

CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD DE LAS COMUNIDADES AL ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR (ANM) EN LA CIUDAD DE SAN JUAN, PUERTO RICO (2005-2105)

CLIMATE CHANGE AND COMMUNITIES' VULNERABILITY TO SEA LEVEL RISE AT THE CITY OF SAN JUAN, PUERTO RICO, (2005-2105)

Por
José Seguinot Barbosa*

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este proyecto socio-ambiental surge como parte de la implantación de la propuesta aprobada bajo el 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 pretendió abordar dos tipos de preguntas fundamentales en la investigación socio-ecológica. El primer grupo de preguntas planteó: ¿Cómo los factores biofísicos,

Quiero dedicar este escrito a un gran amigo y colega que dedicó gran parte de su vida al estudio de las ciudades desde la perspectiva geográfica. Querido Joaquín siempre te recordaremos porque me enseñaste a ser un mejor geógrafo, pero sobre todas las cosas me enseñaste a amar nuestras familias. Gracias amigo... QEPD.

* José Seguinot Barbosa. Ph.D. Departamento de Salud Ambiental. Universidad de Puerto Rico.: jose.seguinot@upr.edu

económicos e institucionales afectan la vulnerabilidad natural y humana dentro del sistema de la cuenca hidrográfica del río Piedras, ¿Cómo éstos han cambiado espacial y temporalmente durante los últimos setenta años? y ¿En qué medida estos factores de vulnerabilidad han influenciado la sostenibilidad de la ciudad de San Juan?

El segundo grupo de preguntas cuestiona lo siguiente: ¿Cuáles son los diversos escenarios e indicadores para estudiar el desarrollo futuro de la ciudad de San Juan? ¿Qué políticas públicas y redes organizacionales los apoyan, y hasta qué punto éstos influyen la vulnerabilidad y capacidad adaptativa para la sostenibilidad urbana? La hipótesis planteada bajo el primer grupo de preguntas considera que las personas y comunidades residentes en la Cuenca del Río Piedras más vulnerables a los cambios socio-económicos y ambientales tales como inundaciones y los cambios en las estructuras y funciones de los ecosistemas son aquellos que constituyen el grupo social con menos capacidad económica de acuerdo a su ingreso, nivel educativo y edad (Pontius 2001, Seguinot-Barbosa 1996, Giusti 2010, Lugo 2002). Esta hipótesis sirve como punto de partida para este estudio donde se abordan los efectos del cambio climático (ascenso del nivel del mar, inundaciones y salinidad) en San Juan, Puerto Rico. Para corroborar la hipótesis planteada se realizó un estudio transversal basado en una encuesta sobre la percepción poblacional acerca de los riesgos al ascenso del nivel del mar en varias comunidades localizadas dentro y fuera de la cuenca hidrográfica del río Piedras.

El objetivo central del estudio fue medir la vulnerabilidad de las comunidades al ANM. Para ello definimos las personas vulnerables como aquellas que por distintos motivos se sienten susceptibles a una situación de peligro. La vulnerabilidad social es aquella que se produce como consecuencia de determinantes sociales como la edad, la salud, el ingreso o la distancia al centro del peligro. Una zona vulnerable es aquella que aparece expuesta a un fenómeno con potencialidad destructora. Por tanto la vulnerabilidad es igual a la suma del peligro o agente dañino más el nivel de susceptibilidad del individuo o comunidad (factores sociales y de infraestructura).

La percepción del cambio climático varía según las condiciones sociales y económicas de una determinada población. La percepción, por tanto se define como la acción y efecto de percibir (recibir por uno de los sentidos las imágenes, impresiones o sensaciones externas, o comprender y conocer algo). El cambio climático para efectos de este estudio se define

como la modificación en los elementos del clima que ha tenido lugar respecto a su escala local, regional y/o global causada por factores naturales y/o humanos. Por ascenso del nivel del mar (ANM) se entiende como la elevación del mar sobre su nivel medio registrado por un mareógrafo en un intervalo de tiempo. Para estudiar la situación real y la percibida por la población respecto al ANM se recurrió a dos herramientas estadísticas espaciales provista por los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Ellas fueron la interpolación y la regresión espacial. La regresión es un método de análisis de los datos que sirve para poner en evidencia las relaciones que existen entre diversas variables. La interpolación, según el sub-campo matemático del análisis numérico, comprende la construcción de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto discreto de puntos.

El área de estudio comprende la cuenca hidrográfica del río Piedras localizado dentro de los límites del municipio y ciudad de San Juan, Puerto Rico (figura 1). La cuenca tiene un área de unos 49 km² y está localizada dentro de dos regiones geográficas de Puerto Rico: el valle aluvial costero y las montañas húmedas del norte. El río Piedras constituye fundamentalmente una cuenca urbana, aunque aún presenta remanentes de estilos de vida suburbano y rural localizados mayormente en la parte alta de la cuenca en los barrios de Cupey y Caimito. El nivel de desarrollo urbano ha afectado seriamente a este río por lo que su estudio y conservación es de vital importancia dado que aun constituye una zona de alto valor ecológico social y natural para la ciudad de San Juan (Lugo et al., 2011).

DISEÑO DE LA MUESTRA

Las variables ambientales tomadas en consideración para el diseño del muestreo incluyeron la selección de puntos que estuvieran localizados dentro del canal principal del río Piedras o sus tributarios, puntos que representarían usos del suelo urbano y rural y diferentes tipos de vegetación, suelos y formaciones geológicas. También, se buscó asegurar que los puntos de muestreo fueran representativos de los diferentes niveles topográficos (Costero \leq 1 metro, Tierras bajas: de 1- 100 metros y Tierras altas: $>$ 100 metros. En el caso específico de nuestro proyecto se deseaba estimar la prevalencia del conocimiento sobre el ascenso del nivel del mar ($p=0.5$). El marco muestrear se basó en los siguientes cri-

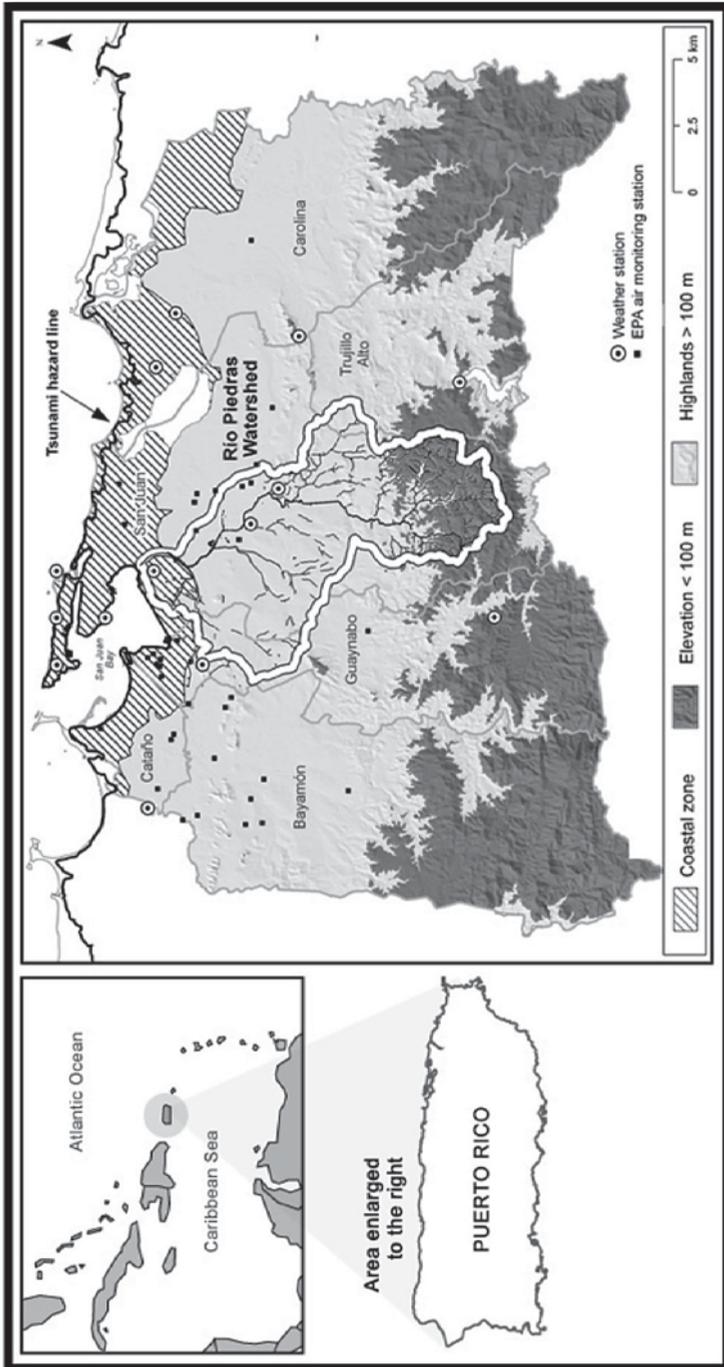


Figura 1. Puerto Rico en el Caribe y mapa de los límites de la cuenca del río Piedras y sus municipios aledaños (FNC y SFF Propuesta, 2010).

terios de población. 1. Densidad: debía ser mayor de 100 personas por milla cuadrada 2. Cantidad total de población: la población debía ser mayor de 1000 personas 3. Ingreso: el ingreso anual por familia debía ser mayor de \$1,500 dólares. Estos datos se obtuvieron de la base de datos del censo 2000 según el nivel de bloques censales.

Los setenta puntos de muestreo del estudio se establecieron utilizando como base los límites territoriales de la cuenca del río Piedras. La herramienta principal en la determinación aleatoria de los puntos de muestreo fue el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS 9.3 de la compañía ESRI. Además, se utilizó el programa estadístico Epi Info para determinar el total del tamaño de la muestra. Para la selección aleatoria de los bloques censales y de las calles donde se llevaría a cabo la aplicación de los cuestionarios se utilizó Excel. En la preparación de las capas digitales utilizadas en el análisis para la determinación de los puntos de muestreo por el SIG se utilizaron fotos aéreas (véase figura 2) de alta resolución con fechas del 2008 provistas por la Agencia de Protección Ambiental Federal (EPA, por sus siglas en inglés) en Puerto Rico.

De los setenta puntos se escogió el 20% como la muestra representativa siguiendo los criterios geográficos establecidos por Lounsbury y Aldrich (1986). A base de este criterio se seleccionaron 14 puntos como la muestra usando la función de búsqueda del SIG. Se escogió el 20% de los setenta puntos ya que este número es suficiente para tener una muestra representativa de la población y realizar los análisis ecológicos alrededor de la cuenca del río Piedras. Al final de esta etapa solo quedaron 13 puntos ya que no se logró la accesibilidad física a uno de los puntos. De estos trece puntos salieron las 13 comunidades seleccionadas para este estudio.

Los puntos y comunidades seleccionadas (figura 2) se distribuyeron en tres divisiones de la cuenca y un área control:

- Tres comunidades en la parte alta de la cuenca (Caimito, Los Galleros, Las Curías)
- Tres comunidades en la parte media de la cuenca (La Sierra, Reparto Metropolitano, Las Lomas)
- Tres comunidades en la parte baja de la cuenca (Puerto Nuevo, University Gardens, Villa Nevares)
- Tres comunidades control en el área de la costa y la Bahía de San Juan (Ocean Park, Viejo San Juan, Vietnam)

Al final, la comunidad de Montehiedra que originalmente había sido seleccionada para este estudio fue descartada por falta de accesibilidad, por lo cual el trabajo realizado se llevó a cabo en 12 comunidades. Las tres comunidades control localizadas fuera de la cuenca del río Piedras fueron utilizadas como base comparativa con las comunidades que estaban dentro de la cuenca. Estas comunidades se usaron como base para obtener datos sobre la geología, suelo, vegetación, calidad del agua y percepción ambiental del ascenso del nivel del mar, etc. De igual forma sirvieron para poder ver las diferencias ambientales y poblacionales con respecto a las comunidades que ubican en el interior de la cuenca hidrográfica del río Piedras. El tamaño total de la muestra poblacional para el estudio de percepción fue de 447 persona procedente de las 12 comunidades estudiadas. Estas personas contestaron el cuestionario de percepción sobre los efectos del cambio climático en su salud y propiedad.

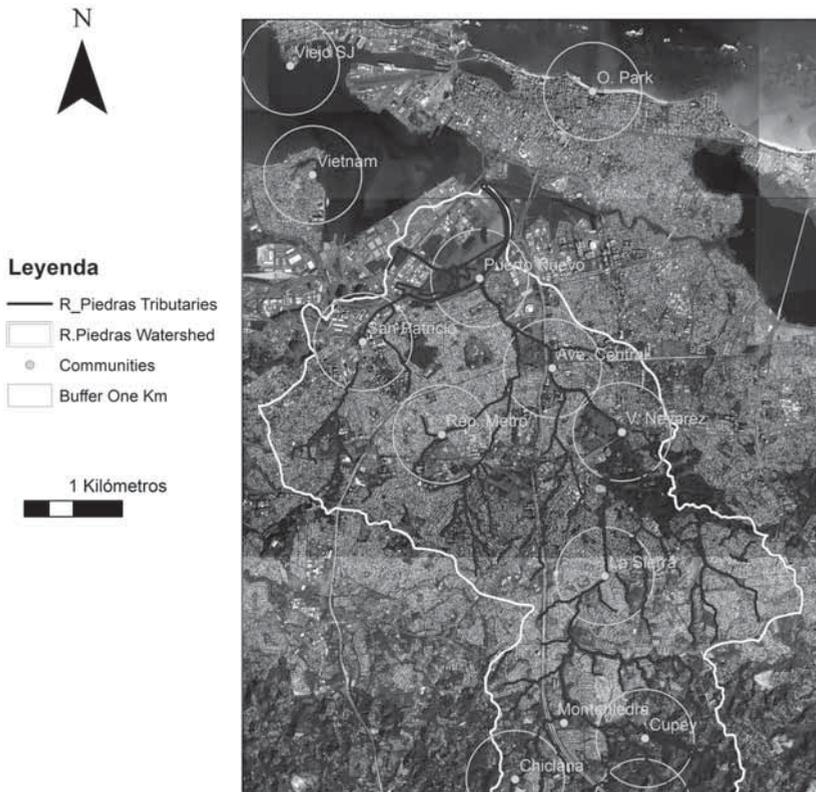


Figura 2. Localización de las comunidades de San Juan estudiadas

METODOLOGÍA

Para cumplir con el propósito de medir el impacto del aumento (ANM) en el nivel del mar se llevó a cabo un muestreo de las variables salinidad, conductividad y PH, entre otras variables durante los meses de enero a diciembre de 2011. Ello nos permitió delimitar los niveles de salinidad en agua y suelo en la cuenca del río Piedras, así como en las comunidades adyacentes. Este muestreo nos permitió verificar si las proyecciones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático y los modelos creados por NASA tenían correspondencia espacial. Se utilizaron el modelo de elevación Digital (DEM) y el gráfico de líneas digitales (DLG) creado por el USGS, así como otros datos topográficos recogidos en el campo con un Sistema de Posición Global (SPG) y datos procedentes del muestreo de agua y suelo para hacer las interpolaciones espaciales (figura 3). También se crearon modelos del ANM en el SIG y se compararon con los realizados por NASA. De esta manera este estudio estableció a corto plazo (33 años) y largo plazo (100 años) la vulnerabilidad de las comunidades al impacto de la subida del nivel del mar y su efecto sobre las inundaciones y la vulnerabilidad de los residentes (figura 4).



Figura 3. Modelo Ascenso del nivel del Mar para San Juan según datos del Panel Gubernamental de Cambio Climático (Seguinot, 2010)



Figura 4. Modelo de Ascenso del Nivel del Mar para San Juan según NASA (<http://flood.firetree.net>)

La percepción de los residentes se midió mediante la aplicación de un cuestionario compuesto por unas 30 preguntas. El cuestionario fue tabulado en Excel y con ese programa se realizaron los gráficos de todos los datos crudos. Las interrogantes median en primer lugar las características demográficas de la población estudiada. Para ello se preguntaba la dirección, sexo, edad, estado civil, nivel educativo, número de personas residentes en el hogar, ingreso y ocupación. Para evaluar la percepción general de la vulnerabilidad por parte de la población se preguntó cuánto tiempo hacia que residía en el área. Simultáneamente, se realizaron las siguientes preguntas: ¿Qué tipo de actividad se lleva a cabo en su comunidad? ¿Entiende usted que las condiciones del mar, río o quebrada han cambiado? ¿En qué manera cree usted que han cambiado las condiciones del mar, río o quebradas aledañas? ¿Usted se siente en peligro o en riesgo por la presencia del mar, río o quebrada en su vecindad? ¿Cómo usted cree que le afecta la presencia del mar, río o quebrada en su vecindad? ¿Desde cuándo usted piensa que le ha comenzado a afectar la presencia del mar, río o quebrada en su vecindad? ¿Cuándo usted cree que podría afectarle en el futuro la presencia del mar, río o quebrada en su vecindad?

Cuadro 1. Indicadores y variables de la vulnerabilidad a Inundaciones, al ANM y la salinidad.

Variable	Indicador
B. 9. ¿Entiende usted que las inundaciones es un problema presente en su comunidad?	1) Sí; (2) No; (3) No sé
B. 10. ¿Cómo se podría remediar el problema de inundaciones en su comunidad?	(1) Canalizando el río o quebrada; (2) Elevando la altura de las casas; (3) Mudando la comunidad; (4) Avisando cuando ocurra una inundación; (5) Creando refugios seguros; (6) Ninguno; (7) No sé
B. 11. ¿Quiénes son los grupos que entiende usted son los más afectados por las inundaciones?	(1) Los niños; (2) Los viejos; (3) Los adultos; (4) Las mujeres; (5) Los hombres; (6) Ninguno; (7) No sé
B. 12. ¿Entiende usted que la salinidad de los cuerpos de aguas y/o del terreno es un problema presente en su comunidad?	(1) Sí; (2) No; (3) No sé
B. 13. ¿Cómo se podría remediar el problema de salinidad en la comunidad que usted vive?	(1) Bloqueando la entrada de agua salada; (2) Rellenando los suelos con material no salino; (3) Ayudando económicamente a la comunidad; (4) Educando a los residentes; (5) Dejando que la naturaleza lo resuelva por si misma; (6) Ninguno; (7) No sé
B. 14. ¿Quiénes son los grupos que usted entiende pueden ser los más afectados por la presencia de la salinidad?	(1) Los niños; (2) Los viejos; (3) Los adultos; (4) Las mujeres; (5) Los hombres; (6) Ninguno; (7) No sé
B. 15. ¿Entiende usted que el ascenso del nivel del mar es un problema presente en su comunidad?	(1) Sí; (2) No; (3) No sé
B. 16. ¿Cómo se podría remediar el problema de ascenso del nivel del mar en su comunidad?	(1) Construyendo una muralla; (2) Elevando la altura de las casas; (3) Mudando la comunidad; (4) Avisando cuando ocurra una mareada o alto oleaje; (5) Creando refugios seguros; (6) Ninguno; (7) No sé.
B. 17. ¿Quiénes son los grupos que usted entiende pueden ser los más afectados por el ascenso del nivel del mar?	(1) Los niños; (2) Los viejos; (3) Los adultos; (4) Las mujeres; (5) Los hombres; (6) Ninguno; (7) No sé

Para el análisis integrado de la vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar, inundaciones y salinidad se establecieron los objetivos presentados en el Cuadro 2. Estos objetivos responden a las preguntas y respuestas presentadas en el cuestionario. La sección, el número de la pregunta y de respuestas aparecen identificadas con letras negrillas.

Cuadro 2. Objetivos de investigación- Análisis de vulnerabilidad

Evaluar si la población más pobre se percibe como la más vulnerable al Ascenso del Nivel del Mar, Inundaciones y Salinidad. A8(2)+B9(2)+B12(2)+B15(2)
Evaluar si la población de más edad se percibe como la más vulnerable al Acenso del Nivel del Mar, Inundaciones y Salinidad.
Evaluar la relación entre el género y los grupos que las comunidades perciben como vulnerables. A3(2)+B11(5)+B14(5)+B17(5)
Evaluar si la población de menos educación se percibe como la más vulnerable al Ascenso del Nivel del Mar, Inundaciones y Salinidad. A6(4) +B9(2)+B12(2)+B15(2)
Evaluar si la población que lleva menos tiempo en el área se percibe como la más vulnerable al Ascenso del Nivel del Mar, Inundaciones y Salinidad. B1(2)+ B9(2)+B12(2)+B15(2)
Evaluar si la población rural (Caimito, Las Curias y Los Gallegos) o urbana (otras comunidades) se perciben como la más vulnerable al Ascenso del Nivel del Mar, Inundaciones y Salinidad. R+ B9(2)+B12(2)+B15(2)
Evaluar si la población más cercana al río Piedras o alguno de sus tributarios se percibe como la más vulnerable a Inundaciones. D+ B9(2)
Evaluar si la población más cercana al río Piedras o alguno de sus tributarios se percibe como la menos vulnerable al Ascenso del Nivel del Mar. D+ B15(2)
Evaluar si la población más cercana al mar se percibe como la más vulnerable al Ascenso del Nivel del Mar. D+ B15(2)
Evaluar si la población que vive en zonas inundables se percibe como más vulnerables a inundación. I+B9(2)
Evaluar si la población que vive en zonas salinas se percibe como más vulnerable a la salinidad. S+B12(2)
Evaluar si la población más saludable es la menos vulnerable a Inundaciones, Ascenso del Nivel del Mar y Salinidad. C1(3)+ B9(2)+B12(2)+B15(2)
Evaluar como la temperatura y la precipitación se relacionan con los cambios de Mar, Rio y Quebrada. T+P+B4(4)

También se diseñó un cruce de variables según el siguiente esquema (Cuadro 3). En este esquema se plantearon las preguntas y respuestas asociadas a la percepción como las variables dependientes. Aquellas que estaban asociadas a los datos demográficos (edad, ingreso, género, estado civil, etc.) se definieron como las variables independientes. Las asociadas a factores geográficos como la distancia al cuerpo de agua, el clima (temperatura y precipitación), inundable (si-no), ANM (si-no) y el tiempo de residencia constituyeron las variables exploratorias. Estas últimas ayudaron a definir los niveles de exposición de las comunidades a los elementos climáticos.

Cuadro 3. Cruce de variables dependientes, independientes y exploratorias

Percepción (Variables Dependientes):	Socio Demográfica (variables independientes) y Vulnerabilidad (variables exploratorias):
<ul style="list-style-type: none"> • Cambio General (rio, quebradas, mar) (B3, B4)=9 • Peligro General (rio, quebradas, mar) (B5)=3 • Efecto General (rio, quebradas, mar) (B6)=6 • Efecto General en el pasado y futuro (B7, B8)=16 • Peligro por Inundaciones (B9)=3 • El remedio para las Inundaciones (B10)=7 • Los grupos afectados por Inundaciones (B11)=7 • Peligro por Salinidad (B12)=3 • Remedio para la Salinidad (B13)=7 • Grupos afectados por Salinidad (B14)=7 • Peligro ascenso del Nivel del Mar (B15)=3 • Remedio de Ascenso del Nivel del Mar (B16)=7 • Grupos afectados al Ascenso del Nivel del Mar (B17)=7 • Estado de General de Salud (C1)=6 	<ul style="list-style-type: none"> • Socio Demográfica • Género (A3)=2 • Género (A3)=2 • Edad (A4)=1 • Estado Civil (A5)=6 • Educación (A6)=10 • Personas en la vivienda (A7)=2 • Ingreso (A8) =5 • Vulnerabilidad (variables exploratorias): • Tiempo (B.1)=7 • Distancia al cuerpo de agua (Medir en GIS)=1 • Rural o Urbano (si o no)=2 • Inundable (si o no), salinidad, ANM=6 • Temperatura y precipitación

El análisis multivariado se hizo mediante regresiones espaciales usando el programa ArcGIS 9.3 en su función del Geographical Weight Regression. La regresión asociaba el valor real de ANM (si-no), inundación (si-no) y salinidad (si-no) con la percepción de la población respecto a la misma condición. Si el valor asociaba positivamente se le asignó un valor de 1 en la matriz que resumía el cruce de variables. Si de lo contrario no asociaba se le asignó un valor de 0. Así fue como se determinó la asociación positiva o negativa entre las variables cruzadas. Cada variable cruzada respondía a uno de los objetivos de la vulnerabilidad planteado en la tabla 2 y éste a su vez respondió al diseño del cuestionario. Para la interpretación de los datos en forma cualitativa se hizo una clasificación de la vulnerabilidad en alta, mediana y baja a

base de los valores máximos y mínimos obtenidos. De esta manera se pudo distinguir entre las comunidades más vulnerables a cada uno de los elementos (ascenso del nivel del mar, inundaciones y salinidad) de cambio climático estudiados. Los mapas representando el cruce de cada variable dependiente con alguna de las variables independiente u exploratoria fueron hechos en el programa ArcGIS 9.3. Ellos representan en forma de capas geográficas la regresión de cada una de las variables dependientes con una de las variables exploratorias, así como la interpolación de cada una de las variables independientes que sirvió de base para hacer el cruce. Unos 60 mapas fueron realizados para visualizar las relaciones o regresiones entre cada una de las variables estudiadas.

Un ejemplo de este tipo de mapa lo constituye la figura 5. Este mapa muestra las comunidades que son rurales (Caimito, los Gallegos y Las Curias) y las que son urbanas (comunidades restantes). La variable interpolada es la percepción de la población respecto al ANM. El mapa también muestra las comunidades que estarían afectadas por el ascenso del nivel del mar (ANM-si y no) en 100 años. Estas son Ocean Park, Viejo San Juan, Vietnam y Puerto Nuevo. Al hacer la regresión espacial entre lo rural y el ANM-si y no, se crea la capa llamada Regre_ANM_Si_Rural. Los colores rojo y rosado muestran una relación positiva, el amarillo muestra una relación media con tendencia positiva y los colores grises y azul muestran la relación negativa. Por tanto en dos de las tres comunidades rurales (Los Gallegos y las Curías) se confirma el hecho que por ser rural no interpretan el ANM como un peligro. El caso de Caimito es una excepción porque aunque es una comunidad rural, ellos interpretan de forma media (color amarillo) que el ANM puede afectarle. Ello se debe al alto nivel de conciencia ecológica que existe en esta población. El mismo análisis puede hacerse para el contexto urbano. Las comunidades costeras (Ocean Park, Viejo San Juan y Puerto Nuevo) reconocen que el ANM les está afectando. Sin embargo Vietnam piensa que no les afecta a pesar de estar a unos 100 metros de distancia del mar. Nosotros atribuimos esa diferencia al bajo nivel educativo de esta población y a la necesidad de una mayor orientación sobre los efectos del cambio climático en esta comunidad urbana y costera.

Interpolación y Regresión de la Percepción al ANM por parte de las Comunidades Rurales

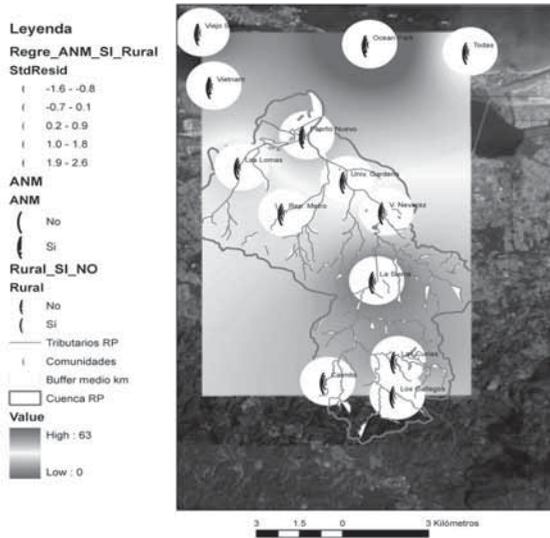


Figura 5. Percepción del ANM por parte de la comunidades rurales y urbanas

RESULTADOS

Las variables cruzadas para construir la matriz sobre la cual se calculó el nivel de vulnerabilidad de la población al ANM incluyeron como variable dependiente la pregunta B. 15. ¿Entiende usted que el ascenso del nivel del mar es un problema presente en su comunidad? La respuestas usadas fueron Si o No. Las variables independientes usadas fueron el ingreso de la población con menos de 500 dólares mensuales (<500-ANM), la población con más de 65 años de edad (Edad+65-ANM), el género (hombre o mujer) y su percepción sobre los viejos como grupo vulnerable (F-V-ANM) y (M-V-ANM), la población que tiene una educación menor del octavo grado (Ed-8-ANM), la población que tiene un tiempo de residencia mayor a los 5 años (T<5). Las variables exploratorias fueron la distancia al río Piedras (Drío-ANM), la distancia al mar (Dmar-ANM), si es rural o urbano (Rur-ANM) y la condición de salud (Saud-ANM). Luego del cruce de estas variables mediante la regresión espacial de ArcGIS si los resultados obtenidos se presentan como va-

lores positivos (1) significa que bajo esa relación la población de esa comunidad es vulnerable. Si por el contrario el valor es 0 significa que esa comunidad no es vulnerable bajo esa relación (Cuadro 4).

En la tabla de indicadores y valores para el ascenso del nivel del mar (Cuadro 4) se pueden apreciar estas relaciones. Así vemos como la comunidad de Ocean Park dio positiva en todas las regresiones, excepto en la rural porque esta no es una comunidad rural y en la distancia al río Piedras porque dada su distancia a éste, ello no es un factor que determina el ANM. No obstante pasa todo lo contrario con la distancia al mar (Dmar-ANM). Dado que Ocean Park ubica tan cerca del mar esta distancia si es un factor que afecta el impacto del ANM sobre esta comunidad. Al sumar todos los valores del ANM encontramos que Ocean Park y el Viejo San Juan son las comunidades más vulnerables al ANM según la percepción de su propia población. Ello coincide claramente con la realidad establecida por el modelo de ANM para 100 años establecidos por la NASA y por nuestros modelos geográficos y espaciales.

Constituye una excepción a la regla la situación presentada por la comunidad Vietnam de Guaynabo. Esta comunidad presenta un valor de vulnerabilidad muy bajo (2) para todos los indicadores de ANM usados. Es una comunidad que debiera tener una alta vulnerabilidad dado que se encuentra muy cerca del mar (unos 100 metros), es una comunidad muy pobre y su situación de salud no es nada buena. El hecho de que ellos se consideren poco vulnerables tiene una explicación. Durante nuestra visita varios de los residentes plantearon que el municipio de Guaynabo quería expropiarles sus terrenos y ellos no querían dar ninguna razón documentada que luego sirviera de excusa para expropiarlos. Ello explica el por qué ellos durante todos este estudio fueron consistentes y no se consideraron vulnerable a nada (figura 6). Por otro lado el desconocimiento de los riesgos y vulnerabilidades a los cuales esta comunidad está expuesta explica el bajo nivel de educación que ellos tienen respecto a los peligros que les afectan, particularmente aquellos asociados al cambio climático. El resto de las comunidades presentan resultados esperados. Las comunidades de Puerto Nuevo y University Garden se consideran medianamente expuestas a los efectos del ANM y el resto de las comunidades localizadas en la parte media y alta de la cuenca del río Piedras no se consideran vulnerables al ANM.

Cuadro 4. Indicadores y valores para el Ascenso del Nivel del Mar**

Nombre	<\$500- ANM	Eda+6 5ANM	F-V- ANM	M-V- ANM	Ed-8- ANM	T<5- ANM	Rur- ANM	Drío- ANM	Dmar- ANM	Sau- ANM	TOTAL
Ocean Park	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	8
Viejo San Juan	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	6
Vietnam	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Las Lomas	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
Rep. Metrop.	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	3
Caimito	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
Los Gallegos	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3
Las Curtas	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
La Sierra	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
V. Nevarez	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	3
Univ. Gardens	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	4
Puerto Nuevo	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	4

**1= Es vulnerable; 0=No es vulnerable

Interpolación de la Vulnerabilidad Social al ANM en la Cuenca Hidrográfica del río Piedras

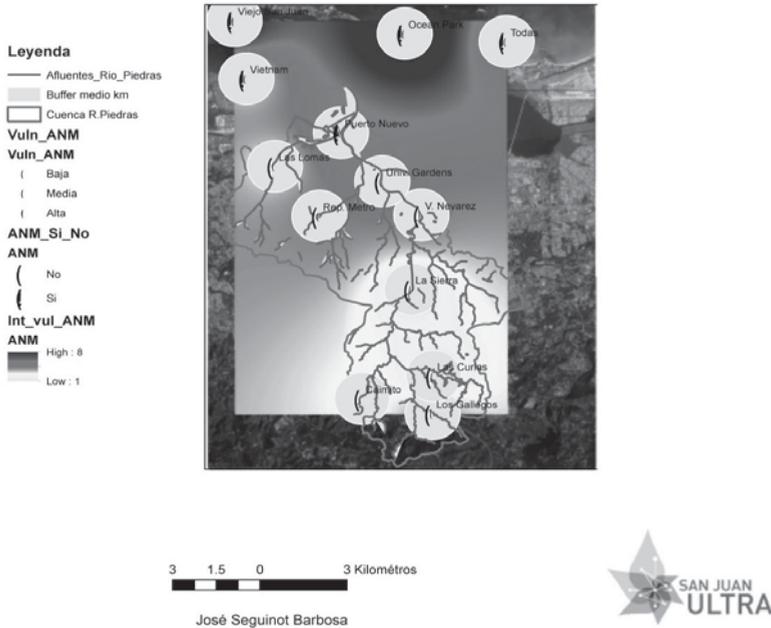


Figura 6. Mapa de la vulnerabilidad al ANM en San Juan

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado este estudio podemos llegar a las siguientes conclusiones específicas: Las comunidades con un mayor índice de vulnerabilidad al ANM son: Ocean Park y el Viejo San Juan. Las comunidades con un menor índice de vulnerabilidad al ANM son: Las Curías y La Sierra. Las excepciones por falacia ecológica, es decir porque existe una percepción incorrecta de la realidad, son: Vietnam y Las Lomas.

Este estudio refleja que los criterios más importantes para determinar una percepción acorde con la realidad es la capacidad del individuo de mantenerse correctamente informado sobre su realidad geográfica. La falta de educación y de información fidedigna de lo que sucede en su entorno son los principales factores para desarrollar una percepción incorrecta. Los grupos humanos que tienen mejor posición económica, son los que tienen mayor educación, tienen mejor salud y viven en zonas menos

peligrosas. Estos grupos son los que presentan una situación de menos vulnerabilidad ante las inundaciones, el ANM en la ciudad de San Juan. Lo opuesto también es válido para los grupos de menos poder adquisitivo. Por lo tanto, se confirma la hipótesis que señala que los grupos menos privilegiados de la ciudad de San Juan son los más vulnerables al ascenso del nivel del mar (ANM), las inundaciones (IN) y la salinidad (SAL).

En el caso de San Juan la comunidad de Vietnam que debiera ser la más vulnerable es la que se percibe como menos vulnerable. Esta es una comunidad muy pobre, de bajo nivel educativo y con muy poca salud. Su desconocimiento sobre los peligros que le acechan y la poca información que poseen sobre los efectos del cambio climático hacen que no se reconozcan como vulnerables. En el otro extremo ubica la comunidad de Ocean Park que es una comunidad con un mayor nivel educativo y con mejor poder adquisitivo. Esta comunidad reconoce su alta vulnerabilidad al cambio climático. Esto demuestra que el factor económico y educativo es fundamental para determinar que una población perciba correctamente su realidad geográfica.

A modo de conclusión general podemos señalar que este estudio demuestra que no todas las comunidades de San Juan son vulnerables a los mismos elementos del cambio climático. Por lo tanto su nivel de vulnerabilidad real y su percepción varía según su nivel socio-económico y educativo. Ello nos lleva a la conclusión de que el nivel de sostenibilidad y de justicia ambiental existente también varía espacialmente de acuerdo a los niveles de exposición a los riesgos climáticos, así como a sus propias características demográficas, económicas y ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

BURKE R. Y OTROS (2010): *Getting to Know ArcGIS*. California, Editorial ESRI Press, 604 pags.

FUNDACIÓN NACIONAL DE CIENCIAS Y SERVICIO FORESTAL FEDERAL (FNC y SFF), Propuesta, (2010): "San Juan, Puerto Rico: Social-Ecological System Change, Vulnerability, and the Future of a Tropical City", 45pags.

GIUSTI J. (2010): Research Project on the Environmental History of the Rio Piedras Watershed, 1880/1900 to 1970, ULTRA, San Juan, Puerto Rico, 67 pags.

LOUNSBURY, J.F. y ALDRICH, F.T. (1986): *Introduction to Field Methods and Techniques*. Columbus, Ed. Charles E. Merrill, 215 pags.

LUGO, A. E. RAMOS, O. y RODRÍGUEZ-PEDRAZA, C. (2011): *The Río Piedras Watershed and Its Surrounding Environment*. International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service, Jardín Botánico Sur, Río Piedras, Puerto Rico (FS-980), 46 pags.

LUGO, A. E. (2002): "Can we manage tropical landscapes? An answer from the Caribbean perspective", *Landscape Ecology*, 17, pp. 601-615.

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.

MORENO, A. Y OTROS (2005): *Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS*, Madrid, Editorial Ra-Ma., 895 pags.

PONTIUS JR, R. G. CORNELL, J. y HALL, C. A. S. (2001): "Modeling the spatial pattern of land-use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85, (1-3): pp.191-203.

SEGUINOT-BARBOSA, J. (1996): "La ecología urbana de San Juan (una interpretación geográfico-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. (2001): *Geonatura: Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica en las Ciencias Ambientales y de la Salud*. San Juan, Publicaciones CD, 141pags.

SKIDMORE A. (2002): *Environmental modeling with GIS and Remote Sensing*. London, Ed. Taylor and Francis, 425 pags.

RESUMEN

CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD DE LAS COMUNIDADES AL ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR (ANM) EN LA CIUDAD DE SAN JUAN, PUERTO RICO (2005-2105)

El propósito principal de este estudio fue medir el impacto del ascenso (ANM) del nivel del mar en las diferentes comunidades de la ciudad de San Juan, Puerto Rico. También se determinó mediante una encuesta la percepción de los residentes sobre el cambio climático y el ANM y los efectos de éstos parámetros sobre su salud, propiedad y calidad de vida. Este estudio estableció a corto plazo (33 años) y largo plazo (100 años) la vulnerabilidad de las comunidades al impacto de la subida del nivel del mar. Los estudios de vulnerabilidad se llevaron a cabo utilizando las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) creadas para hacer interpolaciones, regresiones espaciales y análisis multivariado. Las comunidades con un mayor índice de vulnerabilidad al ANM fueron: Ocean Park y el Viejo San Juan. Las comunidades con un menor índice de vulnerabilidad al ANM fueron: Las Curías y La Sierra.

Palabras clave: vulnerabilidad, cambio climático, cuenca del río Piedras, ascenso del nivel del mar, Sistemas de Información Geográfica (SIG).

ABSTRACT

CLIMATE CHANGE AND COMMUNITIES' VULNERABILITY TO SEA LEVEL RISE AT THE CITY OF SAN JUAN, PUERTO RICO, (2005-2105)

The main purpose of this study was to measure the effects of sea level rise (SLR) in several communities of the city of San Juan, Puerto Rico. It also determined the perceptions of residents about the effects of climate change and SLR over their health, property, and quality of life. This study established a short (33 years) and long term (100 years) vulnerability analysis for the communities affected by sea level rise and climate change. Vulnerability studies were carried out using geographical information system tools created for interpolation, spatial regression, and multivariable analysis. We found that Ocean Park and Old San Juan were the communities most vulnerable to SLR, as perceived by its own people. The communities with the lower index to sea level vulnerability were: Las Curias and La Sierra.

Key words: vulnerability, climate change, Piedras River basin, sea level rise, Geographic Information Systems (GIS).