

Estudio comparado del efecto del ascenso del nivel del mar (ANM) sobre la infraestructura de salud y la población en las ciudades de Puerto Rico y del Caribe

José Seguinot Barbosa

Departamento de Salud Ambiental
Recinto de Ciencias Médicas
Universidad de Puerto Rico
jose.seguinot@upr.edu

RESUMEN

El propósito central de este estudio es presentar los datos comparativos del efecto del ascenso (ANM) del nivel del mar sobre las ciudades de Puerto Rico y del Caribe. Mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica y utilizando la base de datos provista por Google Earth se identificó la infraestructura asociada a los servicios de salud (hospitales, escuelas, hoteles y edificios públicos, entre otros) que podría estar afectada por el incremento de uno y cinco metros del ANM. Para determinar las áreas afectadas por el ANM se utilizó la base geográfica provista por la NASA en flood.firetree.net. Se usó el ArcGIS 10.3.3 para sobreponer y georeferenciar los polígonos de las zonas afectadas con la infraestructura identificada en cada ciudad. Utilizando la función de selección por localización se determinó entonces la infraestructura que se encontraba dentro de los polígonos de uno y cinco metros del ANM. Los cálculos de la población afectada se llevaron a cabo utilizando el censo más reciente (2014) para cada ciudad. En los casos donde había datos disponibles a nivel de tramo censal, como fue el caso de Puerto Rico, se sobrepuso el tramo con los polígonos de las áreas afectadas. En aquellas ciudades donde sólo existía el dato de la población general se estimó el porcentaje de área afectada y con este dato se estimó la cantidad de población en riesgo. Este estudio estableció a corto plazo (1 metro en 100 años) y largo plazo (5 metros en 500 años) la vulnerabilidad de la infraestructura y la población al ascenso del nivel del mar. Según el análisis San Juan y Cartagena de Indias son las ciudades del Caribe con mayor infraestructura y población en riesgo tanto para uno como para cinco metros. A nivel de Puerto Rico San Juan y Mayagüez son las ciudades que presentan una mayor vulnerabilidad.

Palabras Clave: **ascenso del nivel del mar, sistemas de información geográfica, ciudades del Caribe, infraestructura de salud, población.**

INTRODUCCIÓN

Este proyecto surge como parte de una extensión de otro proyecto desarrollado bajo la propuesta del programa ULTRA (Urban long Term Research Area) y auspiciada por la National Science Foundation (NSF) y el United States Forest Service (USFS) titulada en inglés: San Juan, Puerto Rico: Social-Ecological System Change, Vulnerability, and the Future of a Tropical City. Esta propuesta abordó dos tipos de preguntas fundamentales en la investigación socio-ambiental. El primer grupo de preguntas planteó: ¿Cómo los factores biofísicos, económicos e institucionales afectan la vulnerabilidad natural y humana dentro del sistema urbano?, ¿Cómo éstos han cambiado espacial y temporalmente durante los últimos setenta años? y ¿En qué medida estos factores de vulnerabilidad han influenciado en la sostenibilidad de la ciudad?

El objetivo central del primer estudio realizado en San Juan fue el de medir la vulnerabilidad de las comunidades al cambio climático y al ANM (Seguinot, 2012). Para ello definimos las personas vulnerables como aquellas que por distintos motivos se sentían susceptibles a una situación de peligro. Respecto a la infraestructura esta puede considerarse vulnerable si se encuentra ubicada en lugares donde los efectos del ANM, serán sensibles.

La región de estudio comprende toda la cuenca del Caribe (figura 1). El énfasis está puesto en las ciudades costeras del Caribe, incluyéndose cuando menos varias ciudades capitales o importantes desde el punto de vista turístico o portuario para la región. Las ciudades estudiadas incluyen San Juan (Puerto Rico), Santo Domingo (República Dominicana), Habana (Cuba), Kingston (Jamaica), Cartagena de Indias (Colombia), Ciudad de Panamá (Panamá), Puerto Limón (Costa Rica), Punta Arenas (Costa Rica), Ciudad de Belice (Belice), Cancún (México) y Nassau (Bahamas). En el caso de Puerto Rico las ciudades estudiadas (figura 2) incluyen al menos una ciudad por cada región geográfica de la isla y las que usualmente se consideran las cabeceras urbanas de su municipio por lo cual llevan el mismo nombre que este último. Las ciudades bajo estudio son: San Juan (capital, región norte), Río Grande-Fajardo (región noreste y este), Ponce (región sur), Mayagüez (región oeste) y Aguadilla (región noroeste).



Figura 1: Puerto Rico en el Caribe y mapa de los límites políticos, 2016

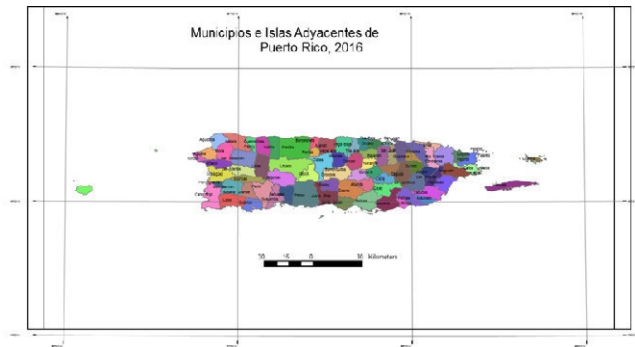


Figura 2: Municipios e islas de Puerto Rico, 2016

METODOLOGÍA

A través de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y utilizando la base de datos provista por Google Earth se identificaron las estructuras asociadas a los servicios de salud (hospitales, escuelas, hoteles y edificios públicos, entre otros) que podrían ser afectadas por el incremento de uno y cinco metros del ANM. Para determinar las áreas afectadas por el ANM se utilizó la base geográfica provista por la NASA en flood.firetree.net. Esta base se proyectó con la aplicación del ArcGIS 10.3.3 para sobreponer y georreferenciar los polígonos de las zonas afectadas con la infraestructura identificada en cada ciudad. Utilizando la función de selección por localización se determinó entonces la infraestructura que se encontraba dentro de los polígonos de uno y cinco metros del ANM.

Una vez acesada la página web de la NASA se seleccionó la vista aérea de cada ciudad, preferiblemente a una escala entre 1:5000 a 1:10000 dependiendo de la extensión urbana de la ciudad. En esta página web se escogió la opción sobre a cuántos metros sería el ascenso del nivel del mar que se quería ver el despliegue, para esta investigación se seleccionaron uno y cinco metros como ANM. Esta imagen fue utilizada como base para digitalizar a mano todas las áreas (polígonos) afectadas en la ciudad por las penetraciones del mar a uno y cinco metros. Cada una de estas imágenes fue guardada para luego ser levantadas y georreferenciadas en el ArcGIS.

En el Programa de Google Earth se levantó la imagen correspondiente a cada ciudad en una escala similar a la levantada en la base de datos de la NASA. En esa imagen se marcaron cada uno de los puntos correspondientes a la infraestructura de hospitales, centros de salud, escuelas, hoteles, centros para el manejo de emergencias, estaciones de policías y bomberos, entre otros. Se construyó una tabla de toda la infraestructura afectada según las siguientes categorías: estructuras educativas, estructuras de servicios a la salud, áreas culturales y centros turísticos, áreas portuarias y aeropuertos, áreas recreativas, manejo de emergencias, estructuras importantes, iglesias y cementerios y otros (restaurantes, bares, áreas residenciales). Estos puntos fueron exportados al ArcGIS en formato KML convirtiéndose en una capa de información con formato Shapefile.

Para poder sobreponer la capa de puntos con la imagen de la NASA se proyectó la capa de puntos en un mapa mundial que incluía un mapa digital de cada país con un sistema de coordenadas WGS 1984. En este mapa también se georreferenció la imagen digital de cada ciudad que incluía los polígonos del ANM a uno y cinco metros. De esta manera se logró la so-

brexposición de los puntos (infraestructura) con los polígonos (ANM 1 y 5 metros). Una vez levantados todos los datos en una misma plataforma se utilizó el comando de selección por localización (Selection- by location) del ArcGIS para identificar todas las estructuras que caían dentro de los polígonos de uno y cinco metros. Las estructuras seleccionadas se convirtieron en una capa de información para efecto de identificarlas y contabilizarlas. Así fue como se construyeron las tablas que incluyen cada infraestructura afectada en cada ciudad.

Los cálculos de la población afectada para uno y cinco metros del ANM se llevaron a cabo utilizando el censo más reciente (2014) para cada ciudad, excepto Cancún que se usaron datos del 2008. En los casos donde había datos disponibles a nivel de tramo censal, como fue el caso de Puerto Rico, se superpuso el tramo con los polígonos de las áreas afectadas. En aquellas ciudades donde solo existía el dato de la población general se estimó el porcentaje del área afectada y con este dato se estimó la cantidad de población en riesgo. En algunos casos como en Santo Domingo la población existía para cada uno de los sectores urbanos de planificación. Se trató de conseguir un estimado de población oficial, es decir hecho por una institución autorizada por cada país. No obstante, en ocasiones dependimos de datos secundarios ofrecidos por fuentes secundarias como el Internet pero, éstos fueron

corroborados por otros medios. La fuente de los datos y/o la página web de donde se consiguieron los datos de población generalmente aparecen citadas en el capítulo correspondiente a cada ciudad.

Una vez conseguida toda la información necesaria se prepararon tablas síntesis (tablas 1 al 4) que resumen estadísticamente la cantidad de infraestructura afectada según cada una de las categorías estudiadas y la cantidad de población en riesgo en cada ciudad. Las tablas se hicieron por ciudades del Caribe y ciudades de Puerto Rico según el ANM de uno y cinco metros. Con estas tablas se prepararon las gráficas comparativas (ver resultados) entre todas las ciudades del Caribe y entre las ciudades de Puerto Rico. Se trató de completar la mayor cantidad de datos posibles para cada tabla, no obstante en algunos casos fue necesario incluir un NA (no aplica) para demostrar que para ese caso en particular no había información disponible. En los casos en que se incluyó un 0 fue porque no se logró identificar ninguna estructura que estuviera afectada. Para ver en detalle el efecto del ANM, tanto a uno como a cinco metros, en la infraestructura y en la población de las ciudades de Puerto Rico y el Caribe véase las tablas que se presentan a continuación.

TABLA 1.

Síntesis de las estructuras y población afectadas por el ANM de 1m en las ciudades del Caribe.*

CATEGORÍA	SAN JUAN	SANTO DOMINGO	HABANA	KINGSTON	CARTAGENA DE INDIAS	CIUDAD DE PANAMÁ	PUERTO LIMÓN	PUNTA-RENAS	CIUDAD DE BELICE	CANCÚN	NASSAU
Educación	1	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
Servicios de salud	2	0	0	0	1	0	0	0	6	0	2
Centros culturales y turísticos	8	2	1	NA	6	2	NA	3	4	4	10
Áreas portuarias y aeropuertos	6	3	NA	3	3	2	1	2	1	1	2
Áreas recreativas	6	NA	NA	NA	NA	NA	1	NA	NA	1	2
Manejo de emergencias	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Estructuras importantes	2	NA	NA	1	3	5	1	NA	NA	NA	0
Iglesias y cementerios	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	NA	1
Transportación/ Sistema vial	NA	2	2	NA	42	NA	1	1	NA	NA	NA
Otros	NA	NA	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	NA	NA
Total Est	30	7	3	1	55	10	4	6	20	6	19
Población	66,300	29,760	4,096	5,860	57,727	5415	4513	1,203	4267	32,512	4240

TABLA 2.

Síntesis de las estructuras y población afectadas por el ANM de 5m en las ciudades del Caribe.*

CATEGORÍA	SAN JUAN	SANTO DOMINGO	HABANA	KINGSTON	CARTAGENA DE INDIAS	CIUDAD DE PANAMÁ	PUERTO LIMÓN	PUNTA-RENAS	CIUDAD DE BELICE	CANCÚN	NASSAU
Educación	14	0	0	5	13	9	2	1	19	0	1
Servicios de salud	13	0	1	2	9	3	0	0	14	0	2
Centros culturales y turísticos	40	7	19	6	39	10	3	3	10	16	2
Áreas portuarias y aeropuertos	15	3	NA	11	7	4	1	2	1	2	1
Áreas recreativas	23	1	12	3	19	8	1	NA	NA	5	1
Manejo de emergencias	6	NA	NA	4	1	NA	1	NA	NA	NA	1
Estructuras importantes	20	NA	5	19	6	15	3	NA	NA	1	6
Iglesias y cementerios	13	1	7	NA	5	6	1	NA	2	NA	1
Transportación/ Sistema vial	2	3	3	2	254	NA	5	1	NA	NA	NA
Otros	4	1	NA	7	5	5	1	1	NA	3	NA
Total Est.	150	16	47	59	358	60	18	8	46	27	15
Población	312,337	58,240	24,449	205,103	215,450	13,538	64,477	2,156	60,963	78,029	31,800

*Datos del Censo tomados al año 2014, excepto Cancún que los datos bases son del 2008.

TABLA 3.

Síntesis de las estructuras y población afectadas por el ANM de 1m en las ciudades de Puerto Rico. *

CATEGORÍA	SAN JUAN	RIO GRANDE-FAJARDO	PONCE	MAYA-GÜEZ	AGUA-DILLA
Educación	1	0	0	2	1
Servicios de salud	2	0	0	0	0
Áreas culturales y centros turísticos	8	15	3	NA	1
Áreas portuarias y aeropuertos	6	NA	4	1	NA
Áreas recreativas	6	6	1	7	NA
Manejo de emergencias	NA	NA	NA	NA	NA
Estructuras importantes	2	NA	NA	NA	NA
Iglesias y cementerios	5	NA	NA	NA	NA
Transportación/Sistema vial	NA	2	NA	NA	NA
Otros	NA	6	3	7	3
Total Est.	30	29	11	17	6
Población	66,300	20,413	8397	3,385	1816

TABLA 4

Síntesis de las estructuras y población afectadas por el ANM de 5m en las ciudades de Puerto Rico**

CATEGORÍA	SAN JUAN	RIO GRANDE-FAJARDO	PONCE	MAYA-GÜEZ	AGUA-DILLA
Educación	14	0	3	12	4
Servicios de salud	13	0	0	3	0
Áreas culturales y centros turísticos	40	15	4	1	5
Áreas portuarias y aeropuertos	15	NA	5	2	NA
Áreas recreativas	23	NA	2	19	NA
Manejo de emergencias	6	NA	1	2	NA
Estructuras importantes	20	NA	1	15	NA
Iglesias y cementerios	13	NA	2	8	NA
Transportación/sistema vial	2	NA	NA	NA	NA
Otros	4	6	2	16	6
Total Est.	150	21	20	78	15
Población	312,337	38,861	19,826	26,816	3,018

**Datos Censales: Tomados del Census Explorer, Proyecciones a 2013-14

Resultados

De acuerdo a los análisis realizados encontramos que San Juan y Cartagena de Indias son las ciudades del Caribe con mayor infraestructura y población en riesgo tanto para uno como para cinco metros. En Puerto Rico San Juan y Mayagüez son las ciudades que presentan mayor vulnerabilidad. No obstante, estos resultados hay que mirarlos según cada una de las categorías de análisis que hemos construido. Estas son: estructuras educativas, estructuras de servicios a la salud, áreas culturales y centros turísticos, áreas portuarias y aeropuertos, áreas recreativas, manejo de emergencias, estructuras importantes, iglesias y cementerios y otros (restaurantes, bares, áreas residenciales).

CIUDADES DEL CARIBE

A nivel del total de la infraestructura impactada por el ANM de un metro (figura 3) las ciudades Caribeñas que sufrirán un mayor impacto en su infraestructura pública son: Cartagena de Indias y San Juan, seguidas de Ciudad de Belice y Nassau.

Las ciudades que menos impacto tendrán son: Kingston, Habana y Puerto Limón.



Figura 3: Estructuras afectadas por el ANM de 1m

Las ciudades caribeñas (figura 4) cuya infraestructura será más afectada por un incremento del ANM de 5 metros son en orden descendente: Cartagena de Indias y San Juan. En comparación con el efecto de 1 metro en cinco metros se observa un descenso en Ciudad Belice y Nassau, mientras se observa un pequeño incremento en la Habana y Ciudad de Panamá. La ciudades con menos infraestructura afectada son: Puntarenas, Nassau y Santo Domingo.

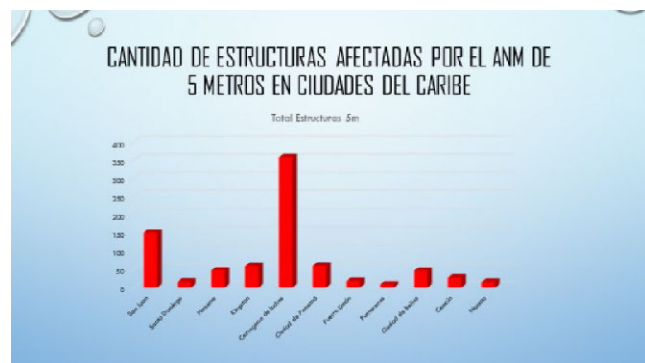


Figura 4: Estructuras afectadas por el ANM de 5m.

Las ciudades con infraestructura educativa más afectada en cinco metros de ANM pueden verse en la figura 5. La ciudad que perderá mayor cantidad de estructuras educativas (escuelas, colegios, universidades) con este ANM serán: Ciudad de Belice y San Juan. Las ciudades menos afectadas serán: Santo Domingo, Cancún y la Habana.



Figura 5: Estructuras educativas afectadas por el ANM de 5m

Las ciudades caribeñas (figura 6) cuya infraestructura de salud será más afectada por un incremento del ANM de 5 metros son en orden descendente: Ciudad de Belice y San Juan.

La ciudades cuyos servicios de salud no se verán muy afectados Santo Domingo, Punta Arenas y Puerto Limón en Costa Rica y Cancún, México.

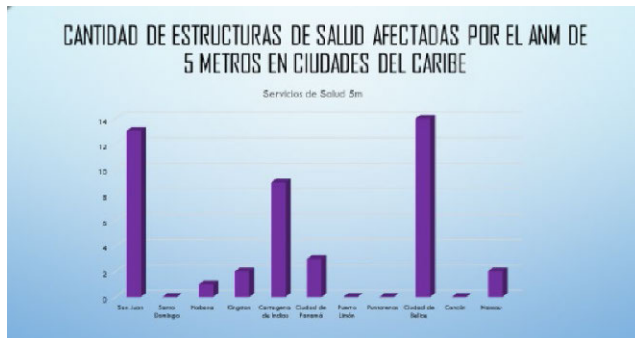


Figura 6: Estructuras de salud afectadas por el ANM de 5 Metros

Respecto a la población afectada es importante señalar que aunque aquí se están comparando ciudades muy grandes con ciudades más pequeñas lo que es relevante es la cantidad de personas que están en riesgo de ser afectados por el ANM. Como sabemos la población no está distribuida homogéneamente y ciudades grandes como Kingston tienen poca población cercana a la costa, mientras ciudades medianas como Cancún tienen mucha población costera. Las ciudades con mayor población (figura 7) en riesgo por el ANM de un metro son en orden descendente: San Juan, Cartagena de Indias, Cancún y Santo Domingo. Las ciudades estudiadas con menor cantidad de población en riesgo son: Punta Arenas, Habana, Nassau y Ciudad de Panamá.



Figura 7: Población afectada por el ANM de 1m

Las ciudades con mayor población (Figura 8) en riesgo ante un ANM de 5 metros son: San Juan, Cartagena de Indias y Kingston. Las ciudades caribeñas con menor cantidad de población en riesgo para este ANM son: Punta Arenas, Ciudad de Panamá y la Habana.



Figura 8: Población afectada por el ANM de 5m

CIUDADES DE PUERTO RICO

El total de la infraestructura impactada por el ANM de un metro (figura 9) las ciudades de Puerto Rico que sufrirán un mayor impacto en su infraestructura pública son: San Juan y Rio Grande- Fajardo. Las ciudades que menos impacto tendrán son: Aguadilla y Ponce.



Figura 9: Estructuras afectadas en ciudades de Puerto Rico por el ANM de 1m

Las ciudades de Puerto Rico (figura 10) cuya infraestructura será más afectada por un incremento del ANM de 5 metros son en orden descendente: San Juan y Mayagüez. Las menos impactadas por este ascenso los son Aguadilla y Ponce.

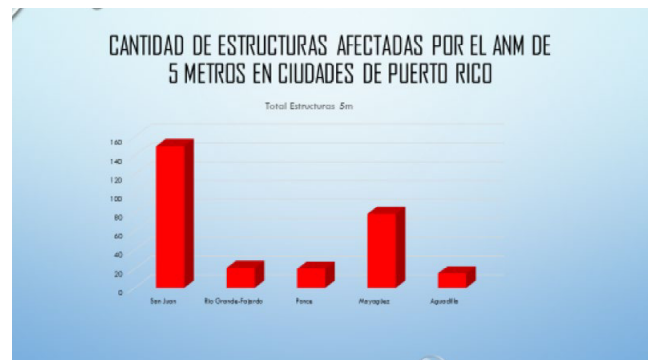


Figura 10: Estructuras afectadas en ciudades de Puerto Rico por el ANM de 5 metros

Las ciudades puertorriqueñas con la infraestructura educativa más afectada en cinco metros de ANM pueden verse en la figura 11. Las ciudades que perderán mayor cantidad de estructuras educativas (escuelas, colegios, universidades) con este ANM serán: San Juan y Mayagüez. Las ciudades menos afectadas serán: Rio Grande-Fajardo y Ponce.



Figura 11: Estructuras educativas afectadas en ciudades de Puerto Rico por el ANM de 5 metros

Las ciudades de Puerto Rico (figura 12) cuya infraestructura de salud será más afectada por un incremento del ANM de 5 metros son en orden descendente: San Juan y Mayagüez. Las ciudades cuyos servicios de salud no se verán muy afectados son: Río Grande-Fajardo, Ponce y Aguadilla.



Figura 12: Estructuras de salud afectadas en ciudades de Puerto Rico por el ANM de 5m

Las ciudades con mayor población (figura 13) en riesgo por el ANM de un metro son en orden descendente: San Juan y Río Grande-Fajardo. Las menos afectadas son: Aguadilla y Mayagüez.



Figura 13: Población afectada en ciudades de Puerto Rico por el ANM de 1m

Las ciudades de Puerto Rico con mayor población (figura 14) en riesgo ante un ANM de 5 metros son: San Juan y Río Grande-Fajardo. Las ciudades con menor cantidad de población en riesgo para este ANM son: Aguadilla y Ponce.



Figura 14: Población afectada en ciudades de Puerto Rico por el ANM de 5 metros

CONCLUSIONES

Luego de realizado este estudio llegamos a las siguientes conclusiones específicas: Las ciudades caribeñas con un mayor índice de vulnerabilidad al ANM son: Cartagena de Indias en Colombia y San Juan de Puerto Rico. Las ciudades con un menor índice de vulnerabilidad al ANM son: Punta Arenas, Santo Domingo y Ciudad de Panamá. En Puerto Rico las ciudades más vulnerables son San Juan y Mayagüez y las menos vulnerables son Aguadilla y Ponce. Es importante señalar que todas las ciudades estudiadas son en mayor o menor medida vulnerables a los efectos del ANM. No obstante, si las comparamos entre ellas siempre habrá unas más vulnerables que otras.

De acuerdo a la infraestructura impactada por el ANM de un metro las ciudades caribeñas que sufrirán un mayor impacto en su infraestructura pública son: Cartagena de Indias y San Juan. Las ciudades caribeñas cuya infraestructura será más afectada por un incremento del ANM de 5 metros son en orden descendente: Cartagena de Indias y San Juan. Las ciudades con infraestructura educativa más afectada en cinco metros de ANM serán: Ciudad de Belice y San Juan. Las ciudades caribeñas cuya infraestructura de salud será más afectada por un incremento del ANM de 5 metros son en orden descendente: Ciudad de Belice y San Juan. Las ciudades con mayor población en riesgo por el ANM de un metro son en orden descendente: San Juan, Cartagena de Indias y Cancún. Las ciudades con mayor población en riesgo ante un ANM de 5 metros son: San Juan, Cartagena de Indias y Kingston.

Las ciudades de Puerto Rico que sufrirán un mayor impacto en su infraestructura impactada por el ANM de un metro son: San Juan y Río Grande-Fajardo. Las ciudades de Puerto Rico cuya infraestructura será más afectada por un incremento del ANM de 5 metros son en orden descendente: San Juan y Mayagüez. Las ciudades que perderán mayor cantidad de estructuras educativas (escuelas, colegios, universidades) con un ANM de 5 metros serán: San Juan y Mayagüez. Las ciudades de Puerto Rico cuya infraestructura de salud será más afectada por un incremento del ANM de 5 metros son en orden descendente: San Juan y Mayagüez. Las ciudades con mayor población en riesgo por el ANM de un metro son en orden descendente: San Juan y Río Grande-Fajardo. Las ciudades boricuas con mayor población en riesgo ante un ANM de 5 metros son: San Juan y Río Grande-Fajardo.

Este estudio refleja que hay muchos factores que determinan el impacto que habrá de tener el ANM en las diferentes ciudades de Puerto Rico y El Caribe. Entre ellos se incluyen algunos elementos naturales como la topografía o la elevación en la cual se encuentra enclavada la ciudad, la cantidad de infraestructura y de población que se encuentra ubicada en el litoral y en la zona costera, la ubicación con respecto al polo norte donde se encuentra la ciudad (las ciudades que se ubican en la costa sur de las islas o del continente están menos expuestas) y los efectos locales de la tectónica de placas, pues algunas ciudades se están levantando junto a la placa donde están ubicadas mientras otras, por el contrario se están hundiendo. Dicho en palabras técnicas algunas ciudades representan costas de emersión mientras otras son costas de sumersión. Por supuesto, las ciudades o sus sectores que representan áreas de sumersión están siendo afectados con mayor intensidad por el ANM.

A modo de conclusión general podemos señalar que el estudio demuestra que no todas las ciudades de Puerto Rico y del Caribe son vulnerables con la misma intensidad a los efectos del ascenso del nivel del mar. Por lo tanto su nivel de vulne-

rabilidad real y su situación de peligro varía según su nivel de desarrollo socio-económico y las zonas donde se ha concentrado el mismo. Desafortunadamente en el Caribe la mayor parte de este desarrollo ha sido en las zonas costeras, razón por la cual ello incrementa la vulnerabilidad de las ciudades al ANM. Ello nos lleva a la conclusión de que el nivel de sos-

tenibilidad y de justicia ambiental existente en las ciudades del Caribe también varía espacialmente de acuerdo a los niveles de exposición a los riesgos marítimos y climáticos, así como a sus propias características demográficas, económicas y ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, C. A., Barton, E. D., and Mooers C. N. K. (2003). Evidence for an eastward flow along the Central and South American Caribbean Coast. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, 108(C6, 3185). doi:10.1029/2002JC001549
- Brown, Desmond. "Bahamas Will Lose 80% Of Land In This Century To Climate Change, Builds Sea Walls". *Informed Comment*. N.p., 2015. Web. 21 Nov. 2016.
- BURKE R. Y OTROS (2010): *Getting to Know ArcGIS*. California, Editorial ESRI Press, 604 pags.
- Cazenave, A.; Nerem, R. S. (2004). «Cambios actuales del nivel del mar: Observaciones y causas». *Rev. Geophys* 42: RG3001.
- Centro de Estudios Sociales y Demográficos (CESDEM) & ICF International (2014) *Encuesta Demográfica y de Salud 2013*. Santo Domingo, República Dominicana: CESDEM y ICF International.
- Consejo de Cambio Climático de Puerto Rico (CCCPR). (2013). *Estado del Clima de Puerto Rico 2010-2013, Resumen Ejecutivo: Evaluación de vulnerabilidad socio-ecológicas en un clima cambiante*. Recuperado de http://pr-ccc.org/wp/content/uploads/2014/08/PRCCC_ExecutiveSummary.pdf
- FUNDACIÓN DE CIENCIAS (FNC y SFF), Propuesta. (2010): "San Juan, Puerto Rico: Social-Ecological System Change, Vulnerability, and the Future of a Tropical City", 45pags.
- Georgia Tech Logistics Innovation & Research Center de Panamá. (2016). *Estadísticas e información de Puertos*. Recuperado en: <http://logistics.gatech.pa/es/assets/seaports/balboa>
- <http://flood.firetree.net/>
- <http://www.census.gov/censusexplorer/censusexplorer.html>
- Lizano A, M., & Lizano R, O. (2011). *Creación de escenarios de inundación en la Ciudad de*
- LOUNSBURY, J.F. y ALDRICH, F.T. (1986): *Introduction to Field Methods and Techniques*. Columbus, Ed. Charles E. Merrill, 215 pags.
- MORENO, A. Y OTROS (2005): *Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS*, Madrid, Editorial Ra-Ma., 895 pags.
- Municipio de Ponce . (2014). *Datos Relevantes sobre Ponce* . (J. Figueroa Santiago, Editor) Retrieved 13 de February de 2015 from Ponce Ciudad Señorial
- MUÑOZ-ERICKSON, T.A. AGUILAR-GONZALEZ, B.J. Y SISK, T.D. (2007): "Linking ecosystem health indicators and collaborative management: a systematic framework to evaluate ecological and social outcomes", *Ecology and Society* 12 (2): pp. 6-18
- Nakka, S. (2010). *Engineering response to global sea level rise - Case Study, Port of Kingston, Jamaica*. Stanford University.
- Pedrozo-Acuña, A., Damania, R., Laverde-Barajas, M. A., & Mira-Salama, D. (2015). *Assessing the consequences of sea-level rise in the coastal zone of Quintana Roo, México: the costs of inaction*. *Journal of Coastal Conservation*, 1-14.
- Puerto Rico Climate Change Council. (2010-2013). *Puerto Rico 's State of Climate: Assessing Puerto Rico's Social-Ecological Vulnerabilities in a Changing Climate* . San Juan : PRCCC.
- Puntarenas ante el aumento del nivel del mar. *InterSedes*, 11(21). Recuperado de <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/1010>
- Salguero, M. A., Penón, M. L., & Li, S. A. (2006). *Estado del conocimiento del agua subterránea en Costa Rica*. *Boletín Geológico Y Minero*, 117(1), 63-73.
- Seguinot-Barbosa, J. (1996): "La ecología urbana de San Juan (una interpretación geográfica social)", *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 16: pp. 161-184
- Seguinot-Barbosa, J. (1997): *San Juan, Puerto Rico: la ciudad al margen de la bahía*, Ed. Geo, San Juan, 142 pags.
- Seguinot-Barbosa J. (2012), *Vulnerabilidad de las Comunidades de San Juan, Puerto Rico al Cambio climático*. Recuperado de: <http://sanjuanultra.org/recurso/vulnerabilidad-de-las-comunidades-al-cambio-climatico/>
- SKIDMORE A. (2002): *Environmental modeling with GIS and Remote Sensing*. London, Ed. Taylor and Francis, 425 pags.
- UNESCO/COI (2010) *AUMENTO Y VARIABILIDAD DEL NIVEL DEL MAR - RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLÍTICAS*. Obtenido el 13 de febrero de 2016. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001893/189369s.pdf>
- Vanzie, E. (2008, Noviembre). *Assessment of impact of Climate Change on Belize's Health Sector: Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever*. http://www.hydromet.gov.bz/downloads/Vulnerability_Adaptation_Assessment_Health.pdf
- Whittle, D., & Muñoz-Núñez, D. *Sea Level Rise Policies in Cuba*. (2015). Retrieved December 11, 2015 from, <http://gulf-sealevel.org/Whittle,%20Dan.pdf>
- Yi, S., W. Sun, K. Haki, y A. Qian, (2015), *An increase in the rate of global mean sea level rise since 2010*. *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1002/2015GL063902.