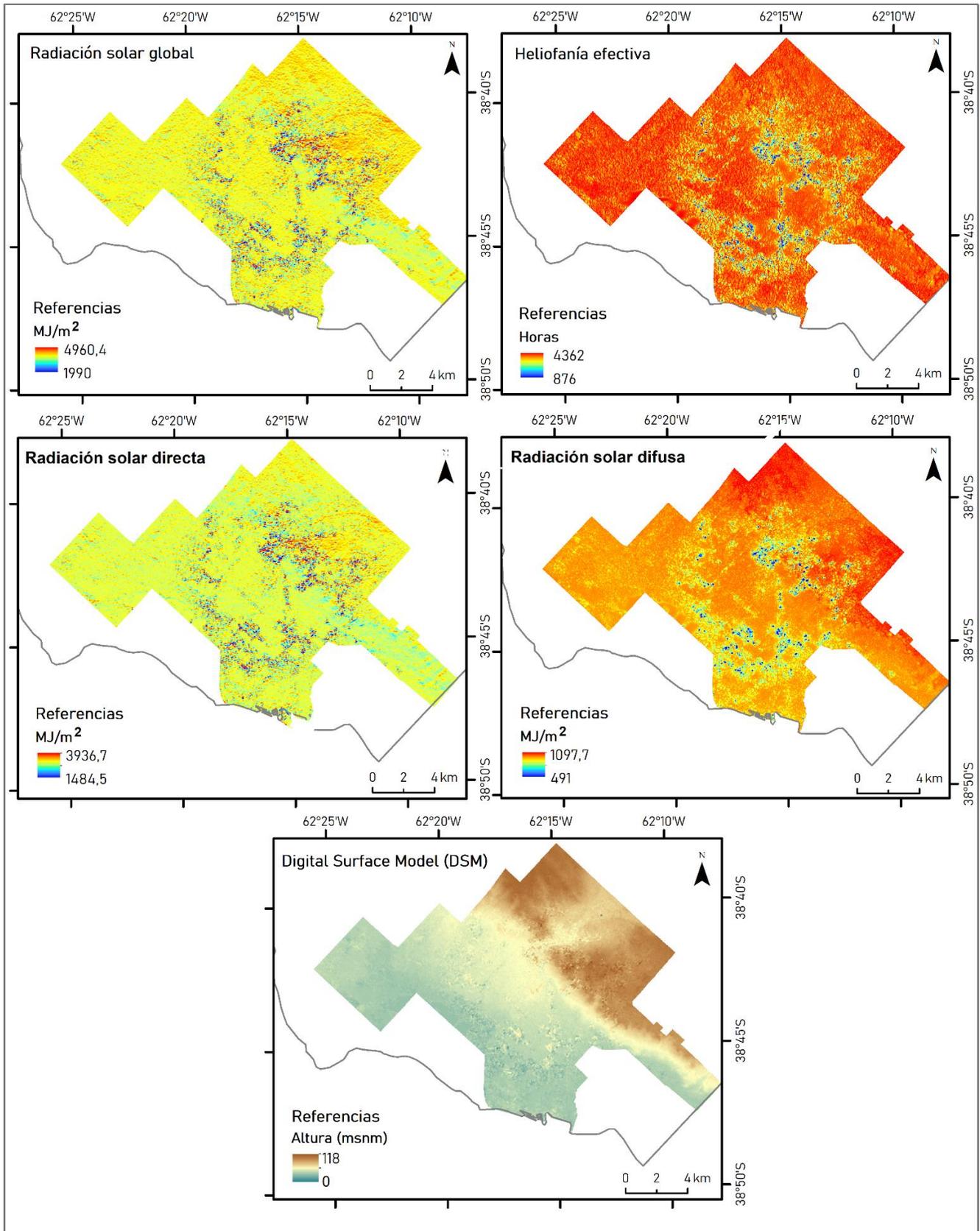
Fuente: Fernández (2020).

7. RADIACIÓN SOLAR GLOBAL: FACTORES E INTERACCIONES CON ELEMENTOS ANTROPOGÉNICOS

7.1. Radiación solar como recurso. Distribución espacio-temporal en Bahía Blanca

La irrupción de grandes áreas de sombra sobre edificaciones bajas como consecuencia de la verticalización edilicia ha interrumpido el acceso al recurso solar en los centros urbanos, con efectos directos sobre el clima, el confort y la calidad de vida de los habitantes. En esta sección se analizará la distribución espacial de la radiación solar en la ciudad de Bahía Blanca a escala local y microlocal, con especial hincapié en la influencia de la estructura urbana en su distribución. La figura 7.1 muestra la distribución espacial de la HE y de la radiación solar global, difusa y directa en la ciudad (valores anuales acumulados, año 2018). En primer término, se observa la existencia de un gradiente descendente de los valores radiativos en sentido noreste-suroeste, que se corresponde con el factor altitudinal. Las zonas elevadas ubicadas al noreste de la ciudad presentan valores de radiación más elevados que la planicie baja cercanas a la costa. Por otra parte, se manifiesta la influencia de la estructura urbana en el patrón radiativo. Los valores mínimos de radiación en Bahía Blanca se localizan en el sector central, por lo que puede deducirse que las sombras proyectadas por los edificios definen el acceso al Sol donde la edificación es más compacta y adquiere mayores niveles de verticalización. En este sentido, se verifica que el acceso al Sol como recurso (para su aprovechamiento energético, disfrute y elemento fundamental para la salud y el confort) se ve afectado en la ciudad y que la estructura urbana es uno de los principales elementos que influyen en su variabilidad espacial a escala local.

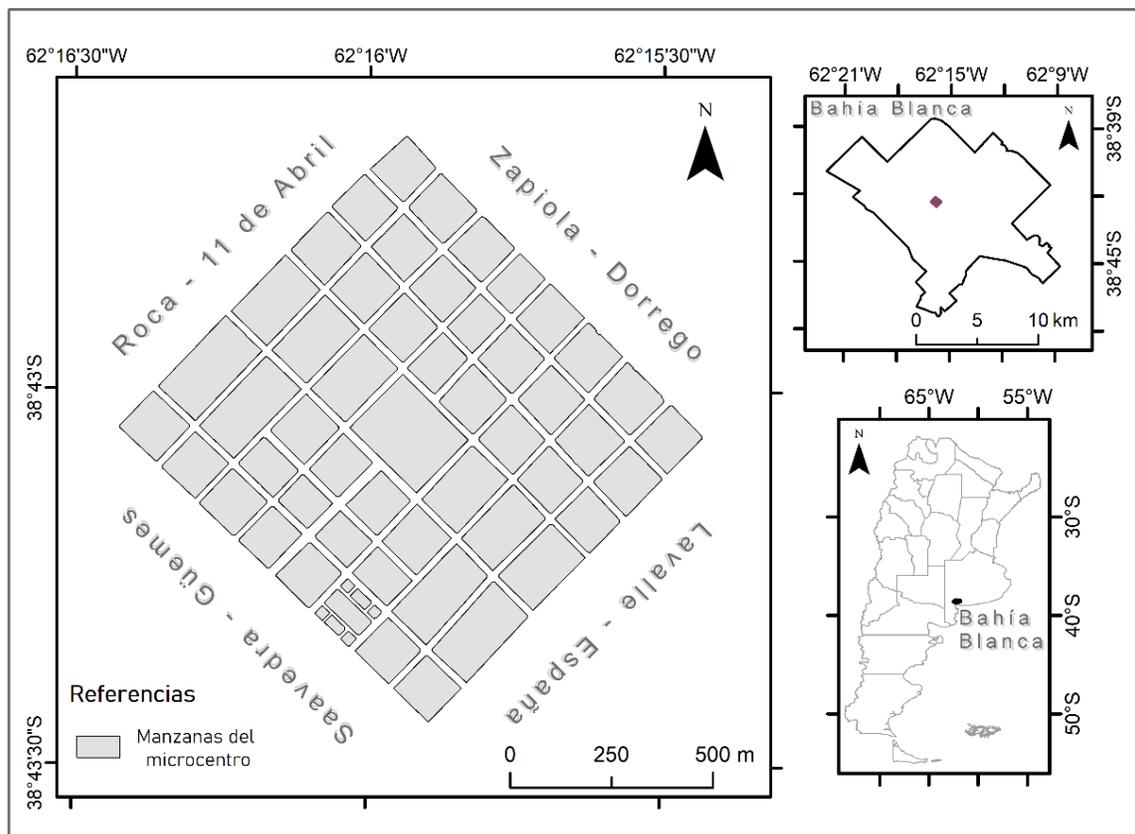
Figura 7.1. Distribución espacial de la radiación solar en la ciudad de Bahía Blanca.



Fuente: Fernández (2020).

Debido a que la estructura urbana posee directa incidencia en la radiación solar en la ciudad y es la zona central de la ciudad la que presenta la mayor variabilidad en la distribución de la variable, se analizaron diversas características de la estructura del microcentro (Fig. 7.2).

Figura 7.2. El microcentro de Bahía Blanca.

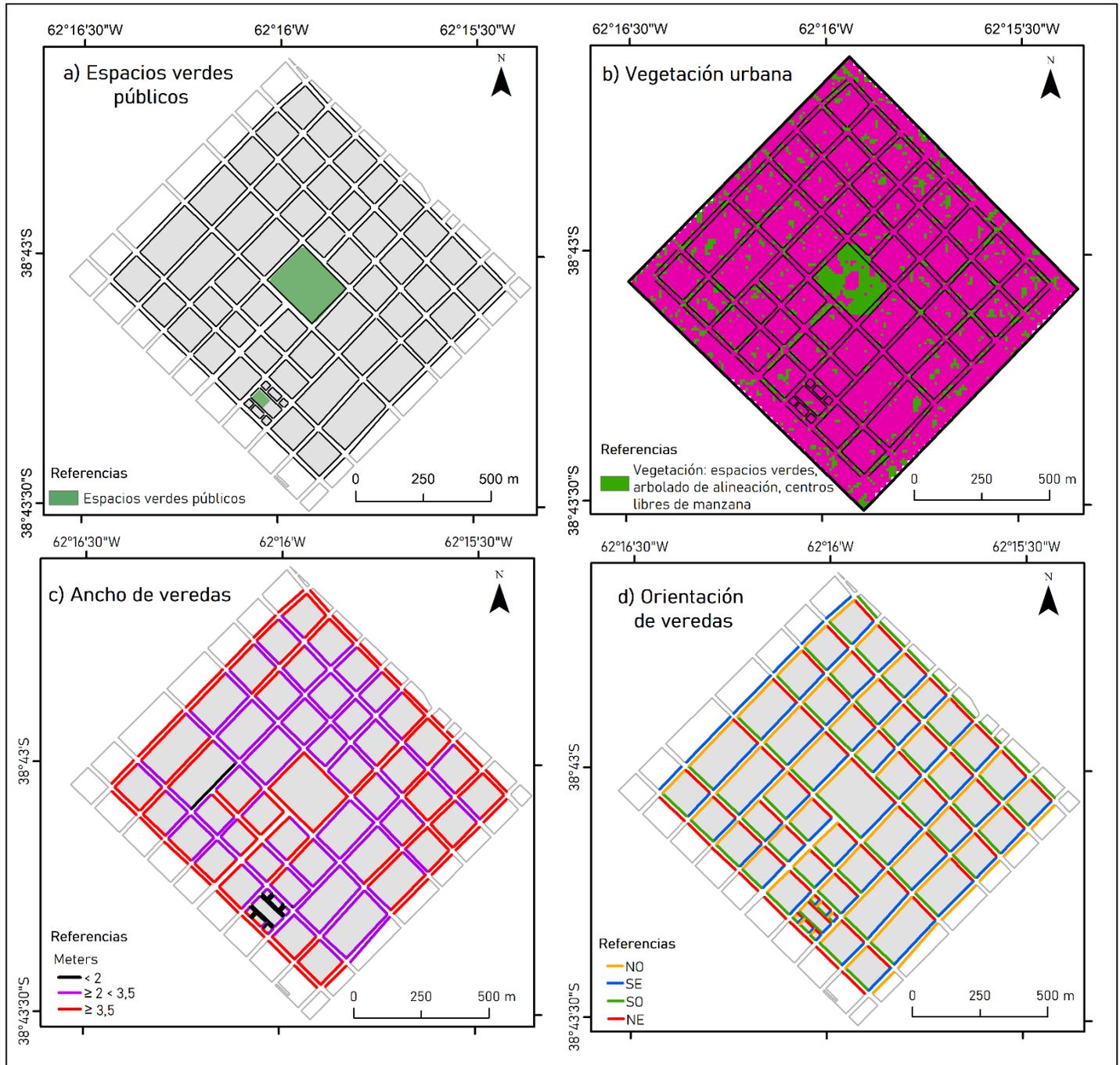


Fuente: Fernández (2020).

La figura 7.3 muestra la distribución espacial de algunos de los principales descriptores morfológicos urbanos que poseen influencia en la radiación. La vegetación urbana se concentra fundamentalmente en los espacios verdes del área, así como también en las veredas (arbolado de alineación) y en los centros de manzana. En la ciudad los ejemplares arbóreos permitidos en veredas dependen fundamentalmente del ancho de la misma (Fig. 7.3). Al respecto, la Ordenanza Municipal N° 16859 (Municipalidad de Bahía Blanca 2012) define que en las veredas de anchos mayores o iguales a 2 metros y menores a 3,5 metros las especies a implantar serán de tercera magnitud (hasta 10 metros), mientras que en aquellas de más de 3,5 metros de ancho las especies a implantar serán de primera (más de 20 metros) y segunda magnitud (10 a 20 metros de altura) (Duval y Benedetti 2017). Debido a que la magnitud de la especie define la altura que alcanzará el ejemplar arbóreo en la edad adulta (y por lo tanto la sombra que proyectará), los anchos de veredas son un factor de interés en el análisis de la radiación a escala microlocal. La figura 7.3 muestra que gran parte de las veredas del microcentro poseen un ancho inferior a 3,5 metros. Asimismo, al comparar los mapas de la figura 7.3 se observa que el arbolado de alineación se desarrolla fundamentalmente en las veredas más anchas y alrededor de la plaza central, donde la variable solar se verá directamente afectada por su sombra. Además, se analizó la orientación de la trama urbana (Fig. 7.3), es decir, la consiguiente disposición del parque edificado respecto a los puntos cardinales. En la figura 7.3 se identifican las fachadas orientadas al noroeste y noreste, que poseen mayor posibilidad de exposición a los rayos directos del Sol y mayor grado de incidencia en el balance térmico de los edificios y en el confort de los transeúntes de acuerdo a la estación del año. Por su forma de damero, la

trama urbana del microcentro de Bahía Blanca posee fachadas edilicias con orientaciones noreste, noroeste, suroeste y sureste.

Figura 7.3. a) Espacios verdes públicos, b) vegetación urbana c) ancho y d) orientación de veredas en el microcentro.

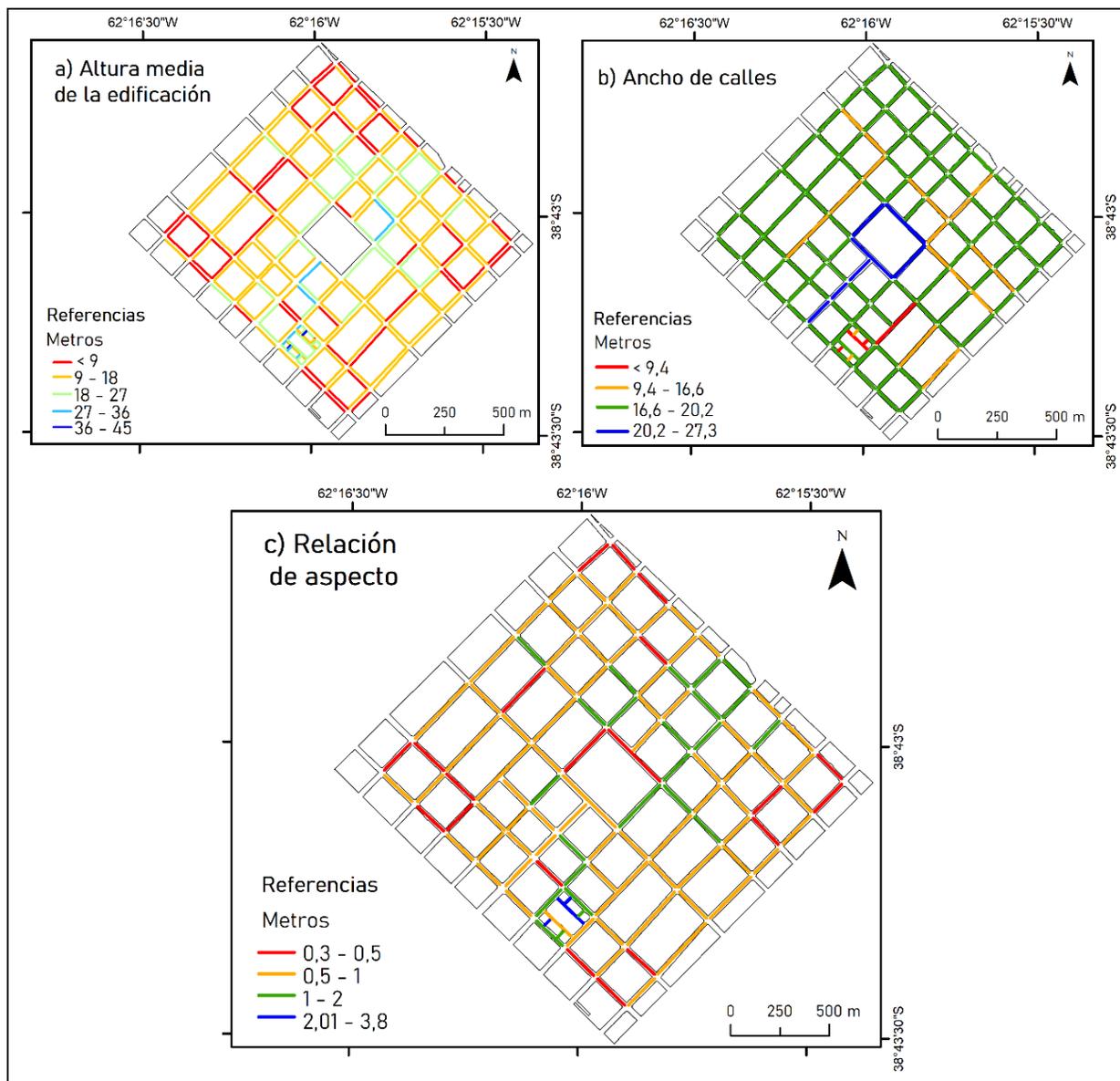


Fuente: Fernández (2020).

Por otro lado, se analizó la altura de los edificios, el ancho de las calles (extensión de ambas aceras y la calzada) y la relación existente entre ambos parámetros (relación de aspecto). La figura 7.4 muestra que la altura media de la edificación en el microcentro oscila entre los 5,33 metros y alcanza los 45 metros de altura. En la mayor parte de las cuadras del microcentro la altura media de la edificación es entre 9 y 18 metros. Las mayores alturas se registran en las cercanías de la plaza central, con alturas de hasta 36 metros. El ancho de las calles define la proximidad física entre dos edificaciones enfrentadas. Las

calles del microcentro presentan un ancho variable: menos de 10 metros en los sectores más angostos y más de 27 metros en los más anchos. Las calles más anchas se observan alrededor de la plaza central, la mayor parte de las calles tienen anchos de entre 9 m y 20,2 m. Los dos parámetros anteriores también fueron considerados juntos, sintetizados en la relación de aspecto (*aspect ratio*) de los cañones urbanos. Se calculó la relación de aspecto media para cada una de las cuadras (Fig. 7.4), ya que dicho parámetro define en gran parte la cantidad de energía recibida por los edificios y al nivel del suelo. En la medida que la relación de aspecto de los cañones urbanos disminuye, la cantidad de energía recibida a nivel de suelo aumenta. Se hallaron cañones urbanos poco profundos (relación de aspecto < 1), uniformes (relación de aspecto cercano a 1) y profundos (relación de aspecto > 2) (Shishegar 2013).

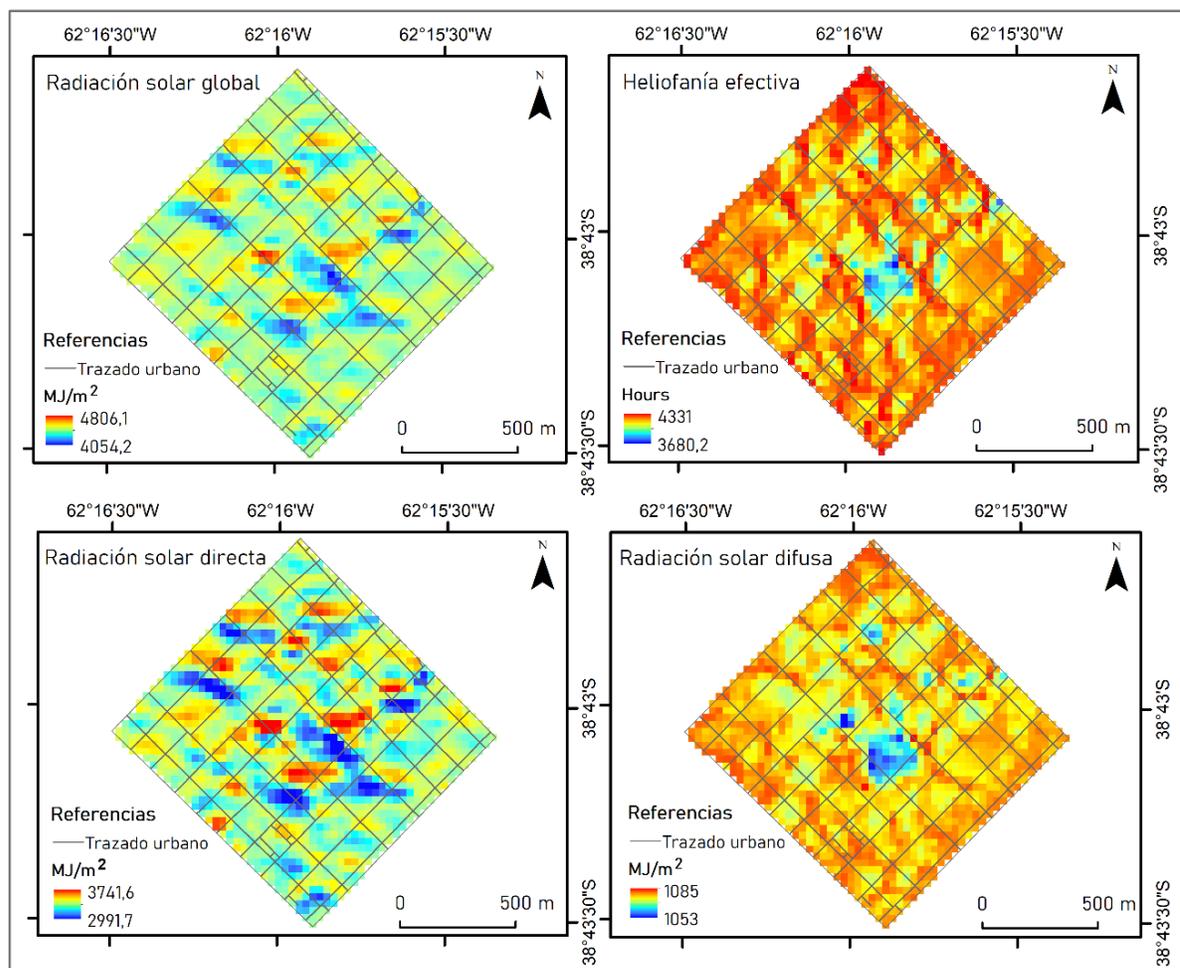
Figura 7.4. a) Altura media de la edificación, b) ancho de calles y c) relación de aspecto de los cañones urbanos en el microcentro.



Fuente: Fernández (2020).

La figura 7.5 muestra la distribución de la radiación solar en el microcentro, que se ve fuertemente determinada por los descriptores morfológicos urbanos antes mencionados. En todos los casos los valores se refieren a un valor acumulado anual (año 2018). La RSG es menor en las zonas donde la edificación es más alta y compacta, que coinciden con la localización de los cañones urbanos más profundos (Fig. 7.4 y 7.5). Asimismo, la presencia de vegetación arbórea en el sector central, que coincide con la Plaza Rivadavia, influye en los valores de RSG modelados y se evidencia una diferenciación en la RSG recibida en los centros de manzana respecto a los bordes de la misma (Fig. 7.3 y 7.4). En las veredas con orientación noroeste o noreste (Fig. 7.3) los valores de radiación son mayores que en los centros de manzana. En lo que respecta a la radiación solar directa, se observa una máxima variabilidad espacial en su distribución, con un rango máximo de 750 MJ/m². Valores máximos y mínimos varían sustancialmente en distancias pequeñas. Puede inferirse que las sombras de las edificaciones afectan directamente a esta variable. Los menores valores se localizan en los centros de manzana y en los sectores ubicados en las cercanías de la plaza central máximos en áreas puntuales del microcentro y principalmente en las calles y veredas. La radiación solar difusa posee menor variabilidad que la directa en esta escala, con valores mínimos en las cercanías de la plaza central. En lo que respecta a la HE, posee una marcada variabilidad en los sectores centrales del microcentro. Las zonas centrales presentan valores mínimos, que coinciden con las zonas donde la radiación solar global es menor. Las áreas cercanas a las calles y ciertos sectores de los centros de manzana presentan los mayores valores de HE del área analizada.

Figura 7.5. Distribución espacial de la radiación solar en el microcentro de la ciudad.



Fuente: Fernández (2020).

7.2. Radiación solar: un peligro para la población

7.2.1. Contaminantes atmosféricos en Bahía Blanca: variabilidad e influencia de los elementos del tiempo

La contaminación atmosférica es una problemática importante que afecta a ciudades de todo el planeta y posee efectos directos sobre la salud de la población (Wang et al. 2018; Dehghan et al. 2018; Gao et al. 2019; Xie et al. 2019). Debido a que la dinámica y distribución de los contaminantes poseen directa relación con los elementos del tiempo (incluida la radiación solar) se analizó la variabilidad del ozono (O_3), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO_2) y el material particulado atmosférico (PM_{10}) en Bahía Blanca.

En relación con la distribución estacional de los contaminantes en la ciudad, se analizaron los óxidos de nitrógeno (NO_x , NO_2 y NO), que presentaron concentraciones atmosféricas más bajas durante la estación cálida y máximas concentraciones durante el invierno. Algo similar sucede con el CO y el SO_2 . En cambio, el PM_{10} y el O_3 presentó máximas concentraciones durante el verano (Tabla 7.1). Esto coincide con los hallazgos realizados en el análisis de los contaminantes atmosféricos (2010-2012) de Bahía Blanca en trabajos anteriores (Campo et al. 2017, 2018). Por lo tanto, en la ciudad es posible identificar contaminación de verano (con preponderancia de O_3 y PM_{10} en la atmósfera) y contaminación de invierno (con mayores concentraciones de NO_x , SO_2 y CO). En la distribución del PM_{10} pueden incidir procesos de frecuencia anual, como la polinización (primavera) y los períodos de cosechas en la región, que comienzan en el mes de diciembre (Borromei y Quattrocchio 1990; Benedetti et al. 2013; Campo et al. 2017). Por otro lado, eventos naturales de naturaleza ocasional inciden en los valores hallados, como tormentas de polvo en la región, los incendios o las erupciones volcánicas en la Cordillera de los Andes que emiten a la atmósfera gran cantidad de ceniza y material piroclástico, que es transportado por los vientos dominantes hasta la atmósfera de Bahía Blanca (Mulena et al. 2012; Wilson et al. 2012; Campo et al. 2017).

Tabla 7.1. Variabilidad estacional (2010-2017) de los contaminantes atmosféricos registrados en Bahía Blanca.

| ESTACIÓN | O_3 ($\mu g/m_3$) | NO_x ($\mu g/m_3$) | NO_2 ($\mu g/m_3$) | NO ($\mu g/m_3$) | CO ($\mu g/m_3$) | SO_2 ($\mu g/m_3$) | PM_{10} ($\mu g/m_3$) |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------|
| OTOÑO | 25,5 | 23,2 | 11,7 | 7,6 | 221,1 | 2,6 | 45,4 |
| INVIERNO | 27,3 | 28,5 | 14,0 | 9,6 | 317,9 | 5,8 | 52,9 |
| PRIMAVERA | 35,7 | 17,6 | 10,3 | 4,9 | 157,1 | 2,6 | 53,0 |
| VERANO | 34,7 | 13,0 | 8,1 | 3,3 | 135,3 | 1,9 | 64,4 |

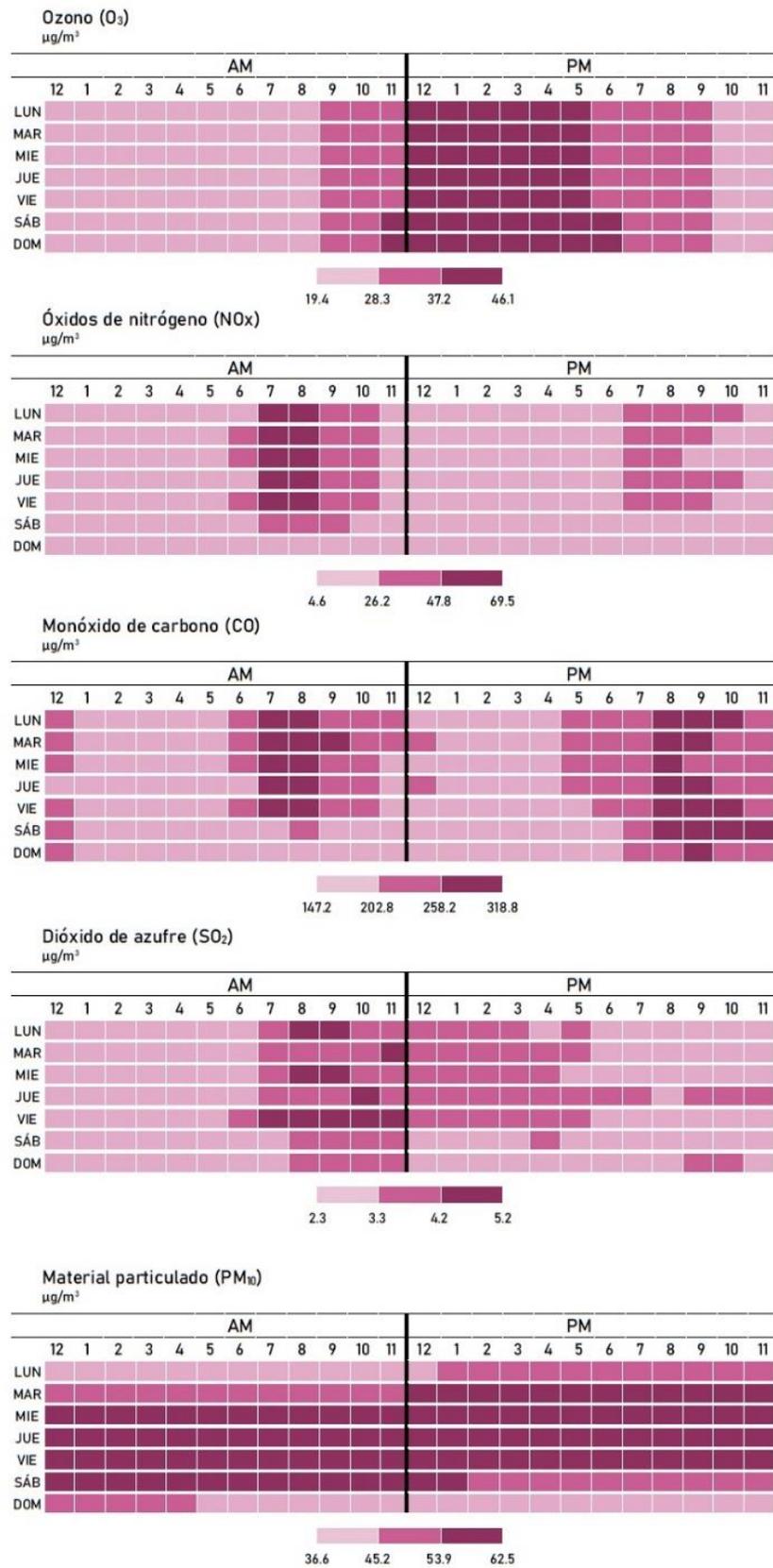
Fuente: Fernández (2020).

La figura 7.6 muestra la distribución semanal y horaria de los principales contaminantes en la ciudad de Bahía Blanca para el período 2010-2017. Puede inferirse que las concentraciones de los contaminantes primarios (NO_x , CO y SO_2) guardan relación con la variabilidad del flujo de la fuente, principalmente con el tránsito vehicular. El SO_2 tuvo mayores concentraciones atmosféricas los días laborables, entre las 07:00 AM y las 04:00 PM. Las máximas concentraciones de NO_x y CO se observaron principalmente en días laborales cuando el flujo vehicular es mayor. El "efecto siesta" (Allende et al. 2014a), es decir, la paulatina disminución en la concentración del contaminante entre el mediodía y las primeras horas de la tarde se puede observar en su distribución. El CO evidenció mayor permanencia atmosférica los días laborables en las primeras horas de la mañana (07:00 h - 09:00 h) y las últimas horas del día (08:00 h - 09:00 h). En los días no laborables la distribución del contaminante cambia, la concentración disminuye durante las primeras horas de la mañana y aumenta en las últimas horas de la tarde. Este comportamiento muestra la dependencia de la presencia de CO con el flujo vehicular en la ciudad. La distribución de los NO_x tuvo máximas concentraciones entre las 07:00 h y 08:00 h y nuevamente mayores valores durante las primeras horas de la noche, cuando el tránsito vehicular es mayor. En presencia de luz solar, los NO_x y el CO funcionan como contaminantes precursores del O_3 . Esto explica que, entre el amanecer y el atardecer, la

concentración de estos gases disminuya. Después de la salida del Sol se desencadenan reacciones fotoquímicas que posibilitan su transformación y la producción de O_3 en la baja atmósfera. Respecto al O_3 (contaminante secundario) posee una distribución opuesta a los NO_x y a los CO. Su máxima concentración es entre las 12:00 PM y las 05:00 PM, momentos del día en los que la insolación es mayor. La distribución semanal del PM_{10} se distingue de los demás contaminantes. Se identificó una dinámica ascendente desde el primer día hábil, alcanzando valores máximos entre los martes a las 12:00 PM y los sábados a la 01:00 PM. Por sus características físicas, la permanencia atmosférica del contaminante en la ciudad es más prolongada. Esta distribución corresponde a fuentes antropogénicas móviles y fijas en la ciudad. No obstante, Campo et al. (2017) hallaron correspondencia entre episodios puntuales de tipo físico-natural (erupciones volcánicas) y estados de tiempo típicos en la región que explican su presencia en la atmósfera, tema que será desarrollado en secciones subsiguientes.

En la figura 7.7 se muestra la distribución anual de los contaminantes analizados para todo el período de estudio (O_3 , NO_x , CO, SO_2 y PM_{10}) y los correspondientes valores medios mensuales de temperatura y humedad. El O_3 presenta una distribución con valores máximos en los meses cálidos y mínimos durante el otoño e invierno. El contaminante manifestó una relación directa con la temperatura e inversa con la humedad. Los NO_x , el CO y el SO_2 poseen una distribución anual opuesta al O_3 . Las concentraciones de estos contaminantes poseen una tendencia ascendente entre los meses de febrero/marzo y julio/agosto, coincidentes con la disminución anual de las temperaturas y los máximos valores de humedad. Estos contaminantes constituyen el *Winter smog* en el área urbana de Bahía Blanca. Respecto al PM_{10} , sus máximas concentraciones anuales se registraron en los meses cálidos, entre noviembre y febrero. El contaminante posee una relación inversa con la humedad, ya que cuando la humedad es máxima las concentraciones atmosféricas de PM_{10} disminuyen. Esto es consistente con lo hallado por Villalba et al. (2018) en su análisis de PM_{10} y variables meteorológicas. Por otro lado, se analizó la distribución de los contaminantes en relación con la velocidad y dirección de viento. La figura 7.8 muestra la concentración atmosférica de O_3 , NO_x , CO, SO_2 y PM_{10} según dirección de viento y durante calmas para el período 2010-2017. En relación con el O_3 , se registraron menores concentraciones durante las calmas. Si bien es de esperar que la producción de O_3 se efectúe principalmente durante las calmas, las mayores velocidades de viento en la región se producen en la estación cálida (Campo de Ferreras et al. 2004; Volonté et al. 2012). Ya que la producción de O_3 depende de la insolación, su concentración atmosférica aumenta durante la primavera y el verano, cuando la velocidad del viento en la región es mayor. Los NO_x , el SO_2 y el CO presentaron mayor concentración atmosférica durante las calmas. Estos hallazgos coinciden con estudios desarrollados por otros investigadores en Bahía Blanca (Campo et al. 2018) y otros centros urbanos (Goyal 2003; Mazzeo et al. 2005). La ausencia de movimientos de masas de aire favorece la permanencia atmosférica, mientras que el viento dispersa y transporta el contaminante desde las fuentes emisoras. En el caso del SO_2 , presenta un aumento en su concentración con vientos del NO. La escasa probabilidad de la ocurrencia de precipitaciones con vientos de componente NO podría anular los procesos de lavado atmosférico y el consecuente aumento de la concentración de SO_2 en la atmósfera. Por otro lado, las concentraciones de PM_{10} son similares durante las calmas y durante condiciones de viento, a excepción de algunos octantes, variación asociada a la circulación a escala regional. La presencia de PM_{10} durante las calmas se asocia a fuentes locales y responde a la falta de dispersión del contaminante por acción del viento (Arreola Contreras y González 1999; Chaloulakou et al. 2003; Grivas et al. 2004; Gaitán et al. 2007; Maraziotis et al. 2008; Bhaskar y Mehta 2010; Silva Vinasco y Canchala Nostar 2013). También se observa un aumento en la concentración de PM_{10} en presencia de viento Oeste, Noroeste y Norte. Esto destaca la importancia de las fuentes extra locales en la presencia de este contaminante en Bahía Blanca y es consistente con lo hallado previamente en otras investigaciones para Bahía Blanca (Campo et al. 2017) y otras ciudades del mundo como Quena (Egipto), Madrid (España) y un gran número de ciudades taiwanesas (Yang 2002; Salvador et al. 2011; Adam 2013).

Figura 7.6. Distribución horaria semanal de O₃, NO_x, CO, SO₂ y PM₁₀ (2010-2017) en Bahía Blanca.



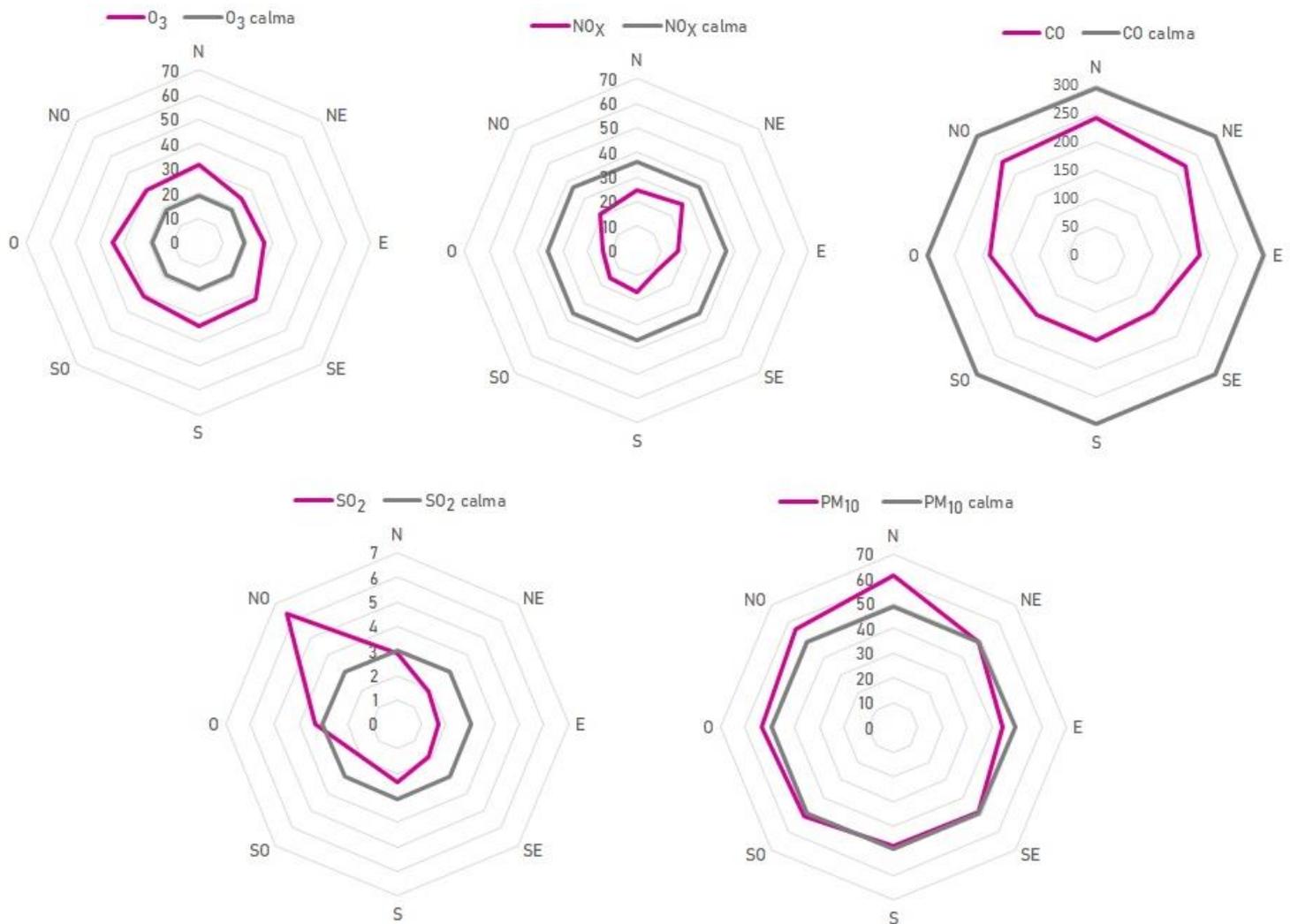
Fuente: Fernández (2020).

Figura 7.7. Distribución anual de O₃, NO_x, CO, SO₂ y PM₁₀ en relación con la temperatura y la humedad (2010-2017).



Fuente: Fernández (2020).

Figura 7.8. Concentración de O₃, NO_x, CO, SO₂ y PM₁₀ según dirección de viento en Bahía Blanca (µg/m³).



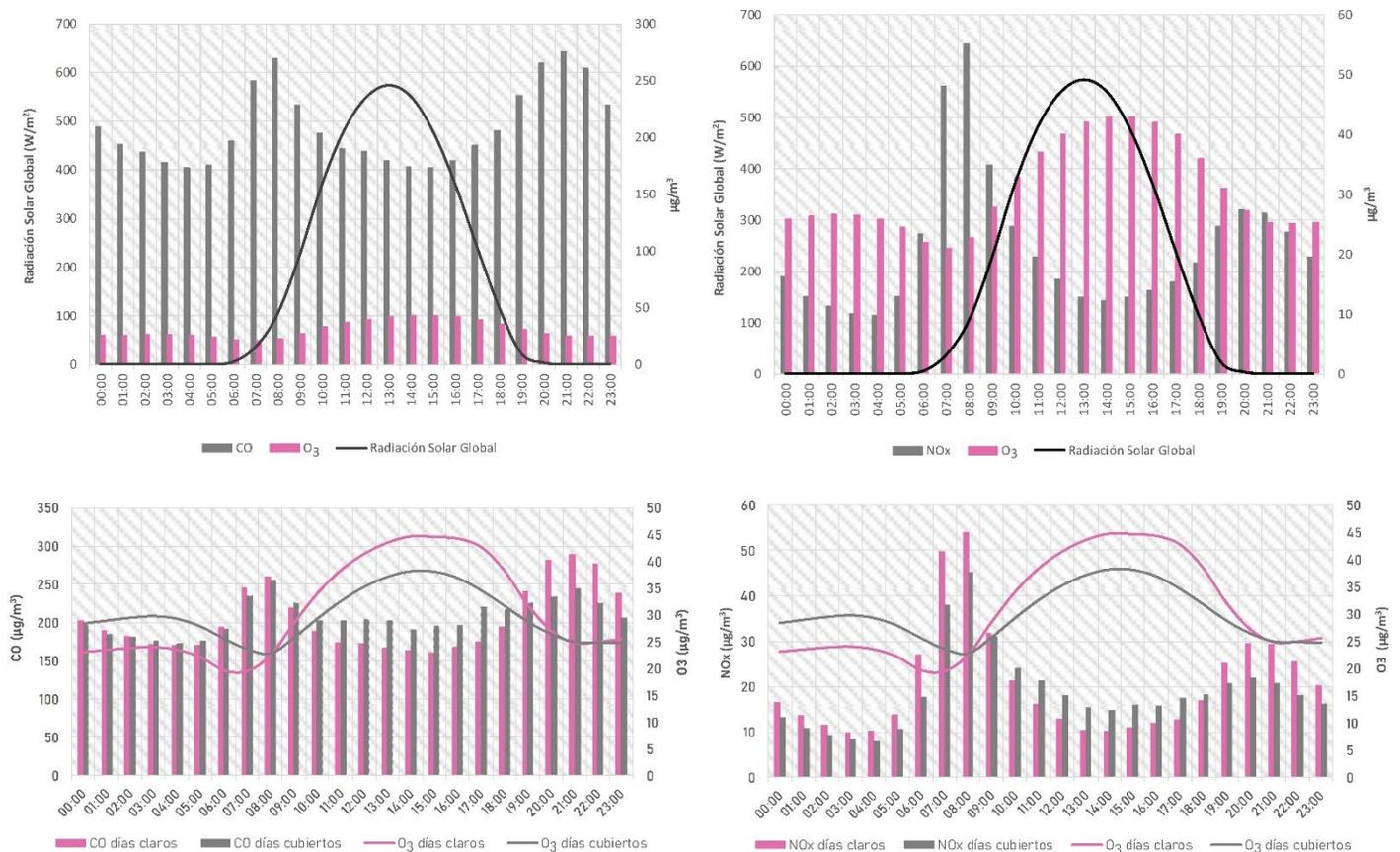
Fuente: Fernández (2020).

Como resultado de este análisis puede afirmarse que el PM₁₀ registrado en la ciudad proviene de fuentes locales y extra locales. Las extra locales pueden asociarse a la influencia de masas de aire secas de trayectoria continental, desprendimientos celulares de las Altas Presiones del océano Pacífico Sur y de las Altas Presiones del Atlántico Sur que ingresan al territorio. Estados de tiempo típicos en la región, como el Pampero (S-SO) y el viento de componente Norte (N-NO) se asocian a vientos de velocidad variables secos, de trayectoria continental que levantan el polvo de la superficie circundante y como consecuencia, la concentración de PM₁₀ en la atmósfera urbana aumenta. El viento Pampero (Fig. 4.4) se asocia a desprendimientos celulares del Anticiclón del Pacífico Sur, que luego de descargar su humedad en la Cordillera de los Andes ingresan en el territorio en sentido suroeste - noreste y en ocasiones provocan tormentas de polvo (Pampero Sucio). La ocurrencia de vientos de componente Norte tiene origen en el Anticiclón del Atlántico Sur y descarga su humedad antes de llegar al sur de la provincia de Buenos Aires, ingresando como una masa de aire seca y cálida. Suele estar acompañado de nubes de polvo y humo procedente de los incendios estivales recurrentes de los campos de la provincia de La Pampa y del oeste bonaerense, donde la vegetación nativa fue sustituida desde tiempos históricos con cultivos de soja, girasol, trigo y maíz (Campo de Ferreras et al. 2004; Capelli de Steffens et al. 2005; Ramos y Campo 2008; Campo et al. 2017). En relación con la circulación del Oeste, en estas latitudes es portadora de condiciones de continentalidad para el suroeste bonaerense, lo que implica un aumento de la concentración de PM₁₀ derivado del transporte de partículas producto de la voladura de suelos, tormentas de polvo, incendios o erupciones volcánicas. En relación con la ocurrencia de

vientos del Este, se registraron valores de PM_{10} menores que en las restantes direcciones de viento y en las calmas. Esto puede asociarse a las masas de aire cargadas de humedad que ingresan al continente, con altos valores de nubosidad y ocurrencia de precipitaciones (Servicio Meteorológico Nacional 2010d; Fernández et al. 2018b). En particular, como se mencionó precedentemente, la Sudestada (Fig. 4.4) es un estado de tiempo que se caracteriza por el ingreso al continente de vientos de dirección este-sureste con velocidades entre 10 y 40 nudos, lloviznas y tormentas eléctricas (Celemín 1984; Escobar et al. 2004; Pizarro et al. 2007; Servicio Meteorológico Nacional 2010d). En ambos casos, se producen procesos de lavado atmosférico que disminuyen la concentración atmosférica de PM_{10} . Las fuentes locales de PM_{10} también poseen injerencia en la calidad del aire de la ciudad, ya que el desgaste de frenos y neumáticos, la erosión del pavimento y la resuspensión del material depositado en la calzada contribuyen a la emisión de PM_{10} a la atmósfera (Hahn y Pfeifer 1994; Scott et al. 1999; Querol et al. 2007).

Se analizó la vinculación de los NO_x , CO y el O_3 con la radiación solar global (W/m^2) y la nubosidad (Fig. 7.9). La figura 7.9a muestra la distribución horaria de los contaminantes primarios NO_x y CO y del contaminante secundario O_3 . Los primarios poseen concentraciones máximas en dos rangos horarios específicos: 06 h – 09 h y 19 h – 22 h. El O_3 posee una distribución opuesta, con mayores concentraciones entre las 10 h y las 16 h, cuando la radiación solar global es mayor. Se evidencia que el comportamiento horario diario de estos contaminantes se ve determinado por la distribución de la luz solar. La ausencia de luz solar al atardecer y durante la noche inhibe las reacciones fotoquímicas y la consecuente producción de O_3 y posibilita el aumento en la concentración atmosférica de NO_x y CO. Con la salida del Sol la concentración de los contaminantes disminuye, ya que se desencadenan reacciones fotoquímicas que posibilitan su transformación y producción de O_3 en la baja atmósfera (Lavell 2010; Cazorla 2013, 2016; Yoo et al. 2015; Khodakarami y Ghobadi 2016).

Figura 7.9. Distribución horaria de NO_x , CO y O_3 y su vinculación con a) la radiación solar global y b) la nubosidad en Bahía Blanca.



Fuente: Fernández (2020).

La figura 7.9b muestra la distribución horaria de NO_x, CO y O₃ en días claros y nublados. Puede observarse que en los días nublados la concentración atmosférica de O₃ es menor entre las 8:00 h y las 20:00 h, mientras que los contaminantes primarios poseen mayores concentraciones en dicho rango horario. Las coberturas nubosas poseen directa influencia en la radiación solar, fundamentalmente en su componente directa (Badescu 2002; Power y Mills 2005a; Bosch y Kleissl 2013; Perez et al. 2016; Fernández et al. 2018b). Entre un día nublado y uno claro se registró una diferencia de entre 5 y 7 horas en la HE de Bahía Blanca (Fernández et al. 2018b). La disminución en la intensidad y duración de la insolación afecta la producción de O₃ y eso explica la menor concentración del contaminante en la atmósfera los días nublados.

Figura 7.10. Distribución horaria de O₃, NO_x, CO, SO₂ y PM₁₀ según la ocurrencia de las precipitaciones.



Fuente: Fernández (2020).

La figura 7.10 muestra la distribución horaria de los contaminantes según la ocurrencia de las precipitaciones. Puede observarse que poseen disminuciones diferenciales ante la ocurrencia de lluvias. Las concentraciones de O_3 , el CO y NO_x se vieron poco o nada influenciadas ante la ocurrencia de precipitaciones. Tanto para condiciones lluviosas como no lluviosas los NO_x y el CO vieron determinado su ciclo diurno por la intensidad del flujo vehicular, con máximas concentraciones principalmente en las primeras horas de la mañana y últimas horas de la tarde. La salida del Sol desencadena reacciones que derivan en la transformación de los NO_x en O_3 . En el caso de este último, su ciclo diurno se corresponde con la marcha diaria de la insolación, tanto para situaciones lluviosas como no lluviosas. Esto coincide con lo expuesto por Kim et al. (2014) en el análisis del efecto de la precipitación en la concentración de NO_x en Seúl, Corea. El PM_{10} y el SO_2 son los contaminantes más fácilmente removidos de la atmósfera por acción de las lluvias. Entre los días lluviosos y días no lluviosos se registró hasta una diferencia de 29,14 $\mu g/m^3$ en el caso del PM_{10} . Las concentraciones de PM_{10} bajo condiciones de lluvia se mantuvieron relativamente constantes, así como en los días no lluviosos. Por otra parte, el lavado atmosférico producto de las precipitaciones explica la distribución más o menos constante del SO_2 durante las condiciones de lluvia, mientras que en días no lluviosos el contaminante manifestó mayor variabilidad en su ciclo diurno.

A fin de ejemplificar lo expuesto en un caso puntual, se muestra en la figura 7.11 la distribución horaria de los O_3 , NO_x , CO, SO_2 y PM_{10} en un evento de precipitación ocurrido entre el 03/02/2016 y el 07/02/2016 y el ciclo diario del contaminante para la estación cálida (2010-2017). Durante los días seleccionados se registraron precipitaciones horarias de entre 5 y 13 mm, nubes bajas características de tormentas en la región (Cumulonimbos) y relámpagos. Los contaminantes mostraron una disminución diferenciada ante la presencia de lluvias, lo que indica que los procesos de lavado atmosférico difieren de acuerdo a las características de cada sustancia.

El análisis de este evento de precipitación reafirma que el PM_{10} es el contaminante que más reduce su concentración con la ocurrencia de lluvias, lo que coincide con lo expuesto por Yoo et al. (2014) en el análisis de las lluvias de verano y su efecto en la contaminación atmosférica en Corea del Sur. Dos horas después de la ocurrencia de la precipitación comienza la disminución del PM_{10} en la atmósfera, prolongándose durante todo el día aproximadamente hasta las 22:00 h. Las reducciones en las concentraciones atmosféricas de PM_{10} luego de eventos de precipitación fue también documentada por Barmpadimos et al. (2011) en Suiza y por Kim et al. (2014) en Seúl (Corea). La concentración inicial de PM_{10} en los días del caso de estudio fue más elevada que los valores de su ciclo diario (que oscila alrededor de los 65 $\mu g/m^3$) y posteriormente, ante la ocurrencia de lluvias su concentración disminuyó hasta valores alrededor de los 10 $\mu g/m^3$.

Respecto al O_3 , si bien sus concentraciones iniciales superaron las del ciclo diario medio, su dinámica en la atmósfera siguió determinada por los ciclos de insolación. Durante los eventos de precipitación convectiva el O_3 puede ser transportado de la troposfera alta hacia la superficie (Yoo et al. 2014), lo que explica su incremento luego de la ocurrencia de precipitación principalmente durante horas nocturnas cuando las reacciones fotoquímicas se ven inhibidas.

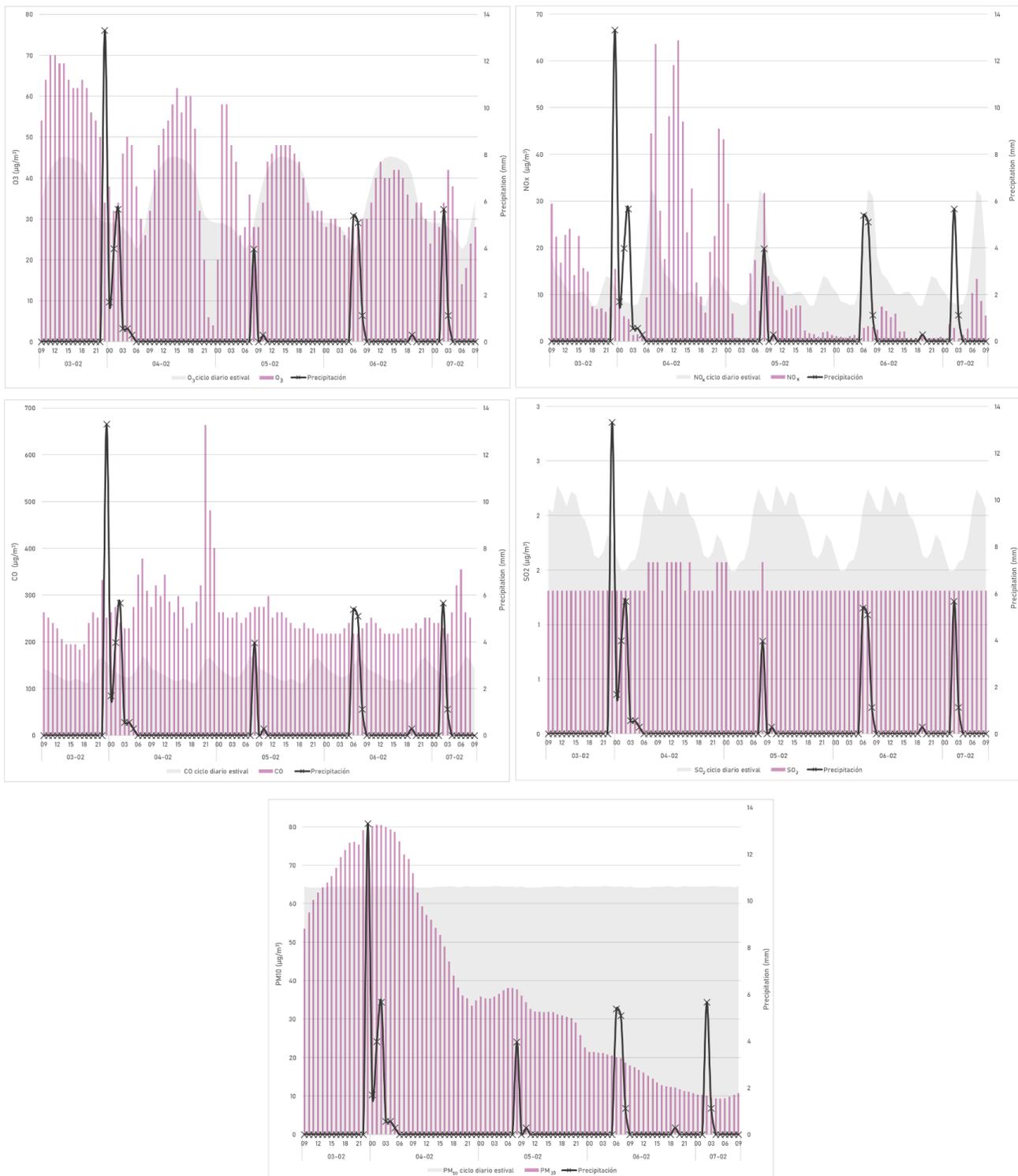
Las concentraciones de NO_x se redujeron ante la ocurrencia de precipitaciones. Las lluvias más intensas redujeron más al contaminante que las lluvias más débiles, aunque la recurrencia de eventos de precipitación durante la totalidad de días analizados hizo que las concentraciones de NO_x estén muy por debajo de las del ciclo diario promedio. Si bien la ocurrencia de rayos puede influir en la formación de NO_x en la atmósfera, dicho fenómeno no se evidencia en este gráfico. El efecto de lavado atmosférico producto de las precipitaciones puede eclipsar el aumento de la concentración de NO_x en la atmósfera (Choi et al. 2005, 2009; Yoo et al. 2014).

Durante el período analizado el SO_2 mostró valores menores a los de su ciclo diario y prácticamente sin variaciones horarias. Se observan leves aumentos en los valores registrados luego de la ocurrencia de precipitaciones más intensas, pero no es posible afirmar que dichas variaciones se relacionan con la ocurrencia de precipitaciones. La baja concentración del contaminante en los días seleccionados puede explicar que no se evidencie lavado atmosférico producto de las precipitaciones, como si se muestra en la figura 7.10.

En relación con el CO, durante los días seleccionados el contaminante tuvo concentraciones mayores al ciclo diario estacional, con máximos registrados en las horas posteriores a las lluvias más intensas ocurridas entre el 3 y el 4 de febrero.

Con la ocurrencia de otras lluvias, las concentraciones de CO disminuyeron, aunque se mantuvieron por encima del ciclo diario para la estación cálida.

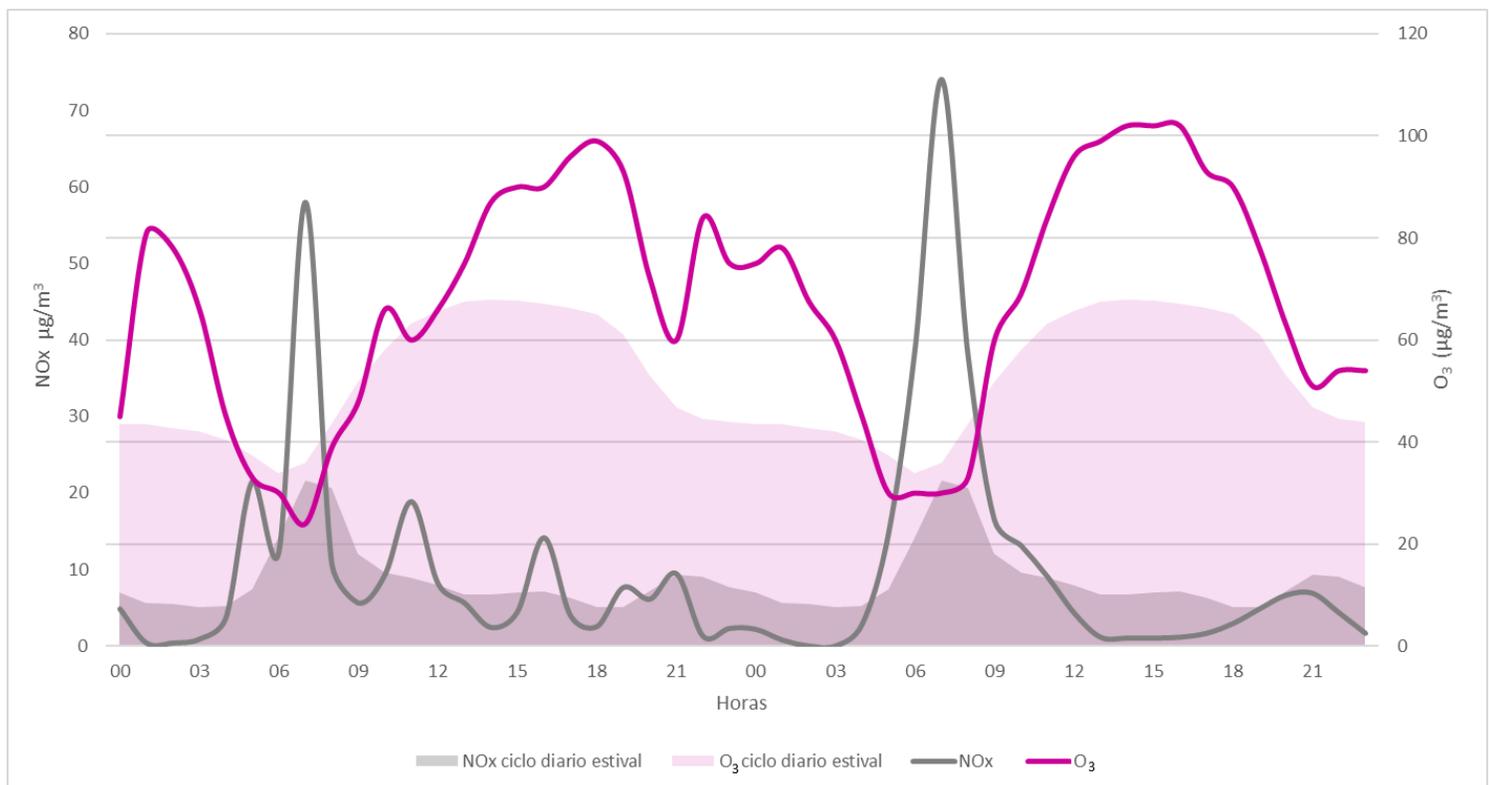
Figura 7.11. Distribución horaria de los O₃, NO_x, CO, SO₂, y PM₁₀ en un evento de precipitación registrado entre el 03/02/2016 y el 07/02/2016.



Fuente: Fernández (2020).

Como se mencionó, los NO_x son los principales precursores del O_3 troposférico. Los electrometeoros, fundamentalmente los relámpagos, son la fuente más importante de NO_x en la troposfera alta. Si bien las principales fuentes de NO_x son antropogénicas (Hudman et al. 2007), los relámpagos influyen en la producción de NO_x en la atmósfera y, por lo tanto, en la concentración de O_3 en la troposfera (Choi et al. 2005, 2009; Hudman et al. 2007; Kaynak et al. 2008). Se seleccionaron dos días de verano en los que se produjeron gran cantidad de descargas eléctricas a fin de determinar la posible relación entre electrometeoros y la concentración de NO_x y O_3 en la atmósfera (Fig. 7.12). La actividad eléctrica se registró durante las horas nocturnas de los días 09/02/2017 y 10/02/2017. Con la ocurrencia de relámpagos la concentración troposférica de los NO_x aumentó muy por encima del valor correspondiente al ciclo diario, con valores horarios que alcanzaron los $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Luego de la tormenta la concentración de O_3 aumentó por encima de la media diaria estival (con valores por encima de los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y descendió el valor de NO_x . Esto verifica la relación indirecta entre los NO_x y el O_3 en la atmósfera. Estos resultados son similares a lo hallado por otros investigadores en el análisis de los contaminantes durante eventos meteorológicos de naturaleza convectiva y ocurrencia de relámpagos (Yoo et al. 2014).

Figura 7.12. Comportamiento horario de los NO_x y O_3 para los días 09/02/2017 y 10/02/2017.



Fuente: Fernández (2020).

7.2.1.1. Vulnerabilidad de la población frente al riesgo tecnológico

La calidad del aire en las ciudades es una preocupación creciente y la contaminación atmosférica es una problemática vigente en Bahía Blanca. Como se expuso en el apartado anterior, su distribución y dinámica atmosférica poseen directa relación con la radiación solar y otros elementos del tiempo. En lo referido a sus fuentes, se verificó la influencia de las actividades antropogénicas, entre las que se destacan el flujo vehicular y las actividades industriales. Desde la Teoría Social del Riesgo la contaminación atmosférica es considerada como un evento peligroso de naturaleza crónica, con diversas

implicancias que los eventos de tipo agudo (escapes, incendios, explosiones) (Abrutzky et al. 2014). La degradación progresiva y constante de la calidad del aire puede considerarse como el conjunto de desequilibrios cotidianos, que influyen en la calidad de vida de la población y poseen un valor hasta a veces más importante que la ocurrencia de eventos agudos (Herzer y Gurevich 1996; Abrutzky et al. 2014). En este sentido, en este apartado se realiza un análisis de la vulnerabilidad económica, social, técnica e institucional como una dimensión del riesgo tecnológico asociado a la contaminación atmosférica en la ciudad frente a eventos crónicos y agudos (Wilches Chaux 1993; Tapella 2007; Abrutzky et al. 2014).

La figura 7.13 muestra la distribución espacial de un puntaje síntesis de los indicadores seleccionados a fin de evaluar la vulnerabilidad económica, social y técnica de los radios censales del partido de Bahía Blanca. Las zonas centrales urbanas mostraron los menores valores de vulnerabilidad del área. Las zonas periurbanas registraron mayormente vulnerabilidades medias y altas. Las zonas cercanas al puerto son las más vulnerables, con categoría alta en la escala de análisis utilizada. Las áreas rurales ubicadas al norte y noreste de la ciudad de Bahía Blanca muestran vulnerabilidad media, mientras que las ubicadas al suroeste registraron índices de vulnerabilidad alta, principalmente en la zona aledaña a las actividades industriales y portuarias. La localidad del General D. Cerri (cercana al polo industrial) mostró vulnerabilidad media y alta en todos sus radios censales. Es decir, que los radios censales más expuestos frente a los efectos contaminantes del funcionamiento del polo industrial y frente a la eventual materialización de un accidente industrial son los que presentan, en general, peores condiciones respecto a la calidad de la vivienda, acceso a la información y estabilidad laboral, entre otras. Estos hallazgos son consistentes con lo expuesto por otros investigadores también para Bahía Blanca (Prieto 2011) y otras ciudades latinoamericanas (Sabatini et al. 2001; Rodríguez y Arriagada 2004). La desigual distribución de la población urbana se denomina segregación residencial y es definida como la concentración espacial de grupos sociales en áreas urbanas específicas (Rodríguez Vignoli 2001; Sabatini et al. 2001; Rodríguez y Arriagada 2004). La distribución observada se produce en estratos sociales distribuidos de forma concéntrica, con un gradiente negativo desde el centro hacia la periferia (Buzai 2003). Los grupos más pobres se localizan en la periferia, donde el valor del suelo es menor. Esto es consistente con lo hallado en otras ciudades latinoamericanas (Janoschka 2002) y en ciudades intermedias argentinas, como Trelew (Baxendale 2015), Tandil (Linares y Velázquez 2015) y Mar del Plata (Lucero 2015), entre otras. Si bien en los últimos años las inversiones inmobiliarias se ampliaron en las zonas suburbanas (Molinatti 2013), en Bahía Blanca esto ha tenido lugar en las áreas más lejanas a la zona portuaria (Urriza 2016).

Este análisis facilita la toma de decisiones en materia de políticas públicas ya que posibilita la identificación de zonas específicas dentro del partido en las que deberían focalizarse. Beck (1996a, b, 2006) afirma que la autocritica y el pensamiento de los responsables de la toma de decisiones posiblemente podrían prevenir situaciones de riesgo. En los radios censales cercanos a las industrias se identificó la necesidad de llevar a cabo políticas públicas tendientes a garantizar el acceso a computadora por parte de la población en general y especialmente a aquella localizada en áreas de mayor exposición al peligro. Además, políticas crediticias para ampliación y mejoramiento de viviendas serán necesarias a fin de garantizar construcciones sólidas, resistentes y con la adecuada aislación, así como también con espacios de vivienda dignos y habitables, fundamentales frente a la materialización de la amenaza. Cabe señalar que estos radios censales poseen menor cantidad de población que las áreas centrales, por lo cual las políticas mencionadas podrán ser implementadas de forma más completa. La reducción de la vulnerabilidad en los entornos urbanos requiere de un compromiso político y una institucionalidad consecuentes con tal objetivo. Esto significa la existencia de políticas, normas e instrumentos de control legal apropiados. La existencia efectiva de comités y centros operativos de emergencia, el entrenamiento de personal de socorro, la puesta a prueba de planes de contingencia, la actualización de la normativa vigente y la información a la comunidad son ejemplos de elementos institucionales que dan cuenta de la capacidad de respuesta de la sociedad ante un evento catastrófico (Wilches Chaux 1993). La figura 7.14a sintetiza los principales eventos asociados al funcionamiento del puerto de Bahía Blanca y el Polo Petroquímico de Bahía Blanca y la figura 7.14b muestra los actores sociales involucrados en el marco analizado y sus interacciones.

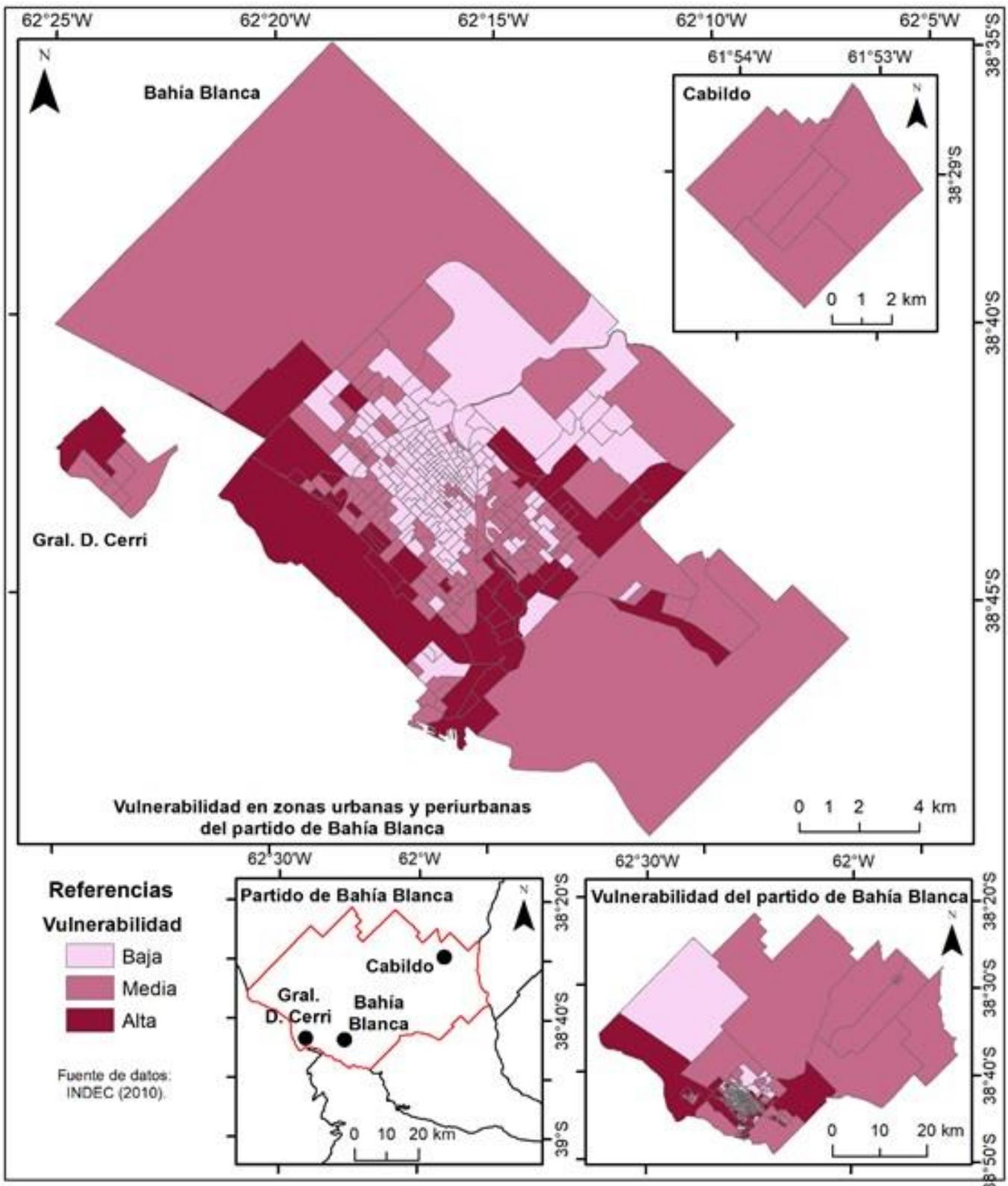
A partir de los incidentes ocurridos en el año 2000 (Fig. 7.14a) las empresas del polo petroquímico y las autoridades municipales y provinciales tomaron medidas tendientes a responder a las dudas y preocupaciones de la población respecto

al impacto de las actividades industriales en términos sociales y ambientales. En primer lugar, se promulgó la Ley Provincial N° 12530 (Fig. 7.14a) que estableció un Programa Especial para la Preservación y Optimización de la Calidad Ambiental a través del monitoreo y control de emisiones gaseosas y efluentes líquidos de origen industrial. En este marco legal el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) delegó el control ambiental del polo petroquímico y la zona portuaria a la Municipalidad de Bahía Blanca, proceso materializado en la creación del Comité Técnico Ejecutivo (CTE), el único organismo de esta índole en el país y en Sudamérica. El CTE tiene asiento en el marco local y asesora y participa en la elaboración de planes de alerta, vigilancia, control, educación y concientización ciudadana sobre el programa de control y monitoreo y evalúa la ejecución del mismo. Sus facultades se relacionan con el poder de policía que le otorga la ley, mientras que el organismo provincial OPDS posee las facultades de evaluar y tramitar las infracciones realizadas por el municipio. La delegación del OPDS en la ciudad funciona dentro de la sede de la Unión Industrial de Bahía Blanca, luego de la firma de un convenio de cooperación institucional concretado en julio de 2014 (Dobal 2015). Cabe señalar, además, que la Ley N° 12530 establece tasas ambientales para las empresas de tercera categoría y cerealeras ubicadas en el ámbito de aplicación del Comité Técnico Ejecutivo con el fin de brindar los servicios de control, monitoreo y prevención.

El proceso APELL (vigente desde 1995) es un Plan de Respuesta a Emergencias Tecnológicas que involucra a todos los actores incluidos en el esquema (Fig. 7.14b). Este es una implementación municipal de un programa de las Naciones Unidas que consiste en la preparación de la población ante la posibilidad de un evento accidental derivado de la actividad industrial a fin de minimizar las pérdidas humanas y materiales. En Bahía Blanca está conformada por el Grupo de Coordinación que involucra a las empresas (petroleras, químicas y petroquímicas), organismos de seguridad y diversas instituciones ambientalistas, sociedades de fomento barriales e instituciones educativas como la Universidad Nacional del Sur.

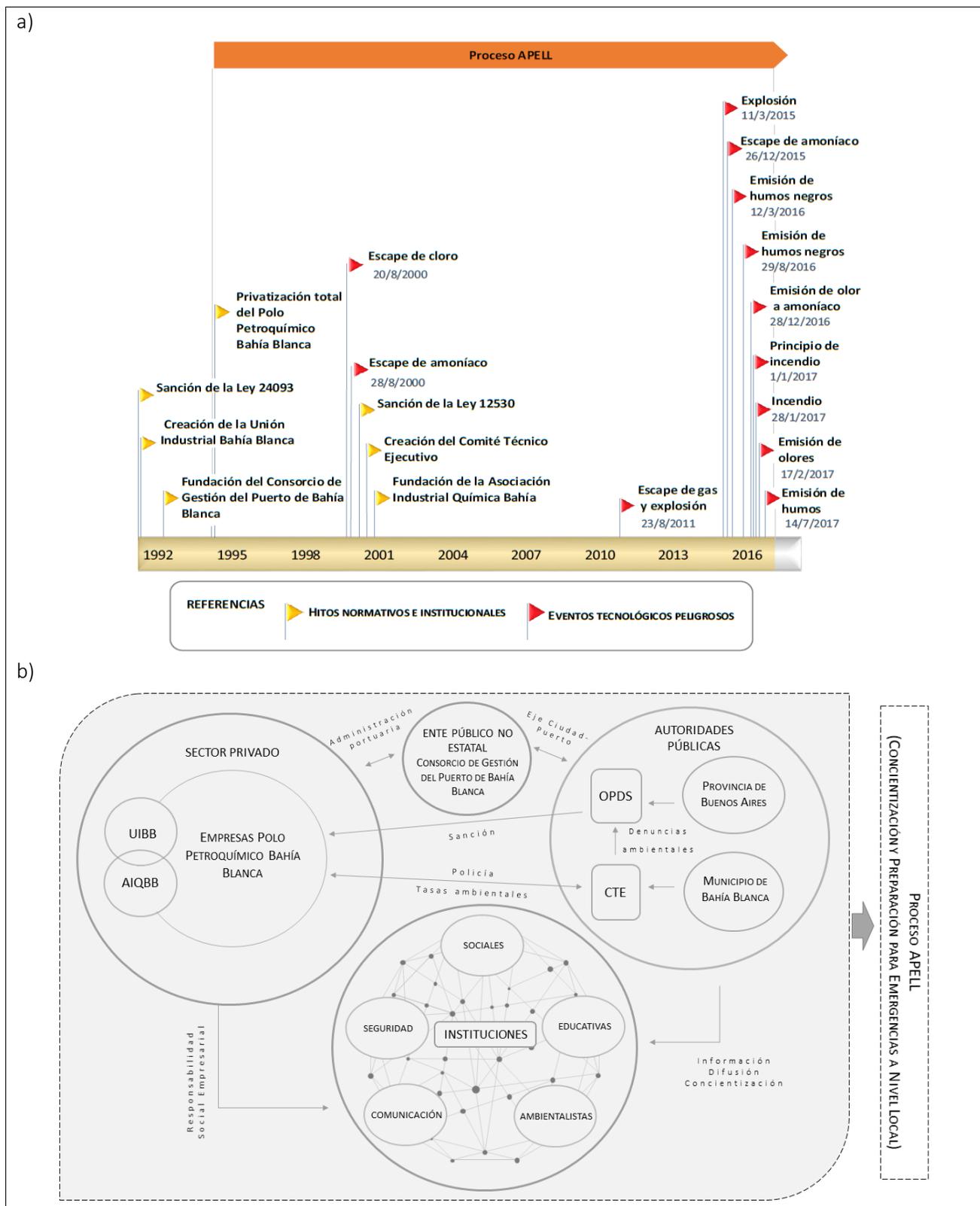
En el año 2001 fue creada la AIQBB (Asociación Industrial Química de Bahía Blanca), asociación conformada por cuatro de las principales empresas químicas del polo industrial y que tiene como fin la ejecución de políticas conjuntas de Responsabilidad Social Empresaria bajo el paradigma del desarrollo sostenible (Fig. 7.14a). Entre sus acciones pueden mencionarse la financiación de plazas, bici-sendas, talleres de capacitación en escuelas, programas de forestación urbanos, entre otros. Al mismo tiempo, la Unión Industrial Bahía Blanca (UIBB) (Fig. 7.14a) posee un departamento que funciona como ámbito para fomentar el desarrollo social, a través de la creación de alianzas y programas de cooperación con la sociedad civil. El grupo está conformado por profesionales y empresarios de diferentes rubros y tipos de organizaciones. Es un equipo de trabajo que nuclea a las empresas asociadas que adhieran y accionen a favor del departamento, propiciando un espacio voluntario de capacitación y generación de proyectos, donde los asociados participan activamente en la gestión y ejecución de programas. Además, en los últimos años el Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca impulsó una política de desarrollo mutuo con el municipio de Bahía Blanca a fin de mejorar la integración del puerto en el entorno social, en lo que se denomina eje Ciudad-Puerto (Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca 2017).

Figura 7.13. Vulnerabilidad económica, social y técnica del partido de Bahía Blanca.



Fuente: Gentili et al. (2018).

Figura 7.14. a) Temporalidad de los principales sucesos asociados a las industrias en Bahía Blanca. b) Mapa de actores del sector industrial de Bahía Blanca.



Fuente: Gentili et al. (2018).

7.2.2.Caso de estudio: playas de estacionamiento del microcentro de Bahía Blanca

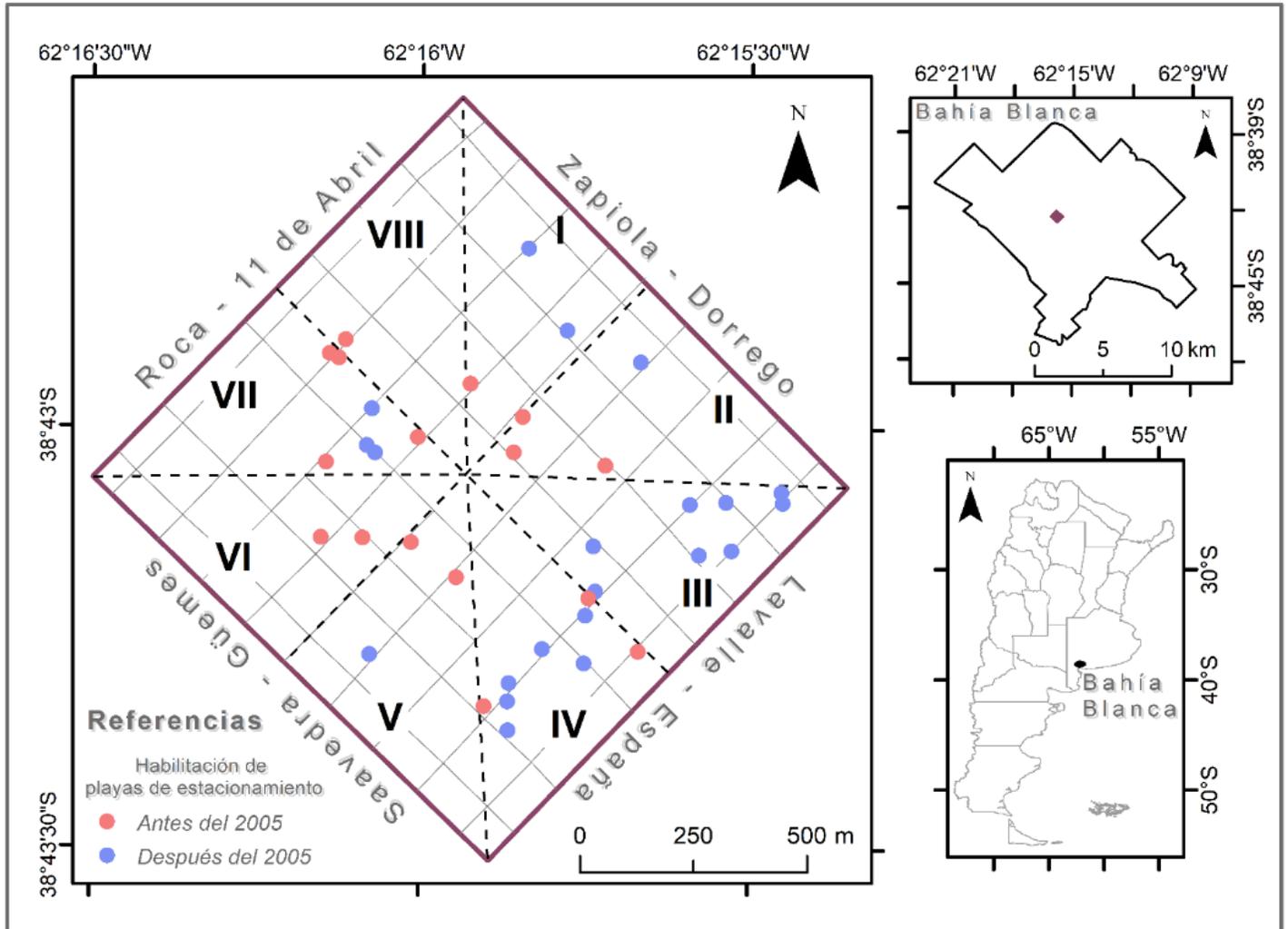
7.2.2.1. Distribución espacial y diseño de las playas de estacionamiento

La figura 7.15 permite conocer la distribución espacial y el período de habilitación de las playas de estacionamiento. Las playas de estacionamiento han aumentado su presencia como tipología de uso de suelo urbano en el microcentro de la ciudad. Se registraron un total de 34 estacionamientos, 21 de los cuales fueron habilitados después del año 2005. Este resultado es consistente con el estudio inédito llevado a cabo por Gentili (2005). Las playas de estacionamiento del microcentro tienen una capacidad media de 40 vehículos. El aumento del parque automotor puede contribuir al incremento de espacios destinados a playas de estacionamiento. Además, se observa que la distribución de las playas de estacionamiento en el microcentro no es homogénea. En los octantes III, IV y VII se concentran la mayor cantidad de playas de estacionamiento (7, 10 y 7 respectivamente). Por el contrario, los demás octantes cuentan con entre 2 y 4 playas de estacionamiento. Cabe señalar que todas las playas de estacionamiento presentes en el octante III (orientación este-sureste) fueron inauguradas después del año 2005. Lo mismo sucede para 7 de las 10 playas de estacionamiento presentes en el cuadrante IV (orientación sur-sureste). Esta distribución no homogénea concentra en ciertos sectores del microcentro las consecuencias ambientales no deseadas de su instalación.

El CPU (Municipalidad de Bahía Blanca 1993) exige una serie de prescripciones constructivas. Entre ellas, se establece que el ancho de la parcela destinada a playas de estacionamiento no debe ser menor a 10 metros. Los muros, cercos y muretes perimetrales deberán ser perfectamente planos en sus paramentos y altura, libres de marcas o huecos. Se revestirán hasta una altura mínima de 2,70 metros en todo el perímetro, debiendo el resto por encima de ese nivel estar pintado de blanco hasta una altura de 10 metros. El solado deberá estar íntegramente tratado de manera que permita el escurrimiento de agua, con una demarcación clara de la distribución de módulos de estacionamiento. Al respecto, se recabaron datos referidos al solado, tipo, color y estado de conservación del revestimiento de las playas de estacionamiento, entre otros parámetros. Se observaron diferencias en el diseño y materiales constructivos de las playas de estacionamiento habilitadas antes del año 2005 y aquellas habilitadas después de ese año. En lo referido al solado, se presentan diversos tipos de coberturas: cemento, material no consolidado, pavimento articulado, césped (Fig. 7.16) y de tipo mixto resultantes de combinaciones de dos o más de las categorías anteriores.

La figura 7.17a muestra que el tipo de solado de las playas del microcentro ha variado en los períodos de habilitación analizados. La mayoría de las playas de estacionamiento habilitadas antes del año 2005 poseen el cemento como tipo de solado preponderante (66,7 %), seguido del material no consolidado (26,7 %) y una menor existencia de tipos de solado mixtos (6,7 %). Aquellas playas habilitadas en el período 2005-2017 mostraron una marcada disminución de los solados de cemento, con un porcentaje de representación de 33,3 %. Los solados de tipo mixto aumentaron en comparación con el período anterior (33,3 %), con preponderancia de combinaciones de material no consolidado con césped o cemento. El pavimento articulado aparece como una nueva forma de solado (9,5 %), propia de playas habilitadas en el último período. La figura 7.17b muestra que las playas de estacionamiento con cubiertas para autos disminuyeron su representatividad después del año 2005 (descendió del 31 % al 19 %). Algo similar ocurrió con las cubiertas de chapa: solo un 10 % de las playas de estacionamiento habilitadas después de 2005 tienen este tipo de cobertura. Respecto a la media sombra, posee mayor representación en las playas habilitadas en el último período (46,4 %).

Figura 7.15. Distribución y fecha de habilitación de las playas de estacionamiento en el microcentro de Bahía Blanca.



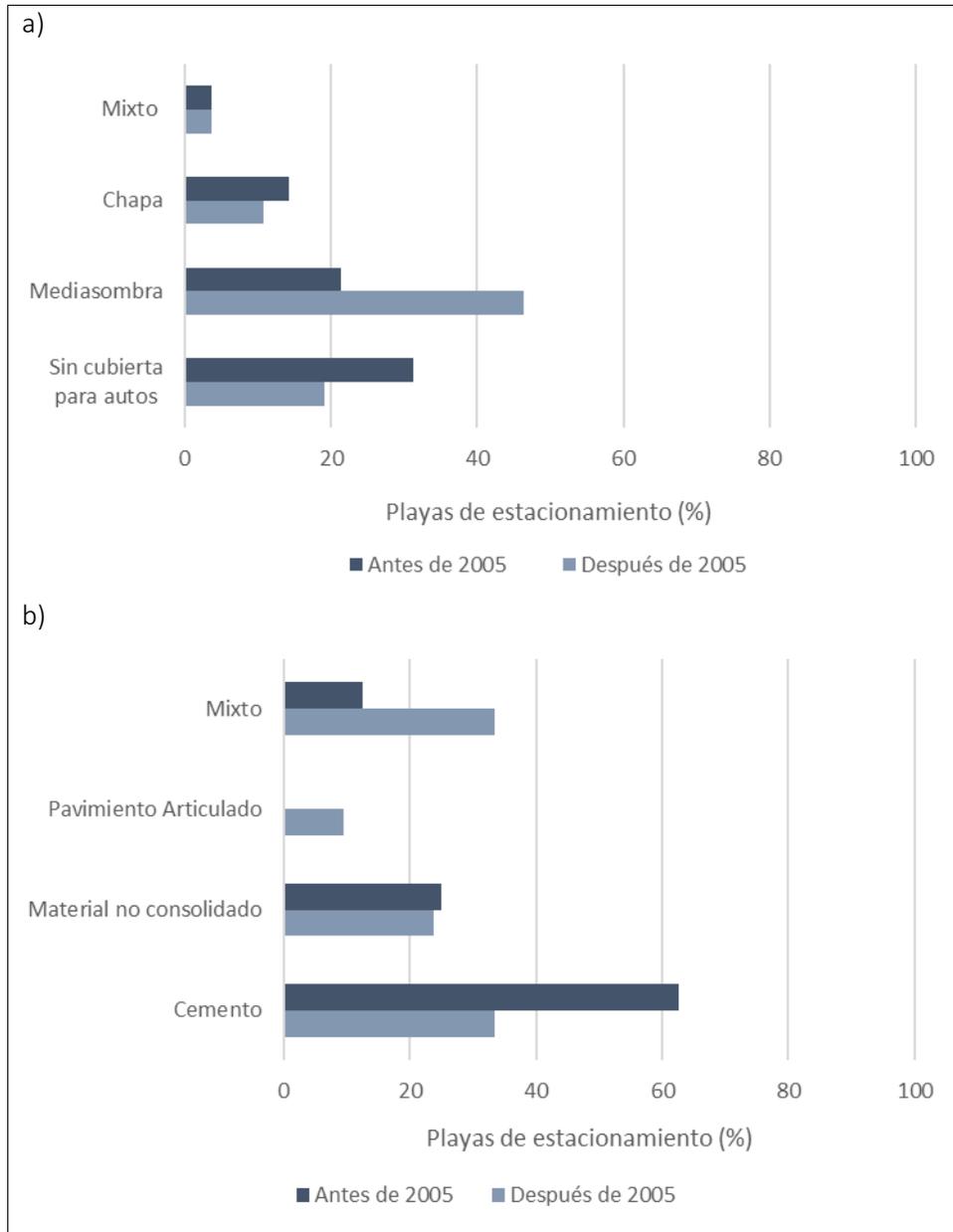
Fuente: Gentili et al. (2019).

Figura 7.16. Tipos de solado observados en las playas de estacionamiento del microcentro de Bahía Blanca.



Fuente: fotografías de María Eugenia Fernández (2018).

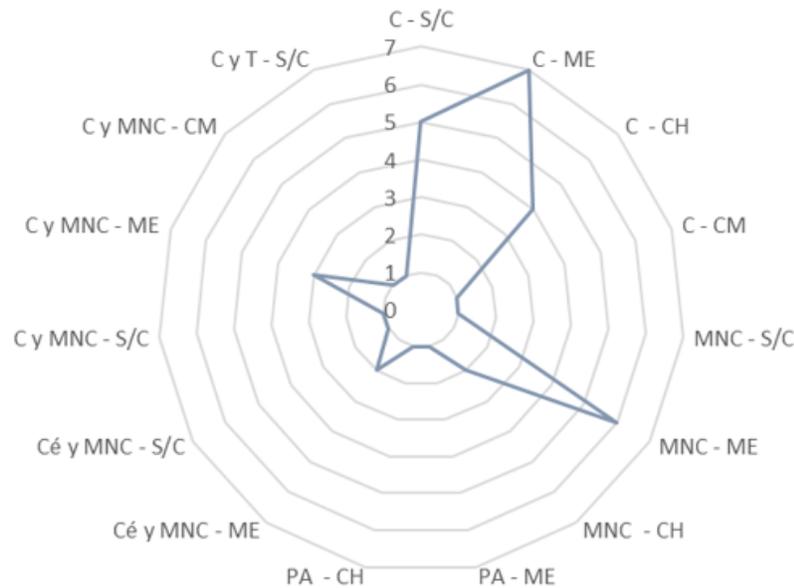
Figura 7.17. a) Tipo de solado en las playas del microcentro de Bahía Blanca según el período de habilitación b) Cubierta en las playas del microcentro de la ciudad de Bahía Blanca según el período de habilitación.



Fuente: Gentili et al. (2019).

La figura 7.18 muestra las tipologías de playas de estacionamiento en el microcentro urbano bahiense en términos de tipo de suelo y tipo de cubierta para vehículos. Puede observarse una preponderancia de playas de estacionamiento con media sombra, en combinación con pisos de cemento y material no consolidado. En el análisis de estos espacios, otros investigadores también identificaron el cemento como un tipo de solado frecuente (Mukhija y Shoup 2006; Onishi et al. 2010; Goodrich 2016).

Figura 7.18. Número de cocheras según categorías de tipo de piso y tipo de cubierta en el microcentro de la ciudad de Bahía Blanca.



| REFERENCIAS | | | |
|-------------|-----------------------------------|--------|--|
| PISOS | | TECHOS | |
| C | Cemento | S/C | Sin cubierta para autos |
| MNC | Material no consolidado | ME | Mediasombra |
| PA | Pavimento articulado | CH | Chapa |
| Cé y MNC | Césped y material no consolidado | CM | Cubierta para autos mixta de chapa y mediasombra |
| C y MNC | Cemento y Material no consolidado | | |
| C y T | Cemento y Tierra | | |

Fuente: Gentili et al. (2019).

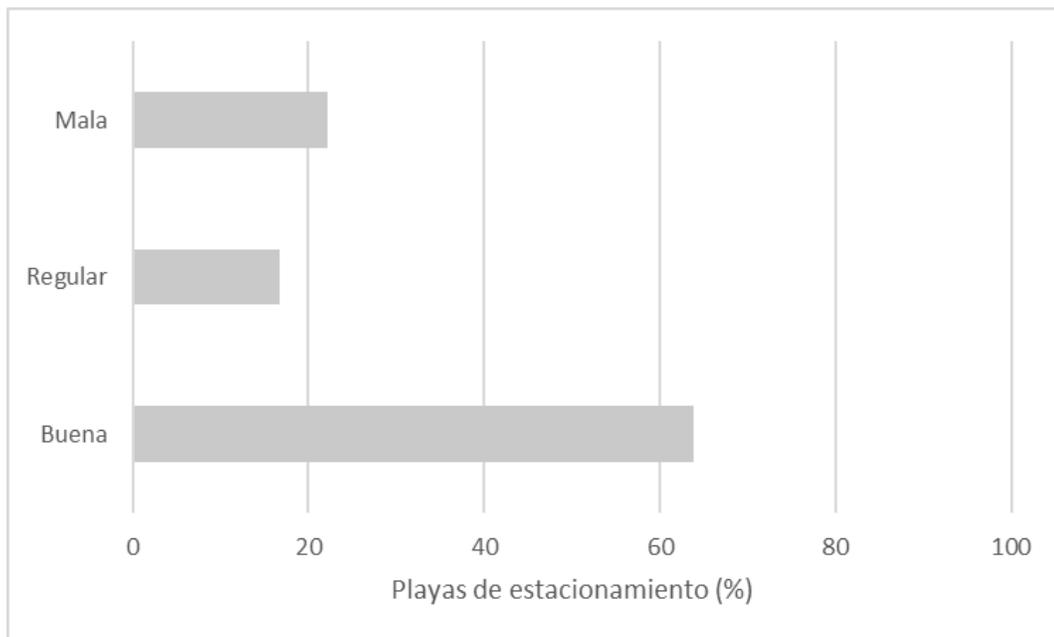
Todas las playas del microcentro poseen muros perimetrales revestidos. Sin embargo, se observó una variabilidad marcada respecto a su estado de conservación. Para el análisis, se clasificó cualitativamente en estado de conservación bueno, regular o malo. Aquellos muros con marcas o huecos fueron clasificados como malos y aquellos sin ningún tipo de marca como buenos (Fig. 7.19). La figura 7.20 muestra que el 61 % de las playas de estacionamiento del microcentro de la ciudad poseen muros perimetrales clasificados como “buenos”, mientras que el 17 % y el 22 % fueron clasificadas como regulares y malas respectivamente. Este análisis muestra que, si bien el estado de conservación de las playas de estacionamiento es mayoritariamente bueno, alrededor de un 40 % requiere de obras de mantenimiento y mejoras de infraestructura. Esto afecta negativamente el paisaje urbano de Bahía Blanca.

Figura 7.19. Ejemplos del estado a) bueno y b) malo de conservación de los muros perimetrales de las playas de estacionamiento en el microcentro de Bahía Blanca.



Fuente: fotografías de María Eugenia Fernández (2018).

Figura 7.20. Estado de conservación de los muros perimetrales de las playas de estacionamiento en el microcentro de Bahía Blanca.



Fuente: Gentili et al. (2019).

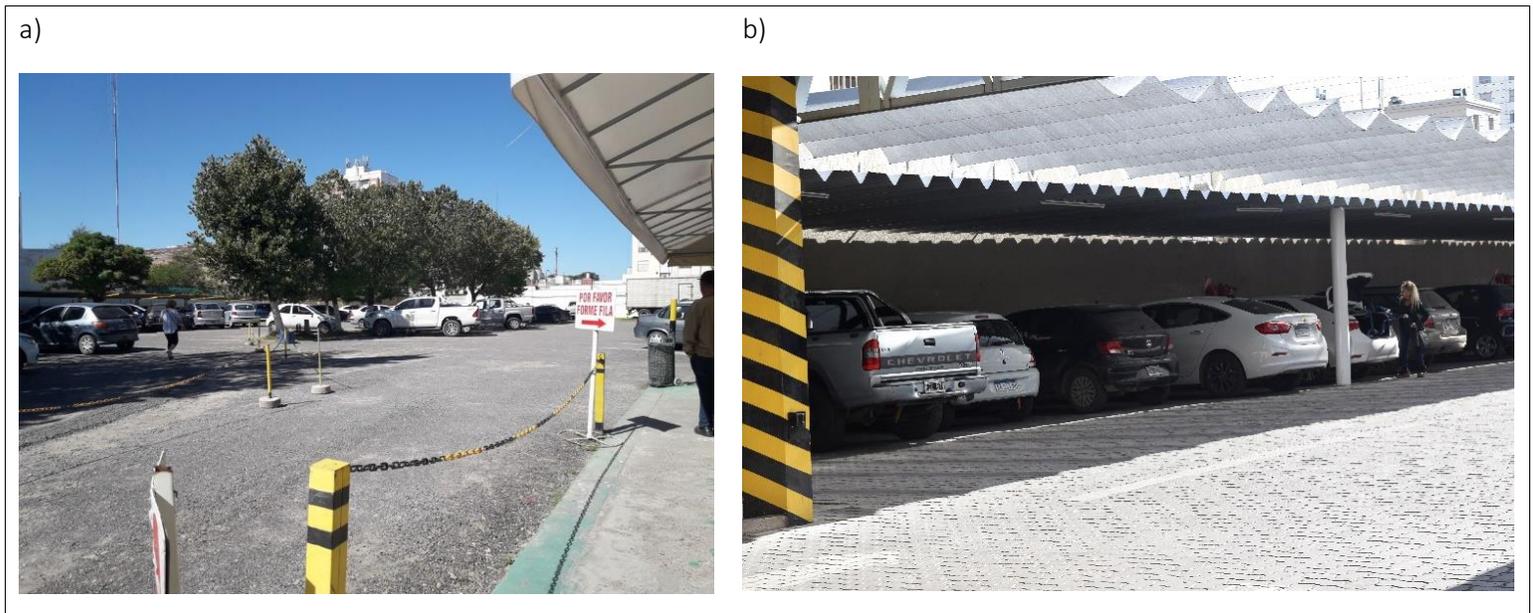
7.2.2.2. Las playas de estacionamiento y las problemáticas ambientales urbanas

Como tipología de uso de suelo urbano con una presencia creciente en los últimos años, se considera fundamental conocer la influencia de estos espacios en las problemáticas ambientales urbanas. Se analizó la presencia/ausencia de vegetación,

los tipos de cubierta para vehículos y el material constitutivo de los pisos como elementos con incidencia directa en el ambiente urbano.

En lo que respecta a la vegetación, solo 5 playas de estacionamiento tienen ejemplares arbóreos y solo una de ellas presenta más de un ejemplar (Fig. 7.21). El césped como tipo de suelo resultó escaso y siempre se presentó en una forma mixta. Se identificó la falta de presencia de vegetación como una de las principales características de las playas de estacionamiento del microcentro de la ciudad. La ausencia de especies arbóreas es una problemática hallada también por otros investigadores en el análisis de estos espacios (Nakamura et al. 2007; Oba y Iseki 2014). Debido a su poder de enfriamiento, la presencia de vegetación se considera una estrategia fundamental en el tratamiento de problemáticas urbanas (Scott et al. 1999; Blanchard y Tanenbaum 2003; Wong y Yu 2005; Gill et al. 2007; Onishi et al. 2010; Goodrich 2016; Knight et al. 2016; Bajsanski et al. 2016; Declet-Barreto et al. 2016).

Figura 7.21. Ejemplos de playas de estacionamiento con a) mucha vegetación y b) con escasa o nula vegetación.

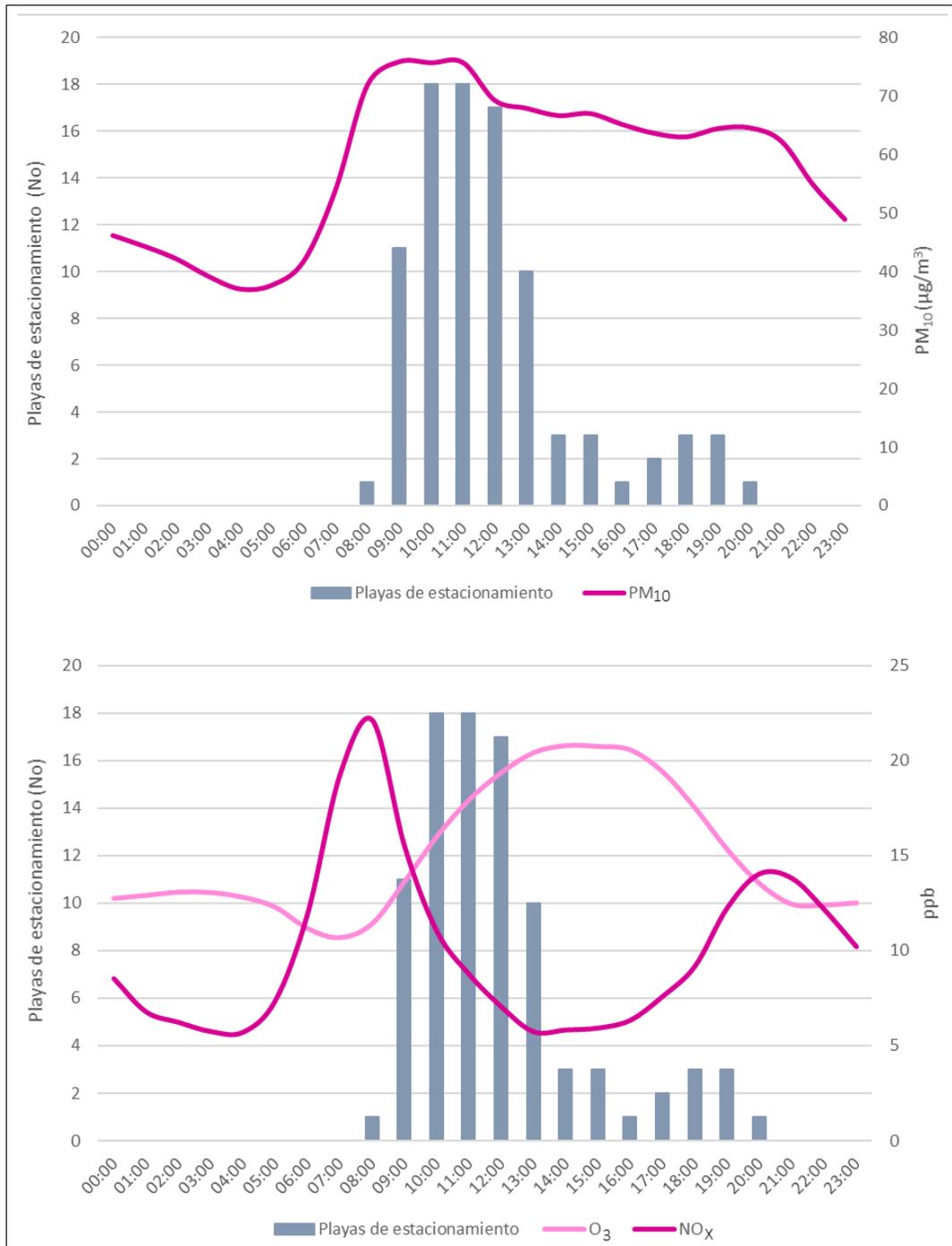


Fuente: fotografías de María Eugenia Fernández (2018).

Las playas de estacionamiento en el centro de la ciudad también se asocian a la presencia de contaminantes en la baja atmósfera. La Figura 7.22 muestra las horas de máxima ocupación derivadas de las entrevistas semi-estructuradas llevadas a cabo en el ámbito local (Hernández Sampieri et al. 2014). Entre las 10:00 h y las 13:00 h se registraron las mayores ocupaciones, con un máximo relativo entre las 14:00 h y las 15:00 h y las 18:00 h y 19:00 h. Las curvas de concentración de contaminantes permiten conocer la relación entre el tráfico automotor y la calidad del aire en la ciudad. En concordancia, el PM_{10} manifestó una distribución ascendente desde las 05:00 h, con un máximo ($76,77 \mu g/m^3$) alrededor de las 11:00 h. Los niveles del contaminante se mantienen altos durante el transcurso del día y presentan los máximos valores cuando las playas de estacionamiento registran mayor actividad. La paulatina disminución de concentración de PM_{10} entre las 12:00 h y las 18:00 h se denomina “efecto siesta” (Allende et al. 2014b; Campo et al. 2017) debido a la baja en la circulación de vehículos en las calles de la ciudad. Los óxidos de nitrógeno presentaron valores máximos entre las 07:00 h y 08:00 h y durante las primeras horas de la noche (20:00 h y 21:00 h), cuando el flujo vehicular es mayor. Con la salida del Sol, la concentración del contaminante disminuye, ya que se desencadenan reacciones fotoquímicas que posibilitan su transformación y producción de ozono en la baja atmósfera. En consecuencia, las máximas concentraciones de O_3 se registraron entre las 12:00 h y 14:00 h con un descenso gradual a partir de las 18:00 h (Campo et al. 2018). Se destacan los

NO_x como contaminantes primarios, cuya distribución depende directamente del flujo de la fuente (en particular el tráfico vehicular) y de las reacciones fotoquímicas que derivan en su transformación en ozono, que corresponde a un contaminante secundario (Bogo et al. 1999; Olcese y Toselli 2002; Han et al. 2011; Gallardo et al. 2012; Alghamdi et al. 2014; García Ferreyra 2014; Yoo et al. 2015; Cazorla 2016). Puede concluirse que el incremento de playas de estacionamiento favorece el acceso vehicular al microcentro en detrimento de otros medios de transporte más sostenibles, como transporte público o bicicleta. Esto puede contribuir a la concentración de contaminantes en el microcentro.

Figura 7.22. Horas de máxima ocupación y concentraciones de contaminantes (PM₁₀ - O₃ - NO_x) en Bahía Blanca.



Fuente: Gentili et al. (2019).

7.3. Acceso al Sol: un derecho de todos los habitantes. Análisis del marco jurídico-institucional vigente para Bahía Blanca

El porcentaje de exposición al Sol de una superficie depende del factor de cielo visible (*Sky View Factor*) es decir, de la porción de bóveda celeste visible desde un determinado punto teniendo en cuenta las obstrucciones existentes (Yamashita et al. 1986; Watson y Johnson 1987; Cheng et al. 2006; Arboit y Betman 2014; Franco-Medina y Bright-Samper 2016; Christina et al. 2017; Oke et al. 2017; Peled y Appelbaum 2017; Middel et al. 2018). Las variables morfológicas (Fig. 2.2) de las configuraciones urbano-edilicias y el arbolado urbano inciden directamente en el factor de cielo visible.

El disfrute y aprovechamiento del recurso solar en entornos urbanos no es una cuestión nueva. Desde tiempos antiguos el acceso a la insolación directa fue contemplado en la planificación urbana. Los griegos y romanos diseñaban las edificaciones con la correcta orientación y disposición de habitaciones a fin de aprovechar el recurso solar de forma pasiva (Franco-Medina 2014; Franco-Medina y Bright-Samper 2016). Los romanos fueron los primeros en incorporar en los códigos legislativos los derechos de accesibilidad solar. Más cerca en el tiempo, en la Inglaterra de 1906 se estableció un código (*The Ancient Lights Declaratory Act*) que otorgaba a los propietarios de las edificaciones protección de la disponibilidad continua de la luz del Sol desde las ventanas (Kettles 2008). En esos momentos, para el derecho la energía solar únicamente tenía relevancia en una de sus manifestaciones, la lumínica (Martín Mateo 1981). Contemporáneamente, con la crisis energética de 1970 comenzó la búsqueda de fuentes de energía alternativas. En Norteamérica fue a partir de esa década que se focalizó la discusión relativa al derecho y acceso al Sol (Eisenstadt y Utton 1976; Reitze 1976; Goble 1977; Kraemer S.F. 1977; Berryhill y Parcell 1978).

En la actualidad la legislación relativa al acceso al Sol y el aprovechamiento energético rige en 32 de los 50 estados que conforman los Estados Unidos y está dividida en dos categorías: servidumbres solares y derechos solares. Las primeras hacen referencia al acceso a la luz solar y los segundos a la instalación de sistemas captadores de energía solar. La servidumbre solar (*Solar Easement Law*) otorga a los propietarios de un edificio el derecho de proteger su acceso solar a través de acuerdos negociados previamente con los vecinos. Esta servidumbre vincula el espacio aéreo por encima de los edificios con un derecho de propiedad, mediante el cual el propietario puede disfrutar de la luz solar. Con este derecho de propiedad se controlan las obstrucciones que provienen de edificaciones vecinas, a través de una escritura que especifica alturas máximas y ángulos de incidencia. La servidumbre crea un derecho a la luz sobre la propiedad del dueño. La ley de derechos solares reconoce el derecho a los propietarios de una edificación a instalar sistemas captadores de energía solar (Kettles 2008; Cruz 2016; Franco-Medina y Bright-Samper 2016).

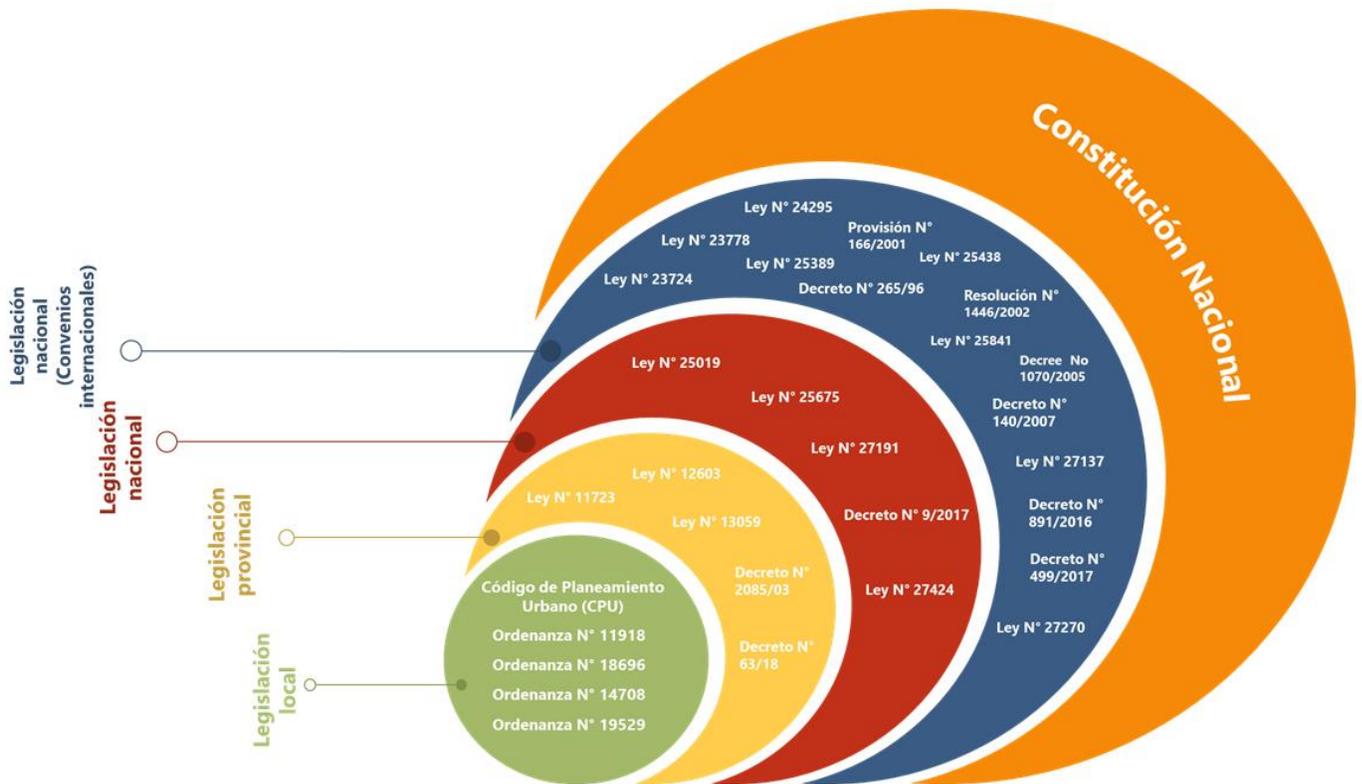
7.3.1. El acceso al Sol en la Argentina y en Bahía Blanca. Análisis del marco normativo

En la actualidad no existen en la Argentina y en Bahía Blanca en particular normativas específicas referidas al acceso y derecho al Sol. Este tema se ve indirectamente implicado en leyes nacionales, provinciales y ordenanzas municipales. La figura 7.23 muestra un esquema jerárquico de la normativa nacional, provincial y local que se relaciona directa e indirectamente con la temática de acceso y gestión del recurso solar en Bahía Blanca. La estructura jerárquica coincide con la teoría clasificatoria propuesta por Hans Kelsen (Kelsen 1960).

La figura 7.23 presenta la estructura legal analizada, donde se identifican cinco niveles. El primero de ellos se identificó en la ley suprema en la Argentina, que es la Constitución Nacional. El segundo lo conforman aquellas leyes nacionales relacionadas con protocolos o convenios internacionales. El tercero y cuarto es acerca de las leyes nacionales y provinciales respectivamente. El último hace referencia a la normativa local. Se puede observar que existe una primacía de leyes nacionales por sobre las provinciales y locales. La nacionales vinculadas a convenios internacionales son mayoría, si bien se enfocan en problemáticas ambientales globales.

La legislación relacionada al acceso al Sol se focaliza en tres grandes grupos. El primero incluye la protección del ambiente, el cambio climático y el desarrollo sostenible. El segundo se compone de leyes relacionadas con la promoción y desarrollo de energías limpias en todo el territorio nacional, lo que incluye a la producción fotovoltaica de energía (aprovechamiento solar de tipo técnico). El tercer grupo al que se hace referencia es aquella normativa referida a la regulación de las características morfológicas de los edificios públicos y privados, la densidad edilicia a escala urbana, los usos de suelo, etc. (Tabla 7.2).

Figura 7.23. Normativa según jurisdicción (nacional, provincial y local) relacionada con el acceso al recurso solar en la Argentina.



Fuente: Fernández (2020) diseñado sobre la base de diagrama provisto por PresentationGO.com.

Tabla 7.2. Normativa nacional, provincial y local que posee incidencia en la temática de acceso al Sol en entornos urbanizados.

| Temática general | Legislación | Fecha de sanción | Contenido | Jurisdicción |
|------------------|-------------------------------------|------------------|--|--------------------------------------|
| | Constitución de la Nación Argentina | 1994 | Art. 41 Reconoce el derecho a un ambiente sano y promueve la utilización racional de los recursos naturales del país | Nacional |
| | Ley N° 23724 | 13/9/1989 | Aprueba el convenio de Viena | Nacional (convenios internacionales) |

| | | | | |
|---|------------------------|------------|---|--------------------------------------|
| Protección del ambiente, cambio climático y desarrollo sostenible | Ley N° 23778 | 28/5/1990 | Aprueba el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono | Nacional (convenios internacionales) |
| | Ley N° 24295 | 7/12/1993 | Ratificación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) | Nacional (convenios internacionales) |
| | Decreto N° 265/96 | 20/3/1996 | Creación de la Oficina Programa Ozono (OPROZ) | Nacional (convenios internacionales) |
| | Ley N° 25389 | 20/11/2000 | Aprueba las enmiendas al Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono | Nacional (convenios internacionales) |
| | Ley N° 25438 | 20/6/2001 | Ratificación del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático | Nacional (convenios internacionales) |
| | Resolución 1446 / 2002 | 27/12/2002 | Creación del Grupo Consultivo denominado Grupo Consultivo Científico y Técnico del Ozono (GRUCOCIEN) | Nacional (convenios internacionales) |
| | Ley N° 25841 | 26/11/2003 | Acuerdo Marco sobre el Medio Ambiente del MERCOSUR | Nacional (convenios internacionales) |
| | Decreto 1070/2005 | 1/9/2005 | Creación del Fondo Argentino del Carbono | Nacional (convenios internacionales) |
| | Ley N° 27137 | 29/4/2015 | Aprueba la enmienda de Doha al Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático | Nacional (convenios internacionales) |
| | Decreto 891/2016 | 25/7/2016 | Creación del Gabinete Nacional de Cambio Climático | Nacional (convenios internacionales) |
| | Ley N° 27270 | 1/9/2016 | Aprueba el Acuerdo de París | Nacional (convenios internacionales) |
| | Decreto 499/2017 | 12/7/2017 | Designación de organismo responsable de coordinar las acciones necesarias para la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. | Nacional (convenios internacionales) |

| | | | | |
|------------------|----------------------|------------|---|------------|
| | Ley N° 25675 | 6/11/2002 | Ley General del Ambiente. Presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. | Nacional |
| | Ley N° 11723 | 9/11/1995 | Reconoce el derecho de todos los habitantes de gozar de un ambiente sano. | Provincial |
| Energías limpias | Ley N° 25019 | 23/9/1998 | Declara de interés nacional la generación de energía eólica y solar en todo el territorio nacional | Nacional |
| | Disposición 166/2001 | 16/10/2001 | Creación del Programa Nacional de Energías y Combustibles Alternativos y Sustentables | Nacional |
| | Ley N° 26190 | 6/12/2006 | Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica. | Nacional |
| | Decreto 140/2007 | 21/12/2007 | Creación del Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía | Nacional |
| | Ley N° 27191 | 23/9/2015 | Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Modifica a la Ley N° 26190 | Nacional |
| | Decreto N° 9/2017 | 1/3/2017 | Declara el año 2017 como el Año de las Energías Renovables | Nacional |
| | Ley N° 27424 | 27/12/2017 | Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública | Nacional |
| | Ley N° 12603 | 16/11/2000 | Declara de interés provincial la generación y producción de energía eléctrica a través del uso de fuentes de energía renovables. Derogada por la Ley N°14838 | Provincial |
| | Decreto N° 2085/03 | 24/10/2003 | Aprueba el Convenio de Participación en el Proyecto Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER) | Provincial |
| | Ley N°14838 | 22/9/2016 | Declara que la Provincia adhiere a la ley Nacional N° 26190 y su modificatoria, la ley N° 27191 | Provincial |

| | | | | |
|--|-------------------------------|------------|---|------------|
| | Decreto N° 63/18 | 14/2/2018 | Convenio Ampliatorio de Participación en el Proyecto Energías Renovables en Mercados Rurales II (PERMER II) | Provincial |
| | Ordenanza Municipal N° 11918 | 11/7/2002 | Declara de Interés del Honorable Concejo Deliberante de la ciudad de Bahía Blanca la generación y uso de energía eléctrica proveniente del aprovechamiento y transformación de la energía eólica. Derogada por la Ordenanza Municipal N° 18696. | Local |
| | Ordenanza Municipal N° 18696 | 25/7/2016 | Establece un Régimen de Fomento y Promoción Municipal para el uso de Fuentes Renovables de Energía, destinado a la Producción de Energía Eléctrica. Adhiere a la Ley Nacional N° 27191. | Local |
| | Ordenanza Municipal N° 19529 | 29/11/2018 | Establece el Convenio Marco – Mesa de Energías Renovables y el Convenio Marco y Protocolo N° 1 suscripto entre la Municipalidad de Bahía Blanca y la Fundación del Sur para el Desarrollo Tecnológico – FUNDASUR | Local |
| Características morfológicas edilicias | Ley N°13059 | 4/7/2003 | Establece las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios | Provincial |
| | Código de Planeamiento Urbano | 1993 | Reglamenta el Centro Libre de Manzana | Local |
| | Ordenanza Municipal N° 14708 | 11/3/2008 | Modificaciones del Código de Planeamiento urbano. Establece máximas alturas edificables según las características de las parcelas urbanas. | Local |

Fuente: Fernández (2020).

Normativa referida a la protección del ambiente, el cambio climático y el desarrollo sostenible
 . La Constitución Nacional y el derecho a un ambiente sano

La Constitución Argentina establece que la Argentina está formada por provincias autónomas y un gobierno nacional. Cada provincia posee su propia Constitución. El gobierno nacional asegura a cada provincia el ejercicio de sus propias instituciones. La reforma constitucional de 1994 consagró explícitamente la protección del ambiente. El artículo 41 establece que “todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo (...). Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la

información y educación ambientales. Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales. (...)”. Conforme a ello, al Estado Nacional le corresponde sancionar la legislación general que contiene presupuestos comunes de protección ambiental, mientras que a las provincias les corresponde complementar dichas legislaciones (Casola y Freier 2018).

En ese marco de concertación federal se encuentran las leyes nacionales relacionadas con protocolos internacionales. Puede observarse que desde 1989 en adelante la Argentina ha asumido el compromiso legal de formular y actualizar regularmente programas nacionales de desarrollo sostenible y mitigación y adaptación al cambio climático.

7.3.1.1.2. Los Convenios Internacionales en la legislación argentina

En el año 1989 se promulgó la Ley N° 23724 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 1989) que aprobó el **convenio de Viena** para protección de la capa de ozono, adoptado en Viena el 22 de marzo de 1985. La ley menciona la adopción de medidas legislativas y la coordinación de políticas apropiadas para controlar, limitar, reducir o prevenir las actividades que tienen o pueden tener efectos adversos como resultado de la modificación de la capa de ozono. Las leyes N° 23778 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 1990) y N° 25389 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 2000) aprobaron el **Protocolo de Montreal** relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono y sus enmiendas. Tanto el convenio de Viena como el Protocolo de Montreal tienen por objeto proteger la capa de ozono de las alteraciones causadas por la actividad humana. Sin embargo, mientras que en el Convenio de Viena se recomienda hacer investigaciones sobre el agotamiento de la capa de ozono, sus causas y sus efectos adversos, en el Protocolo de Montreal se establecen restricciones a la producción, consumo y comercio de las Sustancias Agotadoras del Ozono (SAO), siendo el protocolo la base práctica sobre la cual las partes de ambos tratados actúan. Con el propósito de dar cumplimiento a los compromisos internacionales, la República Argentina presentó ante el Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal (CEFMPM) el Programa País para la eliminación del consumo de las SAO. A través del Decreto N° 265/96 (Poder Ejecutivo Nacional 1996) fue creada la Oficina Programa Ozono (OPROZ), la cual tiene a su cargo la ejecución del Programa País, cuya ubicación se encuentra en el ámbito de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. En el año 2002 mediante la Resolución 1446/2002 (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable 2002) se creó un grupo consultivo denominado Grupo Consultivo Científico y Técnico del Ozono (GRUCOCIENT) que comprenda a científicos y técnicos involucrados en los estudios de mediciones de capa de ozono, radiaciones UV y de impacto sobre el medio natural y antropogénico, incluyendo los efectos sobre la salud humana.

En el año 1993 la Ley N° 24295 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 1993) ratificó la **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático** (CMNUCC). El 20 de junio del año 2001 se promulgó la Ley N° 25438 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 2001), que ratificó el **Protocolo de Kyoto** de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático adoptado en Kyoto (Japón) el 11 de diciembre de 1997. En este marco, se hizo hincapié la necesidad de elaborar políticas y medidas vinculadas al desarrollo sostenible, entre las que se encuentran el fomento de la eficiencia energética, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía. En el año 2005 se creó el Fondo Argentino del Carbono mediante el Decreto 1070/2005 (Poder Ejecutivo Nacional 2005) con el objetivo de facilitar e incentivar el desarrollo de proyectos del Mecanismo para un Desarrollo Limpio en la República Argentina. En el año 2016 mediante el Decreto 891/2016 se creó el Gabinete Nacional de Cambio Climático (Poder Ejecutivo Nacional 2016), que tiene la finalidad de articular procesos participativos y de sinergia entre el gobierno nacional y las provincias a fin de integrar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. Mediante la Ley N° 27270 se aprobó el **Acuerdo de París** (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 2016), hecho en la ciudad de París el 12 de diciembre de 2015, cuyo objeto consiste en reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza. Al formar parte de este acuerdo, la República Argentina asumió el compromiso de

reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en función de sus prioridades nacionales. En su contribución se obligó a alcanzar la reducción de sus emisiones de GEI del 15 % en el año 2030 (Martínez y Porcelli 2018). Ese mismo año mediante la Ley N° 27137 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 2015a) se aprobó **la enmienda de Doha al Protocolo de Kyoto** de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que establece un segundo periodo de compromiso (2013-2020) para el Protocolo de Kyoto. En este aspecto, la incorporación de Energías Renovables deben ser parte de la contribución nacional, ya que el sector energético es el que más ha aumentado su participación en el total de las emisiones de gases de efecto invernadero (Martínez y Porcelli 2018). En el año 2017 mediante el Decreto 499/2017 se designó un organismo responsable de coordinar las acciones necesarias para la efectiva implementación de la **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible** aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en el año 2015.

A nivel latinoamericano en el año 2003 la Ley N° 25841 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 2003) se aprobó el **Acuerdo Marco sobre el Medio Ambiente del MERCOSUR**, donde los estados parte reafirman su compromiso con los principios enunciados en la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1992). En este marco se promueve la protección del medio ambiente y del aprovechamiento más eficaz de los recursos y se promueve el desarrollo sustentable por medio del apoyo recíproco entre los sectores ambientales y económicos.

7.3.1.1.3. Normativa nacional y provincial

En lo que respecta a las leyes nacionales, la Ley N° 25675 denominada Ley General del Ambiente (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 2002) establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Esta ley establece el principio de progresividad, según el cual los objetivos ambientales deben ser logrados a través de metas que faciliten la adecuación correspondiente a las actividades relacionadas con esos objetivos ambientales.

A nivel provincial (Fig. 7.23), la Ley N° 11723 de la provincia de Buenos Aires (Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires 1995) reconoce el derecho de todos los habitantes de gozar de un ambiente sano y a participar de los procesos en los que se involucre el manejo de los recursos naturales y la protección, conservación, mejoramiento y restauración del ambiente en general.

7.3.1.2. Promoción y desarrollo de energías limpias en la legislación argentina

7.3.1.2.1. Normativa nacional

En lo referido al recurso energético, ya para 1998 la Ley N° 25019 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 1998) declaró de interés nacional la generación de energía eólica y solar en todo el territorio nacional mediante un régimen de promoción de la investigación y uso de energías no convencionales o renovables y beneficios de índole impositivo aplicables a la inversión de capital destinada a la instalación de centrales y/o equipos eólicos o solares. Esta ley constituye la primera declaración de interés de la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio nacional y el primer esquema de incentivo en términos de remuneración de la energía. El 24 de octubre de 2011 se creó el Programa Nacional de Energías y Combustibles Alternativos y Sustentables mediante la Disposición 166/2001 (Subsecretaría de Ordenamiento y Política Ambiental 2001), con el fin de generar tecnologías y procedimientos para el desarrollo de energías limpias. En dicha disposición se menciona la coordinación en el desarrollo de estudios sobre la energía solar y su transformación.

El Decreto 140/2007 (Poder Ejecutivo Nacional 2007) declaró de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía y creó el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía destinado a contribuir y mejorar la eficiencia energética de los distintos sectores consumidores de energía.

La Ley N° 27191 sancionada en el año 2015 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 2015b) establece las modificaciones a la Ley N° 26190 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 2006) denominada Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Esta

establece como objetivo lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta el 8 % del consumo de energía eléctrica nacional en 2017 y hasta el 20 % al 31 de diciembre del 2025. Para el logro del objetivo propuesto la ley establece distintas herramientas. Por un lado, amplía el elenco de fuentes renovables de energía incluyendo la undimotriz, de las corrientes marinas y biocombustibles. En este marco legal se lanzó el proyecto RenovAr en sus dos versiones: RenovAr 1 y RenovAr 2. El Programa RenovAr es una Convocatoria Abierta Nacional e Internacional para la calificación y adjudicación de ofertas para la celebración de contratos de abastecimiento de energía eléctrica generada a partir de fuentes renovables (Franco et al. 2017).

El Decreto N° 9/2017 (Poder Ejecutivo Nacional 2017) declaró el año 2017 como el Año de las Energías Renovables. A esta declaración formal del Poder Ejecutivo se sumó la Ley N° 27424 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 2017) que creó el Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública. Esta ley tiene por objeto fijar las políticas y establecer las condiciones jurídicas y contractuales para la generación de energía eléctrica de origen renovable por parte de usuarios de la red de distribución, para su autoconsumo, con eventual inyección de excedentes a la red. A su vez, declaró de interés nacional dicho tipo de generación y establece que todo usuario de la red de distribución tiene derecho a instalar equipamiento para la generación distribuida de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. Por otro lado, todo proyecto de construcción de edificios públicos nacionales deberá contemplar la utilización de algún sistema de generación distribuida proveniente de fuentes renovables. Al permitir que se genere en el punto de consumo, esta ley avala la democratización del sistema energético y se amplían las posibilidades para generar energía renovable. De esta manera, quienes instalen tecnologías de generación de energía limpia en sus hogares contribuirán en su lucha contra el cambio climático. Desde esta perspectiva, cada casa podrá ser un punto de distribución, aprovechando los recursos para generar energía *in situ* (Martínez y Porcelli 2018).

7.3.1.2.2. Normativa provincial

El artículo 1° de la Ley N° 12603 (Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires 2000b) declara de interés provincial la generación y producción de energía eléctrica a través del uso de fuentes de energía renovables. Si bien constituye un primer antecedente respecto a las energías renovables en la provincia, esta ley fue derogada en el año 2016 por la N° 14838 (Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires 2016). En su artículo 1° esta nueva ley declara que la provincia adhiere a la ley nacional N° 26190 y su modificatoria la Ley N° 27191. Por otro lado, se invita a los municipios de la provincia a adherir a la ley y a brindar los beneficios impositivos que resulten necesarios a los fines de promover la producción de la energía eléctrica mediante fuentes renovables de energía. Asimismo, el Decreto Provincial N° 2085/03 (Poder Ejecutivo de la Provincia de Buenos Aires 2003) aprobó el Convenio de Participación en el Proyecto Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER). Dicho programa se lleva adelante desde el año 2000 a través de la Unidad Coordinadora del Proyecto (UCP) dependiente de la Subsecretaría de Energías Renovables de la Secretaría de Energía Eléctrica del Ministerio de Energía y Minería de la Nación y ha contribuido a proveer de abastecimiento eléctrico a viviendas e instituciones de servicios públicos rurales a través de la utilización de fuentes de generación de energías renovables. El mismo ha tenido una continuación denominada PERMER II. En el año 2018 la provincia de Buenos Aires firmó un Convenio Ampliatorio de Participación en dicho proyecto mediante el Decreto 63/18 (Poder Ejecutivo de la Provincia de Buenos Aires 2018).

7.3.1.2.3. Normativa municipal

En lo referido a las ordenanzas municipales y el fomento de las energías limpias (Fig. 7.23), en el año 2002 se sancionó la Ordenanza Municipal N° 11918 (Municipalidad de Bahía Blanca 2002) que declaraba de Interés del Honorable Concejo Deliberante de la ciudad de Bahía Blanca la generación y uso de energía eléctrica proveniente del aprovechamiento y transformación de la energía eólica en el ámbito del partido de Bahía Blanca. Esta fue derogada por la Ordenanza Municipal N° 18696 (Municipalidad de Bahía Blanca 2016a) denominada “Estableciendo un Régimen de Fomento y Promoción

Municipal para el uso de Fuentes Renovables de Energía, destinado a la Producción de Energía Eléctrica”. Esa ordenanza adhiere a la Ley Nacional N° 27191 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 2015b) sobre el Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Asimismo, declara de Interés Municipal la generación de energía eléctrica en el partido de Bahía Blanca a partir del uso de Fuentes de Energía Renovables con destino al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), a la prestación de servicio público de electricidad o a la autogeneración, como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y la fabricación de componentes locales para su integración a equipos de generación con esa finalidad. Bajo este marco, establece beneficios fiscales para titulares de proyectos de inversión y los concesionarios de obras nuevas de producción de energía eléctrica generada a partir del uso de Fuentes de Energía Renovables. En el año 2018 mediante la Ordenanza N° 19529 (Municipalidad de Bahía Blanca 2018) se establece el Convenio Marco – Mesa de Energías Renovables celebrado entre los Municipios del Sudoeste Bonaerense y el Convenio Marco y Protocolo N° 1 suscripto entre la Municipalidad de Bahía Blanca y la Fundación del Sur para el Desarrollo Tecnológico – FUNDASUR. El primero tiene por objeto formalizar políticas de desarrollo regional basado en la industria de las energías renovables y el segundo realizar actividades para la promoción y ejecución de proyectos técnicos, capacitaciones (entre otras actividades) que permitan el fortalecimiento de la región como área de desarrollo de emprendimientos de energías renovables.

7.3.1.3. La legislación referida a las características morfológicas urbanas/edilicias

7.3.1.3.1. Normativa nacional y provincial

Se analizaron las normativas que regulan las características morfológicas edilicias, en el marco del artículo 2° del Decreto Nacional 170/2007 (Poder Ejecutivo Nacional 2007) se estableció las implementaciones medidas a corto y mediano plazo. Entre ellas, iniciar las gestiones conducentes para la reglamentación del acondicionamiento térmico en viviendas, establecer exigencias de aislamiento térmico de techos, envolventes, ventanas y pisos ventilados de acuerdo a diferentes zonas térmicas del país. También incluir el uso óptimo de la energía solar en la fase del diseño arquitectónico y en la planificación de las construcciones (tanto para calentamiento como para iluminación).

A nivel provincial la Ley N° 13059 (Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires 2003) reglamenta las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios en la provincia de Buenos Aires. Todas las construcciones públicas y privadas destinadas al uso humano que se construyan en el territorio de la provincia de Buenos Aires deberán garantizar un correcto aislamiento térmico, de acuerdo a las variables climatológicas, las características de los materiales utilizados y a la orientación geográfica de la construcción entre otras. Esta normativa define la aplicación obligatoria de las normas definidas por el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM)¹ referidas a acondicionamiento térmico de edificios y ventanas y serán los municipios las autoridades de aplicación. Su Decreto Reglamentario 1030/2010 (Gobierno de la Provincia de Buenos Aires 2010) establece la conformación de una Comisión Técnica encargada de coordinar el asesoramiento y capacitación a los cuerpos técnicos de cada organismo de aplicación, con asiento en el Área Evaluadora de Materiales del Instituto de la Vivienda de la Provincia de Buenos Aires. Dicha comisión está integrada por actores del ámbito público, privado, técnico y científico especialistas en el tema. Entre las normas de acondicionamiento térmico que se mencionan se encuentran las siguientes:

- Norma IRAM N° 11549: Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario
- Norma IRAM N° 11601: Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total.
- Norma IRAM N° 11603: Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina

¹ El Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) es una asociación civil sin fines de lucro técnica, independiente y representativa, que desarrolla normas con el fin de mejorar la calidad de vida, el bienestar y la seguridad de personas y bienes. Desde 1970 IRAM el sub-comité de acondicionamiento térmico desarrolla normativa relacionada con la calidad térmica edilicia.

- Norma IRAM N° 11604: Aislamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor.
- Norma IRAM N° 11605 Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- Norma IRAM N° 11625 Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación del vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- Norma IRAM N° 11630 Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.

La norma IRAM N° 11.603, (Instituto Argentino de Normalización y Certificación 2011) establece la zonificación bioambiental de la República Argentina. Para cada zona indica las características climáticas y las pautas generales de diseño, la evaluación de orientaciones más favorables y el cumplimiento de asoleamiento mínimo para edificios residenciales. Para cada una de las zonas bioambientales se detallan las orientaciones térmicas óptimas, regulares y netamente desfavorables. Para las regiones cálidas, las orientaciones térmicamente favorables coinciden con las de mínimo asoleamiento, mientras que para las regiones templadas y frías, las orientaciones con asoleamiento son las deseables. La ciudad de Bahía Blanca corresponde a una zona templada fría con una latitud por encima de los 30°, por lo que las orientaciones idóneas son noroeste, norte, noreste o este. La orientación de los locales puede disminuir el gasto de energía en calefacción e iluminación y combinados con un buen aislamiento, la necesidad de calefaccionar por una fuente convencional puede ser nula, incluso cuando las temperaturas exteriores sean muy bajas. También la norma afirma que el asoleamiento directo “proporciona beneficios psicohigiénicos, mejora la calidad de la iluminación natural y disminuye la demanda de energía convencional para calefacción”. Es por ello que se brindan recomendaciones mínimas de asoleamiento invernal que aseguran niveles mínimos de aporte de energía solar. En localidades ubicadas al norte de la latitud 47° Sur (como es el caso de Bahía Blanca), se recomienda que en cada edificio a construir se contemplen un mínimo de dos horas de Sol directo en el solsticio de invierno (23 de junio) a través de las ventanas como mínimo la mitad de los locales habitables, aceptándose como período de asoleamiento solo cuando la altura del Sol es mayor que 10° (Lanzetti 2012a, b).

7.3.1.3.2. El Código de Planeamiento Urbano de Bahía Blanca

Los códigos urbanos conforman normas que rigen el desarrollo urbano y pueden tomarse como indicadores que miden la realidad y definen la tendencia del desarrollo (Cantón y De Rosa 2004). El Código de Planeamiento Urbano y Edificación de Bahía Blanca (CPU) (Municipalidad de Bahía Blanca 1993) regula las características morfológicas edilicias de la ciudad estableciendo una zonificación que define el carácter, subdivisión de la tierra, el tejido urbano y los usos del suelo. La tabla 7.3 y la figura 7.24 muestran las zonas y distritos en los que se divide la ciudad y los indicadores urbanísticos que tienen incidencia en el acceso al Sol para cada uno de ellos. Puede observarse que son cuatro los indicadores que se mencionan. El primero, la máxima altura de edificación permitida. Este tipo de regulación afecta la altura de los techos, donde potencialmente pueden localizarse paneles solares. Asimismo, son los principales elementos productores de sombra en el ámbito urbano. Como sucede con los Códigos de Planeamiento Urbano de otras ciudades argentinas (Rosario, Córdoba, La Plata y Mendoza), en ningún momento se regula la homogeneidad morfológica mediante establecer alturas de edificación mínimas a fin de evitar sombras generadas por la diferencia de altura entre las edificaciones (Mesa et al. 2013). Por otro lado, se reglamenta el Centro Libre de Manzana con la idea de generar en ellos pulmones verdes que permitan la iluminación natural de las unidades habitacionales de las edificaciones circundantes. El centro de manzana se reglamenta de acuerdo a la zonificación y depende del tamaño de la manzana; es decir, a mayor dimensión de la manzana, es mayor el porcentaje de espacio libre destinado a centro de manzana. Además se contemplaron el FOS (Factor de Ocupación del Suelo) y el FOT (Factor de Ocupación Total). El FOS es el porcentaje máximo del terreno que es posible ocupar con

edificación en Planta Baja. El FOT es la relación del total de la Superficie Edificable y la Superficie total de la parcela, un coeficiente que indica cuántos metros cuadrados totales se pueden construir en un terreno. Para obtener la máxima superficie edificable hay que multiplicar la superficie del terreno por el FOT. Estos factores son tenidos en cuenta ya que una mayor densidad de volumen construido produce una menor disponibilidad de energía solar y mayor enmascaramiento de las superficies (Arboit et al. 2012).

Tabla 7.3. Principales zonas, y sus subdivisiones e indicadores urbanísticos relacionados con el acceso al Sol establecidas por el CPU para Bahía Blanca.

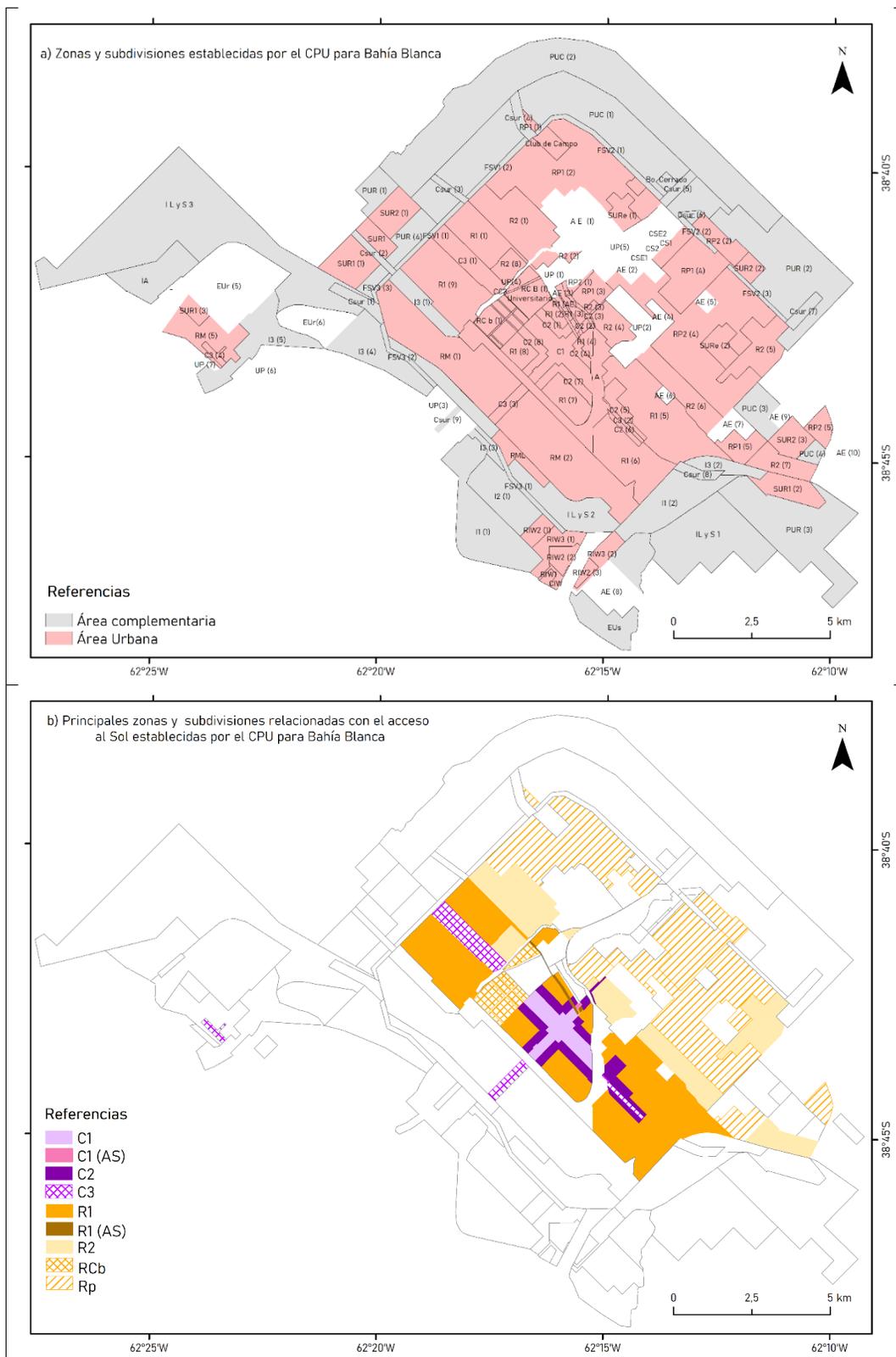
| Áreas | Subdivisión | Indicadores Urbanísticos | | | |
|-------------------------|---|--------------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------------|
| | | FOS | FOT | Altura máxima | Centro de libre manzana |
| Áreas residenciales (R) | Residencial General de Densidad Media Alta (R1) | 60 | 1,4 | 4 pisos | Ocupación 50 % hasta 4,5 m de altura |
| | Av. Alem (R1- área especial) | 60 | 1,4 | 4 o 6 pisos* ^a | Ocupación 50 % hasta 4,5m de altura |
| | Amanzamiento Euzkadi (R1 - área especial) | 60 | 1,4 | 3 pisos | Ocupación 100 % hasta 6 m de altura |
| | Residencial General de Densidad Media (R2) | 60 | 1,2 | 3 pisos | Ocupación 50 % hasta 4,5 m de altura |
| | Residencial Centro Bajo (RCb) | 60 | 1,40 | 3 pisos (<= 10 m) | L-20/2* ^b |
| | Residencial Parque de Densidad Baja (Rp) | 60 | 0,75 | 3 pisos | No se exige |
| Áreas Centrales (C) | Microcentro Direccional (C1) | 60 | 3 | 15 pisos | Ocupación 100 % hasta 6 m de altura |
| | Área Mercado Viejo (C1- área especial) | No se exige | No se exige | 25 m | No se exige |
| | Apertura Calle Drago (C1- área especial) | No se exige | No se exige | 18 m | No se exige |
| | Macrocentro Direccional (C2) | 60 | 2,4 | 11 pisos | Ocupación 100 % hasta 6 m de altura |
| | Centro Ejes de Crecimiento (C3) | 60 | 2,2 | 4 pisos | Ocupación 50 % hasta 4,5 m de altura |

*^a Se permitirán alturas de 6 pisos a partir de un retiro de edificación de 10,00 metros con respecto a la línea municipal.

*^b el Centro Libre de Manzana quedará definido por un retiro de fondo que corresponderá a la fórmula L-20/2 (Siendo "L" la longitud del lote), con las características de ocupación y altura de cada zona. En los casos de predios de longitud (L) menor a 28 m será obligatorio un retiro de fondo mínimo de 4 m (excepto en lotes de esquina).

Fuente: Fernández (2020).

Figura 7.24. a) Zonas y subdivisiones establecidas por el CPU para Bahía Blanca b) Principales zonas y subdivisiones relacionadas con el acceso al Sol establecidas por el CPU para Bahía Blanca.



Fuente: Fernández (2020) sobre la base cartográfica del Código de Planeamiento Urbano (CPU) de Bahía Blanca provisto por la Municipalidad de Bahía Blanca, disponible en <https://www.bahia.gob.ar/mapas/cpu/>.

En las zonas de la ciudad en las que existen reglamentaciones de estos parámetros, se observan diferencias. En el área residencial, la máxima altura permitida varía entre los tres y los seis pisos (solo en casos especiales). El CLM en esta área corresponde al 50 % hasta los 4,5 metros. El FOS es 60 en todas las subdivisiones y el FOT posee valores crecientes en la medida que la densidad residencial aumenta. En las zonas centrales, la altura máxima permitida de 15pisos para el microcentro y 11 pisos para el macrocentro, con 4 pisos en los ejes de crecimiento. Si bien el FOS es igual que en otros sectores urbanos, el FOT se reglamenta con valores más altos. En lo referido al CLM, se estipula una ocupación de 100 % hasta 6 m de altura. Se observa que la reglamentación urbana tácitamente favorece el acceso al Sol en ciertos sectores de la ciudad. La zona residencial posee una reglamentación más estricta en lo referido a la máxima altura permitida y el CLM. En lo que respecta a la legislación del CPU, la Ordenanza N° 14708 (Municipalidad de Bahía Blanca 2008) establece modificaciones referidas a las construcciones de viviendas multifamiliares. En el artículo 2° se establece que en parcelas menores de 10 metros de frente en el microcentro y macrocentro la altura máxima edificable serán 6 pisos. Asimismo, para construcciones de Viviendas Multifamiliares en parcelas con frente a calles o pasajes menores a 17,32 m de ancho se establece un máximo igual a la distancia que medie entre ambas líneas municipales. Estos elementos determinan el grado de obstrucción a la bóveda celeste y, por lo tanto, las solanas y umbrías urbanas el acceso a insolación directa.

7.3.2.Marco jurídico relacionado al acceso al Sol: su evolución temporal

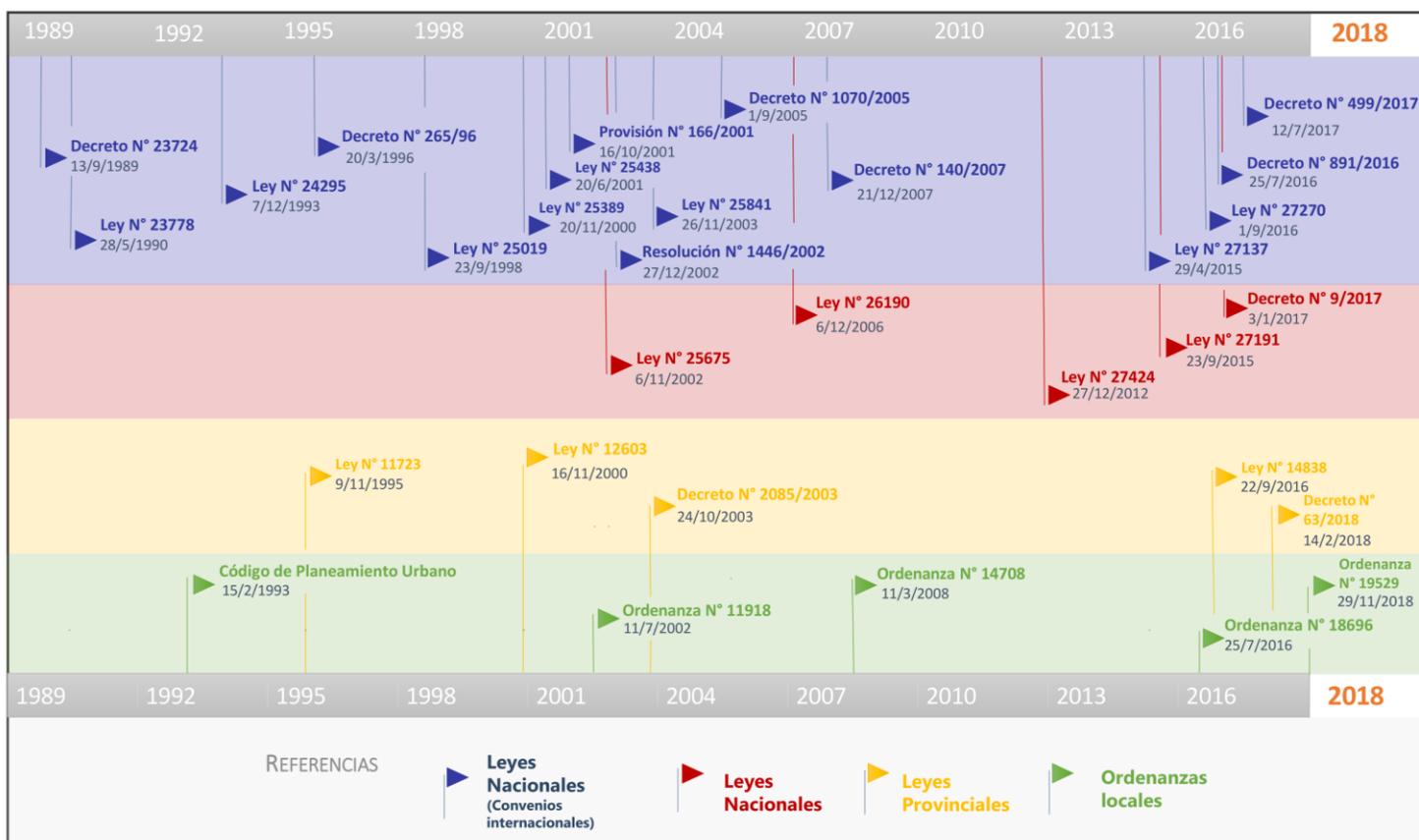
La figura 7.25 permite observar que entre 1989 y principios del año 2000 existió una predominancia de normativas relacionadas con convenios o tratados internacionales. Entre el 1995 y el 2003 primaron las normativas nacionales y provinciales relacionadas con el ambiente, como concepto global. La legislación nacional vinculada a convenios internacionales apunta principalmente a las problemáticas ambientales globales y las posibles acciones de mitigación/adaptación en el país. Los principales problemas se relacionan con el cambio climático global (1993-2016) y la disminución de la capa de ozono (1989-2002). Desde el año 2015 ambas problemáticas se homologan bajo el concepto de los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

Hasta el año 2000 el desarrollo de las energías renovables, no tuvo prácticamente participación ni fomento del Estado. A partir del año 2000 se observó un incremento de las normativas nacionales y provinciales relacionadas con las problemáticas ambientales, el desarrollo sostenible y las energías limpias. Si bien en 1998 Argentina sancionó la Ley N° 25019 por medio de la cual creó el Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar, el proyecto no prosperó por la crisis financiera que se desató a fines del año 2001 (Casola y Freier 2018). A partir del 2006, se produjo un cambio importante a nivel legislativo con la sanción de un conjunto de normativas y resoluciones que buscaron fijar lineamientos de política pública para diversificar la matriz energética nacional, entre las que se destaca la Ley N° 26190 (Clementi 2017). Inserta en otro contexto social, político y económico, la nueva ley renovó el interés en la temática incluyendo una mayor variedad de fuentes energéticas renovables (Casola y Freier 2018). Desde el año 2015 se observa una mayor vinculación entre la esfera nacional, provincial y local en lo referido a energías limpias. Se han realizado esfuerzos en términos legislativos para darle mayor institucionalidad, previsibilidad, seguridad y sustentabilidad al sector energético. A partir de este período se abrió un nuevo campo de desarrollo de las energías renovables en el país. Y ello se ha concretado por medio del programa RENOVAR, que se inserta en el cumplimiento de los objetivos establecidos por las leyes 26190 y 27191 y su decreto reglamentario 531/16 (Cassagne 2018). Cabe destacar que dentro del Programa RenovAr, la provincia de Buenos Aires es la jurisdicción que más proyectos ha adjudicado con una clara preponderancia de emprendimientos eólicos (Clementi 2017).

Muchas provincias argentinas cuentan hoy con normativa de generación distribuida de energía proveniente de fuentes renovables (Senado y Cámara de Diputados de la provincia de Jujuy 2017; Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Mendoza 2018; Senado y Cámara de Diputados de la provincia de Córdoba 2019; Senado y Cámara de Diputados de la provincia de La Rioja 2019; Senado y Cámara de Diputados de la provincia de Tucumán 2019; Senado y Cámara de Diputados de la provincia del Chubut 2019). En Santa Fe se creó el Programa “Santa Fe Avanza en la Sustentabilidad de los Edificios y Oficinas Públicas” (Poder Ejecutivo Provincia de Santa Fe 2013), entre cuyas acciones se promueven el diseño de un

programa de mejora continua en el uso racional de la energía de los sistemas de iluminación, la utilización de calefones solares para calentar agua y la generación de energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos. Por otro lado, distintos municipios del país se están desarrollando ordenanzas con el fin de promocionar el uso de las energías renovables. Por ejemplo, la Ordenanza N° 11867 de la ciudad de Santa Fe reglamenta la incorporación de sistemas de captación de energía solar térmica de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria y para la alimentación de sistemas de calefacción en Jardines Maternales de Gestión Estatal Municipal (Honorable Concejo Municipal de la Ciudad de Santa Fe 2012). Por su parte, en la Ciudad de Buenos Aires la Ley N° 4024 establece un un régimen de incentivo para promover el uso de sistemas de captación de energía solar, con el propósito de producir energía eléctrica, generar agua caliente o calefaccionar ambientes en inmuebles para viviendas individuales y colectivas, nuevas o usadas. En esta perspectiva, es coherente plantear la necesidad de promover ordenanzas solares en la ciudad de Bahía Blanca, ya sea para el aprovechamiento solar fotovoltaico o térmico. Además, para que el aprovechamiento de la energía solar urbana sea factible, es necesario proteger su libre acceso.

Figura 7.25. Temporalidad del marco jurídico nacional, provincial y local relacionada con el acceso al recurso solar en la Argentina.



Fuente: Fernández (2020).

En lo que a la legislación de Bahía Blanca respecta, la generación fotovoltaica de electricidad se legisla en conjunto con otras formas de producción energética no convencional, entre las que se mencionan la eólica, la mini-hidráulica o la proveniente de biomasa. Puede observarse que existe un vacío legal en lo referido al aprovechamiento del recurso solar y el derecho a su acceso por parte de todos los ciudadanos. No existe para la ciudad de Bahía Blanca una normativa específica relativa a

la producción fotovoltaica de energía, ya que dicho tipo de producción se incluye dentro de la legislación de energías renovables en general.

Es digno de destacar que la Argentina posee un gran compromiso legislativo respecto al cambio climático, la protección de la capa de ozono y el desarrollo sostenible. No obstante, la inadecuada articulación legislativa dificulta que la ciudad de Bahía Blanca adopte estrategias concretas en materia de aprovechamiento del recurso solar en todas sus dimensiones. Los desafíos globales deben enfrentarse desde la escala local, con un amplio marco legal articulado en todas las escalas legislativas. Si bien la legislación analizada contempla a la radiación solar como uno de los más valiosos recursos en lo referido a energías limpias, no se menciona el acceso a ella como un derecho. En el mercado inmobiliario el acceso a la luz solar posee gran valor monetario, pero la ley no lo contempla como algo exigible. Como menciona Mesa et al. (2013) es necesario legislar el libre acceso a la radiación solar de forma permanente a fin de resguardar la calidad de los espacios interiores y asegurar el potencial de implementación de energía solar. La no disponibilidad de este recurso conduce a un mayor consumo de combustibles, mayor generación de contaminantes y menor capacidad de ahorro en energía para los usuarios. Sin embargo, no existe una normativa específica relativa al derecho y acceso al Sol y tampoco referida a su gestión en la ciudad. Solo en el caso del Código de Planeamiento Urbano (CPU) y las ordenanzas municipales existen normativas que, si bien no lo mencionan de forma explícita, sí inciden en el acceso al Sol por parte de los ciudadanos.

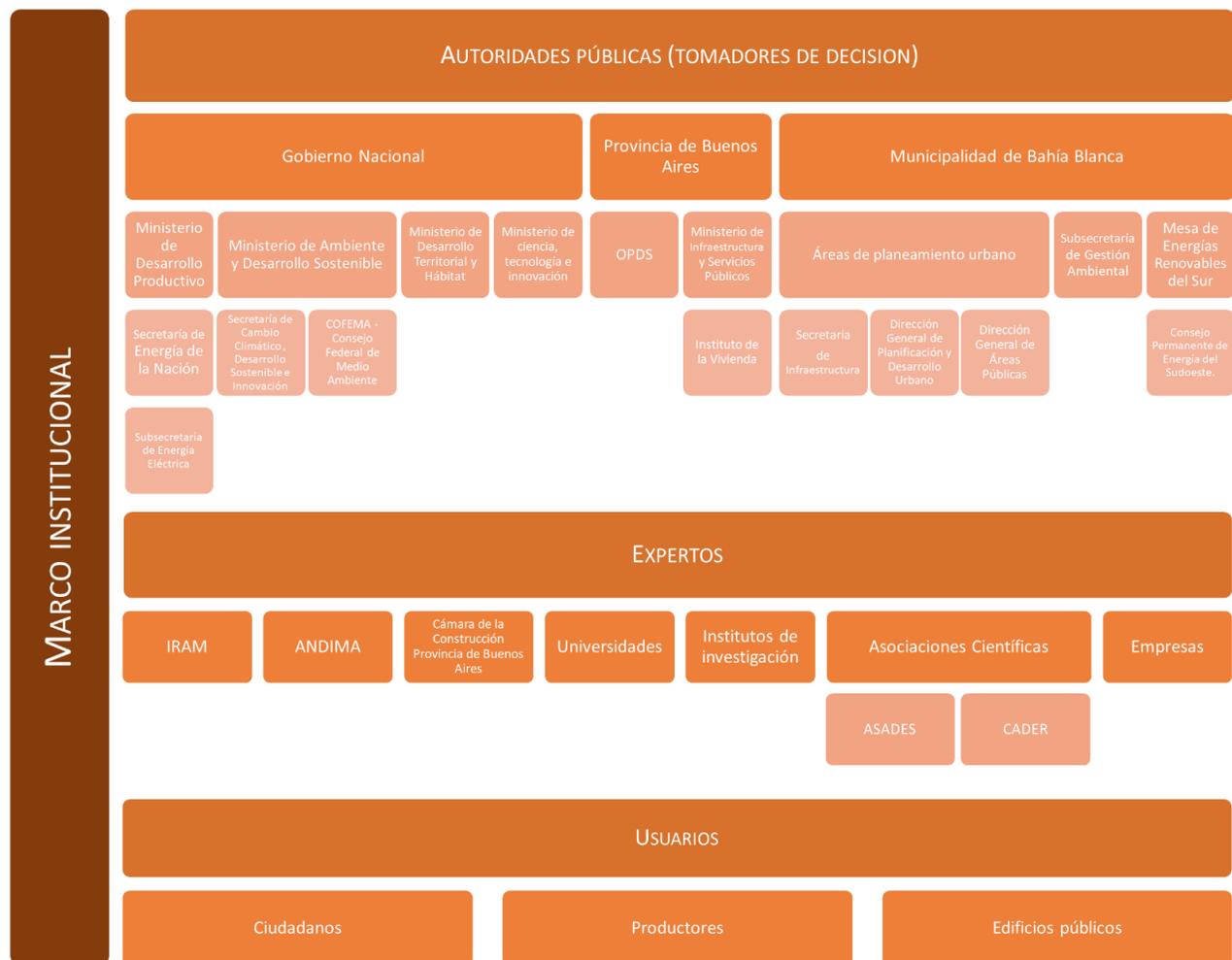
7.3.3. Análisis del marco Institucional

En la figura 7.26 se observa como se articulan, relacionan y desenvuelven las instituciones con injerencia en la temática abordada (Tapella 2007). Puede observarse que la temática de acceso al Sol se ve determinada por tres tipos de actores clave: los tomadores de decisión, los expertos y los usuarios.

Las autoridades públicas en sus diversos niveles son los organismos decisores. Toman decisiones a nivel de políticas públicas y proyectos. Se observa una polarización en las autoridades públicas relacionadas con el acceso al Sol. Por un lado, a nivel nacional, provincial y local se identifican ministerios y secretarías vinculados a la energía, el cambio climático y el medio ambiente y por el otro lado relacionadas con la infraestructura y morfología edilicia urbana (Poder Ejecutivo Nacional 2019). En lo que respecta a la energía, el Ministerio de Desarrollo Productivo que se ocupa de propuesta y ejecución de la política nacional en materia de energía, lo que incluye entender en el relevamiento, conservación, recuperación, defensa y desarrollo de los recursos naturales y en la investigación y desarrollo tecnológico en las distintas áreas de su competencia. Entre las subsecretarías dentro de su ámbito de injerencia se destaca la Subsecretaría de Energía Eléctrica, que tiene a su cargo el diseño de políticas de energías renovables. En esta línea, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se ocupa de la planificación y ordenamiento ambiental del territorio nacional y de la gestión de los recursos renovables en el mismo, con injerencia en la Secretaría de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación. Asimismo, dicho Ministerio intervendrá en el Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA), integrando y proporcionando los instrumentos administrativos necesarios para su adecuada gestión. Este organismo se creó en el año 1990, con el objetivo de coordinar la elaboración de la política ambiental entre las provincias argentinas. A pesar de que las provincias son las dueñas originarias de los recursos naturales, la protección del medio ambiente traspasa las barreras jurisdiccionales locales. Esto obedece a la intrínseca movilidad de los fenómenos ambientales, que no poseen barreras jurisdiccionalmente divisibles. Con este criterio se creó el COFEMA, como un espacio de concertación para abordar los problemas y las soluciones del medio ambiente de la República Argentina (Casola y Freier 2018). La Ley N° 25675 (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina 2002) sitúa al COFEMA como eje del ordenamiento ambiental del país. A nivel provincial, el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible es la autoridad ambiental bonaerense (Fig. 7.26). Su función es planificar y coordinar la ejecución de la política ambiental de la provincia. Para ello, se coordinan programas orientados a la conservación y la protección de los recursos naturales. Esta entidad coordina esfuerzos con otros organismos y municipios de la provincia en todo aspecto de competencia ambiental, como la inspección del cumplimiento de las normas vigentes por parte de las empresas e industrias en todo el territorio. Lleva adelante el control y fiscalización de los recursos que se puedan ver

afectados por contaminación (agua, aire, y suelo) o el impacto ambiental. Por otro lado, la Subsecretaría de Gestión Ambiental es la autoridad local que tiene la misión de conciliar las actividades humanas y el medio ambiente en un equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos, protección y conservación del ambiente y promoción de la salud en el marco de un desarrollo sustentable y sostenible. En este contexto en el año 2018 ocho municipios del suroeste de la provincia de Buenos Aires (incluido el de Bahía Blanca) conformaron un grupo de trabajo enfocado en las energías renovables, inaugurado en el marco de la Mesa de Energías Renovables del Sur. Este encuentro tuvo como fin diseñar un plan regional de desarrollo con eje en las energías, gestionar capacitaciones en los oficios requeridos para la construcción y mantenimiento de obras y homogeneizar los criterios contables sobre tributos, tasas, disposiciones y similares documentos comunes a los municipios. Se estableció la creación de un Consejo Permanente de Energía del Sudoeste, que confeccionará un plan estratégico energético regional para el período 2018-2021.

Figura 7.26. Instituciones con injerencia directa o indirecta en lo referente al acceso al Sol en la Argentina.



Fuente: Fernández (2020).

Entre los organismos decisores también se encuentran aquellos vinculados al desarrollo urbano sustentable y la morfología edilicia, se destacan las funciones de los Ministerios de Desarrollo Territorial y Hábitat y de Ciencia, Tecnología e Innovación. El primero posee un alto grado de injerencia en la temática de acceso al Sol y aprovechamiento energético del recurso. Entre sus competencias, se destaca promover el desarrollo de tecnologías (materiales, estandarización y equipamiento)

sostenibles y modelos energéticos sostenibles, en constante coordinación con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Además, se espera que este Ministerio intervenga en el desarrollo de ciudades integradas, sostenibles y resilientes y en la planificación sostenible del territorio (Poder Ejecutivo Nacional 2019) (Fig. 7.26). A nivel provincial, el Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos posee entre sus objetivos el ejercer la autoridad de aplicación de la legislación en materia de infraestructura territorial y de vivienda, desarrollando propuestas de modificación, ampliación o interpretación legislativo. Además, posee injerencia en el análisis, diagnóstico, formulación y coordinación de las políticas de reconstrucción urbana en el ámbito de la provincia de Buenos Aires. Este ministerio conforma la Comisión Técnica dispuesta por el decreto reglamentario de la Ley Provincial N° 13059 (Gobierno de la Provincia de Buenos Aires 2010), encargada de coordinar el asesoramiento y capacitación a los cuerpos técnicos de cada organismo de aplicación de la Ley de Acondicionamiento Térmico para viviendas. Esta comisión está también integrada por el Instituto de la Vivienda de la Provincia de Buenos Aires (que funciona bajo la injerencia del Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos), cuya misión es promover una política habitacional activa con el fin de constituir un hábitat digno, dotado de servicios y sin riesgo ambiental. Este instituto posee una Delegación en Bahía Blanca que mantiene contacto regional y permanente con los diversos actores sociales que buscan dar respuesta a la demanda habitacional (Municipalidades, Entidades, Organismos, adjudicatarios y/o aspirantes). A nivel local, la Secretaría de Infraestructura se encarga de la coordinación entre programas y acciones provenientes de las diferentes áreas municipales encargadas de la planificación urbana, como Catastro y Planeamiento Urbano. En lo referido a proyectos y obras, esta Secretaría define la infraestructura que requiere la ciudad, disponiendo las condiciones óptimas para espacios verdes y vías públicas.

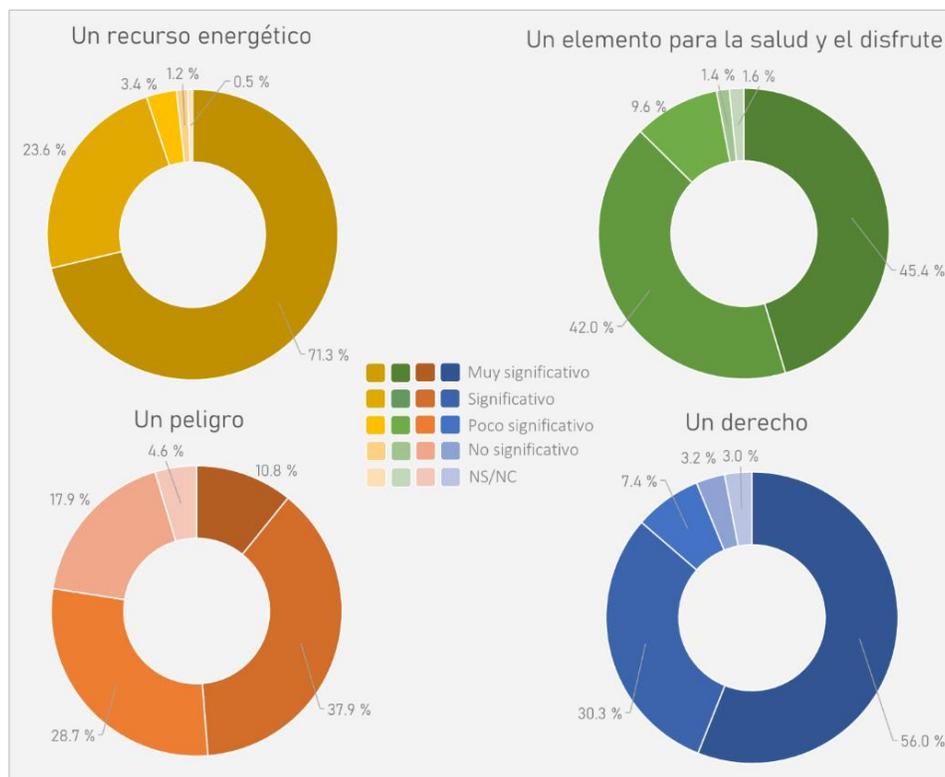
Los usuarios (Fig. 7.26) son los actores sociales destinatarios de las acciones materializadas por las autoridades públicas. En el caso de lo referido al acceso al Sol se mencionan a los ciudadanos, los productores y los edificios públicos. Los técnicos (Fig. 7.26) son aquellos que desarrollan el conocimiento y la tecnología que colaborará en asegurar el acceso al Sol para los usuarios; son investigadores, universidades y empresas. Al igual que los organismos decisores, se observa una polarización de actores en este campo. Por un lado, se identifican aquellos relacionados con la energía. Entre ellos se destacan la Asociación Argentina de Energías y Ambiente (ASADES), creada en 1974 bajo el nombre de Asociación Argentina de Energía Solar con el objetivo de constituirse como una entidad a nivel nacional que agrupe a todas aquellas vinculadas al campo de la enseñanza, investigación y aplicación de la energía solar. En 1997, la Asociación cambió su nombre por el actual, a fin de incluir un espectro más amplio de temas, pero la sigla se ha mantenido para asegurar la continuidad y su amplia difusión entre la comunidad de la energía renovable. En la actualidad, fomenta el estudio y el desarrollo de la ciencia y la tecnología relacionada con el ambiente y la aplicación de energías renovables y asesora a organismos estatales, nacionales o internacionales sobre temas de carácter científico de las energías renovables y ambiente. CADER es una asociación sin fines de lucro que tiene por objeto fomentar el desarrollo sostenible del mercado de energía a partir de fuentes renovables.

En el campo de la morfología urbana y edilicia, el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) es una asociación civil sin fines de lucro técnica, independiente y representativa, que desarrolla normas con el fin de mejorar la calidad de vida, el bienestar y la seguridad de personas y bienes. Desde 1970 IRAM el sub-comité de acondicionamiento térmico desarrolla normativa relacionada con la calidad térmica edilicia. También se identifican otras, como la Asociación Nacional de Industrias de Materiales Aislantes (ANDIMA). Este organismo tiene como objetivo promover activamente el Aislamiento térmico en la Construcción y su correcta aplicación, proporcionando servicios de capacitación, formación e información a todos los actores y eslabones que intervienen en el proceso de la construcción sostenible. La Cámara de la Construcción de la Provincia de Buenos Aires es la Delegación Provincial de de la Cámara Argentina de la Construcción. Esta institución se ocupa, entre otras cosas, de facilitar información y asesoramiento de carácter técnico, legal, económico, administrativo en lo referido a la construcción. Estas instituciones también forman parte de la Comisión Técnica dispuesta por el decreto reglamentario de la Ley Provincial N° 13059 (Gobierno de la Provincia de Buenos Aires 2010). Puede observarse que no existen instituciones a nivel nacional, provincial y local que contemplen de forma integral y sistémica todas las dimensiones del acceso al Sol.

8. PERCEPCIÓN DE LOS CIUDADANOS RESPECTO AL SOL: APROVECHAMIENTO, DISFRUTE Y SALUD, PELIGROSIDAD Y LIBRE ACCESO EN BAHÍA BLANCA

Se evaluó la percepción de los ciudadanos respecto al Sol. Se contemplaron dimensiones o aspectos desde donde abordar el estudio del Sol en relación con el hombre en sociedad, su entorno físico-natural y sus actividades, organizados en tres categorías. El Sol como un recurso (desde un punto de vista del aprovechamiento energético y para la salud y elemento de disfrute para el hombre), el Sol como un peligro y el Sol como un derecho humano fundamental. Los encuestados debieron calificar cada una de dichas dimensiones como muy significativo, significativo, poco significativo o no significativo. La figura 8.1 muestra los resultados de sus respuestas. El 71,3 % y el 56 % de los encuestados consideró muy significativo al Sol como un recurso energético y como un derecho humano. Solo un 45,4 % y un 37,9 % respondieron muy significativo al Sol como un elemento de salud y disfrute y un peligro, respectivamente. Un 11 % consideró poco y nada significativo al Sol como un elemento de salud y disfrute y un 46,6 % poco y nada significativo al Sol como un peligro para la población. Es decir, que de las dimensiones analizadas la más valorada de forma positiva por los encuestados es el Sol como un recurso energético, seguida del Sol como un derecho. El Sol como un peligro fue la que mostró el menor grado de significación de las dimensiones analizadas. En los siguientes apartados se analizarán estas dimensiones de forma individual con más detalle.

Figura 8.1. El Sol para los ciudadanos de Bahía Blanca.

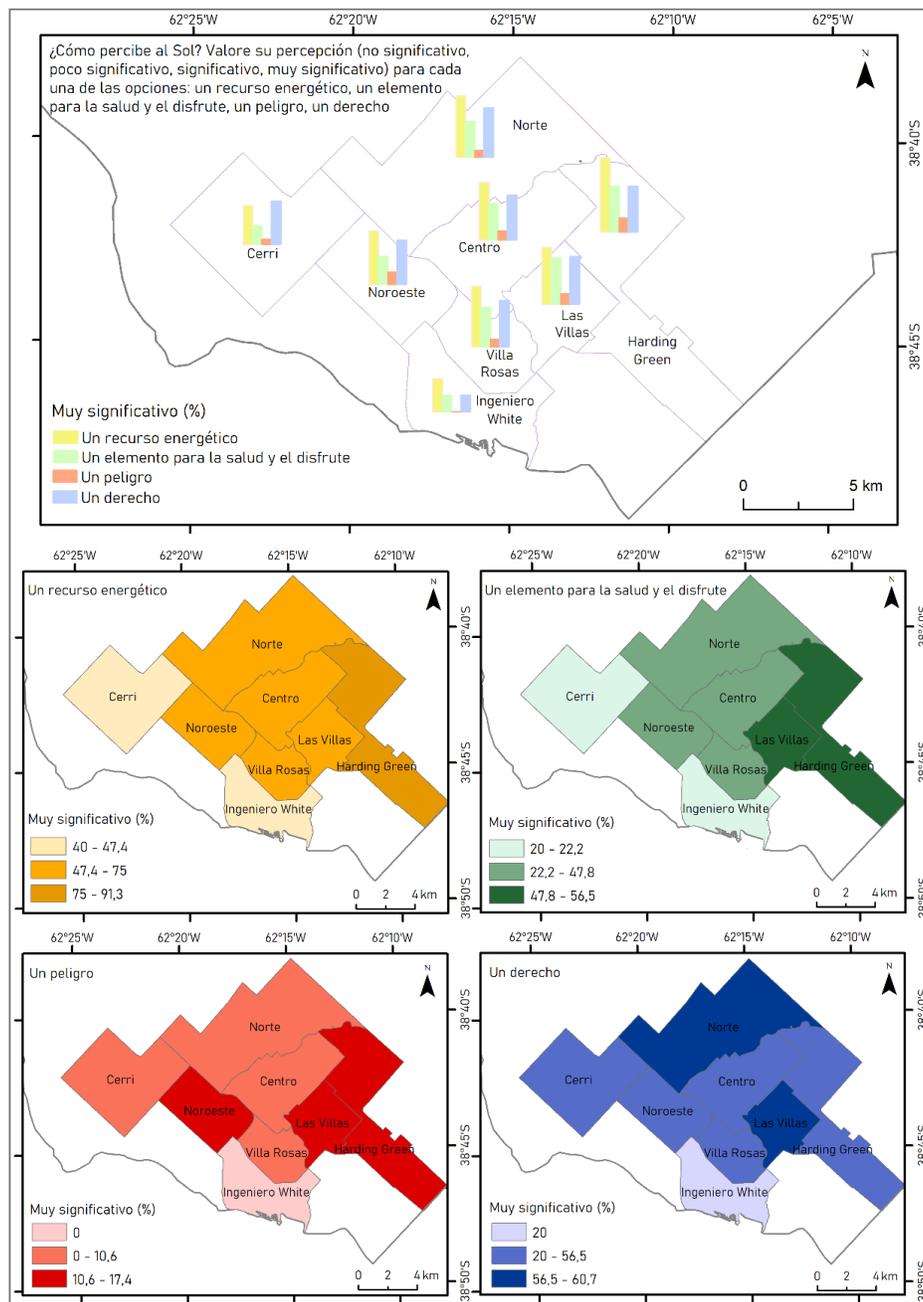


Fuente: Fernández (2020).

La figura 8.2 muestra la distribución espacial de la máxima valoración subjetiva (muy significativo) de las dimensiones planteadas. Puede observarse que, a excepción de Cerri, en todas las delegaciones la valoración "muy significativa" se hace máxima para la dimensión "recurso energético", seguida de "derecho" y "salud y disfrute". Al respecto, se observó que más del 47,4 % de las respuestas fueron "muy significativo" para la dimensión "recurso energético" en seis de las ocho delegaciones analizadas. En lo que respecta al Sol como derecho, Las Villas y Norte presentaron los máximos porcentajes de estas respuestas con más de 56,5 %. Respecto al Sol como un elemento de salud y disfrute, la figura muestra que es más

valorado en las delegaciones Harding Green y Las Villas con porcentajes de respuesta mayores al 47,8 %. En la delegación Cerri y en Ingeniero White es donde el Sol como elemento de salud y disfrute fue menos valorado con porcentajes de respuesta entre el 20 % y el 22,2 %. En todas las delegaciones analizadas los menores porcentajes de respuestas “muy significativo” correspondieron al Sol como un peligro: los máximos porcentajes son entre 10,6 % y 17,4 % de la población en las delegaciones Las Villas, Harding Green y Noroeste. Es posible inferir que este resultado se asocia a que, como se mencionó previamente, en los últimos años la diversificación de la matriz energética mediante el desarrollo de energías limpias ha sido ampliamente contemplado por las políticas públicas y la legislación nacional, provincial y local. La difusión mediática del Sol como recurso energético puede explicar la valoración subjetiva hallada en los encuestados de la ciudad.

Figura 8.2. Respuestas (%) correspondientes a valoración “muy significativa” para cada una de las dimensiones del Sol analizadas según delegaciones.



Fuente: Fernández (2020).

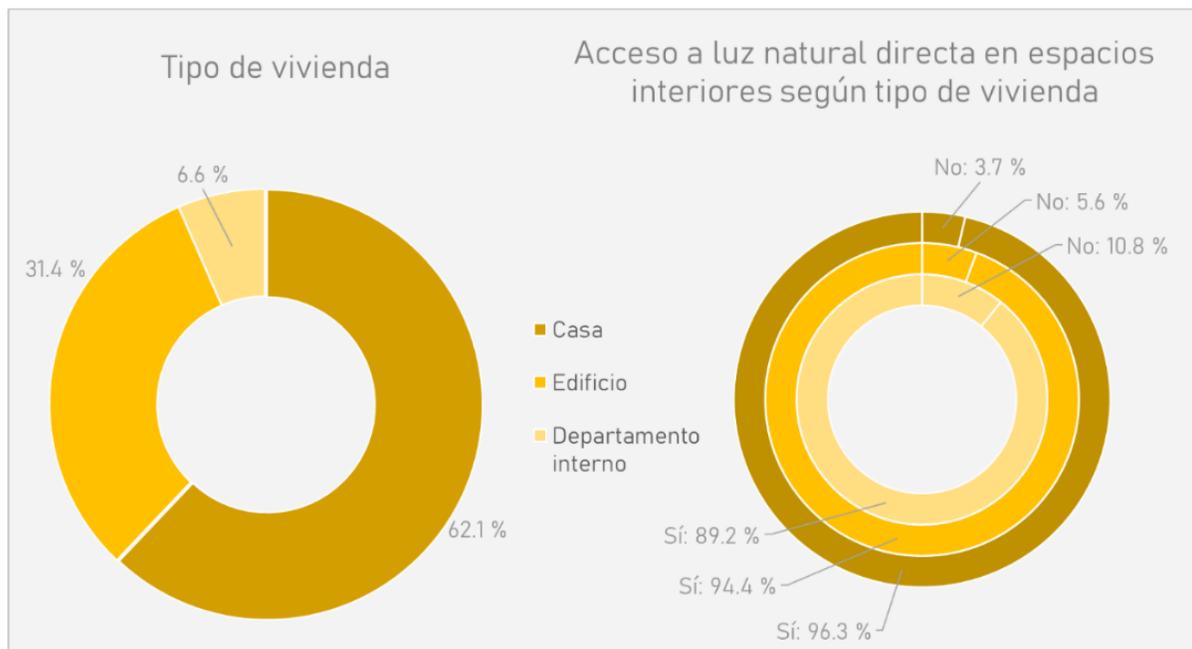
8.1. Un recurso energético

Del total de los encuestados, el 62,1 % habita en casa, el 31,4 % en edificio de apartamentos y el 6,6 % en departamento interno (Fig. 8.3). Se muestra la disponibilidad de luz solar directa, desagregada por tipo de vivienda. Los tipos de viviendas con menos acceso a la luz solar directa fueron en primer lugar los departamentos internos y en segundo lugar los edificios de apartamentos: 10,8 % y 5,6 % de los encuestados respectivamente afirmaron no tener ningún espacio con insolación directa en el interior del hogar. Sin embargo, tener acceso a luz natural directa de esta naturaleza fue considerado beneficioso por el 98,05 %.

Como puede observarse en la figura 8.4 más del 80 % de los encuestados creen que el Sol podría ser utilizado para satisfacer la demanda energética actual y considerarían la instalación de paneles fotovoltaicos para la generación de energía en su domicilio. Respecto a la gestión del recurso solar, solo el 65,2 % afirmó conocer qué es.

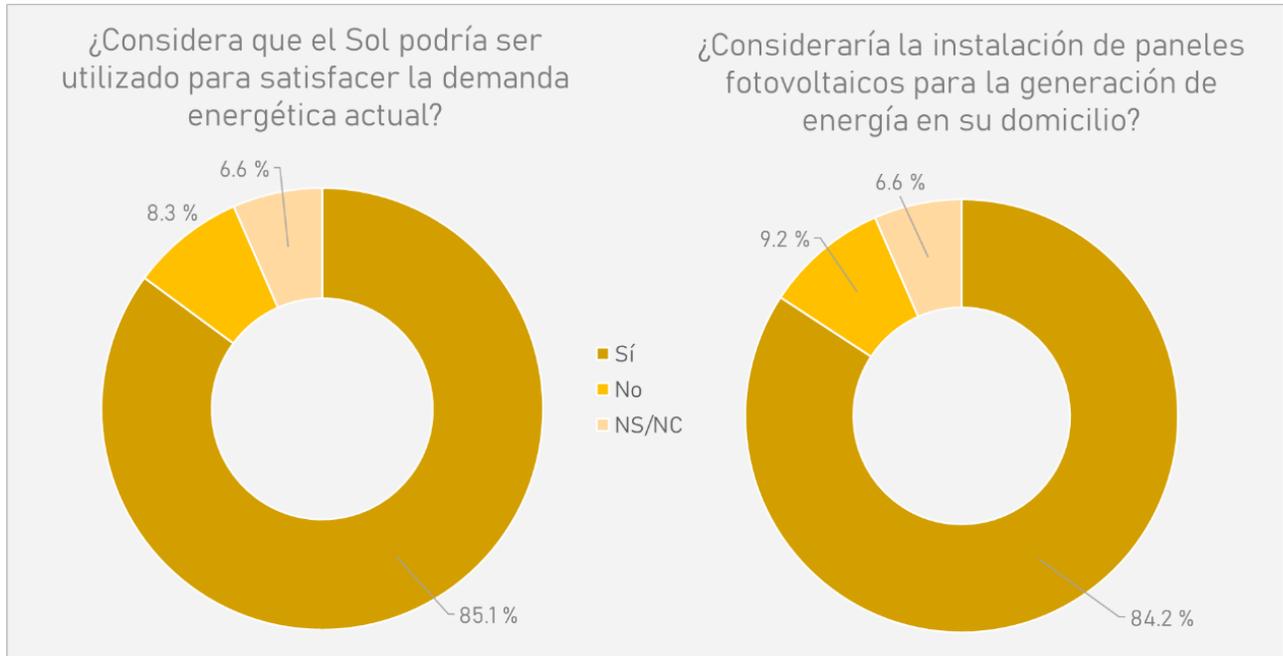
La figura 8.5 muestra que en las delegaciones Centro, Las Villas, Norte y Noroeste existen viviendas sin acceso a luz natural directa en interiores. Las Villas y Centro registran los mayores porcentajes de viviendas con esas características. En las zonas centrales esto puede relacionarse con la edificación en altura, que obstruye el acceso solar a otras edificaciones más bajas (Formiga y Marengo 2000).

Figura 8.3. Tipo de vivienda y disponibilidad de luz solar directa según tipo de vivienda.



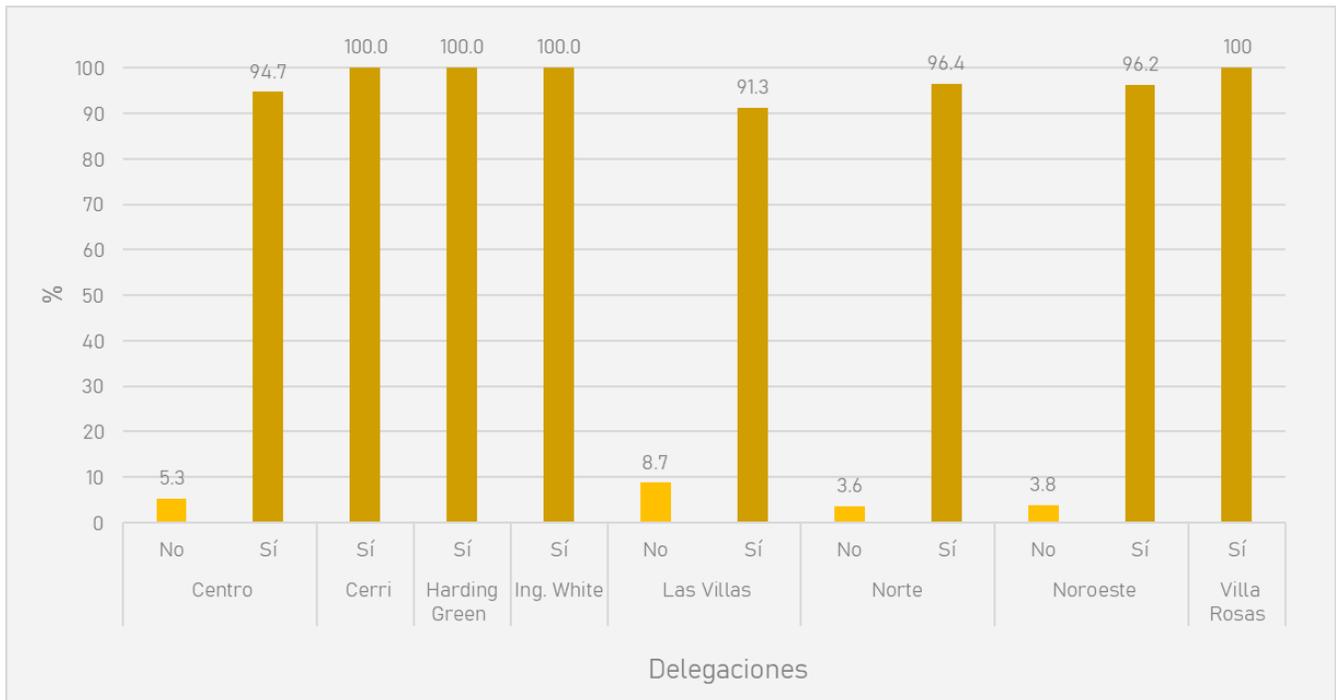
Fuente: Fernández (2020).

Figura 8.4. El Sol como recurso para satisfacer la demanda energética.



Fuente: Fernández (2020).

Figura 8.5. Acceso a luz natural directa en espacios interiores de la vivienda según delegación.

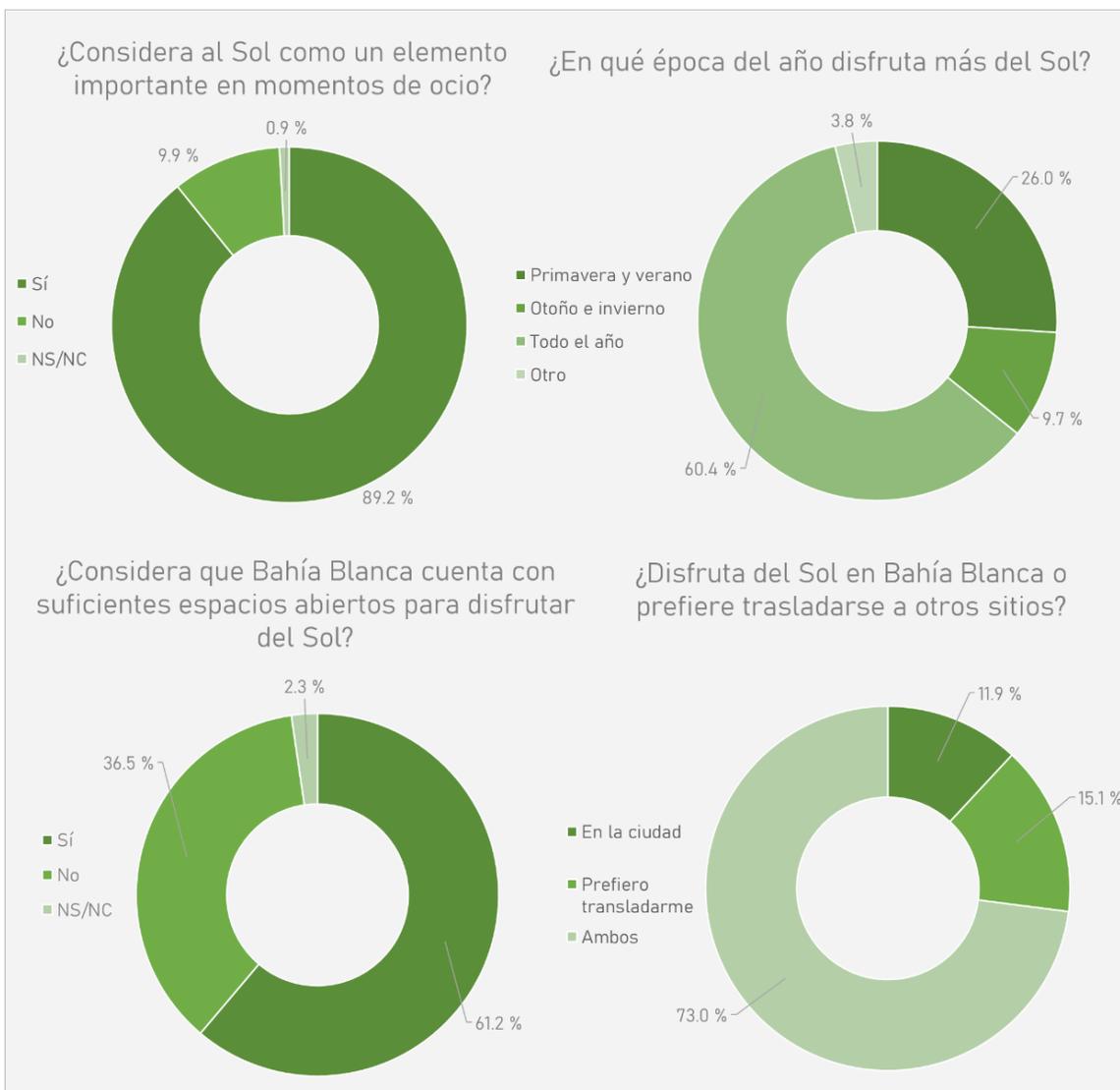


Fuente: Fernández (2020).

8.2. Un elemento de salud y disfrute

Un 89,2 % de los encuestados consideran al Sol como un elemento importante en momentos de ocio y la mayor parte de ellos disfrutan del Sol todo el año (60,4 %), mientras que un 26 % solo en primavera y verano (Fig. 8.6). Esto indica que alrededor de un 40 % de la población disfruta del Sol en temporadas específicas y no durante todo el año. Numerosos estudios han comprobado que el Sol representa un elemento ineludible en el bienestar y salud del hombre. El contacto directo con el Sol produce sensación de bienestar, es necesario en la síntesis de vitamina D en el organismo y mejora afecciones dermatológicas como la psoriasis (Gray Lovio et al. 2014). Además, influye en la producción de hormonas, el humor, los impulsos y las acciones (Partonen y Pandi-Perumal 2010; Curreli 2017). En este sentido, se identifica la necesidad de informar a la población respecto a la radiación solar como un factor importante para la salud y promover estrategias a nivel urbano que modifiquen los hábitos estacionales de disfrute del Sol. Respecto a los espacios de disfrute, más del 80 % de los encuestados disfrutan del Sol en la ciudad y un 36,5 % creen que Bahía Blanca no cuenta con suficientes espacios para ello.

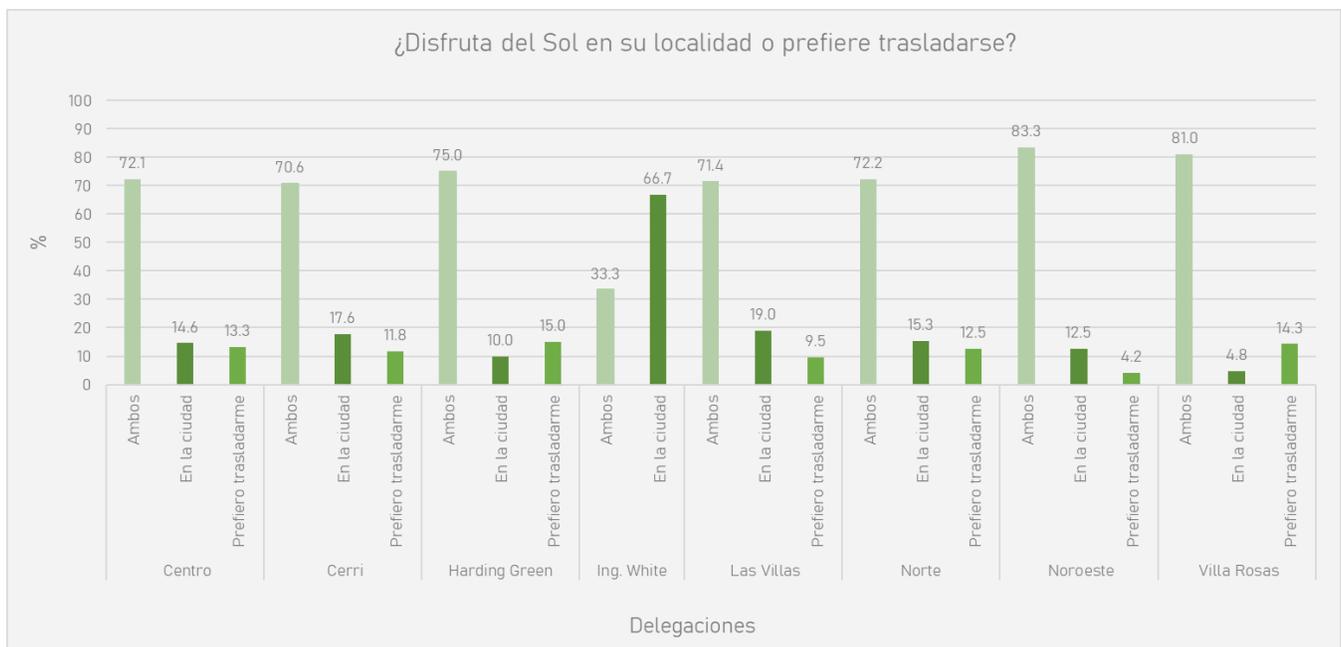
Figura 8.6. El Sol como elemento de salud y disfrute en Bahía Blanca.



Fuente: Fernández (2020).

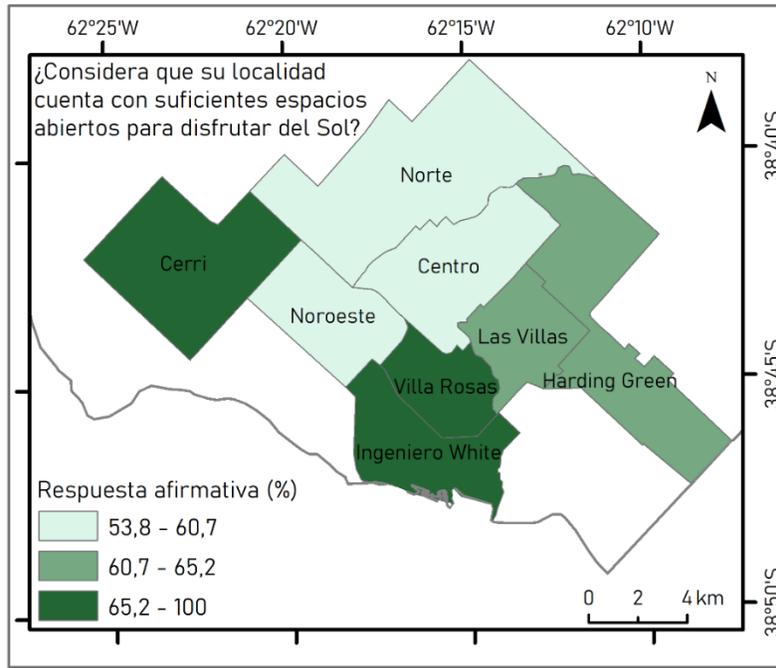
La figura 8.7 muestra las respuestas referidas a disfrute del Sol desagregadas por delegación. En todas las delegaciones, a excepción de Ingeniero White, los máximos porcentajes de respuesta corresponde a la opción “ambos”, con valores mayores al 70 %. En Ingeniero White el mayor porcentaje de respuesta corresponde a disfrute dentro de la trama urbana, con un valor de 66,7 %. Respecto a la disponibilidad de espacios verdes para disfrutar del Sol (Fig. 8.8), las respuestas variaron según la delegación. Entre el 62,5 y el 100 % de las respuestas fueron positivas en las delegaciones de Harding Green, Las Villas, y Villa Rosas. En las delegaciones Norte, Centro y Noroeste se hallaron los menores porcentajes de personas que respondieron positivamente a esta pregunta. Puede observarse que las delegaciones con mayores porcentajes de respuesta negativa a la pregunta referida en la figura 8.8 son aquellas que más cuentan con espacios verdes a escala local (Pinassi 2016). La figura 8.9 muestra las frecuencias de mención de cada categoría definida para los espacios de disfrute del Sol en el área de estudio. Las plazas y parques son los que más asocian los encuestados al disfrute del Sol. El segundo más mencionado fueron los patios y piletas privados. El puerto y el estuario fueron también mencionados, si bien el valor absoluto de respuestas que mencionaban a la zona costera como espacio de disfrute fue menor. Esto es consistente con lo expuesto por otros investigadores en relación con la valorización que asignan los bahienses a distintas áreas de ocio a escala local y puntualmente la menor preferencia del sector costero y del área portuaria (Ercolani y Seguí 2005; Rosake y Ercolani 2012). Entre los espacios verdes urbanos mencionados se destacan el Parque de Mayo, el Paseo de las Esculturas, la Plaza Rivadavia y el Parque Independencia. De acuerdo con otros investigadores, estos constituyen sectores que se configuran como áreas patrimoniales legitimadas a escala local y principalmente valoradas por los habitantes de la ciudad (Ercolani 2005; Ercolani y Seguí 2005; Rosake y Ercolani 2012; Pinassi 2016). Los espacios verdes urbanos de tipo público son, por lo tanto, los principales focos de interés en lo que respecta a medidas y políticas públicas orientadas al disfrute del Sol a escala local. Cabe señalar, que su fortalecimiento también constituye una medida importante en materia de potenciar el confort a escala urbana y mitigar la isla de calor. Numerosos estudios han probado el efecto refrigerante de los árboles y el césped en el clima urbano (Gill et al. 2007; Shahidan et al. 2012; Arabi et al. 2015; Norton et al. 2015; Middel et al. 2015; Vásquez 2016). La vegetación también tiene la capacidad de reducir los contaminantes a nivel troposféricos, como el ozono, los óxidos de nitrógeno y el material particulado atmosférico (Oke 1997; Acero Alejandro 2010; Norton et al. 2015; Knight et al. 2016; Cho et al. 2017; Lazzari et al. 2018; Perini y Roccotiello 2018; Rowe 2018).

Figura 8.7. Disfrute del Sol en la ciudad, porcentajes según tipo de respuesta por delegación.



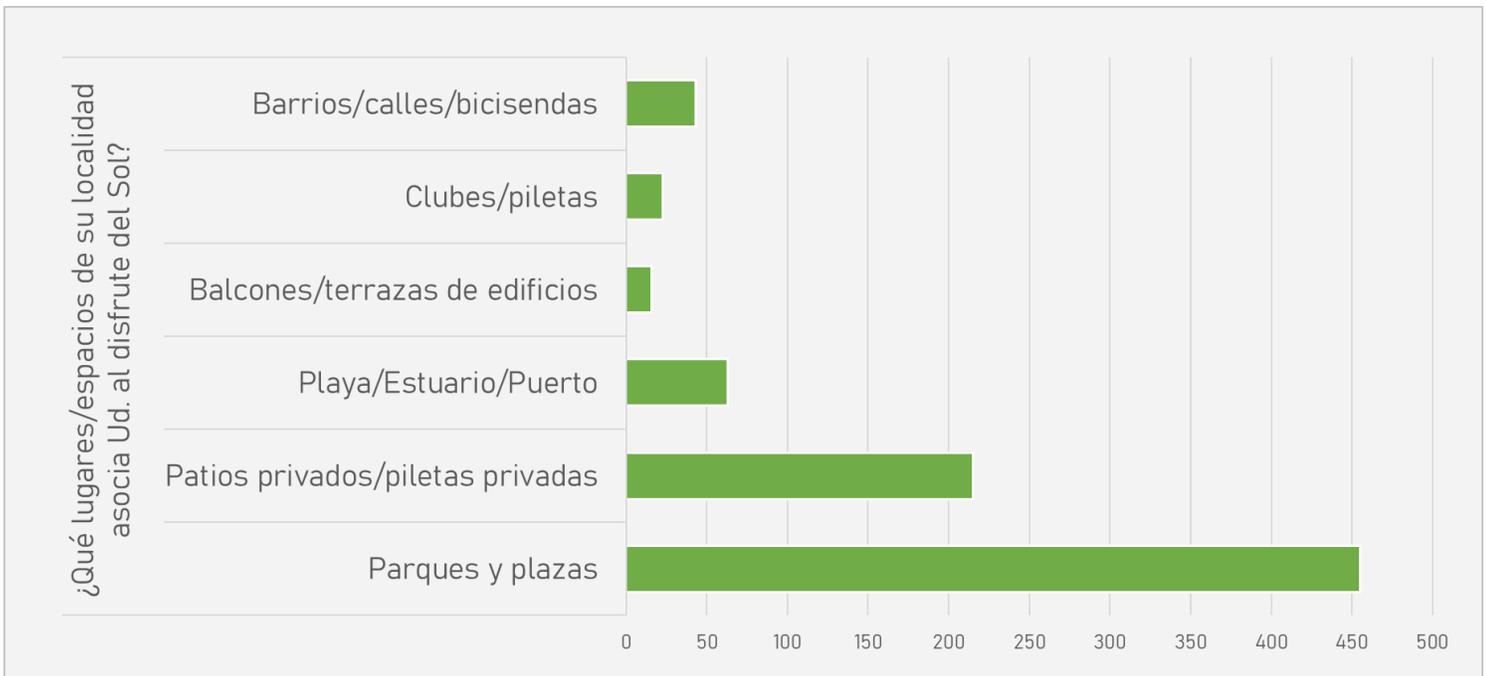
Fuente: Fernández (2020).

Figura 8.8. Espacios para disfrute del Sol en la ciudad, porcentajes de respuestas afirmativas según delegación.



Fuente: Fernández (2020).

Figura 8.9. Espacios asociados al disfrute del Sol en Bahía Blanca.

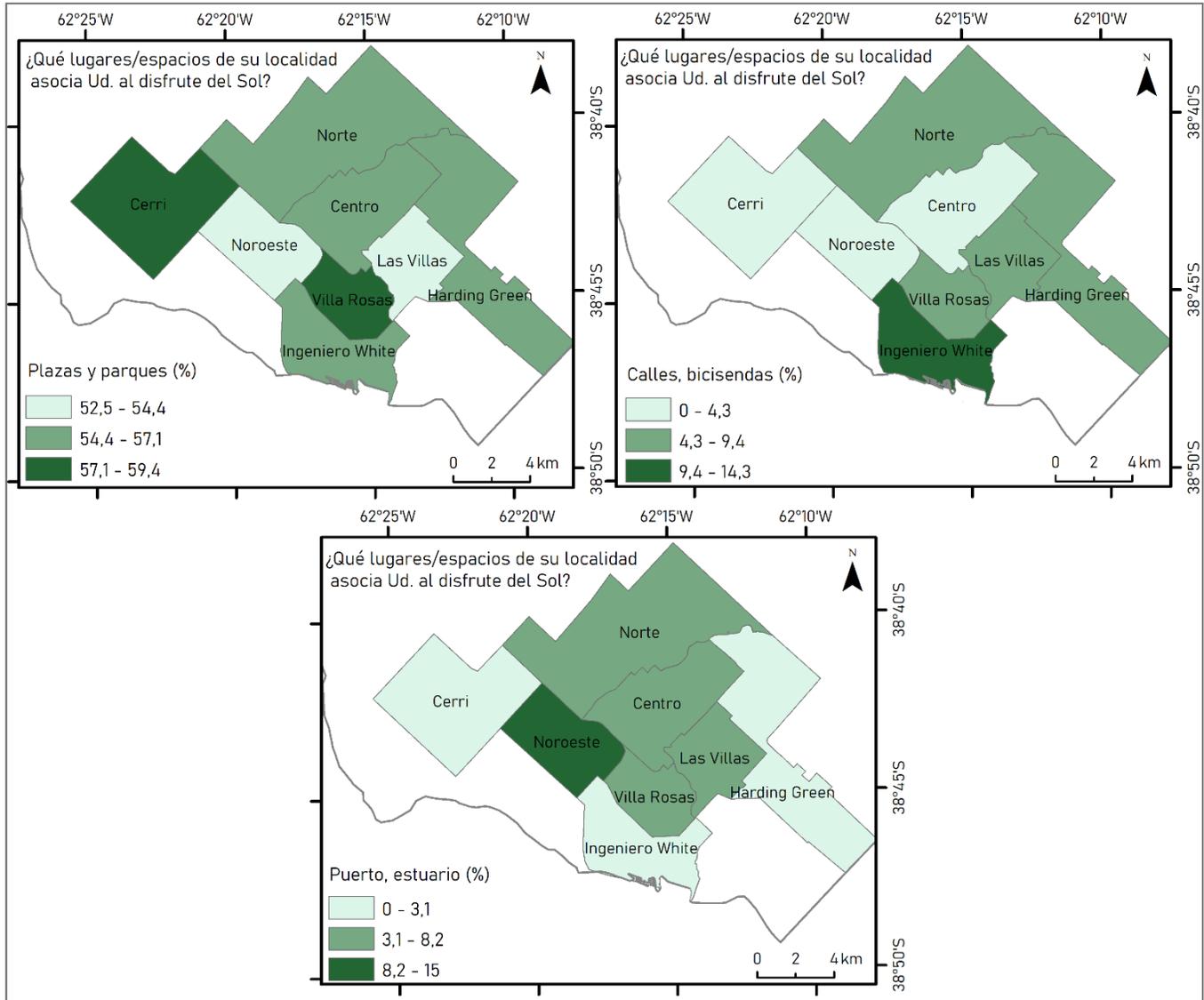


Fuente: Fernández (2020).

La figura 8.10 muestra los espacios de disfrute del Sol de tipo público mencionados por los encuestados, desagregados a nivel de delegación. En todas las delegaciones los más asociados a disfrutar del Sol son las plazas y parques. En este sentido

se destacan las delegaciones Cerri y Villa Rosas, con valores por encima del 57 % referidos a este tipo de áreas. Las calles y bicisendas fueron principalmente mencionadas por las delegaciones del sector norte y este del área de estudio, delegaciones que coinciden con sectores residenciales de casas bajas en los que el barrio constituye el principal entorno en el que se disfruta del Sol. Respecto a la zona costera es en la delegación Noroeste donde el estuario fue más mencionado.

Figura 8.10. Espacios de disfrute del Sol según delegación.



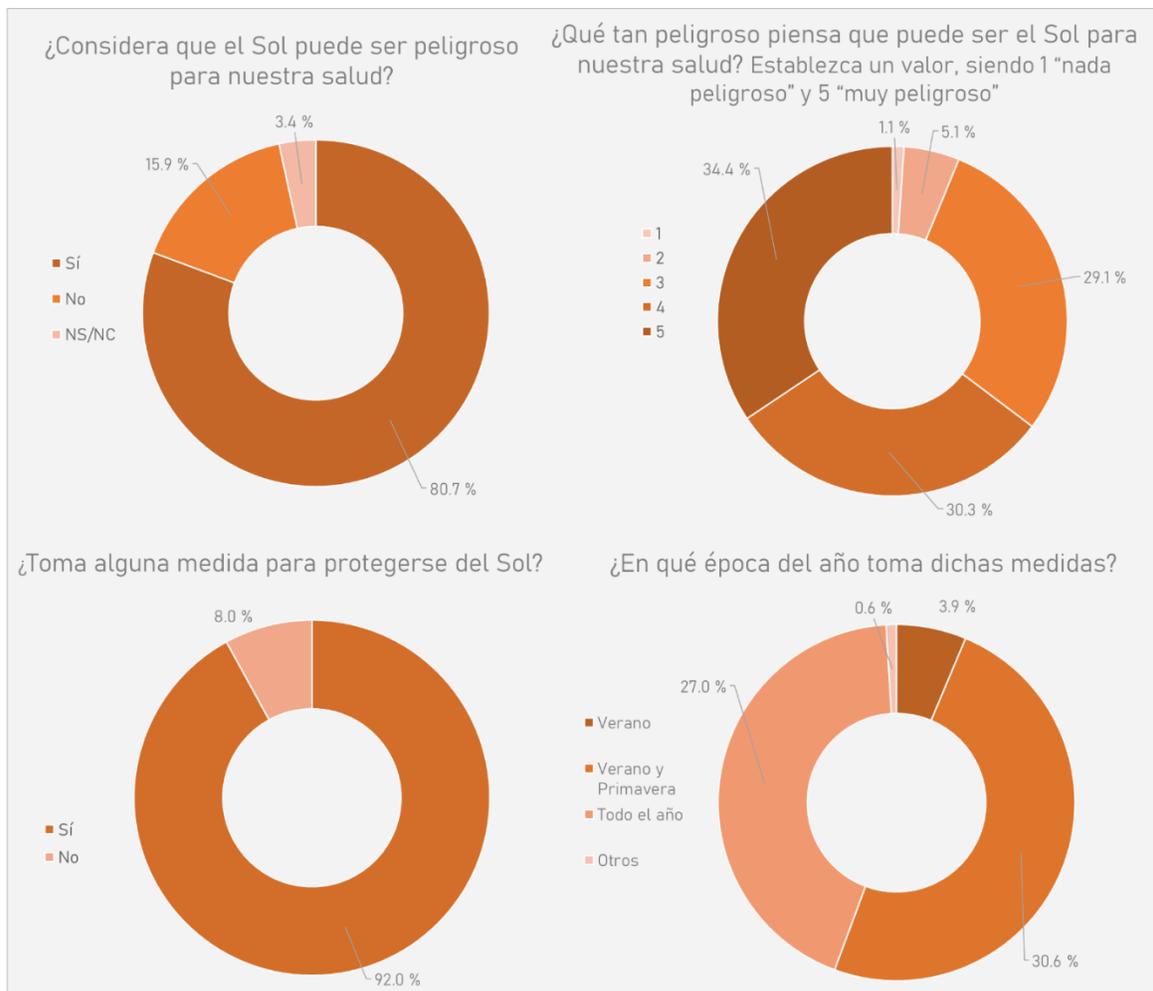
Fuente: Fernández (2020).

8.3. Un peligro

Respecto al Sol como un peligro, un 80,7 % de los encuestados considera que el Sol puede ser peligroso para nuestra salud (Fig. 8.11). Se le pidió a los encuestados que establezcan un valor del 1 al 5 respecto a la peligrosidad del Sol, siendo 1 "nada peligroso" y 5 "muy peligroso". Más del 60 % de los encuestados puntuaron entre 4 y 5 el grado de peligrosidad del Sol. Solo un 5,1 % y un 1,1 % lo puntuaron con un valor de 2 y 1 respectivamente (Fig. 8.11). El 92 % de los ciudadanos encuestados afirma tomar medidas para protegerse del Sol, principalmente en verano y primavera (30,6 %). Respecto a la concientización sobre la exposición a la radiación ultravioleta, los solmáforos son dispositivos ampliamente utilizados. A

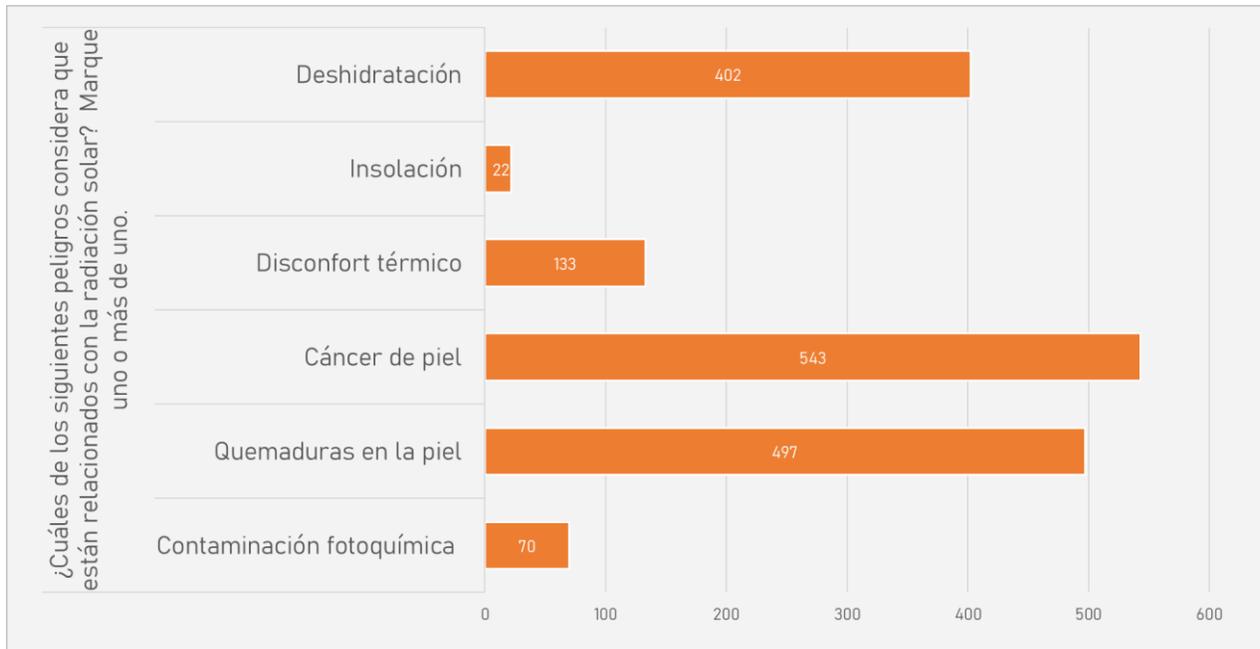
modo de semáforos solares, permiten indicar de manera visual el nivel de radiación UV al que se exponen las personas y los potenciales riesgos para la salud (Lema Puruncaja y Zuleta Mediavilla 2015; Sánchez Perdomo y Ortíz Mora 2017; Rodrigo y Jaramillo 2019; Vallejos Montiel et al. 2019). Los valores establecidos se basan en el uso del código internacional de colores definido por la Organización Mundial de la Salud para la radiación solar UV y sus efectos (OMS 2003). Si bien constituyen herramientas ampliamente utilizadas en muchas ciudades alrededor del mundo (PNUD 2012; Lema Puruncaja y Zuleta Mediavilla 2015; Gobierno de la Provincia de Neuquén 2017; Lopez-Besora et al. 2017; Rodrigo y Jaramillo 2019), solo un 20,4 % de los bahienses sabe qué es un solmáforo. En lo que se refiere a los peligros concretos que los encuestados asocian a la exposición solar, el cáncer y las quemaduras en la piel fueron las más mencionadas, seguido de la deshidratación. La dinámica de la radiación solar en la atmósfera urbana tiene estrecha relación con la producción y distribución de los contaminantes. Sin embargo, la contaminación fotoquímica fue una de las menos mencionadas por los encuestados (Fig. 8.12). El *smog* fotoquímico constituye un tipo especial de contaminación, en el que el ozono se produce en las capas bajas de la atmósfera. Su presencia en el aire se asocia a cambios en la función pulmonar e inflamación en las vías respiratorias (WHO 2006). En Bahía Blanca se ha identificado la presencia de contaminación de verano (*Summer smog*), principalmente caracterizada por la presencia de ozono en la baja atmósfera. Su dinámica atmosférica se halla estrechamente vinculada con los ciclos radiativos diarios y anuales y la variabilidad de flujo de sus contaminantes precursores (principalmente óxidos de nitrógeno), fundamentalmente asociados al flujo vehicular (Campo et al. 2018; Gentili et al. 2019). En este sentido, se identifica la necesidad de concientizar a la población respecto a esta problemática y sus posibles efectos.

Figura 8.11. Peligrosidad asociada a la exposición Sol.



Fuente: Fernández (2020).

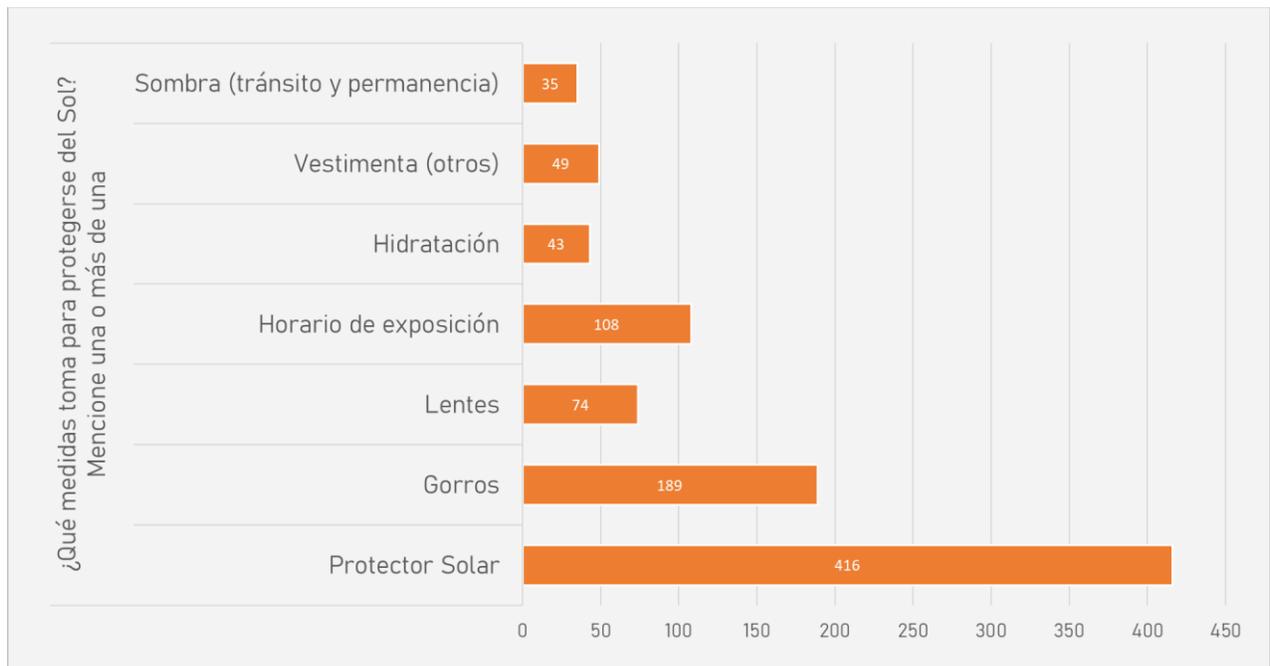
Figura 8.12. Peligros asociados a la sobreexposición al Sol.



Fuente: Fernández (2020).

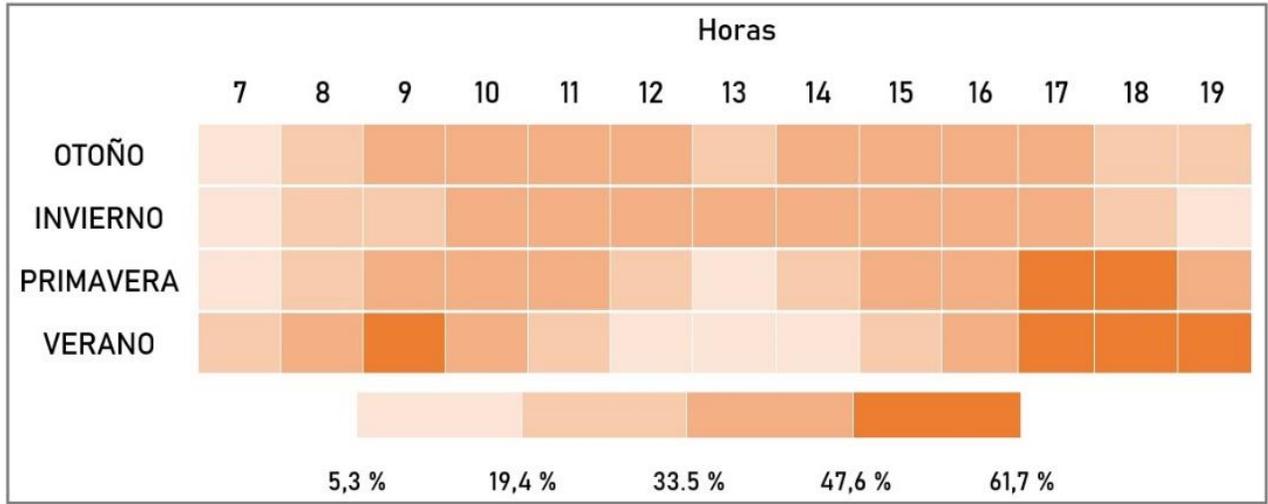
El uso de protector solar y gorros son las medidas más utilizadas por los bahienses como protección frente al Sol. Controlar el horario de exposición fue la tercera medida más mencionada. La disponibilidad de sombra en el tránsito y permanencia fue también mencionada por los encuestados (Fig. 8.13). Los bahienses se exponen al Sol con más asiduidad durante la estación cálida, después de las 17:00 h. En el verano también a la mañana, alrededor de las 09:00 h. En la estación fría, la exposición se produce entre las 09:00 h y las 17:00 h (Fig. 8.14).

Figura 8.13. Medidas implementadas para protegerse de la exposición al Sol.



Fuente: Fernández (2020).

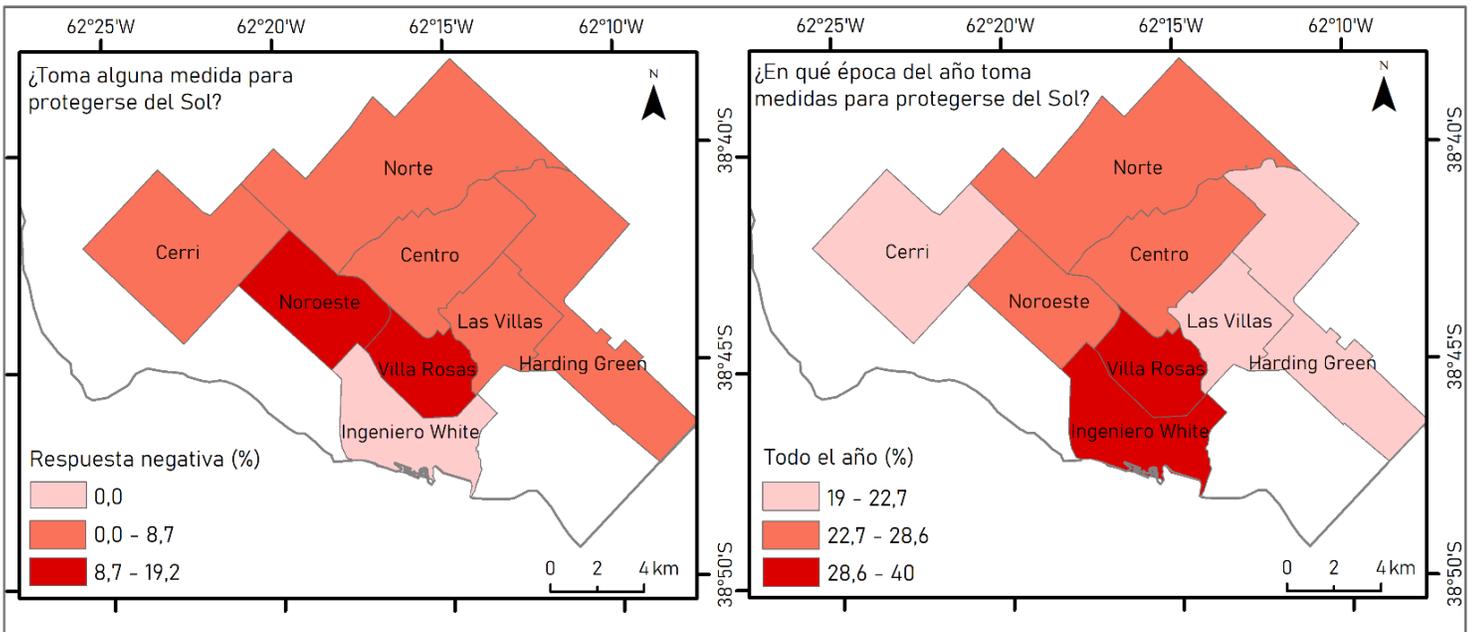
Figura 8.14. Horarios de exposición al Sol.



Fuente: Fernández (2020).

El análisis por delegaciones muestra que en la ciudad más del 80 % de la población afirma adoptar medidas de protección ante la exposición solar (Fig. 8.15). En las delegaciones Noroeste y Villa Rosas existe la situación más crítica, ya que entre un 8,7 % y un 19,2 % de los encuestados manifestaron no tomar ninguna medida de protección respecto al Sol. La figura 8.15 muestra que entre un 40 % y un 19 % adoptan medidas de protección ante la exposición solar todo el año. Se identifica en este sentido una necesidad de concientización respecto a la protección solar no solo en la época estival sino durante todo el año.

Figura 8.15. Medidas de protección frente a la exposición al Sol según delegación.

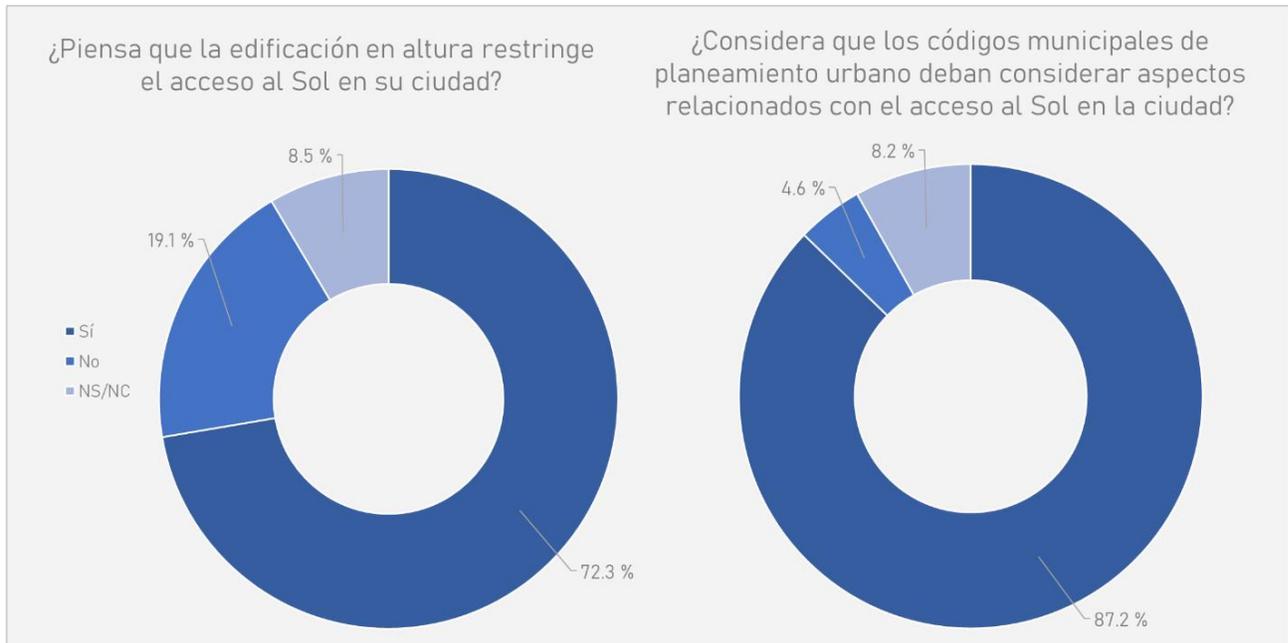


Fuente: Fernández (2020).

8.4. Un derecho

Un 72,3 % de los encuestados creen que la edificación en altura restringe el acceso al Sol en Bahía Blanca y el 87,2 % consideran que los códigos municipales deben considerar aspectos relacionados con el acceso al Sol (Fig. 8.16). Solo un 4,6 % afirmaron conocer leyes que contemplen el derecho al Sol y un 2,3 % conocer instituciones relacionadas al derecho al Sol. Si bien no existen en la Argentina y en Bahía Blanca leyes específicas referidas al acceso y derecho al Sol, trabajos precedentes mostraron que este tema sí se ve indirectamente implicado en leyes nacionales, provinciales e incluso ordenanzas municipales ya implementadas. Se identifica la necesidad de promover la difusión de conceptos como acceso al Sol, derecho al Sol entre los habitantes de la ciudad y su inclusión en el CPU (Municipalidad de Bahía Blanca 1993).

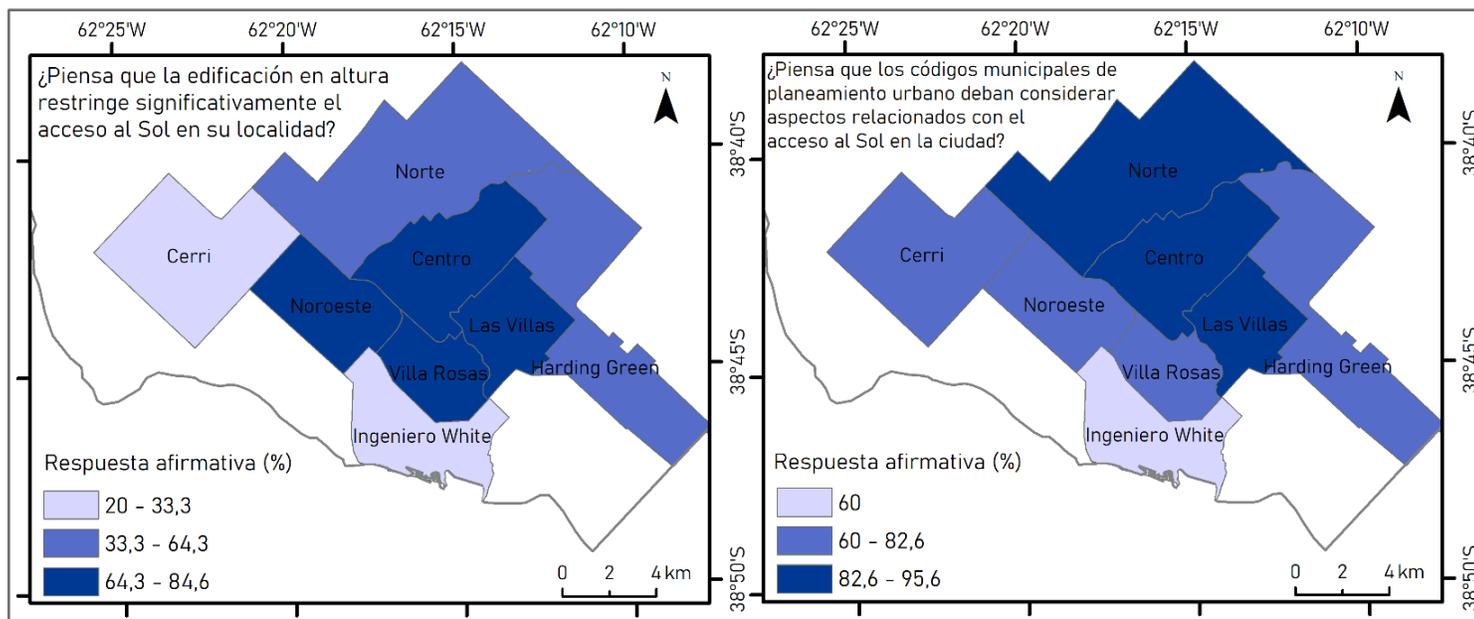
Figura 8.16. Edificación en altura y acceso al Sol en Bahía Blanca.



Fuente: Fernández (2020).

La figura 8.17 permite advertir que en las zonas centrales del área de estudio se registraron los mayores porcentajes de respuestas afirmativas a la pregunta "¿Piensa que la edificación en altura restringe de manera significativa el acceso al Sol en su localidad?". Las delegaciones Centro, Noroeste, Las Villas y Villa Rosas presentaron entre un 64,3 % y 84,6 % de respuestas afirmativas. Respecto a la vinculación entre los códigos municipales de planeamiento urbano y los aspectos relacionados con el acceso al Sol, en las delegaciones de Las Villas, Norte y Centro más del 82,6 % de los encuestados respondió afirmativamente.

Figura 8.17. Edificación en altura y acceso al Sol, porcentajes según delegación.



Fuente: Fernández (2020).

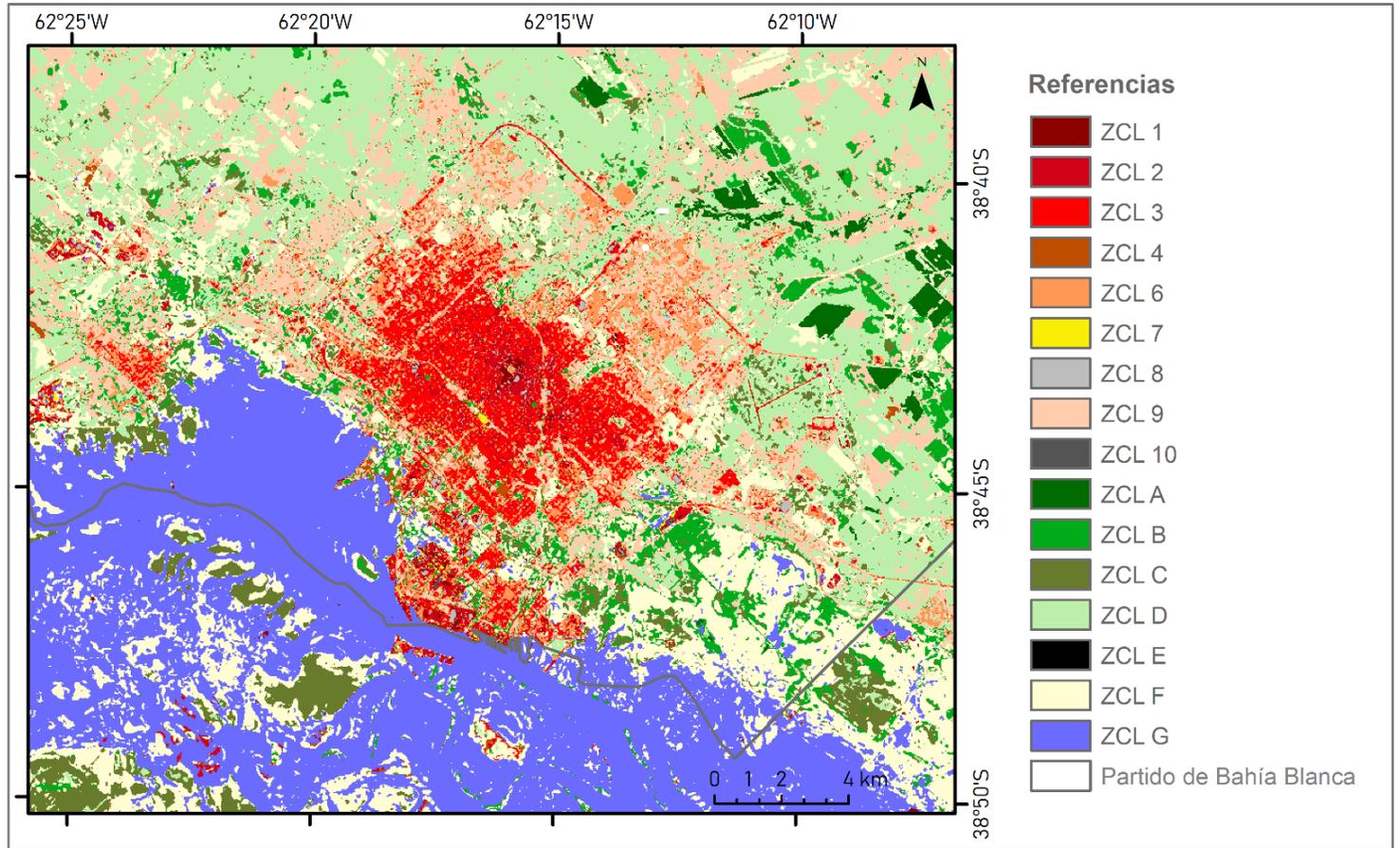
9. BALANCE ENERGÉTICO EN BAHÍA BLANCA

En esta sección se presentan los resultados del análisis de balance energético urbano calculados para Bahía Blanca mediante la herramienta SUEWS, en el software QGIS versión 3.6.0. Esta herramienta permite analizar el impacto de la estructura urbana y de las actividades antropogénicas en balance energético urbano y, por lo tanto, en el clima a escala local. Se analizan las distribuciones anuales y estacionales de la energía en forma de calor sensible, latente y almacenado en distintas zonas de la ciudad.

9.1. Zonas Climáticas Locales en la ciudad de Bahía Blanca

Se identificaron las Zonas Climáticas Locales (ZCL) más frecuentes en la ciudad de Bahía Blanca, se seleccionó una celda representativa de cada una de ellas (ver sección materiales y métodos). La figura 9.1 muestra la clasificación realizada para Bahía Blanca. La mayor parte de las ZCL halladas en la ciudad de tipo construido (*built types*) corresponden a ZCL 1,2,3,6 y 9. En las zonas del microcentro se observa una preponderancia de pixeles correspondientes a *compact high-rise* (ZCL 1) y *compact mid-rise* (ZCL 2), mientras que en el macrocentro predomina la ZCL 3 (*compact low rise*). En la zona del periurbano, donde son comunes los barrios residenciales de casas bajas se observa principalmente la clasificación ZCL 6 y 9. En lo que respecta a los *land cover types*, en la ciudad se corresponden en su mayoría con ZCL C y F observados principalmente en la zona rural circundante a la ciudad.

Figura 9.1. Zonas Climáticas Locales en Bahía Blanca.



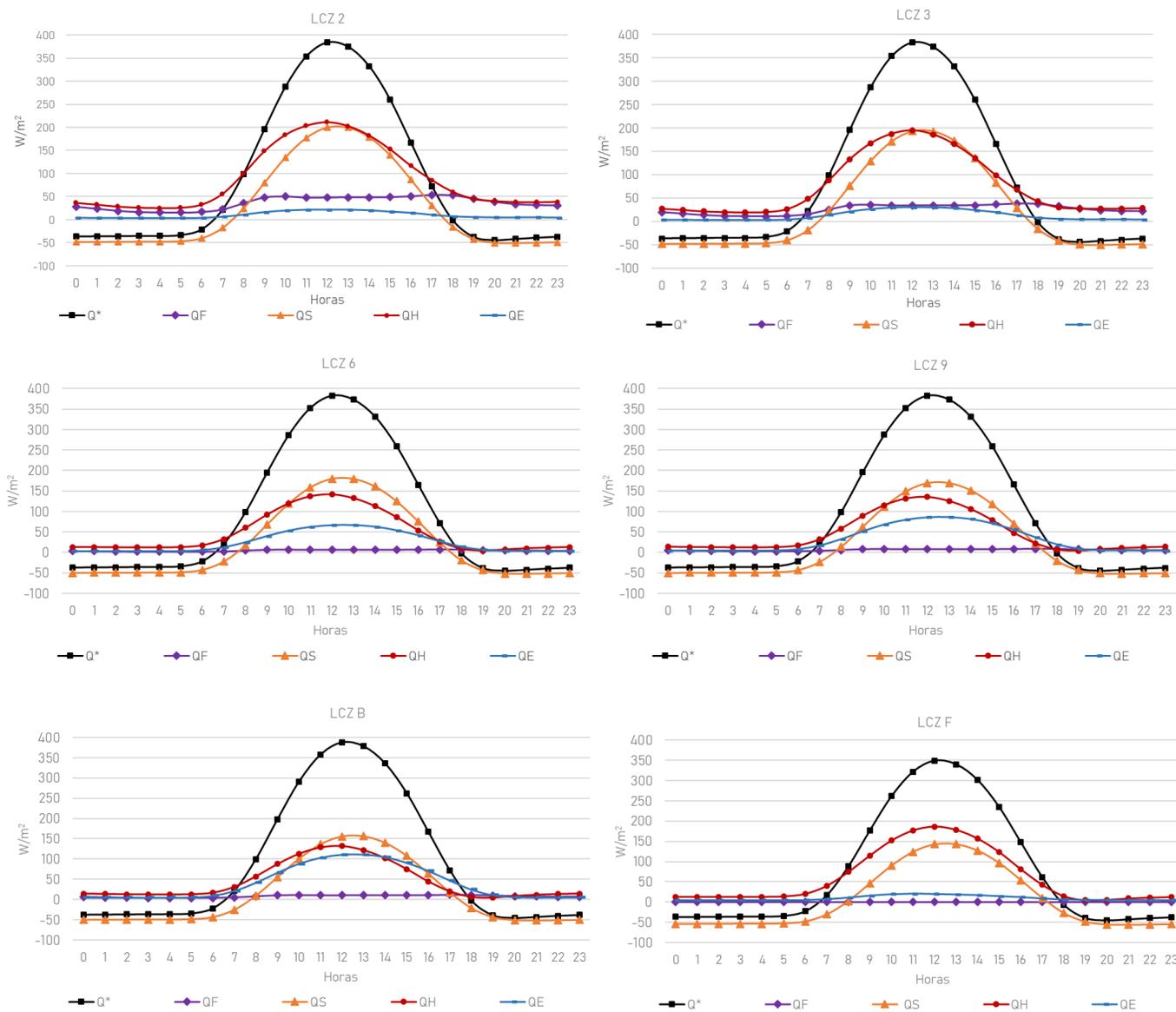
Fuente: Fernández (2020).

9.2. Variabilidad anual y estacional de flujos radiativos

Se analizó la distribución anual de la radiación neta (Q^*), el calor almacenado (ΔQ_S), el calor sensible (Q_H) y el calor latente (Q_E) en las ZCL más representativas de la ciudad (Fig. 9.2). La distribución de cada uno de ellos posee un patrón determinado por la marcha radiativa diaria y se ve altamente influenciado por la forma y función urbana. Como es típico de las zonas urbanas, Q_H es mayor que Q_E en todas las ZCL analizadas y se mantiene positivo aun cuando Q^* adquiere magnitudes negativas durante la noche (Fig. 9.2). En las zonas suburbanas (ZCL 6,9 y 12) Q_H se mantiene constante con valores cercanos a cero, mientras que en las zonas del micro y macrocentro (ZCL 2 y 3) las magnitudes de flujo nocturnas son mayores con valores de Q_H encima de los 20 W/m². Las ZCL 6, 9 y C son las que más magnitud de flujo de Q_E poseen, con valores medios anuales 24 W/m², 31 W/m² y 39 W/m² respectivamente. La presencia de vegetación favorece el aumento de Q_E y reduce la magnitud de flujo de Q_H en estos sectores, con los consecuentes procesos de enfriamiento superficial (Christen y Vogt 2004). Por otro lado, las ZCL 2, 3 y 9 son las que más magnitud de flujo de Q_H poseen, con valores medios anuales 87,5 W/m², 75,8 W/m² y 45,4 W/m² respectivamente (Fig. 9.2). Esto implica que en los sectores centrales de la ciudad hay preponderancia de flujos turbulentos que producen el calentamiento de la atmósfera más cercana a la superficie, fenómeno directamente vinculado con la presencia de la isla de calor urbana (Ching 1985; Alexander y Mills 2014; Alexander et al. 2016). La existencia de esta problemática fue verificada en la ciudad de Bahía Blanca desde mediados de la década de los años 80 (Capelli de Steffens et al. 2005; Ferrelli 2016). La ZCL F, si bien forma parte del periurbano no construido, se caracteriza por la presencia de suelo desnudo y ausencia de vegetación. Por lo tanto, posee mayores magnitudes de flujo

de calor sensible que de calor latente (Fig. 9.2). Esto es consistente con lo expuesto por otros investigadores en lo que respecta a la variación temporal de los flujos caloríficos en áreas urbanas (Grimmond y Oke 1995; Spronken-Smith 2002; Offerle et al. 2003; Christen y Vogt 2004; Moreno et al. 2012; Alexander et al. 2016). Puntualmente, Alexander et al. (2016) hallaron mayores magnitudes de flujo de calor sensible en las zonas más urbanizadas de la gran región de Dublín (Irlanda), mientras que en las áreas más vegetadas los valores de Q_H fueron comparativamente menores y se observó mayor preponderancia de Q_E .

Figura 9.2. Distribución diaria de Q^* , Q_F , ΔQ_S , Q_H y Q_E en las principales ZCL de Bahía Blanca.



Fuente: Fernández (2020).

En lo que respecta ΔQ_S , puede observarse que contribuye a una importante fracción de la energía disponible en las zonas analizadas, como sucede en el análisis de los flujos caloríficos de otras ciudades (Offerle et al. 2003). Las ZCL 2 y 3 poseen las medias anuales más altas, con valores superiores a los 25 W/m^2 . La morfología y los elementos utilizados en la construcción de la ciudad favorecen la absorción del calor. Los suelos y los edificios se caldean durante el día, con el

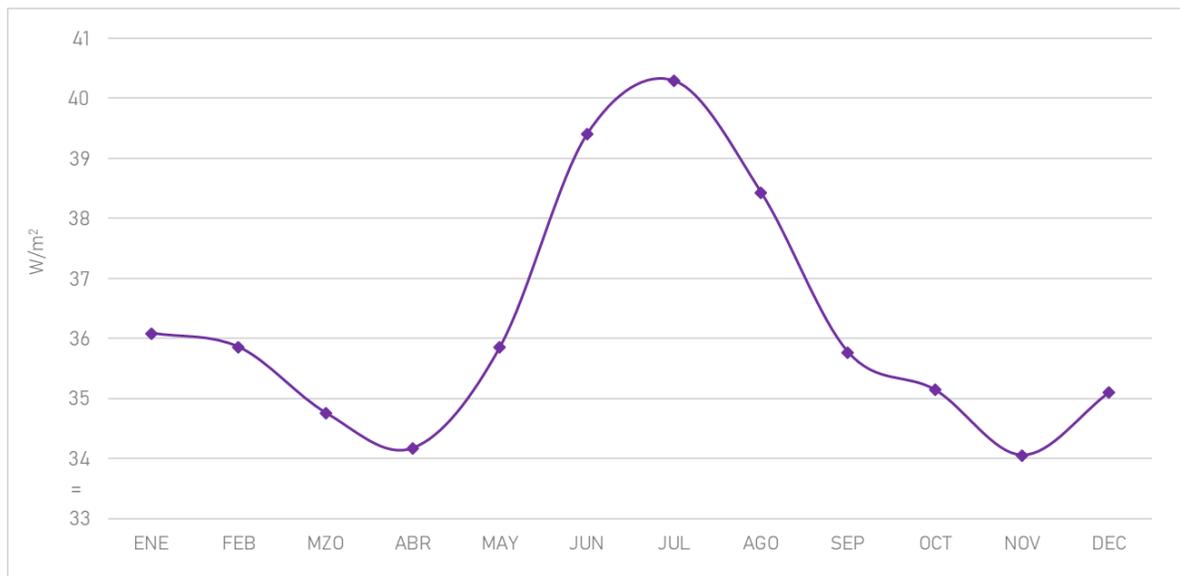
consecuente aumento de calor almacenado. Los máximos valores se registran en el microcentro entre las 11:00 h y las 14:00 h, con valores entre $177,7 \text{ W/m}^2$ y $200,2 \text{ W/m}^2$. Durante la noche dichos elementos se enfrían y el calor almacenado se pierde (Fig. 9.2). Los valores se hacen mínimos entre las 20:00 h y las 07:00 h, alcanzado mínimos de $-50,7 \text{ W/m}^2$. Este tipo de flujo es el primero que alcanza valores negativos en el transcurso del día, alrededor de las 17:00 h. Puede observarse que las zonas en las que el almacenamiento calorífico es mayor coinciden con aquellas en las que las magnitudes de flujo de calor sensible son mayores: el micro y macrocentro (ZCL 2 y 3). Los edificios presentes en esas áreas pueden ser dos o tres veces más altos que el sustrato natural, lo que genera mayor captación de radiación de onda corta entre los cañones urbanos y la reducción de la pérdida de radiación de onda larga. Estas configuraciones urbanas también incrementan el abrigo contra el viento, reduciendo la pérdida de calor sensible por flujos turbulentos (Oke et al. 2017). En las ZCL 6, 9 y C el sumidero energético dominante al mediodía es ΔQ_S . La distribución horaria del ΔQ_S y su dominancia diurna es consistente con lo expuesto por otros investigadores (Jauregui et al. 1981; Grimmond y Oke 1995; Spronken-Smith 2002; Offerle et al. 2005; Moreno et al. 2012). En particular, Moreno et al. (2012) afirman que el almacenamiento de calor en Barcelona alcanza un máximo hacia el mediodía y constituye el sumidero más grande de energía en la ciudad durante el período diurno.

Las ZCL 2 y 3 son las que muestran magnitudes de flujo de Q_F mayores, con valores medias anuales de $33,2 \text{ W/m}^2$ y $25,8 \text{ W/m}^2$ respectivamente. Los sectores del micro y macrocentro concentran las actividades antropogénicas fuente de este tipo de flujo energético, como procesos de combustión o el consumo energético utilizado en el enfriamiento y calefacción de los ambientes. Asimismo, el metabolismo humano es fuente de este tipo de calor, por lo que las zonas con flujo de Q_F mayor coinciden con los sectores más densamente poblados de la ciudad. Se evidencia que la variación de Q_F en el transcurso del día se ve definido por el ciclo de las actividades humanas, construidas en relación con los ciclos de trabajo y sueño. En Bahía Blanca las mayores magnitudes de flujo se producen en ambas ZCL entre las 08:00 h y las 19:00 h, con máximas a las 10:00 h y a las 17:00 ($50,1 \text{ W/m}^2$ y $53,6 \text{ W/m}^2$ respectivamente para la ZCL 2 y $35,6 \text{ W/m}^2$ y $38,1 \text{ W/m}^2$ respectivamente para la ZCL 3), cuando el flujo vehicular y las actividades humanas son mayores. Cabe señalar que este aporte calorífico colabora con el aumento de las temperaturas diurnas en la zona céntrica, incremento de la isla de calor, situaciones de discomfort y la producción de contaminantes en la baja atmósfera, problemáticas urbanas ya expuestas para la ciudad en estudios previos (Capelli de Steffens et al. 2005; Ferrelli 2017; Ferrelli y Piccolo 2017; Campo et al. 2018; Fernández et al. 2018a; Gentili et al. 2019) y también desarrollados en otras secciones de este trabajo. Cabe señalar que en la ZCL 2 (microcentro) entre las 10:00 h y las 16:00 h los valores de Q_F se mantienen más o menos constantes y dicha distribución manifiesta una escasa variabilidad diaria. Mientras tanto, en la ZCL 3 (macrocentro) la magnitud de flujo decrece en esa franja horaria. Esta diferenciación entre ambas ZCL y la distribución diaria de Q_F en ellas obedece a los usos y sus funciones asociadas diferenciales a escala urbana entre el micro y el macrocentro. Dicha diferenciación se manifiesta con el menor flujo vehicular y de personas en la ZCL 3 y puede vincularse con el denominado “efecto siesta” que se registra en la distribución de contaminantes en Bahía Blanca (Campo et al. 2018), es decir, la paulatina disminución en la concentración del contaminante entre el mediodía y las primeras horas de la tarde (Allende et al. 2014b). Las ZCL 6, 9 y C poseen magnitudes de flujo medias anuales de Q_F de $4,5 \text{ W/m}^2$, $5,9 \text{ W/m}^2$ y $7,9 \text{ W/m}^2$ respectivamente. Las ZCL 6 y 9 constituyen áreas residenciales, con menor densidad poblacional y abundante vegetación, por lo que el aporte calorífico antropogénico es menor. La ZCL F, por localizarse en el periurbano de la ciudad, posee una magnitud de flujo antropogénico despreciable: $0,36 \text{ W/m}^2$ como media anual. Se verifica en la ciudad que el calor antropogénico posee una distribución descendente del centro hacia la periferia (Oke et al. 2017).

Debido a la relevancia ambiental de este tipo de flujo calorífico en las áreas urbanas en general y en Bahía Blanca en particular, se realizó un análisis más exhaustivo de su distribución anual (Fig. 9.3) y horaria estacional (Fig. 9.4) en el área central de la ciudad. La distribución horaria en verano e invierno muestra mayores valores medios durante el día, que coincide con el ciclo de actividades humanas construida en relación con el trabajo y el sueño y máximos coincidentes con las primeras horas de la mañana y las últimas horas de la tarde, cuando el flujo vehicular es mayor (Offerle et al. 2005; Pigeon et al. 2007a; Alexander et al. 2016; Oke et al. 2017). La distribución anual y estacional muestra el calor antropogénico

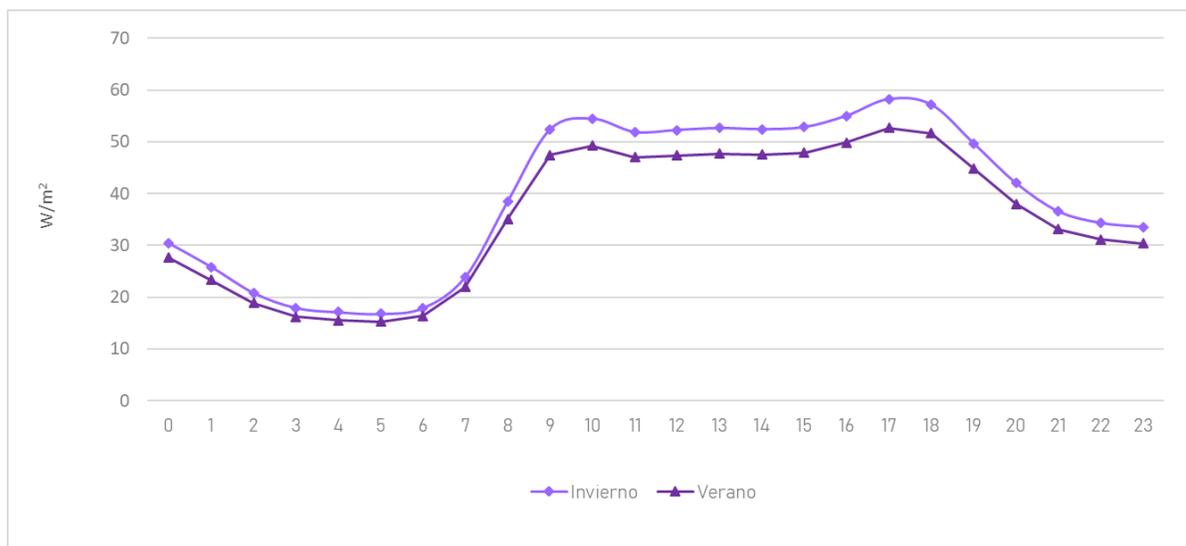
en el microcentro posee una relación inversa con la temperatura: las mayores magnitudes de flujo se observan en el invierno, si bien las diferencias estacionales en valores absolutos son menos significativas que en el ciclo diario. Este hallazgo es coincidente con lo expuesto por otros investigadores en el análisis estacional de Q_F (Offerle et al. 2005; Pigeon et al. 2007b). Como exponen Oke et al. (2017) es de esperar que climas en los que las estaciones térmicas no son tan diferenciadas posean menor diferenciación estacional, ya que la calefacción de espacios interiores no es tan necesaria. Con la ocurrencia de climas más fríos, las diferencias entre las curvas estacionales se vuelven más amplias. En el caso de la ciudad de Bahía Blanca, al poseer un clima templado con estaciones térmicas bien diferenciadas, las curvas no muestran grandes diferencias entre el invierno y el verano. La calefacción es ampliamente utilizada en el invierno y eso explica el mayor flujo antropogénico en dicha estación (Torrero et al. 2007). Sin embargo, el uso de aires acondicionados para refrigerar los hogares y oficinas del microcentro es cada vez más frecuente y eso se evidencia también en la magnitud de flujo de Q_F .

Figura 9.3. Distribución anual de calor antropogénico en el centro de la ciudad.



Fuente: Fernández (2020).

Figura 9.4. Distribución horaria estacional de calor antropogénico en el centro de la ciudad.



Fuente: Fernández (2020).

Se calculó el valor medio estacional y anual de los componentes del flujo radiativo en Bahía Blanca para las ZCL más frecuentes de la ciudad (Tabla 9.1). Posteriormente se calcularon las diferencias absolutas de esos valores con los promedios estacionales y anuales de Q_H , Q_E y Q_F de las ZCL seleccionadas (Fig. 9.5), siguiendo la metodología empleada por Alexander et al. (2016). Valores positivos indica una magnitud del flujo por encima del promedio anual y/o estacional hallado y valores negativos una magnitud de flujo por debajo del promedio anual y/o estacional hallado. Esto tendrá diversas implicancias en términos de calentamiento y enfriamiento de la superficie, dependiendo de qué tipo de flujo radiativo se trate.

Tabla 9.1. Valores medios estacionales y anuales de Q_H , Q_E y Q_F (W/m^2) en Bahía Blanca.

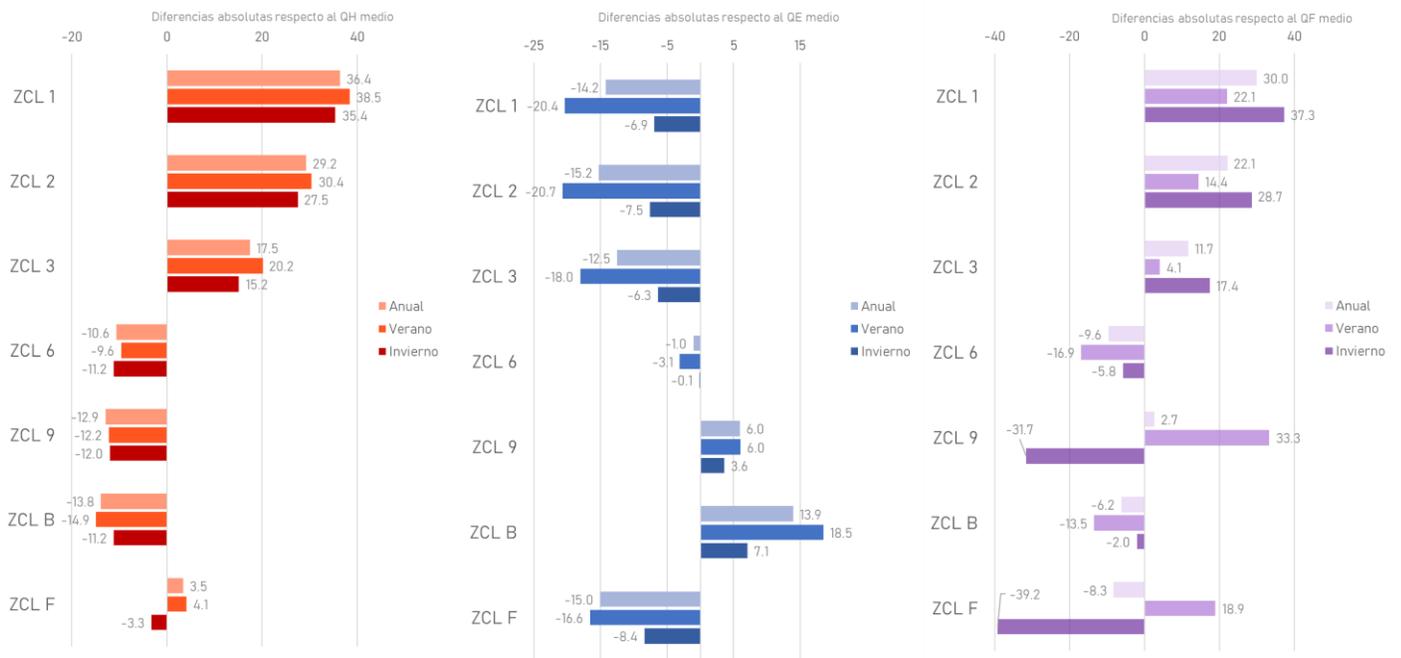
| | Anual | Verano | Invierno |
|-------|-------|--------|----------|
| Q_F | 14,11 | 21,3 | 10,6 |
| Q_H | 58,35 | 86,1 | 39,3 |
| Q_E | 25,04 | 29,2 | 13,2 |

Fuente: Fernández (2020).

Las ZCL coincidentes con el micro y macrocentro de la ciudad (ZCL 1,2,3) presentaron valores de Q_H superiores a las medias anual y estacionales, mientras que los valores de Q_E fueron menores a las medias halladas. Esto implica que, como fue señalado anteriormente, en las zonas centrales de la ciudad se producen mecanismos que promueven el calentamiento del aire cercano a la superficie. Por otro lado, las áreas residenciales (ZCL 6), el periurbano construido (ZCL 9) y los espacios verdes urbanos y suburbanos (ZCL C) presentan una distribución opuesta, con preponderancia de flujos de calor latente en todas las estaciones del año, lo que implica enfriamiento superficial y aporte de humedad. En el caso de la muestra de ZCL 6, se corresponde con un barrio residencial de casas bajas y abundante vegetación. En este sector Q_H presenta valores menores a las medias anuales y estacionales debido al efecto de la presencia de vegetación. La ZCL F se corresponde con sectores con escasa y/o ausencia de vegetación y es representativa de ciertos de ciertos sectores de los alrededores de la ciudad con suelo desnudo (Fig. 9.1). El calor sensible posee un comportamiento diferencial entre verano e invierno: en verano se ven valores por encima y en invierno valores por debajo de las medias estacionales correspondientes. El calor latente posee valores menores a las medias anuales y estaciones, factor que se explica por la ausencia de vegetación en el área. Estos resultados son consistentes con lo hallado por otros investigadores (Jauregui et al. 1981; Ching 1985; Grimmond y Oke 1995; Offerle et al. 2003; Christen y Vogt 2004; Grimmond et al. 2004; Alexander y Mills 2014).

En el caso de calor antropogénico (Q_F) puede observarse que en las ZCL 1, 2 y 3 posee magnitudes de flujo por encima de los promedios anuales y estacionales. Estos sectores coinciden con las áreas en las que se producen los principales mecanismos liberadores de calor, entre los que se destacan el transporte y permanencia de gran parte de la población, procesos de refrigeración y calefacción, etc. La ZCL 6 posee magnitudes de flujo por debajo de la media anual y estacional, al igual que la ZCL C. La presencia de vegetación, la menor densidad de población y menor flujo de personas explican este fenómeno. Esto coincide con lo expuesto por Oke et al. (2017), que sostiene que en las ciudades el Q_F presenta gradientes descendentes desde el centro hacia la periferia. Se evidencia que en todas las ZCL la presencia de agua y vegetación reduce la magnitud de flujo de calor sensible e incrementa la magnitud de la evapotranspiración, decreciendo la temperatura superficial.

Figura 9.5. Diferencias absolutas estacionales y anuales de Q_H , Q_E y Q_F (W/m^2) respecto al valor medio anual y estacional de las principales ZCL en Bahía Blanca.



Fuente: Fernández (2020).

9.3. Distribución espacial de los flujos radiativos

Se analizó la distribución espacial a diversas escalas temporales de los componentes de disponibilidad energética en la ciudad: los flujos turbulentos que caldean el aire (Q_H) y evaporan el agua (Q_E), el flujo de calor sensible que caldea el sustrato (ΔQ_S) y el flujo de calor antropogénico (Q_F). Se calcularon índices con el objetivo de resaltar los efectos de la estructura urbana en la partición de la energía y consecuentemente, en el clima local. Los índices calculados son los siguientes: índice de calor sensible ($\chi: Q_H/Q^*$), índice de evaporación ($\gamma: Q_E/Q^*$), índice de almacenamiento ($\Lambda: \Delta Q_S/Q^*$) y la relación de Bowen ($\beta: Q_H/Q_E$).

La figura 9.6 muestra la distribución espacial del índice de calor sensible ($\chi: Q_H/Q^*$) en Bahía Blanca, que permite distinguir el aporte de Q_H en la energía neta de la ciudad. Pueden observarse que las zonas del microcentro poseen mayores magnitudes de flujo de calor sensible, con valores de χ positivos en la distribución. Los materiales de construcción utilizados en los edificios, calles y avenidas (cemento, ladrillos, metales, etc.) conducen más rápidamente el calor que la cubierta vegetal. A ello se le suma la compacidad edilicia y la existencia de cañones urbanos que constituyen elementos de rugosidad para la acción del viento y dificultan la refrigeración. Todo esto favorece el calentamiento superficial. Las zonas residenciales del noreste poseen los menores valores de χ dentro del entorno urbano. En este sentido, la presencia de vegetación y la localización en terraza de estos terrenos pueden favorecer la acumulación en otras formas de energía calorífica. Las zonas costeras poseen los menores magnitudes de flujo de Q_H , con valores negativos de χ , producto principalmente de los procesos de interacción entre el agua y el aire. Estos resultados son consistentes con lo hallado por otros investigadores en el análisis de la distribución espacial del calor sensible en áreas urbanizadas (Christen y Vogt 2004; Grimmond et al. 2004; Alexander et al. 2016).

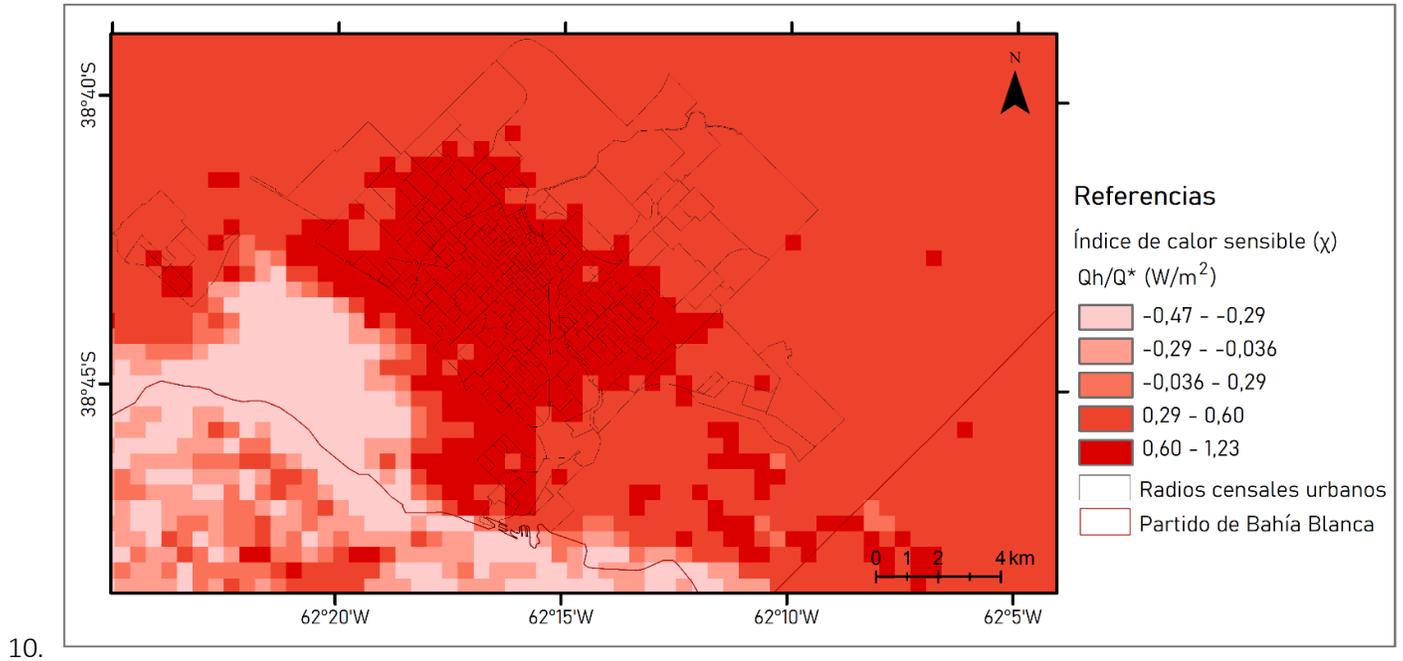
La figura 9.7 muestra la distribución espacial del índice de evaporación ($\gamma: Q_E/Q^*$), que permite distinguir el aporte de Q_E en la energía neta de la ciudad. En su distribución puede observarse que la superficie marina del estuario de Bahía Blanca

posee las mayores magnitudes de flujo de Q_E , seguido por las zonas costeras e islas asociadas a dicho ambiente. Asimismo las superficies de suelo del periurbano de la ciudad y de los suburbios poseen mayores magnitudes de flujo de calor latente ya que están constituidas por un alto porcentaje de superficies permeables y almacenadoras de humedad como tierra, pasto y arbustos (Capelli de Steffens et al. 2005; Carrasco Aldunate 2010; Oke et al. 2017). Las áreas desprovistas de vegetación, con suelos desnudos, poseen menor disponibilidad que las áreas de cultivos y vegetadas.

La figura 9.7 permite observar como el proceso de evapotranspiración se reduce drásticamente en las zonas centrales, derivado de las características de sus materiales constructivos, las superficies impermeables y la escasa vegetación que impiden la absorción y almacenamiento de agua. Este resultado es consistente con las condiciones climáticas intra-urbanas analizadas por otros investigadores, que afirmaron que el centro urbano posee menores valores de humedad que la periferia y que las zonas costeras y periurbanas son más húmedas (Capelli de Steffens et al. 2005; Ferrelli 2016). Asimismo, coincide con los resultados expuestos por investigadores en el análisis de la injerencia de Q_E en el total de energía disponible en las ciudades. Por ejemplo, Christen y Vogt (2004) afirman que durante el día la magnitud de Q_E en el centro es de 20 % de Q^* y de 60 % en las zonas rurales.

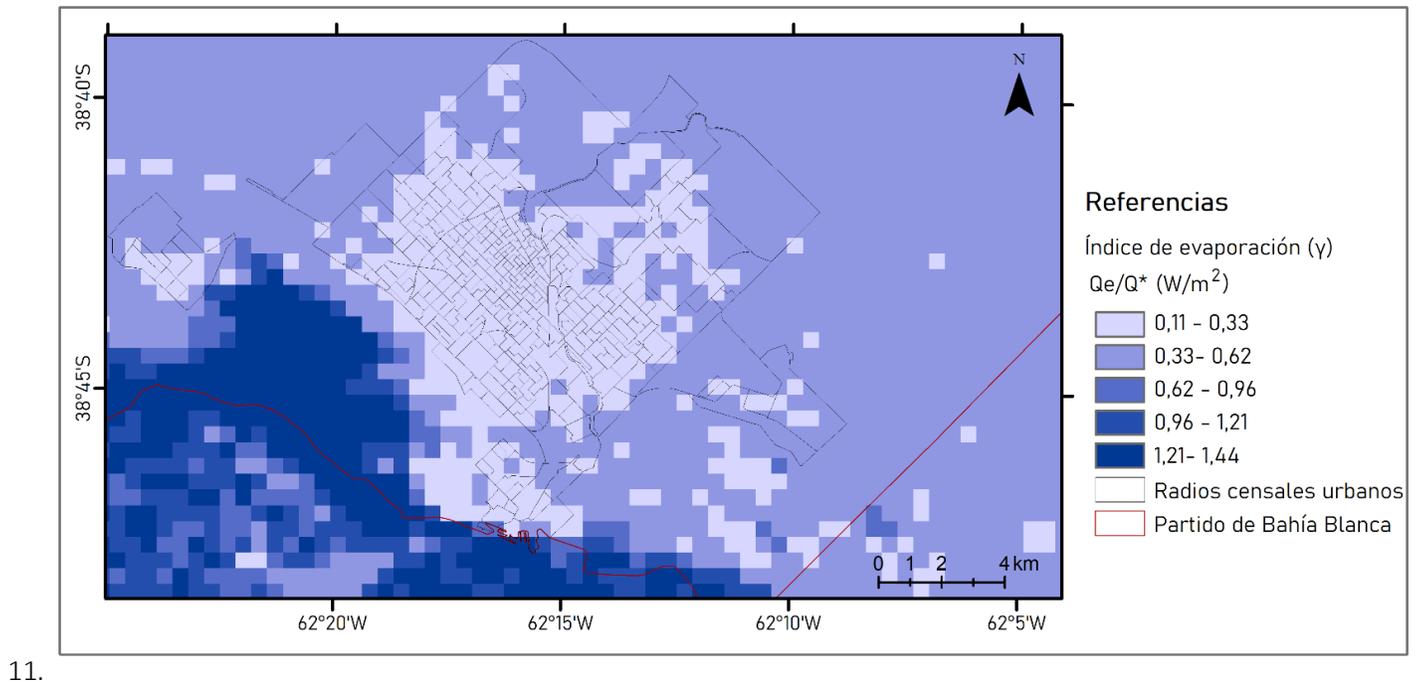
El análisis de las figuras 9.6 y 9.7 es coincidente con la figura 9.8, que muestra la distribución espacial de la relación de Bowen ($\beta: Q_H/Q_E$) en Bahía Blanca. Puede observarse que la zona costera posee valores de índice negativos, lo que implica valores de Q_E preponderantes por sobre el Q_H . En la medida que la estructura urbana adquiere compacidad, β adquiere mayores valores, lo que implica aumento de la magnitud de flujo de Q_H por sobre Q_E . Como consecuencia, las zonas costeras, rural y periurbanas serán más húmedas que el área central de la ciudad (Capelli de Steffens et al. 2005; Ferrelli 2016). La figura 9.9 muestra la variabilidad espacial del índice de almacenamiento ($\Lambda: \Delta Q_S/Q^*$) en la ciudad. La distribución muestra valores mínimos menores a $0,1 \text{ W/m}^2$ en el periurbano y zona rural ubicada al sureste del área de estudio y también en sectores de la zona costera. Los máximos alcanzan los $0,3 \text{ W/m}^2$ y se localizan en la zona central urbana. Los valores hallados coinciden con lo expuesto en investigaciones previas, como lo expuesto por Oke et al. (1999) para la Ciudad de México. La figura 9.10 muestra la distribución espacial de Q_F anual y diurno y nocturno en la ciudad. Como se pudo observar previamente, las mayores magnitudes de flujo de este tipo se producen en el centro urbano, donde la actividad humana es mayor. En las zonas residenciales periféricas se observan mayores magnitudes de flujo que en la zona rural. Cabe señalar que se observa una marcada variabilidad en el flujo de Q_F diurno y nocturno. Durante el día se registran las máximas magnitudes de Q_F con valores superiores a 60 W/m^2 en el centro de la ciudad. En el microcentro y la zona residencial periférica de flujo antropogénico pose magnitudes mayores a 15 W/m^2 y lo mismo sucede en la zona próxima a la costa. Esto puede atribuirse a las actividades portuarias e industriales llevadas a cabo durante el día en la zona costera de la ciudad que, por los vientos preponderantes en la zona, son fuente de calor antropogénico en el estuario de Bahía Blanca. Durante la noche los valores de Q_F disminuyen en magnitud en toda la zona urbana. Los mayores valores se observan en la zona central y en el macrocentro, producto principalmente de los sistemas de refrigeración/calefacción, además de otros factores mencionados previamente en este apartado.

Figura 9.6. Variabilidad espacial anual de $\chi: Q_H/Q^*$ en Bahía Blanca.



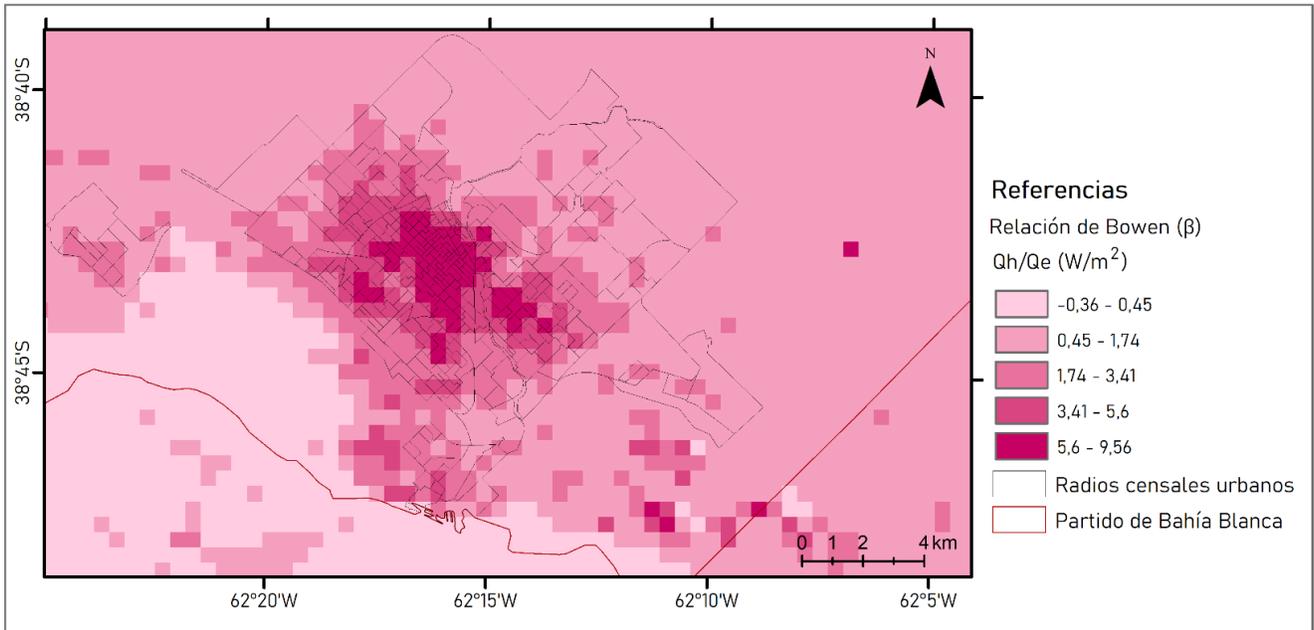
Fuente: Fernández (2020).

Figura 9.7. Variabilidad espacial anual de $\gamma: Q_E/Q^*$ en Bahía Blanca.



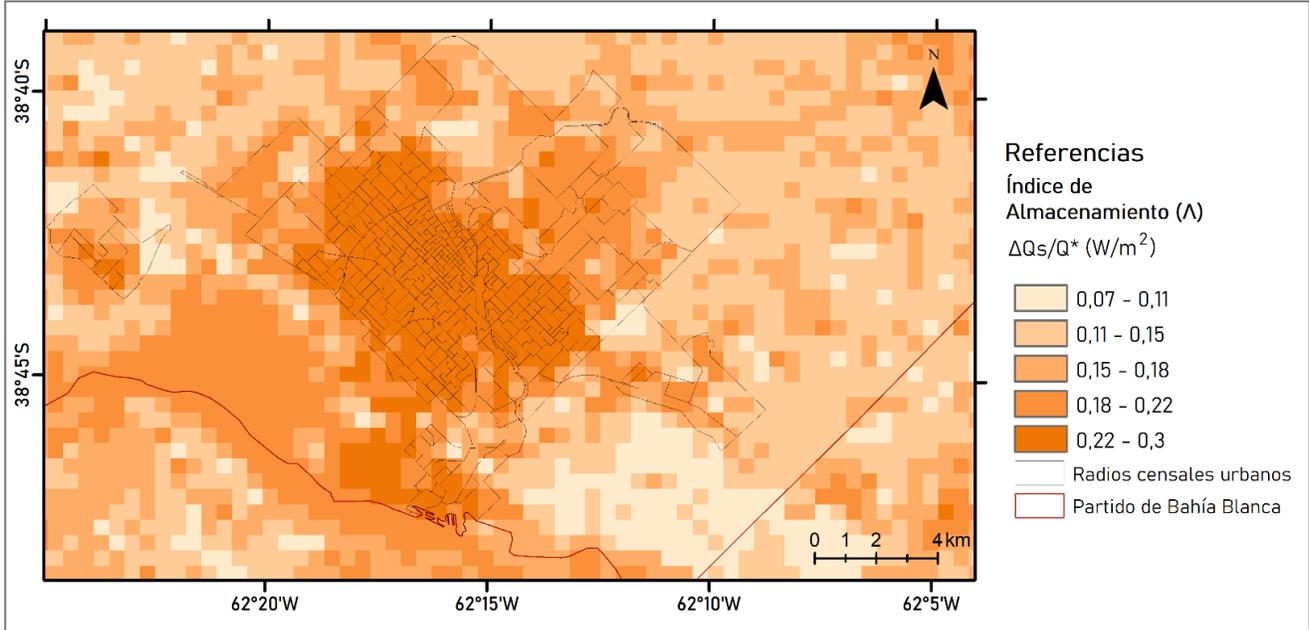
Fuente: Fernández (2020).

Figura 9.8. Variabilidad espacial anual y estacional de $\beta: Q_H/Q_E$ en Bahía Blanca.



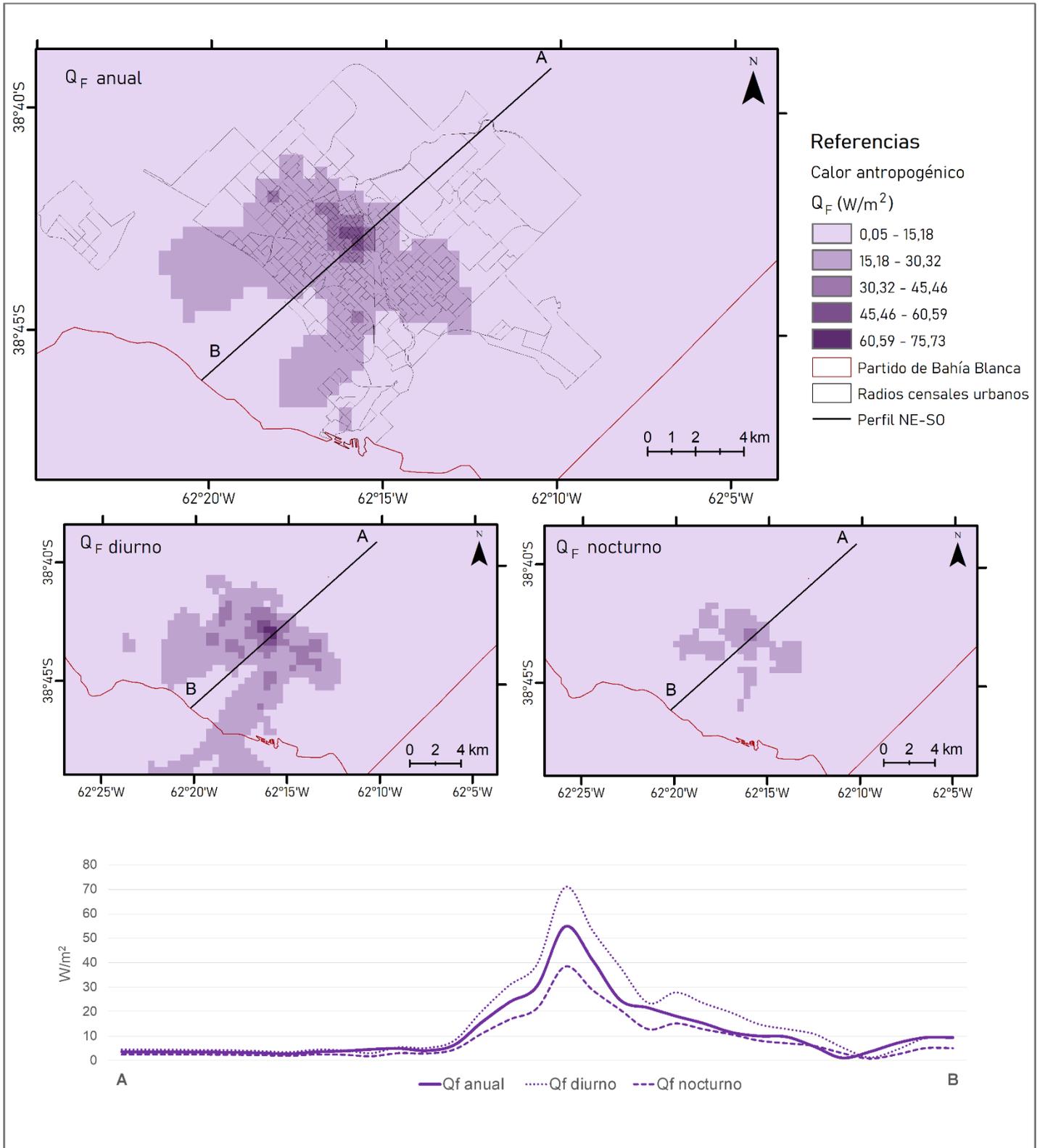
Fuente: Fernández (2020).

Figura 9.9. Variabilidad espacial anual y estacional de ΔQ_S y del $\Lambda: \Delta Q_S/Q^*$ en Bahía Blanca.



Fuente: Fernández (2020).

Figura 9.10. Distribución espacial anual y diaria de Q_F en Bahía Blanca.



Fuente: Fernández (2020).

PARTE III. PROPUESTAS Y CONCLUSIONES

10. Propuestas

La difusión de estrategias holísticas que contemplen todas las dimensiones y usos del Sol en la estructura urbana permiten la consolidación de ciudades sostenibles, resilientes, con menor uso de energía y mejores condiciones de vida para la población, en línea con la materialización de Objetivos de Desarrollo Sostenible. En este capítulo se detallan propuestas para la ciudad de Bahía Blanca orientadas a tal fin (Tabla 10. 1 y Fig. 10.1). Las mismas fueron estructuradas de acuerdo a las dimensiones del Sol contempladas en esta tesis. Para ello, se consultó el Código de Planeamiento Urbano de Bahía Blanca (Municipalidad de Bahía Blanca 1993) y el Plan de Desarrollo Local de Bahía Blanca que se elaboró en el año 2009 con el subsidio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (Cincunegui 2010). Este propone un modelo territorial configurado a partir de la propuesta de un conjunto de sistemas territoriales: sistema de rondas, sistema de clusters barriales, sistema de espacios libres (corredores territoriales) y sistema de centralidades. Estos se definen en función de las principales estrategias de crecimiento económico y social: la actividad portuaria y su potencial logístico (Bahía Ciudad-Puerto), la oferta de servicios educativos, culturales y de innovación tecnológica (Bahía Ciudad del Conocimiento) y las necesidades locales de vivienda, espacio público, equipamiento e infraestructura (Bahía Ciudad Inclusiva) (Vecslir Peri y Antón 2010a, b).

10.1. El Sol como recurso: aprovechamiento energético, salud y disfrute en la ciudad

Respecto al Sol como recurso energético y medida de sostenibilidad se resalta la necesidad de definir espacios plausibles para la implementación de producción fotovoltaica de electricidad. En este sentido, se identificaron espacios dentro de la ciudad donde podría focalizarse generación de energía distribuida (Fig. 10.1a). Los paneles fotovoltaicos proporcionan un gran beneficio de reducción térmica durante el ciclo diurno y también brindan los beneficios adicionales de respaldar la demanda máxima de energía y utilizar una fuente de energía renovable (Golden et al. 2007). La evaluación del potencial solar urbano para la incorporación de tecnologías de producción energética *in situ* puede contribuir a diversificar la matriz energética de la ciudad. Referido a espacios potencialmente recolectores de energía, se destacan el micro y macrocentro urbanos (Fig. 10.1a). En el análisis efectuado, pudo observarse que estos sectores concentran las actividades antropogénicas fuente de flujo de calor antropogénico (Q_F), como procesos de combustión o el consumo energético utilizado en el enfriamiento y calefacción de los ambientes. Se recomienda evaluar el potencial de radiación solar en las terrazas de los edificios donde se concentra mayor cantidad de población y cuya superficie permita la instalación de elementos productores de energía. Las Zonas Centrales (-C-) definidas por el Código de Planeamiento Urbano de Blanca constituye el sector donde se recomienda implementar dicha medida.

Las tecnologías solares ofrecen la posibilidad de generación fotovoltaica de electricidad también en las playas de estacionamiento (Fig. 10.1c). En la propuesta de modificación de estos espacios (intrínsecamente asociados a diversas problemáticas urbanas) bajo criterios urbanísticos sostenibles, la producción sostenible de energía es una medida fuertemente recomendada. Los paneles solares se pueden montar en un dosel de marco sobre el área de estacionamiento (Krishnan 2016; Krishnan et al. 2017). Las nueve playas de estacionamiento con cubiertas de chapa en el microcentro de la ciudad pueden aprovechar esta infraestructura. Para las playas de estacionamiento señaladas en la figura 10.1c, se recomienda realizar análisis de factibilidad de acuerdo al recurso solar disponible en cada una de ellas. En este sentido, el entorno de emplazamiento, particularmente la altura de las construcciones linderas, juega un papel fundamental a ser evaluado.

En lo referido al Sol como elemento de salud y disfrute, los espacios verdes públicos constituyen espacios de asoleamiento idóneos (Fig. 10.1a). El CPU (Municipalidad de Bahía Blanca 1993) los agrupa bajo el término Distritos de Urbanización Parque (-UP-). Los espacios públicos más asociados a disfrutar del Sol en Bahía Blanca son las plazas y parques, entre los que se destacan Parque de Mayo, el Paseo de las Esculturas, la Plaza Rivadavia y el Parque Independencia por ser los más valorados a escala local. Esto los convierte en los principales espacios públicos plausibles de implementar medidas tendientes a incrementar el disfrute del Sol a escala urbana. Su mantenimiento y la constante mejora de las instalaciones

aparecen como medidas fundamentales en este sentido. Por otro lado, las calles del micro y macrocentro, así como de los barrios residenciales son ampliamente utilizados por los transeúntes. Los paseos y bicisendas poseen una dinámica creciente en la ciudad, aparecen como lugares de encuentro, esparcimiento y para la práctica de deportes al aire libre. Asegurar el asoleamiento durante el invierno y la sombra durante el verano definirá el confort de los usuarios y, por lo tanto, su utilización y el tiempo de permanencia de las personas allí. Por otro lado, se observó la escasa valoración de las zonas costeras como espacios de esparcimiento y que gran parte de los bahienses manifestaron que Bahía Blanca no cuenta con suficientes espacios verdes. En este sentido, es posible identificar múltiples medidas para favorecer el disfrute y aprovechamiento del Sol en la ciudad en los espacios públicos. Se identifica la necesidad de aumentar el perfil recreativo y el potencial de disfrute del Sol los espacios costeros (Fig. 10.1a). Se verificó que las zonas costeras poseen mayores magnitudes de flujo de calor sensible, por lo que desde el punto de vista del confort higro-térmico, constituyen espacios idóneos para el esparcimiento estival. El Plan de Desarrollo Local de Bahía Blanca contempla la ejecución del Programa AMEB (Área Metropolitana del Estuario de la Bahía) que se relaciona, en parte, con potenciar la función turístico-recreativa del frente marítimo con la dinamización de parques y paseos costeros, en el marco del desarrollo sostenible portuario (Cincunegui 2010; Vecslir Peri y Antón 2010b).

Además, a partir del análisis de percepción efectuado, pudo observarse que alrededor de un 40 % de los encuestados de la ciudad disfruta del Sol en temporadas específicas y no durante todo el año. Debido a la comprobada importancia de mantener regularmente un contacto directo con el Sol es necesario informar a la población respecto a la radiación solar como un factor importante para la salud y promover estrategias a nivel urbano que modifiquen los hábitos estacionales de disfrute del Sol. Se propone el planteo de circuitos pedestres de disfrute saludable del Sol a escala urbana, que incorpore el análisis de la variable solar en su planificación y la instalación de cartelera informativa que difunda los beneficios de la exposición frecuente y consciente a la radiación solar (Fig. 10.1a). En este sentido esta medida puede ser contemplada en la materialización de la propuesta de sistemas territoriales en el Plan de Desarrollo Local de Bahía Blanca. En ella se incluye el sistema de espacios libres (corredores territoriales), que hace referencia al conjunto de vacíos urbanos lineales generados en las áreas remanentes del sistema ferroviario y en las márgenes de los dos cursos de agua principales (canal Maldonado y arroyo Napostá), que son áreas de oportunidad para articular el espacio libre colectivo en una red continua sierra-estuario. De esta manera, *“la franja costera del estuario, los parques localizados al norte de la ciudad, y los espacios públicos tradicionales (parques, plazas y paseos), unidos por los corredores y otras áreas de oportunidad, permitirían generar una innovadora red ambiental y paisajística, recuperando para la ciudad la condición marítima perdida”* (Vecslir Peri y Antón 2010b, a). Dentro de esta red paisajística se propone el planteo de circuitos que potencien el disfrute del Sol de forma consciente y constante en la ciudad.

10.2. El Sol como peligro: contaminación atmosférica y sobreexposición

Respecto a los peligros concretos asociados a la exposición solar, en el análisis de percepción efectuado los encuestados mencionaron principalmente el cáncer y las quemaduras en la piel, seguido de la deshidratación. La contaminación fotoquímica fue una de las menos mencionadas. Ya que es una problemática común en las áreas urbanas es fundamental informar a la población al respecto. Debido a que en Bahía Blanca se ha observado la ocurrencia de contaminación de verano y que su distribución posee una marcada estacionalidad, se identifica la necesidad de difundir información que concientice a la población respecto a los peligros del *smog* fotoquímico y de sus contaminantes precursores. Entre los contaminantes primarios se destacan los óxidos de nitrógeno, cuya distribución depende directamente del flujo de la fuente (en particular el tráfico vehicular). El incremento de playas de estacionamiento en el microcentro de la ciudad favorece el acceso vehicular al sector en detrimento de otros medios de transporte más sostenibles, como transporte público o bicicleta. Esto puede contribuir a la concentración de contaminantes en el área central de la ciudad. Sumado a ello, la distribución no homogénea de estos espacios en el microcentro concentra en ciertos sectores las consecuencias ambientales no deseadas de su instalación. Se sugiere el planteo de políticas específicas a fin de lograr una distribución más

equitativa de las playas de estacionamiento en el microcentro de la ciudad. Alcanzar una distribución equitativa de las playas de estacionamiento resulta de interés por las consecuencias ambientales intrínsecas a su instalación y por la dinámica vehicular que generan. Además, promover la utilización de otros tipos de transporte alternativo (transporte público, bicicletas) favorecerá a la mejora de la calidad del aire en las zonas centrales, en el contexto de programas de movilidad sostenible (Municipalidad de Bahía Blanca 2015). En este sentido, ampliar la red de bicirreles existente, de forma que permita desplazarse de manera segura, rápida, directa, continua, informada, visible y cómoda desde diversos puntos de la ciudad hacia el microcentro aparece como alternativa (Municipalidad de Bahía Blanca 2015).

En lo referido a la protección frente a la exposición solar, se identifica la necesidad de concientización respecto a la toma de medidas durante todo el año y no solo en la época estival, fundamentalmente elegir lugares con sombra, utilizar vestimenta apropiada y controlar el horario de la exposición. En este sentido, la cartelera informativa en los espacios de disfrute del Sol de carácter público es una forma de difusión a ser implementada (Fig. 10.1a). Por otro lado, la instalación de solmáforos es una alternativa apropiada, ya que permite a los ciudadanos visualizar el peligro asociado a la exposición al Sol y tomar las medidas pertinentes. Se considera de relevancia principalmente en aquellos paseos que no cuentan con sombra.

El fortalecimiento de la infraestructura verde en la ciudad se propone como una medida fundamental en el confort, la salud y la protección frente a la exposición solar. La presencia de vegetación en las ciudades contribuye a la disminución de la isla de calor y de la concentración de contaminantes atmosféricos. El análisis efectuado previamente mostró que las mayores magnitudes de flujo de calor sensible en la ciudad se localizan en las zonas centrales (micro y macrocentro), lo que implica preponderancia de flujos turbulentos que producen el calentamiento de la atmósfera más cercana a la superficie, fenómeno directamente vinculado con la presencia de la isla de calor urbana (Ching 1985; Alexander y Mills 2014; Alexander et al. 2016). En esta línea, alentar la reforestación en las áreas centrales es un objetivo dispuesto en el CPU de la ciudad. En este sentido, la figura 10.1b muestra el análisis de las zonas aptas para la plantación de especies arbóreas en el microcentro de la ciudad según el ancho de las veredas, su orientación y la relación de aspecto de los cañones urbanos. En primer término se identificaron aquellas veredas con más de 2 metros de ancho (Municipalidad de Bahía Blanca 2012), con orientación noroeste o noreste y con una relación de aspecto de los cañones urbanos menor a 1 metro (cañones bajos). Estas condiciones favorecen el alcance de radiación solar directa, factor fundamental para el desarrollo de la vegetación. En la figura 10.1b es posible identificar dos categorías de veredas aptas para la plantación de árboles. En aquellas de ancho mayor o igual a 2 metros y menor a 3,5 metros, la Ordenanza Municipal N° 16859 (Municipalidad de Bahía Blanca 2012) estipula la plantación de especies de tercera dimensión, con una distancia mínima de 4 metros y máxima de 5 metros entre árboles. Por otro lado, en aquellas veredas con un ancho de 3,5 metros o más, se estipula la plantación de especies de primera y segunda dimensión, con una distancia mínima de 6 metros y máxima de 8 metros entre árboles.

Además, desde el planeamiento se propone la plantación de árboles en espacios de esparcimiento de la ciudad, tales como plazas, parques, bicisendas ya que aumenta la disponibilidad de sombra y el confort a nivel intra-urbano, principalmente en la época estival. Cabe señalar que la disponibilidad de sombra en el tránsito y permanencia fue una medida de protección solar mencionada por los encuestados, por lo que es necesario tomar acciones concretas en materia urbana para asegurarla. Cabe señalar que existen espacios dentro de la trama urbana que no cuentan con suficiente sombra y que son ampliamente utilizados para realizar deportes al aire libre, lo que implica una considerable cantidad de tiempo de exposición al Sol. Entre ellos se destaca el Paseo Juan Domingo Perón (Ex-Carrindanga) y el paseo al margen de la Avenida Cabrera, además de diversos sectores de las bicisendas y ciclovías² urbanas.

Por otro lado, se evidencia el potencial de las playas de estacionamiento del microcentro de la ciudad como espacios de materialización de medidas verdes (Fig. 10.1c). Ya que las playas de estacionamiento de la ciudad mostraron una existencia

² La Ordenanza Municipal N° 18433 (Municipalidad de Bahía Blanca 2016b) define a la bicisenda como "sector señalado especialmente en la acera o espacio público para la circulación con carácter preferente de ciclo rodados, donde rigen reglas de circulación particulares adecuadas para la seguridad de los mismos en dicha área compartida" y a la ciclovía como "carriles diferenciados para el desplazamiento de bicicletas o vehículo similar no motorizado, físicamente separado de los otros carriles de circulación, mediante construcciones permanentes dentro de la calzada".

prácticamente nula de vegetación y suelos de cemento como solado fundamental, se propone fortalecer la infraestructura verde en estos espacios para proveer sombra, proporcionar enfriamiento evapotranspiratorio, mayor grado de confort a escala urbana y mejorar la calidad del aire. Esto incluye la plantación de árboles, techos verdes y paredes verdes, que podrán ser complementados con el uso de pavimento alternativo para favorecer la infiltración. La plantación de árboles será óptima en aquellas playas que no cuenten con cubierta para autos, un total de nueve en el microcentro de la ciudad. Se recomienda la utilización de especies que se adapten al clima local y requieran poca irrigación (US Environmental Protection Agency 2008; Benedetti et al. 2014; Shapiro et al. 2015). Los techos verdes serán de utilidad en aquellas playas de estacionamiento con cubierta para autos, principalmente aquellas de chapa, por su efecto refrigerante. Esta infraestructura será la base para la implementación de este tipo de medida sostenible. Las casillas de vigilancia y control también podrán adquirir este tipo de estrategias. En la figura 10.1c puede observarse que esta medida se propone para nueve playas de estacionamiento del área de estudio. Las paredes verdes también son una técnica adecuada, ya que se pueden plantar en el suelo o en macetas a cualquier altura de las paredes de un edificio. Además de prevenir el aumento de calor en las paredes de los edificios, las paredes verdes pueden proporcionar enfriamiento a través de la evapotranspiración. Si bien se postula como propuesta para la totalidad de las playas de estacionamiento del área de estudio es una alternativa para aquellas playas de estacionamiento de menor tamaño, que no cuentan con espacio para plantar árboles (Norton et al. 2015). Esta propuesta sería una solución a la manutención de los muros perimetrales y podría ser implementada en al menos uno de ellos en cada playa de estacionamiento, según su orientación respecto al Sol. Se recomienda realizar un análisis de las condiciones de sitio a fin de seleccionar aquellos muros linderos que cuenten con la suficiente insolación para la existencia de vegetación.

10.3. El Sol como derecho: la estructura urbana y el acceso al Sol

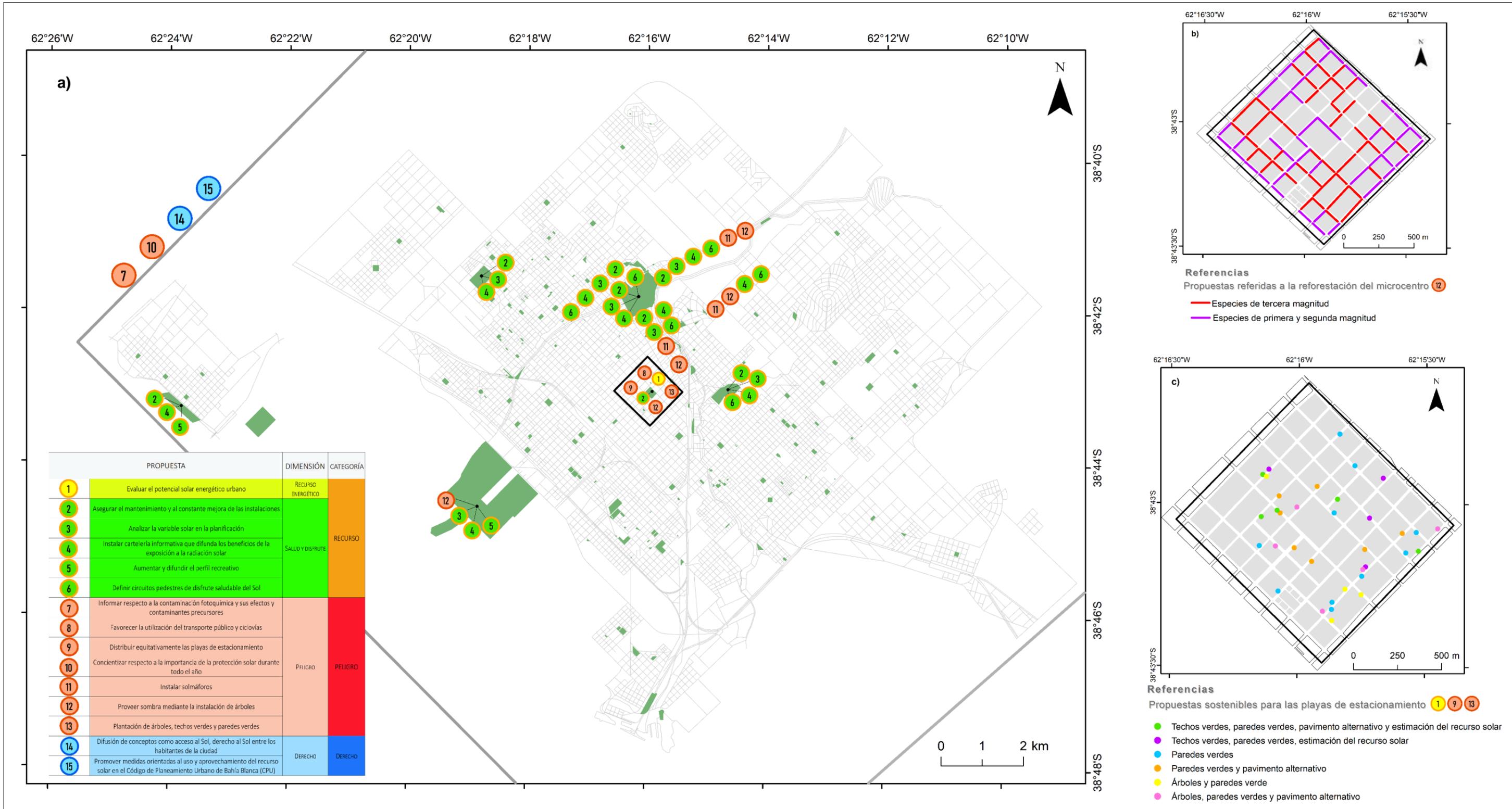
Tener acceso a luz natural directa fue considerado altamente beneficioso por los ciudadanos encuestados, si bien a la mayor parte los conceptos de acceso y derecho al Sol no les son conocidos. Se considera de gran importancia la difusión de conceptos como acceso al Sol, derecho al Sol entre los habitantes de la ciudad. Los tipos de viviendas con menos acceso a la luz solar directa fueron en primer lugar los departamentos internos y los edificios de departamentos y en esta línea, se observó la ocurrencia de sombras producto de la compacidad urbana en varios sectores del microcentro. Si bien en la legislación nacional, provincial y municipal esta temática se ve indirectamente implicada es necesario establecer leyes específicas referidas al acceso y derecho al Sol en los entornos urbanos. En este sentido, se resalta la necesidad de promover medidas orientadas al uso y aprovechamiento del recurso solar en el Código de Planeamiento Urbano de Bahía Blanca (CPU) (Municipalidad de Bahía Blanca 1993) (Fig. 10.1a). Se recomienda complementar la legislación vinculada a los centros de manzana dispuesta en el CPU con conceptos de derecho al Sol. El concepto de acceso solar representa para la ciudad de Bahía Blanca un gran desafío, ya que requiere de revisión e integración de los diversos instrumentos de planificación y normas urbanísticas. Los códigos municipales son los principales elementos legales que tienen la capacidad de limitar el derecho individual en beneficio del bien común. Si bien los códigos municipales de Bahía Blanca no responden a requerimientos de acceso al Sol, las técnicas de control edilicio que se incluyen en el CPU y en ordenanzas pueden responder a ese fin.

Tabla 10.1. Cuadro síntesis de propuestas de desarrollo sostenible para diversos sectores de Bahía Blanca.

| CATEGORÍA | DIMENSIÓN | SUB-DIMENSIÓN | PROPUESTAS | ÁREA DE APLICACIÓN | ÁREA DE APLICACIÓN (CPU) | ESTRUCTURAL/ NO ESTRUCTURAL | POTENCIAL DE MEJORA | |
|--|--------------------|------------------------------|--|--|---|--|---|--|
| RECURSO | RECURSO ENERGÉTICO | Recurso energético | Evaluar el potencial energético solar urbano | Terrazas de los edificios cuya superficie permita la instalación de elementos productores de energía | Microcentro dentro de C. 1. Área Central – Microcentro Direccional | Estructural | Diversificación energética. Desarrollo de energías limpias | |
| | | | | Playas de estacionamiento | Microcentro dentro de C. 1. Área Central – Microcentro Direccional | | | |
| | SALUD Y DISFRUTE | Salud y disfrute | Asegurar el mantenimiento y la constante mejora de las instalaciones | Espacios verdes públicos | Distritos de Urbanización Parque (-UP-) | Estructural | Potenciar el disfrute del Sol a escala urbana | |
| | | | Analizar la variable solar en la planificación | Espacios verdes públicos | Distritos de Urbanización Parque (-UP-) | Estructural | Asegurar el asoleamiento durante el invierno y la sombra durante el verano | |
| | | | Instalar cartelería informativa que difunda los beneficios de la exposición frecuente a la radiación solar | Espacios verdes públicos, bicisendas | Distritos de Urbanización Parque (-UP-) | No estructural | Modificar los hábitos estacionales de disfrute del Sol | |
| | | | Aumentar y difundir el perfil recreativo | Espacios públicos costeros | Distritos de Urbanización Parque (-UP-) | Estructural/No estructural | Valorizar los espacios costeros de la ciudad para disfrutar del Sol | |
| | | | Definir circuitos pedestres de disfrute saludable del Sol | Espacios verdes públicos, bicisendas | Distritos de Urbanización Parque (-UP-) | Estructural | Potenciar el disfrute del Sol a escala urbana | |
| | PELIGRO | PELIGRO | Contaminación atmosférica | Informar respecto a la contaminación fotoquímica y sus efectos y contaminantes precursores | Toda la ciudad | - | No estructural | Promover la información y el conocimiento de las amenazas y del accionar necesario ante su materialización |
| | | | Contaminación atmosférica | Favorecer la utilización del transporte público. Ciclovías | Micro y macrocentro de la ciudad | Microcentro dentro de C. 1. Área Central – Microcentro Direccional | Estructural | Mejora de la calidad del aire en las zonas centrales |
| Contaminación atmosférica | | | Distribuir equitativamente las playas de estacionamiento | Microcentro urbano | Microcentro dentro de C. 1. Área Central – Microcentro Direccional | Estructural | Mejora de la calidad del aire en las zonas centrales | |
| Sobreexposición/exposición sin protección | | | Concientizar respecto a la importancia de la protección solar durante todo el año | Toda la ciudad | - | No estructural | Promover la información y el conocimiento | |
| Sobreexposición/exposición sin protección | | | Instalar solmáforos | Espacios verdes públicos, bicisendas, ciclovías | Distritos de Urbanización Parque (-UP-) | Estructural | Visualizar el peligro asociado a la exposición al Sol en cada momento y en cada sitio | |
| Sobreexposición/exposición sin protección/disconfort | | | Proveer sombra mediante la plantación de árboles | Espacios verdes públicos, bicisendas, ciclovías, calles | Microcentro dentro de C. 1. Área Central – Microcentro Direccional Distritos de Urbanización Parque (-UP-) | Estructural | Aumentar el confort, la salud y la protección frente a la exposición solar | |
| Sobreexposición/exposición sin protección/disconfort | | | Plantación de árboles, techos verdes y paredes verdes | Playas de estacionamiento | Microcentro dentro de C. 1. Área Central – Microcentro Direccional | Estructural | Proveer sombra, proporcionar enfriamiento evapotranspiratorio, mayor grado de confort a escala urbana y mejorar la calidad del aire | |
| DERECHO | DERECHO | Acceso al Sol/derecho al Sol | Difusión de conceptos como acceso al Sol, derecho al Sol entre los habitantes de la ciudad | Toda la ciudad | - | No estructural | | |
| | | Acceso al Sol/derecho al Sol | Promover medidas orientadas al uso y aprovechamiento del recurso solar en el Código de Planeamiento Urbano de Bahía Blanca (CPU) | - | - | No estructural | | |

Fuente: Fernández (2020).

Figura 10.1. Propuestas de desarrollo sostenible para diversos sectores de Bahía Blanca.



Fuente: Fernández (2020).

11. CONCLUSIONES

En lo que respecta a la variabilidad de la radiación solar y su vinculación con los elementos climáticos, se analizó su distribución espacio-temporal a escala regional y local. A escala regional se estudió la distribución espacio temporal de la RSG y de la HE y su vinculación con situaciones sinópticas y registros de coberturas nubosas más frecuentes, desagregado por estación. Se verificó que su dinámica se ve en gran parte determinada por el pasaje de anticiclones migratorios en el territorio argentino y las condiciones sinópticas asociadas, así como con el pasaje de frentes fríos. El análisis de la RSG a escala local mostró una marcada variabilidad estacional y una fuerte dependencia de la nubosidad. Las nubes bajas y medias son aquellas que mayor capacidad de reducción de la RSG mostraron, más frecuentes durante el invierno.

En lo referido a la radiación solar y su relación con elementos antropogénicos, se efectuó un análisis holístico e integral de la variable en la ciudad de Bahía Blanca. Se contemplaron dimensiones o aspectos desde donde abordar el estudio del Sol en relación con el hombre, su entorno físico-natural y sus actividades, organizados en tres categorías:

- El Sol como un recurso, desde un punto de vista de la optimización energética y como elemento para la salud y el disfrute para el hombre.
- El Sol como un peligro para el hombre.
- El Sol como un derecho elemental para el hombre

El análisis por dimensiones fue abordado en el estudio de la variable física y su dinámica en el marco urbano, en un análisis de percepción aplicado a los habitantes de la ciudad de Bahía Blanca y en la formulación de propuestas concretas de desarrollo sostenible susceptibles de ser materializadas en la ciudad.

En lo que respecta al Sol como recurso, se efectuó un análisis de la variabilidad del recurso solar en el microcentro de la ciudad. Se verificó que la edificación en altura genera sombras en el microcentro que afectan a la insolación recibida.

El Sol como peligro fue evaluado desde aspectos puntuales: el peligro asociado a la producción de contaminantes en la baja atmósfera, el discomfort a escala urbana y la vulnerabilidad de la población. Se verificó la ocurrencia de contaminación de verano (con preponderancia de O_3 y PM_{10} en la atmósfera), cuya distribución se vio determinada por los ciclos diarios y anuales de insolación y por las coberturas nubosas. Mientras tanto, las concentraciones de los contaminantes primarios (NO_x , CO y SO_2) se vieron determinadas por la variabilidad del flujo de la fuente, principalmente el tránsito vehicular. Asimismo, electrometeoros (relámpagos) y litometeoros (humo, calima, tormenta de arena, etc.) poseen incidencia en la concentración de contaminantes en la ciudad. Se observó que la problemática de calidad del aire es multicausal y por ello se requiere de soluciones integrales en materia de desarrollo sostenible y políticas de mitigación y adaptación al cambio climático global. Asimismo, se realizó un análisis cuali-cuantitativo de la vulnerabilidad económica, social, técnica e institucional como una dimensión del riesgo tecnológico en la ciudad de Bahía Blanca. Las zonas urbanas centrales mostraron los menores valores de vulnerabilidad económica, social y técnica del área, mientras que las zonas cercanas al puerto y a las actividades industriales son las más vulnerables, con categoría alta en la escala de análisis utilizada.

Se tomó un caso de estudio las playas de estacionamiento del microcentro, ya que constituyen una tipología de uso de suelo urbano en la que se conjugan las problemáticas abordadas y poseen buena representatividad en la parte central de la ciudad. Las playas de estacionamiento han aumentado su presencia como tipología de uso de suelo urbano en el microcentro de la ciudad, relacionado principalmente con el aumento del parque automotor. Desde un punto de vista estático, sus características de diseño y localización (concentración en el microcentro, ausencia de vegetación y asfalto y chapa como materiales constructivos principales) posee directa incidencia en la Isla de Calor Urbana. Desde un punto de vista dinámico, su existencia en la zona central de la ciudad implica la circulación vehicular en las calles y avenidas, lo que se asocia directamente con la polución de la atmósfera urbana y los flujos de calor antropogénicos. Se propone su potencial como espacios de materialización de medidas de desarrollo sostenible.

En lo que respecta al Sol como un derecho, se analizó el marco jurídico-institucional vigente a nivel nacional, provincial y local en lo relativo a su acceso para la ciudad de Bahía Blanca. Este análisis permitió identificar potencialidades y vacíos

jurídicos e institucionales existentes en la temática a fin de implementar medidas de gestión local en el marco del cambio climático global. Pudo observarse que en la actualidad no existen en la Argentina y en Bahía Blanca leyes específicas referidas al acceso y derecho al Sol. Este tema se ve indirectamente implicado en leyes nacionales, provinciales e incluso ordenanzas municipales ya implementadas. La legislación analizada se focaliza en tres grandes grupos. El primero incluye la protección del ambiente, el cambio climático y el desarrollo sostenible. El segundo se compone de leyes relacionadas con la promoción y desarrollo de energías limpias en todo el territorio nacional, lo que incluye a la producción fotovoltaica de energía. El tercer grupo se compone de normas referidas a la regulación de las características morfológicas de los edificios públicos y privados, la densidad edilicia a escala urbana, los usos de suelo, etc. Asimismo, la temática de acceso al Sol se ve determinada por tres tipos de actores clave: los tomadores de decisión, los expertos y los usuarios. Las autoridades públicas en sus diversos niveles son los organismos decisores. Toman decisiones a nivel de políticas públicas y proyectos. No existen instituciones a nivel nacional, provincial y local que contemplen de forma integral y sistémica todas las dimensiones de acceso al Sol.

El desarrollo de este trabajo contempló el análisis de la percepción de los habitantes de la ciudad de Bahía Blanca respecto al Sol, su aprovechamiento energético, salud y disfrute, peligrosidad y libre acceso. Los hallazgos de esta sección fueron de especial interés a la hora de identificar necesidades específicas de la población respecto al contacto con el Sol, su uso social, técnico e individual. Se establecieron áreas y medidas específicas de intervención a escala local para cada una de las dimensiones o aspectos teóricos del Sol analizados.

Además, se indagó respecto al efecto de la forma y función urbana de Bahía Blanca en los flujos caloríficos integrados en el balance energético a escala local. Se identificaron las Zonas Climáticas Locales (ZCL) más frecuentes en la ciudad de Bahía Blanca. La mayor parte de las ZCL halladas en la ciudad de tipo construido (*built types*) corresponden a ZCL 1 y 2 en el microcentro, ZCL 3 en el macrocentro y ZCL 6 y 9 en el periurbano de la ciudad. En los sectores centrales de la ciudad hay preponderancia de flujos turbulentos que producen el calentamiento de la atmósfera más cercana a la superficie, fenómeno directamente vinculado con la presencia de la isla de calor urbana. En las zonas costeras se evidenció la preponderancia de flujos de calor latente. En lo que respecta al flujo de calor antropogénico, su magnitud de flujo fue máxima en el micro y macrocentro de la ciudad y su distribución horaria mostró máximos coincidentes con las primeras horas de la mañana y las últimas horas de la tarde, cuando el flujo vehicular es mayor.

El análisis de lo expuesto hasta ahora permitió plantear propuestas urbanísticas concretas y susceptibles de ser implementadas en diversas zonas de la ciudad. Estas medidas se corresponden con las dimensiones del Sol estudiadas y poseen potenciales de mejora/mitigación para algunas de las principales problemáticas que presenta la ciudad. Además, se abordaron las playas de estacionamiento del microcentro como espacios plausibles a materializar dichas medidas. Un análisis de las características específicas de cada una de las playas de estacionamiento del microcentro permitió proponer medidas puntuales para cada una, entre las que se destacan las paredes y techos verdes y la plantación de árboles. La implementación de estas medidas contribuirá al desarrollo de una estructura urbana con un menor uso del suelo y de energía y mejores condiciones de vida para la población.

La difusión de estrategias holísticas que contemplen todas las dimensiones y usos del Sol en la estructura urbana permiten la consolidación de ciudades sostenibles, resilientes, con menor uso de energía y mejores condiciones de vida para la población, en línea con la materialización de Objetivos de Desarrollo Sostenible.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A

- Abal, G. (2012). *Fundamentos de Energía Solar*. Montevideo: Universidad de la República.
- Abal, G., D'Angelo, M., Cataldo, J., & Gutiérrez, A. (2010). Mapa Solar del Uruguay. En IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES-CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII-SPES) (pp. 1–5). Cusco.
- Abal, G., D'Angelo, M., Cataldo, J., & Gutiérrez, A. (2010). Mapa Solar del Uruguay. Memoria Técnica. Montevideo.
- Abirutsky, R., Dawidowski, L., Matus, P., & Lankao, P. R. (2012). Health effects of climate and air pollution in Buenos Aires: a first time series analysis. *Journal of Environmental Protection*, 03(03), 262–271. <https://doi.org/10.4236/jep.2012.33033>
- Abirutsky, R., Dawidowski, L., Murgida, A., & Natenzon, C. E. (2014). Contaminación del aire en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires: el riesgo de hoy o el cambio climático futuro, una falsa opción. *Ciencia e Saude Coletiva*, 19(9), 3763–3773. <https://doi.org/10.1590/1413-81232014199.07472014>
- Abirutsky, R., Ibarra, S., Matus, P., Lankao, P. R., Pereyra, V., & Dawidowski, L. (2013). Atmospheric pollution and mortality. A comparative study between two Latin American cities: Buenos Aires (Argentina) and Santiago (Chile). *International Journal of Environment and Health*, 6(4), 363. <https://doi.org/10.1504/IJENVH.2013.056977>
- Aceró Alejandro, J. A. (2010). Influencia de la vegetación en la calidad del aire y el clima urbano. En Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA (pp. 1–13). Madrid.
- Achad, M., Laura López, M., Ceppi, S., Palancar, G. G., Tirao, G., & Toselli, B. M. (2014). Assessment of fine and sub-micrometer aerosols at an urban environment of Argentina. *Atmospheric Environment*, 92, 522–532. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.05.001>
- Adam, M. E. N. (2013). Suspended particulates concentration (PM10) under unstable atmospheric conditions over subtropical urban area (Qena, Egypt). *Advances in Meteorology*, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2013/457181>
- Aguado, E., & Burt, J. E. (2015). *Understanding weather and climate*. Upper Saddle River: Pearson.
- Akhlaya, M. Y., Maksimov, G. V., Rubin, A. B., Lademann, J., & Darvin, M. E. (2014). Molecular action mechanisms of solar infrared radiation and heat on human skin. *Ageing Research Reviews*, 16, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ARR.2014.03.006>
- Albarracín Vélez, G. (2016). Análisis de morfología urbana para la optimización de captación solar en el periurbano de Cuenca - Ecuador. Universidad Politécnica de Catalunya. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100243/86BCN_AlbarracinGiovanny.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Alexander, P. J., Fealy, R., & Mills, G. M. (2016). Simulating the impact of urban development pathways on the local climate: A scenario-based analysis in the greater Dublin region, Ireland. *Landscape and Urban Planning*, 152, 72–89. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.02.006>
- Alexander, Paul J., & Mills, G. (2014). Local climate classification and Dublin's urban heat island. *Atmosphere*, 5(4), 755–774. <https://doi.org/10.3390/atmos5040755>
- Alghamdi, M. A., Khoder, M., Harrison, R. M., Hyvärinen, A. P., Hussein, T., Al-Jeelani, H., ... Hämeri, K. (2014). Temporal variations of O₃ and NO_x in the urban background atmosphere of the coastal city Jeddah, Saudi Arabia. *Atmospheric Environment*, 94(2014), 205–214. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.03.029>
- Allende, D., Ruggeri, F., Puliafito, E., Sánchez, Y., & Porta, A. (2016). Modelo de calidad de aire urbana en alta resolución para el Gran La Plata. En XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente (ASADES) (pp. 01.27-01.40). La Plata: Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de la Plata. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/65278>
- Allende, D., Pascual, R., Ruggeri, M., Mulena, C., & Puliafito, E. (2014). Monitoreo e identificación de fuentes de PM10, PM 2,5 y PM1 en el área urbana y suburbana del Gran Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 18, 01.19-01.26. Recuperado de <https://www.mendoza-conicet.gov.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2014/2014-t001-a003.pdf>
- Allende, David, Pascual, R., Ruggeri, M., Mulena, G., & Puliafito, E. (2014). Monitoreo e identificación de fuentes de PM10, PM2.5 y PM1 en el área urbana y suburbana del Gran Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 18, 01.19-01.26.
- Allende, David, Ruggeri, M. F., Lana, B., Garro, K., Altamirano, J., & Puliafito, E. (2016). Inventory of primary emissions of selected persistent organic pollutants to the atmosphere in the area of Great Mendoza. *Emerging Contaminants*, 2(1), 14–25. <https://doi.org/10.1016/J.EMCON.2015.12.001>
- Alnaser, W. E., Eliagoubi, B., Al-Kalak, A., Trabelsi, H., Al-Maalej, M., El-Sayed, H. M., & Alloush, M. (2004). First solar radiation atlas for the Arab world. *Renewable Energy*, 29(7), 1085–1107. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2003.10.007>
- Alyahya, S., & Irfan, M. A. (2014). New solar radiation Atlas for Saudi Arabia. En 3rd International Conference on Renewable Energy Research and Applications, ICRERA 2014 (pp. 245–249). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ICRERA.2014.7016564>
- Alyahya, S., & Irfan, M. A. (2016). Analysis from the new solar radiation Atlas for Saudi Arabia. *Solar Energy*, 130, 116–127. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.01.053>
- Andrade, M. I., Laporta, P., & Iezzi, L. (2009). Sequías en el sudoeste bonaerense: vulnerabilidad e incertidumbre. *Revista de Estudios Geográficos*, 5(55), 213–231. Recuperado de <http://geograficando.fahce.unlp.edu.ar>
- Andrés, D. A., Ferrero, E. J., & Mackler, C. E. (2011). Monitoreo de contaminantes del aire en la Ciudad de Rosario-Argentina. *Información Tecnológica*, 8, 1–10.
- Anze, R., Franken, M., Zaballa, M., Pinto, M. R., Zeballos, G., Cuadros, M. de los Á., ... Del Granado, S. (2007). Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. *Revista Virtual REDESMA*, 1(59), 52–74. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/237609504>
- Arabi, R., Shahidan, M. F., Kamal, M. S. M., Fakri Zaky Bin Ja'afar, M., & Rakhshandehroo, M. (2015). Mitigating Urban Heat Island through green roofs. *Current World Environment*, 10(1), 918–927. <https://doi.org/10.12944/CWE.10.Special-Issue1.111>
- Arboit, M., & Betman, E. (2017). Comparative study of solar radiation availability in dry climate urban environment forested areas, in Mendoza, Argentina. *Environmental Science and Sustainable Development*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.21625/essd.v1i1.16.g4>
- Arboit, M., & De la Rosa, C. (2012). Morfología urbana para la sostenibilidad energético ambiental del parque edilicio en ciudades andinas. Caso: Área Metropolitana de Mendoza, Argentina. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 30, 1–7.
- Arboit, M., Diblasi, Á., & De Rosa, C. (2012). Factibilidad de aprovechamiento de la energía solar e impactos previsible de las nuevas reformas del Código Urbano y de Edificación: propuestas para la ciudad de Mendoza, Argentina. *Hábitat Sustentable*, 2(1), 36–46. Recuperado de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/411/374>
- Arboit, M. E. (2013). Permeabilidad del arbolado urbano a la radiación solar: Estudio de dos especies representativas en entornos urbanos de baja densidad del Área Metropolitana de Mendoza, Argentina. *Hábitat Sustentable*, 3(2), 3–18. Recuperado de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/431>
- Arboit, M. E., & Betman, E. (2014). Radiación solar en entornos urbanos forestados con clima seco. *Revista de Urbanismo*, (31), 76–94. Recuperado de <http://revistaurbanismo.uchile.cl>
- Argungu, G. M., Dabai, K. A., & Scholar, R. (2017). Application of linear models for estimation of global solar radiation using available meteorological parameters for Sokoto, Nigeria. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, 3(11), 76–83. <https://doi.org/10.7324/IJASRE.2017.32556>
- Arreola Contreras, J. L., & González, G. (1999). Análisis espectral del viento y partículas menores de 10 micrómetros (PM10) en el área metropolitana de Monterrey, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 15(2), 95–102.

Assi, A., & Jama, M. (2010). Estimating global solar radiation on horizontal from sunshine hours in Abu Dhabi-UAE. En A. Kallel, A. Hassairi, C. Aida Bulucea, & N. Mastorakis (Eds.), 4th WSEAS International Conference on Energy Planning, Energy Saving, Environmental Education - 4th WSEAS International Conference on Renewable Energy Sources (pp. 101–108). Kantaoui, Tunisia. Recuperado de www.wseas.org

Australian Government. (2013). The solar cities program the journey, final report of the lessons and highlights of the solar cities program.

B

- Badescu, V. (2002). A new kind of cloudy sky model to compute instantaneous values of diffuse and global solar irradiance. *Theor. Appl. Climatol*, 72, 127–136. Recuperado de <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs007040200017.pdf>
- Bajsanski, I., Stojakovic, V., & Jovanovic, M. (2016). Effect of tree location on mitigating parking lot insolation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 56, 59–67. <https://doi.org/10.1016/J.COMPENVURBSYS.2015.11.006>
- Bambill, E., Montero, C., Bukosky, M., Amado, L., & Perez, D. (2017). Indicadores de calidad de aire en el diagnóstico de la sustentabilidad de la ciudad de Bahía Blanca. En PROIMCA - PRODECA (pp. 1–10). Bahía Blanca. Recuperado de <http://ria.utn.edu.ar/handle/123456789/2128>
- Barmpadimos, I., Hueglin, C., Keller, J., Henne, S., & Prévôt, A. S. H. (2011). Influence of meteorology on PM10 trends and variability in Switzerland from 1991 to 2008. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11(4), 1813–1835. <https://doi.org/10.5194/acp-11-1813-2011>
- Barrenechea, J., Gentile, E., González, S., & Natenzon, C. (2003). Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la Teoría Social del Riesgo. En S. Lago Martínez, G. Gómez Rojas, & M. Mauro (Eds.), *En torno de las metodologías: abordajes cualitativos y cuantitativos* (pp. 179–196). Buenos Aires: Proa XXI.
- Barrenechea, Julieta, & Gentile, E. (2016). Inundaciones y accidentes industriales en Zárate-Campana: un análisis comparado para su gestión urbana integrada. En C. E. Natenzon & D. Ríos (Eds.), *Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la Geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos* (pp. 97–114). Ediciones Imago Mundi. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Barros, V., Gonzalez, M., Liebmann, B., & Camilloni, I. (2000). Influence of the South Atlantic convergence zone and South Atlantic Sea surface temperature on interannual summerrainfall variability in Southeastern South America. *Theoretical and Applied Climatology*, 67(3–4), 123–133. <https://doi.org/10.1007/s007040070002>
- Barros, Vicente, & Camilloni, I. (2016). *La Argentina y el Cambio Climático. De la física a la política*. Buenos Aires: Eudeba.
- Barry, R. G., Chorley, R. J., Omega, E., & Barcelona, S. A. (2004). *Atmósfera, tiempo y clima*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Basso, M., Arboit, M. E., Mesa, A., & De Rosa, C. (2013). Desarrollo e implementación de indicadores morfológicos para ser incorporados al Código Urbano y de Edificación del municipio de Godoy Cruz, en el Área Metropolitana de Mendoza. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 31, 59–66.
- Baxendale, C. (2015). El mapa social de Trelew. *GeSIG*, 7(7), 1–14.
- Beck, U. (1996a). Teoría de la modernización reflexiva. En A. Giddens, X. Bauman, N. Luhmann, & U. Beck (Eds.), *Las consecuencias perversas de la modernidad: modernidad, contingencia y riesgo* (pp. 223–266). Barcelona: Anthropos.
- Beck, U. (1996b). Teoría de la sociedad del riesgo. En A. Giddens, Z., Bauman, N. Luhmann, & U. Beck (Eds.), *Las consecuencias perversas de la modernidad: modernidad, contingencia y riesgo* (pp. 201–222). Barcelona: Anthropos.
- Beck, U. (2006). *La sociedad del riesgo global*. Madrid: Siglo XXI.
- Belmonte, S., Franco, J., Viramonte, J., & Núñez, V. (2009). Integración de las Energías Renovables en procesos de Ordenamiento Territorial. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13(NOVEMBER), 41–48. Recuperado de <http://asades.org.ar/modulos/averma/trabajos/2009/2009-t007-a006.pdf>
- Benedetti, Graciela M., Duval, V. S., Campo, A. M., & Barrionuevo, L. (2013). El aeropolen en la ciudad de Bahía Blanca (Argentina): Aportes para la gestión del arbolado público desde la selección de especies. *Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes*, 4(2), 199–210. Recuperado de <http://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/12452>
- Benedetti, Graciela María, Andreozzi, G. B., Duval, V. S., Fernández, M. E., Gazzolo, B. I., Gonzalez, A. P. A., ... Volonté, A. (2015). Bahía Blanca: del medio natural al medio construido. Bahía Blanca: Ediusn.
- Benedetti, Graciela María, Campo, A. M., & Horvath, A. L. (2014). Arbolado público en el barrio Pacífico, ciudad de Bahía blanca: aportes para la gestión. *Párrafos Geográficos*, 13(1), 28–55. Recuperado de https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/0/?ui=2&ik=c78bdd8f8a&attid=0.3&permmsgid=msg-f:1609070228722309722&th=165490d909a65a5a&view=att&disp=inline&realattid=f_jkyaf7po3&saddbat=ANGjdJ_QwVaUHq9uN4bBD5JMQuygorCQzMwIwGwgPd3iT9MH6BfU6I2
- Benedetti, Graciela María, & Campo de Ferreras, A. M. (2007). Arbolado de alineación: el mapa verde un barrio en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. *Papeles de Geografía*, 45–46, 27–38. Recuperado de https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/0/?ui=2&ik=c78bdd8f8a&attid=0.4&permmsgid=msg-f:1609070228722309722&th=165490d909a65a5a&view=att&disp=inline&realattid=f_jkyaf7po3&saddbat=ANGjdJ8DNUph_IJOV-_g7c6kH9GrAWXdSjIn6h8m56QXuMil9O3Tqd7Hk
- Benedetti, Graciela María, & Duval, V. S. (2018). Valoración económica del arbolado urbano en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. En XII Biental del Coloquio Transformaciones Territoriales (pp. 1387–1400). Bahía Blanca.
- Beniston, M. (2004). The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations. *Geophysical Research Letters*, 31(2), L02202. <https://doi.org/10.1029/2003GL018857>
- Benson, R. B., Paris, M. V., Sherry, J. E., & Justus, C. G. (1984). Estimation of daily and monthly direct, diffuse and global solar radiation from sunshine duration measurements. *Solar Energy*, 32(4), 523–535. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(84\)90267-6](https://doi.org/10.1016/0038-092X(84)90267-6)
- Bermúdez, G. (2000, agosto 29). Después del cloro llegó el amoníaco. *Clarín*. Recuperado de https://www.clarin.com/sociedad/despues-cloro-llego-amoniac0_rkAQlf9e0Yx.html
- Bermúdez, G. (2001, junio 5). Bahía Blanca: los vecinos alzan la voz. *Clarín*. https://doi.org/https://www.clarin.com/sociedad/bahia-blanca-vecinos-alzan-voz_0_Hyj-HeugOfg.html
- Berryhill, W. W., & Parcell, W. H. I. (1978). Guaranteeing Solar Access in Virginia. *University of Richmond Law Review*, 13(3), 423. Recuperado de <https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/urich13&id=433&div=&collection=>
- Bhaskar, B. V., & Mehta, V. M. (2010). Atmospheric particulate pollutants and their relationship with meteorology in Ahmedabad. *Aerosol and Air Quality Research*, 10, 301–315. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2009.10.0069>
- Blanchard, C. L., & Tanenbaum, S. J. (2003). Differences between weekday and weekend air pollutant levels in southern California. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 53(7), 816–828. <https://doi.org/10.1080/10473289.2003.10466222>
- Bogo, H., Goh Mez, D. R., Reich, S. L., Negri, R. M., & Romah, E. S. (2001). Traffic pollution in a downtown site of Buenos Aires City. *Atmospheric Environment*, 35, 1717–1727. Recuperado de https://ac.els-cdn.com/S1352231000005550/1-s2.0-S1352231000005550-main.pdf?_tid=94d20db4-0fe1-404a-9a0e-01f9074079c1&acdnat=1536598093_d77b42d30e807a590826c9c83fe786b8
- Bogo, Horacio, Negri, M. R., & San Román, E. (1999). Continuous measurement of gaseous pollutants in Buenos Aires city. *Atmospheric Environment*, 33(1999), 2587–2598.

- Bogo, Horacio, Otero, M., Castro, P., Ozafrán, M. J., Kreiner, A., Calvo, E. J., & Negri, R. M. (2003). Study of atmospheric particulate matter in Buenos Aires city. *Atmospheric Environment*, 37, 1135–114. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00977-9](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00977-9)
- Bohn, V. Y., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. E. (2011). Análisis de los períodos secos y húmedos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista de Climatología*, 11, 31–43. Recuperado de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/21270>
- Borden, K. A., & Cutter, S. L. (2008). Spatial patterns of natural hazards mortality in the United States. *International Journal of Health Geographics*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-7-64>
- Borromei, A. M., & Quattrocchio, M. (1990). Dispersión del polen actual en el área de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina). *An. Asoc. Palinotol. Esp.*, 5, 39–52.
- Bosch, J. L., & Kleissl, J. (2013). Cloud motion vectors from a network of ground sensors in a solar power plant. *Solar Energy*, 95, 13–20. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/b26e/cbdf50ff033276cbc05281481743b856747.pdf>
- Bosch, J. L., Zheng, Y., & Kleissl, J. (2013). Deriving cloud velocity from an array of solar radiation measurements. *Solar Energy*, 87, 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.10.020>
- Bosque Sendra, J., Díaz Castillo, C., Díaz Muñoz, M., Gómez Delgado, M., González Ferreiro, D., Rodríguez Espinosa, V., & Salado García, M. (2004). Propuesta metodológica para caracterizar las áreas expuestas a riesgos tecnológicos mediante SIG. Aplicación en la Comunidad de Madrid. *GeoFocus*, (4), 44–78. Recuperado de http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo3_2004.pdf
- Bosque Sendra, J., & Moreno Jiménez, A. (1994). Análisis exploratorio y multivariante de datos. Barcelona: Oikos-Tau, S.A. Ediciones.
- Bravo, H., G. Roy-Ocotla, R., Sánchez, A., & R. Torres, J. (1992). Contaminación atmosférica por ozono en la zona metropolitana de la ciudad de México: evolución histórica y perspectivas. En IX Comisión Nacional de los Derechos Humanos.
- Bróndolo, M., Campos, M., Zinger, S., Del Pozo, O., & Lorda, M. A. (1994). Geografía de Bahía Blanca. Bahía Blanca: Ediciones Enciclopedia.
- Bueno Pereira, E., Ramos Martins, F., Luna de Abreu, S., & Rütger, R. (2006). Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos: INPE.
- Buzai, G. (2003). Mapas Sociales Urbanos. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G., & Baxendale, C. (2009). Análisis exploratorio de datos espaciales. *Geográfica digital*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.30972/geo.11212117>
- Buzai, G., & Baxendale, C. (2012). Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Byrne, J., Taminiu, J., Kim, K. N., Lee, J., & Seo, J. (2017). Multivariate analysis of solar city economics: impact of energy prices, policy, finance, and cost on urban photovoltaic power plant implementation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 6(4), e241. <https://doi.org/10.1002/wene.241>
- Byrne, J., Taminiu, J., Kim, K. N., Seo, J., & Lee, J. (2016). A solar city strategy applied to six municipalities: integrating market, finance, and policy factors for infrastructure-scale photovoltaic development in Amsterdam, London, Munich, New York, Seoul, and Tokyo. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 5(1), 68–88. <https://doi.org/10.1002/wene.182>
- Byrne, J., Taminiu, J., Kurdgelashvili, L., & Kim, K. N. (2015). A review of the solar city concept and methods to assess rooftop solar electric potential, with an illustrative application to the city of Seoul. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 830–844. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.08.023>
- Byrne, J., Taminiu, J., Seo, J., Lee, J., & Shin, S. (2017). Are solar cities feasible? A review of current research. *International Journal of Urban Sciences*, 21(3), 239–256. <https://doi.org/10.1080/12265934.2017.1331750>

C

- Cabrera, A. (1976). Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería: regiones fitogeográficas argentinas. Acme.
- Camalier, L., Cox, W., & Dolwick, P. (2007). The effects of meteorology on ozone in urban areas and their use in assessing ozone trends. *Atmospheric Environment*, 41, 7127–7137. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.04.061>
- Campo, A. M., Fernández, M. E., & Gentili, J. O. (2017). Variabilidad temporal del PM10 en Bahía Blanca (Argentina) y su relación con variables climáticas. *Cuadernos Geográficos*, 56(3), 6–25.
- Campo, A. M., Fernández, M. E., & Gentili, J. O. (2018). Relación entre CO, NOX, SO2, O3 y factores naturales y antropogénicos en Bahía Blanca (Argentina). *Pesquisas em Geociências*, 45(1), e0661.
- Campo, A. M., Ramos, M. B., & Zapperi, P. (2008). Análisis de las variaciones anuales de precipitación en el suroeste bonaerense. En VII Jornadas de Geografía Física (pp. 149–158). San Salvador de Jujuy.
- Campo de Ferreras, A. M., Capelli de Steffens, A. M., & Diez, P. (2004). Clima del Suroeste bonaerense. Bahía Blanca, Argentina: Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur.
- Campos, M. M., & Susana Zinger, A. (2003). Calidad paisajística y recreación. El Periurbano Norte de Bahía Blanca. *Realidad, enigmas y soluciones en turismo*, 3, 21–34. Recuperado de http://www.condet.edu.ar/cndt/images/articulos/Articulo_2_Campos_Zinger_Condet_3.pdf
- Cannon, T., Twigg, J., & Rowell, J. (2003). Social Vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters. London: DFID. Recuperado de http://www.abuhrc.org/Documents/Social_vulnerability_sust_live.pdf
- Cantón, M. A., & De Rosa, C. (2004). Centros Libres de Manzana en el Área Metropolitana de Mendoza. Análisis y diagnóstico de la condición del espacio abierto. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 8(1), 05.31-05.36. Recuperado de <https://www.mendoza-conicet.gov.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2004/2004-t005-a006.pdf>
- Capelli de Steffens, A. M., Campo de Ferreras, A. M., & Gil, V. (2003). Condiciones climáticas generadas en el área céntrica de la ciudad de Bahía Blanca. *Contribuciones Científicas GEA*, 15, 125–130.
- Capelli de Steffens, A. M., Piccolo, M. C., & Campo de Ferreras, A. M. (1989). La circulación del aire en torno a complejos edilicios bahienses. *Revista Universitaria de Geografía*, 4, 39–53.
- Capelli de Steffens, A. M., Piccolo, M. C., & Campo de Ferreras, A. M. (2005). Clima urbano de Bahía Blanca. Buenos Aires: Dunken.
- Capeluto, G., & Yezioro, A. (2006). Solar rights in the design of urban spaces. En The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Geneva.
- Capitanelli, R. (1998). Geografía Física y Medio Ambiente: Revalorización y enseñanza. Mendoza: EcoGeo.
- Capitanelli, R. (2008). Los ambientes naturales del territorio argentino. Un sistema basado en la diversidad. En Argentina: una visión actual y prospectiva desde la dimensión territorial (pp. 63–120). Buenos Aires: Emecé Editores.
- Cárdenas Jirón, L. A., & Uribe Araya, P. (2012). Acceso solar a las edificaciones. El eslabón pendiente en la legislación urbanística chilena sobre la actividad proyectual. *Revista de Urbanismo*, (26), 21–42. Recuperado de <https://revistas.uchile.cl/index.php/RU/article/view/20922>
- Carrasco Aldunate, C. (2010). Morfología y microclima urbano análisis de la forma espacial y materiales como modeladores del microclima de tejidos urbanos mediterráneos costeros: el caso de la ciudad de Valparaíso. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/51572>
- Carreño, M. L., Cardona, O. D., & Barbat, A. H. (2005). Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos. CIMMNE IS-52. Barcelona: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE). <https://doi.org/10.13140/2.1.1658.4003>
- Casado, A., & Campo, A. M. (2019). Extremos hidroclimáticos y recursos hídricos: estado de conocimiento en el suroeste bonaerense, Argentina. *Cuadernos Geográficos*, 58(1), 6–26. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i1.6751>

- Casado, A., & Picone, N. (2018). Aplicabilidad de los datos grillados para el análisis espaciotemporal de las precipitaciones, provincia de Buenos Aires (Argentina). *Párrafos Geográficos*, 17(1), 46–62.
- Casola, L., & Freier, A. (2018). El nexo entre cambio climático y energía renovable en el Mercosur. Un análisis comparativo de las legislaciones de Argentina y Brasil. *Revista Derecho del Estado*, (40), 153–179. <https://doi.org/10.18601/01229893.n40.07>
- Cassagne, E. (2018). El régimen de las energías renovables en Argentina. *Revista Derecho Administrativo Económico*, 0(24), 47–68. Recuperado de <http://redae.uc.cl/index.php/redae/article/view/412/380>
- Cazorla, M. (2016). Air quality over a populated andean region: Insights from measurements of ozone, NO, and boundary layer depths. *Atmospheric Pollution Research*, 7(2016), 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2015.07.006>
- Cazorla, M. D. C. (2013). Análisis de los datos horarios de radiación solar y abundancia de ozono del Distrito Metropolitano de Quito del 2007 al 2012. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 5(2). <https://doi.org/10.18272/aci.v5i2.144>
- Ceballos, J. C., & Macedo, L. de O. (2014). Uma base de dados de radiação solar na América do Sul estimada por satélite (Modelo GL1.2/CPTEC). En *Anais V Congresso Brasileiro de Energia Solar* (pp. 2–7). Recife.
- Celemín, A. (1984). *Meteorología práctica*. Mar del Plata: Edición del Autor.
- Chaloulakou, A., Kassomenos, P., Spyrellis, N., Demokritou, P., & Koutrakis, P. (2003). Measurements of PM 10 and PM 2.5 particle concentrations in Athens, Greece. *Atmospheric Environment*, 37, 649–660.
- Cheng, V., Steemers, K., Montavon, M., & Compagnon, R. (2006). Compact cities in a sustainable manner. En *International Solar Cities Congress* (pp. 1–11). Oxford. Recuperado de https://infoscience.epfl.ch/record/77710/files/SolarCitiesConf2006_CompactCities.pdf
- Ching, J. K. S. (1985). Urban-scale variations of turbulence parameters and fluxes. *Boundary-Layer Meteorology*, 33(4), 335–361. <https://doi.org/10.1007/BF00116683>
- Cho, M.-G., Jin, E.-J., Bae, E.-J., Lee, K.-S., Moon, H.-S., & Huh, M.-R. (2017). Absorption ability of particulate matter in leaves of street trees in Jinju city. *Journal of People Plants and Environment*, 20(5), 431–440. Recuperado de <http://db.koreascholar.com/article?code=342042>
- Choi, Y., Kim, J., Eidering, A., Osterman, G., Yung, Y. L., Gu, Y., & Liou, K. N. (2009). Lightning and anthropogenic NOx sources over the United States and the western North Atlantic Ocean: Impact on OLR and radiative effects. *Geophysical Research Letters*, 36(17), 1–5. <https://doi.org/10.1029/2009GL039381>
- Choi, Y., Wang, Y., Zeng, T., Martin, R. V., Kurosuo, T. P., & Chance, K. (2005). Evidence of lightning NOx and convective transport of pollutants in satellite observations over North America. *Geophysical Research Letters*, 32(2), 1–5. <https://doi.org/10.1029/2004GL021436>
- Christen, A., & Vogt, R. (2004). Energy and radiation balance of a central European City. *International Journal of Climatology*, 24(11), 1395–1421. <https://doi.org/10.1002/joc.1074>
- Christina, C., Raphaël, C., & Marialena, N. (2017). Sky view factor as predictor of solar availability on building façades: using the case of London. En *PLEA* (pp. 1–8). Edinburgh. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/326670810>
- Cichowicz, R., Wielgosiński, G., & Fetter, W. (2017). Dispersion of atmospheric air pollution in summer and winter season. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(12), 605. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6319-2>
- Cincunegui, J. (2010). Plan de Desarrollo Local Bahía Blanca. ESTUDIO 1.EE.289. Informe final. Bahía Blanca. Recuperado de <https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/planes-loc/BUENOSAIRES/Plan-Desarrollo-Local-Bahia-Blanca.pdf>
- CIPPEC. (2017). Hacia el desarrollo urbano integral de Bahía Blanca. Una propuesta de co-creación de políticas públicas y planificación. Buenos Aires. Recuperado de <https://www.cippec.org/wp-content/uploads/2017/09/Hacia-un-plan-de-desarrollo-urbano-integral-para-Bahia-Blanca2.pdf>
- Clarín. (2009, agosto 20). Dicen que las demandas de vecinos por un escape de cloro todavía no obtienen respuesta de la Justicia. Recuperado de <http://www.lanueva.com/nota/2009-8-20-15-34-0-dicen-que-las-demandas-de-vecinos-por-un-escape-de-cloro-todavia-no-obtienen-respuesta-de-la-justicia>
- Clarín. (2011, agosto 23). Bahía Blanca: dudas tras un nuevo incidente en la planta de Petrobras. Recuperado de https://www.clarin.com/sociedad/Bahia-Blanca-incidente-planta-Petrobras_0_rJ8fqZAnDQx.html
- Clementi, L. V. (2017). Energía eólica y territorios en Argentina. Proyectos en el sur de la Provincia de Buenos Aires entre fines del siglo XX y principios del siglo XXI. Universidad Nacional del Sur. Recuperado de <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/4197/1/TESIS DOCTORAL.Clementi Luciana 2017.pdf>
- Cohn, S. A. (2017). *International Cloud Atlas. Manual on the Observation of Clouds and Other Meteors*. WMO.
- Colman Lerner, J. E., Morales, A., Aguilar, M., Sánchez, E. Y., Giuliani, D., Ditondo, J., ... Porta, A. A. (2012). Concentración de compuestos orgánicos volátiles y material particulado en ambientes urbanos e industriales de dos regiones bonaerenses. En VII Congreso del Medio Ambiente AUGM. La Plata, Argentina.
- Consortio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca. (2017). *Visión Portuaria 2040*. Bahía Blanca, Argentina: Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca.
- Contardo, J. I., Wolff Cecchi, C., & Vargas Lara, K. (2017). Acceso solar: un derecho urbano para la calidad de vida vulnerado desde la gentrificación contemporánea. El caso de la comuna de Estación Central, Chile. *Revista 180*, 39, 1–15. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/149636/ Acceso-solar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cornejo de Grunauer, P. (2013). Propuesta Metodológica. Análisis de vulnerabilidad a nivel municipal. Quito: Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Cortés Navarro, E. J., & Calderon Rubiano, M. (2015). Aproximación al estado de la calidad de aire del barrio San Fernando basado en el desarrollo de plantas bioindicadoras. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4825/1/CortésNavarroErikahohana2015.pdf>
- Couper, M. P. (2008). *Designing Effective Web Surveys*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Coutts, A. M., & Harris, R. (2013). A multi-scale assessment of urban heating in Melbourne during an extreme heat event and policy approaches for adaptation. Clayton, Australia.
- CREEBBA. (2014). Descripción de la economía de Bahía Blanca. Bahía Blanca.
- Cruz, J. R. S. (2016). La autoridad de energía eléctrica como garantizadora del acceso a la energía solar en Puerto Rico. *Revista Jurídica*, 85, 109–126. Recuperado de <http://www.oslpr.org/2013-2016/leyes/pdf/ley-57-27-May-2014.pdf>
- Cuadrat, J. M., & Pita, M. F. (2006). *Climatología*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Cuff, D. J., & Young, W. J. (1980). *United States energy atlas*. Estados Unidos. Recuperado de <https://www.osti.gov/biblio/6731962>
- Curreli, A. (2017). La integración de la radiación solar en la ciudad compacta. Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado de https://www.waie.webs.upc.edu/maema/wp-content/uploads/2016/06/08_Alessandra-Curreli_Integracion-de-la-radiacion-solar-en-un-tejido-urbano-compacto_COMPLETO2.pdf
- Curreli, A., Coch Roura, H., & Aguilar, A. (2012). Solar potential of roofs: an index for different urban layouts. En *PLEA 2012: Opportunities, Limits & Needs. Towards an environmentally responsible architecture*. Lima.

D

- D'angiola, A., Dawidowski, L. E., Io, D., Gómez, D., & Osses, M. (2010). On-road traffic emissions in a megacity. *Atmospheric Environment*, 44, 483–493. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.11.004>

- De Vaus, D. (2014). *Surveys in social research*. New York: Routledge.
- Declet-Barreto, J., Knowlton, K., Jenerette, G. D., Buyantuev, A., Declet-Barreto, J., Knowlton, K., ... Buyantuev, A. (2016). Effects of Urban Vegetation on Mitigating Exposure of Vulnerable Populations to Excessive Heat in Cleveland, Ohio. *Weather, Climate, and Society*, 8(4), 507–524. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-15-0026.1>
- Dehghan, A., Khanjani, N., Bahrapour, A., Goudarzi, G., & Yunesian, M. (2018). The relation between air pollution and respiratory deaths in Tehran, Iran- using generalized additive models. *BMC Pulmonary Medicine*, 18(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s12890-018-0613-9>
- Del Pino Pérez Rodríguez, A. (2014). *La insolación en la isla de La Palma*. Universidad de La Laguna.
- Della-Marta, P. M., Haylock, M. R., Luterbacher, J., & Wanner, H. (2007). Doubled length of western European summer heat waves since 1880. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 112(15), 1–11. <https://doi.org/10.1029/2007JD008510>
- Denholm, P., & Margolis, R. (2008). *Supply curves for rooftop solar pv-generated electricity for the United States Repository Citation*. Nevada. Recuperado de https://digitalscholarship.unlv.edu/renew_pubs/25
- Diabaté, L., Blanc, P., & Wald, L. (2004). Solar radiation climate in Africa. *Solar Energy*, 76(6), 733–744. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.01.002>
- Diez, J. I. (2010). *Desarrollo Endógeno en Bahía Blanca*. Empresas, organizaciones y políticas públicas. Universidad Nacional del Sur.
- Dobal, M. (2015). Bahía Blanca y White: grietas en el muro de la incertidumbre. En H. Cabrera Christiansen, Fernando Scandizzo (Ed.), *Polos: injusticias ambientales e industrialización petrolera en Argentina* (pp. 81–112). Buenos Aires, Argentina: Ediciones del Jinete Insomne.
- Dosio, A., Mentaschi, L., Fischer, E. M., & Wyser, K. (2018). Extreme heat waves under 1.5 °C and 2 °C global warming. *Environmental Research Letters*, 13, 054006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aab827>
- Doyle, M. E., & Barros, V. R. (2002). Midsummer low-level circulation and precipitation in subtropical South America and related sea surface temperature anomalies in the South Atlantic. *Journal of Climate*, 15(23), 3394–3410. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<3394:MLLCAP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<3394:MLLCAP>2.0.CO;2)
- Dugarova, E., & Gülasan, N. (2017). *Global Trends. Challenges and opportunities in the implementation of the Sustainable Development Goals*. Geneva. Recuperado de www.unpd.org
- Duval, V. S., & Benedetti, G. (2017). Diagnóstico del arbolado público lineal del entorno de la Universidad Nacional del Sur. En F. I. Contreras (Ed.), *Junta de Geografía de la Provincia de Corrientes* (pp. 5–17). Corrientes. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/324223505>

E

- E. Ratto, G., Videla, F., Reyna Almandos, J., & Maronna, R. (2018). Air quality at La Plata Conglomerate, Argentina: Review and prospective study to improve the present situation. *AIMS Geosciences*, 4(1), 88–125. <https://doi.org/10.3934/geosci.2018.1.88>
- Earl, J., Martin, A., McCarthy, J., & Soule, S. A. (2004). The Use of Newspaper Data in the Study of Collective Action. *Annual Review of Sociology*, 30, 65–80. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.30.012703.110603>
- EEA. (2015). *Urban sustainability issues — What is a resource-efficient city?* European Environment Agency. Copenhagen. <https://doi.org/10.2800/389017>
- Eisenstadt, M. M., & Utton, A. E. (1976). Solar rights and their effect on solar heating and cooling. *Natural Resources Journal*, 16(2), 363–414. <https://doi.org/10.2307/24881014>
- El-Nouby Adam, M. (2011). Effect of macrophysical parameters of clouds on broadband solar radiation (295–2800 nm) at a subtropical location. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 4(3), 181–185. <https://doi.org/10.1080/16742834.2011.11446926>
- Elsom, D. (2014). *Smog Alert*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315070469>
- Ercolani, P. (2005). Configuración socio-espacial urbana: el espacio del ocio en Bahía Blanca. Estado actual y propuesta de futuro. *Universitat de les Illes Balears*.
- Ercolani, P., & Seguí, M. (2005). El espacio del ocio en la ciudad: el ejemplo de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina. En *Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina* (pp. 4503–4525). São Paulo.
- Escobar, G., Vargas, W., & Bischoff, S. (2004). Wind tides in the Rio de la Plata estuary: meteorological conditions. *International Journal of Climatology*, 24, 1159–1169. <https://doi.org/10.1002/joc.1026>

F

- Fàbrega, J. C., & Vílchez Sánchez, J. A. (2010). El riesgo químico y el territorio. *Revista Catalana de Seguretat Pública*, (23), 127–154.
- Fan, J.-L., Cao, Z., Zhang, M., Liu, L., & Zhang, X. (2019). Evolution of CO2 emissions and driving factors in the Tongzhou District in Beijing. *Natural Hazards*, 95(1–2), 381–399. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3439-0>
- Fathey, A. . (1992). *Ultraviolet solar radiation at Helwan and its dependence on atmospheric conditions*. Helwan University.
- Felicísimo Pérez, A. M. (1994). *Modelos Digitales del Terreno*. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. Biología de organismos y sistemas. Oviedo: Pentalfa Ediciones.
- Fernández García, F. (1996). *Manual de climatología aplicada*. Clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial Síntesis.
- Fernández García, F. (2001). Clima y calidad ambiental en las ciudades: propuesta metodológica y su aplicación al área de Madrid. *Proyectos y métodos actuales en Climatología*, 4, 41–66.
- Fernández, M. E., Campo, A. M., & Gentili, J. O. (2015). Comportamiento temporal de la radiación solar global en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. *Revista de Climatología*, 15, 51–64.
- Fernández, M. E., Campo, A. M., & Gentili, J. O. (2018). Análisis bioclimatológico en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. En XII Jornadas Nacionales de Geografía Física “Contribuciones de la Geografía Física a la gestión de los territorios” (pp. 280–285). Trelew, Argentina: Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.
- Fernández, M. E., Gentili, J. O., & Campo, A. M. (2014). Diseño e implementación de una base de datos geográficos para el análisis de registros de radiación global de Bahía Blanca y Punta Alta. En J. A. Uboldi, G. R. Angeles, J. O. Gentili, A. M. Gerdaldi, W. D. Melo, & M. E. Carbone (Eds.), *Geotecnologías del sur argentino*. Casos de estudio (pp. 414–422). Bahía Blanca: Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur.
- Fernández, M. E., Gentili, J. O., & Campo, A. M. (2017). Caracterización bioclimática media de la ciudad de Bahía Blanca, Arg. En *Asociación de Universidades Grupo Montevideo (AUGM) & Universidad Nacional de Itapúa (UNI) (Eds.), XXV Jornadas de Jóvenes Investigadores* (p. 490). Encarnación, Paraguay.
- Fernández, M. E., Gentili, J. O., & Campo, A. M. (2018). Sunshine duration analysis as a first step to estimate solar resource for photovoltaic electricity production in middle latitudes. *Environmental Processes*, 5(2), 313–328.
- Fernández, R., Allende, D., Castro, F., Cremades, P., & Puliafito, S. E. (2010). Modelado regional de la calidad de aire utilizando el modelo WRF/Chem: Implementación de datos globales y locales para Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14, 01.43-01.50. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/228818680>
- Ferrelli, F. (2010). *La sequía 2008–2009 en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires*. Universidad Nacional del Sur. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1693.9289>
- Ferrelli, F. (2016). Análisis del clima local y micro-local de la ciudad de Bahía Blanca. Universidad Nacional del Sur. Recuperado de http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/2698/1/Tesis_Ferrelli_2016.pdf

- Ferrelli, F. (2017). Análisis del clima local y micro-local de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. *Geográfica Digital*, 13(26), 1–6. Recuperado de <http://revistas.unne.edu.ar/index.php/geo/article/view/2123/1850>
- Ferrelli, F., Luján Bustos, M., & Piccolo, M. C. (2016). La expansión urbana y sus impactos sobre el clima y la sociedad de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. *Estudios Geográficos*, 77, 469–489. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201615>
- Ferrelli, F., & Piccolo, M. C. (2017). Estudio del confort climático a escala micro-local: El caso de Bahía Blanca (Argentina). *Bitácora Urbano Territorial*, 27(3), 91–100. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v27n3.56995>
- Ferrelli, F., Scientific, N., Bohn, V., Scientific, N., & Piccolo, M. C. (2012). Variabilidad de la precipitación y ocurrencia de eventos secos en el sur de la provincia de Buenos Aires. En *IX Jornadas Nacionales de Geografía Física* (pp. 15–28). Bahía Blanca.
- Fischer, E. M., & Schär, C. (2010). Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves. *Nature Geoscience*, 3(6), 398–403. <https://doi.org/10.1038/ngeo866>
- Fittipaldi, R. Á., Espasa, L., Masrandrea, A., & Michalijos, M. P. (2018). Geografía de Bahía Blanca. La conformación del espacio urbano en el siglo XX. En M. N. Cernadas & J. B. Marcilese (Eds.), *Bahía Blanca siglo XX: historia política, económica y sociocultural* (pp. 15–36). Bahía Blanca: EdiUNS.
- Formiga, N., & Marengo, S. (2000). La dinámica urbana. El proceso de desarrollo vertical y la problemática de la marginalidad urbana en Bahía Blanca. Bahía Blanca: EdiUNS.
- Franco-Medina, R. (2014). Acceso solar: Estudio comparativo de acceso solar por el método descriptivo entre las ciudades: Jerusalén, Israel (31,8° Norte) y Bogotá, Colombia (4,5° Norte). Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24081/RicardoFranco_TFM.pdf;acceso
- Franco-Medina, R., & Bright-Samper, P. J. (2016). Acceso solar en la arquitectura y la ciudad. Aproximación histórica. *Revista de Arquitectura*, 18(2), 95–106. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2016.18.2.9>
- Franco, J., Belmonte, S., Sarmiento, N., González, F., Discoli, C., Martini, I., ... González, J. (2017). Energías Renovables en Argentina: visiones y perspectivas de los actores sociales. Recuperado de http://energiarenovablesociedad.com/img/InformefinalPIOYPF_2017_01-06.pdf
- Fujita, E. M., Stockwell, W. R., Campbell, D. E., Keislar, R. E., & Lawson, D. R. (2003). Evolution of the magnitude and spatial extent of the weekend ozone effect in California's south coast air basin, 1981–2000. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 53(7), 802–815. <https://doi.org/10.1080/10473289.2003.10466225>

G

- Gabella, J., Zapperi Paula, & Campo Alicia. (2010). Distribución estacional de las precipitaciones en el Suroeste bonaerense. En *VIII Jornadas De Geografía Física* (pp. 1–7). Posadas: UNL.
- Gagnon, P., Margolis, R., Melius, J., Phillips, C., & Elmore, R. (2016). *Rooftop Solar Photovoltaic Technical Potential in the United States: A Detailed Assessment*. Denver. Recuperado de www.nrel.gov/publications.
- Gaitán, M., Cancino, J., & Behrentz Director, E. (2007). Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá Analysis of Bogota's Air Quality. *Revista de Ingeniería*, 26, 81–92.
- Gallardo, L., Escribano, J., Dawidowski, L., Rojas, N., de Fátima Andrade, M., & Osses, M. (2012). Evaluation of vehicle emission inventories for carbon monoxide and nitrogen oxides for Bogotá, Buenos Aires, Santiago, and São Paulo. *Atmospheric Environment*, 47, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.11.051>
- Gao, N., Li, C., Ji, J., Yang, Y., Wang, S., Tian, X., & Xu, K. F. (2019). Short-term effects of ambient air pollution on chronic obstructive pulmonary disease admissions in Beijing, China (2013–2017). *International Journal of COPD*, 14, 297–309. <https://doi.org/10.2147/COPD.S188900>
- García-Carmona, A., & Acevedo Díaz, J. A. (2016). Learning about the nature of science using newspaper articles with scientific content. *Science & Education*, 25(5–6), 523–546. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9831-9>
- García Ferreyra, M. F. (2014). Obtención de mapas de calidad de aire, a través de la implementación y primera aplicación del modelo de transporte químico CHIMERE sobre Argentina. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- García, M. (2013). *Clima urbano costero de Mar del Plata y Necochea-Quequén*. Buenos Aires: BMBPress.
- Garreaud, R. D., & Aceituno, P. (2007). Atmospheric Circulation and Climatic Variability. En T. Veblen, Y. K., & A. Orme (Eds.), *The Physical geography of South America* (pp. 45–59). Oxford University Press.
- Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., ... Armstrong, B. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *The Lancet*, 386(9991), 369–375. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62114-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62114-0)
- Gentili, J. O. (2005). Problemáticas asociadas a las playas de estacionamiento en el microcentro de Bahía Blanca. Bahía Blanca.
- Gentili, J. O. (2012). Hidrografía del arroyo Sauce Corto aplicada al estudio de las inundaciones y anegamientos. Universidad Nacional del Sur.
- Gentili, J. O., Fernández, M. E., & Campo, A. M. (2018). Vulnerability in Bahía Blanca. Estimating technology-related risks. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 659–667. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.07.005>
- Gentili, J. O., Fernández, M. E., Ortuño Cano, M. de los Á., & Campo, A. M. (2019). Assessment of the sustainable potential of parking lots in Bahía Blanca City, Argentina. *GeoJournal*, (i), 1–19. Recuperado de <http://link.springer.com/10.1007/s10708-019-10021-5>
- Gentili, J. O., & Gil, V. (2013). Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 22(1), 147–166.
- George, R. L., & Maxwell, E. L. (1999). High-resolution maps of solar collector performance using a climatological solar radiation model. En R. Campbell-Howe & B. Wilkins-Crowder (Eds.), *The solar 99 Conference* (pp. 243–248). Portland: American Solar Energy Society; American Institute of Architects Committee on the Environment.
- Gerritsen, R., & Zeng, B. (2012). A Review of the Alice Solar City Program.
- Gil Olcina, A., & Olcina Cantos, J. (2017). *Tratado de climatología aplicada*. Alacant: Universitat d' Alacant.
- Gil, V., Gaertner, M. A., Sanchez, E., Gallardo, C., Hagel, E., Tejada, C., & de Castro, M. (2015). Analysis of interannual variability of sunshine hours and precipitation over Peninsular Spain. *Renewable Energy*, 83, 680–689. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.05.001>
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built environment*, 33(1), 155–133. Recuperado de http://urbanspace.rec.org/files/Article_Gill_Adapting_Cities_for_CC.pdf
- Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. Decreto 1030/10 (2010). Recuperado de http://www.vivienda.mosp.gba.gov.ar/variados/decreto1030_10.pdf
- Gobierno de la Provincia de Neuquén. (2017). SubProyecto Solmáforo. Proyecto Ciudad Inteligente San Martín de los Andes. Recuperado de <http://www.sanmartindelosandes.gov.ar/>
- Goble, D. D. (1977). Solar Rights: guaranteeing a place in the Sun. *Oregon Law Review*, 57, 94. Recuperado de <https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/orglr57&id=102&div=&collection=>
- Golden, J. S., Carlson, J., Kaloush, K. E., & Phelan, P. (2007). A comparative study of the thermal and radiative impacts of photovoltaic canopies on pavement surface temperatures. *Solar Energy*, 81(7), 872–883. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.11.007>

- Gómez, T., & Moris, R. (2017). Ciudades solares: una mirada desde la planificación urbana. *Planeo*, 62, 1–15. Recuperado de http://revistaplano.cl/wp-content/uploads/Articulo_GomezMoris.pdf
- González, M. P., Di Pietro, L., Gonzales, M. F., Argerich, M., Castillo Marín, N., Acosta, M., ... Fernández Bussy, J. (2015). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático para la gestión y planificación local. (C. Nahón, Ed.). Buenos Aires. Recuperado de http://www.preventionweb.net/files/20875_argentinamanualadaptacionccyplanifi.pdf
- Gonzalez Uriarte, M. (1984). Características geomorfológicas de la porción continental que rodea la Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires. En 9no. Congreso Argentino de Geología (pp. 556–576). Barriloché: Asociación Geológica Argentina.
- Goodrich, E. (2016). Measuring the effects of parking lots and tree shading on microscale urban heat islands. University of Oregon. Recuperado de https://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/bitstream/handle/1794/20288/FINAL_Thesis-Goodrich.pdf?sequence=1
- Goyal, P. (2003). Present scenario of air quality in Delhi: A case study of CNG implementation. *Atmospheric Environment*, 37(38), 5423–5431. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2003.09.005>
- Gray Lovio, O. R., Abreu Daniel, A., Bonito Lovio, D., Díaz González, O., & Martínez Chapman, E. (2014). Fotoeducación: Información básica. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 30(4), 481–486.
- Greif, J., & Scharmer, K. (2000). The European Solar Radiation Atlas. Vol. 2: Database, models and exploitation software. París: École des Mines de Paris.
- Grigalavicius, M., Moan, J., Dahlback, A., & Juzeniene, A. (2016). Daily, seasonal, and latitudinal variations in solar ultraviolet A and B radiation in relation to vitamin D production and risk for skin cancer. *International Journal of Dermatology*, 55(1), e23–e28. <https://doi.org/10.1111/ijd.13065>
- Grill, S., Gil, V., & Gentili, J. O. (2011). Geología y Geomorfología (Cueva de los Leones). Bahía Blanca.
- Grimm, A. M. (2011). Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25(4), 537–554. <https://doi.org/10.1007/s00477-010-0420-1>
- Grimm, A. M., Barros, V. R., & Doyle, M. E. (2000). Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña Events. *Journal of Climate*, 13(1), 35–58. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<0035:CVISSA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<0035:CVISSA>2.0.CO;2)
- Grimmond, C. S. B., & Oke, T. R. (1995). Comparison of heat fluxes from summertime observations in the suburbs of four North American cities. *Journal of Applied Meteorology*. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1995\)034<0873:COHFFS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1995)034<0873:COHFFS>2.0.CO;2)
- Grimmond, C. S. B., Salmond, J. A., Oke, T. R., Offerle, B., & Lemonsu, A. (2004). Flux and turbulence measurements at a densely built-up site in Marseille: Heat, mass (water and carbon dioxide), and momentum. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, 109(24), 1–19. <https://doi.org/10.1029/2004JD004936>
- Grivas, G., Chaloulakou, A., Samara, C., & Spyrellis, N. (2004). Spatial and temporal variation of PM10 mass concentrations within the greater area of Athens, Greece. *Water Air and Soil Pollution*, 158(1), 3577–371. <https://doi.org/10.1023/B:WATE.0000044859.84066.09>
- Gronlund, C. J., Zanobetti, A., Wellenius, G. A., Schwartz, J. D., & O'Neill, M. S. (2016). Vulnerability to renal, heat and respiratory hospitalizations during extreme heat among U.S. elderly. *Climatic Change*, 136(3–4), 631–645. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1638-9>
- Grossi Gallegos, H., Raichijk, C., & Righini, R. (2010). Algunos aspectos de la climatología solar del Uruguay. *Revista Brasileira de Meteorología*, 25(4), 479–486. <https://doi.org/10.1590/s0102-77862010000400007>
- Grossi Gallegos, H., & Righini, R. (2007). Atlas de Energía Solar de la República Argentina. Buenos Aires: Universidad Nacional de Luján.
- Grossi Gallegos, H., & Righini, R. (2013). Ángulo óptimo para planos colectores de energía solar integrados a edificios. *Energías Renovables y Medio Ambiente (ERMA)*, 31, 45–50. Recuperado de <http://www.ekeko.org/ojs8/index.php/ERMA/article/view/83>
- Guerreiro, S. B., Dawson, R. J., Kilsby, C., Lewis, E., & Ford, A. (2018). Future heat-waves, droughts and floods in 571 European cities. *Environmental Research Letters*, 13(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaaad3>
- Gueymard, C. A., & Wilcox, S. M. (2011). Assessment of spatial and temporal variability in the US solar resource from radiometric measurements and predictions from models using ground-based or satellite data. *Solar Energy*, 85(5), 1068–1084. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.02.030>

H

- Habte, A., Stoffel, T., Perez, R., Myers, D., Gueymard, C., & Philippe Blanc, G and Stefan Wilbert. (2017). Overview of Solar Radiation Resource Concepts. En M. Sengupta, A. Habte, C. Gueymard, S. Wilbert, D. Renné, & T. Stoffel (Eds.), *Best Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data for Solar Energy Applications: Second Edition* (pp. 2.1-2.22). Denver: NREL. Recuperado de www.nrel.gov/publications.
- Hahn, C. J., Warren, S. G., & London, J. (1995). The effect of moonlight on observation of cloud cover at night, and application to cloud climatology. *Journal of Climate*. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1995\)008<1429:TEOMOO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1995)008<1429:TEOMOO>2.0.CO;2)
- Hahn, H. H., & Pfeifer, R. (1994). The contribution of parked vehicle emissions to the pollution of urban run-off. *Science of The Total Environment*, 146–147, 525–533. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90278-X](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90278-X)
- Han, S., Bian, H., Feng, Y., Liu, A., Li, X., Zeng, F., & Zhang, X. (2011). Analysis of the relationship between O3, NO and NO2 in Tianjin, China. *Aerosol and Air Quality Research*, 11, 128–139. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2010.07.0055>
- Hay, J. E. (1979). Calculation of monthly mean solar radiation for horizontal and inclined surfaces. *Solar Energy*, 23(4), 301–307. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(79\)90123-3](https://doi.org/10.1016/0038-092X(79)90123-3)
- Hembeck, L., He, H., Vinciguerra, T. P., Canty, T. P., Dickerson, R. R., Salawitch, R. J., & Loughner, C. (2019). Measured and modelled ozone photochemical production in the Baltimore-Washington airshed. *Atmospheric Environment: X*, 2, 100017. <https://doi.org/10.1016/J.AEAOA.2019.100017>
- Heredia Chaz, E. (2014). De la Responsabilidad a la Contaminación Social Empresaria: la ingeniería social del Polo Petroquímico de Bahía Blanca. Universidad Nacional del Sur.
- Hermosillo Villalobos, J. J., Gudiño Ayala, D., & Mendoza Ramírez, M. (1995). Notas sobre el curso de Energía Solar. Jalisco: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. Recuperado de http://www.solartronic.com/download/curso_iteso.pdf
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill.
- Herzer, H., & Gurevich, R. (1996). Construyendo el riesgo ambiental en la ciudad. *Desastres y Sociedad*, (7), 8–15.
- Herzog, T., Kaiser, N., & Volz, M. (1996). *Solar Energy in Architecture and Urban Planning*. Munich: Prestel Pub.
- Hodder, S. G., & Parsons, K. (2006). The effects of solar radiation on thermal comfort. *International Journal of Biometeorology*, 51(3), 233–250. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0050-y>
- Honorable Concejo Municipal de la Ciudad de Santa Fe. Energía Solar para Jardines Maternales, Ordenanza N° 11867 (2012). Santa Fe. Recuperado de <http://www.ciudadessolares.org.ar/wp/wp-content/uploads/2013/04/Ordenanza-Nro-11867.pdf>
- Hudman, R. C., Jacob, D. J., Turquety, S., Leibensperger, E. M., Murray, L. T., Wu, S., ... Wooldridge, P. J. (2007). Surface and lightning sources of nitrogen oxides over the United States: Magnitudes, chemical evolution, and outflow. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 112(12), 1–14. <https://doi.org/10.1029/2006JD007912>
- Humacata, L. (2015). Análisis socioespacial de los partidos de la cuenca media del río Luján (Argentina), utilizando sistemas de información geográfica. *Revista Geográfica de Valparaíso*, 52(0718–9877), 72–86. Recuperado de http://www.pucv.cl/uuaa/site/artic/20180316/asocfile/20180316172907/52_7.pdf

Hwang, R.-L., Lin, T.-P., & Matzarakis, A. (2011). Seasonal effects of urban street shading on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 46, 863–870. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.10.017>

I

- INDEC. (2010). Censo Nacional de Población, hogares y vivienda. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina.
- INDEC. (2013a). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Base de datos REDATAM: Definiciones de la base de datos. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2009.084020>
- INDEC. (2013b). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Base de datos REDATAM: guía básica para el usuario. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina.
- INDEC. (2013c). Definiciones y conceptos utilizados en los cuadros. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina, IRAM 11603 (2011). Recuperado de <https://procesosconstructivos123.files.wordpress.com/2018/05/zonas-bioclimc3a1ticas-2018-anexo1.pdf>
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007. Impacts, adaptation and vulnerability*. Recuperado de https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014. Synthesis Report*. Geneva: Gian-Kasper Plattner. Recuperado de <http://www.ipcc.ch>.

J

- Janoschka, M. (2002). El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana: Fragmentación y privatización. *Eure*, 28(85), 11–29. <https://doi.org/10.4067/s0250-71612002008500002>
- Järvi, L., Grimmond, C. S. B., & Christen, A. (2011). The Surface Urban Energy and Water Balance Scheme (SUEWS): Evaluation in Los Angeles and Vancouver. *Journal of Hydrology*, 411(3–4), 219–237. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.10.001>
- Jauregui, E., Moreno, M. C., & Tejada, A. (1981). The Energy Balance of Central Barcelona (Spain). En *Proceedings of Fourth Symposium in the Urban Environment of the American Meteorological Society*. (pp. 2–4). Norfolk: American Meteorological Society.
- Jenkin, M. E., & Clemitshaw, K. C. (2000). Ozone and other secondary photochemical pollutants: chemical processes governing their formation in the planetary boundary layer. *Developments in Environmental Science*, 34, 2499–2527. [https://doi.org/10.1016/S1474-8177\(02\)80014-6](https://doi.org/10.1016/S1474-8177(02)80014-6)
- Jenks, G. F. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7, 186–190.
- Jerez, S., & Trigo, R. M. (2013). Time-scale and extent at which large-scale circulation modes determine the wind and solar potential in the Iberian Peninsula. *Environmental Research Letters*, 8, 044035. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/044035>
- Johansson, E. (2006). Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. *Building and Environment*, 41(10), 1326–1338. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2005.05.022>

K

- Kamiya, M., & Zhang, L.-Y. (2017). *Finance for city leaders handbook. Improving municipal finance to deliver better services*. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). Recuperado de www.unhabitat.org
- Kang, S., & Eltahir, E. A. B. (2018). North China Plain threatened by deadly heatwaves due to climate change and irrigation. *Nature Communications*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05252-y>
- Kaynak, B., Hu, Y., Martin, R. V., Russell, A. G., Choi, Y., & Wang, Y. (2008). The effect of lightning NO_x production on surface ozone in the continental United States. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8(17), 5151–5159. <https://doi.org/10.5194/acp-8-5151-2008>
- Kelsen, H. (1960). *Teoría Pura del Derecho*. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires. Recuperado de <http://www.facebook.com/>
- Kettles, C. M. (2008). A comprehensive review of Solar Access Law in the United States. Suggested standards for a model statute and ordinance. Florida. Recuperado de www.solarabcs.org
- Khodakarami, J., & Ghobadi, P. (2016). Urban pollution and solar radiation impacts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 965–976. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.166>
- Khouri, E. A., Elias, A., González, S. N., & Arena, M. E. (2018). Local levels of carbon monoxide in the urban air of San Miguel de Tucumán, Argentina. *Nereis: revista iberoamericana interdisciplinar de métodos, modelización y simulación*, (10), 127–136. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6446423>
- Kim, S., Hong, K. H., Jun, H., Park, Y. J., Park, M., & Sunwoo, Y. (2014). Effect of precipitation on air pollutant concentration in Seoul, Korea. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 8(4), 202–211. <https://doi.org/10.5572/ajae.2014.8.4.202>
- Klinenberg, E. (2015). *Heat wave: a social autopsy of disaster in Chicago*. Chicago: University of Chicago Press. Recuperado de https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=LV6zBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&ots=6ObMbYawSb&sig=pPwe_ZgWjUKyK2tyET8a5Nyw9Y&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Knight, T., Price, S., Bowler, D., & King, S. (2016). How effective is ‘greening’ of urban areas in reducing human exposure to ground-level ozone concentrations, UV exposure and the ‘urban heat island effect’? A protocol to update a systematic review. *Environmental Evidence*, 5(3), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s13750-016-0054-y>
- Kraemer S.F. (1977). *Solar law: present and future, with proposed forms*. New York: McGraw Hill Book Co. Recuperado de <https://www.osti.gov/biblio/6220527>
- Krishnan, R. (2016). Technical solar photovoltaic potential of large scale parking lot canopies. Michigan Technological University. Recuperado de <http://digitalcommons.mtu.edu/etdr/92>
- Krishnan, R., Haselhuhn, A., & Pearce, J. M. (2017). Technical solar photovoltaic potential of scaled parking lot canopies: a case study of Walmart U.S.A. *Journal on Innovation and Sustainability*, 8(2), 104. <https://doi.org/10.24212/2179-3565.2017v8i2p104-125>
- Kurazumi, Y., Kondo, E., Ishii, J., Sakoi, T., Fukagawa, K., Bolashikov, Z. D., ... Horikoshi, T. (2013). Effect of the environmental stimuli upon the human body in winter outdoor thermal environment. *Journal of environmental and public health*, 2013, 418742. <https://doi.org/10.1155/2013/418742>

L

- La Brújula 24. (2017, febrero 20). Contaminar en Bahía Blanca es gratis. Recuperado de http://labrujula24.com/noticias/2017/31453_Contaminar-en-Bahia-Blanca-es-gratis
- La Nación. (2000a, agosto 25). Cierran plantas petroquímicas por un escape tóxico de cloro. Recuperado de <https://www.lanacion.com.ar/30266-cierran-plantas-petroquimicas-por-un-escape-toxico-de-cloro>

- La Nación. (2000b, diciembre 14). Denuncian contaminación en Ing. White. Recuperado de <https://www.lanacion.com.ar/44842-denuncian-contaminacion-en-ing-white>
- La Nueva. (2016a, marzo 13). Tras el reclamo del juez Ares, humo negro en PBB Polisur. Recuperado de <http://www.lanueva.com/nota/2016-3-13-0-22-0-tras-el-reclamo-del-juez-ares-humo-negro-en-pbb-polisur>
- La Nueva. (2016b, agosto 20). White: se cumplen 16 años del escape de cloro en el complejo petroquímico. Recuperado de <http://www.lanueva.com/nota/2016-8-20-7-23-0-white-se-cumplen-16-anos-del-escape-de-cloro-en-el-complejo-petroquimico>
- La Nueva. (2016c, diciembre 18). En Bahía hay unos 180.000 vehículos, una cantidad por habitante de primer mundo. Recuperado de <http://www.lanueva.com/nota/2016-12-18-7-0-0-en-bahia-hay-unos-180-000-vehiculos-una-cantidad-por-habitante-de-primer-mundo>
- La Nueva. (2016d, diciembre 28). Tras la fuga de gas, la Municipalidad infraccionó a Profertel. Recuperado de <http://www.lanueva.com/nota/2016-12-28-23-13-0-tras-la-fuga-de-gas-la-municipalidad-infraciono-a-profertil>
- Lam, Y. F. (2018). Climate change and air quality in Southeastern China: Hong Kong study. En *Climate change and air pollution* (pp. 181–196). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61346-8_12
- Lanzaco, B. L., Olcese, L. E., Querol, X., & Toselli, B. M. (2017). Analysis of PM2.5 in Córdoba, Argentina under the effects of the El Niño Southern Oscillation. *Atmospheric Environment*, 171, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.10.001>
- Lanzetti, A. (2012a). Acondicionamiento higrotérmico de edificios. Manual de aplicación de la Ley 13.059. Recuperado de http://www.vivienda.mosp.gba.gov.ar/varios/manual_ac_higrotermico.pdf
- Lanzetti, A. (2012b). Jornada de Difusión e Información de la Ley 13.059 de acondicionamiento térmico en edificios de uso humano. Bahía Blanca. Recuperado de <http://www.vivienda.mosp.gba.gov.ar/varios/lanzetti.pdf>
- Laura Capcha, E. (2018). Vitalidad urbana en los espacios públicos de la ciudad de Huancayo. Universidad Peruana Los Andes. Recuperado de <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/406>
- Laura López, M., Ceppi, S., Palancar, G. G., Olcese, L. E., Tirao, G., & Toselli, B. M. (2011). Elemental concentration and source identification of PM10 and PM2.5 by SR-XRF in Córdoba City, Argentina. *Atmospheric Environment*, 45, 5450–5457. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.07.003>
- Lavell, A. (2002). Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos. Recuperado de <http://www.desenredando.org>
- Lavell, A. (2010). Gestión ambiental y gestión del riesgo de desastre en el contexto del cambio climático: una aproximación al desarrollo de un concepto y definición integral para dirigir la intervención a través de un plan nacional de desarrollo. Bogotá. Recuperado de http://www.desenredando.org/public/2013/2010-09-26_DNP_Lavell_DocumentoConceptual_GestionDelRiesgo.pdf
- Lazzari, S., Perini, K., & Roccotiello, E. (2018). Green streets for pollutants reduction. En G. Perez & K. Perini (Eds.), *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability* (pp. 149–156). Cambridge: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00014-8>
- Lee, I., Voogt, J., & Gillespie, T. (2018). Analysis and Comparison of Shading Strategies to Increase Human Thermal Comfort in Urban Areas. *Atmosphere*, 9(3), 91. <https://doi.org/10.3390/atmos9030091>
- Leguizamón, J. (2015). Geoturismo en Bahía Blanca: propuesta de senderos turístico-recreativos. Universidad Nacional del Sur. Recuperado de http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/3305/1/tesina_Leguizamon.pdf
- Lema Puruncaja, C. E., & Zuleta Mediavilla, D. P. (2015). Solmáforo (semáforo solar): modelo ambiental de alerta por exposición a la radiación solar en Quito. Universidad Politécnica Salesiana.
- Li, M., & Song, Y. (2018). Decadal land-cover changes in China and their impacts on the atmospheric environment. En *Land-Atmospheric Research Applications in South and Southeast Asia* (pp. 577–611). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67474-2_26
- Li, Q., Wang, E., Zhang, T., & Hu, H. (2017). Spatial and temporal patterns of air pollution in chinese cities. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(3), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3268-x>
- Li, X., & Ratti, C. (2018). Mapping the spatio-temporal distribution of solar radiation within street canyons of Boston using Google Street View panoramas and building height model. *Landscape and Urban Planning*, 191, 103387. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.07.011>
- Liebmann, B., Vera, C. S., Carvalho, L. M. V., Camilloni, I. A., Hoerling, M. P., Allured, D., ... Bidegain, M. (2004). An observed trend in central south american precipitation. *Journal of Climate*, 17(22), 4357–4367. <https://doi.org/10.1175/3205.1>
- Lin, T.-P., Matzarakis, A., & Hwang, R.-L. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 45(1), 213–221. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.06.002>
- Linares-Rodríguez, A., Ruiz-arias, J. A., Pozo-vázquez, D., & Tovar-pescador, J. (2011). Generation of synthetic daily global solar radiation data based on ERA-Interim reanalysis and artificial neural networks. *Energy*, 36(8), 5356–5365. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.06.044>
- Linares, S., & Velázquez, G. (2015). El mapa social de Tandil. *Geosig*, 7(7), 15–23. Recuperado de http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/revista-geosig/2015/GeoSIG_7_8_2015_BUZAI-MARCOS.pdf
- Lindberg, F., Grimmond, C. S. B., Gabey, A., Huang, B., Kent, C. W., Sun, T., ... Zhang, Z. (2018). Urban Multi-scale Environmental Predictor (UMEP): An integrated tool for city-based climate services. *Environmental Modelling and Software*, 99, 70–87. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.09.020>
- Löf, G. O. G., Duffie, J. A., & Smith, C. O. (1966). World distribution of solar radiation. *Solar Energy*, 10(1), 27–37. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(66\)90069-7](https://doi.org/10.1016/0038-092X(66)90069-7)
- Lohmann, S., Schillings, C., Mayer, B., & Meyer, R. (2006). Long-term variability of solar direct and global radiation derived from ISCCP data and comparison with reanalysis data. *Solar Energy*, 80, 1390–1401. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.03.004>
- Lopez-Besora, J., Coch, H., & Isalgue, A. (2017). An approach to daylight contrast assessment in Mediterranean urban environments. En *Sustainable Development and Renovation in Architecture, Urbanism and Engineering* (pp. 77–87). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51442-0_7
- Lorda, M. A. (2008). Lógicas socioespaciales en el espacio periurbano de Bahía Blanca. *Huellas*, 12, 90–112. Recuperado de <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/huellas/n12a06lorda.pdf>
- Lucero, P. I. (2015). El mapa social de Mar del Plata. *GeSIG*, 7(7), 101–109.

M

- Mainzer, K., Fath, K., McKenna, R., Stengel, J., Fichtner, W., & Schultmann, F. (2014). A high-resolution determination of the technical potential for residential-roof-mounted photovoltaic systems in Germany. *Solar Energy*, 105, 715–731. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.04.015>
- Maraziotis, E., Sarotis, L., Marazioti, C., & Marazioti, P. (2008). Statistical analysis of inhalable (PM10) and fine particles (PM2.5) concentrations in urban region of Patras, Greece. *Global NEST Journal*, 10(2), 123–131.
- Martín Ávila, A. M. (2014). Modelo geográfico para la estimación del potencial fotovoltaico en tejados. Caso de estudio: Miraflores de la Sierra. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de https://eprints.ucm.es/25543/1/TFM_ANA_M_MARTIN_AVILA.pdf
- Martín Mateo, R. (1981). Introducción al derecho solar. *Revista Vasca de Administración Pública*, (1), 9–20. Recuperado de <https://www.euskadi.net/r61-s20001x/es/t59aWar/t59aMostrarFicheroServlet?t59aIdRevista=2&R01HNoPortal=true&t59aTipoEjemplar=R&t59aSeccion=38&t59aContenido=1&t59aCorrelativo=1&t59aVersion=1&t59aNumEjemplar=1>

- Martínez, A. N., & Porcelli, A. M. (2018). Análisis del marco legislativo argentino sobre el régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red pública. *Lex Social: Revista de Derechos Sociales*, 8(2), 179–198.
- Matsumura, Y., & Ananthaswamy, H. N. (2004). Toxic effects of ultraviolet radiation on the skin. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 195(3), 298–308. <https://doi.org/10.1016/J.TAAP.2003.08.019>
- Matuszko, D. (2012). Influence of cloudiness on sunshine duration. *International Journal of Climatology*, 32, 1527–1536. <https://doi.org/10.1002/joc.2370>
- Mazzeo, N. A., Venegas, L. E., & Choren, H. (2005). Analysis of NO, NO₂, O₃ and NO_x concentrations measured at a green area of Buenos Aires City during wintertime. *Atmospheric Environment*, 39(17), 3055–3068. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.01.029>
- Mbululo, Y., Qin, J., & Yuan, Z. X. (2017). Evolution of atmospheric boundary layer structure and its relationship with air quality in Wuhan, China. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(22), 477. <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3257-9>
- Meizoso López, M. C. (2012). Distribución de la irradiación solar global, directa y difusa en la ciudad de A. Coruña. Universidad Da Coruña.
- Mesa, A., Giusso, C., & Morillón Galvez, D. (2013). Potencialidad solar urbana: análisis de la incidencia de los marcos normativos en ciudades de escala media argentinas. En XXXVI VI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente (Vol. 1, pp. 01.125-01.132). Recuperado de <http://actas.asades.org.ar/index.php/asades/asades2013/paper/viewFile/1136/111>
- Mesa, N. A., & De Rosa, C. (2004). El libre acceso al recurso solar en entornos urbanos. Evaluación del marco jurídico vigente. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 8(2), 07.13-07.18. Recuperado de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2004/2004-t007-a003.pdf>
- Middel, A., Chhetri, N., & Quay, R. (2015). Urban forestry and cool roofs: Assessment of heat mitigation strategies in Phoenix residential neighborhoods. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(1), 178–186. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2014.09.010>
- Middel, A., Lukaszczuk, J., Maciejewski, R., Demuzere, M., & Roth, M. (2018). Sky View Factor footprints for urban climate modeling. *Urban Climate*, 25, 120–134. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.05.004>
- Mohajeri, N., Gudmundsson, A., Kunckler, T., Upadhyay, G., Assouline, D., Kämpf, J. H., & Scartezzini, J. L. (2019). A solar-based sustainable urban design: The effects of city-scale street-canyon geometry on solar access in Geneva, Switzerland. *Applied Energy*, 240(Febuary), 173–190. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.02.014>
- Molinatti, F. (2013). Segregación residencial socioeconómica en la ciudad de Córdoba (Argentina): Tendencias y patrones espaciales. *Revista INVI*, 28(79), 61–94.
- Moreno, M. C., Jáuregui, E., & Tejada, A. (2012). Valores de las componentes del balance de energía en la superficie-atmósfera en el centro de Barcelona en verano. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (60), 427–429.
- Mukhija, V., & Shoup, D. (2006). Quantity versus quality in off-street parking requirements. *Journal of the American Planning Association*, 72(3), 293–308. Recuperado de <https://escholarship.org/uc/item/727788bk>
- Mulena, G. C., Allende, D., Puliafito, S. E., & Lakkis, S. G. (2012). Estudio de la dispersión de cenizas volcánicas del Puyehue: simulaciones y validación. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16, 01.07-01.13.
- Municipalidad de Bahía Blanca. Decreto Municipal N° 249 (1971).
- Municipalidad de Bahía Blanca. (1993). Código de Planeamiento Urbano de Bahía Blanca. Bahía Blanca, Argentina.
- Municipalidad de Bahía Blanca. (2000). Plan Estratégico Bahía Blanca.
- Municipalidad de Bahía Blanca. Declarando de interés del Honorable Concejo Deliberante la generación y uso de energía eléctrica proveniente del aprovechamiento y transformación de la energía eólica en el ámbito del partido de Bahía Blanca. (2002). Recuperado de <http://www.bahia blanca.gov.ar/digesto/default2.aspx?v=3&o=11918>
- Municipalidad de Bahía Blanca. Modificaciones al Código de Planeamiento Urbano, Ordenanza N° 14708 (2008).
- Municipalidad de Bahía Blanca. Modificación Ordenanza 15523: Arbolado Urbano y Espacios Verdes, Ordenanza N° 16859 (2012). Argentina.
- Municipalidad de Bahía Blanca. (2015). Ciclovías-MBB. Bahía Blanca. Recuperado de <https://comisionesma.files.wordpress.com/2018/07/3-informe-tecnico-utn-web.pdf>
- Municipalidad de Bahía Blanca. Creando el Proyecto Municipal “Red de Bicisendas y/o ciclovías”, Ordenanza N° 18433 (2016).
- Municipalidad de Bahía Blanca. Estableciendo un régimen de fomento y promoción municipal para el uso de fuentes renovables de energía, destinado a la producción de energía eléctrica., Ordenanza N° 18696 (2016). Recuperado de <http://www.bahia blanca.gov.ar/digesto/default2.aspx?v=3&o=18696>
- Municipalidad de Bahía Blanca. Convalidando Convenio Marco – Mesa de Energías Renovables., Ordenanza N° 19529 (2018). Recuperado de <http://www.bahia blanca.gov.ar/digesto/default2.aspx?v=3&o=19529>
- Muñoz, M. de los Á., & Díaz Castillo, C. (2002). El análisis de la vulnerabilidad en la cartografía de riesgos tecnológicos. Algunas cuestiones conceptuales y metodológicas. *Serie Geográfica*, (10), 27–41.

N

- Nakamura, M., Shoji, A., & Muneta, Y. (2007). A study on the location of parking: a case study in the central part of Kyoto. En *Summaries of technical papers of annual meeting architectural institute of Japan* (pp. 893–894).
- Natenzon, C. (2004). Las grandes inundaciones en el litoral argentino Riesgo, vulnerabilidad social y catástrofes. *Encrucijadas*, (29), 1–6.
- Natenzon, C., & Ríos, D. (2015). Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos. Buenos Aires: Imago Mundi.
- Nikitidou, E., Tzoumanikas, P., Bais, A. F., & Kazantzidis, A. (2017). The Effect of Clouds on Surface Solar Irradiance, from an All-Sky Camera, in Thessaloniki, Greece. En T. Karacostas, A. Bais, & P. Nastos (Eds.), *Perspectives on Atmospheric Sciences* (Springer, pp. 1157–1162). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-35095-0_166
- Norton, B. A., Coutts, A. M., Livesley, S. J., Harris, R. J., Hunter, A. M., & Williams, N. S. G. (2015). Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 134(2015), 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.018>

O

- Oba, T., & Iseki, H. (2014). An analysis of spatial locations and attributes of surface parking lots and their effects on the cityscape in historic central districts in Kyoto and Philadelphia. En *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting* (pp. 1–17). Washington DC. Recuperado de <https://trid.trb.org/view/1288342>
- Observatorio de la Sostenibilidad en España. (2007). Calidad del aire en las ciudades españolas: clave de sostenibilidad urbana. Alcalá. Recuperado de <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0669360.pdf>
- Offerle, B., Grimmond, C. S. B., & Fortuniak, K. (2005). Heat storage and anthropogenic heat flux in relation to the energy balance of a central European city centre. *International Journal of Climatology*, 25(10), 1405–1419. <https://doi.org/10.1002/joc.1198>
- Offerle, B., Grimmond, C. S. B., Fortuniak, K., Oke, T. R., & Klysiak, K. (2003). Temporal variability in heat fluxes over a northern european downtown. En *ICUC-5*. Lodz: University of Lodz. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/224001561>

- Oke, T. R., Spronken-Smith, R. A., Jáuregui, E., & Grimmond, C. S. B. (1999). The energy balance of central Mexico City during the dry season. *Atmospheric Environment*, 33(24–25), 3919–3930. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00134-X](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00134-X)
- Oke, Timothy Richard. (1997). Urban climates and global environmental change. En *Applied Climatology: Principles & Practices* (pp. 273–287). New York: Routledge.
- Oke, Timothy Richard, Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban Climates*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139016476>
- Olcese, L. E., Palancar, G. G., & Toselli, B. M. (2014). Aerosol optical properties in central Argentina. *Journal of Aerosol Science*, 68, 25–37. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2013.11.003>
- Olcese, L. E., & Toselli, B. M. (1998a). Statistical analysis of PM 10 measurements in Córdoba city, Argentina. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 66(1), 123–130. <https://doi.org/10.1007/BF01030452>
- Olcese, L. E., & Toselli, B. M. (1998b). Unexpected high levels of ozone measured in Córdoba, Argentina. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 31(3), 269–279. <https://doi.org/10.1023/A:1006014818657>
- Olcese, L. E., & Toselli, B. M. (2002). Atmospheric Environment Some aspects of air pollution in Córdoba, Argentina. *Atmospheric Environment*, 36(2), 299–306. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00336-3](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00336-3)
- Olgay, V. (2016). *Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- OMS. (2003). *Índice UV Solar Mundial. Guía práctica*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Onishi, A., Cao, X., Ito, T., Shi, F., & Imura, H. (2010). Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9(2010), 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2010.06.002>
- Orte, M., Colman Lerner, J. E., Morales, A., Barrionuevo, P., Aguilar, M., Giulani, D., ... Porta, A. (2013). Estudio del material particulado inhalable y contaminantes asociados en las ciudades de La Plata y Bahía Blanca. En E. Puliafito, D. Allende, & C. Panigatti (Eds.), *IV Congreso del Proyecto Integrador para la Mitigación de la Contaminación Atmosférica (PROIMCA) y II Congreso del Proyecto Integrador para la Determinación de la Calidad del Agua (PRODECA)* (pp. 595–602). Córdoba, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza.

P

- Paez, P. A. (2017). Estudio de calidad del aire en canteras a cielo abierto en General Roca, Argentina. *Boletín Geográfico*, 38(39), 53–71. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6232750>
- Page, J., Albuissin, M., & Wald, L. (2001). The European solar radiation atlas: A valuable digital tool. *Solar Energy*, 71(1), 81–83. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00157-2](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00157-2)
- Palancar, G. G., Olcese, L. E., Achad, M., López, M. L., & Toselli, B. M. (2017). A long term study of the relations between erythemal UV-B irradiance, total ozone column, and aerosol optical depth at central Argentina. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 198, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2017.05.002>
- Pareja Aparicio, M. (2015). *Energía solar fotovoltaica: cálculo de una instalación aislada*. Marcombo.
- Partonen, T., & Pandi-Perumal, S. R. (2010). *Seasonal Affective Disorder: Practice and Research*. London: Oxford University Press.
- Paruelo, J. M., Beltran, A., Jobbagy, E., Sala, O., & Golluscio, R. (1998). The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral*, 8, 85–101. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Rodolfo_Golluscio/publication/279897365_The_climate_of_Patagonia_General_patterns_and_controls_on_biotic_processes/links/566aa97808ae62b05f032de4.pdf
- Pasquali, R. C. (2004). *Química Ambiental*. Córdoba: Universitas Editorial Científica Universitaria.
- Patton, C. P., Alexander, C. S., & Kramer, F. L. (1978). *Curso de Geografía Física*. Barcelona: VICENS universidad.
- Pédélaborde, P. (1970). *Introduction à l'étude scientifique du climat*. París: Société d'édition d'enseignement supérieur.
- Peled, A., & Appelbaum, J. (2017). Enhancing the power output of PV modules by considering the view factor to sky effect and rearranging the interconnections of solar cells. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 25(9), 810–818. <https://doi.org/10.1002/pip.2896>
- Perez, R., David, M., Hoff, T. E., Jamaly, M., Kivalov, S., Kleissl, J., ... Perez, M. (2016). Spatial and Temporal Variability of Solar Energy. *Foundations and Trends in Renewable Energy*, 1(1), 1–44. <https://doi.org/10.1561/27000000006>
- Perini, K., & Rocciotello, E. (2018). Vertical Greening Systems for Pollutants Reduction. En *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability* (pp. 131–140). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00012-4>
- Piccolo, M. C., Capelli de Steffens, A. M., & Campo de Ferreras, A. M. (2002). La sequía del año 1995 en el sur de la región pampeana argentina. En J. Lugo & M. Inbar (Eds.), *Desastres Naturales en América Latina* (pp. 189–206).
- Pierrehumbert, R. T. (2014). Short-Lived Climate Pollution. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 42(1), 341–379. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-060313-054843>
- Pigeon, G., Legain, D., Durand, P., & Masson, V. (2007). Anthropogenic heat release in an old European agglomeration (Toulouse, France). *International Journal of Climatology*, 27, 1969–1981. <https://doi.org/10.1002/joc>
- Pigeon, Gregorie, Lemonsu, A., Grimmond, C. S. B., Durand, P., Thouron, O., & Masson, V. (2007). Divergence of turbulent fluxes in the surface layer: Case of a coastal city. *Boundary-Layer Meteorology*, 124(2), 269–290. <https://doi.org/10.1007/s10546-007-9160-2>
- Pillot, B., Muselli, M., Poggi, P., Haurant, P., & Hared, I. (2013a). Solar energy potential atlas for planning energy system off-grid electrification in the Republic of Djibouti. *Energy Conversion and Management*, 69, 131–147. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.01.035>
- Pillot, B., Muselli, M., Poggi, P., Haurant, P., & Hared, I. (2013b). The first disaggregated solar atlas of Djibouti: A decision-making tool for solar systems integration in the energy scheme. *Renewable Energy*, 57, 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.01.030>
- Pinassi, C. A. (2016). La configuración de un nuevo espacio turístico recreativo a través de la valorización del patrimonio cultural: el caso de Bahía Blanca. Universidad Nacional del Sur. Recuperado de [http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/3380/5/Tesis_PINASSI%2C Carlos Andrés.pdf](http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/3380/5/Tesis_PINASSI%2C%20Carlos%20Andr%C3%A9s.pdf)
- Pites, L. M., & Irisarri, M. J. (2018). Centralidades urbanas: algunos aportes para su lectura en la ciudad de Bahía Blanca. En *XII Biental del Coloquio Transformaciones Territoriales* (pp. 58–70). Bahía Blanca. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/331876611>
- Pizarro, H., Rodríguez, P., Bonaventura, S. M., O'Farrell, I., & Izaguirre, I. (2007). The sudestadas: a hydro-meteorological phenomenon that affects river pollution (River Luján, South America). *Hydrological Sciences Journal*, 52(4), 702–712. <https://doi.org/10.1623/hysj.52.4.702>
- Plasencia, E., Matos, L., Posadas, A., & Cabrera, C. (2007). Estimación horaria de la irradiancia solar total extraterrestre. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 10, 72–77. Recuperado de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualldata/publicaciones/geologia/vol10_n19/a07.pdf
- PNUD. (2012). "Solmáforos": novedosa iniciativa para medir los rayos ultravioletas en ciudades de Colombia. Recuperado de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/presscenter/articles/2012/11/23/solmaforos-novedosa-iniciativa-para-medir-los-rayos-ultravioleta-en-ciudades-de-colombia.html>
- Poder Ejecutivo de la Provincia de Buenos Aires. Convenio de participación en el Proyecto Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER), Decreto N° 2085/03 (2003).

- Poder Ejecutivo de la Provincia de Buenos Aires. Convenio ampliatorio de participación en el Proyecto Energías Renovables en Mercados Rurales entre el Estado Nacional y la Provincia de Buenos Aires, Decreto N° 63/2018 (2018). Argentina.
- Poder Ejecutivo Nacional. Créase la Oficina Programa Ozono (OPROZ), Decreto N° 265/96 (1996). Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/decreto-265-1996-35226/texto>
- Poder Ejecutivo Nacional. Fondo Argentino del Carbono, Decreto N° 1070/2005 (2005).
- Poder Ejecutivo Nacional. Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía, Decreto N° 140/2007 (2007). Recuperado de <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/normas/12772.pdf>
- Poder Ejecutivo Nacional. Gabinete Nacional de Cambio Climático. Creación., Decreto N° 891/2016 (2016). Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/decreto-891-2016-263772/texto>
- Poder Ejecutivo Nacional. Año de las Energías Renovables, Decreto N° 9/2017 (2017).
- Poder Ejecutivo Nacional. Ley de Ministerios, Decreto N° 7/2019 (2019).
- Poder Ejecutivo Provincia de Santa Fe. Edificios y oficinas sustentables, Decreto N° 1351/13 (2013).
- Power, H. C., & Mills, D. M. (2005a). Solar radiation climate change over southern Africa and an assessment of the radiative impact of volcanic eruptions. *International Journal of Climatology*, 25(3), 295–318. <https://doi.org/10.1002/joc.1134>
- Power, H. C., & Mills, D. M. (2005b). Solar radiation climate change over southern Africa and an assessment of the radiative impact of volcanic eruptions. *International Journal of Climatology*, 25, 295–318. <https://doi.org/10.1002/joc.1134>
- Prieto, M. B. (2011). Segregación socio-espacial urbana. Una mirada Geográfica utilizando Sistemas de Información Geográfica al caso de Bahía Blanca-Argentina. En XI Jornadas Argentina de Estudios de Población. Neuquén.
- Prohaska, F. (1976). The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay. *Climates of Central and South America*, 12, 13–112.
- Puliafito, E., Rey Saravia, F., Pereyra, M., & Pagani, M. (2009). Calidad del aire en el Polo Petroquímico de Bahía Blanca. En E. Puliafito & N. Quaranta (Eds.), *II Reunión Anual del Proyecto Integrador para la Mitigación de la Contaminación Atmosférica (PROIMCA)* (pp. 113–122). San Nicolás, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza.
- Puliafito, S. E., & Allende, D. (2007). Calidad del aire en ciudades intermedias. *Proyecciones*, 5(5), 33–52.
- Puliafito, S. E., Puliafito, C., & Quero, J. L. (1998). Contaminación del aire en Mendoza. En III Simposio de Ecología y Medio Ambiente. Mendoza: Universidad de Mendoza. Recuperado de <http://www.um.edu.ar/ojs-new/index.php/RUM/article/view/77>

Q

- Querol, X., Viana, M., Alastuey, A., Amato, F., Moreno, T., Castillo, S., ... Zabalza, J. (2007). Source origin of trace elements in PM from regional background, urban and industrial sites of Spain. *Atmospheric Environment*, 41(34), 7219–7231. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.05.022>
- Quinn, A. K. (2016). Modifiable Risk in a Changing Climate: Linking household-level temperature, humidity, and air pollution to population health. Columbia University, New York, United States. <https://doi.org/https://doi.org/10.7916/D83F4PWW>

R

- Raichijk, C., Grossi Gallegos, H., & Righini, R. (2006). Variabilidad espacial de la heliofanía (duración de la insolación) en la Pampa Húmeda Argentina, Uruguay y sur del Brasil. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 19, 33–37.
- Ramirez Camargo, L., Altamirano, M., Belmonte, S., & Dorner, W. (2015). Comparación de fuentes satelitales, de re-análisis y métodos estadísticos para el mapeo de la radiación solar en el Valle de Lerma (Salta-Argentina). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 19, 11.19–11.30.
- Ramos, M. B., & Campo, A. M. (2008). Caracterización de estados de tiempo en el suroeste bonaerense, Argentina. *Revista de geografía Norte Grande*, (40), 85–97. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022008000200006>
- Rani, B., Singh, U., Chuhan, A. K., Sharma, D., & Maheshwari, R. (2011). Photochemical smog pollution and its mitigation measures. *Journal of Advanced Scientific Research*, 2(4), 28–33.
- Reitze, G. L. (1976). A Solar Rights Zoning Guarantee: Seeking New Law in Old Concepts. *Washington University Law Quarterly*, (3). Recuperado de <https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/walq1976&id=385&div=&collection=>
- Reyes Sandoval, W. M. (2003). Vulnerabilidad a desastres naturales, determinación de áreas críticas y propuesta de mitigación en la microcuencia del Río Talgua, Catacamas, Honduras. *Journal of Chemical Information and Modeling*. Escuela de Posgrados del CATIE. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rode, P., Keim, C., Robazza, G., Viejo, P., & Schofield, J. (2014). Cities and energy: Urban morphology and residential heat-energy demand. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 41, 138–162. <https://doi.org/10.1068/b39065>
- Rodrigo, K., & Jaramillo, O. (2019). Sensores para el monitoreo de los niveles de radiación solar en la ciudad de Loja. *MASKAY*, 10(May), 44–55. <https://doi.org/10.24133/maskay.v10i1.1523>
- Rodríguez Algeciras, J. A. (2013). Morfología y microclima urbano. Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado de <https://www.waie.webs.upc.edu/mae/ma/wp-content/uploads/2016/07/TESINA-Rodriguez-Jose-Abel.pdf>
- Rodríguez Gámez, M., Castro Fernández, A., Vázquez Pérez, M., & Vilaragut Llanes, M. (2013). Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial. *Ingeniería Energética*, 34(3), 247–259. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rie/v34n3/rie08313.pdf>
- Rodríguez, J., & Arriagada, C. (2004). Segregación residencial en la ciudad. *EURE (Santiago)*, 30(89), 5–24. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612004008900001>
- Rodríguez Vignoli, J. (2001). Segregación residencial económica: ¿qué es?, ¿cómo se mide?, ¿qué está pasando?, ¿importa? Santiago de Chile: Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE). Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/7149>
- Rohini, P., Rajeevan, M., & Srivastava, A. K. (2016). On the variability and increasing trends of heat waves over India. *Scientific Reports*, 6(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/srep26153>
- Román, R., Bilbao, J., & de Miguel, A. (2014). Reconstruction of six decades of daily total solar shortwave irradiation in the Iberian Peninsula using sunshine duration records. *Atmospheric Environment*, 99, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.09.052>
- Rosake, P., & Ercolani, P. (2012). Los espacios de ocio de Bahía Blanca. Preferencias de la población en relación al uso de su tiempo libre. *Realidad, Tendencias y Turismo*, 10(12), 94–115. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rowe, B. (2018). Green Roofs for pollutants' reduction. En *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability* (pp. 141–148). Cambridge: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00013-6>
- Rubí Bianchi, A., & Cravero, S. A. C. (2010). Atlas climático digital de la República Argentina. Salta: INTA.
- Ruggeri, M. F., Allende, D., Puliafito, E., Pascual Flores, R., & Bolaño-Ortiz, T. (2016). Diseño de una red de monitoreo para metales en el Gran Mendoza basado en un inventario de emisiones y modelado de dispersión atmosférica en alta resolución. En XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y

S

- Sabatini, F., Cáceres, G., & Cerda, J. (2001). Segregación residencial en las principales ciudades chilenas: Tendencias de las tres últimas décadas y posibles cursos de acción. *Eure*, 27(82), 21–42. <https://doi.org/10.4067/s0250-71612001008200002>
- Sala Sanjaume, M., & Batalla Villanueva, R. J. (1996). *Teoría y Métodos en Geografía Física (Síntesis)*. Madrid.
- Salvador, P., Artífano, B., Viana, M. M., Querol, X., Alastuey, A., González-Fernández, I., & Alonso, R. (2011). Spatial and temporal variations in PM10 and PM2.5 across Madrid metropolitan area in 1999–2008. *Procedia Environmental Sciences*, 4, 198–208. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.03.024>
- Sánchez-Santillán, N., De La Lanza-Espino, G., Garduño, R., & Sánchez-Trejo, R. (2015). La influencia antropogénica en el Cambio Climático bajo la óptica de los Sistemas Complejos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(6), 69–84. Recuperado de www.reibci.org
- Sánchez, G., Serrano, A., & Cancillo, M. L. (2012). Effect of cloudiness on solar global, solar diffuse and terrestrial downward radiation at Badajoz (Southwestern Spain). *Optica Pura y Aplicada*, 45(1), 33–38. <https://doi.org/10.7149/OPA.45.1.33>
- Sánchez Perdomo, A., & Ortiz Mora, M. (2017). *Prototipo de Solmáforo*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Santillán, N., García Cueto, R., Ojeda Benítez, S., & Colton, S. (2010). Evaluación preliminar comparativa de la radiación solar y potencial energético entre dos ciudades de la frontera México y Estados Unidos. En F. Fernández García, E. Galán Gallego & R. Cañada Torrecilla (Eds.), *VII Congreso de la Asociación Española de Climatología: clima, ciudad y ecosistemas* (pp. 547–556). Madrid.
- Scharmer, K., & Greif, J. (2000). *The European Solar Radiation Atlas. Vol. 1: Fundamentals and maps*. Paris: École des Mines de Paris.
- Schiller, S. De, & Evans, J. (2015). Diseño bioclimático, eficiencia energética y energía solar en proyectos de vivienda social de argentina. *Perspectiva*, 3(5), 44–59. Recuperado de <http://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/19720>
- Schroeder, R., & Garriz, E. (2009). ¿Es posible recuperar el espacio público? La ciudad de Bahía Blanca como caso de estudio. En XII Encuentro de Geógrafos de América Latina (pp. 3–7). Motevideo. Recuperado de [/citacions?view_op=view_citation&continue=/scholar%3Fhl%3Des%26start%3D10%26as_sdt%3D0,5%26scilib%3D1&citilm=1&citation_for_view=HSuHYKAAAJ:4DMP91E08xMC&hl=es&oi=p](http://citacions?view_op=view_citation&continue=/scholar%3Fhl%3Des%26start%3D10%26as_sdt%3D0,5%26scilib%3D1&citilm=1&citation_for_view=HSuHYKAAAJ:4DMP91E08xMC&hl=es&oi=p)
- Schroeder, T. A., Hember, R., Coops, N. C., & Liang, S. (2009). Validation of solar radiation surfaces from MODIS and reanalysis data over topographically complex terrain. *Journal of applied meteorology and climatology*, 48(12), 2441–2458. <https://doi.org/10.1175/2009JAMC2152.1>
- Scian, B. (2010). Clima - Bahía Blanca y Sudoeste Bonaerense. En J. D. Paoloni (Ed.), *Ambiente y Recursos Naturales del Partido de Bahía Blanca*. Clima, Geomorfología, Suelos y Aguas (pp. 27–83). Bahía Blanca: EdiUns.
- Scott, K. I., Simpson, J. R., & Mcpherson, E. G. (1999). Effects of tree cover on parking lot microclimate and vehicle emissions. *Journal of Arboriculture*, 25(3), 129–142. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/e034/06ba6437e4014d832273ee2dabf9e9332f42.pdf>
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Resolución 1446 / 2002 (2002).
- Semenza, J. C., Rubin, C. H., Falter, K. H., Selanikio, J. D., Flanders, W. D., Howe, H. L., & Wilhelm, J. L. (1996). Heat-Related Deaths during the July 1995 Heat Wave in Chicago. *New England Journal of Medicine*, 335(2), 84–90. <https://doi.org/10.1056/NEJM199607113350203>
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Apruébase el Convenio de Viena para protección de la Capa de Ozono, Ley N° 23724 (1989). Argentina.
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Apruébase el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, Ley N° 23778 (1990). Argentina. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/ley-23778-179/texto>
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Apruébase la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Ley N° 24295 (1993). Argentina. Recuperado de http://www0.unsl.edu.ar/~atissera/Leyes_Nacionales/Ley_Nac_24295_Cambio_Climatico.pdf
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Régimen nacional de energía eólica y solar, Ley N° 25019 (1998). Argentina.
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Apruébanse las enmiendas al Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono., Ley N° 25389 (2000). Recuperado de <http://patagoniambiental.com/Portals/0/pdf/AcuerdosAmbientales/Ley Nacional 25389.pdf>
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Apruébase el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Ley N° 25438 (2001). Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F8F858B93424E18005257C98005C4DB7/\\$FILE/Ley_Nacional_N_25.438.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F8F858B93424E18005257C98005C4DB7/$FILE/Ley_Nacional_N_25.438.pdf)
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Ley General del Ambiente, Ley N° 25675 (2002). Recuperado de http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/LEY_25675.pdf
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Apruébase un Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del MERCOSUR, Ley N° 25841 (2003). Argentina.
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica, Ley N° 26190 (2006). Recuperado de https://www.energiasrenovables.com.ar/ley_26190-2006.pdf
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Enmienda de Doha al Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Ley N° 27137 (2015). Argentina.
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. Modificación, Ley N° 27191, 1 (2015). Argentina.
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Acuerdo de París, Ley N° 27270 (2016). Recuperado de <http://argentiniambiental.com/legislacion/nacional/ley-27270-acuerdo-paris/>
- Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública, Ley N° 27424 (2017). Argentina.
- Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires. Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Ley N° 11723 (1995).
- Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires. Declárese de interés provincial la generación y producción de energía eléctrica a través del uso de fuentes de energía renovables, Ley N° 12603 (2000).
- Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires. Ley N° 12530 (2000).
- Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires. Condiciones de acondicionamiento térmico en la construcción, Ley N° 13059 (2003).
- Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires. Ley Provincial N° 13647 (2007). Recuperado de <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/1-13647.html>
- Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires. Ley N° 14838 (2016).
- Senado y Cámara de Diputados de la provincia de Córdoba. Adhesión provincial a la Ley Nacional 27424 de energías renovables, Ley N° 10604 (2019). Recuperado de <http://argentiniambiental.com/legislacion/cordoba/ley-10604-adhesion-provincial-la-ley-nacional-27424-energias-renovables/>

- Senado y Cámara de Diputados de la provincia de Jujuy. Generación distribuida de energía renovable, Ley N° 6023 (2017). Recuperado de <http://argentinambiental.com/legislacion/jujuy/ley-6023-generacion-distribuida-energia-renovable/>
- Senado y Cámara de Diputados de la provincia de La Rioja. Declárase de interés provincial a la generación distribuida de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovable, Ley N° 10150 (2019). Recuperado de <http://argentinambiental.com/legislacion/la-rioja/ley-10150-declarase-interes-provincial-la-generacion-distribuida-energia-electrica-partir-fuentes-energia-renovable/>
- Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Mendoza. Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública, Ley N° 9084 (2018).
- Senado y Cámara de Diputados de la provincia de Tucumán. Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública, Ley N° 9159 (2019). Recuperado de <http://argentinambiental.com/legislacion/tucuman/ley-9159-regimen-fomento-la-generacion-distribuida-energia-renovable-integrada-la-red-electrica-publica/>
- Senado y Cámara de Diputados de la provincia del Chubut. Régimen de Fomento a la generación de energía renovable integrada a la red eléctrica pública, Ley N° XVIII-No 141 (2019). Recuperado de <http://argentinambiental.com/legislacion/chubut/ley-xviii-n-141-regimen-fomento-la-generacion-energia-renovable-integrada-la-red-electrica-publica-dhesion-provincial-la-ley-nacional-n-27-424/>
- Senado y la Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Ley de puertos - Derogación de diversas normas, Ley N° 24.093 (1992). Recuperado de <http://mepriv.mecon.gov.ar/Normas/24093.htm>
- SENAMHI-MEM. (2003). Atlas de Energía Solar del Perú. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Ministerio de Energía y Minas.
- Seneviratne, S. I., Nicholls, N., Easterling, D., Goodess, C. M., Kanae, S., Kossin, J., ... Zhang, X. (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. En P. M. Field, C. B., Barros, V., Stocker T.F, Qin D., Dokken D.J., Ebi K.L., Mastrandrea M.D., Mach K.J., Plattner G.K., Allen S.K., Tignor M., and Midgley (Ed.), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 109–230). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.006>
- Sengupta, M., Habte, A., Gueymard, C., Wilbert, S., & Renné, D. (2017). *Best Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data for Solar Energy Applications: Second Edition*. Recuperado de www.nrel.gov/publications.
- Servicio Meteorológico Nacional. (1987a). *Sudestadas*. Buenos Aires.
- Servicio Meteorológico Nacional. (1987b). *Viento Pampero*. Buenos Aires.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2003). *Estadísticas climatológicas: 1991-2000*. Buenos Aires, Argentina: SMN.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2010a). El tiempo, el clima y la salud. Boletín informativo N° 8. Buenos Aires. Recuperado de <http://smn.cna.gob.mx>
- Servicio Meteorológico Nacional. (2010b). Temporal de invierno. Boletín informativo N° 4. Buenos Aires. Recuperado de <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=zac>
- Servicio Meteorológico Nacional. (2010c). Viento. Boletín informativo N° 29. Buenos Aires. Recuperado de <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=zac>
- Servicio Meteorológico Nacional. (2010d). Viento Zonda. Viento Pampero. Boletín informativo N° 13. Buenos Aires. Recuperado de <http://smn.cna.gob.mx>
- Servicio Meteorológico Nacional. (2011). *Estadísticas climatológicas: 2001-2010*. Buenos Aires, Argentina: SMN.
- Shahidan, M. F., Jones, P. J., Gwilliam, J., & Salleh, E. (2012). An evaluation of outdoor and building environment cooling achieved through combination modification of trees with ground materials. *Building and Environment*, 58, 245–257. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.07.012>
- Shahroki, H., Levihn, F., & Brandt, N. (2014). Big meter data analysis of the energy efficiency potential in Stockholm's building stock. *Energy and Buildings*, 78, 153–164. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.04.017>
- Shao, M., Zhang, Y., Zeng, L., Tang, X., Zhang, J., Zhong, L., & Wang, B. (2009). Ground-level ozone in the Pearl River Delta and the roles of VOC and NOx in its production. *Journal of Environmental Management*, 90, 512–518. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.12.008>
- Shapiro, J., Arkoosh, V. A., Kline, S., Flaharty, D. F., Blue, R., Blumhardt, J., ... Holton, J. L. (2015). *Sustainable green parking lots*. Norristown, Pensilvania: Montgomery County Planning Commission. Recuperado de https://www.montcopa.org/DocumentCenter/View/9735/Green-Sustainable-Parking-Guide-2_10_2016-Web
- Sharma, A. P., Kim, K., Ahn, J., Shon, Z., Sohn, J., Lee, J., ... Brown, R. J. C. (2014). Ambient particulate matter (PM10) concentrations in major urban areas of Korea during 1996–2010. *Atmospheric Pollution Research*, 5, 161–169. <https://doi.org/10.5094/APR.2014.020>
- Shi, P., Bai, X., Kong, F., Fang, J., Gong, D., Zhou, T., ... Chen, D. (2017). Urbanization and air quality as major drivers of altered spatiotemporal patterns of heavy rainfall in China. *Landscape Ecology*, 32(8), 1723–1738. <https://doi.org/10.1007/s10980-017-0538-3>
- Shishegar, N. (2013). Street Design and Urban Microclimate: Analyzing the Effects of Street Geometry and Orientation on Airflow and Solar Access in Urban Canyons. *Journal of Clean Energy Technologies*, (January), 52–56. <https://doi.org/10.7763/jocet.2013.v1.13>
- Silva Vinasco, J. P., & Canchala Nastar, T. del R. (2013). Variación espacial y temporal de concentraciones de PM10 en el área urbana de Santiago de Cali, Colombia. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*.
- Spronken-Smith, R. A. (2002). Comparison of summer- and winter-time suburban energy fluxes in Christchurch, New Zealand. *International Journal of Climatology*, 22(8), 979–992. <https://doi.org/10.1002/joc.767>
- Stein, A. F., & Toselli, B. M. (1996). Street level air pollution in Córdoba City, Argentina. *Atmospheric Environment*, 30(20), 3491–3495. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(96\)00097-0](https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00097-0)
- Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Strahler, A., & Strahler, A. (2000). *Geografía Física*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Subsecretaría de Ordenamiento y Política Ambiental. Programa Nacional de Energías y Combustibles Alternativos y Sustentables, Disposición 166/2001 (2001). Argentina. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/disposicion-166-2001-69511/texto>

T

- Tapella, E. (2007). El mapeo de actores clave. Recuperado de <https://planificacionsocialunsj.files.wordpress.com/2011/09/quc3a9-es-el-mapeo-de-actores-tapella1.pdf>
- Tarawneh, Q. (2018). Harmonic analysis of solar irradiation and rainfall data in the context of various climatic indicators in Saudi Arabia. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(4), 75. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3414-9>
- Tarawneh, Q. Y., & El Alfy, M. (2017). Seasonal variation of solar irradiance and sunshine duration in Saudi Arabia. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14(6), 1267–1276. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1230-x>
- Tertre, A. Le, Lefranc, A., Eilstein, D., Declercq, C., Medina, S., Blanchard, M., ... Ledrans, M. (2006). Impact of the 2003 Heatwave on All-Cause Mortality in 9 French Cities. *Epidemiology*. Lippincott Williams & Wilkins. <https://doi.org/10.2307/20486164>
- Tiba, C. (2000). Atlas Solarimétrico do Brasil: Banco de Dados Terrestres. Atlas Solarimétrico do Brasil. Recife: Ed. Universitária da UFPE. Recuperado de <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes>

- Ting, S., Järvi, L., Omidvar, Hamidreza Theeuwes, Natalie Lindberg, F., Li, Z., & Grimmond, S. (2019). Urban-Meteorology-Reading/SUEWS: 2019a Release (Version 2019a). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3267305>
- Tomson, T., & Hansen, M. (2010). Fast changes of the solar irradiance. *Estonian Journal of Engineering*, 16, 176–183. <https://doi.org/10.3176/eng.2010.2.06>
- Torrero, M. (2005). Análisis temporal de la variabilidad hidrológica y su relación con las actividades antrópicas en el ambiente fluvial del arroyo Napostá Grande. Universidad Nacional del Sur.
- Torrero, M. P., Cintia Pícolo, M., & Campo De Ferreras, A. (2007). Relación entre grados-día calefacción y refrigeración con el consumo eléctrico de bahía blanca. *Geoacta*, 32, 1–9.
- Touchaei, A. G., Akbari, H., & Tessum, C. W. (2016). Effect of increasing urban albedo on meteorology and air quality of Montreal (Canada) - Episodic simulation of heat wave in 2005. *Atmospheric Environment*, 132, 188–206. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.02.033>
- Tourangeau, R., Conrad, F. G., & Couper, M. P. (2013). *The science of web surveys*. New York: Oxford University Press. Recuperado de https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=a4RoAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=web+surveys&ots=i9wxEkj3Cs&sig=1_4FW-guyHfpTEgMg-_ArMYQB_Q&redir_esc=y#v=onepage&q=web+surveys&f=false
- Treberspurg, M. (2008). *Solar City: Linz pichling*. Linz-Pichling: Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-211-69293-6>
- Tzoumanikas, P., Nikitidou, E., Bais, A. F., & Kazantzidis, A. (2016). The effect of clouds on surface solar irradiance, based on data from an all-sky imaging system. *Renewable Energy*, 95, 314–322. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.04.026>

U

- Umbach, P. D. (2004). Web surveys: Best practices. *New Directions for Institutional Research*, 2004(121), 23–38. <https://doi.org/10.1002/ir.98>
- United Nations. (2015). *World Urbanization Prospects. 2014 Revision*. New York. Recuperado de <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf>
- United Nations General Assembly. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*.
- Urbach, F. (1989). Potential effects of altered solar ultraviolet radiation on human skin cancer. *Photochemistry and Photobiology*, 50(4), 507–513. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1989.tb05556.x>
- Urban, G., Migala, K., & Pawliczek, P. (2018). Sunshine duration and its variability in the main ridge of the Karkonosze Mountains in relation to with atmospheric circulation. *Theoretical and Applied Climatology*, 131(3–4), 1173–1189. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2035-7>
- Urriza, G. (2016). Expansión urbana, tierra vacante y demanda habitacional en Bahía Blanca. Modelos de ciudad y política urbana en debate. *Revista del Área de Estudios Urbanos*, (6), 281–320. Recuperado de <http://publicaciones.sociales.uba.ar/index.php/quid16/article/view/2089/1777>
- Urriza, G., & Garriz, E. (2014). ¿Expansión urbana o desarrollo compacto? Estado de situación en una ciudad intermedia: Bahía Blanca, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 23(2), 97–123. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652014000200003
- US Environmental Protection Agency. (2008). *Green Parking Lot Resource Guide*. United States: United States Environmental Protection Agency. Office of Solid Waste and Emergency Response. Recuperado de [http://www.streamteamok.net/Doc_link/Green Parking Lot Guide \(final\).PDF](http://www.streamteamok.net/Doc_link/Green Parking Lot Guide (final).PDF)

V

- Vallejo Lozada, W. A., Hernandez, J., & Saenz, E. (2010). Estudio del recurso solar en la ciudad de Bogotá para el diseño de sistemas fotovoltaicos interconectados residenciales. *Revista Colombiana de Física*, 42(2), 161–165.
- Vallejos Montiel, J. D., Munguía Martínez, M. A., & Ruiz Rodríguez, Y. A. (2019). El solmáforo. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Vásquez, A. E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 63, 63–86.
- Vecslir Peri, L., & Antón, G. (2010a). El Proyecto Urbano como instrumento de gestión y participación. Nuevas centralidades en el Plan de Desarrollo Local de Bahía Blanca. *Scripta Nova*, 14(331), 1–16.
- Vecslir Peri, L., & Antón, G. (2010b). La planificación territorial y el urbanismo desde el diálogo y la participación. En XI Coloquio Internacional de Geocrítica (pp. 1–12). Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Vera Mella, N., & Baldasano Recio, J. M. (2005). *Atlas climático de irradiación solar a partir de imágenes del satélite NOAA aplicación a la Península Ibérica*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Verdaguer, C. (2005). Evaluación del espacio público. Indicadores experimentales para la fase de proyecto. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
- Villalba, D., Johanna, E., Ortiz, F., & Romero, H. (2018). Relación entre el material particulado PM10 y variables meteorológicas en la ciudad de Bucaramanga – Colombia: Una aplicación del análisis de datos longitudinal. En XXVIII Simposio Internacional de Estadística 2018 (pp. 1–6). Bucaramanga, Colombia.
- Volonté, A., Gil, V., Gentili, J. O., & Campo, A. M. (2012). Análisis del comportamiento del viento en el sector norte del periurbano de Bahía Blanca, Argentina. *Revista Geográfica*, 151, 83–103. <https://doi.org/10.2307/43558006>
- Von Ludwing, B. (1968). *General System Theory. Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller.

W

- Wang, S., Li, Y., Niu, A., Liu, Y., Su, L., Song, W., ... Li, H. (2018). The impact of outdoor air pollutants on outpatient visits for respiratory diseases during 2012–2016 in Jinan, China. *RESPIRATORY RESEARCH*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12931-018-0958-x>
- Ward, H. C., Kotthaus, S., Järvi, L., & Grimmond, C. S. B. (2016). Surface Urban Energy and Water Balance Scheme (SUEWS): Development and evaluation at two UK sites. *Urban Climate*, 18, 1–32. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.05.001>
- Ward, K., Lauf, S., Kleinschmit, B., & Endlicher, W. (2016). Heat waves and urban heat islands in Europe: a review of relevant drivers. *Science of the Total Environment*, 569, 527–539. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.119>
- Watson, I. D., & Johnson, G. T. (1987). Graphical estimation of sky view-factors in urban environments. *Journal of Climatology*, 7(2), 193–197. <https://doi.org/10.1002/joc.3370070210>
- WHO. (2006). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005*. Gineva: World Health Organization.
- WHO. (2016). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*. Switzerland, Geneva: World Health Organization. Recuperado de <https://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>
- Wilches Chau, G. (1993). La Vulnerabilidad Global. En A. Maskrey (Ed.), *Los Desastres no son Naturales* (Red de Est, pp. 11–41). Bogotá: Tercer Mundo Editores.
- Wilson, T., Stewart, C., Bickerton, H., Baxter, P., Outes, V., Villarosa, G., ... Rodríguez, A. (2012). Impactos en la salud y el medioambiente producidos por la erupción del Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle del 4 de junio de 2011: Informe de un equipo de investigación multidisciplinario.

- Winter, C. J. (1994). Solar cities. *Renewable Energy*, 4(1), 15–26. [https://doi.org/10.1016/0960-1481\(94\)90059-0](https://doi.org/10.1016/0960-1481(94)90059-0)
- WMO. (2017). Guide to meteorological instruments and methods of observation. Geneva: World Meteorological Organization. Recuperado de https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4147
- Wong, N. H., & Yu, C. (2005). Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat International*, 29(3), 547–558. <https://doi.org/10.1016/J.HABITATINT.2004.04.008>
- Wright, J. (2002). Mapas de radiación solar en Costa Rica. *Top. Meteorol. Oceanog*, 9(2), 79–87.
- Wu, P., Ding, Y., & Liu, Y. (2017). Atmospheric circulation and dynamic mechanism for persistent haze events in the Beijing–Tianjin–Hebei region. *Advances in Atmospheric Sciences*, 34(4), 429–440. <https://doi.org/10.1007/s00376-016-6158-z>

X

- Xie, J., Teng, J., Fan, Y., Xie, R., & Shen, A. (2019). The short-term effects of air pollutants on hospitalizations for respiratory disease in Hefei, China. *International Journal of Biometeorology*, 63, 315–326. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-01665-y>

Y

- Yadav, R., Sahu, L. K., Beig, G., & Jaaffrey, S. N. A. (2016). Role of long-range transport and local meteorology in seasonal variation of surface ozone and its precursors at an urban site in India. *Atmospheric Research*, 19, 432–437. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.02.018>
- Yamashita, S., Sekine, K., Shoda, M., Yamashita, K., & Hara, Y. (1986). On relationships between heat island and sky view factor in the cities of Tama River basin, Japan. *Atmospheric Environment* (1967), 20(4), 681–686. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(86\)90182-4](https://doi.org/10.1016/0004-6981(86)90182-4)
- Yang, J. (2017). Air Quality and Atmospheric Particulate Matter Control. En *Environmental Management in Mega Construction Projects* (pp. 237–249). Singapore: Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3605-7_18
- Yang, K. L. (2002). Spatial and seasonal variation of PM10 mass concentrations in Taiwan. *Atmospheric Environment*, 36, 3403–3411. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00312-6](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00312-6)
- Yin, Y., Li, C., Ma, G., & Cui, Z. (2004). Ozone concentration distribution of urban. *Environmental Science*, 25(6), 16–20. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15759874>
- Yoo, J.M., Jeong, M. J., Kim, D., Stockwell, W. R., Yang, J. H., Shin, H. W., ... Lee, S. D. (2015). Spatiotemporal variations of air pollutants (O3, NO2, SO2, CO, PM10, and VOCs) with land-use types. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 10857–10885. <https://doi.org/10.5194/acp-15-10857-2015>
- Yoo, Jung Moon, Lee, Y. R., Kim, D., Jeong, M. J., Stockwell, W. R., Kundu, P. K., ... Lee, S. J. (2014). New indices for wet scavenging of air pollutants (O3, CO, NO2, SO2, and PM10) by summertime rain. *Atmospheric Environment*, 82, 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.10.022>
- Yousuf, M. U., Siddiqui, M., & Rehman, N. ur. (2018). Solar energy potential estimation by calculating sun illumination hours and sky view factor on building rooftops using digital elevation model. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 10(1), 013703. <https://doi.org/10.1063/1.4997888>

Z

- Zapperi, P. A. (2012). Hidrografía Urbana de Bahía Blanca. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur.
- Zapperi, P. A., Casado, A., Gil, V., & Campo, A. M. (2006). Caracterización de las precipitaciones invernales en el Suroeste bonaerense. En N. Cazzaniga & M. Vaquero (Eds.), *Ambiente natural, campo y ciudad: Estrategias de uso y conservación en el Sudoeste Bonaerense* (pp. 63–68). Bahía Blanca: EdiUNS.
- Zapperi, P., Ramos, M. B., Gil, V., & Campo, A. M. (2007). Caracterización de las precipitaciones estivales en el Suroeste bonaerense. *Contribuciones Científicas GAEA*, 19, 483–491. Recuperado de http://gaea.org.ar/contribuciones/contribuciones_vol19_Zapperi-Ramos-Gil-Campo.pdf
- Zavala, C., García, L., & Di Meglio, M. (2005). Redes de drenaje y paleoclimas en el cuaternario del sur de la provincia de Buenos Aires. En XVI Congreso Geológico Argentino (p. 156). La Plata: Asociación Geológica Argentina.
- Zhang, L., Jacob, D. J., Boersma, F., Jaffe, D. A., Olson, J. R., Bowman, K. W., ... Weinheimer, A. J. (2008). Transpacific transport of ozone pollution and the effect of recent Asian emission increases on air quality in North America: An integrated analysis using satellite, aircraft, ozonesonde, and surface observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8(2), 8143–8191. <https://doi.org/10.5194/acp-8-6117-2008>
- Zhang, R., Tian, P., Ji, Y., Lin, Y., Peng, J., Pan, B., ... Hu, M. (2017). Overview of persistent haze events in China. En *Air Pollution in Eastern Asia: An Integrated Perspective* (pp. 3–25). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59489-7_1
- Zhao, N., Zeng, X., & Han, S. (2013). Solar radiation estimation using sunshine hour and air pollution index in China. *Energy Conversion and Management*, 76, 846–851. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2013.08.037>
- Zhong, J., Zhang, X., Wang, Y., Sun, J., Zhang, Y., Wang, J., ... Li, Y. (2017). Relative contributions of boundary-layer meteorological factors to the explosive growth of PM2.5 during the red-alert heavy pollution episodes in Beijing in December 2016. *Journal of Meteorological Research*, 31(5), 809–819. <https://doi.org/10.1007/s13351-017-7088-0>
- Zhuzhingo Peña, C. V. (2017). Efecto del ozono troposférico en la fisiología de quinua (*Polylepis Reticulata*) en el Parque Nacional Cajas. Universidad de Cuenca, Cuenca. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28750/1/Trabajo de Titulación.pdf>