VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN
ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO PARA GEO CIUDADES

Colonia del Sacramento
Uruguay

PNUMA

Intendencia de COLONIA

coloniamueve

ciedur

VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN
ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO PARA GEO CIUDADES

Colonia del Sacramento
Uruguay

Publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Intendencia de Colonia, Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo, Uruguay (CIEDUR)

Derechos de propiedad intelectual PNUMA, Intendencia de Colonia, Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo, Uruguay (CIEDUR)

Está autorizada la reproducción total o parcial y de cualquier otra forma de esta publicación para fines educativos o sin fines de lucro, sin ningún permiso especial del titular de los derechos, bajo la condición de que se indique la fuente de la que proviene. El PNUMA, la Intendencia Municipal de Colonia y el CIEDUR agradecerán que se le remita un ejemplar de cualquier texto cuya fuente haya sido la presente publicación.

No está autorizado el empleo de esta publicación para su venta o para otros usos comerciales.

DESCARGO DE RESPONSABILIDADES

El contenido de este volumen no refleja necesariamente las opiniones o políticas del PNUMA, o de sus organizaciones contribuyentes con respecto a la situación jurídica de un país, territorio, ciudad o área de sus autoridades, o con respecto a la delimitación de sus fronteras o límites.

PARA MAYOR INFORMACIÓN

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA
Oficina Regional para América Latina y el Caribe
División de Evaluación y Alerta Temprana
Clayton, Ciudad del Saber Edif. 103, Av. Morse, Corregimiento de Ancón,
Ciudad de Panamá, Panamá
Teléfono: (507) 3053100, Fax: (507) 3053105
Correo electrónico: enlace@pnuma.org
Sitio en Internet: www.pnuma.org

Intendencia de Colonia
Palacio Municipal Avenida Gral. Flores 467
Colonia del Sacramento, Uruguay
Teléfono.: (598 52) 27000 - Fax.: (+598 52) 22317
Sitio en Internet: www.colonia.gub.uy

Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo, Uruguay – CIEDUR
Avenida 18 de Julio 1645, Piso 7
Montevideo, Uruguay
Teléfono/ Fax: (598 2) 4084520
Correo electrónico: ciedur@ciedur.org.uy
Sitio en Internet: www. ciedur.org.uy

GEO es la sigla del proyecto Global Environment Outlook, que se ha traducido como Perspectivas del Ambiente Mundial.

Impreso en Montevideo, Uruguay, 2011.
ISBN: 978-9974-630-11-6

TABLA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES **10**

II. COLONIA DEL SACRAMENTO CIUDAD COSTERA: SITUACIÓN Y ESTADO **13**

III. DINÁMICA DEL RÍO DE LA PLATA Y LA REGIÓN COSTERA DE COLONIA DEL SACRAMENTO **16**

IV. EXPOSICIÓN DE COLONIA DEL SACRAMENTO AL CAMBIO CLIMÁTICO **20**

A Tendencias globales en la exposición a riesgos climáticos 20
B Evolución del clima del Uruguay y el departamento de Colonia en las últimas décadas 25
C Escenarios climáticos probables para Uruguay y la zona de Colonia 26

V. VULNERABILIDAD DE COLONIA DEL SACRAMENTO AL CAMBIO CLIMÁTICO E IMPACTOS **28**

A Concepto de vulnerabilidad 28
B Vulnerabilidad de la costa uruguaya al cambio climático 28
C Vulnerabilidad e impactos del cambio climático en Colonia del Sacramento 29
D Impactos identificados en el taller con actores nacionales y locales 30
E Impactos relevados en otras fuentes de información consideradas 33

VI. MAPAS DE VULNERABILIDAD Y SITIOS CRÍTICOS **39**

A Principales sitios críticos: cota 3 metros 40
B Principales sitios críticos cota 1m 42
C La situación en el Arroyo La Caballada 44

VII. CONCLUSIONES **45**

VIII. FUENTES DE INFORMACIÓN Y REFERENCIAS **47**

LISTA DE CUADROS

Cuadro I.	Perfil socioeconómico y climático de la Ciudad según la metodología del MEVCC 2009.	15
Cuadro II.	Colonia del Sacramento. Conexiones al saneamiento y al agua potable.	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Ciudad Colonia del Sacramento	14
Figura 2.	Rio de la Plata y principales ciudades	17
Figura 3.	Acciones antrópicas y transformaciones en la Bahía de Colonia del Sacramento	19
Figura 4.	Playa Real de San Carlos; detalle erosión de barrancas.	19
Figura 5.	Comparación del cambio observado en la temperatura media global (línea negra) con los resultados simulados por modelos climáticos usando solo los forzantes naturales (azul) y naturales + antrópicos (rosado). IPCC AR4	21
Figura 6.	Evolución de la temperatura media global en distintos escenarios (SRES). IPCC Cuarto Informe de 2007.	22
Figura 7.	Evolución de la temperatura, el nivel medio del mar y la superficie cubierta con hielo. IPCC, Cuarto Informe de 2007.	22
Figura 8.	Zonas del país (NW = Noroeste, NE = Noreste, SW = Suroeste, y SE = Sureste)	28
Figura 9.	Simulación de creciente a 3 m	39
Figura 10.	Casco histórico (3m)	40
Figura 11.	Costa sumergida al Sur de Zona Franca y Malvinas (3m).	40
Figura 12.	Costa sumergida al Sureste de la Zona Franca (3m).	41
Figura 13.	Costa y playas sumergidas al Este de la ciudad (3m).	41
Figura 14.	Playas y línea de costa al norte hacia Real de San Carlos (3m).	42
Figura 15.	Casco histórico (1m).	42
Figura 16.	Playa sumergida al sur de la Zona Franca y Malvinas (1m).	42
Figura 17.	Playa sumergida al este de Colonia (1m).	43
Figura 18.	Playas sumergidas al este de Colonia del Sacramento (1m).	43
Figura 19.	Bajos y bañados del Arroyo La Caballada en la zona urbana (límite en rojo)	44

Intendencia de Colonia

Walter Zimmer, Intendente del Departamento de Colonia

Pablo Manitto, Secretario General de la Intendencia de Colonia

Walter Debenedetti, Secretaría de Planificación y Ordenamiento Territorial (SPOT/IC)

Gabriel Gonzalez Abella, Secretaría de Planificación y Ordenamiento Territorial (SPOT/IC)

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Equipo del PNUMA, Oficina Regional para América Latina y el Caribe:

Margarita Astrálaga, Directora y Representante Regional del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Graciela Metternicht, Coordinadora de la División de Evaluación y Alerta Temprana (DEAT)

Diego Martino, Coordinador Nacional en Uruguay, PNUMA

Patricia Miranda, Consultora de la División de Evaluación y Alerta Temprana (DEAT)

Centro Interdisciplinario de Estudios Sobre el Desarrollo (CIEDUR)

Walter Oyhantcabal, Consultor en Cambio Climático (IPCC)

Carlos Perez Arrarte, Área Desarrollo y Medio Ambiente, CIEDUR.

ABREVIATURAS Y SIGLAS

DNM	Dirección Nacional de Meteorología
MIEM	Ministerio de Industria, Energía y Minería
FREPLATA	Proyecto Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la Contaminación y Restauración de Hábitat
FOSP	Factor de Ocupación de Suelo Permeable
GIZC	Gestión Integrada de Zonas Costeras
IC	Intendencia de Colonia
INE	Instituto Nacional de Estadística
MGAP	Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca
MINTURD	Ministerio de Turismo y Deportes
MSP	Ministerio de Salud Pública
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
MVOTMA	Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
OPP	Oficina de Planeamiento y Presupuesto
OSE	Obras Sanitarias del Estado
PBI	Producto Bruto Interno
CTMFM	Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo
CARP	Comisión Administradora del Río de la Plata
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PCS	Patrimonio Cultural Subacuático
RPFM	Río de la Plata y su Frente Marítimo
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
UCC	Unidad de Cambio Climático
ZFC	Zona Franca de Colonia
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (en ingles)
SPOT	Secretaría de Planeamiento y Ordenamiento Territorial, IC

“LA GRAN MAYORÍA DE NUESTROS MALES FÍSICOS SON OBRA NUESTRA. TENIENDO EL CASO DE LISBOA HAY QUE CONSIDERAR QUE SI NO HUBIERA HABIDO 20 MIL CASAS DE 6 O 7 PISOS Y QUE SI LOS HABITANTES DE ESTA GRAN CIUDAD HUBIERAN ESTADO MEJOR Y MÁS LIGERAMENTE DISTRIBUIDOS, EL DAÑO HUBIERA SIDO MUCHO MENOR Y QUIZÁS INCLUSO NULO, COMO SI NADA HUBIERA OCURRIDO…”

J.J. Rousseau en carta a Voltaire, sobre el terremoto y posterior tsunami que casi destruyeron Lisboa. 1755

PREFACIO

Megaciudades, ciudades grandes, intermedias y pueblos son ecosistemas urbanos igualmente vulnerables al cambio climático. Millones de personas en núcleos de población de todo el mundo se verán afectadas por el aumento del nivel del mar, el incremento de las precipitaciones (en algunas zonas), inundaciones en zonas ribereñas, eventos hidrometeorológicos de mayor frecuencia e intensidad, periodos de calor y frío extremos, y la propagación de enfermedades. El cambio climático afectará también a las infraestructuras, empeorando el acceso a los servicios urbanos básicos y la calidad de vida en las ciudades.

En respuesta a la necesidad de evaluar la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el ámbito de las ciudades, el PNUMA desarrolló una nueva herramienta, complementaria a la metodología para la preparación de los Informes GEO (Evaluación Ambiental Integrada, por sus siglas en inglés) Ciudades. Dicho instrumento pretende apoyar a gobiernos y otras instituciones en los procesos de monitoreo, recopilación de datos, investigación, análisis, reportes, alerta temprana y manejo de redes de información, con el propósito de ampliar las capacidades técnicas e institucionales en el contexto del cambio climático.

Así, respondiendo al interés de la Intendencia Departamental de Colonia (IC), y con el apoyo técnico del Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo (CIEDUR), se ha elaborado el estudio de "Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático (VIA, por sus siglas en inglés) de Colonia del Sacramento". Este estudio amplía el trabajo de investigación y análisis de las condiciones ambientales de Colonia del Sacramento expuestas en 2009 en el GEO Colonia.

El informe VIA Colonia es de gran relevancia para esta urbe, pues facilita la comprensión de los impactos que fenómenos globales como el cambio climático, podrían tener en su territorio, y así responder a las prioridades establecidas en el Plan de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible establecido por la Intendencia de Colonia. El análisis realizado trata de propiciar una gestión de riesgos adecuada a la diversidad y gravedad de los problemas de naturaleza climática que podrían presentarse en el futuro, y que podrían poner en riesgo la sostenibilidad de este centro urbano.

El informe VIA Colonia señala como posibles impactos principales del cambio climático el aumento en la frecuencia de los episodios de cianobacterias que se han registrado en los últimos años – asociados al incremento de las temperaturas; la exposición permanente y recurrente a inundaciones producto de la mareas; el retroceso y la erosión del litoral, que conllevaría la pérdida de playas, afectando duramente al sector económico relacionado con la actividad turística; así como los efectos, no menos importantes, sobre los ecosistemas marino costeros y las actividades que de ellos dependen.

Aunque los impactos del cambio climático sobre la ciudad de Colonia del Sacramento son difíciles de estimar, como señala el informe, la adaptación a través de medidas preventivas es una respuesta efectiva para reducir la vulnerabilidad, disminuyendo así las posibles pérdidas materiales y humanas, frente a situaciones recurrentes como las inundaciones.

Esperamos que los resultados presentados favorezcan y refuercen las consideraciones ambientales contenidas en el modelo de ordenamiento territorial propuesto por la Intendencia de Colonia, para que esta ciudad patrimonial y costera, se convierta en un núcleo verde y en un polo de desarrollo sostenible para la región.

Margarita Astrálaga

Directora y Representante Regional para la América Latina y el Caribe

Programa de las Naciones de las Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

I.
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

1. El presente estudio es el resultado de un Acuerdo realizado entre el Programa de Naciones para el Medio Ambiente (PNUMA), representado por su Oficina Regional para América Latina y el Caribe (ORPALC), la Intendencia Departamental de Colonia (IC), y el Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo (CIEDUR), con el objetivo de facilitar por parte del PNUMA la asistencia técnica y el financiamiento al Gobierno de Colonia y a CIEDUR, para elaborar, publicar y difundir un ensayo piloto del nuevo módulo sobre cambio climático para los informes GEO Ciudades. Este módulo es complementario del Informe GEO Colonia del Sacramento, publicado en 2009 por las tres instituciones. [1].

2. El informe GEO Colonia del Sacramento se centró en identificar las presiones sobre el ambiente urbano resultantes del desarrollo económico y la evolución social, el estado del ambiente, los impactos generados y las respuestas de la sociedad local que están en curso o se prevén para el futuro próximo. En este estudio se trata de avanzar sobre los impactos de fenómenos globales como el cambio climático, generando bases para procesos de adaptación específicos[1]. Esto parece particularmente importante porque no se ha desarrollado aún en Colonia del Sacramento una gestión de riesgos adecuada a la diversidad y gravedad de problemas de naturaleza climática que se pueden presentar en el futuro. Y toda gestión urbana lleva implícita una mirada de largo plazo. Como establece Hansen [2], el ordenamiento del territorio es una actividad orientada al futuro, fuertemente condicionada por el pasado y el presente, lo que lleva a la necesidad de desarrollar capacidades analíticas, de solución de problemas y de toma de decisiones.

3. El marco conceptual y metodológico del estudio constituye una aplicación de la Metodología para Informes GEO del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (matriz FMPEIR, la ciudad como ecosistema urbano). El GEO-Colonia se realizó empleando el marco conceptual y el proceso GEO-Ciudades desarrollado por el PNUMA, el Manual de Entrenamiento sobre Vulnerabilidad y Adaptación ante el Cambio Climático para GEO Ciudades (CIEM, 2009), citado de aquí en más como “MEVACC 2009” [3], el Manual de capacitación GEO para la realización de evaluaciones ambientales integrales y la elaboración de informes [4], y por último el Informe Perspectivas del Medio Ambiente: América latina y el Caribe GEO ALC 3, del PNUD [5].

4. El foco principal de los enfoques de GEO Ciudades es la acción del desarrollo urbano sobre el ambiente en la perspectiva de la sustentabilidad. En las evaluaciones GEO Ciudades se analiza la interacción entre el desarrollo urbano y el medio ambiente a través de la matriz Fuerzas motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta. El eje de elaboración de la evaluación es conocer específicamente cómo la urbanización incide sobre el medio ambiente por medio de factores que presionan los recursos naturales y los ecosistemas locales, dando origen a un determinado estado del medio ambiente – con impactos sobre la calidad de vida en las ciudades y provocando respuestas específicas del gobierno y sociedad local. Las fuerzas motrices se desprenden del contexto socio-económico, el “estado” refiere a la

1. El Informe GEO Colonia del Sacramento es una referencia permanente de este documento, del cual solo se transcribió algunos elementos básicos.

condición del ambiente, los “impactos” refieren a como se traducen las fuerzas motrices en la relación entre la sociedad y el ambiente, y las “respuestas” refieren a las políticas e instrumentos para la gestión ambiental urbana. El análisis puede incorporar escenarios de desarrollo a mediano y largo plazo en términos de fuerzas motrices e impactos.

5. El MEVACC 2009 fue desarrollado como un complemento a la Metodología para preparación de informes GEO Ciudades en relación a las estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático de las ciudades como ecosistemas urbanos, en el marco del desarrollo sostenible.

6. El propósito de este estudio es incorporar la visión sobre los impactos de fenómenos globales como el cambio climático, generando bases para procesos de adaptación específicos. El informe de GEO Colonia reconocía que no se ha desarrollado aún una gestión de riesgos adecuada a la diversidad y gravedad de problemas que eventualmente se pueden presentar por los impactos del cambio climático.

7. Siguiendo la metodología señalada se atenderá en este estudio, en una visión general, a las fuerzas motrices y presiones que ejerce y es esperable que ejerza el cambio climático sobre Colonia del Sacramento, el estado del medio ambiente ante estas presiones, los impactos que genera y puede generar a mediano y largo plazo y las posibles respuestas en términos de políticas e instrumentos de gestión ambiental urbana. En el análisis de las implicancias del cambio climático para las ciudades, se destaca como especialmente relevante el carácter costero del centro urbano, como es el caso de Colonia del Sacramento.

8. El proceso de preparación del Informe se inició con la realización en la ciudad de Monevideo de un taller organizado por la Oficina de PNUMA en Uruguay, de capacitación sobre el Manual de Entrenamiento sobre Vulnerabilidad y Adaptación ante el Cambio Climático para GEO Ciudades (CIEM, 2009), en el que participaron - entre otros- funcionarios y técnicos de la Intendencia de Colonia, e integrantes del cuerpo técnico de CIEDUR que tuvieron a su cargo la coordinación técnica de la elaboración del Informe. Posteriormente se realizó un Taller de Capacitación y Orientación para la elaboración del Informe “Perspectivas de la vulnerabilidad y adaptación ante el cambio climático en el Medio Ambiente Urbano de Colonia del Sacramento, en el local de la Fundación Fontaina Minelli, Centro Histórico de Colonia del Sacramento, 18 de agosto de 2010. Participaron 26 personas (10 mujeres y 16 hombres), integrantes del gobierno local, organismos nacionales y la UDELAR, sectores económicos y sociedad civil.

9. Con los aportes de los participantes en el Taller, se realizó la preparación del Informe por parte del equipo técnico de CIEDUR[2], y de la dirección y los técnicos de la Secretaría de Planeamiento y Ordenamiento Territorial (SPOT)[3] de la Intendencia de Colonia. Los autores agradecen especialmente a todos los colaboradores y participantes, a la Fundación Fontaina Minelli por su apoyo logístico, y a las autoridades de la Intendencia de Colonia que facilitaron todo lo requerido para la preparación del informe.

10. El presente documento tiene el siguiente contenido: en el capítulo 2 se presenta características generales de la ciudad de Colonia del Sacramento en términos geográficos, demográficos y urbanos. En el capítulo 3 se

2. Los responsables del equipo de CIEDUR fueron Walter Oyhantcabal y Carlos Perez Arrarte.
3. Walter Debenedetti y Gabriel Gonzalez Abella.

presentan elementos sobre la dinámica del Río de la Plata y de la costa de Colonia, que son esenciales para comprender los impactos que el cambio climático puede producir. El capítulo 4 considera la exposición de Colonia del Sacramento al cambio climático, y para ello presenta información sobre las tendencias globales en la exposición a riesgos climáticos, analiza la evolución del clima del Uruguay y del departamento de Colonia en las últimas décadas, y describe escenarios climáticos plausibles. En el capítulo 5 se analiza la vulnerabilidad de Colonia del Sacramento al cambio climático y sus impactos. En el capítulo 6 se realizan mapas de vulnerabilidad y se identifican sitios críticos en función de la magnitud de los impactos. Finalmente el capítulo 7 presenta las principales conclusiones del estudio.

II.
COLONIA DEL SACRAMENTO CIUDAD COSTERA: SITUACIÓN Y ESTADO

11. Colonia del Sacramento se ubica en la denominada Punta San Pedro, sobre el Río de la Plata (RP), en el punto donde se traza la línea imaginaria entre el llamado RP superior, y el tramo denominado RP Intermedio. La ciudad se ubica en las coordenadas 34º28´11"S y 57º50´48" (figura 1).

12. Presenta una altitud destacada sobre el nivel del Río, y la orientación general de la costa y el paisaje varían a ambos lados de la Punta de San Pedro:

i) la costa entre Punta de San Pedro y Punta Conchillas está en dirección predominante SE, siendo relativamente elevada, con presencia de médanos y barrancas;

ii) el sector desde Punta San Pedro hasta Punta Hornos, conforma la denominada "Ensenada de Santa Rita";

iii) en el tramo a este de Punta San Pedro hasta la desembocadura del Aº Cufré, la costa presenta la dirección general hacia el Este, con presencia de arcos de playa.

13. La forma dominante del litoral costero son las playas arenosas. Las mismas actúan como zonas de amortiguación, protegiendo las tierras y las obras de infraestructura adyacentes de la acción directa del oleaje.

14. Los principales cursos de agua son los arroyos La Caballada, Riachuelo, del Caño, y el estuario del Río de la Plata, seguidos por una serie de cursos de menor envergadura.

15. Colonia del Sacramento es una ciudad de larga trayectoria histórica, convertida hoy en uno de los polos económicos más importantes de la región suroeste del Uruguay. Su ubicación en la margen norte del Río de la Plata, separada de la ciudad de Buenos Aires por 50 km del Estuario, y a 180 km de Montevideo, en el acceso a las subcuencas de los ríos Paraná, Paraguay, Uruguay y Salado, le confirió desde muy temprano en el proceso colonizador un valor estratégico. Las señas de las disputas coloniales y de sus sucesivos ocupantes quedaron plasmadas en su Barrio Histórico, que actualmente integra la Lista del Patrimonio Cultural de la Humanidad de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura).

16. Su población de 22.000 habitantes se corresponde con un centro urbano de escala pequeña a mediana, pero su inserción en un circuito socioeconómico regional de gran relevancia, implica importantes presiones sociales, económicas, y ambientales para la ciudad. La ciudad es capital de uno de los 19 departamentos en que se estructura el territorio de Uruguay (Colonia), caracterizado por una producción agropecuaria semiintensiva y agroindustrias para su transformación, en un paisaje de relieve ondulado de praderas y tierras de agricultura. Es uno de los departamentos con mejores indicadores de calidad de vida del país.

17. Los principales sectores económicos de Colonia del Sacramento son el turismo, el puerto y la zona franca. Otras actividades económicas de relevancia en la ciudad son los servicios

públicos (Gobierno Departamental, educación, salud, previsión social, seguridad, agua, energía, saneamiento), bancos, comercios, y comunicaciones entre otras. La actividad turística está fuertemente vinculada a la explotación de la bahía de Colonia y del Barrio Histórico (antes Barrio Sur), que fuera declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad en 1995. De acuerdo a las estimaciones realizadas por el Observatorio Turístico, el número total de visitantes que recibe el destino es de aproximadamente 300.000 visitantes anuales, o sea 15 veces su población estable.

Figura 1. Ciudad Colonia del Sacramento

Fuente IMPE-UBA

18. El informe GEO Colonia del Sacramento concluyó que el aumento de la mancha urbana trajo consigo presiones e impactos sobre la costa, como ser: vertimiento de aguas domésticas, impermeabilización del suelo y cambios en la escorrentía, forestación con especies exóticas, desarrollo de vías de tránsito vehicular en la costa y de construcciones rígidas en los espacios costeros, extracción de arenas. Esta tendencia ha afectado la estructura y calidad de las playas que contornean la ciudad, y que son altamente valoradas por la población local, y estratégicas económicamente por su valor como atractivos turísticos. Como se verá más adelante, algunas de estas acciones, tomadas cuando no se tenía noción clara de los escenarios con cambio climático por venir, significaron un involuntario aporte a aumentar la vulnerabilidad de la ciudad.

19. Asimismo, el informe señaló que la naturaleza de ciudad costera internacional, presencia del puerto comercial y del puerto deportivo, la gran circulación de personas, cargas, medios de transporte acuático y terrestre, eventual presencia de productos peligrosos y otras amenazas, configuran un escenario de vulnerabilidad por la presencia de estas diversas fuentes de riesgos para la vida de la ciudad.

20. En 2008 se produjo el Plan Director de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de la ciudad de Colonia del Sacramento ("Ciudad de Colonia 2025"). Las ideas fuerza del modelo territorial son: una ciudad verde, una ciudad costera, una ciudad patrimonial, y una ciudad polo de desarrollo. En lo que respecta a la preservación del medio ambiente en el Plan se prevé: i) el pasaje de tierras costeras al dominio público; ii) la protección de los cursos de agua y su entorno evitando se pueblen densamente; iii) la conservación y desarrollo de la Zona de Protección de la Cuenca de La Caballada; iv) revertir el proceso de deterioro del arco de playas de la Bahía de Colonia del Sacramento; v) la implementación del Programa de Adaptación al Cambio Climático; vi) un Sistema de Espacios Verdes con un total de 30 parques, plazas y espacios públicos; vii) el manejo de los residuos sólidos domiciliarios del Vertedero Municipal para disminuir impactos ambientales negativos y generar fuentes de trabajo directas e indirectas [6].
.

21. La adaptación al cambio climático (punto v del programa) se ubica por lo tanto entre las prioridades de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible establecidas por las autoridades municipales.

22. Una visión global de la ciudad se aprecia en el cuadro 1, de acuerdo a la metodología del MEVCC 2009.

Cuadro 1. Perfil socioeconómico y climático de la Ciudad según la metodología del MEVCC 2009.

Ciudad	País	Potencial Económico	Desarrollo Social (IDH)	Población	Vulnerabilidad ante CC	Relevancia socioeconómica y política
ALC						
Colonia del Sacramento	Uruguay	M (0,683)	A (0,814)	P 22.000 hab. en 2010	B situada en la costa del Río de la Plata	Capital del Departamento de Colonia. Próxima a Montevideo y Buenos Aires. Puerto. Importante punto de ingreso fluvial de turismo. Patrimonio Histórico de la UNESCO.

23. Como se observa, es clasificada como de potencial económico M (medio), desarrollo humano A (alto) y vulnerabilidad B (bajo).

III.
DINÁMICA DEL RÍO DE LA PLATA Y LA REGIÓN COSTERA DE COLONIA DEL SACRAMENTO

24. El Río de la Plata es un estuario particular. Comprender su dinámica es básico para cualquier política de adaptación a procesos que modifiquen los procesos que en él se desarrollan y su relación con las costas. Recibe las descargas del Río Paraná y Uruguay, y descarga a su vez en el Océano Atlántico, generando una zona de mezcla de características mixohalinas. En él Río de la Plata convergen señales de procesos transfronterizos, originados en países de sus márgenes y en la enorme extensión de su cuenca, de unos 3:200.000 km2, la segunda en tamaño en América del Sur.

25. Las principales forzantes del Río de la Plata que influyen sobre la circulación del agua son la descarga fluvial de los tributarios, la onda de marea oceánica, y los vientos que soplan sobre la superficie del agua. Asimismo presenta gran relevancia la variabilidad espacio-temporal de parámetros fisicoquímicos, particularmente la salinidad, generándose fenómenos que dan origen a sectores de gran valor ecológico: el Frente de Turbidez, y el Frente Salino, este último constituyendo un ecotono entre aguas de origen continental y aguas costeras de la plataforma continental interna. El efecto de las forzantes está condicionado a su vez por la configuración de la línea de costa y por la batimetría (Acha et al. 2004). Como se ve se trata de un ambiente caracterizado por el cambio y la variabilidad.

26. Los vientos en general son leves y la intensidad promedio anual es muy uniforme elevándose a cerca de 5m s en la costa (Nagy et al. 1998). Los más intensos son los provenientes del sector Sur (SE, E y SW), mientras que los más débiles provienen del sector norte (NW). El Río de la Plata se encuentra en una de las áreas de mayor ciclogénesis del Hemisferio Sur, con una frecuencia media de 120 días.

27. El Río de la Plata tiene un régimen astronómico micromareal con desigualdades diurnas y grandes diferencias entre pleamares o bajamares consecutivas. En el curso superior del río, el rango de amplitudes para la marea es de aproximadamente 0.8 m. Dicho rango alcanza a un metro sobre la costa bonaerense pero sólo un tercio de ese valor en la costa del departamento de Colonia, con una propagación de la onda mareal de sur a norte. Complementariamente, el viento es una forzante del nivel del mar muy importante, causando crecidas o bajantes extraordinarias (como es el caso de las sudestadas, entre otros ejemplos).

28. Vale la pena resaltar, como dice Barros [7], que el Río de la Plata es un estuario de agua dulce con características únicas en el planeta (figura 2). Nace con un ancho de 50 Km, y se ensancha hasta alcanzar 90 Km en la sección Montevideo – Punta Piedras. Hasta allí se lo denomina el Río de la Plata interior. El frente de salinidad está algo más afuera de esta sección. Aguas abajo de este frente, aunque la salinidad es menor que la del océano, aumenta gradualmente hasta que en la sección Punta del Este – Punta Rasa -considerada el límite exterior del Río de la Plata- alcanza valores oceánicos. En esa sección alcanza nada menos que un ancho de 200 Km.

29. Las dimensiones y forma del RP junto con su muy pequeña pendiente del orden de 0.01 m / Km, favorecen la dinámica de tipo marítimo en el sentido que las mareas de origen astronómico y o forzadas por los vientos se propagan desde el océano sin solución de continuidad. La reducción progresiva hacia su interior de su profundidad y ancho hace que estas mareas aumenten en altura a medida que se propagan hacia su interior. Como señala Bischoff, el Río de la Plata tiene una disposición geográfica en dirección noroeste-sudeste de manera que cuando está afectado por fuertes vientos del sudeste el nivel del agua asciende [8].

30. Señala Barros que "las tormentas con fuertes vientos del Sudeste arrastran las aguas hacia el interior del Río de la Plata y producen mareas muy altas, especialmente cuando se superponen con importantes mareas astronómicas. Estos eventos son conocidos locamente como sudestadas y son la causa de inundaciones a lo largo de las costas bajas de la margen argentina.

Figura 2. Río de la Plata y principales ciudades.

Fuente CONAE, 2009

31. La marea es más alta en la costa argentina que en la uruguaya debido al efecto de la fuerza de Coriolis, pero a ello se suma que la costa argentina es además baja, por lo que las sudestadas más intensas dan lugar a inundaciones en la Bahía de Samborombóm, en las costas bajas del sur del Gran Buenos Aires, y en los tramos cercanos a la desembocaduras del Riachuelo y del río Reconquista, así como en el frente del delta del Paraná".

32. La zona costera constituye una interfase, de ancho variable, entre el ámbito terrestre y el ámbito acuático; en ella el uso de la tierra y las características ambientales afectan directamente las condiciones ecológicas en el medio acuático, y viceversa. Ecológicamente es un área de actividad bio-geoquímica muy dinámica, pero con una limitada capacidad para soportar las alteraciones antrópicas y los intensos procesos de producción, consumo e intercambio que en ella ocurren.

33. Por otra parte, la zona costera en la ciudad se encuentra amenazada o presionada por: (i) el creciente impacto antrópico, causado por el desarrollo y crecimiento de las áreas urbanas en el medio costero, que implica la utilización y explotación de los recursos costeros con objetivos económicos y sociales (urbanización, industria, turismo y recreación, pesca y transporte, infraestructura, etc.), tendrá un importante efecto sinérgico, amplificando tanto los efectos naturales como los asociados al incremento del nivel del mar y, muy probablemente, intensificando la erosión costera. (ii) las consecuencias del cambio climático, probablemente implicará, entre otros efectos, el incremento de la temperatura y del nivel del mar, la alteración de los regímenes hidrológicos locales y regionales, y modificaciones en la frecuencia y magnitud de las tormentas.

34. La ciudad tiene un arco de playas arenosas que se extiende desde el puerto de yates del Club de Yachting y Pesca, en dirección al Real de San Carlos, por aproximadamente 4 kilómetros (figura 3). Es un lugar de alto valor en verano para actividades de esparcimiento de los turistas y de los colonienses. Este arco de playa citado ha sufrido y continúa sufriendo un proceso de erosión de barrancas, de disminución del ancho de playas y de deterioro de las mismas por la proliferación de juncales en algunas zonas. La Intendencia de Colonia contrató una consultoría (Piedra Cueva y Texeira, 2000), referida al diagnóstico y opciones para la problemática de la zona costera de la Playa Municipal y Real de San Carlos de la ciudad de Colonia. Los problemas centrales hacían referencia a la pérdida progresiva de ancho de playa, el avance de juncales, los retrocesos de barrancas y la desestabilización de los terraplenes sobre los que se instaló la rambla costera [9] (figura 4).

35. El estudio es muy importante porque identificó las causas de los problemas señalados e identificó opciones de intervención para su reversión. Las causas identificadas están asociadas a un conjunto de procesos entre los que destacan la extracción de arena, la eliminación del cordón dunar, la forestación, la instalación de infraestructura vial, así como a obras duras para defensa de la playa que no consideraron adecuadamente la dinámica de los sedimentos. Estos procesos aumentaron la sensibilidad de la playa a los eventos recurrentes de crecientes y oleaje.

36. Si bien estos procesos estaban en la fecha del estudio en una fase de equilibrio, es razonable pensar que el cambio climático con su tendencia al aumento del nivel del mar y promover eventos extremos más frecuentes, generará mayores presiones que pueden conducir a un nuevo estado de mayor degradación y pérdida de recursos costeros. En consecuencia parece importante reconsiderar y actualizar los referidos estudios a la luz de los escenarios climáticos, que significarán un aumento de la exposición a presiones producidas por el mar y los vientos.

37. El retroceso ocurrido en las barrancas se evidencia muy claramente en el sector de la bahía más cercano a la ciudad, en donde el paulatino desmoronamiento de las paredes verticales, constituidas por la formación geológica Camacho, tiene como consecuencia un aporte de sedimentos que a su vez sirven de base a la vegetación que ha terminado por cubrir totalmente la arena de la playa Las Delicias.

Figura 3.Acciones antrópicas y transformaciones en la Bahía de Colonia del Sacramento

Fuente: Gonzalez Abella, G., 2008

Figura 4. Playa Real de San Carlos; detalle erosión de barrancas.

Fuente: Vega, F., 2009

IV.
EXPOSICIÓN DE COLONIA DEL SACRAMENTO AL CAMBIO CLIMÁTICO

A. Tendencias globales en la exposición a riesgos climáticos

38. Los informes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) representan el conjunto más completo y autorizado sobre el estado de conocimiento respecto al cambio climático. En su Cuarto Reporte de 2007 el IPCC concluyó que el cambio climático y el calentamiento global son inequívocos. Asimismo, concluyó que hay más de 90% de probabilidad de que el calentamiento global observado sea principalmente atribuible a las actividades humanas que liberan gases de efecto invernadero [10].

39. Los escenarios de evolución de las emisiones elaborados por el IPCC, conocidos como SRES, son un componente clave de los análisis de vulnerabilidad a largo plazo. Esto se debe a que la severidad de los impactos del cambio es una función de como evolucione la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, dato desconocido, ya que depende de variables como la evolución de la población, los estilos de desarrollo, el uso de tecnologías más o menos emisoras, etc. En consecuencia, no hay un único futuro posible. Como señala Barros, [7] "la evolución de las emisiones de los GEI en el futuro va a depender de numerosos factores cuya predicción es bastante compleja. Ellos son el crecimiento económico y demográfico, los cambios tecnológicos e incluso el desarrollo hacia una sociedad con mayor o menor equidad. Por último, pero no menos importante, dependerá también de las respuestas colectivas de la humanidad para reducir o al menos disminuir la tasa de crecimiento de las emisiones".

40. El IPCC con sus escenarios ha buscado representar (no pronosticar) un rango de escenarios plausibles. Aquellos escenarios de mayores emisiones estarán asociados a mayor calentamiento global y a mayores impactos climáticos. Por ello mitigación (ataque de las causas) y adaptación (adecuarse a las consecuencias) son dos caras de una misma moneda, aunque inversamente relacionados. A mayor esfuerzo mundial de mitigación menores impactos y menores costos de adaptación.

41. La temperatura global media ha subido 0,74 °C desde el inicio de la era industrial, y no son principalmente explicables por las actividades humanas (Figura 5). Según los escenarios del IPCC en los próximos 100 años podría ocurrir un aumento de entre 1.4 y 5.8 °C, lo que traería aparejados aumentos en el nivel del mar y alteraciones en los patrones de precipitación y eventos meteorológicos extremos (Figura 6).

42. El aumento del nivel del mar (Figura 7) es resultado de dos fenómenos simultáneos: dilatación del agua al aumentar su temperatura, y derretimiento de los hielos. Los aumentos esperados en el nivel del mar que presenta el IPCC es ubican en rangos de 54 a 89 cm, sin considerar los cambios en las dinámicas de las capas de hielo.

Figura 5.Comparación del cambio observado en la temperatura media global (línea negra) con los resultados simulados por modelos climáticos usando solo los forzantes naturales (azul) y naturales + antrópicos (rosado). IPCC AR4

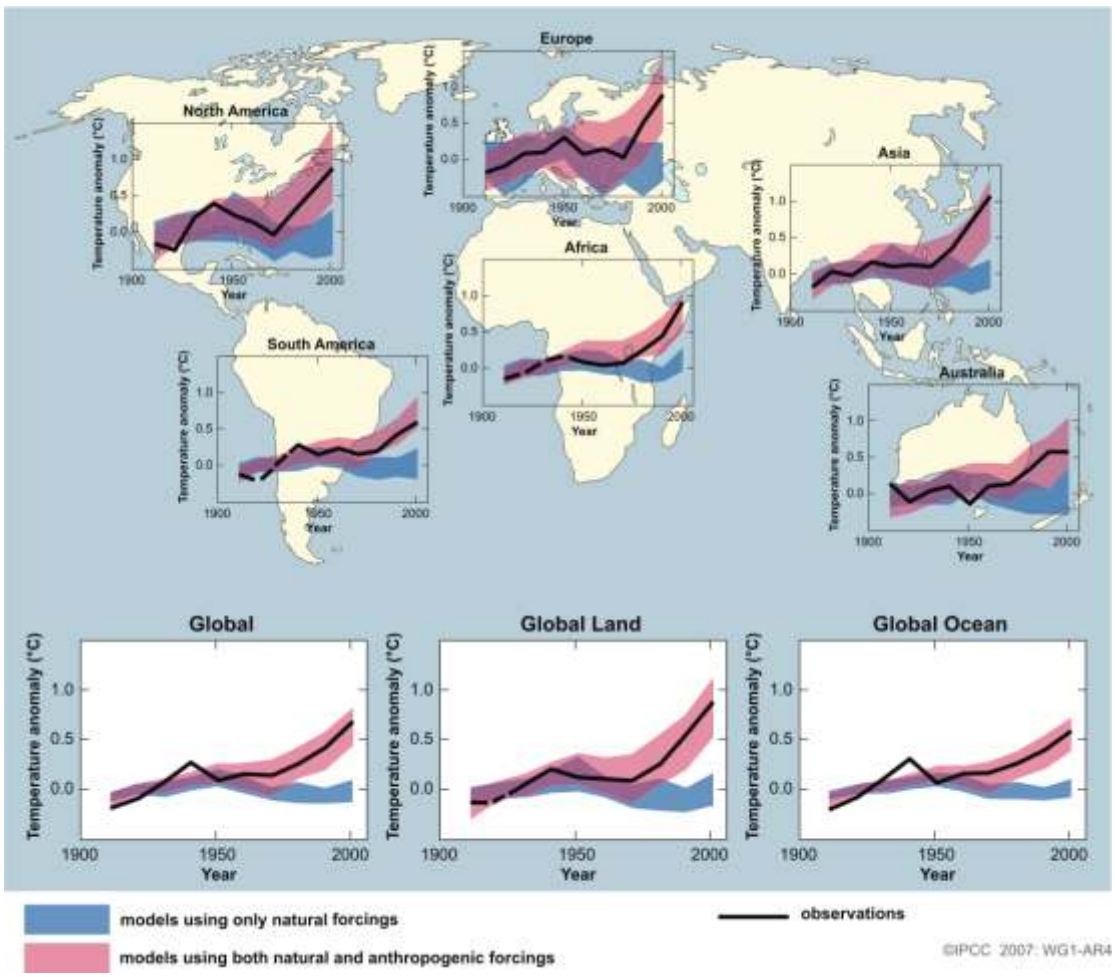


Figura 6. Evolución de la temperatura media global en distintos escenarios (SRES). IPCC Cuarto Informe de 2007.

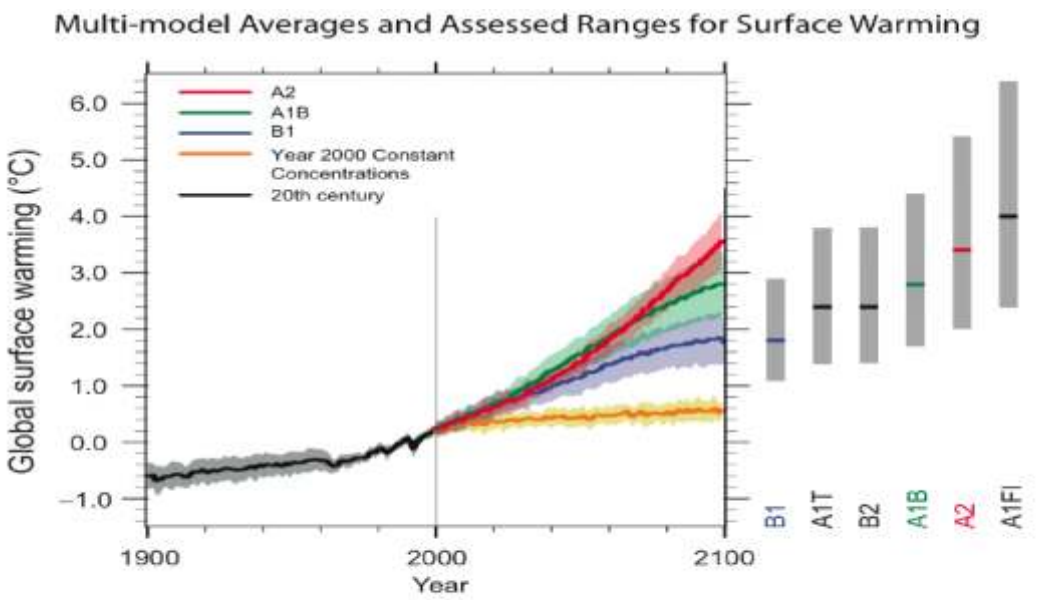


FIGURE SPM-5. Solid lines are multi-model global averages of surface warming (relative to 1980-99) for the scenarios A2, A1B and B1, shown as continuations of the 20th century simulations. Shading denotes the plus/minus one standard deviation range of individual model annual averages. The orange line is for the experiment where concentrations were held constant at year 2000 values. The gray bars at right indicate the best estimate (solid line within each bar) and the *likely* range assessed for the six SRES marker scenarios. The assessment of the best estimate and *likely* ranges in the gray bars includes the AOGCMs in the left part of the figure, as well as results from a hierarchy of independent models and observational constraints. {Figures 10.4 and 10.29}

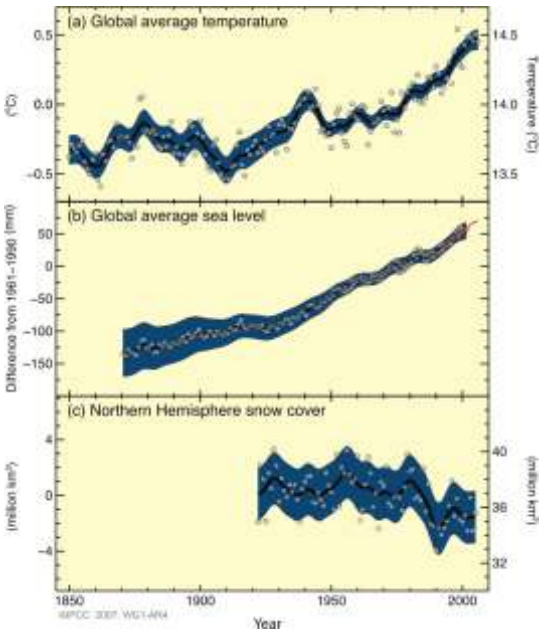


Figura 7. Evolución de la temperatura, el nivel medio del mar y la superficie cubierta con hielo. IPCC, Cuarto Informe de 2007.

43. No obstante lo preocupante de las conclusiones del último informe del IPCC, el conocimiento generado luego de su publicación indica que muchos riesgos pueden ahora ser evaluados en forma más fuerte que en este informe, incluyendo el riesgo de un mayor aumento del nivel del mar en el presente siglo, por la amplificación del calentamiento global debida a razones como la retroalimentación biológica y geológica del ciclo del carbono, un gran calentamiento aún enmascarado por aerosoles, y sustanciales aumentos en la variabilidad climática y los eventos extremos. Nueva información como la que aporta la Deltacommissie de Holanda 2008 apunta a que, como mínimo, la temperatura media global aumentaría 2°C y el nivel del mar

aumentaría entre 0,65 cm y m 1,3 hacia el fin de este siglo [11]. Al mismo tiempo se ha revisado al alza el riesgo de discontinuidades de gran escala –una de las llamadas grandes razones de preocupación ("RFC") identificadas por el IPCC- por ejemplo un importante derretimiento de los hielo de Groenlandia y de la Antártida Occidental, tiene potencial para generar aumentos mayores en plazos largos (Smith et al. 2008, Townsend, M.[12; 13]).

44. Un calentamiento global altamente probable de 1,5 a 2,5 °C sobre los niveles pre-industriales podría disparar la pérdida total de los hielos árticos en el verano, y un encogimiento generalizado o derretimiento completo de la capa de hielos de Groenlandia. Combinando modelos climáticos y datos paleoclimáticos, un aumento del nivel del mar de 2,0 metros ha sido estimado como el máximo que podría ocurrir hacia el 2100, ubicándose el mejor estimador en 0,8 metros (Pfeffer et al. 2008, [14]).

45. Por su parte, el aumento del nivel **medio** del mar sólo es una de las dos amenazas que establece el contacto con el medio marino para la localización costera de Colonia del Sacramento, ya que el nivel del mar varía fuertemente con los vientos (y su dirección), las mareas, las ondas de tormenta, y el aporte caudal de descarga de los tributarios del Rio de la Plata, adicionado al efecto de las mareas. Para que las mareas se desarrollen, se necesita grandes extensiones de agua y muy profundas; al contrario a lo que se cree, las aguas del estuario rioplatense no son influenciadas directamente por la atracción de los astros, sino que lo hacen indirectamente por acción del nivel de las aguas del océano Atlántico.

46. Las aguas del Río de la Plata fluyen constantemente en dirección al mar a razón de unos 2,5 millones de Km3/año. Cuando el mar crece por influencia de los astros, estos millones de metros cúbicos de agua dulce, encuentran un *tapón* que impide su normal descarga al mar, con lo cual el agua de río comienza a crecer en forma escalonada desde la zona de transición hacia el interior del Río de la Plata. Así, por ejemplo, Montevideo recibirá primero las mareas altas que Colonia. En bajamar ocurre el proceso contrario: las aguas del mar comienzan a bajar y esto permite que el agua dulce descargue normalmente, siendo los puertos más al este los primeros que se quedarán con bajos niveles de agua.

47. Este efecto *tapón o apilado* por aumento del nivel del mar se produce y es muy significativo para Colonia, en particular en el Arroyo La Caballada. Caudales importantes por precipitaciones en su cuenca, sumados a aumentos en el nivel del mar llevan a aumentos de su cauce normal y han producido inundaciones por la dificultad para evacuar las aguas. Además de los impactos directos en la línea de costa sobre el estuario, esta transmisión aguas arriba por los cauces de los cursos de agua que desembocan en el río, representa otra fuente de impactos negativos que el cambio climático puede acentuar en su magnitud.

48. De esta manera los episodios puntuales de aumentos bruscos del nivel del mar tienen un potencial de daño muy significativo que es relevante considerar. Como indica Bischoff [8] el nivel del Río de la Plata está afectado por dos componentes asociadas a diferentes procesos físicos: la marea astronómica y la onda de tormenta. La onda de tormenta depende de la intensidad y la persistencia del viento del sector del cuadrante (este – sur) en el Río de la Plata y define la *sudestada* meteorológica. Se calcula por la diferencia entre el nivel observado del Río de la Plata y la altura provocada por la marea astronómica. Sabiendo que la altura media de la marea astronómica es de aproximadamente 0,90m (D'Onofrio y otros 1999), Bischoff define la onda de tormenta como aquella cuya altura es superior a 1,60m y persiste al menos durante 24 horas. Al adoptar este criterio un importante porcentaje de casos de *sudestadas* excederán el nivel de 2,50m.

49. Barros señala, por su parte, que aunque los vientos causan las mayores variaciones del nivel del estuario al generar mareas importantes y son también la mayor causa de las variaciones

estacionales a lo largo del año, los cambios que se prevén en el nivel del mar durante el siglo XXI serán el principal factor del cambio en el nivel medio de las aguas del estuario. La rotación esperada de los vientos medios del Noreste hacia el este contribuirá también al aumento del nivel medio del Río de la Plata, continuando la tendencia observada en los últimos 30 años, pero en una escala menor que el aumento del nivel del mar, quizás sólo 5 a 10 cm., mientras que los tributarios, tal como en el pasado sólo aportarán esos mismos centímetros en casos de crecidas excepcionales y sólo para la zona de la naciente del Río de la Plata [7].

50. Como se desprende, tomar decisiones solo en base a promedios esperados a largo plazo, sin considerar las fuentes de variabilidad y la incertidumbre implica el riesgo de subestimación de los escenarios de mediano plazo, que pueden inducir a una preparación insuficiente para dar cuenta de los impactos. Asimismo, pensar a largo plazo (año 2100) puede inducir a creer que estamos frente a una amenaza muy diferida en el tiempo, y en consecuencia puede llevar a la inacción. Si se incorpora el impacto de los eventos extremos (por ejemplo vientos fuertes, precipitaciones intensas, anomalías de caudal), capaces de producir aumentos temporarios muy significativos del nivel del mar, se llega a la conclusión de que el cambio climático no es un problema solo del futuro lejano sino también del presente. El mismo Barros menciona estudios (D´Onofrio, Fiore y Romero, 1999) que señalan para el puerto de Buenos Aires niveles sobre el nivel medio de 2,5 m con una recurrencia de 2,5 años, de 2,80 m con una recurrencia de 5 años y niveles de 3,10 m con una recurrencia de 11 años, considerando los últimos 50 años.

51. En términos de las influencias del cambio climático es muy útil caracterizar las marejadas y crecientes por su período medio de recurrencia, o sea el tiempo medio entre eventos de una altura particular. El aumento del nivel del mar producido por el cambio climático aumenta el impacto negativo de estos eventos porque aumenta el nivel de base desde el cual se producen. Los impactos pueden ser de dos clases: niveles del mar más elevados durante tormentas de una magnitud dada o, alternativamente, ocurrencia más frecuente de niveles del mar de una altura dada [15]. El análisis de series históricas de datos es relevante para definir las tendencias en variables clave como altura del mar y período medio de recurrencia.

52. Por su parte, debido a la inercia del sistema climático, aun cuando la humanidad emprendiera un poco probable sendero de drástica reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, los efectos se verían en plazos de décadas, por lo que la adaptación a un aumento de los impactos resulta inevitable.

53. Las áreas costeras son entonces particularmente vulnerables al cambio climático, pero además, las razones para preocupación están aumentando significativamente, como se ha dicho, respecto a los que se sabía pocos años atrás.

54. El planeta se encuentra en la difícil situación de continuo aumento de los riesgos climáticos y acortamiento de los plazos para poder instrumentar acciones de mitigación efectivas y equitativas. Como señala Fussel (2010) [16], del Potsdam Institute por Climate Change Impact Research, todos los estudios coinciden en que el futuro será más caliente y con mayores riesgos de eventos extremos (olas de calor, precipitaciones intensas, etc.). En consecuencia, desde la perspectiva de Colonia del Sacramento, evaluar la vulnerabilidad y tomar medidas de adaptación planeada ante el cambio climático y la variabilidad climática es esencial para superar problemas del presente y asegurar que la ciudad continúe siendo el sitio que sus habitantes y la sociedad toda aspiran, como espacio de vida, actividad laboral, turismo y preservación del patrimonio histórico [17].

B. Evolución del clima del Uruguay y el departamento de Colonia en las últimas décadas

55. El clima del Uruguay y del departamento de Colonia ha cambiado de manera significativa en las últimas décadas. Durante 1960-2000 hubo un incremento significativo de la precipitación media en el sudeste de América del Sur, donde está incluido Uruguay. Este incremento se manifestó principalmente durante la temporada de verano y en menor medida durante la primavera. Como señala Bidegain, este comportamiento sería consecuencia, entre otras causas, del desplazamiento de los anticiclones subtropicales hacia latitudes más altas que se ha registrado en las últimas décadas. A su vez, se verifica una leve tendencia general al aumento en el número de días con eventos intensos de precipitación, excepto en el sudoeste del País [18].

56. Durante 1960-2000 la temperatura media en el sudeste de América del Sur en general tendió a bajar [10]. Sin embargo, en el sur del Uruguay hay una tendencia lineal a la suba con un aumento de 0,3 ºC en ese período. En cuanto a extremos de temperatura, en los últimos 50 años hubo una tendencia a una menor ocurrencia en el número de noches frías y un aumento del número de noches cálidas, sobre todo durante el verano.

57. También hubo una disminución de los valores alcanzados por las temperaturas máximas anuales y un aumento en las temperaturas mínimas absolutas, evidenciando un enfriamiento de la época cálida del año junto con un calentamiento en la época fría. Por último, se verifica una tendencia a menor frecuencia de días con helada meteorológica.

58. Durante 1950-2000 hubo un incremento significativo en la ocurrencia de sudestadas (con ondas de tormenta > 1,6 m), pero no así en las sudestadas extremas (con onda de tormenta > 2,05 m) [9]. El nivel del mar en Montevideo registró una tendencia creciente promedio de 1,1 mm por año durante el siglo XX [20].

59. Además de los factores de carácter global que están influyendo sobre el aumento del nivel del mar (dilatación y deshielo), hay evidencias de factores locales en el Río de la Plata con influencia significativa sobre oscilaciones intra-anuales. En el Informe de AIACC “El Cambio Climático en el Río de la Plata”, Camilloni señala que la circulación sobre el Río de la Plata y el océano adyacente depende fuertemente del anticiclón subtropical del Atlántico sur, especialmente de su borde oriental, que desempeña un papel preponderante en la determinación de los vientos que afectan el estuario. La ubicación de este sistema de alta presión varía durante el transcurso del año y en consecuencia también la dirección del viento sobre toda la región de influencia. En verano y primavera (con menor intensidad en primavera) la dirección media del viento es del Este-Noreste sobre la mayor parte del estuario debido a que el anticiclón se centra alrededor de 35° S, 45° W. Esto es consistente con el nivel del agua más alto observado en esa estación. Durante el invierno los vientos medios provienen del Noroeste y la posición media del anticiclón subtropical del Atlántico sur es cercana a los 30° S. Finalmente, durante el otoño, el patrón de circulación en superficie sobre el estuario del Río de la Plata presenta una dirección media del viento que proviene del Noreste pero con valores más pequeños que los observados en las otras épocas del año [25].

60. Concluye Camilloni, que el análisis de modelos realizado detectó una tendencia del anticiclón subtropical del Atlántico Sur a intensificarse y desplazarse hacia el sur a partir de la década de 1970 y especialmente durante el verano. Este cambio observado trae como consecuencia una rotación e intensificación del viento hacia el Este sobre el estuario del Río de

la Plata y toda la zona de influencia siendo coherente con el aumento en el nivel medio de las aguas del río observado durante las últimas décadas.

61. Por otra parte, y para comprender el comportamiento del nivel del mar en Colonia, es necesario tener en cuenta los caudales del Río Uruguay y las anomalías extremas en el mismo. Según reporta Camilloni, se observa un notable incremento de los caudales medios anuales a partir de la década del '70 y también un incremento en la variabilidad y de las anomalías extremas. La vulnerabilidad de la región a inundaciones es influida por el impacto amplificado en los caudales de las tendencias de la precipitación. En el río Uruguay las mayores frecuencias de anomalías extremas se observan en las décadas del 80 y del 90. Berbery y Barros (2002) demostraron que en la cuenca del Plata la variabilidad en la precipitación es considerablemente amplificada en el correspondiente caudal. Sus resultados muestran que un aumento de un 23% en la precipitación en la cuenca del Plata entre dos años consecutivos (1998 y 1999) se manifiesta en un aumento del caudal del Río de la Plata del 44% ya que la evaporación e infiltración se modifican en menor proporción aumentando sólo el 13%.

C. Escenarios climáticos probables para Uruguay y la zona de Colonia

62. La realización de proyecciones de variables climáticas, pasando de la escala global a la escala regional, se realiza utilizando técnicas de reducción de escala espacial conocidas como "downscaling". Estas técnicas pueden ser dinámicas o estadísticas, y si bien incorporan información para escalas reducidas, no logran reducir la incertidumbre de las proyecciones. Por tanto, las proyecciones del clima sobre Uruguay y más aún aquellas realizadas a escalas menores (por ejemplo para Colonia) conservan incertidumbres importantes que hay que tener presentes en todo momento.

63. Según el Plan Nacional de Respuesta al Cambios Climático, considerando los cambios de campos medios proyectados para fin de siglo XXI en relación con el fin del siglo XX, los modelos climáticos proyectan un aumento de temperatura media entre 2 a 3 ºC para nuestra región, y un aumento de entre un 10% a 20% en el acumulado anual de precipitaciones [1]. El aumento de lluvias se proyecta fundamentalmente para la estación de verano. Sin embargo, es importante destacar que la precipitación es el campo meteorológico más difícil de simular por los modelos climáticos, por lo que los cambios sugeridos por los modelos para esta variable deben ser tomados con cautela [26].

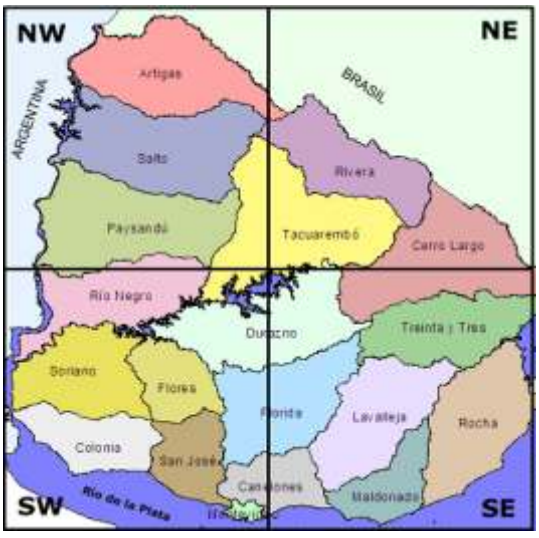
64. Las proyecciones indican que es esperable un leve descenso en el número de días con heladas, un aumento significativo en el número de noches cálidas, un aumento en la duración de olas de calor y un aumento significativo en la intensidad de la precipitación.

65. En relación a las tendencias esperables, se realizó un "downscaling" estadístico utilizando software adecuado (SDSM) y un "downscaling" dinámico utilizando el modelo PRECIS (Precis, 2006) para la generación de las series diarias de temperaturas, precipitación y radiación solar para ocho localidades en Uruguay (Bella Unión, Artigas, Paysandú, Mercedes, La Estanzuela (Colonia), Rocha, Treinta y Tres y Paso de los Toros) para el período 2016-2055. Ello implicó el uso de series observadas a nivel diario del periodo más extenso disponible en cada ubicación. La información generada incluye para cada año y día juliano (1 a 365 ó 366) los valores diarios de temperatura máxima media (°C), temperatura mínima media (°C), precipitación

acumulada diaria (mm) y radiación solar global diaria (megajoules por metro cuadrado), para las ocho localidades seleccionadas: Bella Unión, Artigas, Paysandú, Mercedes, La Estanzuela, Rocha, Treinta y Tres y Paso de los Toros.

66. Se dividió el país en cuatro cuadrantes para las cuales se generaron los escenarios climáticos futuros, siendo el cuadrante Suroeste (SW) el relevante a los efectos de este estudio (Figura 8).

Figura 8. Zonas del país (NW = Noroeste, NE = Noreste, SW = Suroeste, y SE = Sureste)



Fuente: INIA. 2009

67. En relación a las temperaturas del aire, comparando los datos observados del período base con los datos estimados en los escenarios futuros, se observa una tendencia general a un **incremento** de las mismas en todos los meses del año, en las cuatro regiones del país. Esta tendencia para la **temperatura máxima media** es más marcada en la región Noroeste (NW) con incrementos máximos cercanos a los 2°C, siendo más leve en el resto de las regiones, incluido Colonia. Para la **temperatura mínima** media del aire, la tendencia incremental mencionada es relativamente marcada en todo el país con aumentos máximos cercanos a los **4°C.**

68. Respecto a las **precipitaciones,** se observa una **tendencia incremental** para todos los meses del año, en las estimaciones futuras con relación al período base (observado), siendo la misma más marcada en la zona norte del país, y dentro de ésta, superior en el cuadrante Noroeste (NW). Se observa también, que dicha tendencia incremental de las precipitaciones es mayor en algunos meses de primavera y verano, particularmente en los cuadrantes al norte del país (NW y NE). De cualquier manera, **la mayoría de los incrementos mensuales estimados son del orden de 10 mm (o menores), con máximos no muy superiores a 20 mm**, significando entre 120 y 240 mm más de lluvia anual, el equivalente a uno o a dos meses de lluvia presente.

69. **Los eventos climáticos extremos parecen perfilarse como la mayor amenaza del cambio climático para Uruguay y para Colonia del Sacramento**, quizás más que las tendencias de evolución de los promedios en las próximas décadas. Paradojalmente, las tendencias en los eventos extremos (más frecuentes y/o intensos) son difíciles de determinar y en general los modelos climáticos disponibles no los representan bien. La dificultad se acentúa cuando el evento se configura como extremo no exclusivamente en base a variables meteorológicas sino a la interacción entre esas variables y los ecosistemas y la infraestructura. Es el caso de las sequías agronómicas, los aportes hídricos a represas y los efectos de los temporales de viento y lluvia. No obstante, si bien de momento no es posible realizar proyecciones cuantitativas específicas sobre los eventos extremos para Uruguay y Colonia, la información del IPCC (2007) y las nuevas evidencias posteriores, otorgan una alta probabilidad a qué este tipo de eventos será más frecuente e intenso, con lo cual es inevitable preguntarse qué tan adaptada está Colonia del Sacramento a escenarios como los previsibles y en qué medida debería incorporar estrategias de manejo del riesgo climático a la planificación del espacio urbano y sus zonas aledañas. En particular cuando esta ciudad, como tantas otras, ha concentrado su desarrollo urbano cerca de la línea de costa.

V.
VULNERABILIDAD DE COLONIA DEL SACRAMENTO AL CAMBIO CLIMÁTICO E IMPACTOS

A. Concepto de vulnerabilidad

70. Hablar de vulnerabilidad al cambio climático implica antes que nada esclarecer que se entiende por "vulnerabilidad". Si bien intuitivamente el concepto parece sencillo, en la práctica el término se usa con diferentes acepciones y alcances en la literatura. Diversos autores han señalado que la vulnerabilidad solo tiene sentido cuando se la referencia a una fuente de riesgo y a una situación o sistema en particular. Fussel (2004) describe la evaluación de la vulnerabilidad basándose en las características del sistema vulnerable, el tipo y número de fuentes de estrés, sus causas de base, sus efectos en el sistema y el horizonte temporal de la evaluación.

71. Para el IPCC en su Cuarto Informe [10], "la vulnerabilidad es el grado en el que un sistema es susceptible a o incapaz de dar cuenta de, los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos. La vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud y tasa de cambio climático y variación a la que un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad adaptativa".

72. En la medida en que la vulnerabilidad depende de la sensibilidad a los impactos, se relaciona con las fuerzas motrices de los cambios en el ambiente urbano, como la demografía, la dinámica socio- económica, el patrón de ocupación del territorio, la infraestructura portuaria, etc. Desde una perspectiva social, ante un mismo evento extremo, dos comunidades humanas pueden tener diferencias muy marcadas de vulnerabilidad (por ej. Haití y Cuba ante un huracán en el Caribe). Similarmente con las condiciones topográficas: ante excesos hídricos las áreas más elevadas serán naturalmente menos sensibles a los impactos, mientras que las zonas bajas, las playas, la línea de costa y los humedales tendrán la máxima sensibilidad.

B. Vulnerabilidad de la costa uruguaya al cambio climático

73. Según el Plan Nacional de Respuesta al cambio Climático (PNRCC) para el conjunto de la costa uruguaya, las consecuencias más inmediatas y significativas del cambio climático incluyen la erosión costera, la variación en los patrones de caudales, la intrusión salina y las alteraciones en los ecosistemas [25].

74. El aumento de las precipitaciones medias y eventos extremos asociados a lluvias intensas y las consecuentes inundaciones, provocarían cambios en la distribución de especies acuáticas marinas y mortalidades masivas (especialmente en especies bentónicas). Por su parte, la mayor escorrentía ocasionada por el aumento de las

precipitaciones y la urbanización aledaña a la costa, con el consiguiente aumento de las superficies impermeabilizadas, incrementaría las tasas de erosión, la sedimentación adversa para los estuarios y la fragilidad de las playas, si estos caudales incrementados no son conducidos adecuadamente.

75. El incremento de la temperatura superficial del mar y el sobre-enriquecimiento por nutrientes genera eventos de hipoxia y la existencia de zonas muertas en costas y estuarios; cambios en la distribución y abundancia de especies marinas de valor comercial, sub-tropicalización de la biota e incremento de especies invasoras y exóticas. La depleción del oxígeno disuelto inducida por el aumento de temperatura reduce el área de desove y cría de especies comerciales.

76. El aumento de las sequías, produce un incremento en la velocidad de retroceso de líneas de costa (barrancas), por alternancia de humectación y desecamiento. Así mismo se podría producir un aumento de la salinidad costera con consecuentes cambios en la distribución de organismos marinos.

77. El aumento del nivel medio del mar genera erosión de playas; mayor intrusión de aguas tropicales y fauna tropical. Cabría esperar también modificaciones del balance sedimentario costero por cambios en la resultante de la deriva costera y en la direcciones de transporte eólico de arena.

78. Las tormentas y el oleaje potencian las inundaciones costeras con potencialidad de intrusión salina en los cuerpos de agua dulce que descargan en zona costera. Asímismo se compromete la calidad del agua marina y aumenta el número de días con cierre de playas.

79. La exposición a las inundaciones y el aumento en la intensidad de las tormentas costeras provocan erosión costera, daños en las construcciones y la infraestructura; así como pérdidas de playas y de territorio en general. Se potencia a su vez, la degradación natural de las defensas de las estructuras costeras.

80. También están expuestos a afectación los equipamientos colectivos e infraestructuras urbanas; y en consecuencia hay posibilidades de afectación a la salud.

C. Vulnerabilidad e impactos del cambio climático en Colonia del Sacramento

81. La metodología expuesta en el manual del CIEM que guía este informe [3], para evaluar impacto climático en ciudades, considera cuatro cambios generadores de impactos:

1. Elevación del nivel del mar.
2. Elevación de la temperatura media.
3. Cambios en la cantidad y distribución de las lluvias.
4. Incremento en la frecuencia e intensidad de los eventos extremos.

82. La información para el desarrollo de esta sección se origina en fuentes bibliográficas disponibles, y en una consulta pública con actores de la sociedad civil, el gobierno y la academia, que se efectuó en la propia ciudad de Colonia el 18 de agosto de 2010, y en aportes realizados por la IC. El listado de participantes y sus pertenencias institucionales se presentan en el Anexo.

D. Impactos identificados en el taller con actores nacionales y locales

83. El taller facilitó identificar y jerarquizar las principales amenazas percibidas por distintos actores. Resulta claro que existe entre los participantes del taller conciencia de la relevancia de los impactos posibles, a la vez que se identifica que los impactos más severos se visualizan en las interacciones entre el comportamiento del mar y la ciudad y sus costas. Los asistentes propusieron analizar conjuntamente los impactos del aumento del nivel del mar[4] y los eventos extremos, por un lado, y los impactos del aumento de la temperatura y los cambios en el régimen de precipitaciones, por otro. Las principales preocupaciones expresadas en el taller fueron:

IMPACTOS RELACIONADOS CON EL AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR Y AUMENTOS DEL NIVEL DEL MAR EXTRAORDINARIOS POR EVENTOS EXTREMOS

84. Se coincidió entre los asistentes en que estos dos aspectos están muy vinculados, y que en Colonia el aumento gradual del nivel medio del mar que se prevé como más probable no causaría por sí mismo problemas tan espectaculares, como los que suceden cuando se considera esa tendencia asociada a la ocurrencia de eventos severos de viento y precipitaciones. Se identificaron los siguientes impactos esperados:

a) Destrucción progresiva de la playa conllevando disminución de las oportunidades de esparcimiento-recreación para la población local, y de atractivos para el turismo.

b) Avance de las aguas sobre las edificaciones costeras, con la consiguiente afectación económica. En particular, en los barrios Real de San Carlos, Ferrando, y en las playas.

c) Se evalúo por algunos participantes que una eventual afectación relativa mayor sobre Buenos Aires, podría aparejar afluencia masiva hacia Colonia. Sin embargo, un experto en oceanografía de la Universidad de la República aseveró que desde el punto de vista científico esta apreciación puede ser optimista, ya que los impactos se darían simultáneamente sobre ambas costas del Río de la Plata.

d) Destrucción de zonas clave: puertos deportivo y comercial. Al ser el puerto comercial muy importante, segundo puerto de cargas del país y principal punto de entrada a Uruguay desde Argentina, sería un golpe duro a la economía local.

e) Afectación por presencia del agua costera en zonas no costeras (bañados, humedales, planicies de inundación). Se mencionó que en el Bañado La Caballada la subida del nivel del agua traería aparejado inundaciones significativas. Los participantes relataron que eso ya ocurrió en 1959, 2003 y 2004, momentos en que la sudestada "taponó" los desagües naturales del sistema de bañado, que a la vez estaba recibiendo agua pluvial en grandes cantidades.

f) Afectación del suelo productivo, no sólo en la producción, sino en la salida de la producción: caminos cortados, puentes sumergidos.

g) Dependiendo de las características de la costa, un aumento del nivel medio del mar del

4. Se utiliza la expresión mar como un término genérico, aunque en el caso de la ciudad de Colonia del Sacramento se refiere al Río de la Plata.

orden de 50 cm no afectaría dramáticamente el sistema de saneamiento. La IMC y la OSE están trabajando actualmente en ampliar y mejorar la infraestructura de saneamiento, iniciando la construcción de una planta de tratamiento y sistemas de bombeo para vencer resistencias del agua frente a eventos de marea eólica.

h) En los humedales, en cambio, un aumento del nivel medio del mar de 20 o 30 cm ya se consideró crítico. Es importante separar los efectos en permanentes y temporales.

i) Se consideró que la ciudad de Colonia es más afectada por el caudal del Río Uruguay y por los vientos que por aumentos del nivel medio del mar. Colonia está en una situación única entre las ciudades costeras del país, ya que si bien está en el Río de la Plata, su régimen es claramente fluvial, y las mareas, crecidas y bajantes relevantes son provocadas predominantemente por el viento, y por el aporte de agua de los tributarios principales del Río de la Plata. Cuando el caudal del Río Uruguay es bajo y sopla viento del oeste, se producen bajantes importantes. A la inversa, cuando hay muchas horas de viento sostenido en sentido contrario a la corriente, se producen las llamadas "crecidas", que cuando se combinan con grandes caudales del río Uruguay, son muy importantes en la costa de Colonia.

j) El aumento del nivel medio del mar puede ser bajo, pero no obstante pueden darse crecidas de 1, 2 o 3 m, puntualmente, con gran potencial de impacto. Es esperable que el cambio climático aumente la frecuencia de estos eventos. Cuando estos eventos ocurren se producen daños en corto lapso de tiempo (calles inundadas, daños a automóviles, etc.). En Colonia, por su topografía elevada, se visualizó más grave el daño a la infraestructura costera que el daño de la inundación propiamente dicha. El costo mayor de la adaptación se percibe en la respuesta a los daños a la infraestructura costera, más que con respecto al costo de la inundación. Este estudio consideró, sin embargo, que era necesario verificar la importancia de las inundaciones para barrios marginales como Malvinas y para sitios ubicados en las periferias de los cursos de agua que vierten al Río de la Plata. Para ello se simuló el impacto de aumentos del nivel del agua a diferentes cotas (los resultados, como se verá, muestran impactos importantes derivados del aumento del nivel del mar).

k) El uso cultural de la ciudad histórica se vería afectado por el cambio climático. En general, se valoró que los eventos extremos pueden afectar el patrimonio histórico. Por ejemplo, la escorrentía superficial de mayores cantidades de agua puede dañar pavimento de calles del barrio histórico, provocar hundimientos y eventuales daños en las cimentaciones de edificaciones históricas, con la consiguiente necesidad de rapidez en la respuesta, para reparar y detener los procesos de erosión, y para que los espacios públicos sean transitables para el turismo y para la población.

l) También habrá necesidad de relocalizar población de lugares bajos, y de adaptar la ciudad histórica. Estas acciones tienen que planificarse y trabajarse con un enfoque integral. Se comenta que cuando se realizó el traslado de artesanos fue trabajoso, generó malestares, resistencias. Por lo que se plantea que se necesario generar un cambio actitudinal para planificar la ciudad de otra manera. Se puso el ejemplo de la localidad de Juan Lacaze[5] , donde existe un barrio que se inunda cada dos o tres años, donde incluso el Banco Hipotecario del Uruguay hizo un conjunto habitacional alternativo, pero la gente no se quiere mudar de su barrio. El realojo de la gente es un asunto complejo, ya que existe arraigo y además cambia

5. Otro centro urbano del departamento de Colonia, ubicado en la costa del Río de la Plata.

todo el sistema de vida de los realojados y sus estrategias de supervivencia. Se consideró necesario enfocar las respuestas de la sociedad desde el punto de vista integral y educacional. Que la gente entienda cómo es necesario actuar con diferente criterio con el barrio histórico, con los asentamientos, con los productores de Colonia.

m) Se consideró que el incremento de los vientos puede cambiar la fisonomía de la ciudad en su vegetación. Históricamente, la vegetación nativa ha protegido la costa, pero ha sido retirada o sustituida por vegetación exótica, no adaptada a las condiciones locales. La reducida vegetación nativa remanente está localizada en la estación de ferrocarril (AFE), en el Real de San Carlos, y en el humedal creado en la zona del Rowing, por los cambios en la dinámica costera provocados por la prolongación de la escollera.

n) Los participantes mencionaron que es necesario implementar medidas adaptativas para que Colonia siga siendo la ciudad verde que se propone que sea (así se menciona en el Plan de Ordenamiento Territorial). Las medidas deben implementarse con tiempo. Un ejemplo propuesto es la instalación de vegetación protectora con especies nativas.

o) Los participantes destacaron los daños ya ocurridos en la línea de costa. “Antes, en la zona de los actuales humedales de Las Delicias había una duna gigantesca”. Esa duna ya no está. En el Balneario Municipal se ve la acción del agua rompiendo la rambla. Parte de la causa de estos problemas ha sido la extracción de arena. El diseño de la Rambla hace 50 años, no respetó la Naturaleza, se afectó el primer cordón dunar; todas las medidas que podamos hacer hoy son de mitigación, por el error de diseño. Se valoró que agregar arena puede ser una solución, pero que se requiere estudiar cómo se la mantiene, cómo se comporta con las dinámicas de deriva litoral y temporales, y cómo se repone cuando sea necesario.

p) Los incendios también son eventos extremos, que destruyen fauna, flora y economía. No sólo en predios productivos, sino en sitios como el Parque Ferrando, donde por incendios o por temporales puede darse la pérdida de forestación de ornato público de la ciudad, que cumple un importante rol en el imaginario colectivo de la ciudadanía, y un importante servicio ambiental para el esparcimiento y la recreación de los sectores populares.

q) Con los eventos severos, también aumenta el riesgo de accidentes de la navegación comercial y deportiva y accidentes portuarios. Es importante prever medidas de contingencia frente a accidentes de navegación. En este aspecto, es importante tener en cuenta no sólo el tipo de embarcación, sino el tipo de carga que lleva, ya que hay algunas cargas que son particularmente peligrosas (productos químicos, combustibles), y los sistemas de respuesta deberían estar muy preparados frente al riesgo de accidentes de este tipo.

IMPACTOS RELACIONADOS AL AUMENTO DE LA TEMPERATURA Y A CAMBIOS EN EL RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES

85. Estos dos aspectos también se trataron en conjunto en el taller, por generar algunos problemas relacionados. En efecto, mayor variabilidad en las condiciones de humedad, con ocurrencia de precipitaciones más abundantes, combinadas con períodos de sequía más frecuentes, asociadas a temperaturas medias mayores, generan impactos muy relacionados, y por lo tanto, medidas de adaptación que se pueden agrupar. Los principales impactos que prevén los participantes del taller fueron:

a) Impactos en la calidad de vida, principalmente, en los aspectos sanitarios, y en los estilos de vida y de recreación. En los aspectos sanitarios, se prevé un aumento en la presencia de vectores de importantes enfermedades, como el Aaedes aegypti,

mosquito vector del Dengue, presente en otros centros urbanos vecinos de Colonia del Sacramento, Carmelo, Nueva Palmira y Tarariras. Hasta el presente Uruguay está libre de Dengue autóctono, junto con Chile, siendo los únicos países de América con esta condición; asimismo, esta condición es un factor de atracción de la ciudad de Colonia muy importante para el turismo, por lo que tiene un fuerte significado económico. Las instituciones departamentales de salud pública mantienen campañas sistemáticas para la prevención de las condiciones que favorecen la propagación del vector, y de vigilancia por el surgimiento de la enfermedad a nivel local [1].

b) También cambiará la prevalencia de otras enfermedades transmisibles y no transmisibles, por cambios en la población de vectores –como la mosca doméstica, mosquitos, cucarachas, vinchuca (Mal de Chagas), roedores (vectores de Leptospirosis)- o por condiciones más adecuadas para su propagación, como aquellas derivadas de aguas servidas y pluviales no gestionadas adecuadamente y falta de higiene ambiental general –diarreas infecciosas, hepatitis, parásitos intestinales, etc.

c) Un factor de preocupación son las floraciones algales nocivas (FAN) en particular por Microcystis aeruginosa, un alga verde-azul que en condiciones de calor, aguas quietas y presencia de nutrientes, produce floraciones ("blooms" o mareas verde). Esta alga produce una toxina con alta hepatotoxicidad. Las algas afectan la recreación y el turismo, ya que cuando se producen el agua no está indicada para baños. Las FAN también podrían comprometer el abastecimiento de agua de la ciudad, la cual proviene del Río de la Plata[6].

d) Otros problemas sanitarios vinculados a estos cambios son mayor número de casos de golpes de calor y la deshidratación de segmentos de la población vulnerables (adultos mayores y niños). Sin embargo, Colonia es considerada por los asistentes una ciudad verde y costera, menos propensa a ser afectada por olas de calor.

E. Impactos relevados en otras fuentes de información consideradas

86. Los impactos futuros del cambio climático sobre la ciudad de Colonia del Sacramento son difíciles de estimar con precisión en relación a su magnitud. El conocimiento científico disponible es suficiente sin embargo para caracterizar cuales son las principales amenazas.

IMPACTOS EN LA ECONOMÍA

87. Como señala el Informe GEO Colonia del Sacramento, la ciudad es relevante por los atributos histórico-culturales, por su ubicación frente a Buenos Aires, por su cercanía a Montevideo, por su pequeña escala y por su "amigabilidad". Es una de las principales vías de acceso (fluvial) internacional al Uruguay, lo que resulta en un flujo muy importante de población turística en tránsito, que circula a otros destinos en Uruguay o a países de la región, y otro muy importante con destino específico a Colonia del Sacramento y sus alrededores. Es uno de los destinos con menor estacionalidad del Uruguay, y posiblemente el que reúne por su ubicación y

6. Se requiere incluir en el tratamiento del agua bruta filtros de carbono activado, que encarecen el proceso de potabilización en forma significativa.

recursos, mayores condiciones para que pueda jugar el importante y decisivo rol de posicionar Uruguay en los mercados internacionales (BID 2006). Los principales sectores económicos de Colonia del Sacramento son el turismo, el puerto y la zona franca. Acumuladas, es probable que las actividades económicas de Colonia del Sacramento representen alrededor del 50% del PBI departamental.

88. Dados estos valores en juego, el cambio climático puede afectar la economía del departamento y de la ciudad de Colonia del Sacramento.

IMPACTOS EN LA INFRAESTRUCTURA PORTUARIA

89. El puerto de Colonia de Sacramento ha adquirido una considerable magnitud, siendo el puerto con más tránsito de pasajeros del país, y el segundo en volumen de carga manejado, después de Montevideo [1]. No se dispone de información para evaluar el impacto del nivel del mar en la infraestructura portuaria, aunque no parece que a mediano plazo esté comprometida. Sería conveniente realizar un estudio detallado de datos de altura del mar en el Puerto de Colonia.

IMPACTOS EN LAS CONSTRUCCIONES Y LA INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS (VIVIENDAS, ASENTAMIENTOS INFORMALES, EDIFICIOS, HOTELERÍA Y SERVICIOS AL TURISMO, SERVICIOS PÚBLICOS)

90. La IC se ha abocado al realojo completo del asentamiento de Malvinas, que es uno de los sitios más vulnerables al aumento del nivel del mar. Asimismo, ha tomado medidas para impedir la urbanización en las riberas y en el bañado inundable del Arroyo La Caballada, al Oeste del cruce de la Ruta 1 y el puente sobre el Arroyo (IC, comunicación personal).

IMPACTOS EN LOS SITIOS DE VALOR HISTÓRICO-CULTURAL DE COLONIA

91. Colonia de Sacramento, como ciudad declarada patrimonio cultural de la humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) es el principal atractivo turístico del departamento (1). Los argumentos para la inclusión de la ciudad en la Lista de Patrimonio Cultural de la Humanidad pueden resumirse en los siguientes aspectos (Plan Estratégico de Turismo del Departamento de Colonia 2007):

i. Reconocimiento de un valor cultural extraordinario o sobresaliente cuya conservación y tutela desborda el campo de las responsabilidades individuales y locales.

ii. Situar el bien declarado dentro de la red de patrimonio cultural de la humanidad, que sobresale por sus valores arquitectónicos, urbanísticos o paisajísticos.

iii. Consolidación como destino cultural y turístico de referencia universal.

IMPACTOS EN LA ACTIVIDAD TURÍSTICA

92. La actividad turística está fuertemente vinculada a la explotación de la bahía de Colonia y del Barrio Histórico (antes Barrio Sur), que fuera declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad en 1995. Como se ha señalado, el turismo es una de las principales actividades de la ciudad de Colonia. El mencionado Informe GEO Colonia del Sacramento señala que en el marco del turismo receptivo de Uruguay, el Departamento de Colonia se sitúa en el cuarto lugar como destino en Uruguay, habiendo recibido en 2008 un total de 158.901 visitantes, el 8% del total de los visitantes que ingresaron al país (MINTURD, 2008). La superan en número de visitantes Montevideo, Punta del Este y el litoral termal. Si bien el Ministerio de Turismo y Deportes no dispone de datos desagregados de

visitantes para la ciudad de Colonia del Sacramento, puede concluirse que un alto porcentaje de los 158.901 turistas que visitaron el departamento en el año 2008, tuvieron a la capital como destino.

93. La actividad turística de Colonia del Sacramento es susceptible de ser afectada por el cambio climático y por los impactos que este genere. Un ejemplo claro es el potencial deterioro y erosión o pérdida de playas, así como eventuales daños a la infraestructura hotelera, portuaria y de servicios.

94. El PNRCC señala que el aumento del nivel del mar generaría un riesgo a los centros turísticos, hoteles e infraestructuras turísticas de la zona costera. El aumento de la variabilidad climática puede conducir a una presencia de turistas fluctuantes, que modifiquen su permanencia -acortando la temporada turística-, con un consecuente impacto económico en el sector. En el caso de Colonia, parece razonable pensar que una mayor variabilidad climática, asociada a la circulación de información de pronósticos meteorológicos de corto plazo, puede influir sobre las decisiones del turismo de fin de semana desde Argentina a Uruguay.

95. En Colonia los incendios forestales derivados de los períodos de sequía y olas de calor de verano no parecen una amenaza significativa. Sin embargo, las crecientes fluviales por lluvias prolongadas o inundación afectan a los destinos turísticos ubicados junto a los ríos.

96. Como oportunidad de largo plazo, el PNRCC destaca que la elevación (paulatina) de las temperaturas (nocturnas) puede estimular y diversificar (extender) el tiempo destinado a las actividades recreativas al aire libre, beneficiando el desarrollo turístico.

IMPACTOS EN LAS PLAYAS Y EL ÁREA COSTERA

97. La erosión de las zonas costeras es un fenómeno que se produce principalmente por las olas, corrientes y mareas. Estas modelan las costas del mar y les dan forma. Normalmente la dinámica de las corrientes dominantes y de los vientos regula los aportes y remociones de los sedimentos de la playa.

98. No obstante, los procesos de erosión de playas y retroceso de barrancas más fuertes están vinculados a la ocurrencia de temporales. Cuando ocurren eventos de ese tipo, las olas pasan la cota de los espigones o remontan la playa y se provocan erosiones importantes en la barranca. En el caso de la bahía de Colonia del Sacramento y de arcos de bahía contiguos, se agrega un prolongado período histórico de extracción de arena que ha derivado en un déficit de arena del propio arco de la ciudad, y de los arcos que aportan a través del transporte litoral. Una serie de intervenciones humanas ha aumentado la vulnerabilidad de estas áreas costeras, generando un balance deficitario entre carga y descarga de sedimentos. Un informe para la IC elaborado por Piedra Cueva y Texeira, 2000, llegaba incluso a considerar medidas radicales y costosas, como la relocalización de la rambla costera en los tramos estudiados (Playa Municipal y Real de San Carlos), la recarga artificial de arena, la reconstrucción de las dunas costeras y la eliminación de algunos espigones de "protección" [9].

99. El cambio climático implica aumento del nivel medio del mar así como aumento de la frecuencia y la intensidad de las tormentas y los temporales, o sea de la energía de las olas y de su capacidad de realizar trabajo. Por su parte el aumento de la intensidad de las lluvias unido al aumento de la impermeabilización de las áreas

urbanizadas contiguas a las playas incrementará la escorrentía sobre estos ecosistemas mojando las playas y facilitando los procesos erosivos.

100. Estos dos procesos combinados muy probablemente conducirán a un aumento de las tasas de erosión en diversas áreas en las próximas décadas. Las barreras naturales y artificiales que absorben la energía de las olas estarán cada vez más sumergidas, o en riesgo de dañarse lo que aumenta la sensibilidad de las costas a los impactos del mar y reduce su resiliencia.

101. En momentos de caudales incrementados que aportan el Paraná y el Uruguay combinados con Sudestadas se producen los llamados "apiles" de agua que hacen subir el nivel de las mismas, dificultan la descarga de arroyos y promueven la intrusión de aguas salinas.

102. El cambio climático puede exacerbar los procesos observados de desbalance entre erosión y recarga de sedimentos, que se traducen en déficits de arena y seguramente, en el mediano plazo, es posible en un marcado incremento del deterioro de la faja costera, y un claro perjuicio para actividades que allí se desarrollan.

IMPACTOS EN LA SALUD HUMANA

103. Las tendencias señaladas del cambio climático para la región de Colonia del Sacramento probablemente favorecerán el desarrollo de enfermedades asociadas a un clima más tropical que el vigente en el pasado reciente:

i. transmitidas por vectores específicos (mosquito Aedes aegypti (Dengue), vinchuca (Mal de Chagas), etc.);

ii. derivadas de efluentes urbanos y aguas pluviales no gestionadas adecuadamente, presencia de acumulación de residuos sólidos domésticos en la vía pública, y falta de higiene ambiental general, facilitando la proliferación de insectos y roedores (moscas, mosquitos, cucarachas, ratas, ratones), que favorecerán la mayor frecuencia de problemas sanitarios asociados: hepatitis, diarreas infecciosas (salmonela), parásitos intestinales, etc.);

iii. Asociadas a eventos de temperaturas muy elevadas (deshidrataciones en poblaciones vulnerables, etc.)

104. Lo anterior señala la importancia creciente de gestionar eficazmente la higiene ambiental general de la ciudad, en todo lo concerniente a los residuos sólidos de los hogares, a la higiene en los espacios públicos, a la gestión de los efluentes de los hogares y las aguas pluviales. En relación a los efluentes domésticos, la ciudad debe realizar un esfuerzo prioritario para mejorar el alcance de los servicios de saneamiento centralizado, que aún no llegan a la mitad de la población (cuadro 8), y reducir la utilización de otros sistemas (pozos negros, cámaras sépticas), cuya gestión y mantenimiento es muy limitada y contribuyen a la contaminación de la ciudad.

IMPACTOS EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS

105. Según señala el informe GEO Colonia del Sacramento [1] en los últimos años, las floraciones nocivas de cianobacterias (FAN-C) han sido un fenómeno recurrente a lo largo de la costa de los ríos Uruguay y de la Plata. Se ha reportado la aparición de especies de Microcystis aeruginosa, un alga verde-azul (comúnmente referida como cianobacteria), potencialmente tóxica y de amplia distribución mundial. Las floraciones de cianobacterias son fenómenos naturales que ocurren en cuerpos de agua con altos niveles de nutrientes, alta temperatura y condiciones de vientos escasos o nulos. Generalmente estas condiciones se dan a mediados o fines e verano y se continúan hasta el otoño. El exceso de nutrientes (en particular fósforo) agregado a las bahías por las

actividades humanas contribuyen a la frecuencia e intensidad de éstos fenómenos. Las floraciones tienen gran importancia ecológica y sanitaria, debido especialmente a que éstas algas secretan toxinas que son nocivas para la salud humana.

Cuadro 2. Colonia del Sacramento. Conexiones al saneamiento y al agua potable.

Centro urbano Saneamiento	Unidad	Agua	Saneamiento	%
Colonia	Conexiones km redes	10500 160	4600 50	44
Carmelo	Conexiones km redes	7300 109	3360 30	46
Rosario	Conexiones km redes	3098 39	755 21	24
Trinidad				82
Paysandú				76
Tacuarembó				56
Rocha				39

Fuente: Elaborado con informción de OSE.

106. Se determinó la presencia de microcystinas en el bloom de algas en las costas de Colonia del año 1999, considerándose el primer antecedente en el país en confirmar la presencia de microcystinas y su toxicidad en el Uruguay. Se determinó precisamente para ese bloom la hepatotoxicidad y neurotoxicidad, con eventuales daños para la salud humana (De León 1999). Estas floraciones de cianobacterias se presentan principalmente en los meses de verano, y se hacen visibles como grandes cúmulos de color verde. Debido al aspecto que presentan sus colonias se conocen como espuma de cianobacterias. Cuando se presentan estas espumas, el número de organismos y la concentración de la toxina superan los límites máximos sugeridos por la Organización Mundial de la Salud para el uso de este recurso con fines recreacionales. Otro aspecto que agrava la incidencia de las floraciones algales, es que el Río de la Plata es la fuente de agua potable de la ciudad, y las toxinas de este origen son de eliminación compleja en las plantas de tratamiento e implican procesos muy onerosos.

107. La existencia de las cianobacterias se encuentra en el límite entre bacterias y algas. Su existencia se debe al calentamiento global de la Tierra, que se combina con el vertido de materia orgánica, los aportes de fertilizantes, la erosión de los suelos y enriquecimiento de nutrientes en la propia agua. La proliferación de algas nocivas ha crecido en las últimas décadas en todo el mundo y también en Uruguay (Nagy, G.). Han existido en el Uruguay desde 1940 e incluso antes, pero desde 1980 han aumentado. Su presencia desde hace cuatro años es continua, aunque se agudiza en verano. Las algas provienen de los ríos Uruguay y Negro; actualmente se han instalado en la cuenca rioplatense. Este incremento es uno de los indicadores del cambio global.

IMPACTOS EN LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN PERMANENTE

108. La calidad de vida -en particular para los sectores de la población de menos recursos- se verá afectada por el cambio climático. Los

principales problemas serían:

i. afectaciones de las condiciones generales del microclima urbano (temperatura y humedad, sensación térmica);

ii. afectaciones por la presencia de insectos domésticos (moscas, mosquitos, cucarachas, vinchuca etc.);

iii. afectaciones de los ámbitos colectivos de recreación de la población (parques, plazas, playas).

VI.
MAPAS DE VULNERABILIDAD Y SITIOS CRÍTICOS

109. La determinación de “sitios críticos” en la Ciudad de Colonia del Sacramento se considera estratégica en el proceso de determinación de vulnerabilidades. El mapeo de estas áreas críticas es un indicador clave para visualizar el grado de adecuación del patrón actual de ocupación del territorio en relación a los escenarios con profundización del Cambio Climático.

110. Se presenta aquí un ejercicio preliminar de simulación en base a cartografía elaborada por la Intendencia de Colonia mostrando, sobre fotos aéreas, las áreas que quedarían sumergidas si el mar sube 1 m y 3 m, respecto al nivel medio actual. La cota de 1 m se seleccionó como representativa de los impactos del aumento del nivel medio del mar a largo plazo. La cota de 3 m se seleccionó como representativa de eventos extremos recurrentes de aumento del mar por tormentas[7].

111. Se presentan primero una imagen para toda la ciudad con la simulación de un incremento de 3 m en la cota 0, y luego se amplían en sitios críticos, primero con la simulación de 1 m, y luego con la de 3 m. (En todas las imágenes el nivel medio actual se señala con una línea punteada de color rojo, y el área cubierta por el nuevo nivel simulado se presenta con un color verde claro).

Figura 9. Simulación de creciente a 3 metros (Secretaría de Planeamiento y Ordenamiento Territorial, IC)

7. Con base en la información registrada en la Estación Colonia,(DNH/MTOP), y de la Dirección de Meteorología, Piedra Cueva y Texeira (2000) hicieron un análisis de las variables ambientales que afectan la costa de la ciudad de colonia, incluyendo vientos predominantes, oleaje del RP, y análisis de niveles. De ese análisis surge que un nivel de 3 m (niveles referidos al cero de la escala local +0.37 m Wharton) tiene un período de retorno de 10-12 años.

A. Principales sitios críticos: cota 3 metros

Figura 10. Casco histórico (3m)

Figura 11. Costa sumergida al Sur de Zona Franca y Malvinas (3m).

Figura 12. Costa sumergida al Sureste de la Zona Franca (3m).

Figura 13. Costa y playas sumergidas al Este de la ciudad (3m).

Figura 14.Playas y línea de costa al norte hacia Real de San Carlos (3m).

112. Las simulaciones de aumento del nivel del mar realizadas muestran que a mediano y largo plazo cabe esperar daños muy severos por pérdida de playas. Tanto un aumento del nivel del mar de 1m, como de 3m, representan impactos negativos notables, en términos de pérdida de territorio subaéreo y de afectación de recursos naturales, zonas residenciales, asentamientos e infraestructura. Los impactos en el caso de 3 m son aún más significativos, amenazando seriamente incluso parte del casco histórico y el puerto.

113. Las figuras ilustran la situación y reflejan escenarios de retroceso significativo de la línea de costa, y pérdida de playas tanto al Norte del casco histórico hacia el real de San Carlos, como al Este de la ciudad. También se observa que el área ocupada por el asentamiento de Malvinas se verá afectada por el aumento medio del nivel del mar y muy severamente afectada por eventos de crecidas extraordinarias, en particular en ocasión de sudestadas.

B. Principales sitios críticos cota 1m

Figura 15. Casco histórico (1m).

Figura 16. Playa sumergida al sur de la Zona Franca y Malvinas (1m).

Figura 17. Playa sumergida al este de Colonia (1m).

Figura 18. Playas sumergidas al este de Colonia del Sacramento (1m).

C. La situación en el Arroyo La Caballada

114. El Aº La Caballada se origina en la cuchilla de la Colonia a 70 m de altura, y su cuenca apenas supera los 40 km2. Se ubica al Este de la ciudad, y su recorrido tiene dirección principal N-S, desembocando en el Río de la Plata. Un amplio bañado del mismo nombre se ubica 2 km antes de su desembocadura. Por su margen izquierda recibe el aporte del Aº El General.

115. El nivel del agua en el Arroyo La Caballada puede experimentar subidas importantes, en particular cuando se combinan situaciones de elevada pluviosidad con sudestadas que tienden a aumentar excepcionalmente el nivel del Río de la Plata, formando un "tapón" que impide la salida del agua hacia el mar. En esas condiciones se han registrado periódicamente inundaciones (en el Taller Inicial se citó que eso ocurrió en 1959, 2003 y 2004), que abarcan la importante superficie de la planicie de inundación ubicada al Oeste del cruce del Arroyo en el puente de la Ruta 1 (figura 19).

116. Los análisis topográficos realizados junto con la IC muestran que el Arroyo tiene su cauce excavado entre paredes altas en buen aparte de su cauce, y que hasta una crecida de 3 m del Río de la Plata no se afecta en forma importante territorios y asentamientos humanos. La inundación significativa se produce cuando esa creciente coincide con un período de grandes precipitaciones simultáneas en la cuenca del Arroyo, al encontrarse limitado el drenaje de las aguas pluviales.

Figura 19. Bajos y bañados del Arroyo La Caballada en la zona urbana (límite en rojo)

Fuente: elaborado en base a Google Earth y mapa topográfico de la IC.

VII. CONCLUSIONES

117. Existe un amplio consenso científico en que estamos inmersos en un proceso de cambio climático de raíces antrópicas. Muchas regiones costeras del mundo están experimentando erosión sistemática e inundaciones recurrentes. El cambio climático se espera que produzca una aceleración de estos fenómenos. La conjunción de los procesos de cambio climático y urbanización requieren una visión integrada de las presiones y los impactos. Y respuestas de adaptación concretas y efectivas, que reduzcan la vulnerabilidad, o sea que reduzcan la sensibilidad a las presiones y aumenten la capacidad adaptativa a nuevos escenarios, que tienen una dosis de incertidumbre.

118. Si bien el cambio climático es un asunto de escala global, sus manifestaciones son locales, y los gobiernos locales -con competencias en el ordenamiento del territorio- son actores claves del proceso de adaptación. El cambio climático aumentará las presiones sobre las áreas costeras y esto implica la necesidad de desarrollar estrategias de adaptación apropiadas.

119. En el análisis de las implicancias del cambio climático para Colonia del Sacramento se destaca como especialmente relevante su carácter costero. En este contexto es relevante que la adaptación al cambio climático se ubica entre las prioridades del Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible establecidas por la Intendencia de Colonia.

120. La dinámica y funcionamiento ecosistémico de la Ciudad de Colonia es compleja, e incluye procesos interrelacionados de carácter biofísico, geomorfológico y antrópico.

121. Colonia del Sacramento se encuentra sobre el Río de la Plata, que es un estuario de agua dulce con características únicas en el planeta por su dinámica. La disposición geográfica en dirección noroeste-sudeste hace que el nivel del agua ascienda produciendo mareas muy altas cuando está afectado por fuertes vientos del sudeste. Estos eventos son conocidos locamente como sudestadas, y son la causa de inundaciones y de la formación de efectos de "tapón" para el agua de ríos y arroyos que desembocan en él, y que son particularmente significativos cuando coinciden con eventos de precipitaciones intensas en el territorio.

122. Una conclusión de este trabajo es que si bien Colonia del Sacramento se encuentra en gran proporción sobre terrenos elevados respecto al nivel del mar, su línea de costa está expuesta a inundaciones permanentes y recurrentes, retroceso y erosión, pérdida de playas y daños a la infraestructura. De esta manera se recomienda no subestimar las presiones e impactos que el cambio climático presenta para esta ciudad en particular. Se han identificado sitios críticos que estarán sujetos a creciente presión derivada del aumento medio y episódico del nivel del mar. Es esperable que el período de recurrencia para alturas del mar superiores a las medias históricas tienda a acortarse.

123. La pérdida de playas representa un impacto negativo notable para una ciudad que basa sus oportunidades de esparcimiento en las costas, y su dinámica económica en el turismo.. La IC cuenta con un estudio realizado en el año 2000 que diagnosticó causas de afectaciones costeras significativas y que se sugiere reconsiderar en un escenario de cambio climático, dado que las intervenciones humanas han aumentado significativamente la sensibilidad de las zonas costeras ante escenarios que indican un aumento de las presiones sobre estas áreas.

124. Cómo minimizar la vulnerabilidad a aumentos graduales del nivel medio del mar, y a episodios puntuales más frecuentes e intensos de aumentos bruscos del nivel del mar, es un desafío indudable para Colonia, sus habitantes y su gobierno. El cambio climático no es, entonces, solo un problema del futuro lejano sino también del presente. La topografía mayormente elevada de la ciudad representa una fuente principal de resiliencia y capacidad adaptativa en buena parte de ella. No obstante, existen zonas bajas importantes que hacen a Colonia del Sacramento sensible –y en algunas áreas críticas, muy sensible- al aumento del nivel del mar. Si al aumento del nivel medio se le agregan los episodios de crecientes, ondas de tormenta y mareas, las áreas amenazadas por una elevación del mar alcanzarían cotas de más de 2 m o hasta 3 m por encima de los niveles medios actuales en dichos episodios.

125. Las recomendaciones para mejorar la gestión ambiental derivadas del Informe GEO Colonia del Sacramento, y en particular la implementación de varios puntos contenidos en el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad es el camino inmediato y adecuado para adaptar la ciudad a las amenazas previsibles y disminuir las vulnerabilidades identificadas. Así, se destacan: la protección de los cursos de agua y su entorno evitando que se construyan viviendas y otras infraestructuras; la conservación y desarrollo de la Zona de Protección de la Cuenca de La Caballada; la reversión del proceso de deterioro del arco de playas de la Bahía de Colonia del Sacramento; la implementación de otras acciones previstas en el Programa de Adaptación al Cambio Climático (POT). Involucrar a la población en este proceso, con información, educación, participación, promover actividades de mitigación, es el otro pilar de esta acción colectiva.

126. Luego es necesario abocarse a:
(1) profundizar estudios de base para mejorar el entendimiento de la dinámica de los procesos que generan presiones e impactos, (2) analizar y priorizar medidas para la reducción de la vulnerabilidad de Colonia, de manera de avanzar hacia una gestión costera integrada y sostenible, que enfrente los problemas principales, (3) desarrollar la capacidad institucional adaptativa de Colonia (normas, instituciones y arreglos institucionales, gobernanza multinivel, sistemas de información, participación social, responsabilidad compartida, capacitación, etc.); y (4) desarrollar indicadores de monitoreo de exposición, sensibilidad, y capacidad adaptativa al cambio climático.

127. Es importante señalar que debido a la inercia del sistema climático, aun cuando la humanidad emprendiera un poco probable sendero de drástica reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, los efectos se verían en plazos de décadas, por lo que la adaptación a un aumento de los impactos resulta inevitable. Todos los estudios coinciden en que el futuro será más caliente y con mayores riesgos de eventos extremos (olas de calor, precipitaciones intensas, crecientes abruptas, etc.).

128. Desde la perspectiva de Colonia del Sacramento, evaluar la vulnerabilidad y tomar medidas de adaptación planeada ante el cambio climático y la variabilidad climática, es esencial para superar problemas del presente y asegurar que la ciudad continúe siendo el sitio que sus habitantes y la sociedad toda aspiran, como espacio de vida, actividad laboral, turismo y preservación del patrimonio histórico.

VIII.
FUENTES DE INFORMACIÓN Y REFERENCIAS

[1] PNUD, IMC, CIEDUR. 2009. Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Colonia del Sacramento. Uruguay.

[2] Henning Sten Hansen, 2010. Modelling the future coastal zone urban development as implied by the IPCC SRES and assessing the impact from sea level rise. Landscape and Urbal Planning 98 (2010) 141-149.

[3] CIEM, 2009. Manual de Entrenamiento sobre Vulnerabilidad y Adaptación ante el Cambio Climático para GEO Ciudades.

[4] PNUMA, 2007. Manual de capacitación GEO para la realización de evaluaciones ambientales integrales y la elaboración de informes.

[5] PNUMA, 2010. "Perspectivas del Medio Ambiente: América Latina y el Caribe, GEO ALC 3".

[6] Intendencia de Colonia 2008. "Plan Director de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de la ciudad de Colonia del Sacramento ("Ciudad de Colonia 2025")".

[7] Barros, S. 2007. En: "El Cambio Climático en el Río de la Plata". Proyecto AIACC

[8] Bishoff, 2005. En "El Cambio Climático en el Río de la Plata". Proyecto AIACC,

[9] Piedra Cueva, I. y Texeira, 2000. L. Informe para la Intendencia de Colonia sobre la Playa Municipal y Real de San Carlos.

[10] IPCC, 2007. Cambio Climático 2007. Informe de Síntesis (Ar4). http://www.ipcc.ch/pdf/assessment- report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf

[11] 2008. "Working together with water". Hallazgos de la Deltacommissie. Holanda, 2008.

[12] Smith et al, 2008

[13] Townsend M. Government of South Australia, 2009. "Climate Change and Coastal management in South Australia".

[14] Pfeffer et al. 2008.

[15] Church, J. et al. 2006. "Sea level rise around the Australian coastline and changing frequency of extreme sea level events". Australian Meteorology Magazin. 55 (2006) 255-260.

[16] H.-M. FÜsseL. 2010. Post-AR4 update of risks from climate change. Potsdam Institute for Climate Impact Research.

[17] Panayotou, K. 2005. “Coastal management and climate change: an australian perspective”. Journal of Coastal Research. Special issue 56, 2009.

[17] Bidegain et al. 2005. En “El Cambio Climático en el Río de la Plata”, Proyecto AIACC.

[19] AIACC-INIA, 2005. Climate Change/Variability in the Mixed Crop/Livestock, Production Systems of the Argentinean, Brazilian and Uruguayan Pampas: Climate Scenarios, Impacts and Adaptive Measures. Informe final de Proyecto.

[20] SOHMA, 2010. Tablas de Marea, Puertos de Uruguay

[21] Haylock et al, 2006. J. Climate 19: 1490-1512.

[22] NASA GISS, http://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/

[23] Vincent et al, 2005. J. Climate 18: 5011-5023.

[24] Alexander et al, 2006. J. Geophysical Research 111:D05109

[25] Presidencia de la República. Uruguay. 2009. Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático.

[26] Camilloni, Inés. 2005. “Tendencias Climáticas” En “El Cambio Climático en el Río de la Plata”, Proyecto AIACC.

[27] Renom, 2009. Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires

[28] Tebaldi et al. 2006. Climatic Change 79: 185-211.

[29] 2009 “Identificación de posibles impactos del Cambio Climático en la producción de pasturas naturales y de arroz en Uruguay” INIA, Uruguay.

[30] Gimenez A. y Baethgen W. 20008. Cambio climático en Uruguay y la Región. INIA. 2008.

VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO PARA GEO CIUDADES

Colonia del Sacramento Uruguay

coloniamueve

División de Evaluación y Alerta Temprana (DEAT)
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Oficina Regional para América Latina y El Caribe
Clayton, Ciudad del Saber, Edificio 103 - Avenida Morse,
Corregimiento de Ancón, Ciudad de Panamá, Panamá.
Teléfono (507) 3053100 / Fax: (507) 3053105
Apto. postal: 03590-0843
Correo electrónico: enlace@pnuma.org
Sitio internet: www.pnuma.org

www.unep.org
United Nations Environment Programme
United Nations Avenue, Gigiri
PO Box 30552, 00100
Nairobi, Kenya
Telephone: (254-20) 7624489/90
E-mail: unepinfo@unep.org
Web: www.unep.org

PNUMA

Belgian Development Cooperation .be