

SYLVIE

NAIL

(ed.)

**CAMBIO CLIMÁTICO.
LECCIONES DE Y PARA CIUDADES
DE AMÉRICA LATINA**

UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA

ISBN 978-958-710-XXX-XXXXX

© 2016, SYLVIE NAIL (ED.)
© 2016, UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA
Calle 12 n.º 1-17 Este, Bogotá
Teléfono (57 1) 342 0288
publicaciones@uexternado.edu.co
www.uexternado.edu.co

Primera edición: abril de 2016

Diseño de cubierta: Departamento de Publicaciones
Composición: Marco Robayo
Impresión y encuadernación: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Tiraje: de 1 a 1.000 ejemplares

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

Prohibida la reproducción o cita impresa o electrónica total o parcial de esta obra, sin autorización expresa y por escrito del Departamento de Publicaciones de la Universidad Externado de Colombia. Las opiniones expresadas en esta obra son responsabilidad de los autores.

ENRIQUE ALISTE	ANDREA LAMPIS
ALBERTO ÁLVAREZ	CLAIRE LAUNAY
ÁNGELA MARÍA ALZATE	KAREN LEVY
FLORENCE BELAËN	ANTONIO LATTUCA
LUIS CARLOS BELALCÁZAR	LAETITIA MONTERO
NÉSTOR BIASATTI	VLADIMIR MOSKAT
LAURA BRACALENTI	EMMA O'RIORDAN
JÜRGEN BREUSTE	RODRIGO PACHECO-MUÑOZ
CYNTHIA CADEL	CAMILA PAVEZ
CECILIA CARRIZO	GUILLERMO PENAGOS
JEANNE CARTILLIER	IRENE PÉREZ
JUAN ANDRÉS CASTRO	RUBÉN PIACENTINI
HÉLÈNE COQUÉRIAUX	MALAYNA RAFTOPOULOS
ALEJANDRA CORONEL	FERNANDO REMOLINA
DAVID CORTEZ	SONIA REYES-PAECKE
MARIELLE DUBBELING	NÉSTOR ROJAS
LUIS GABRIEL DUQUINO	NORMA RUBIANO
ANA FAGGI	GRACIELA SALUM
NATALIA FELDMAN	MICHEL SCHLAIFER
SUSANA FELDMAN	SILVANA SOLDÁ
TANIA FERNÁNDEZ	DIDIER SOTO
YAMILA FERREYRA	CARMEN VARELA
ANTHONY FRY	GERMÁN VARGAS
HENRY GARAY	MARCELO VEGA
LINA MARÍA HOYOS	ESTELA VIARENGHI
LUIS INOSTROZA	KATTIA VILLADIEGO
RODRIGO JIMÉNEZ	DIANA WIESNER
LUTZ KATZSCHNER	LUIS ZAMBRANO
PAULINE LACHAPPELLE	ANA ZAZO
	ERIK ZIMMERMANN

CONTENIDO

PREFACIO	13
<i>Brigitte Baptiste</i>	
INTRODUCCIÓN	15
<i>Sylvie Nail</i>	
PRIMERA PARTE	
CONOCIMIENTO, MARCOS INTELECTUALES Y POLÍTICOS	
El cambio climático, su impacto y las posibles formas de mitigación y de adaptación	35
<i>R. Piacentini, G. Salum, M. Dubbeling</i>	
Efectos del cambio climático en el Caribe colombiano	61
<i>G. Vargas</i>	
Adaptation to climate change in Colombian cities: which road ahead?	107
<i>A. Lampis</i>	
“Sumak kawsay”, “buen vivir” y cambio climático. Genealogías	143
<i>D. Cortez</i>	
Mirar la ciudad desde los territorios olvidados: ¿el cambio climático como oportunidad?	173
<i>M. Schlaifer, L. Montero, E. Aliste</i>	
Cities at risk: adaptation bridging the formal and informal	199
<i>A. Fry</i>	
SEGUNDA PARTE	
ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO DESDE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS	
II. I OPTIMIZAR LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y PROTEGER LOS RECURSOS NATURALES	
Retos de Bogotá en calidad del aire y mitigación del cambio climático	223
<i>N. Rojas, R. Jiménez, L. C. Belalcázar</i>	
Vulnerabilidad en la infiltración e inundación en la Ciudad de México frente al cambio climático: perspectivas en el manejo del agua	257
<i>R. Pacheco-Muñoz, T. Fernández, K. Levy, L. Zambrano</i>	
Mendoza metropolitana y sus estrategias de adaptación al cambio climático	277
<i>A. Faggi, J. Breuste</i>	

El Plan Ciudad Verde como “la Recuperación de los Buenos Aires” o cómo desde la planeación, el urbanismo y la arquitectura se anticipan los cambios
E. Viarenghi 295

Agricultura urbana y periurbana y forestación como posibilidad de mitigación y adaptación al cambio climático. Estudio de caso en la ciudad de Rosario y región, Argentina 327
R. Piacentini, S. Feldman, A. Coronel, N. Feldman, M. Vega, V. Moskat, L. Bracalenti, E. Zimmermann, A. Lattuca, N. Biasatti, M. Dubbeling

Riego de la vegetación urbana en el contexto del cambio climático: lecciones del Área Metropolitana de Santiago 369
S. Reyes-Paecke, C. Pavez

II.2 DESARROLLAR HERRAMIENTAS E INCENTIVAR
CAMBIOS EN EL URBANISMO

Climate change adaptation responses in Latin American urban areas. Challenges for Santiago de Chile and Lima 391
L. Inostroza

Urban climate evaluation for planning in cities under consideration of the global climate change 425
L. Katzschner

Elementos metodológicos para el aprendizaje sobre el microclima y los retos del cambio climático en urbanismo y arquitectura 455
K. Villadiego

Urbanización y cambio climático: orientaciones recientes de las políticas de ordenamiento territorial en Medellín 487
Á. M. Alzate

Políticas públicas de construcción sostenible como herramienta de mitigación y adaptación frente al cambio climático 519
G. Penagos

Tourism and climate change in Peru: adopting a framework for action? 553
M. Raftopoulos

TERCERA PARTE

CAMBIAR LA GOBERNANZA: HERRAMIENTAS DESDE LAS POBLACIONES

La política pública ambiental desde la sustentabilidad ambiental urbana. Una alternativa al discurso del desarrollo sostenible en la administración de la ciudad 587
L. G. Duquino

Institucionalización de las políticas de cambio climático y gestión del riesgo a nivel urbano. Análisis de dos ciudades intermedias afectadas por inundaciones, Córdoba - Argentina <i>C. Carrizo, Y. Ferreyra, S. Soldá</i>	625
La incorporación de las dinámicas de población en los procesos de planeación territorial: un camino hacia la sustentabilidad <i>J. A. Castro, N. Rubiano</i>	659
Proyecto ARA: Plan estratégico municipal integral para la incorporación de medidas de adaptación al cambio climático en Chimalhuacán (México) <i>A. Zazo, A. Álvarez, I. Pérez, C. Varela</i>	699
Prácticas e historias urbanas de adaptación al cambio climático ¿Hacia una corresponsabilidad entre actores? <i>C. Launay, E. O’Riordan</i>	737
“Mi ciudad, el clima y yo”: análisis de los resultados de una investigación participativa sobre el cambio climático en el área metropolitana de Lyon (Francia) <i>F. Belaën, P. Lachappelle, H. Coquériaux, D. Soto, C. Cadel, J. Cartillier</i>	779
De la planeación a la acción: el papel de la sociedad civil en la gobernanza en los cerros orientales de Bogotá <i>D. Wiesner, H. Garay, F. Remolina, L. M. Hoyos</i>	813
LOS AUTORES	839

El cambio climático no es una hipótesis y el sentido de urgencia con el que debemos enfrentar este reto nos hace pensar que ya no estamos para ensayos. El tiempo es limitado para dar solución a esta problemática multidisciplinaria: lograr un acuerdo climático global, reducir riesgos y vulnerabilidades, mitigar los impactos, adaptarnos a las transformaciones que vendrán y tomar conciencia de que el planeta está cambiando y nosotros con él.

Hemos trasgredido los límites naturales globales con nuestro comportamiento antropogénico y antropocéntrico, según el cual el ser humano es el foco de todo, olvidando que la biósfera es parte elemental en nuestras vidas. Estamos en plena encrucijada y podemos asegurar que vivimos en un siglo de prueba para la humanidad. Podríamos colapsar o podríamos desarrollar soluciones basadas en la naturaleza, a fin de promover servicios climáticos de calidad en un escenario ciencia-política y, de esta forma, pasar de lo simbólico a lo sustantivo.

En todo este contexto, las ciudades juegan un rol fundamental frente al cambio climático, pues deben ser incubadoras de respuestas resilientes y sostenibles. Todo lo que los centros urbanos del mundo puedan hacer hoy para ser más “verdes” los hará más fuertes y competitivos el día de mañana.

La dicotomía entre desarrollo y destrucción cuestiona el actual modelo de planificación local en las principales ciudades del mundo, por lo cual es necesario revisar los escenarios climáticos futuros ya elaborados en muchísimas naciones latinoamericanas –fundamentados incluso en modelos territoriales, como el caso colombiano– y compararlos con los planes de desarrollo actual.

Dicho lo anterior, considero importante resaltar cómo la historia de la planificación ambiental en las ciudades de América Latina ha sufrido momentos de declive y fortalecimiento, evidenciando cómo desde la celebración de la Cumbre de Río de 1992 se comienzan a ver pruebas claras del reforzamiento de la gestión ambiental y aportes jurídicamente vinculantes respecto a temas de interés para la región, como la adaptación al cambio climático y su mitigación, el freno a la deforestación y la conservación de la biodiversidad.

Las ciudades deben replantearse la necesidad de incorporar medidas sectoriales integrales para que, mediante un desarrollo bajo en carbono, se reduzcan las brechas socioeconómicas, se evite la planificación “por sorpresa” y se disminuyan los riesgos para la ciudadanía, la infraestructura y los ecosistemas, y se promueva la biodiversidad urbana como herramienta

de adaptación y mitigación frente al cambio climático. La respuesta está en la transformación estructural de las ciudades en términos económicos y energéticos hacia una gestión eficiente del cambio climático que incorpore la variable de la biodiversidad como fuente de innovación e integración.

A pesar de que los efectos del cambio climático —y sus externalidades negativas— son a largo plazo, hoy en día ya estamos en presencia de numerosos eventos extremos en el mundo asociados directamente con los cambios de temperatura. Esta situación ha hecho que las ciudades vayan incorporando planes de acción para promover la adaptación y la mitigación; medidas que incluso en países de Europa y América del Norte son elogiadas por su eficiencia y por la alta capacidad de respuesta de los gobernantes y la sociedad civil. Los gobiernos locales saben que mientras más se atrase la mitigación, más tendremos que adaptar y mucho más costoso les saldrá a las ciudades afrontar estos retos.

Si vamos a aprovechar las oportunidades que esta crisis global también representa, necesitamos desarrollar una gobernanza adaptativa en lo social, económico, territorial e institucional para responder al interrogante que todavía hoy supone el cambio climático. Necesitamos enfocar las acciones en un escenario ciencia-política para abordar de una forma holística la toma de decisiones con un énfasis interdisciplinar y superar las barreras del desfase entre el “sé pero no hago”.

Aplicar la gestión del conocimiento —no solo científico— en la gestión del cambio climático en los centros urbanos permitirá responder de múltiples formas a ¿cómo queremos las ciudades del futuro?, ¿cómo las diseñamos?, ¿qué tenemos? y ¿qué necesitamos?, ¿apelamos a la ecopatafísica, la biofilia o la topofilia?

Brigitte Baptiste

Directora del Instituto Alexander von Humboldt, Colombia

En la publicación del Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el documento más exhaustivo sobre el tema hasta la fecha, está claramente establecida la influencia humana en el clima y los efectos negativos que tienen nuestras actividades en el cambio climático. Los efectos negativos se traducen en el aumento de la temperatura de la atmósfera, en la acidificación de los océanos, en los cambios en el ciclo global del agua, en el deshielo de los glaciares y en una frecuencia mayor de eventos climáticos extremos.

Se sabe que los países en vías de desarrollo no son los más responsables del cambio climático, pero sí son los más sensibles a sus efectos por varios motivos. Sus economías dependen mucho de sectores vulnerables al clima tales como la agricultura, la forestaría y la energía hidroeléctrica; además, por razones económicas, son menos capaces de hacer frente a los impactos de unas condiciones climáticas extremas. Por lo tanto, hoy se publican muchos reportes y estudios sobre el cambio climático en países en vías de desarrollo.

En el mundo, las poblaciones más expuestas al impacto del cambio ambiental son las urbanas. En América Latina y el Caribe, una región muy expuesta a los efectos del cambio climático dada su situación geográfica, las ciudades concentran alrededor del 80% de la población, mucho más que el promedio mundial. En dicha región, cerca del 90% de las actividades económicas se manejan en las ciudades, donde se emite la mayor parte de los gases de efecto invernadero. Finalmente, las experiencias de otros países llevan a pensar que las desigualdades socioeconómicas que caracterizan a las ciudades latinoamericanas resultarán en poblaciones de menores ingresos, pues tienen que soportar un impacto desproporcionado de los efectos directos e indirectos del cambio climático.

En este contexto, este libro se emprendió como una contribución a los estudios recientes que empezaron a enfocarse en el tema urbano en América Latina, más que todo después de unos eventos climáticos extremos con consecuencias que evidenciaron la realidad y la gravedad de los cambios: inundaciones, incendios forestales y sequías.

El nivel de desarrollo y las capacidades políticas de cada ciudad son y serán cada vez más determinantes para responder a los desafíos. Por ello, de manera complementaria a otros estudios que se enfocan en países específi-

cos, o en megaciudades o ciudades de mayor amplitud (muchas localizadas en bordes costeros en América Latina), el propósito de esta obra colectiva es: mirar ciudades a distintas escalas en todo el subcontinente de América del Sur.

Además de analizar los casos de ciudades capitales como Bogotá, Buenos Aires, Lima o Santiago de Chile, se les dará un enfoque especial a las ciudades intermedias en vista de que la mayor parte del crecimiento urbano está previsto, para las próximas décadas, en ciudades pequeñas y medianas de países en vías de desarrollo. Entre otros, se analizan aquí los casos de Barranquilla, Ibagué y Medellín en Colombia; de Mendoza y Rosario en Argentina; de Cuzco en Perú; de Belo Horizonte en Brasil, y de Chimalhuacán en México.

En esta obra, por un lado, se trata de analizar las problemáticas y, por otro, se busca insistir en las buenas prácticas que se están desarrollando en muchas ciudades latinoamericanas, ya sea que provengan de las políticas públicas (*top-down*) o de otros actores, e incluso iniciativas de la sociedad civil (*bottom-up*).

Tres principios guiaron la definición del proyecto. El primero fue el llevar a cabo una perspectiva multidisciplinaria para que los científicos que trabajan el tema tengan un punto de encuentro y para que, ojalá, de estas miradas cruzadas nazcan proyectos en común, fuera de los hábitos normales de diálogo con los pares.

Hay muchos estudios que analizan el cambio climático desde una sola perspectiva disciplinaria; sin embargo, se necesita un diálogo entre ciencias humanas y ciencias exactas. Como lo recalcan varios de los autores en esta obra, dicho diálogo sobre cómo las diferentes ciencias entienden el cambio climático es subdesarrollado y solamente con su desarrollo se pueden formular políticas públicas holísticas. Aquí, la apuesta es que las ciencias humanas y las ciencias exactas pongan sus resultados mutuos en perspectiva.

No todas las áreas impactadas por el cambio climático son tratadas en esta obra, debido a que no hubo investigadores disponibles para contribuir o a que faltaron investigaciones (en los temas de educación y de cultura, por ejemplo). Pero como la necesidad de más investigación no constituye una excusa para aplazar la acción, este trabajo tiene como objetivo principal convertirse en apoyo directo de las políticas públicas.

El segundo principio fue que haya intercambios entre los investigadores y los tomadores de decisiones que van a manejar las ciudades del futuro. Tal como lo concluyeron los participantes de la Red Regional de Aprendizaje

del Proyecto Clima Adaptación Santiago, entre los “aspectos importantes para destacar que influyen y caracterizan la elaboración de estrategias adaptativas” se encuentra “el intercambio entre la ciencia y la práctica/política”. Según este principio, para contribuir a esta obra se buscaron no solamente los mejores especialistas en su campo académico, sino también profesionales involucrados en el desarrollo de proyectos urbanos y/o en la gestión de las ciudades, entre ellos urbanistas, arquitectos, paisajistas, responsables de servicios municipales y ONG.

Como esta obra académica está dirigida principalmente a las personas encargadas de definir e implementar políticas públicas, lo esencial de cada contribución se resalta por medio de unos “consejos finales” que resumen al final de todos los capítulos las medidas esenciales para tomar a corto, mediano o largo plazo, o los elementos claves para tener en cuenta en la formulación o gestión de las problemáticas vinculadas con el cambio climático en las ciudades.

Finalmente, el tercer principio fue que investigadores y profesionales involucrados en el tema del cambio climático puedan dialogar e intercambiar experiencias entre todos los continentes, a fin de contribuir a la formulación de recomendaciones específicas para las ciudades de América Latina. Por lo tanto, la obra cuenta con la participación de cerca de 60 investigadores o profesionales de alto nivel, especialistas de la cuestión urbana en 13 países. Todos aceptaron el desafío de reunir en esta obra colectiva el resultado de sus trabajos y esfuerzos para luchar contra los efectos negativos del cambio climático.

Aunque el enfoque es claramente urbano, se buscó integrar las problemáticas urbanas con las rurales, pues las ciudades son los pivotes del sistema territorial. Las decisiones para las ciudades se deben tomar a la escala integral del territorio, lo que incluye las cuencas de agua, las fuentes de abastecimiento de alimentos y los rellenos sanitarios donde se amontonan los residuos. Se sabe que esta integración indispensable no es nada fácil, considerando la estructuración fragmentada de los poderes públicos.

El resultado de los aportes de los investigadores a esta obra de 25 capítulos, en español o en inglés, con una perspectiva multidisciplinaria, es un gran abanico que resalta retos comunes, obstáculos a superar, experiencias y a veces soluciones. Igualmente, da pistas para compartir, aprender, transferir y seguir mejorando las respuestas a fin de desarrollar políticas realmente eficaces para mitigar y adaptarse al cambio climático.

Este es el momento de la acción y se les deben dar herramientas a quienes manejan las políticas públicas, puesto que son muchas las razones para preocuparse, tal como lo demuestran todos los capítulos de este libro. Es un hecho que con mucha frecuencia hacen falta políticas tan imprescindibles como la prevención de riesgos para evitar que se acumulen las vulnerabilidades físicas, sociales, económicas y medioambientales. Aun sin el cambio climático, eventos de origen hidrometeorológico constituyen la mayor parte de las catástrofes, y es de esperar que esta situación empeore con el cambio climático.

No obstante, también hay razones para tener esperanza. Primero, tenemos un conocimiento más detallado que nunca sobre las causas principales del cambio climático y sobre lo que conviene hacer para frenar, e incluso estabilizar, las temperaturas y para adaptarnos a los cambios. Segundo, en situaciones de crisis como la que vivimos, la humanidad suele desarrollar proyectos de sociedad novedosos. Por lo tanto, además de actuar y tener esperanza, es importante celebrar el poder de la mente y soñar, porque las ciudades del futuro nacerán de los sueños y de la visión, tanto como de los recursos científicos, políticos y económicos.

Esta fue la razón por la cual se integró a este conjunto de reflexiones científicas y políticas una dimensión artística que evoca esos sueños, otra manera de formar ciudad en este contexto desafiante. Entonces, pedí la ayuda de los profesores de fotografía en la Facultad de Comunicación Social y Periodismo de la Universidad Externado de Colombia. Les agradezco mucho por haber aceptado la propuesta y haber guiado a sus estudiantes de pregrado por las calles de Bogotá en busca de los efectos del cambio climático y de la ciudad del futuro. Las mejores fotos de este trabajo están incluidas en este libro, y me da un inmenso gusto compartir con los lectores el talento y las visiones de esos jóvenes fotógrafos.

La organización del libro sigue tres líneas que corresponden a temas complementarios y también a etapas en el desarrollo de las políticas públicas. Primero, es una reflexión sobre los marcos científicos, intelectuales y normativos dentro de los cuales se desarrollan las políticas sobre el cambio climático. Segundo, se resaltan los aspectos a considerar en la formulación de las políticas públicas, es decir: las políticas relativas a la protección de los recursos y a la promoción de un modo de vivir más sostenible en las ciudades, al combinar mitigación y adaptación. Y tercero, aunque esté todavía poco estudiada a pesar de las numerosas experiencias en curso, es la integración de la ciudadanía a la gobernanza de las ciudades con una metodología adaptada.

Nada de lo que aquí se propone exonera a los países que más han contribuido al cambio climático de sus obligaciones para con los países menos desarrollados. Ayudar a nivel internacional al financiamiento de políticas que promuevan la resiliencia urbana resulta indispensable en los países de América Latina, en cuanto que soportan muchas de las consecuencias del cambio climático sin haber contribuido mucho, y además no tienen a veces el lujo de preguntarse si más vale dedicar parte de su presupuesto a la reparación de desastres o a políticas de prevención, porque lo básico todavía hace falta, como alcantarillas, vivienda o agua potable.

La primera parte de la obra se enfoca en un estado del arte. Primero, se hace un balance del conocimiento sobre el cambio climático y sus implicaciones precisas para las ciudades de América Latina: ¿cuáles son las amenazas? Basados en los últimos informes del IPCC (2014), R. Piacentini, G. Salum y M. Dubbeling presentan las causas del cambio climático y la evolución de la temperatura ambiente en las últimas décadas, de las cuales se concluye que no es posible seguir con un comportamiento “*business as usual*”. Por lo tanto, después de analizar los efectos actuales y previsibles, los autores abarcan todos los aspectos que es indispensable resolver en las ciudades para mitigar y adaptarse a los cambios.

Por su parte, G. Vargas se centra en las especificidades de las zonas costeras de América Latina. El tema es de gran importancia, en vista de que 60 de las 77 ciudades más grandes de América Latina están situadas en las costas. Tomando la zona Caribe de Colombia como ejemplo, hace énfasis en que el cambio climático podrá tener consecuencias más agudas allá que en zonas no costeras, con impactos evidentes en las poblaciones allí asentadas. Su análisis único e integral de los efectos costeros, basado en la interpretación de imágenes de satélite Landsat desde 1973, permite ver la pérdida de costas y playas que, junto con la variabilidad climática aumentada, puede tener consecuencias graves para la vida de los habitantes y para los ingresos provenientes del sector turístico.

Se abren entonces perspectivas para repensar la manera de abordar intelectual y políticamente los desafíos actuales, y para revisar los marcos teóricos en los cuales se desarrollan los debates sobre el cambio climático que sirven como base para la formulación de políticas públicas.¹

1 Ver por ejemplo: HONTY, G., & GUDYNAS, E. (2014). *Cambio climático y transiciones al buen vivir. Alternativas al desarrollo para un clima seguro*. Río de Janeiro: CLAES/REDGE.

Como lo muestra A. Lampis en su capítulo, al hacer mención del imaginar políticas públicas frente al cambio climático se requiere, además del conocimiento de los hechos científicos, un entendimiento del marco político e intelectual en el cual se ha desarrollado a nivel mundial la conciencia del peligro y la forma de pensar en las soluciones. Recomienda pensar “fuera de la caja”, esto es, optar por una argumentación más adaptada a la cultura y más autónoma frente a cierta hegemonía del pensamiento elaborado en los países desarrollados, hasta construir un contra-discurso más acondicionado al contexto local.

En el capítulo siguiente, D. Cortez plantea uno de esos contra-discursos: el “sumak kawsay”/“buen vivir” ecuatoriano y boliviano, a fin de analizar cómo esta visión se construyó en contra del “desarrollo sostenible” o “humano”, en el debate “sobre cómo contrarrestar los efectos negativos operados por la intervención de los seres humanos en el medio ambiente”. Su análisis le permite destacar modelos de pensamiento alternativos al del “desarrollo sostenible”, en el cual muchas veces el crecimiento económico predomina sobre la sostenibilidad ambiental, y también le permite hallar contradicciones en el uso del “sumak kawsay”/“buen vivir”.

En los debates actuales sobre las relaciones complejas entre las ciudades y sus entornos rurales, M. Schlaifer, L. Montero y E. Aliste proponen repensarlas para, más allá de una relación predatoria de abastecimiento de recursos que genera externalidades negativas, intentar establecer conectividades y “definir estrategias de acción que fomenten y permitan dar consistencia al concepto de ‘resiliencia territorial global’”.

Esta primera parte de la obra se termina con la contribución de A. Fry, quien concluye, en acuerdo con los capítulos anteriores, que las ciudades no se pueden tomar como evidencia, sino que el cambio climático nos obliga a mirar y a pensar las ciudades de manera diferente, teniendo en cuenta sobre todo la dimensión del tiempo y la dimensión socioespacial del crecimiento urbano actual. Fry percibe el cambio climático actual como uno entre los procesos que han provocado la transformación urbana en el transcurso de la historia de América Latina, y destaca la necesidad imprescindible de resolver la desigualdad socioespacial actual, que deja a los más vulnerables más expuestos a las consecuencias del cambio climático, como criterio para desarrollar la sostenibilidad.

Con estas precauciones preliminares en la mente sobre los límites de los poderes públicos en su forma actual para hacer frente a los complejos desafíos

del ahora, se abre la segunda parte de la obra, en la cual se analiza lo que se puede hacer, y lo que se está haciendo, a partir de las políticas públicas. Se aborda esta cuestión desde dos ángulos distintos.

La primera serie de capítulos tiene como eje común analizar cómo podemos aprovechar los bienes y servicios que nos brinda la naturaleza; así, nos aseguramos de quedar como los cuidadores de los recursos naturales que nos sostienen. Los servicios ecosistémicos, como se llaman, incluyen una diversa gama de beneficios directos e indirectos que la gente obtiene de los ecosistemas: servicios de aprovisionamiento (de agua, alimentos, materias primas, etc.), de regulación (filtración de agua, limpieza del aire, captación de carbono, prevención de erosión, etc.) y de apoyo (hábitats, etc.), sin olvidar los servicios culturales, tales como la recreación, la salud, los valores estéticos y la cultura.

N. Rojas, R. Jiménez y L. Belalcázar se enfocan en un aspecto muy perceptible de la degradación de la calidad de vida urbana: la contaminación del aire. Toman el caso de Bogotá como ejemplo e identifican las fuentes de contaminación. Así mismo, sugieren varias estrategias para reducir el material particulado, peligroso para la salud, y proponen, además de una evaluación de su eficacia, otras pistas para reducir dichas emisiones y así mitigar el cambio climático.

Otro elemento natural fundamental es el agua que abastece las ciudades a partir de las cuencas en zonas rurales o silvestres, un sistema dinámico a veces mal conocido. R. Pacheco-Muñoz, T. Fernández, K. Levy y L. Zambrano han estudiado, para su capítulo, los efectos de la manipulación del ciclo hidrológico. A partir del caso de la Ciudad de México, pasado y presente, demuestran la vulnerabilidad de los ciudadanos en cuanto a la disponibilidad de agua y el riesgo de inundaciones. En ambos casos, los autores denuncian las consecuencias de darle la espalda al territorio, y subrayan la necesidad de entender las dinámicas de las cuencas para reducir la vulnerabilidad de las ciudades y evitar seguir implementando soluciones costosas y a corto plazo. Los autores proponen usar variables cualitativas respecto a los procesos de infiltración e inundación “para generar modelos que determinen áreas prioritarias o de riesgo para ambos fenómenos”.

Frente a los retos de fenómenos meteorológicos extremos consecutivos, lluvias torrenciales y sequías, en Argentina también se han buscado estrategias según las especificidades geográficas de las ciudades. En Mendoza, situada en el borde de un oasis artificial, el confort climático siempre ha

dependido del abundante arbolado sustentado por un sistema de riego por acequias.

En el capítulo que dedican al estudio de la lucha contra los peligros de los aluviones y de la isla de calor, A. Faggi y J. Breuste demuestran cómo las decisiones tomadas en las últimas décadas para la urbanización y la construcción ponen en peligro el bienestar futuro de los mendocinos. Al igual que en México, en Mendoza se han invertido fondos abundantes para luchar contra los efectos de las intemperies, sin abordar las problemáticas de manera más holística y sin reducir la presión que tiene la urbanización en los recursos naturales. Los autores hacen unas recomendaciones precisas, entre las cuales está “avanzar en un plan maestro del arbolado que incluya indicadores ambientales”.

En Buenos Aires, por el contrario, las autoridades locales han puesto en marcha una “Agenda verde”, desde el 2008, para integrar lo construido con lo verde, reducir el impacto de la vida urbana y del cambio climático, y mejorar la calidad de vida. La contribución de E. Viarengi muestra el aspecto técnico de esta acción pública para aumentar la infraestructura verde en Buenos Aires y así ofrecer cada vez más servicios ecosistémicos a los habitantes, tanto como reducir los impactos de la movilidad y de los residuos urbanos. La introducción de su capítulo muestra también que la política se hace a partir de valores y refleja una ética de quienes administran las ciudades.

Efectivamente, no se puede dejar de mencionar que la preocupación que atraviesa nuestras sociedades tiene una dimensión basada en la conciencia y los valores. Así, se inició en junio del 2014 un movimiento entre organizaciones religiosas y seculares en más de 20 países para presionar a los Gobiernos por medio de un ayuno cada primer día del mes hasta diciembre del 2015, fecha de la COP21 en París.

Estas iniciativas para fomentar un cambio profundo desde las políticas públicas a veces se apoyan en los líderes religiosos para incentivar un movimiento de concientización a nivel mundial. En septiembre del 2014, se llevó a cabo en Nueva York la Cumbre Interconfesional sobre el Cambio Climático (Interfaith Summit on Climate Change), y en mayo del 2015 se publicó la Carta Encíclica *Laudato Si'* del papa Francisco sobre el cuidado de la casa común. De otro lado, el 21 de septiembre de 2014 se llevó a cabo en Nueva York una marcha ciudadana masiva.

La parte dedicada a la protección de los recursos naturales verdes y a las maneras de reanudar los vínculos con el medio natural en las ciudades concluye con dos capítulos sobre: la maximización del provecho de los espacios naturales y cómo manejarlos con las restricciones del cambio climático.

El capítulo de R. Piacentini, S. Feldman, A. Coronel, N. Feldman, M. Vega, V. Moskat, L. Bracalenti, E. Zimmermann, A. Lattuca, N. Biasatti y M. Dubbeling se enfoca en un tema todavía muy ignorado por los poderes públicos, a pesar de su fuerte presencia en muchas ciudades grandes y pequeñas: los beneficios de la agricultura urbana y de la forestería urbana para la mitigación y la adaptación al cambio climático. Rosario (Argentina) y Curitiba (Brasil) son ejemplos muy famosos de planes ambiciosos y exitosos de integración de tales iniciativas, que tienen efectos benéficos en términos económicos, medioambientales y sociales.

Los autores presentan los resultados de las investigaciones y los desarrollos llevados a cabo en Rosario. A su vez, muestran los efectos acumulados de la infraestructura verde urbana en la isla de calor urbana, pero también en la soberanía alimentaria y en la mitigación del cambio climático gracias a la optimización del transporte de alimentos, sin olvidar la reducción de las inundaciones mediante la cubierta verde.

En el último capítulo, S. Reyes-Paecke y C. Pavez presentan un reto adicional: ¿cómo manejar y adecuar los parques públicos para que sigan ofreciendo todos los servicios ecosistémicos ya mencionados, pero adaptándolos a los cambios previsibles y sin añadir la escasez de agua con el riego de las plantas y del césped que los conforman? Por medio de un estudio muy detallado de la estructura y del manejo actual de 16 parques de Santiago de Chile, los autores hacen recomendaciones sobre la selección (y producción en los viveros) de plantas más adaptadas y sobre el cambio indispensable de prácticas de riego.

Todos los casos estudiados muestran la necesidad de anticipar antes que responder a las crisis cuando surgen. Por eso, la segunda serie de capítulos de la segunda parte se centra en métodos para desarrollar herramientas que mejoren la acción de las políticas públicas y para incentivar a hacer cambios en el urbanismo latinoamericano.

Como lo anota L. Inostroza en su capítulo, para que el conocimiento sea útil, es de primera importancia que las herramientas científicas a disposición de los políticos sean prácticas y de fácil uso. Otra necesidad imperativa que

menciona es incluir la participación ciudadana y los saberes locales en su diversidad, un tema que se abordará en la tercera parte. También, impone integrar a las políticas la noción de incertidumbre. Luego, el autor analiza la incorporación del cambio climático (o su falta) en las políticas de planeación en Santiago de Chile y Lima, dos ciudades capitales particularmente vulnerables, y señala sus debilidades.

L. Katzschner, en el capítulo siguiente, hace énfasis en que las consideraciones climáticas tienen un impacto bajo en la planeación urbana, y uno de los retos es precisamente cerrar la brecha entre los aportes de la climatología y su aplicación en el diseño urbano por medio de una colaboración interdisciplinaria. Su aporte es presentar tal instrumento, el mapa climático urbano (Urban Climatic Map), y demostrar su uso para guiar decisiones y mejorar el confort térmico a diferentes escalas, con ejemplos en Kassel y Freiburg (Alemania), y en Belo Horizonte y Salvador de Bahia (Brasil).

Por su parte, K. Villadiego propone el estudio de una ciudad típica de muchas otras ciudades latinoamericanas en la historia de su desarrollo socioespacial: Barranquilla (Colombia). Al ver el desarrollo de las políticas locales en cuanto al cambio climático en esta ciudad, concluye que las políticas del desarrollo urbano no pueden ser efectivas sin “un aparato institucional robusto y confiable”. Por lo tanto, propone que el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) incluya una clasificación de la ciudad según zonas climáticas, cada zona con su comportamiento microclimático particular, de modo que se evite cualquier forma de discriminación socio-climática en la ciudad. Esto a su vez implica una verdadera educación de todos los actores para que entiendan cómo funcionan las ciudades y para que se entiendan entre ellos.

A su vez, A. M. Alzate propone tal estudio del marco político en otra ciudad colombiana, Medellín, conocida por sus avances en materia medioambiental. A partir del estudio de la evolución jurídica y técnica del ordenamiento territorial a nivel nacional hacia una mayor autonomía de las Administraciones Municipales sobre su desarrollo territorial, el capítulo analiza las implicaciones de esta evolución en las políticas de cambio climático. Finalmente, se enfoca en la traducción de esta autonomía en los desarrollos en materia ambiental o de gestión del riesgo en el POT de Medellín y detalla área por área que el POT atestigua directa o indirectamente las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático a nivel local dentro de una estrategia multiescalar de políticas.

También en Medellín, G. Penagos presenta en el siguiente capítulo una propuesta de Política de Construcción Sostenible, haciendo énfasis en la mitigación y la adaptación al cambio climático. El sector de la vivienda es uno de los servicios fundamentales dentro de las políticas públicas y la construcción constituye un indicador de desarrollo con un margen de mejoramiento significativo en la actualidad. De otra parte, el sector representa no menos del 40 % de las emisiones de gases de efecto invernadero; es decir, que resulta estratégico calcular las emisiones relacionadas con el ciclo de vida integral de la construcción, desde los materiales hasta los servicios (energía eléctrica, aguas residuales y residuos sólidos), y tener políticas al respecto para mejorar la eficiencia.

Para terminar esta exploración de las áreas donde las políticas públicas pueden revelarse como herramientas cruciales para mitigar los efectos del cambio climático y ayudar a los ciudadanos a adaptarse, M. Raftopoulos examina un área que, a pesar de su peso económico para los países de América Latina, está todavía poco estudiada: el sector del turismo. Existe una relación compleja entre el cambio climático y el turismo, en la medida en que no solamente el clima es un elemento clave para el turismo, sino en que también es un factor contribuyente al cambio climático y además es una de las primeras víctimas de sus respectivas consecuencias. Por consiguiente, resulta indispensable tener estrategias para reducir los efectos del sector en el cambio climático, al igual que para acoger medidas de adaptación que garanticen el confort de los turistas. Con el ejemplo del Perú, el capítulo estudia la vulnerabilidad económica del sector turístico a eventos meteorológicos como tormentas o inundaciones. M. Raftopoulos subraya la importancia de planear estrategias de adaptación adecuadas a nivel local, lo cual todavía falta por hacer.

La tercera y última parte de la obra se enfoca en la contribución esencial de la ciudadanía a la gobernanza del cambio climático (*bottom-up*). Sin la participación ciudadana no se puede pretender producir políticas públicas exitosas, al menos por dos razones: primero, los políticos no pueden actuar solos y entre más se involucren el sector privado y la sociedad civil, más exitosas serán las políticas públicas² (o al revés, entre menos involucradas estén las poblaciones locales en toda su diversidad, menos probabilidades

2 Como lo muestran varias experiencias exitosas, entre ellas Manizales en Colombia. Ver: HARDOY, J., & VELÁSQUEZ BARRERO, L. S. (2014). Rethinking “Biomanizales”: addressing climate change adaptation in Manizales, Colombia. *Environment and Urbanization*, 26(1): 53-68.

hay de que las inversiones sean productivas); segundo, la lucha contra el cambio climático implica una fuerte dimensión cultural que necesita de la participación de todos.

Hay un número impresionante de proyectos locales fomentados por los mismos habitantes de un barrio o de una ciudad, iniciativas de la sociedad civil que falta conocer y difundir para contrarrestar el sentimiento de impotencia acerca del cambio climático que a menudo domina a la opinión pública. Tales redes internacionales como 350.org, presente en 188 países, o asociaciones nacionales como los Inadaptados al Cambio Climático en Ecuador, son testigos de que muchos optan por la resistencia frente a la inercia o lentitud de los poderes públicos. Como lo muestran los últimos capítulos de la obra, la metodología de la participación ciudadana no es una evidencia, aunque la palabra *participación* esté presente en todos los discursos.

En el primer capítulo de esta parte, L. G. Duquino se apoya en el marco en el cual se ha elaborado la política de desarrollo sostenible para luego revisar los contra-discursos constituidos desde una perspectiva latinoamericana por autores como Leff y Yori. A su vez, analiza la política pública ambiental en Colombia en la Constitución de 1991, a fin de entender cómo se integró la retórica del desarrollo y cómo se estructuraron las instituciones dentro de este discurso. Finalmente, sugiere pistas para desarrollar una política pública ambiental, partiendo de la conceptualización de la sustentabilidad ambiental, que rescaten y fortalezcan los saberes ancestrales y las identidades locales desde lo indígena y lo campesino.

El trabajo que sigue presenta, a partir de la perspectiva de la justicia ambiental, el estudio de caso de dos ciudades intermedias afectadas por inundaciones en el 2014 y el 2015, en la provincia de Córdoba (Argentina). C. Carrizo, Y. Ferreyra y S. Soldá resaltan la falta de coordinación entre los distintos niveles del poder, así como la ausencia de transparencia frente a los riesgos. Los autores subrayan las fallas de los poderes públicos para reducir los riesgos y garantizar a los ciudadanos medidas de prevención y protección. Esta situación resultó en acciones ejecutadas por las poblaciones locales para exigir del Gobierno tanto medidas de reparación como de prevención. Los autores extraen de estos ejemplos unas guías para el futuro manejo de los riesgos, con la participación de la población y con la responsabilización de todos los actores.

Con el fin de promover tales interacciones entre la población y los poderes públicos, J. A. Castro y N. Rubiano presentan un proyecto permitido por el

aumento de las competencias de las entidades territoriales en la planeación. Para incorporar las dinámicas de población en los planes de ordenamiento, los autores exponen un modelo conceptual, teórico y metodológico conocido como el modelo de balance de las tensiones en las interacciones entre la población, su base ambiental y su organización social y económica (modelo BIT PASE). Así mismo, detallan las fases de la secuencia metodológica “para construir procesos de planeación integral sostenibles y sustentables”, lo cual permite poner de manifiesto la complejidad de las dimensiones del desarrollo, desde el reconocimiento hasta la toma de decisiones, así como considerar las interacciones y las tensiones entre ellas.

En cuanto a la exploración de las metodologías de la participación ciudadana en la gobernanza del cambio climático, A. Zazo, A. Álvarez, I. Pérez y C. Varela presentan en el siguiente capítulo cómo se deben integrar la planeación, la participación y la adaptación para disminuir la vulnerabilidad. Por medio de la evolución de la ciudad de Chimalhuacán (estado de México, México), destacan los factores que han generado mayor vulnerabilidad y presentan un Plan Estratégico Municipal Integral capaz de tener en cuenta las necesidades económicas, sociales y ambientales. Tales criterios como capacitación, diálogo de saberes, interacción, colaboración e integración, cualifican los elementos indispensables para levantar las barreras y llegar al éxito en la articulación de todas las partes interesadas.

En Colombia, así como en México y en muchos otros países, las políticas de mitigación y sobre todo de adaptación han surgido de la necesidad; en el caso colombiano, surgieron de la ola invernal del 2010 y el 2011. A partir de un método inductivo, C. Launay y E. O’Riordan muestran en su capítulo los resultados del análisis de 32 experiencias en 11 ciudades de Colombia, donde se refleja la misma conclusión que en el caso de Chimalhuacán: “un diálogo y una colaboración entre los actores estatales y no estatales de la ciudad” es tan importante como “un conocimiento profundo y científico del contexto local”. Los autores agrupan los casos por medio de categorías como la gestión del riesgo, la planeación, la innovación tecnológica, la gestión ambiental y la investigación, que se deben articular para dar forma a alianzas formales o informales que resulten en una verdadera corresponsabilidad entre los actores urbanos a propósito de las medidas adaptadas para mitigar y adaptarse al cambio climático.

El capítulo que sigue plantea una óptica inversa, a saber, que sus autores ponen bajo la lupa una experiencia de participación ciudadana en un barrio

de Lyon, la tercera ciudad de Francia, como parte de una investigación científica multidisciplinaria. Gracias a su encuesta ciudadana, F. Bélaën, P. Lachappelle, H. Coquériaux, D. Soto, C. Cadel y J. Cartillier han reunido “un corpus significativo de saberes, conocimientos, competencias, experiencias, impresiones y representaciones sociales de los ciudadanos sobre el cambio climático”, que puede contribuir a la política pública municipal de adaptación al cambio climático, “uno de cuyos retos radica en mejorar las capacidades de adaptación de la sociedad civil”. Hacen hincapié en la polisemia metodológica y epistemológica del concepto de participación ciudadana, que constituye un reto y explica el abuso de la palabra, y por eso, desarrollan unas herramientas inéditas que explican en detalle.

D. Wiesner, H. Garay, F. Remolina y L. M. Hoyos, cuatro de los pilares de la Fundación Cerros de Bogotá, visibilizan en el último capítulo su experiencia de estrategias de participación en un paisaje emblemático de Colombia: los cerros orientales de Bogotá. Los cerros, a pesar de ser proveedores esenciales de servicios ecosistémicos de la ciudad capital, han estado afectados por muchos tipos de presión. Fue en este contexto que nació la Fundación, parte de una red de organizaciones que promueven una participación ciudadana activa que se hace responsable de defender tanto la biodiversidad como la identidad plural de los cerros, en contra de los intereses particulares.

Les agradezco infinitamente a los investigadores reconocidos, que aceptaron formar parte del comité científico, por ayudarme a evaluar las numerosas propuestas de contribución en una perspectiva complementaria: Jürgen Breuste, profesor de Ecología Urbana en Salzburg (Austria); Anthony Fry, profesor y asesor en el Queensland College of Art (Australia); Helena García Romero, economista y politóloga mexicana, investigadora en Fedesarrollo (Colombia); Thierry Lulle, arquitecto urbanista francés, profesor y director del grupo de investigación Procesos Sociales, Territorios y Medio Ambiente de la Universidad Externado de Colombia; Luis Fernando Macías Gómez, profesor, abogado y consultor en materia jurídica ambiental (Colombia); Ricardo Montezuma, profesor de Urbanismo y director ejecutivo de la Fundación Ciudad Humana (Colombia); y Fabio Salbitano, profesor de Ecología Urbana y consultor para la FAO en América Latina (Italia).

Sobre todo, quisiera saludar el empeño y el entusiasmo de los autores que participaron en esta aventura colectiva, a pesar de sus otros numerosos compromisos (de los cuales el lector se dará cuenta fácilmente al

leer la presentación de los autores). Su compromiso y los encuentros que permitió este trabajo colectivo fueron los elementos más gratos de este proyecto editorial.

Por supuesto, mi gratitud va a la Universidad Externado de Colombia, a su rector, el Dr. Juan Carlos Henao, y al Dr. Roberto Hinestrosa, decano de la Facultad de Finanzas, Gobierno y Relaciones Internacionales, quienes me acogieron y me dieron por segunda vez la oportunidad de desempeñarme como profesora invitada en un proyecto de investigación internacional.

Mi reconocimiento va también al Centro de Investigaciones Especiales (CIPE), en el cual desarrollé este proyecto, y en particular a su director, Frédéric Massé, por su confianza y apoyo. Obviamente, le agradezco mucho al equipo de la Editorial, al Dr. Jorge Sánchez y a Carolina Esguerra, por su amabilidad y profesionalismo, así como a Marco Robayo, por su eficacia impresionante en la diagramación del libro. Les agradezco mucho además a los evaluadores externos, quienes tuvieron la tarea de evaluar la obra, por haber aceptado esta mezcla fértil de investigación y reflexión a partir de la práctica; para mí, este fue tal vez el aspecto más importante de este proyecto.

La obra demuestra que el conocimiento científico existe, pero que falta mucho difundirlo de manera más eficaz para así educar a todas las partes interesadas, desde los niños hasta los políticos. Eso nos lleva a otro resultado de los estudios: así como falta conectividad entre el tejido urbano y el tejido rural, y entre los espacios de naturaleza en las ciudades para mejorar los servicios ecosistémicos, falta una conectividad que garantice los intercambios permanentes entre los mundos académico y político, entre los diferentes niveles políticos de decisión, y entre esos dos mundos y la ciudadanía.

En mi experiencia como docente, muchas veces la respuesta de los estudiantes frente a los desafíos del cambio climático es la impotencia, la desesperación y, por tanto, la incapacidad para tomar medidas e involucrarse en acciones y actuar a nivel individual. Una solución para reemplazar estos sentimientos por el deseo de ser actor del propio futuro puede ser lo que está buscando fomentar en Lyon (Francia) un equipo de investigadores multidisciplinar con la participación de la municipalidad: la creación de un observatorio local del clima que reúna a los actores en proyectos concertados en una interfaz con la sociedad civil. Esta co-construcción del saber y de los procesos de toma de decisión podría tal vez paliar otra característica evidenciada en los capítulos que siguen: el descuadre entre la agenda climática, a largo plazo, y la agenda política a menudo dominada por los plazos

electorales, a corto plazo. En tercer lugar, la obra resalta la necesidad urgente de movilizar a la ciudadanía para que exija de sus dirigentes una acción inmediata, coherente e inclusiva.

Un cambio de tal magnitud como lo que estamos viviendo implica no solamente un cambio político, sino también un cambio social y cultural. Esta obra muestra que en los casos de desastres, la población se moviliza, volviéndose más exigente pero aceptando también su parte de la responsabilidad. Efectivamente, más allá de exigir a sus políticos, se requiere un cambio fundamental que implica salir de los modelos del consumismo de las últimas décadas, que priorizan la ley del mercado, la obsolescencia programada y el individualismo, con las consecuencias sociales y medioambientales que ya no tenemos excusas para desconocer.

Los capítulos que siguen aspiran a ser un instrumento de reflexión sobre los retos, las buenas prácticas y los obstáculos a superar a fin de desarrollar políticas realmente eficaces para mitigar y adaptarse al cambio climático. Se espera que esta obra suscite interés y que otros investigadores se entusiasmen para seguir enriqueciéndola.

Sylvie Nail,
editora

RUBÉN PIACENTINI, SUSANA FELDMAN,
ALEJANDRA CORONEL, NATALIA FELDMAN,
MARCELO VEGA, VLADIMIR MOSKAT,
LAURA BRACALENTI, ERIK ZIMMERMANN,
ANTONIO LATTUCA, NÉSTOR BIASATTI
MARIELLE DUBBELING

*Agricultura urbana y periurbana y forestación
como posibilidad de mitigación y adaptación
al cambio climático. Estudio de caso
en la ciudad de Rosario y región, Argentina*

I. ISLA DE CALOR URBANA DE ROSARIO, ARGENTINA Y SU POSIBLE MITIGACIÓN EMPLEANDO FORESTACIÓN

INTRODUCCIÓN

La isla de calor urbana (mayor temperatura promedio en la ciudad respecto a la zona rural circundante) es una manifestación directa de la actividad humana sobre el ambiente, en particular en la temperatura del aire. Esta situación es aún más complicada si se tiene en cuenta, según la ONU, que la población mundial que habita en ciudades ha superado a la rural y la tendencia continúa en aumento. Además, el consumo de energía y la consecuente emisión de gases de efecto invernadero son del orden de un tercio del total global. Por consiguiente, resulta muy importante tratar de mitigar la temperatura urbana, con la forestación como una de las posibilidades.

Presentamos resultados de las mediciones efectuadas en diferentes puntos de Rosario (Argentina) destinados a la agricultura urbana (con forestación incluida) y fuera de ellos¹. Dichas mediciones se han hecho empleando termómetros convencionales, termómetros digitales (captadores/acumuladores de datos) y termómetros infrarrojos: los dos primeros para registrar la variación de la temperatura ambiente y el último para medir la temperatura de las superficies (paredes, veredas y calles). En el periodo estival, los valores extremos del pavimento en la zona céntrica, sin cubierta vegetal, llegaron a superar los 70 °C.

Analizamos el efecto de distintas formaciones vegetales (arbolado viario, parques públicos urbanos y huertas urbanas y suburbanas) en la onda diaria de temperatura del aire, los grados de refrigeración requeridos y su demanda energética asociada. Las temperaturas del aire en el microcentro sin vegetación fueron mayores que las registradas en los otros sitios con vegetación, durante el día y durante la noche, con la excepción de las temperaturas medidas en el microcentro con arbolado.

Todas las superficies vegetadas analizadas disminuyeron la demanda energética de refrigeración. Por consiguiente, proponemos aumentar significativamente la plantación de árboles adaptados a la región y, de ser factible,

1 Estas investigaciones han sido apoyadas por la International Network of Resource Centres on Urban Agriculture and Food Security (RUA Foundation, de Países Bajos), y el Climate Development Knowledge Network (CDKN, de Gran Bretaña).

la de especies autóctonas. Además, sugerimos construir pérgolas vegetales que amortigüen la carga térmica de las superficies expuestas al sol intenso para adaptar la ciudad al aumento de la temperatura.

I. I. TEMPERATURA AMBIENTE EN ZONAS CON Y SIN DESARROLLO DE AGRICULTURA URBANA Y PERIURBANA Y FORESTACIÓN

Una de las consecuencias de la intensa urbanización es el fenómeno de isla de calor urbana (ICU) (Oke, 2013), que implica una mayor temperatura promedio en la ciudad que en la zona rural circundante causada por los materiales de construcción (hormigón, ladrillo, acero, vidrio, asfalto, etc.). Estos materiales tienen mayor conductividad térmica y capacidad calórica que el suelo con vegetación, y además, el aumento de temperatura es debido al calor producido por las actividades antrópicas (hábitat, motores, sistemas de transporte, industrias, etc.). La ICU adquiere particular relevancia si se considera que vivir en grandes ciudades es una tendencia en aumento, con el consiguiente incremento en el consumo de energía y en la emisión de gases de efecto invernadero (Cuadrat & Pita, 2000).

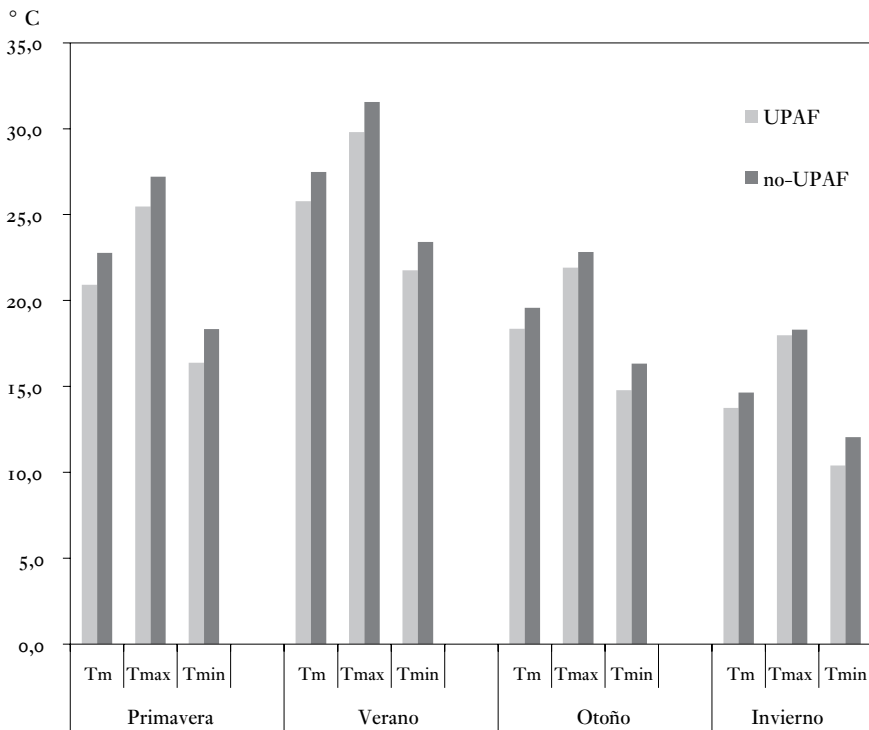
Presentamos el efecto de diferentes formaciones vegetales (indicadas como UPAF: *urban and periurban agriculture and forestry*, es decir, arbolado viario, parques públicos urbanos y huertas urbanas y suburbanas) en la temperatura del aire. Para ello, hicimos mediciones en Rosario empleando termómetros digitales que almacenan la información registrada. Las mediciones se efectuaron en el área central de la ciudad que está altamente urbanizada, en sitios UPAF (con arbolado viario, parques y huertas urbanas) y en sitios no-UPAF.

En todas las estaciones del año, las temperaturas registradas, promedios, mínimas y máximas fueron mayores en áreas no-UPAF que en las UPAF, aunque estas estuvieran en el centro de la ciudad (calles con arbolado viario).

Las altas temperaturas del verano causan incrementos en la demanda energética para refrigeración y las bajas temperaturas del invierno, en la demanda para calefacción (Christenson et al., 2006; Vardoulakis et al., 2013). A fin de estimar la demanda energética derivada de las altas o bajas temperaturas, empleamos ecuaciones propuestas por Szokolay (2004), comparando las temperaturas a lo largo del día y por estación, con valores considerados dentro de un área de confort (rango 18–24 °C). Los sitios varían

en su demanda energética para alcanzar la zona de confort, en función de la vegetación que tienen. La presencia de UPAF disminuyó la demanda de energía requerida para refrigeración en los meses cálidos, aunque incrementó aquella necesaria para calefacción durante el invierno.

FIGURA 1.
TEMPERATURAS MEDIAS (TM), MÁXIMAS (TMAX)
Y MÍNIMAS (TMIN) REGISTRADAS A LO LARGO
DE LAS ESTACIONES DEL AÑO (SEPTIEMBRE 2013/AGOSTO 2014)
EN ÁREAS UPAF Y NO-UPAF DE ROSARIO



En función de las proyecciones más optimistas acerca de escenarios climáticos futuros, es viable esperar que en la región de Rosario las temperaturas se incrementen en 1 °C para un futuro cercano (a partir de 2030) (IPCC, 2013; Barros et al., 2015), con lo cual el consumo energético de refrigeración se verá incrementado y el efecto atenuador de UPAF en las temperaturas adquirirá relevancia.

I.2 TEMPERATURAS REGISTRADAS CON TÉCNICA TERMOGRÁFICA EN ROSARIO, EN SUPERFICIES EXPUESTAS AL SOL O CON CUBIERTAS VERDES

En una ciudad, las temperaturas de superficies como pisos, paredes y techos tienen un comportamiento muy distinto a la temperatura del aire, que es la que usualmente miden las estaciones meteorológicas. Las temperaturas de superficies son más fluctuantes respecto a la temperatura del aire, pues varían no solo según la estación del año, la hora del día y las características del entorno, sino también en función del grado de exposición al sol y del tipo de material de la superficie (césped, cemento, etc).

Uno de los fenómenos térmicos más estudiados en las ciudades, la isla de calor urbana, también puede analizarse con mediciones de temperaturas superficiales. Sin embargo, esto último es más dificultoso debido a la alta fluctuación de estas temperaturas, por lo cual el fenómeno suele estudiarse utilizando sensores satelitales. La mayoría de los estudios a la fecha se focalizan en analizar las temperaturas del aire (isla de calor atmosférica, ver Environmental Protection Agency [EPA], 2008).

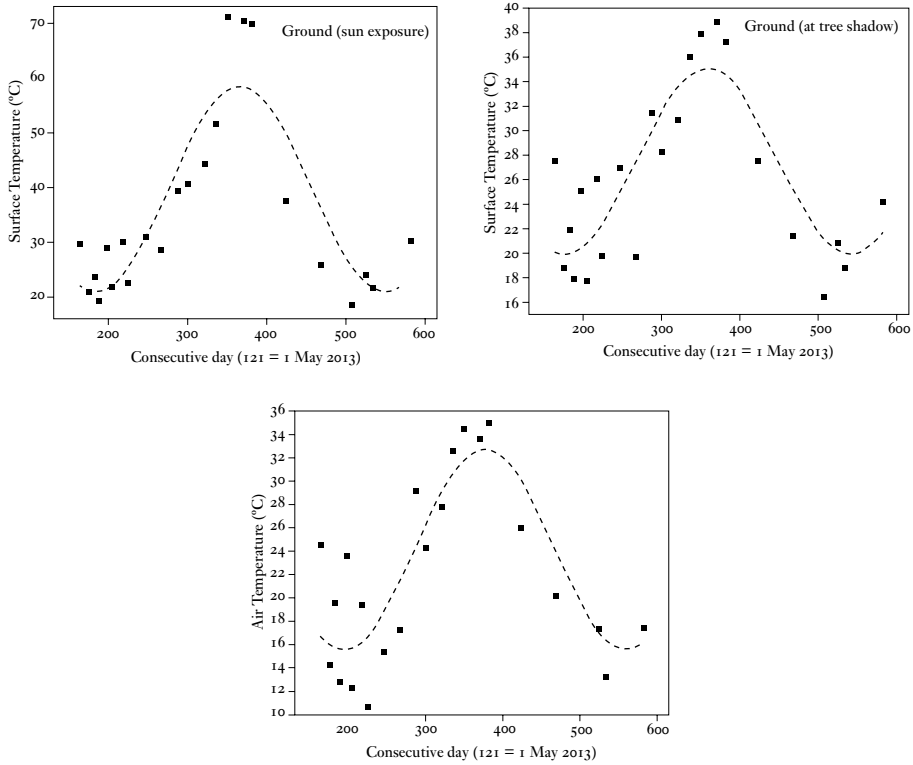
En el apartado I.2.1, se describen algunos datos que ilustran las características principales de las temperaturas superficiales. Estos datos surgen de una campaña de mediciones de temperaturas efectuadas en varios sitios de Rosario durante un año.

I.2.1 TEMPERATURAS EN UN SITIO CÉNTRICO DE LA CIUDAD DE ROSARIO

En un sitio ubicado en el centro histórico de Rosario (calles Buenos Aires y Córdoba), se midieron temperaturas de pisos y del aire, al sol y a la sombra, durante un año, en horas del mediodía, y con cielo despejado y poco viento. Bajo estas condiciones, fue posible determinar que las temperaturas de superficies tienen un comportamiento razonablemente regular. La sombra está dada por árboles de la especie *Platanus x hispanica* (plátano de sombra, especie de hojas caducas).

Las gráficas superiores de la Figura 2 describen el comportamiento en el año de las temperaturas del piso al sol y a la sombra, y la inferior muestra la temperatura del aire. Las curvas ajustadas a los datos tienen coeficientes de determinación de 0,77, 0,70 y 0,71.

FIGURA 2.



Evolución temporal de la temperatura superficial en Rosario (esquina de las calles Buenos Aires y Córdoba) medida con técnica termográfica (equipo Minolta Land Compac del Instituto de Física Rosario, dependiente de Conicet y de la Universidad Nacional de Rosario), en días de cielo claro, para las siguientes condiciones de suelo construido: expuesto al sol (superior izquierda) y a la sombra de árbol (superior derecha). La figura inferior corresponde a la temperatura del aire ambiente. Las líneas de trazo describen la evolución modelizada de las mediciones

Las funciones de ajuste son funciones sinusoidales del tipo: $T = A + B \cdot \text{sen}[w(t-t_0)]$. El valor de m está fijado para que el periodo sea de 365 días. Los parámetros de ajuste toman los siguientes valores:

Temperatura del piso al sol: $A = (40 \pm 2)^\circ\text{C}$, $B = (19 \pm 2)^\circ\text{C}$ y $t_0 = (275 \pm 9)$ días

Temperatura del piso a la sombra: $A = (27,5 \pm 0,9)^\circ\text{C}$, $B = (7,6 \pm 1,0)^\circ\text{C}$
 y $t_0 = (268 \pm 11)$ días

Temperatura del aire: $A = (24,2 \pm 1,0)^\circ\text{C}$, $B = (8,6 \pm 1,2)^\circ\text{C}$ y $t_0 = (286 \pm 11)$ días

A partir de estos datos, se pueden extraer las siguientes observaciones:

1. Las temperaturas al sol tienen una gran variación durante el año: entre las más bajas y las más altas hay una diferencia de cerca de 50°C .

2. La variación de las temperaturas a la sombra no difiere mucho de las temperaturas del aire durante el año.

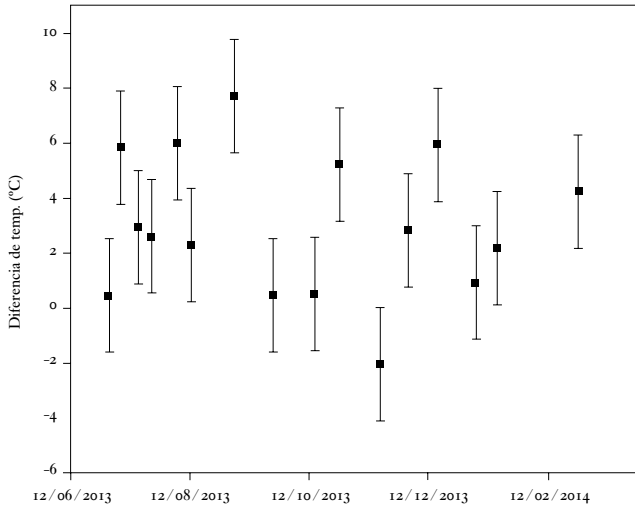
3. Las temperaturas al sol presentan, sobre todo en verano, una diferencia con las temperaturas a la sombra de más de 30°C . Durante algunos días, se registraron temperaturas al sol de cerca de 70°C . De las curvas ajustadas podemos extraer una media anual de $(27,5 \pm 0,9)^\circ\text{C}$ para las temperaturas a la sombra y de $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ para las temperaturas al sol.

1.2.2 DIFERENCIA DE TEMPERATURAS SUPERFICIALES ENTRE EL CENTRO Y LA PERIFERIA

Con el fin de analizar la posible diferencia entre las temperaturas en el centro de la ciudad en los bordes, comparamos la temperatura de superficies en dos sitios: uno en el centro de la ciudad (calles San Juan y Barón de Mauá) y otro ubicado en el borde, a poca distancia del río Paraná (frente al Planetario Municipal). Entre los lugares hay una distancia en línea recta de 1,7 km. Las superficies consideradas son pisos de cemento expuestos al sol en el momento de la medición, en un horario cercano al mediodía.

La Figura 3 ilustra la diferencia de temperaturas entre estos dos sitios durante 16 días a lo largo de nueve meses. En la mayoría de días, registramos una temperatura mayor en el sitio ubicado en el centro. Estas diferencias se ubican en un promedio de 3°C y dan cuenta del fenómeno de isla de calor urbana en lo que respecta a temperaturas de superficies.

FIGURA 3.
EVOLUCIÓN DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE EL
CENTRO Y LA ZONA DEL BORDE DEL RÍO PARANÁ, EN ROSARIO



1.2.3 COMENTARIOS FINALES: PROPUESTA DE CUBIERTA VERDE COMPLETA PARA LA PROTECCIÓN DE PLAZAS Y CALLES

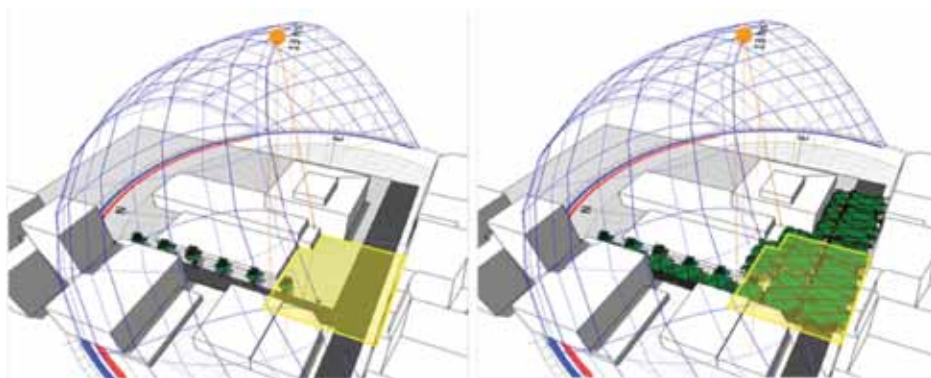
Además de las temperaturas del aire, en una ciudad también interesa conocer las temperaturas de superficies, debido a que presentan comportamientos que alcanzan valores mucho más altos en condiciones de exposición al sol. Las diferencias observadas entre sitios expuestos al sol y sitios protegidos por árboles resaltan la relevancia del arbolado urbano como estrategia de mitigación de la isla de calor en periodo primaveral-estival. Si los árboles son de hojas caducas, también es favorable el periodo de otoño-invierno, dado que la radiación solar ingresa hasta el suelo, lo calienta y este calor se transmite al aire.

Las ciudades ubicadas en regiones de climas templado/cálido, y con una velocidad de viento no muy alta (promedio de algunos metros por segundo), retienen una gran parte de la carga térmica producida por la incidencia de radiación solar. Por consiguiente, es de suma importancia tratar de reducirla al máximo en periodos de primavera-verano. Una de las formas es utilizar

cubiertas verdes, lo cual trae consigo beneficios como: reducción de la contaminación del aire debida a óxidos de nitrógeno (NOx) y a material particulado (Pugh et al., 2012), generación de oxígeno, absorción del dióxido de carbono con la consecuente disminución de los gases de efecto invernadero, y mejora en el aspecto visual del entorno y en el valor de la propiedad.

La Plaza Montenegro, una de las plazas céntricas de Rosario, está totalmente cubierta en su superficie por material de construcción, dado que en su subsuelo hay un estacionamiento, con solo unos pocos árboles pequeños en macetas o plantados a los costados. Proponemos incorporar en esta plaza y en la calle San Juan adyacente (al menos en un sector como primera etapa) una cubierta verde que se desarrolle sobre una estereoestructura de base, modulada para brindar la suficiente flexibilidad de cruce de una vereda a la de enfrente, y así evitar obstaculizar los ingresos a garajes de los edificios vecinos. Las enredaderas que se ubiquen sobre estas estructuras deberán ser seleccionadas por los expertos en parques y paseos de la municipalidad.

FIGURA 4.



Representación axonométrica –con incorporación de la bóveda celeste en líneas azules– de la posición del Sol (círculo naranja) a las 13:00 hora local (igual a la hora universal, UT, menos tres horas), del edificio del Centro Cultural Fontanarrosa, de los edificios vecinos y de algunos árboles aislados. En la figura de la izquierda, la zona amarilla indica el sector a proteger con cubierta verde, y en la figura de la derecha está indicada la estereoestructura de soporte (rombos) y la cubierta verde sobre la parte sur de la plaza y de la calle San Juan

Las imágenes detalladas en la Figura 4 muestran las axonometrías del conjunto (con detalle de la bóveda celeste en forma de entramado), describiendo el recorrido aparente del Sol sobre la ciudad de Rosario y de la sombra que se genera en un día típico de fin de primavera del hemisferio sur (14 de diciembre). En este día y en este lugar geográfico, la *irradiación solar* –también llamada *insolación diaria o irradiación integrada en un día*–, a la hora 13:00 cercana al mediodía solar, es de unos 9 kWh/m², según está detallado en la Tabla 1. Además, en la Figura 4 a la izquierda se representa la situación actual *sin cubierta verde* y a la derecha, la situación *con cubierta verde*.

TABLA 1.

FECHA	IRRADIACIÓN SOLAR SOBRE PLANO HORIZONTAL EN ZONA DE ROSARIO (kWh/M ²)	IRRADIACIÓN SOLAR PROMEDIO EN SITUACIÓN ACTUAL (kWh/M ²)	IRRADIACIÓN SOLAR PROMEDIO CON (SIN) CUBIERTA VEGETAL (kWh/M ²)	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE LA IRRADIACIÓN SOLAR CON (SIN) CUBIERTA VEGETAL
23 de junio	2,4	1,98	0,62 (1,55)	68,9 % (20 %)
14 de diciembre	9,0	7,0	1,47	79 %

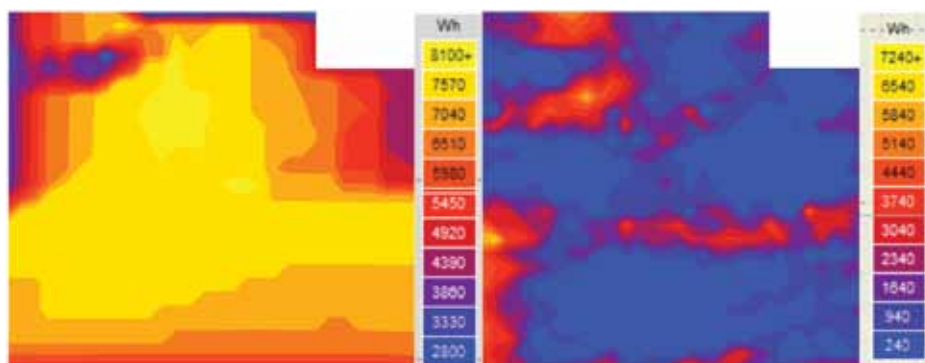
Irradiación solar promedio incidente sobre el suelo en la zona de Rosario, los días de cielo claro cercanos a los solsticios de invierno (23 de junio) y de verano (14 de diciembre). Columna 2: en zona sin obstáculos. Columna 3: en la Plaza Montenegro con obstáculos debidos a los edificios circundantes y al Centro Cultural Fontanarrosa. Columna 4: en la misma plaza con cubierta vegetal y sin cubierta vegetal (valores entre paréntesis). Columna 5: porcentaje de reducción de la irradiación solar con cubierta vegetal y sin cubierta vegetal (valores entre paréntesis)

En la Tabla 1, presentamos resultados de la modelización matemática de la irradiación solar promedio diario incidente en días típicos de cielo claro, cercanos a los solsticios de invierno (mes de baja insolación, 23 de junio) y de verano (mes de alta insolación, 14 de diciembre).

La segunda columna muestra los valores para el caso de radiación solar incidente sobre un plano horizontal sin obstáculos (idealizado para tener una referencia de lo que mediría un instrumento solarímetro instalado fuera de la ciudad). La tercera columna muestra la misma variable, pero modelizada considerando los obstáculos para el ingreso de la radiación solar a la plaza y a la calle, producidos por los edificios circundantes a la plaza y por el edificio del Centro Cultural Fontanarrosa (tres pisos en promedio).

La cuarta columna corresponde a la insolación reducida por la presencia de cubierta verde, en dos situaciones: con cubierta de hojas en invierno (plantas de hojas perennes) y sin dicha cubierta (plantas de hojas caducas), pero con algo de reducción (20%) debida a los tallos y a la estructura de base.

FIGURA 5.



Distribución en el suelo de la Plaza Montenegro y la calle San Juan de la insolación (en Wh) en días típicos: a) cerca del solsticio de verano (14 de diciembre), figura izquierda; y b) cerca del solsticio de invierno (23 de junio), figura derecha

La Figura 5 (izquierda) es un mapa en falsos colores de la distribución espacial en la Plaza Montenegro y la calle San Juan adyacente; se muestra la insolación en el día cercano al solsticio de verano de alta radiación solar (14 de diciembre); el valor promedio es de 7 kWh/m², el máximo es de 8,1 kWh/m² y el mínimo es de 2,8 kWh/m². En la figura de la derecha, la misma situación para el caso de cubierta verde da valores promedio de 1,47 kWh/m², el máximo de 7,2 kWh/m² y el mínimo de 0,24 kWh/m².

Este último resultado –combinado con la baja reducción de la insolación para la situación de invierno de hojas caducas– muestra que el sistema propuesto cumple ampliamente con la función de proteger la plaza y la calle de la alta intensidad solar del periodo fin de primavera-verano (y, por lo tanto, de la altísima temperatura de la superficie del suelo construido), y también cumple con la función de permitir el asoleamiento en el periodo fin de otoño-invierno. Además, según el trabajo de Pugh et al. (2012), la cubierta verde puede llegar a reducir la contaminación por óxido nitroso hasta en un 40% y de material particulado en un 60%.

2. OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE ALIMENTOS HACIA ROSARIO

INTRODUCCIÓN

La ciudad importa la mayor parte de los alimentos desde zonas externas a su límite; esto hace que algunos productos deban recorrer distancias muy largas, lo cual consume una gran cantidad de energía contaminante y emisora de gases de efecto invernadero.

Con el objetivo de reducir esta emisión en el transporte de alimentos (denominado *food miles* a nivel internacional), en este apartado ampliamos los estudios desarrollados en otros trabajos (Piacentini & Vega, 2014; Piacentini et al., 2014; Piacentini et al., 2015) en cuanto al producto de mayor consumo por parte de los habitantes de Argentina en general y de Rosario en particular: la papa.

La papa es producida en diferentes zonas de Argentina, con centenares de kilómetros de distancia entre ellas, salvo en la zona periurbana de Rosario, denominada Arroyo Seco (provincia de Santa Fe). En esta zona, dadas sus características fitogeográficas y climatológicas, la producción local se clasifica como semitemprana y tardía (Huarte, 2010). Esta producción abastece a Rosario durante los meses de julio a diciembre, aportando unas 54.400 toneladas (t), para lo cual es necesaria una superficie de unas 3630 hectáreas (ha), puesto que el rendimiento promedio de la región es de 15 t/ha (Piacentini & Vega, 2014).

Proponemos la sustitución del abastecimiento actual (al menos parcialmente) por la producción local en zonas urbanas y periurbanas. Para ello, y dado que usualmente la implementación tiene una cierta inercia y luego se acelera para frenarse hasta llegar al objetivo final, sugerimos modelizar este comportamiento mediante una función *sigmoide*.

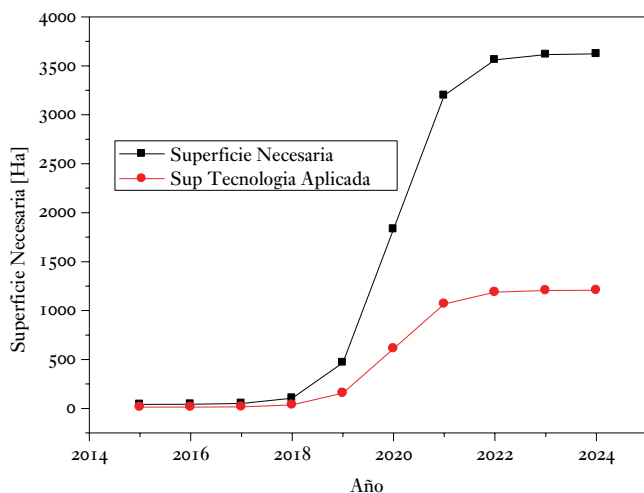
2.1 RESULTADOS

En la Figura 6, graficamos el comportamiento de la producción local de papa por la función sigmoide mencionada en el apartado 2.1, a fin de cumplir el objetivo en un plazo de 10 años (entre el año inicial de 2015 y el final de 2025). Proponemos un incipiente aumento de la superficie sembrada durante los primeros años, entre el 2015 y el 2018; después, la superficie de cultivo

se incrementa con rapidez; y por último, el crecimiento se reduce a partir del 2022 y se logra el objetivo de completar las 3630 hectáreas en el 2024.

Es de señalar que en este modelo simple hemos considerado que el rendimiento del cultivo de papa se mantiene constante y relativamente bajo durante todo el periodo (15 t/ha). Si admitimos que es posible reemplazar la variedad actual usualmente empleada en la región cercana a Rosario (spunta) por otra de mayor calidad y adicionar tecnología (satelital, de precisión, riego artificial, etc.) para triplicar el rendimiento (a 45 t/ha) –tal como ocurre en la zona de Balcarce, provincia de Buenos Aires–, la superficie destinada a cultivo se reduciría a un tercio de la anterior, como también lo muestra la Figura 6.

FIGURA 6.

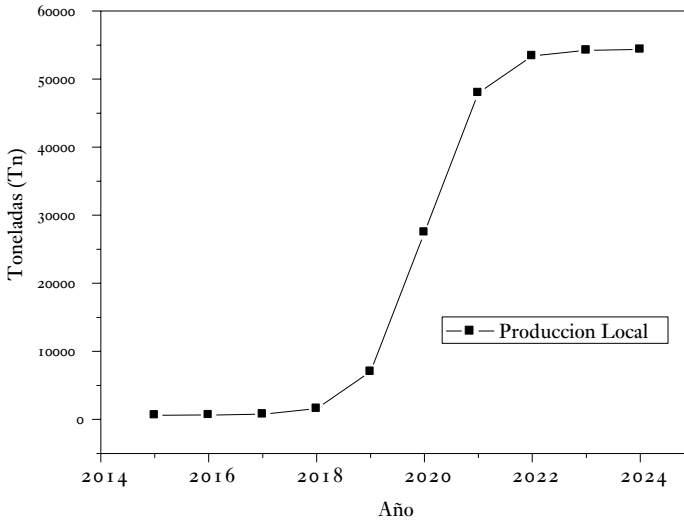


Superficie necesaria según tecnología aplicada actual (curva superior) o perfeccionada mediante aplicación de tecnología y mejora en la variedad de la papa cultivada (curva inferior)

Para un incremento de la superficie como el indicado en la Figura 6 (curva superior), la evolución de la producción de papa sigue también un comportamiento sigmoide, según lo detallado en la Figura 7.

Queremos señalar que utilizando técnicas avanzadas (como el manejo diferencial según la aptitud de los suelos, determinado a partir de imágenes satelitales y variedades de papa de gran adaptación al terreno), se pueden lograr notables incrementos en los rendimientos, llegando a 110 t/ha para suelos de calidad excepcional y a 62 t/ha para suelos de menor calidad (Argenpapa, 2015).

FIGURA 7.



Cantidad de papa incrementada por mayor aumento de la superficie sembrada, según la Figura 6 (curva superior)

Con el fin de analizar el ahorro en combustible fósil contaminante, la energía asociada y la posible reducción anual en emisiones de gases de efecto invernadero, en la Tabla 2 presentamos un resumen de la diferencia nominal y del porcentaje de reducción al aplicar la opción de producción local para el caso de la papa, en comparación con la que se tendría si este alimento tuviera que ser traído desde Balcarce (la zona de mayor producción de Argentina), recorriendo unos 650 km por viaje en camión.

TABLA 2 .

CASO CONSIDERADO	COMBUSTIBLE		EMISIONES ANUALES (T DE CO ₂)
	(MILES DE LITROS)	ENERGÍA (GJ)	
Situación actual de producción a distancia	1640	59.000	4540
Producción local	896	32.250	2480
Diferencia	743	26.750	2060
Diferencia porcentual	45,3%	45,3%	45,3%

Cuadro comparativo de la situación actual de la producción a distancia versus la correspondiente a la producción local de papa, a fin de satisfacer la demanda de la población de Rosario durante siete meses (periodo de producción de junio a diciembre)

2.2 CONCLUSIONES: CONSEJOS ÚTILES PARA LAS AUTORIDADES

La producción local de papa en la zona periurbana de Rosario no puede abastecer todo el año el consumo local, debido a que el clima no es apto para la siembra de todos los distintos tipos de este tubérculo (papa temprana, semitemprana, semitardía y tardía). Al menos que consideremos acopiar dicho producto para el periodo fuera de la cosecha, lo que requiere de sistemas de acondicionamiento que encarecen este alimento base de la población en general y la de bajos recursos en especial. La investigación de otros vegetales –tales como la lechuga– puede contribuir a cubrir una mayor proporción del consumo local con el uso de una menor cantidad de suelo y en un periodo de producción más corto.

Es posible hacer un ahorro anual de combustible de 743 mil litros, de energía en 26.750 GJ y en emisiones liberadas a la atmósfera en 2060 t de CO₂, siendo en los tres casos el porcentaje de reducción del 45,3 % respecto a la situación actual del transporte de la papa desde una zona de producción lejana (*food miles*).

Se deben eliminar algunas barreras para alcanzar la producción en la modalidad propuesta. Estas barreras podemos hallarlas en: deficiente control de enfermedades, malezas y plagas; deficiente manejo de riego; escasa calidad de la papa semilla, y deficiente manejo de fertilización, entre otras.

La mano de obra disponible y su calificación, junto con los altos costos de los cultivos y el escaso asesoramiento técnico, son problemas que atentan contra la competitividad de la zona.

Es deseable para el afianzamiento y la sostenibilidad del área destinada a la producción de papa y a la implementación de líneas de trabajo, tanto para los problemas biológicos como productivos (sanidad vegetal, materiales genéticos, y evaluación de tecnologías y producciones agroecológicas que otorgan mayor sustentabilidad ambiental al producir alimentos libres de tóxicos).

Como efecto benéfico colateral de importancia, debemos tener en cuenta que la producción de alimentos cercana a la ciudad ayuda a la seguridad alimentaria de su población.

3. INCIDENCIA DE ESPACIOS VERDES DESTINADOS A AGRICULTURA Y FORESTACIÓN URBANA Y PERIURBANA EN LA REDUCCIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN EN SUBCUENCAS HIDROLÓGICAS DE ROSARIO²

INTRODUCCIÓN

Los eventos extremos (inundaciones, huracanes, terremotos, etc.) producen serios inconvenientes en lugares de alta densidad de población, como lo son las ciudades. Rosario, por su parte, sufre de inundaciones periódicas. A continuación, describimos la estimación de la reducción que es posible obtener a partir de las escorrentías pluviales y del consecuente riesgo de inundación, mediante el cálculo del indicador de coeficiente de escorrentía del método racional, que permite cuantificar la magnitud del impacto de áreas verdes y agrícolas en el escurrimiento pluvial de las subcuencas urbanas.

Uno de los aspectos más conflictivos del cambio climático es la modificación de los regímenes pluviales, evidenciada en la concentración y el incremento de la intensidad pluvial y en el consecuente aumento del riesgo de inundación, tanto en sectores rurales como urbanos. De hecho, la escorrentía superficial constituye un componente del ciclo hidrológico que provoca alto impacto en las zonas urbanas (Orsolini et al., 2008). El riesgo hídrico disminuye si existen espacios verdes suficientes y aumenta si estos desaparecen, dado que a mayor impermeabilización del suelo, hay mayor presión en la red de desagües (que es costosa y cada vez más complicada de construir y adecuar en áreas densificadas).

En muchas de las más importantes ciudades del mundo, se han profundizado las políticas públicas relacionadas con la infraestructura verde³, debido a que con frecuencia resultan más económicas y sostenibles que las soluciones que ofrece la infraestructura gris convencional. La agricultura y la forestación urbana y periurbana (UPAF) constituyen valiosas estrategias para

² Adolfo Onocko se desempeñó en este apartado como colaborador.

³ La *infraestructura verde* es una red de tierras y cuerpos de agua que sostiene a las diversas especies de flora y fauna; asegura el funcionamiento de los procesos ecológicos; mantiene los recursos de agua, aire y suelos; y contribuye a la salud y a la calidad de vida de los individuos y las comunidades (Conservation Fund & USDA Forest Service, 1999).

la recuperación y el fortalecimiento de la infraestructura verde en áreas urbanizadas, debido a sus múltiples prestaciones socioeconómicas y ecológicas.

Estudios recientes han puesto en evidencia los aportes de la UPAF a los procesos de mitigación y adaptación al cambio climático⁴ (Dubbeling, 2015; Escobedo & Dubbeling, 2014). En referencia a la capacidad de retención e infiltración pluvial del suelo, cabe mencionar que en las huertas urbanas agroecológicas este presenta en general muy buenas condiciones de permeabilidad debido a la permanente incorporación de materia orgánica y a su continuo laboreo (Toresani et al., 2012).

3.1 OBJETIVOS

Para determinar los efectos de la variación de los espacios verdes y de la pavimentación del suelo en la escorrentía pluvial y en el riesgo hídrico en áreas urbanas y periurbanas, hemos desarrollado un estudio que ha permitido, en primer lugar, cuantificar indicadores que describen los posibles impactos en la escorrentía pluvial considerando escenarios urbanos actuales e hipotéticos; y en segundo lugar, cuantificar las posibles modificaciones en el riesgo de inundación correspondiente a cada escenario hipotético en relación con los escenarios actuales.

3.2 METODOLOGÍA

En el presente trabajo, aplicamos un procedimiento simple para estimar un indicador basado en el coeficiente de escorrentía (C)⁵ del método racional (Mulvaney, 1850). A partir de este, se ha cuantificado la magnitud del impacto de las áreas verdes y agrícolas en el escurrimiento pluvial de subcuencas urbanas y periurbanas, considerando el escenario real y tres hipotéticos en los que se modifica el uso de suelo y su permeabilidad. Así mismo, se aplica un método para relacionar cambios en el indicador (Zimmermann &

4 Ver: Climate Development Knowledge Network y RUA Foundation (2014).

5 El coeficiente de escorrentía (C) se calcula basado en la intensidad pluvial, y en el uso, las coberturas y el tipo de suelo. Las características de los tejidos urbanos están pautadas a partir de consideraciones sistematizadas de la relación entre suelo absorbente y pavimentado, con base en usos, densidades edilicias, modalidades de materialización genéricas, calidades y pendientes de suelo.

Bracalenti, 2014a) conforme a los diversos escenarios de uso de suelo, con modificaciones del riesgo de inundaciones⁶.

La clasificación del suelo se hace por medio de la interpretación de imágenes satelitales y de su constatación en campo, asociando las clases detectadas a los coeficientes de escorrentía definidos en la bibliografía internacional para distintos tipos de tejido y coberturas de suelos urbanos y rurales (McCuen, 1998). Esta metodología fue previamente aplicada para la evaluación de otras subcuencas de Rosario (Zimmermann & Bracalenti, 2014 a, b y c).

3.3 ÁREA DE ESTUDIO

Rosario está localizada sobre parte de las cuencas de los arroyos Saladillo y Ludueña, y un gran porcentaje de su superficie corresponde a los vasos de inundación de estos cursos de agua y de los afluentes de este último: los canales Ibarlucea y Salvat. El aumento sostenido del exceso de precipitación debido a la creciente impermeabilización del suelo y al cambio climático (Barros, 2012) se ha convertido en una seria preocupación para los planificadores, agravada por la concentración y el incremento de la intensidad de las lluvias, en gran parte derivados del calentamiento global. Debido a ambos fenómenos, se han producido inundaciones inéditas en sectores correspondientes al vaso de inundación del arroyo Ludueña, aun tras haber hecho recientemente obras infraestructurales.

La subcuenca estudiada (SC9) tiene una superficie de 1641 hectáreas, cuenta con una gran diversidad de usos de suelo y contiene una de las zonas no urbanizables de mayor envergadura que todavía se preservan en

6 Mediante el uso conjunto de la ecuación racional para la obtención del caudal de diseño y la curva intensidad-duración-recurrencia de las precipitaciones, puede demostrarse que la relación entre coeficientes de escorrentía ante escenarios diferentes de uso de suelo y las probabilidades de excedencia o periodos de retorno para el diseño pueden expresarse como:

$$\left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{1/m} = \frac{T_t}{T_{t+1}} = \frac{P_{t+1}}{P_t} \quad (1)$$

donde C_t y C_{t+1} ; T_t y T_{t+1} ; P_t y P_{t+1} son los coeficientes de escorrentía, los periodos de retorno y las probabilidades de excedencia de la intensidad de lluvia en los escenarios al tiempo t y $t+1$, respectivamente; m es un parámetro empírico de carácter regional, exponente del periodo de retorno en la ecuación de Kieffer y Chu. Para el ajuste de dicha ecuación con los datos de lluvia de Rosario, $m = 0,122$. El promedio regional del parámetro m es 0,18.

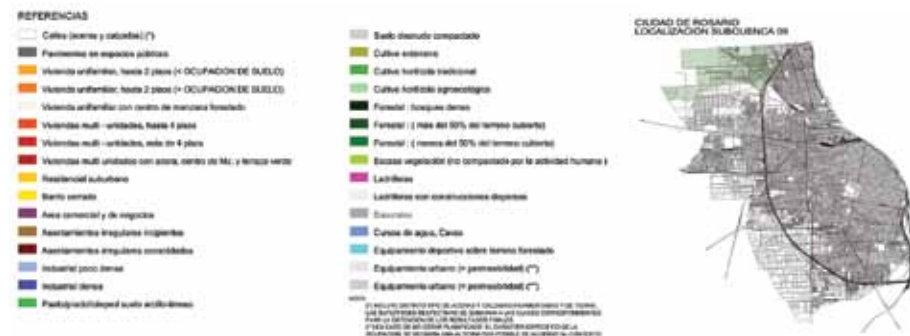
el municipio, lo cual representa cerca del 40% del total de la subcuenca. Incluye, además, sectores residenciales correspondientes a grupos medios, medios-bajos y bajos.

Si bien una gran parte de la superficie urbanizable no está todavía edificada, hay planificados diversos proyectos de vivienda social que prevén tipologías residenciales colectivas y con uso privado del suelo. En el caso de estas últimas, de acuerdo con las tendencias evidenciadas en la ciudad, la superficie verde prevista va edificándose progresivamente, por lo cual, a mediano plazo, presentan alto grado de impermeabilización del suelo, a pesar de mantener una baja densidad poblacional. El estudio de la SC9 reviste especial interés, debido a que están urbanizándose áreas inundables y sectores rurales con potencialidad UPAF.

Se analizaron cuatro escenarios (Figura 8): 1) urbanización actual; 2) urbanización de las áreas urbanizables de acuerdo con planes y normativa vigente; 3) urbanización de las áreas actualmente no urbanizables; y 4) urbanización de las áreas urbanizables de acuerdo con planes y normativa vigente mediante tipologías residenciales de alta densidad poblacional y alta permeabilidad de suelo⁷ (Di Bernardo, 2013), así como incrementación y optimización de las áreas verdes con base en criterios UPAF. Se comparó el escenario actual con los escenarios hipotéticos que simulan porcentajes mayores de suelo con coberturas impermeables (construidas) y permeables (UPAF), respectivamente.

FIGURA 8.

Subcuencas de Rosario, escenarios 0, 1, 2 y 3, y mapa de Rosario con detalle de los códigos de colores empleados en las figuras superiores



7 Residencia colectiva con centro de manzana, aceras y techos verdes.

**ESCENARIO 0
SITUACION ACTUAL**



**ESCENARIO 1
URBANIZACION SIMULADA EN AREAS URBANIZABLES CONFORME A PLANIFICACION Y NORMATIVA VIGENTE**



ESCENARIO 2
URBANIZACIÓN SIMULADA SOBRE ZONAS URBANIZABLES Y NO URBANIZABLES



ESCENARIO 3
URBANIZACIÓN SIMULADA EN ÁREAS URBANIZABLES INCREMENTANDO SUPERFICIE AFUP



3.4 RESULTADOS

Para el escenario actual, el C es 0,40. En el drenaje urbano, es frecuente diseñar los sistemas con una probabilidad de excedencia del 20 % (tiempo de retorno de cinco años).

El C correspondiente al escenario que representa urbanizadas las áreas urbanizables, es 0,47, lo cual implica un aumento de cerca de 16 % de su valor actual. Considerando el valor de $m = 0,122$ ajustado para Rosario, aplicando la ecuación (1), la nueva probabilidad de excedencia alcanza el 75 % (tiempo de retorno de 1,3 años). Es decir que bajo las condiciones del escenario 1, el riesgo de ser superada la precipitación de diseño aumenta 3,75 veces.

Para el escenario 2, que incrementa la superficie de suelo impermeabilizado, el C alcanza un valor de 0,63, lo cual implica un 44,7 % de aumento en comparación con el actual. La nueva probabilidad de excedencia alcanza un valor muy superior al 100 % (828 %). Esto significa que el sistema de drenaje sería excedido en su capacidad de forma permanente. Estos valores indican una situación indeseable que demandaría una ampliación de la infraestructura de drenaje pluvial urbano para retornar a las condiciones de seguridad actuales.

Para el escenario 3, en el que se incrementa la urbanización por medio de tipologías edilicias ambientalmente eficientes y se optimizan las coberturas de suelo de las áreas verdes actuales mediante usos UPAF, el C alcanza un valor de 0,39, lo que involucra una disminución del 2,5 % respecto al actual. La nueva probabilidad de excedencia alcanza un valor de 16 %. Es decir, se reduce el riesgo de inundación manteniendo el sistema de drenaje actual. Estos valores permiten señalar que se mejoraría significativamente la situación, aún incrementando las áreas urbanizadas y la densidad de población.

3.5 CONCLUSIONES

Tras considerar diferentes usos de suelo estipulados en escenarios futuros posibles, el análisis de los efectos potenciales sobre el drenaje de aguas pluviales urbanas en un vasto sector de Rosario indica que:

De continuar avanzando el proceso de urbanización en el marco de la normativa vigente y de seguir aplicando los tipos edilicios existentes en las áreas estudiadas (escenario 1), se produciría un aumento del 16 % en el coeficiente de escurrimiento, con lo que se incrementa el riesgo de inundación.

Con la infraestructura de drenaje existente, el riesgo de inundación llegaría al 75 % y demandaría inversiones para adecuar dicha infraestructura a fin de retornar a los niveles de seguridad originales.

El escenario que maximiza la impermeabilización por medio de la urbanización de áreas no urbanizables y de tipologías con alta pavimentación de suelo, generaría un aumento de casi el 45 % en el coeficiente de escurrimiento, lo cual disminuye el nivel de protección frente a inundaciones, porque la actual infraestructura de drenaje estaría colapsada de forma permanente. Esta situación implicaría una necesaria reinversión en infraestructura pluvial urbana para retornar a los niveles de seguridad originales.

El escenario más permeable mediante estrategias UPAF reduciría el coeficiente de escurrimiento actual en un 2,5 %, y por lo tanto, disminuiría los riesgos de inundación ante lluvias intensas mediante la optimización de las coberturas vegetales y la aplicación de tipologías residenciales de alta densidad habitacional y baja pavimentación de suelo. De este modo, se potenciarían las prestaciones de la infraestructura verde, aumentaría el nivel de protección hídrica respecto al actual sin tener que hacer grandes inversiones, y se podría incrementar en forma significativa la cantidad de población sin urbanizar en el área rural.

3.6 COMENTARIOS FINALES

Con base en los datos aportados por el presente trabajo, se pone en evidencia la incidencia de la pavimentación en la dinámica hídrica urbana, y la importancia de preservar los suelos rurales y las áreas verdes intraurbanas necesarias (en cantidad, calidad y posición adecuadas), a fin de mantener los servicios de regulación que prestan y su relevancia en la prevención de inundaciones.

Así mismo, se comprueba que UPAF constituye una estrategia válida para la conformación y preservación de la infraestructura verde en territorios urbanizados. Se considera necesario planificar el crecimiento urbano por medio de criterios de compacidad que integren UPAF e implementen tipologías edilicias que viabilicen densidades habitacionales acordes a las necesidades de la progresiva concentración poblacional urbana prevista, impermeabilizando la menor superficie de suelo posible.

La posibilidad de darle un uso agroecológico al suelo de los vasos de inundación en áreas urbanizadas convierte a las distintas tipologías espaciales

productivas en alternativas útiles para mantener estas áreas libres de ocupaciones indebidas. Como es sabido, las planicies o los vasos de inundación son componentes relevantes de las cuencas hidrográficas, y cumplen un rol significativo en su funcionamiento no solo conteniendo los desbordes durante eventuales crecidas, sino también como componentes de ecosistemas complejos y biológicamente productivos llamados *humedales*⁸.

4. EXPERIENCIAS DE AGRICULTURA URBANA, DE PRODUCCIÓN DE ABONO COMPUESTO Y DE MEJORAMIENTO DEL SUELO A PARTIR DE HOJAS DE ÁRBOLES EN ROSARIO⁹

La Municipalidad de Rosario desarrolla una política pública de agricultura urbana, trabajando de manera conjunta con el Programa Nacional Pro-Huerta del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación, en el que participan activamente institutos de investigación universitarios y de la sociedad civil, la Red de Huerteras y Huerteros de Rosario, el Centro de Estudios de Producciones Agroecológicas Rosario (Cepar), grupos de consumidores y ONG. La actividad se consolidó a partir del 2002, debido a la gran crisis económica en Argentina.

Los objetivos propuestos se pueden sintetizar en: a) desarrollar las potencialidades de ciudadanos desocupados, hoy huerteros (creando la Red de Huerteras y Huerteros constituida como asociación civil); b) regenerar el hábitat barrial; c) producir verduras y hortalizas ecológicas (reconocidas por la sociedad al incluirlas en su dieta alimentaria); y d) crear circuitos cortos de comercialización (como ferias semanales en diferentes plazas públicas).

Rosario ha sido reconocida por la FAO/ONU, debido al desarrollo de la agricultura urbana, como una de las diez ciudades más verdes del mundo. Un aporte significativo de la Agricultura Urbana de Rosario, además de sus

8 Se consideran *humedales* “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (en Ley n.º 23.919/99 de la República Argentina. Ver: Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), www.ramsar.org/).

9 Colaboraron en esta parte el ingeniero agrónomo Javier Couretot y el equipo técnico-promotor del Programa de Agricultura Urbana de la Municipalidad de Rosario.

potenciales impactos, es la captura de carbono mediante el aumento de la materia orgánica de los suelos.

La adición de materiales orgánicos es una estrategia clave desarrollada para mejorar la calidad del suelo y aumentar la materia orgánica de la tierra destinada a la agricultura urbana, y es esencial para el desarrollo en la ciudad de la técnica de organopónicos de alto rendimiento en espacios sin suelo cultivable, como terrazas y patios, que van ganando cada vez más adeptos en el marco de los proyectos “La huerta en casa” y “La huerta en la escuela”, implementados por el Programa de Agricultura Urbana y la Red de Huerteras y Huerteros de Rosario.

Los materiales orgánicos utilizados son, principalmente, hojas en otoño y en invierno (del barrido o la limpieza de parques, plazas y calles, y de cortes de pasto en primavera y en verano) y residuos de la industria (estiércoles de frigoríficos y criaderos de animales, durante todo el año).

La ciudad tiene muchos árboles de follaje caducifolio que durante el otoño pierden sus hojas. El fresno (*Fraxinus Sp.*) es la especie que predomina, y otras especies son los liquidámbares (*Liquidambar Sp.*) y los plátanos (*Platanus Sp.*). Los fresnos pierden las hojas al comienzo del otoño, luego los liquidámbares y por último los plátanos en el invierno. Esto permite que entre los meses de abril y agosto tengamos disponibilidad de hojas. Cada año, se aportan a las huertas y a los parques-huertas 125 toneladas (igual a 250 viajes de 500 kg promedio) de hojas de árboles, principalmente plátano.

En la primavera, a partir de septiembre, comienzan los cortes de los pastos de los espacios verdes (parques, plazas y costados de rutas), que se llevan a cabo hasta el mes de abril inclusive.

La Secretaría de Servicios Públicos de la Municipalidad de Rosario, responsable de la recolección de las hojas y del corte de pastos, transporta una parte a los espacios de la agricultura urbana rosarina (parques-huertas, corredores verdes de las vías, huertas agroecológicas grupales y vivero agroecológico).

Estos materiales, hojas y cortes de pastos, son utilizados en prácticas destinadas a la creación de suelos saludables, con una actividad biológica dinámica y buenas características físicas y químicas (Figura 9).

Las prácticas desarrolladas son: a) coberturas muertas, acolchados; b) incorporación directa al suelo para su descomposición, y c) fabricación de abono compuesto (compost), mediante una mezcla de estos materiales con restos de otros vegetales y con estiércoles (provenientes de frigoríficos locales

y criaderos de animales). En condiciones adecuadas de humedad, logran un buen proceso de fermentación aeróbica que permite obtener un abono compuesto (humus) de muy buena calidad.

Todas estas prácticas mejoraron la materia orgánica de los suelos utilizados por los huerteros, creando condiciones para obtener una producción de verduras y hortalizas ecológicas de alta calidad.

La segura y abundante disponibilidad de hojas garantiza el abastecimiento constante de compost. Este se vuelve un insumo clave para mejorar la producción y así aumentar las posibilidades de volver más atractiva y competitiva la agricultura urbana como empleo verde (inclusivo) para los vecinos más jóvenes de la ciudad.

FIGURA 9.



Utilización de restos vegetales (hojas) para mejorar la producción hortícola en las huertas urbanas de Rosario. El parque-huerta de la foto es el de La Tablada y el cultivo es de remolacha.

Foto: Silvestre Borgatello

5. APORTES DE LA FORESTACIÓN Y LOS ESPACIOS VERDES A LA BIODIVERSIDAD EN ZONAS URBANAS Y PERIURBANAS

En la provincia de Santa Fe –donde Rosario es la ciudad de mayor población (cercana al millón de habitantes sobre un total provincial de 3.370.000)–, la gestión ambiental se desarrolla desde la perspectiva de los sistemas complejos, enfocada en un abordaje integrado y metodológicamente orientada con base en procesos de ordenamiento territorial.

En el contexto del presente proyecto, la participación del estado provincial se ha fundado en el criterio de que la *Forestería Urbana y Periurbana* (UPF) constituye un complemento (una variante, un modo alternativo aditivo de enriquecimiento de biomasa) de la *Agricultura Urbana y Periurbana* (UPA), a partir de las cuales es posible establecer estrategias que contribuyan a la mitigación y adaptación al cambio climático.

Los beneficios de la conservación de la biodiversidad en general y de las masas forestales en particular, y su enriquecimiento mediante la plantación de ejemplares leñosos con fines no madereros y no extractivos (como el arbolado urbano, el paisajismo, la restauración de ecosistemas forestales, etc.), son ampliamente reconocidos.

En esa línea conceptual, la provincia de Santa Fe ha adoptado una estrategia combinada de enriquecimiento forestal y conservación de la biodiversidad nativa mediante:

a) La aplicación de la legislación vigente con un enfoque de protección ambiental de los bosques nativos, no solo limitado a su riqueza forestal sino también como sistemas ambientales complejos proveedores de servicios ecosistémicos (Ley n.º 26.331 de 2007; Gobierno de Santa Fe, 2013).

b) Un plan de arbolado para todo el territorio provincial con base en un procedimiento de participación comunitaria.

c) La puesta en valor de los mecanismos de conservación de biodiversidad, promoviendo no solo los mecanismos tradicionales de conformación de Áreas Naturales Protegidas, sino también impulsando procedimientos alternativos y complementarios, como la conformación de corredores de biodiversidad urbano/rurales (Biasatti et al., 2013).

Consideramos que la eventual contribución de la UPA+UPF a la mitigación y adaptación al cambio climático guarda estrecha vinculación con el incremento de biomasa verde que esos modelos introducen en las manchas

urbanas en sustitución de las tecnoestructuras, con la consecuente posibilidad de incrementar la captación de carbono, la variación positiva en el tipo de cobertura del suelo, la regulación de la temperatura, la regulación hídrica, etc.

El criterio de las acciones ha sido introducir, en el caso de Rosario, un modelo de alcance subregional basado en el incremento de biomasa tanto antrópica (plantada y mantenida por acción humana) como espontánea, es decir, autorregulada por los parámetros ecosistémicos locales en los que las especies interactúan, conformando asociaciones más estables en el tiempo.

Si bien la UPA reconoce un largo periodo de consolidación en Rosario, el agregado de la UPF contribuye con un incremento de biomasa que minimiza la demanda de uso de energía, principalmente en primavera-verano, para su mantenimiento a largo plazo (sobre todo la demanda de combustibles fósiles, ver apartado 1.2), con mayor provisión de superficie fotosintética y absorbente, y con mayor capacidad de intercepción de la radiación solar que llega al suelo.

Estimamos que la forestación y la conservación de biodiversidad espontánea generada como resultado de estas acciones, en combinación con el sistema de espacios verdes de Rosario, ha incrementado la superficie de cobertura en más de 2000 hectáreas en la ciudad y en su zona de influencia, lo cual representa una proporción de más del 3 % de la superficie total del Área Metropolitana de Gran Rosario.

La combinación de especies de magnitudes y comportamientos fenológicos diversos optimiza su función en el marco procedimental descrito, y se estima que tardarán entre cinco y 20 años, según la especie, en alcanzar la máxima eficiencia para dar cuenta del fin para el que han sido plantadas.

Como dato ilustrativo de las acciones tomadas en el periodo 2008-2015, resumimos los árboles plantados y la superficie de biodiversidad conservada en la provincia de Santa Fe.

La cantidad de árboles plantados en este periodo supera los 40.000 ejemplares de diferentes características, privilegiando el uso de especies autóctonas en todos aquellos casos en los que resulte recomendable. En el caso de la plantación de arbolado de línea en áreas urbanas, con limitaciones para el uso de especies autóctonas, se aplicó el criterio del uso de especies de utilización frecuente y comportamiento conocido en espacios urbanos, incluyendo especies exóticas.

En tales casos, algunas de las especies utilizadas con mayor frecuencia son: fresnos americanos (*Fraxinus spp.*), ligustros disciplinados (*Ligustrum*

spp.), crespones (*Lagerstroemia spp.*), arces (*Acer spp.*) y algunos autóctonos como el jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*), el lapacho (*Tabebuia spp.*), el pezuña de vaca (*Bahuinia spp.*), el curupí (*Sapium haemospermum*) y el guarán (*Tecoma stans*).

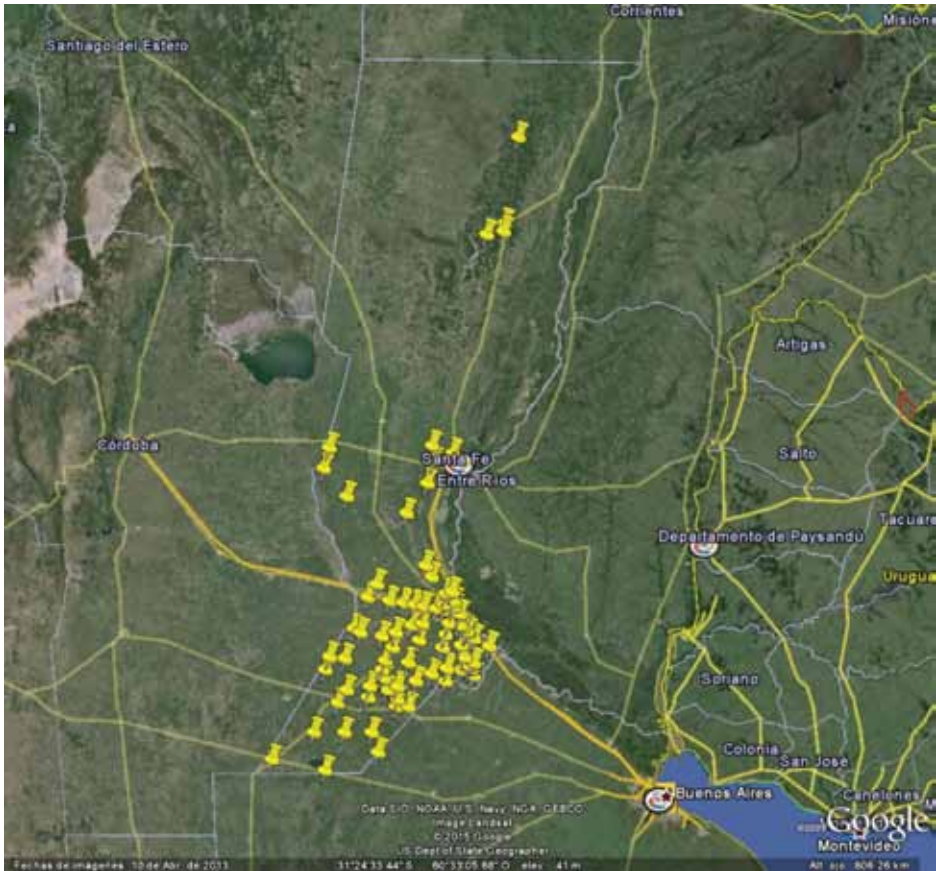
Para la plantación de árboles en otras instancias y en espacios no urbanos (por ejemplo periurbanos, laterales de caminos, corredores biológicos, macizos boscosos recreativos, bordes y costas de cuerpos de agua, etc.), se privilegia el uso de especies nativas como algarrobos (*Prosopis spp.*), quebrachos (*Aspidosperma spp.*), guayaibí (*Patagonula americana*), lapachos (*Tabebuia spp.*), seibos (*Erythrina crista-galli*), espina corona (*Gleditsia amorphoides*), etc.

En algunos casos de espacios no urbanos, cuando el diseño involucra fines específicos, amerita la plantación de algunas especies con características estructurales y funcionales puntuales, como los eucaliptos (*Eucalyptus spp.*), las casuarinas (*Casuarina cunninghamiana*) y el roble sedoso (*Grevilea robusta*), entre otras.

El diseño de la distribución espacial de este programa de arbolado/forestación provincial no es homogéneo para todo el territorio, en tanto que se orientó a compensar la pérdida en la calidad y el tipo de biomasa disponible, de acuerdo con el uso de suelo. Como puede verse en la Figura 10, las zonas naturalmente boscosas o de suelos de aptitud forestal del centro-norte provincial fueron objeto de otras tecnologías y metodologías más bien orientadas a la conservación y restauración de la vegetación natural (el bosque nativo).

La plantación se concentró en el sur provincial, donde el sistema agroproductivo ha introducido profundos cambios ambientales con simplificaciones extremas de los ecosistemas. Allí, la biomasa disponible como cobertura vegetal en una alta proporción de las tierras rurales (superiores al 90% de la superficie total de los cinco departamentos del sur provincial) hoy se restringe al cultivo de soya durante unos cuatro meses; el suelo queda desnudo el resto del año con el riesgo ambiental que implica (erosión, arrastre por lluvias intensas, etc.) y con un impacto negativo respecto a la superficie foliar vegetal fotosintética activa. Esto constituye un empobrecimiento y una homogenización ecosistémica de escala regional. Teniendo en cuenta ese escenario, Rosario y su zona de influencia han sido objetivo prioritario en este programa de arbolado.

FIGURA 10.



Distribución espacial de los árboles plantados en el territorio de la provincia de Santa Fe. Nota: se destaca la alta densidad de indicadores en las zonas urbana y periurbana de Rosario. Fuente: Google Maps y elaboración propia

En cuanto al incremento de la superficie destinada a la conservación de biodiversidad incorporada en el periodo 2010–2015, a modo de ejemplo podemos mencionar la recuperación de las banquinas y los costados de camino de jurisdicción provincial (es decir, no incluye por ejemplo las rutas nacionales), que alcanza unos 13.177 km, en los cuales antes los particulares efectuaban ilegalmente prácticas productivas. Con esta medida, se recupera un espacio público como patrimonio de la sociedad santafesina, destinado a conservar la biodiversidad.

En este contexto, la creación del Paisaje Protegido Corredor Biológico de la AP 01 (autopista Rosario-Santa Fe), mediante el Decreto n.º 1723/14, ha aportado más de 1000 hectáreas al Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas, con un muy buen nivel de manejo y gestión, y con la producción de información de gran valor aplicable al manejo de corredores en la Pampa húmeda argentina.

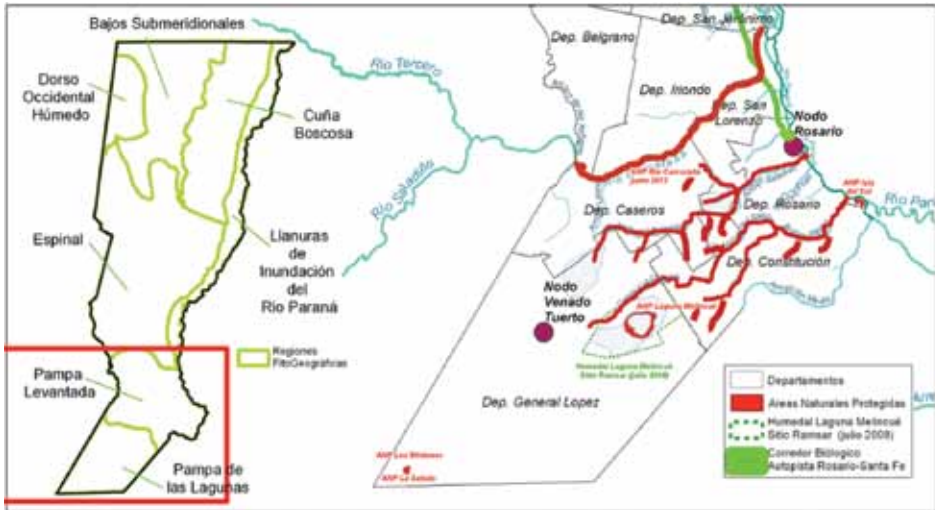
De la misma forma, la implementación de estrategias de recuperación de superficies territoriales que pudieran comportarse como corredores biológicos ha permitido añadir nuevas reservas al Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas (Ley n.º 12.175). Para el sur de la provincia, podemos dar como ejemplo la Reserva Hídrica Natural Río Carcarañá (Decreto n.º 1579 de 2012), que ha incorporado más de 10.000 hectáreas al sistema de conservación.

Más recientemente, otros cuerpos de agua han sido incorporados: la Reserva Hídrica Natural (RHN) Arroyo Saladillo y la Reserva Hídrica Natural Arroyo Sauce-Pavón, creadas ambas mediante el mismo Decreto n.º 2143/15, cuyas dimensiones precisas están siendo evaluadas. Consideramos relevante mencionar que solamente la RHN Arroyo Saladillo, por atravesar la planta urbana en el límite Rosario-Villa Gobernador Gálvez, contribuye a la protección del denominado Parque Regional Sur, de más de 100 hectáreas, en un ambiente netamente urbano, aportando volumen y calidad de biomasa nativa autorregulada de altísimo valor ecosistémico. Estos espacios incluyen o se vinculan estrechamente con superficies afectadas a la UPA/UPF del Área Metropolitana de Rosario.

El criterio para la implementación de estos corredores se orienta desde un marco conceptual general tendiente a consolidar un Sistema Reticulado para la Conservación de la Diversidad Biológica, que como puede verse en la Figura 11, comienza a plasmarse territorialmente, en la constitución de una trama de conservación que permita discontinuar la homogeneidad territorial caracterizada por el sistema agroproductivo.

Entendiendo que el ordenamiento territorial ambiental constituye una política pública que se ha sostenido en Santa Fe a fin de establecer situaciones de mayor equilibrio en la demanda de suelo para distintos fines, consideramos recomendable profundizar y sostener las acciones que contribuyan a fortalecer intervenciones como la UPA y la UPF, en tanto que compensan la demanda dominante de suelo en esta región, que son las infraestructuras urbanas o los cultivos industriales a gran escala.

FIGURA 11.



Ubicación geográfica, en la provincia de Santa Fe, de los corredores en los costados de rutas y sitios especiales del Sistema Reticulado para la Conservación de la Diversidad Biológica (SIRECO-DB). Nota: en la imagen de la derecha se destaca el importante corredor biológico de la autopista Rosario-Santa Fe

6. CONSEJOS FINALES PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

– *Relativos a la isla de calor (calor acumulado en la ciudad)*

Las cubiertas verdes (agricultura urbana, forestación, etc.) ayudan a reducir la temperatura ambiente de la ciudad en las zonas donde están ubicadas y, por consiguiente, la demanda energética de refrigeración. Si es de hojas caducas, permite el paso de la radiación solar en periodo otoñal-invernal, aportando a la generación de calor ambiental y al aumento de la temperatura del aire.

Es de señalar que en la región de la Pampa húmeda argentina, donde está ubicada Rosario, cada vez es más evidente el aumento promedio de las temperaturas mínimas (y de las temperaturas medias) por acción del calentamiento global. Debido a esto, son cada vez mayores las necesidades de refrigeración de ambientes y del uso de acondicionadores de aire.

Las superficies de la ciudad se calientan muy por encima de la temperatura ambiente, sobre todo en primavera-verano, por lo que deben protegerse

para reducir este calentamiento. Una forma es proyectar cubiertas verdes (por ejemplo, con enredaderas), que logren disminuir el ingreso de radiación solar hasta el suelo en el periodo primavera-verano y no reduzcan en gran medida dicho ingreso en otoño-invierno por la caducidad de las hojas (apartado 1.4).

Las menores temperaturas ambientales del periodo cálido y las más altas del periodo frío ayudan a que se reduzca el empleo de energía fósil y, por lo tanto, la emisión de gases de efecto invernadero.

– *Relativos al transporte de alimentos (food miles)*

Si se logra incrementar la proporción de alimentos producidos en la ciudad o en la zona periférica, es posible no solo reducir el consumo de energía en el transporte (y eventualmente en la conservación) desde zonas lejanas, sino también reducir la emisión de gases contaminantes y aumentar la seguridad alimentaria.

Debemos señalar que esta conclusión de reducción de emisiones depende del tipo de producto y transporte, y de si los sistemas de producción son similares en los lugares cercanos y lejanos a la ciudad. La idea básica es la de incrementar la producción local, de modo que se tenga un efecto combinado en la posible reducción de las emisiones (admitiendo que los sistemas de producción local y distante son similares), en el aumento de la seguridad alimentaria (la reducción en vulnerabilidad por ruptura de la cadena de producción de alimentos), en la reducción del uso de cámaras de refrigeración para el mantenimiento de los productos alimenticios, en el desarrollo económico local y en las posibilidades de adaptación al calentamiento global.

– *Relativos a la plantación de árboles*

Es crucial aumentar la plantación de árboles, en lo posible de especies autóctonas, para contribuir a la mitigación del calentamiento del planeta.

– *Relativos a la producción de compost*

Una propuesta interesante es el cubrimiento del suelo con material vegetal recolectado en la ciudad (hojas de árboles, corte de césped, etc.) o la fabricación de compost con este material, que luego se utiliza para la fertilización

de cultivos de agricultura urbana, con lo que se reduce significativamente el uso de fertilizantes industriales y las emisiones a la atmósfera.

7. CONSEJOS ÚTILES PARA ADAPTARSE AL CALENTAMIENTO GLOBAL

– *Relativos a la reducción de inundaciones*

Una de las consecuencias del cambio climático en la zona donde está ubicada Rosario es el aumento de las precipitaciones concentradas en tormentas intensas. Así, la frecuencia anual de inundaciones se ha incrementado; para reducirla, una opción de gran impacto es aumentar la posibilidad que tiene el terreno de absorber el agua. Debido a esto, deben introducirse reglamentaciones que disminuyan las superficies impermeables construidas para que se retenga al menos parte del agua de lluvia.

– *Relativos a la cubierta verde*

Así como este tipo de cubierta ayuda a la mitigación del cambio climático, también ayuda a la adaptación, disminuyendo la temperatura debajo de esta cubierta en periodos primaveral-estival, en pisos, paredes y techos de viviendas y edificios, y permitiendo que ingrese la radiación solar, si dicha cubierta es con hojas caducas, en periodos otoñal-invernal.

8. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a las siguientes instituciones: RUAF Foundation, CDKN, ONU-Hábitat, Municipalidad de Rosario; y a las siguientes personas y equipos de trabajo, por su colaboración en diferentes partes del presente estudio: J. A. Couretot, A. Onocko y José Pomar, el equipo técnico-promotor del Programa de Agricultura Urbana de la Municipalidad de Rosario, y la Red de Huerteras y Huerteros de Rosario.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9.1 REFERENCIAS APARTADO I

- BARROS, V., VERA, C., AGOSTA, E., et al. (2015). *Cambio climático en Argentina; tendencias y proyecciones. Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado de www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=13291
- CHRISTENSON, M., MANZ, H., & GYALISTRAS, D. (2006). Climate warming impact on degree-days and building energy demand in Switzerland. *Energy Conversion and Management*, 47, 671-686.
- CUADRAT, J., & PITA, M. F. (2000). *Climatología*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). (2008). *Reducing urban heat islands: compendium of strategies*. Recuperado de www.epa.gov/heatisland/resources/compendium.htm
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). (2013). Summary for policymakers. En T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, et al. (Eds.), *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Nueva York: Cambridge University Press.
- OKE, T. R. (2013). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7, 769-779.
- PUGH, T. A., MACKENZIE, A. R., WHYATT J. D., & HEWITT, C. N. (2012). Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. *Environmental Science Technology*, 46(14), 7692-7629.
- SZOKOLAY, S. (2004). *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*. Londres: Elsevier y Architectural Press.
- VARDOULAKIS, E., KARAMANIS, D., FOTIADI, D. A., & MIHALAKAKOU, G. (2013). The urban heat island effect in a small Mediterranean city of high summer temperatures and cooling energy demands. *Solar Energy*, 94, 128-44.

9.2 REFERENCIAS APARTADO 2

ARGENPAPA. La papa se juega a la agricultura de precisión. *La Nación*, 18 de julio de 2015. Recuperado de www.lanacion.com.ar/1811095-la-papa-se-juega-a-la-agricultura-de-precision?utm_source=n_tip_notas&utm_medium=titularP&utm_campaign=NLCamp

HUARTE, M. A. (2010). Asignatura Cultivo de Papa. Unidad Integrada Balcarce INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

PIACENTINI, R. D., & VEGA, M. (2014). *Consumo de combustible y emisión de CO₂ comparando la producción y transporte de vegetales hacia la ciudad de Rosario, Argentina, con una producción local*. RUAF Foundation. Recuperado de www.ruaf.org/projects/monitoring-impacts-urban-agriculture-climate-change-adaptation-and-mitigation-cities.

PIACENTINI, R. D., BRACALENTI, L., SALUM, G., ZIMMERMANN, E., LATTUCA, A., TERRILE, R., et al. (2014). Monitoring the climate change impacts of urban agriculture in Rosario, Argentina. *Urban Agriculture Magazine*, 27, 50-53, Recuperado de www.ruaf.org/sites/default/files/UAM%2027Urban%20agriculture%20as%20a%20climate%20change%20and%20disaster%20risk%20reduction%20strategy.pdf.

PIACENTINI, R. D., VEGA, M., LATTUCA, A., & DESANTIAGO, G. (2015). Can local food production replace food imports and reduce food transportation? The case of lettuce in the region of Rosario City, Argentina. *Urban Agriculture Magazine*, 29, 48-50.

9.3 REFERENCIAS APARTADO 3

BARROS, V. (2012). *Por el cambio climático, se duplicaron las lluvias extremas en los últimos 30 años. Síntesis informativa*. Recuperado de www.uba.ar/comunicacion/detalle_notas.php?id=10001.

CLIMATE DEVELOPMENT KNOWLEDGE NETWORK, & RUAF Foundation. (2014). *Monitoring impacts of urban and peri-urban agriculture and forestry on climate change mitigation and adaptation and related developmental benefits*. Recuperado de <http://www.ruaf.org/projects/monitoring-impacts-urban-agriculture-climate-change-adaptation-and-mitigation-cities>

CONSERVATION FUND, & USDA FOREST SERVICE. (1999). *Green infrastructure: a strategic approach to land conservation*. Shepherdstown: National Conservation Training Center.

- DI BERNARDO, E. (2013). *Propuesta para establecer un patrón de referencia de eficiencia ambiental urbano-edilicia*. Ponencia presentada en la XXXVI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (Asades), Tucumán, Argentina. Recuperado de <http://asades.inenco.net/index.php/asades/asades2013/paper/view/1189>,
- DUBBELING, M. (2015). *Integrating urban agriculture and forestry into climate change action plans: lessons from Western Province, Sri Lanka and Rosario, Argentina*. CDKN Background paper. Recuperado de http://cdkn.org/wp-content/uploads/2015/02/SriLanka_Argentina_BackgroundPaper_FINAL_WEB.pdf.
- ESCOBEDO, F., & DUBBELING, M. (2014). *Guidelines 1: Methodological guidelines for monitoring of run-off and infiltration of stormwater*. Leusden: RUAF Foundation. Recuperado de www.ruaf.org/sites/default/files/G1_draft_small.pdf.
- ORSOLINI, H., ZIMMERMANN, E., & BASILE, P. (2008). *Hidrología: procesos y métodos*. Rosario: Universidad Nacional de Rosario.
- MCCUEN, R. H. (1998). *Hydrologic analysis and design*. Nueva Jersey: Prentice Hall.
- MULVANEY, T. (1850). On the use of self registering rain and flood gauges. *Proceedings - Institution of Civil Engineers*, 4(2), 1-8.
- TORESANI, S., et al. (2012). La agricultura urbana como propuesta para la sustentabilidad social, ambiental y económica: experiencia en el Parque-huerta El Bosque. *Revista Agronegocios*, 34(12). Recuperado de <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/34/6AM34.html>
- ZIMMERMANN, E., & BRACALENTI, L. (2014a). *Reducción de riesgo de inundación urbana mediante incremento de áreas verdes. IV Taller de Regionalización de Precipitaciones Máximas*. San Miguel de Tucumán: Red Argentina de Capacitación y Fortalecimiento en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.
- ZIMMERMANN, E., & BRACALENTI, L. (2014b). *Reducción de riesgo de inundación urbana mediante incremento de áreas verdes. Caso de aplicación: Subcuenca del Emisario 17. IV Taller de Regionalización de Precipitaciones Máximas*. San Miguel de Tucumán: Red Argentina de Capacitación y Fortalecimiento en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.
- ZIMMERMAN, E., & BRACALENTI, L. (2014c). *Reducción de riesgo de inundación urbana mediante incremento de áreas ocupadas por agricultura y forestación urbana y periurbana. El caso Rosario*. Recuperado de www.ruaf.org/projects/monitoring-impacts-urban-agriculture-climate-change-adaptation-and-mitigation-cities

9.4 REFERENCIAS APARTADO 5

BIASATTI, N. R., AVOGRADINI, F., & RAPALINO, M. (2013). Sistema reticulado para conservación de las biodiversidades en la provincia de Santa Fe, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes*, 4(2), 181-189.

GOBIERNO DE SANTA FE. (2013). *Mapa de ordenamiento territorial de los bosques nativos*. Recuperado de www.santafe.gov.ar/index.php/content/view/full/184011.

LEGISLATURA DE LA NACIÓN. Ley n.º 26.331, Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (28 noviembre 2007). Recuperado de <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136125/norma.htm>





Foto: Lilia Sanchez Rojas. *Naturaleza en la ciudad.*