



Autor: Coralys Ayala González

Mentor: Dr. Raul Matos Flores

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y Agrimensura

Abstracto

Este artículo tiene como objetivo medir los impactos que nuevos desarrollos pueden generar en el entorno geográfico tomando como espacio de aplicación el barrio Espinar de Aguada, Puerto Rico. Este objetivo se buscará lograr utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y un análisis jerárquico de variables. A esto se suma la utilización de un modelo de inundación costera para tener un pronóstico de cómo se comportarán las inundaciones en la zona una vez alterado el espacio con el nuevo desarrollo. Luego de completados los modelos se pudo determinar que la incorporación de un nuevo desarrollo urbano en el área tendría un resultado negativo en la vulnerabilidad de inundación debido a que aumentaría a mayores áreas con una vulnerabilidad de moderada a alta. De igual manera se vería más áreas de terreno afectadas en caso de inundación afectado así aún más a la comunidad.

Introducción

Los cambios en los usos del suelo durante el crecimiento urbano han creado que ciertos terrenos sean más propensos a desastres naturales. Las inundaciones en lugares urbanos constituyen un riesgo significativo y se han vuelto más frecuentes y severas junto con el rápido desarrollo urbano. Esto ocurre por distintas razones entre ellas el que los cambios en el uso del suelo asociados con el desarrollo urbano afectan las inundaciones de muchas maneras. La eliminación de la cubierta vegetal y el suelo, la nivelación de la superficie del terreno y la construcción de redes de drenaje aumentan la escorrentía de las lluvias. Las consecuencias comunes del desarrollo urbano son el aumento de la descarga máxima y la frecuencia de las inundaciones. [1].

Revisión de Literatura

Los casos de estudio tomados en consideración durante la investigación tratan sobre el estudio de vulnerabilidad y riesgo de inundación de distintas áreas utilizando métodos de análisis jerárquico de multi criterio mediante Sistemas de Información Geográfica. El objetivo primordial de estos casos era la realización de mapas de vulnerabilidad o riesgo de inundaciones para sus áreas de estudio, esto para poder estudiar los riesgos de inundación del área, determinar la extensión de las áreas inundadas. Las técnicas utilizadas en estas investigaciones pueden jugar un papel importante, no solo en términos de aplicaciones específicas para la gestión del riesgo urbano, sino también en la difusión oportuna de información a los actores públicos y privados involucrados en la prevención y gestión de este riesgo [2].

Para la realización de los objetivos de dichas investigaciones se tomaron en consideración seis factores para construir un mapa de riesgo de inundaciones en el área de estudio. Se asignaron diferentes pesos a cada criterio en función de su importancia. Luego se empleó MCDA para integrar estos criterios para evaluar el área de estudio en función de sus características de riesgo de inundación [3].

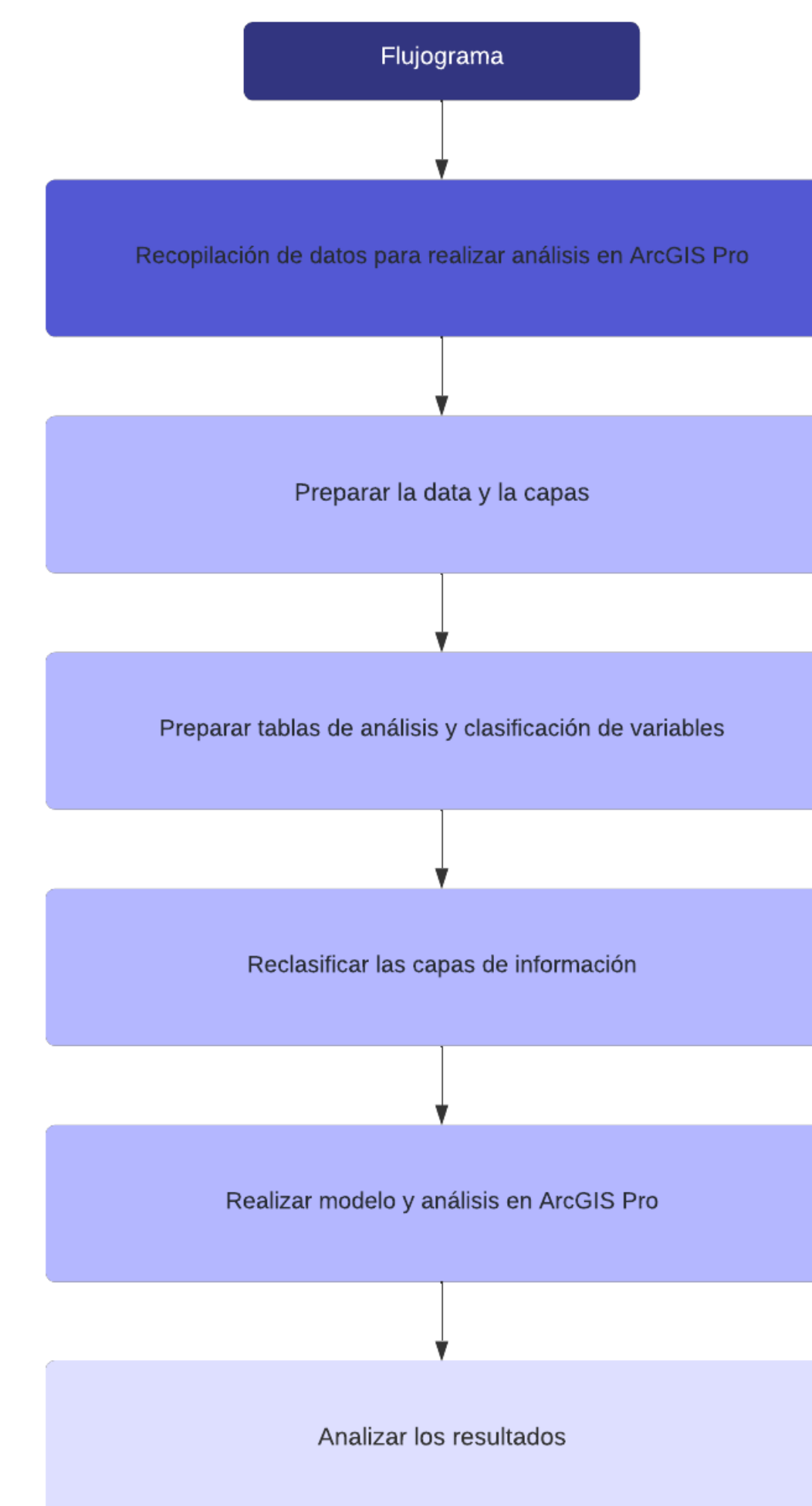
Problema

Puerto Rico al ser una isla es muy propenso a inundaciones costeras o por precipitación. Hay varios factores que influyen en la vulnerabilidad de inundación y como parte de esta investigación se busca demostrar uno de ellos. Mediante la investigación se busca identificar qué cambios ocurrirán en la vulnerabilidad a inundación de un área en específico y el cambio en áreas inundadas si en un área en específica se realiza un nuevo desarrollo urbano cambiando así la morfología del terreno. Se busca determinar qué cambios ocurrirían y cómo afectaría si se realiza el nuevo desarrollo urbano.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se seleccionó como área de estudio el Barrio Espinar en el municipio de Aguada, Puerto Rico. Cuenta además con una superficie terrestre de aproximadamente 2.2 kilómetros cuadrados. La razón por la cual se selecciona esa área de estudio es debido a que este barrio sufre de inundaciones mayormente cuando la isla enfrenta fenómenos atmosféricos debido a ser un barrio costero y al estar rodeado de desembocaduras de cuerpos de agua como el Río Culebrina y el Caño Madre Vieja

La metodología de esta investigación busca identificar los cambios en los patrones de inundación causados por un hipotético nuevo desarrollo urbano. Para esto se llevó a cabo un modelo de análisis multivariados con el cual se determinó la vulnerabilidad a inundación actual y luego los cambios causados por el desarrollo simulado. Para esto se utilizaron, las variables elevación, pendiente, precipitación, uso del suelo y TWI o índice de humedad del terreno como criterios de evaluación. A esto se sumó un modelo de inundación costera para observar las áreas que quedan inundadas actualmente y luego del desarrollo urbano. Para la metodología se siguieron los distintos pasos.



Para concluir se realizó un modelo de inundación costera utilizando la herramienta raster calculator para determinar qué áreas se verán inundadas con aumentos o acumulación de agua de 2 m y 3 m. se realizaron para el terreno actual y para el terreno luego del desarrollo urbano para ver cuál sería el cambio en las áreas inundadas debido al cambio en el terreno.

Resultados y Discusión

Al analizar los resultados que se obtuvieron en los mapas creados sobre la vulnerabilidad a inundación del área en el terreno actual y luego de un desarrollo (Figura 1 y 2) se pueden notar a simple vista algunos cambios. En las imágenes se observa como luego del desarrollo urbano la vulnerabilidad en su gran mayoría se encuentra en el rango de moderado y alta, mientras que en el terreno actual se encuentra entre los rangos de baja, moderada y alta.

También se observa que en la vulnerabilidad por desarrollo las divisiones son más marcadas y no tan dispersas como se observan en la vulnerabilidad del terreno actual. Luego de realizar un análisis sobre cuanta área de terreno hay por cada rango de vulnerabilidad para cada situación (Figura 1 y 2) se observan los cambios de una manera más clara

En los mapas producidos (Figuras 1 y 2) se puede observar las áreas que se observan en un azul oscuro son las áreas adicionales que se inundarían luego de un nuevo desarrollo urbano en adición a las áreas que ya se inundan con el terreno actual. Como se puede observar (Figura 3) para ambas situaciones luego del desarrollo urbano el área de inundación aumenta aproximadamente entre 8-9% comparado al área de inundación con el terreno actual. Al realizar el desarrollo urbano por el cual afecta mediante un aumento en ambos casos de la vulnerabilidad de inundación junto con las áreas que se verían afectadas debido a inundación, se vería afectada la población del barrio debido a que se verían afectadas más estructuras y aumentaría el peligro a la hora de evacuación del área.

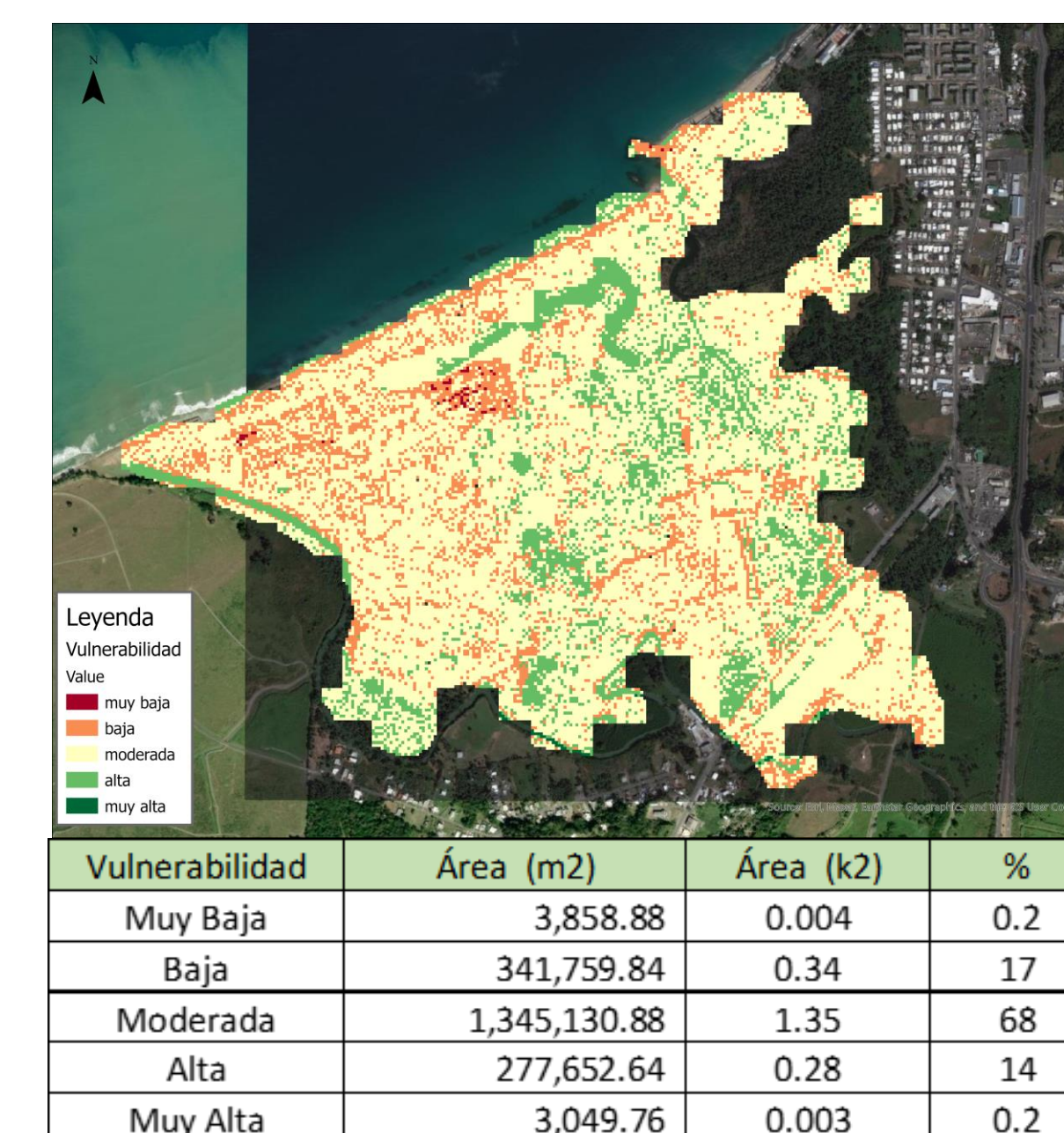


Figura 1. vulnerabilidad de inundación

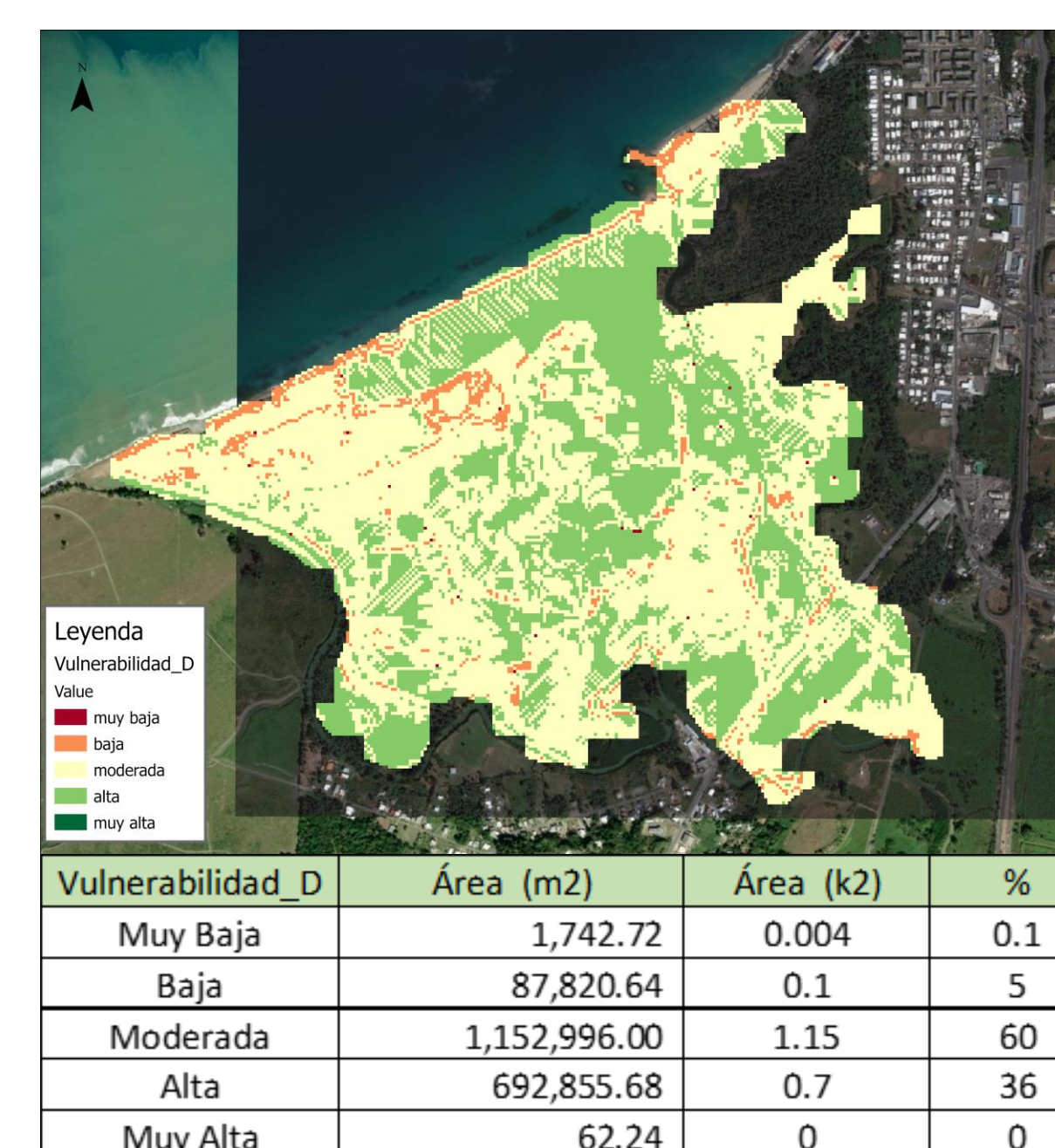
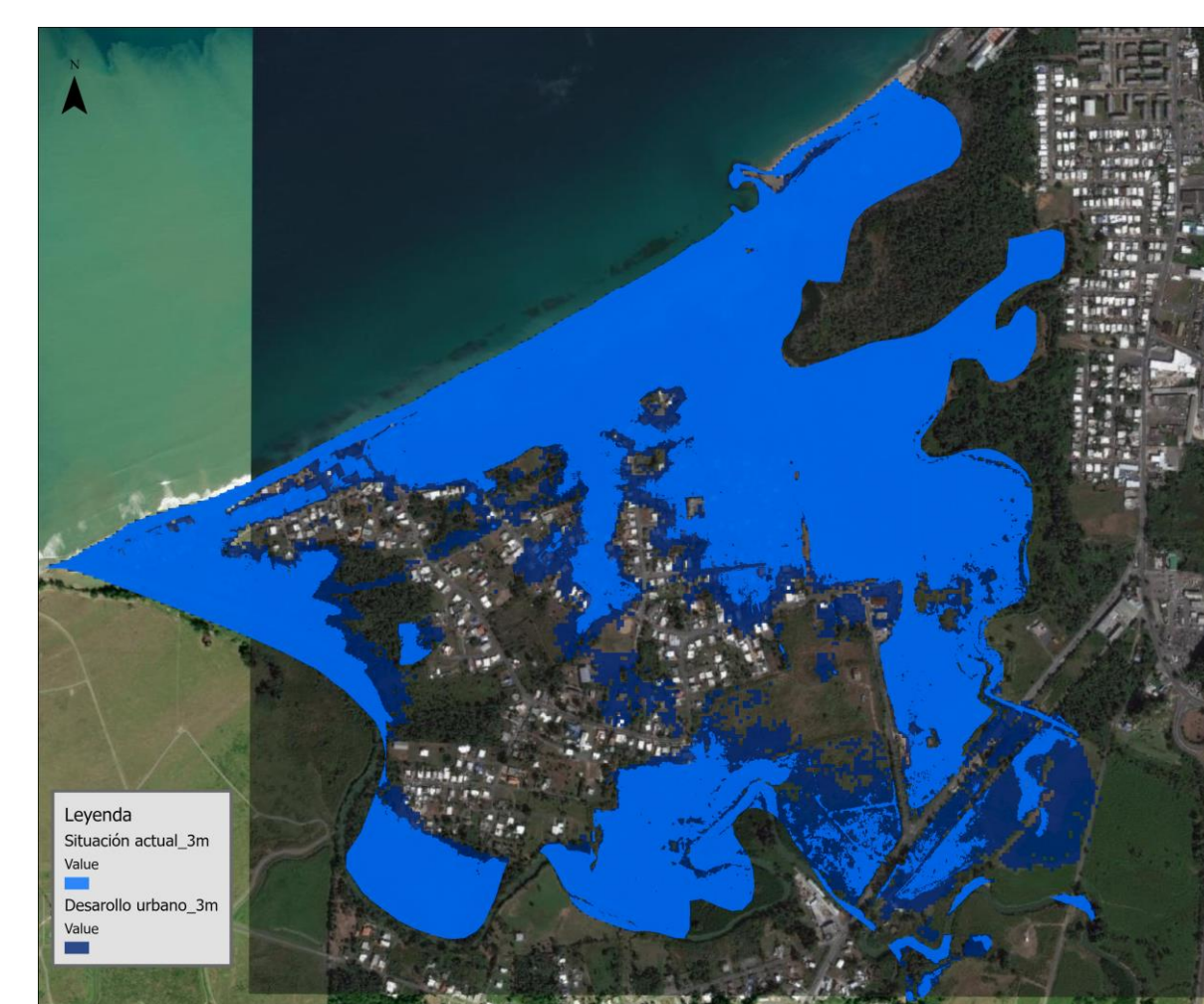


Figura 2. Vulnerabilidad de inundación, desarrollo urbano



| Situación | Área inundada (m2) | Área inundada (k2) | % |
|---------------|--------------------|--------------------|----|
| Actual_2m | 720,569.25 | 0.72 | 32 |
| Actual_3m | 1,229,339.50 | 1.22 | 54 |
| Desarrollo_2m | 895,820.32 | 0.9 | 40 |
| Desarrollo_3m | 1,464,196.00 | 1.46 | 65 |

Figura 3. inundación costera

Durante una situación de inundación con el nuevo desarrollo se inundarían o se verían afectadas 158 estructuras con un aumento de 2m y 371 con un aumento de 3m. Todo esto sin contar las nuevas estructuras que se construyan en dicho desarrollo.

Conclusión

Mediante esta investigación se pudo llegar a la conclusión de que el añadir nuevos desarrollos urbanos en distintos entornos geográficos la vulnerabilidad de inundación en la misma se puede afectar significativamente. Es importante tomar en consideración que en esta investigación solo se consideró para evaluar los cambios en elevación del área luego del desarrollo urbano, pero el desarrollo puede implicar nuevos cambios en la impermeabilidad de la superficie, obstáculos por las nuevas estructuras entre otras. Luego de la investigación se pudo observar cómo al añadir un desarrollo urbano en un área de terreno el cual actualmente no tiene nada la situación en caso de inundación empeoraría. Se observó como la vulnerabilidad de inundación aumento debido a que más áreas de terreno pasarían a tener una vulnerabilidad moderada y alta cuando actualmente la gran mayoría se encuentra en una vulnerabilidad baja y moderada. También se observaron cambios en que áreas de terreno se verían inundadas con el aumento del agua por lluvia o por aumento en el nivel del mar. Luego del desarrollo urbano se vería afectado un mayor porcentaje del terreno del que se afecta actualmente.

Trabajos Futuros

Luego de dicha investigación se pretende generar un modelo mas completo y general que pueda ser utilizado en todo Puerto Rico. Esto para promover que el mismo se utilice antes de realizar cualquier desarrollo para ver como afectaría el área y si es conveniente o no realizarlo.

Agradecimientos

Por este medio quiero agradecerle al Dr. Raul Matos Flores quien me ayudo durante todo el proceso de esta investigación con ideas y apoyo y dirección a la hora de escribir el artículo del mismo.

Referencias

- [1] Konrad C, "Effects of urban development on floods," in U.S. Geological Survey, USGS Fact Sheet FS-076-03, November 2003. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/246027695>
- [2] K. Loumi and A. Redjem, "Integration of GIS and Hierarchical Multi-Criteria Analysis for Mapping Flood Vulnerability the Case Study of M'sila, Algeria," in Engineering, Technology & Applied Science Research (ETASR), 2021. [Online]. Available: www.etasr.com
- [3] A. Alsukker, M. Al-Saleem, and M. Etier, "Flood Risk Map Using a Multi-Criteria Evaluation and Geographic Information System: Wadi Al-Mafraq Zone," in Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, vol. 16, no. 2, pp. 291-300, March 2022