

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA  
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES  
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**PLAN DE ACCIÓN PARA MITIGAR PELIGROS POR MAREJADAS EN EL CENTRO  
URBANO TRADICIONAL DEL MUNICIPIO DE AGUADILLA**

Requisito parcial para la obtención del  
Grado de Maestría en Planificación Ambiental

Por  
Isabel A. Nieves Cruz

3 de mayo de 2011

## DEDICATORIA

*Quiero dedicarle este trabajo  
a mi familia por el apoyo incondicional  
que me brindaron y en especial a mis  
dos hijos Ian Abdiel y Carlo Adrian  
que son los que me motivan a seguir adelante.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Durante la preparación de este documento muchas personas ayudaron a que el desarrollo de este proyecto fuera posible. Primeramente quiero comenzar con mi equipo de tesis. El cual esta compuesto por el profesor Miguel Martínez, profesor Carlos Ramos y el planificador Manuel Hidalgo. Al profesor Miguel Martínez por aceptar a ser el director del proyecto. Sacar de su tiempo para leer el documento y realizar todos los comentarios. Además de realizar todas las evaluaciones y dirigirme durante el proceso de redacción. También quiero agradecer al profesor Carlos Ramos por todos los comentarios y críticas realizadas al documento para fortalecer el mismo y crear un buen trabajo. A Manuel Hidalgo, integrante de mi equipo de trabajo y jefe quien me ayudo a obtener todos los datos del Municipio de Aguadilla para los mapas en Sistema de Información Geográfica (GIS por sus siglas en ingles) e incluirme en el proceso de renovación del plan de mitigación existente en el municipio.

A mis padres y esposo por todo el apoyo y la ayuda que me brindaron cuando no podía hacer nada más que dedicarme a la tesis y entender la importancia de este proyecto. Por darme la fuerza y motivándome a continuar y no darme por vencida. Al Municipio de Aguadilla por permitir la utilización de información del municipio para llevar a cabo el estudio y a todos los funcionarios de las diferentes dependencia, como el Sr. Frank Hernández director de la Oficina Municipal de Manejo de Emergencias Municipal por brindarme toda la información con respecto al trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
TABLA DE CONTENIDO.....	v
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE APÉNDICES .....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
Trasfondo del problema de estudio .....	1
Problema de planificación.....	3
Justificación del proyecto de planificación.....	4
Meta y Objetivos.....	6
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
Trasfondo Histórico.....	7
Marco conceptual o teórico .....	8
Estudios de casos.....	11
Marco legal .....	13
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	18
Área de estudio .....	18
Diseño metodológico .....	21
Técnica de análisis.....	23
CAPÍTULO IV. ANALISIS DEL PROBLEMA.....	25
CAPÍTULO V. ALTERNATIVAS, ESTRATEGIAS Y PLAN DE ACCIÓN...	38
CAPÍTULO VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	44
LITERATURA CITADA .....	46

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación de eventos naturales.....	51
Tabla 2. Datos históricos de huracanes .....	52
Tabla 3. Datos históricos de inundaciones.....	53
Tabla 4. Datos históricos de terremoto.....	54
Tabla 5. Datos históricos de tsunami.....	55
Tabla 6. Inventario de estructuras en áreas susceptibles a inundaciones...	56
Tabla 7. Inventario de estructuras en áreas susceptibles a tsunami. ....	57
Tabla 8. Inventario de estructuras en áreas susceptibles a marejadas Ciclónicas.....	58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio de Aguadilla .....	61
Figura 2. Delimitación del municipio de Aguadilla.....	62
Figura 3. Barrios del municipio de Aguadilla.....	63
Figura 4. Calles del Barrio Pueblo en Aguadilla.....	64
Figura 5. Zona Cárstica de Aguadilla.....	65
Figura 6. Localización de las playas de Aguadilla.....	66
Figura 7. Hidrología del municipio de Aguadilla .....	67
Figura 8. Zona inundable AE en el área de estudio.....	68
Figura 9. Zona inundable por marejadas ciclónicas.....	69
Figura 10. Zona inundable por tsunami.....	70
Figura 11. Área de estudio .....	71
Figura 12. Estructuras en área de estudio.....	72
Figura 13. Estructuras en zona inundable AE .....	73
Figura 14. Estructuras en área de inundación por marejadas ciclónicas.....	74
Figura 15. Estructuras en área de inundación en área de tsunami.....	75
Figura 16. Susceptibilidad de deslizamientos en área de estudio .....	76

## LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Localización de la placa del caribe.....	78
Apéndice 2. Probabilidad sísmica.....	79
Apéndice 3. Trayectorias de huracanes en Puerto Rico .....	80

## RESUMEN

El municipio de Aguadilla ha sido afectado por el paso de diferentes eventos naturales. El paso de estos eventos han causado grandes daños a edificios y pérdidas de vidas. Hace aproximadamente unos cinco años el municipio comenzó a redactar planes de mitigación con el fin de prevenir pérdidas de vidas y económicas tras el paso de algunos eventos naturales peligrosos. Es por esta razón que hemos decidido crear un plan específico para el casco urbano tradicional (CUT) para complementar el plan de mitigación municipal. El CUT es el área al cual buscamos repoblar y aumentar la visita de turistas. El propósito final de este trabajo es identificar y crear un inventario de estructuras en riesgo por peligros de marejadas y crear un plan de mitigación para que la ciudadanía que reside en las mismas se vean impactadas lo menor posible en la ocurrencia de alguno de estos eventos peligrosos. Para desarrollar este plan identificamos los eventos que podrían impactar el área de estudio, una vez identificados evaluamos los peligros y se investigó la historia y estudios de los eventos que han ocurrido. De todos los peligros escogimos los tres que entendíamos deberían ser de mayor prioridad. Estas conclusiones se llegaron de acuerdo al alcance que pueden tener los eventos y la cantidad de territorio a impactar. Los tres peligros identificados fueron: marejadas por tsunami, marejadas por huracanes e inundación según establecidas por los mapas oficiales de FEMA (DFIRMs). En cada uno de estos peligros evaluamos la cantidad de estructuras existentes y el uso que presentan. Comparamos los tres peligros en término de cuántas estructuras y cuánta población se ve afectada por cada uno de estos, e identificamos las zonas de mayor potencial a ser afectadas por alguno de los eventos evaluados o mas de uno de estos eventos. Encontramos que tenemos 275 estructuras en áreas inundables por tsunami, 241 en área de marejadas ciclónicas y 316 dentro de la delimitación AE de los mapas de FEMA. Dentro de estas estructuras tenemos escuelas, edificios gubernamentales y oficinas. Una vez obtuvimos estos datos se evaluaron varias estrategias para mitigar los daños y dimensión de los eventos de marejadas que pueden afectar el área.



## ABSTRACT

The municipality of Aguadilla has been affected by the passage of various natural events. The passage of these events has caused extensive damage to buildings and loss of life. Approximately five years ago the city of Aguadilla began drafting mitigation plans in order to prevent economic and life losses of some natural hazard events. It is for this reason that we decided to create a specific plan for traditional town (CUT) to supplement the municipal mitigation plan. The CUT is the area which we want to replenish and increase tourist visits. The goal of this study is to identify and create an inventory of structures at risk from storm surge hazards, tsunami and FIRM's. To create a mitigation plan for the citizens residing in hazardous area to prevent and minimize all the possible impacts on the occurrence of any of these dangerous events. To develop this plan we identified events that could impact the area of study, once we evaluated and identified the hazards and investigated the history of events that have occurred. We chose the three that we understood would be the highest priority. These conclusions were reached according to the extent the events may have and the amount of territory they impact. The three hazards that were identified: tsunami tidal waves, storm surges from hurricanes and flooding as established by FEMA official maps (DFIRMs). In each of these dangers we evaluated the amount of existing structures and the use they have. We compared the three dangers in terms of structures and there uses. Then identify areas of greatest potential to be affected by any of the events or more than one of these events. We have found that we have 275 structures in areas flooded by tsunami, 241 in the area of storm surges and within the boundaries AE in the FIRM's we have 316. Within these structures we have schools, government buildings and offices. Once we obtained these data we evaluated several strategies to mitigate the damage and losses if affected by these events. With this plan we can guarantee to the citizenship more safety and tranquility.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### **Trasfondo del problema de planificación**

Los peligros naturales son fenómenos que ocurren por los efectos del medio ambiente y los cambios climáticos que por su severidad, ubicación y frecuencia pueden afectarnos directamente o indirectamente. Estos son fenómenos que ocasionan daños severos a poblaciones específicas, casi todos recuperables a diferentes plazos, excepto las vidas humanas, lesiones permanentes de las personas y ciertas formas de organizaciones (Rodríguez, 2001). Algunos ejemplos de estos peligros naturales pueden ser terremotos, inundaciones, fuegos, huracanes y deslizamientos de tierra (Organización de los EU, 1993).

La dimensión de un desastre se puede determinar por cuatro factores; la magnitud, el riesgo, la vulnerabilidad y propensión. La magnitud es un número que caracteriza el tamaño relativo de un evento. Se basa por la medida del evento más fuerte. El riesgo es la probabilidad de que alguna población pueda ser perjudicada por un fenómeno externo de origen natural. La vulnerabilidad es la capacidad de absorber o no los efectos de un fenómeno natural. Es el resultado de la planeación y la organización tanto gubernamental como de la población (Rodríguez, 2001). La vulnerabilidad depende de la calidad de infraestructura o calidad de las viviendas y su ubicación respecto a las zonas de riesgo sujeto a inundaciones, deslizamientos y otros. La propensión se refiere a la frecuencia con la que una región está sometida a estos eventos naturales antes mencionados (Spoznikow, 2002).

Puerto Rico no está ajeno a los peligros naturales ni a las consecuencias adversas de los mismos. La historia nos ha demostrado que por nuestra localización

hemos sido afectados por algunos eventos naturales peligrosos. Estos han sido principalmente inundaciones repentinas como consecuencia de marejadas ciclónicas, disturbios atmosféricos y tsunamis (Olujuwonlo, 2006). Aguadilla, ante dichos eventos no ha sido la excepción, ya que ha sufrido directamente sus efectos e incidentes como sucedió en el terremoto de 1918. Este evento se originó al noroeste de Aguadilla en el cañón de la Mona causando el mayor daño registrado en la historia del pueblo Agudillano; y el cual además fue seguido por un tsunami. El mismo año, el día 18 el huracán San Narciso causó nuevos estragos. Estos eventos cobraron ciento de vidas humanas y grandes pérdidas en infraestructura (Rodríguez, 1994).

Por dicta razón es necesario crear un plan de mitigación que proteja al ciudadano y al entorno que lo rodea. Los eventos naturales que han ocurrido en la región oeste han sido variados; por lo que entendemos que debe desarrollarse un plan específico para cada barrio del municipio. Esto ya que cada barrio es vulnerable a diferentes tipos de eventos naturales. La creación de un plan de mitigación específico para un área nos facilita la evaluación de eventos peligrosos a los que somos vulnerables. Determinando cuales son los eventos que nos pueden afectar, podemos evaluar el nivel de peligro y qué y quienes se verían afectados. Una vez se cualifiquen y/o cuantifiquen estos datos, podemos desarrollar estrategias para prevenir o minimizar las pérdidas que estos eventos pueden causar. El municipio de Aguadilla actualmente cuenta con un plan de mitigación; el cual se creó con un enfoque informativo ya que el mismo no incluye una amplia variedad de proyectos de mitigación a nivel municipal sino que se enfoca más en el desarrollo de los proyectos a nivel estatal.

## **Problema de planificación**

El Municipio de Aguadilla en la actualidad cuenta con un plan de mitigación vigente el cual a su vez comenzará un proceso de revisión el cual culminará para finales del 2011. El plan existente fue realizado con un enfoque general hacia el municipio. Durante la evaluación del mismo, entendimos que no cumple con las necesidades particulares de cada barrio. Para el éxito de dicho plan, el enfoque debe alcanzar el nivel de barrio, el cual es el nivel geográfico oficial de menor extensión territorial (Ley Orgánica de la Junta de Planificación de PR, 1975). Aguadilla cuenta con una diversidad geográfica que va desde zonas costeras hasta áreas montañosas, condición por lo cual los eventos naturales no se reflejan de igual manera en toda su extensión (Rodríguez & Troche, 1994). El plan de mitigación existente es uno que atiende los problemas a nivel de municipio pero no atiende las particularidades de cada barrio.

El plan actual así mismo carece de una participación activa de las personas que podrían verse afectadas por los eventos que este señala. Es por esto, que se debe tomar en consideración la participación ciudadana en este nuevo plan que se estará creando. Para poder desarrollar un plan de mitigación para el casco urbano de Aguadilla se realizaron varios estudios previos al desarrollo del plan. Uno de estos estudios fue la evaluación de la composición del barrio que se va a muestrear a través de inventarios de estructuras y edificaciones en donde se identificaron los usos de los mismos. Entre estos usos hay comerciales residenciales y gubernamentales. Una vez obtuvimos este inventario pudimos identificar cuales se consideraron para la realización del plan. También identificamos que edificios o áreas se deben modificar ya sea por el servicio que brindan o por ser comunidades de viviendas que se encuentran en un lugar de alto riesgo (FEMA, 2003). Además se estudió la vulnerabilidad que hay para los diferentes tipos de eventos peligrosos que se incorporaron en el documento.

Finalmente se utilizó la creación de estrategias para la prevención de desastres ante la llegada de un evento peligroso al municipio. Estas estrategias se crearon a base del inventario obtenido y los peligros que pueden afectar al área de estudio. Con la creación de estrategias y utilización de estos factores crearemos un plan efectivo el cual se enfocará principalmente en el área del casco urbano del municipio de Aguadilla.

### **Justificación del proyecto de planificación**

La mitigación es la acción de moderar, disminuir o hacer más suave o soportable un evento (Diccionario Intermedio, 2001). Es por esto que es importante desarrollar un plan de mitigación para el casco urbano de Aguadilla por varias razones: Primero, el casco urbano es el corazón del municipio y uno de sus principales motores económicos, es por esta razón que existe un interés por rehabilitarlo mediante el repoblamiento y mejoras a la calidad de vida de sus residentes. Por lo tanto, debemos tener un plan de acción para manejar adecuadamente los eventos naturales que puedan afectar al Centro Urbano Tradicional (CUT) (Grazia de Paoli, 2008). Una vez se tiene un documento para manejar los eventos peligrosos naturales se le brinda mayor tranquilidad a las personas que viven, trabajan y visitan al casco urbano.

Segundo, se busca mejorar el plan existente incorporando la participación ciudadana. Esto asegura un apoderamiento del plan por parte de los residentes y una mejor respuesta a eventos naturales (Srinivasan, 2003). Se le brindará aun más seguridad y tranquilidad a los residentes, al ellos entender que son parte del desarrollo de este proyecto. Además los mismos nos pueden ayudar aportando información histórica de eventos ocurridos en el área.

Tercero, la mayoría de estos peligros naturales ocurren con poco o nada de tiempo de alerta. Es importante estar preparados ante la eventualidad de cada uno de ellos. La ciudadanía debe comprender las áreas de desalojo, rutas de desalojo y lugares

de reunión. Además los sistemas de comunicación deben de estar al día. La rápida divulgación de información debe de ser precisa (UNESCO, 2009).

Cuarto, el Municipio de Aguadilla contempla nuevas construcciones en el centro urbano por lo que deben tener un documento preciso que identifique las áreas susceptibles y los riesgos que puedan enfrenar la población para así realizar las construcciones de acuerdo a los requisitos que tengan, si se encuentran en un área vulnerable. También para localizar lugares que sean adecuados para los proyectos.

Quinto, este es un requisito para ser elegible para ayudas federales en el momento que ocurra un evento peligroso en el área. Esto está regido por la ley Robert T. Safford la cual fue enmendada por la Disaster Mitigation Act del 2000. Bajo el Programa de subvención de mitigación de riesgo conocido como el hazard mitigation grant program.

Sexto, mientras mejor preparado estemos menos vidas estarían en riesgo (Briceño, 2009). Además tendremos un ahorro substancial en costos. Según Nancy Beller, (2004) las pérdidas en daños en las pasadas dos décadas por peligros naturales en los Estados Unidos fueron de sobre \$500 billones. El casco urbano será un lugar preparado para enfrentar los eventos naturales peligrosos que nos puedan causar mayores daños y perdidas.

En resumen, el tener un documento de este tipo brindará grandes beneficios al municipio de Aguadilla, entre estos: el evitar pérdidas de vidas, lesiones, minimizar daños a propiedades públicas y privadas. Además, minimizará el costo de respuesta y recuperación después del evento y acelera el proceso de recuperación del desastre. Esto ayudará fomentar el turismo y el que las personas interesen el casco urbano como lugar de vivienda primaria.

## **Metas y Objetivos**

Desarrollar el Plan de Acción para Mitigar Peligros por Marejadas en el Centro Urbano Tradicional de Aguadilla identificando las áreas vulnerables para minimizar los daños a estructuras existentes y salvaguardar vidas humanas.

Para lograr la misma desarrollamos los siguientes objetivos:

1. Identificar y evaluar los posibles peligros que afectan a dicha comunidad para crear un plan con mayor certeza e integridad.
2. Crear estrategias de mitigación mediante la realización de un inventario de de las edificaciones y cuantificación de los lugares vulnerables.
3. Desarrollar estrategias enfocadas al conocimiento de la ciudadanía sobre los posibles peligros naturales que pudieran afectar el CUT.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### **Trasfondo histórico**

El territorio comprendido en la actualidad por el municipio de Aguadilla, fue parte del territorio original de Aguada, que se segregó y ocurrió su fundación oficial para el 1780. Es de aquí donde sale su nombre aguadilla alusivo a la Aguada pequeña. Se dice también que el nombre proviene de la palabra nativa “guadilla” o “guadiya” que significa jardín. La construcción de la iglesia parroquial y los trámites para independizarse del partido de Aguada comenzaron en el 1770 y fue el 1 de febrero de 1775 que la fundación del pueblo fue aprobada por el Gobierno de España.

El poblado de Aguadilla gradualmente continuó aumentando en población debido principalmente al traslado del puerto de Aguada y a su estratégica localización en la ruta de los barcos. Ya en enero de 1841 una Real Orden había trasladado el partido judicial de la Aguada al pueblo de Aguadilla. Don Bernardo Sosa fue su primer alcalde. No fue hasta el año 1860 que la Reina Isabela II le concediera a Aguadilla el título de Leal Villa, mediante un real despacho. Le concedió este título y no el de pueblo, como una muestra de su aprecio y en recompensa a las pruebas de patriotismo que dio con motivo de la guerra de África (Reichard de Cancio, 1989).

Para el año 1918 Aguadilla fue impactado por un terremoto, el cual afectó diferentes estructuras y edificios, tales como la Iglesia y la Casa Alcaldía, entre otros. Este terremoto ocasiono al menos 118 muertos, además de haber dejado a muchas personas heridas como resultado de haber quedado atrapadas en los escombros de sus casas. Aguadilla fue declarada “zona de desastre”. Varios huracanes, en distintas épocas, han afectado la tranquilidad de este pueblo. En septiembre de 1928 pasó el huracán San Felipe II, el cual destrozó el centro urbano tradicional de Aguadilla. Luego,



sin haberse recuperado el municipio este huracán, les azotó también el huracán San Ciprián, en el año 1932 (Rodríguez & Troche, 1994).

### **Marco conceptual o teórico**

La Planificación es un proceso que establece objetivos, define estrategias, políticas y eventos de secuencias para lograr objetivos. También define la organización para implementar el proceso de planificación y asegurar el repaso y evaluación en el proceso del plan. La planificación puede ser considerada como una filosofía de pensamiento proyectivo (Maicura, 1987).

Las cinco teorías de planificación, las cuales delimitan el proceso de planificación, se conocen por el acrónimo SITAR que se le da por la primera letra de cada teoría en el idioma inglés. Comenzando con la planificación sinóptica, incrementa, transactivo, de defensa, y radical (Hudson, 1979).

Según Barclay (1979), la planificación sinóptica se describe como una con un acercamiento racional comprensivo. Es la teoría dominante de la cual nacieron las siguientes teorías. Esta utiliza modelos conceptuales o matemáticos para ser objetivo. Cuenta con cuatro elementos que son: el establecimiento de metas, la identificación de políticas alternas, la evaluación de métodos para lograr metas, y por último la implementación de las políticas.

La planificación incremental es un método más racional y menos científico. Este fue desarrollado por el planificador Charles Lindbloom en *The Science of Muddling Through* (1959). Este método funciona realizando actividades de “poco en poco” en vez de realizar un plan maestro completo de una vez. Usualmente se utiliza cuando un plan ha fallado. Busca que la selección de metas y políticas sean simultáneas, limita las comparaciones entre las alternativas y tiene preferencia por los resultados de la experimentación social sobre la teoría de base de análisis (Stiftel, 2000).

La planificación transactiva es un método descentralizado. Trabaja mas con contactos físicos ya sea de dialogo, entrevistas y otras técnicas. Es un método desenfocado en el comportamiento. Se caracteriza por ser menos técnico y científico. Esta basado en un modelo de comunicación racional.

La planificación de defensa Advocacy fue creada por el planificador Paul Davidoff en 1965. Esta defiende los intereses de un cliente en particular. Usualmente defienden los intereses de un grupo de minorías o causas ambientales. Este tipo de planificación no cuenta con un orden de desarrollo específico sino que su actividad consiste en informar los afectados sobre cuestiones de planificación y discusión de sugerencias (Handler, 2001).

La planificación radical es activamente espontánea. Cuenta con una visión más crítica y holística a una gran escala en el proceso social. Según Friedmann (1993) se enfoca en la descolonización y democratización. Además de la producción primaria y la manufactura.

Además de las cinco teorías tradicionales que se han estudiado y forman parte de este documento; existen otras que también apoyan el tipo de plan que se quiere desarrollar. Estas teorías aportan a nuestra justificación de realización del plan de mitigación de riesgos sobre eventos naturales peligrosos. Estas otras teorías que se fueron incorporando en el desarrollo del plan fueron: la planificación para situaciones de urgencias y la planificación del nuevo urbanismo.

La planificación para situaciones de urgencias busca integrar la prevención y la mitigación a un programa de largo plazo que cubra todas las fases del desastre, incorporando la prevención y la mitigación a una perspectiva más amplia de desarrollo. Es el conocimiento científico de los eventos y las alternativas sociales y tecnológicas para la mitigación, se transforman en instrumentos vitales al servicio de la prevención y la mitigación. Para este tipo de planificación existen cuatro fases de preparación. La

prevención, la mitigación, la preparación- la respuesta y la recuperación o reconstrucción (Quiñones & Elías 2006).

La planificación del nuevo urbanismo se caracteriza por buscar la reestructuración del centro urbano a través de dos modelos que buscan minimizar la dependencia del automóvil. Estos son los Transit Oriented Development (TOD) o pedestrian pockets y los Traditional Neighborhood Design (TND). La teoría del TOD fue creada por Peter Calthrope y la teoría de los TND fue desarrollada por Andres Duany y Elizabeth Plater (Kelbaugh, 1997). Los Pedestrian Pockets son un modelo de desarrollo para una comunidad pequeña que sea caminable y que tenga una mezcla de viviendas de baja y mediana densidad, que cuente con facilidades de venta, lugares para actividades cívicas, recreacionales y centros de empleos a lo largo de las calles principales. A los Traditional Neighborhood Design se les conoce como neotradisionalismo ya que une la planificación con la arquitectura. Esta teoría salió de un urbanismo euro-americano. Usualmente es más rigurosa en la topología, estilo y detalles.

Para fines de este proyecto de planificación se combinaron varias teorías de planificación; entre estas la planificación sinóptica ya que seguimos los pasos establecidos por la misma para lograr los objetivos propuestos. Otra de las teorías de planificación que nos ayudaron a estructurar el documento es la planificación para situaciones de urgencias la cual busca integrar la prevención y la mitigación a través de las cuatro fases que menciona esta teoría. Como enfoque para la realización de este trabajo se utilizó la prevención. Pero también se incluyeron estrategias para cubrir las otras tres fases. También se siguió la filosofía del nuevo urbanismo ya que el plan se creó específicamente para el casco urbano para fortalecer su reestructuración.

## **Estudios de casos**

Planes similares a los preparados en el Municipio Autónomo de Aguadilla se han realizado a través de todo Puerto Rico y de los Estados Unidos. La mayoría de ellos utilizan las guías establecidas por FEMA de cómo realizar un plan de mitigación. Algunos de los planes evaluados se enfocan en los peligros naturales peligrosos que pueden afectar un pueblo dentro de un estado. Además varios incluyen peligros causados por los humanos; un ejemplo es un ataque terrorista o químico.

Algunos de estos planes son: El Plan de mitigación del municipio de Bayamón, Plan de mitigación de riesgo del pueblo de Redding, Minnesota, El Plan de mitigación del estado de Idaho, El Plan de mitigación para peligros naturales de Oregon y el Plan de respuesta a emergencias por huracán, tormenta o inundación de la Universidad Metropolitana.

1. El plan de Mitigación del Municipio de Bayamón es un plan multi-riesgo. Este plan fue preparado en el 2003 y revisado en el 2005 por la Oficina de Planificación y Administración Federal del municipio. El mismo se preparó con el fin de cumplir con los requisitos de la ley federal 44 CFR 201 y 206 de FEMA. También porque es compatible con política pública del municipio. Dicho plan incluye los objetivos para atender las necesidades para la prevención y recuperación después de un evento natural peligroso. De la misma manera busca estudiar los problemas existentes a nivel de las comunidades.
2. Plan de Mitigación de riesgo del pueblo de Redding. Este fue realizado y aprobado para el año 2005. El mismo fue creado con la visión de mantener a Minnesota listo a través de la coordinación y colaboración a todos los niveles de gobierno. El plan provee una lista de acciones para prevenir pérdidas y reducir el riesgo de los eventos peligrosos futuros. Algunos de sus metas para lograr esta visión son mantener y mejorar la capacidad del estado para minimizar las

vulnerabilidades a todos los peligros y aumentar el entendimiento público, apoyo y demandas para la mitigación de peligros.

3. Plan de Mitigación del estado de Idaho fue preparado por la Oficina de Seguridad Nacional del estado de Idaho para reducir los costos de ayuda en momentos de desastres y ser elegibles para ayuda. En este se identifican los peligros y vulnerabilidades asociadas en el estado. Del mismo modo provee las estrategias para reducir pérdidas futuras. Este plan es una revisión al plan del 2004.
4. Plan de mitigación para eventos peligrosos de Oregón. Este plan es una actualización del plan original; el mismo fue creado por la Administración de Emergencia de Oregón y la Asociación para la resistencia a los desastres de Oregón. El mismo se creó para identificar la información, recursos y estrategias para la reducción de riesgos y reducir pérdidas futuras en la vida y daños a la propiedad. También el plan, guía y coordina actividades de mitigación a través del estado. De la misma manera provee maneras por las cuales los gobiernos locales y regionales pueden acceder la información científica y técnica.
5. El Plan de Respuesta a Emergencia por Huracán, Tormenta o Inundación fue creado en el año 2009 con el propósito de tener una guía de orientación sobre el plan, un comité de emergencia y deberes, responsabilidades y procedimientos para manejar una situación de emergencia. Algunos de sus objetivos para lograr esta meta son: prevenir daños al personal y a la propiedad del SUAGM y determinar los daños ocasionados a las instituciones e iniciar la reclamación pertinente con la mayor brevedad posible.

Teniendo en cuenta todos estos estudios de casos tuvimos una visión mas clara de lo que buscábamos para este plan de mitigación. Como pudimos ver en los resúmenes de todos los planes, todos buscan evitar la pérdidas de vidas y materiales. Todos crean

unos objetivos y estrategias para lograr obtener estas metas. Según lo leído puedo ver que es importante tener en consideración las vulnerabilidades que existen en el lugar de estudio. También es de vasta importancia la incorporación de la comunidad durante la creación del plan.

### **Marco legal**

A través de este capítulo explicaremos las leyes que son aplicadas al desarrollo de un plan de mitigación y las regulaciones por las cuales se tiene que regir. Incluimos las leyes que rigen a nivel federal y estatal.

#### **Disaster Mitigation Act of 2000 public law 106-390 del 30 de octubre del 2000.**

Esta ley enmienda a la Ley Robert T. Stafford Disaster Relief and Emergency Act. La cual tenía como objetivo autorizar el programa de mitigación pre-desastres para minimizar la administración de ayudas después de desastres y otros propósitos. Establece que hay que realizar y adoptar un plan de mitigación para ser elegibles a recibir fondos bajo el programa Hazard Mitigation Grant Program. La misma se enfoca en la importancia de la planificación de la mitigación pre-desastres.

Code of Federal Regulation 44 Emergency Management and Assistance

#### **Sección 201- Mitigation planning**

En esta sección se establecen las políticas y procedimientos para la planificación de la mitigación según es requerido por el Stafford Act sección 322, según enmendada. También identifica las responsabilidades de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, los gobiernos locales y estatales. Además describe los requerimientos para recibir fondos para la realización de los planes. De la misma manera describe el proceso de planificación y los requisitos que tienen que cumplir los planes. A la misma vez describe otros tipos de planes como los planes a nivel local o ampliado.

### **Sección 206- Federal disaster assistance**

El propósito de esta sección es implementar las políticas y procedimientos a seguir cuando se activa la ley pública 93-288 según enmendada. Estas solamente aplican a desastres y emergencias declarados por el presidente después o el 23 de noviembre de 1988. Además incluye las políticas para los planes de emergencias estatales, ayudas económicas para los gobiernos, familias e individuos y las penalidades.

### **Executive Order 12656- Assignment of emergency preparedness responsibilities**

El propósito de esta orden es asignar la preparación de un documento para proveer seguridad si ocurre un evento que ponga en peligro la seguridad nacional. Estos eventos pueden ser desde ataques militares, emergencias tecnológicas, desastres naturales y otras. Dicha responsabilidad se le asigna a las agencias y departamentos federales.

### **Ley # 81 del 30 de agosto del 1991, según enmendada. Ley de Municipios Autónomos**

#### **Capítulo #13- Ordenación territorial**

Esta ley busca la otorgación a los municipios de una autonomía mayor para que así puedan manejar sus responsabilidades con mayor facilidad. En el capítulo trece nos habla sobre los planes de ordenamiento territorial. Estos planes son los que identifican los tipos de suelos de cada pueblo. Una vez el municipio cuente con un Plan de Ordenamiento Territorial al momento de realizar cualquier plan el mismo de ser realizado conforme al plan vigente. También la Junta de Planificación prohíbe la adopción de cualquier regulación que sustituya el control del desarrollo en zonas inundables e inclinadas.

**Ley #211 del 2 de agosto de 1999. Ley de la agencia estatal para el manejo de emergencias y administración de desastres**

Esta ley establece la política pública del gobierno de Puerto Rico para las situaciones de emergencias. Crea la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres. Este le otorga al gobernador de Puerto Rico la facultad de dirigir las agencias, estatales y municipales en un momento de emergencia en el país. Además faculta a dicha agencia a fijar penalidades. Esta ley deroga la ley #22 de 1976.

**Artículo #14- Oficinas Municipales para el manejo de emergencias y administración de desastres.**

Esta ley crea la oficina de manejo de emergencias y de administración de desastres. En este artículo obliga a los municipios a crear una oficina para que se encargue de la creación e implementación del plan de manejo de emergencias y administración de desastres. También que funcione como mediador entre la agencia estatal. Bajo esta ley la Junta de Planificación denomina áreas susceptibles a inundaciones. En estas áreas no se podrá construir edificaciones, depositar relleno y hacer mejoras.

**Ley #3 del 27 de septiembre de 1961. Ley para el control de edificaciones en zonas susceptibles a Inundaciones.**

Esta ley establece las medidas de seguridad para reglamentar las edificaciones y el desarrollo que tenemos en las áreas declaradas como riesgo a inundación. La Junta de Planificación denomina las áreas susceptibles a inundaciones. En estas áreas no se podrá construir edificaciones, depositar relleno y hacer mejoras de ningún tipo.

**Ley # 49 del 4 de enero de 2003. Ley para establecer la política pública sobre la prevención de inundaciones y conservación de ríos y quebradas.**

Dicha ley fue creada con el propósito de delegarle al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales obras para el control de inundaciones y canalización de ríos



con el fin de disminuir el riesgo de inundaciones en áreas con historial de inundaciones. Además pueden realizar limpiezas de quebradas de dominio privado en situaciones que representen un estado de emergencia. Esta ley dispone que en proyectos de urbanización, o de construcción que sea anexo a un río, quebrada, laguna o cuerpo de agua se dedicará a uso público para la conservación del cuerpo de agua.

### **Reglamento #13 de la Junta de Planificación- Regulación para zonas inundables e inclinadas.**

#### **Orden Ejecutiva 11988, Plan de Manejo de Inundaciones del 1987**

Esta orden ejecutiva expone los requisitos básicos a seguir para la creación de un plan de acción para el manejo de inundaciones y el proceso para la identificación de lugares y el impacto conforme al plan de inundaciones.

#### **Orden Ejecutiva- OE-1993-23, de 5 junio 1993**

Esta orden revisa los mecanismos establecidos para el manejo de emergencias y desastres. En el artículo cuatro nos indica la creación de comités municipales de emergencias en todos los municipios de la isla. Estos comités serán presididos por los alcaldes. Al crear la posición de director de la oficina de manejo de emergencias municipales. Esta oficina tiene como algunas de sus funciones principales la creación del plan de mitigación para inundaciones y planes de remoción de obstáculos y barreras de los ríos.

#### **Proyecto del Senado 282-1993-94**

Este proyecto transfiere el programa de planes de mitigación del Departamento de Recursos Naturales a la Agencia de Manejo de Emergencias y Administración de Desastres antes conocida como la agencia de defensa civil.

Estas leyes son de basta importancia en el desarrollo del plan de mitigación. Para la realización del documento existen unas regulaciones que hay que seguir de lo contrario no funcionaria el mismo. Son estas leyes las que nos explican como realizarlo.

Otras son las que crearon estos procesos que hoy en día nos ayudan a prevenir tantas pérdidas materiales y monetarias.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

La meta de este proyecto tiene como fin crear un plan de acción multi-riesgos que puedan impactar el CUT para minimizar los daños a estructuras existentes y salvaguardar vidas humanas. Una vez realizado este objetivo se procura incorporar el mismo para que forme parte de los procedimientos oficiales de la oficina de manejo de emergencias del municipio ante eventos peligrosos. Para lograr esta meta se realizaron tres objetivos. Los objetivos son identificar y evaluar los posibles peligros que afectan a dicha comunidad para crear un plan con mayor certeza e integridad. El segundo es crear estrategias de mitigación mediante la realización de un inventario de las edificaciones y cuantificación de los lugares vulnerables. El tercer objetivo es aumentar el conocimiento de la ciudadanía sobre los posibles peligros naturales que pueden afectar el CUT.

#### **Área de estudio**

El Municipio de Aguadilla se encuentra en la región noroeste de Puerto Rico (Figura 1). Esta colina al norte y oeste con el océano atlántico; al suroeste con el pueblo de Aguada; al sureste con el pueblo de Moca y al este con el pueblo de Isabela (Figura 2). El mismo se divide en los barrios de Borinquen, Maleza Baja, Maleza Alta, Aguacate, Montaña, Guerrero, Ceiba Alta, Arenales, Camaceyes, Corrales, Ceiba Baja, Caimital, Caimital Bajo, Barrio Pueblo, Caimital Bajo, Victoria y Palmar (Figura 3). El barrio pueblo tiene veinte (20) calles. De las cuales cinco (5) son vías principales como lo es la calle Progreso y la Avenida San Carlos (Figura 4). Su extensión territorial es de 35.5 millas cuadradas. Su ubicación geográfica se encuentra en la zona cárstica de P.R (Figura 5). El Municipio se encuentra a una elevación de 50 a 150 metros sobre el nivel del mar. El Municipio cuenta con la costa colindante al océano Atlántico a través de las playas Crash Boat, Wishing Well, Wilderness, Las Ruinas, Bridges, Shorebreak, Mix, Surfers

Beach y Tabletop (Figura 6). También cuenta con el río Culebrina el cual nace en el pueblo de Lares y cruza por el pueblo de Aguadilla. Este río tiene una longitud de 34 millas (Figura 7). El Clima de Aguadilla es caracterizado como caliente y húmedo con lluvias frecuentes. La temperatura promedio varía entre 75 a 80 grados Fahrenheit. La precipitación promedio en el lugar es 62 pulgadas de lluvias anuales. Los tiempos de lluvia pico son mayo y octubre.

La población del Municipio de Aguadilla conforme al censo del año 2000 fue de 64, 685, o sea 5,530 habitantes más que en el año 1990 y 10,079 más que en el 1980. Sin embargo en el estimado realizado por el U.S. Census Bureau la población total era de 67,187 habitantes. De estos habitantes 31,717 son hombres y 32, 968 son mujeres. En el barrio pueblo la población era de 4, 884. La información obtenida refleja que un 50% de los habitantes eran varones y 50% eran mujeres. Pero el 21.45% estaban entre las edades 18 a 64 años (Censo, 2000). En el 1899 la población era de 3, 343 habitantes o sea 1541 personas mas que lo reportado en el 2000. En el 1950 tuvo una población de 18,276.

Este patrón nos indica que la población en el municipio ha ido aumentando. En contrario la población del barrio pueblo que ha disminuido en un 73% según la diferencia entre la población del año 1950 y el 2000. Hubo una disminución de 13,392 habitantes en la zona urbana. El barrio pueblo cuenta con una población alta de personas mayores.

Este proyecto se realizará en el área del centro urbano tradicional, Barrio Pueblo del Municipio Autónomo de Aguadilla, Puerto Rico. Según definido por la ley número 212 Ley para la Revitalización del Casco Urbano aprobado en el 2009 y diseñado por el Arq. Jorge Rigau (Figura 11). Este perímetro comienza desde el Antiguo Cementerio hasta el parque César Augusto Santiago y la escuela José de Diego. La delimitación

comprende aproximadamente de 565, 800 metros cuadrados- 0.57 kilómetros cuadrados- y un total de 871 parcelas.

### **Diseño metodológico**

Para llevar a cabo el objetivo número uno utilizamos la metodología establecida en el manual creado por FEMA (2002). El primer paso era identificar los posibles peligros que puedan ocurrir en el área de estudio. Para crear la lista de posibles peligros investigamos, archivos históricos, documentos impresos e información de diferentes agencias que estudian los diferentes eventos atmosféricos. Toda esta información se tabuló en unas hojas de cálculo preparadas a base de las que se encuentran en el manual de FEMA.

Una vez obtuvimos los peligros naturales que pueden afectar específicamente el área de estudio evaluamos los planes e informes sobre los eventos naturales. Con esta información se creó un perfil de cada riesgo que nos puede afectar. Para crear este perfil se obtuvo y se creó un mapa base en donde se registraron las áreas propensas a los eventos antes mencionados. Para evaluar las áreas inundables utilizamos los mapas de riesgos creados por FEMA. Los mismos se crearon con el propósito de mitigar daños causados por inundaciones. Estos mapas clasifican las áreas de inundación por zonas. La zona A corresponde al lugar de inundación de 100 años. La zona AE son las áreas susceptibles a inundaciones de 100 años determinado por métodos detallados. Construcciones en esta área no deben ocasionar la menor obstrucción posible al flujo de las aguas y que resistan con los efectos de las cargas hidrodinámicas e hidrostáticas de las aguas de inundación. El reglamento establece que la nueva construcción residencial deberá tener la elevación de piso más bajo no menor de .30 metros por encima del nivel de inundación base. Para estructuras no residenciales se permite el nivel mas bajo de la estructura por encima del nivel de inundación a menos que sea a prueba de agua, en el caso que se permite tener el área de la estructura por debajo del

nivel de inundación La zona VE corresponde a áreas a lo largo de las costas susceptibles a inundación por el evento de inundación del uno por ciento con riesgos adicionales causados por la velocidad del oleaje por efectos de una tormenta. Las construcciones en esta área se establecen que la parte mas baja de los elementos horizontales del piso de la estructura este localizada por lo menos .30 metros por encima del nivel de inundación base, con todo el espacio debajo de los elementos horizontales completamente abiertos. La nueva construcción debe estar anclada en pilotes y columnas, y se prohíbe la utilización de relleno para soportar cargas estructurales, dado que constituye un obstáculo al libre paso de las aguas de inundación. Cuando nos referimos a área de inundación por 100 años se refiere a que tenemos 1% de posibilidad de que las inundaciones sean igualadas o excedida en cualquier año (FEMA, 2010). Obtuvimos información específica de cada uno de los peligros enfocados en el área de estudio. De esta manera ampliamos los perfiles de cada uno de los peligros naturales. Toda esta información se guardó en una hoja de cálculo creada según las hojas del manual de FEMA (2001)

En el tercer paso se creó un inventario de estructuras para determinar los edificios residenciales, de servicios y otros edificios que puedan ser afectados durante un evento natural peligroso. Esto lo realizamos utilizando los datos geográficos que se tienen en el municipio de Aguadilla y el centro de recaudaciones de impuestos (CRIM) Una vez obtuvimos esta información con los mapas realizado se tabuló en forma de tabla.

Para realizar el objetivo número dos, llevamos a cabo la metodología de acuerdo al manual *State and local mitigation planning How-to-Guide Developing the Mitigation Plan, identifying mitigation actions and implementations strategies* de 2003. El primer paso fue repasar y analizar los resultados de los perfiles de cada uno de los peligros. Luego evaluamos cada uno de las características y factores comunes que causan los

peligros naturales. Identificamos los edificios importantes o críticos que se encuentran en lugares peligrosos. Tales como edificios, casas en áreas susceptibles a inundaciones y edificios de servicios que pueden ser afectados durante un terremoto. Creamos una lista de todos los problemas encontrados. Finalmente, establecimos las posibles estrategias de mitigación para cada evento.

Una vez tuvimos las estrategias de mitigación procedimos a implementar las acciones propuestas. Para la creación de estas estrategias, identificamos todos los recursos que se necesitarían para la implementación. Tales como presupuesto, documentación y agencias de gobierno involucradas. Una vez creada la lista de los recursos necesarios, procedimos a definir el calendario de implementación. En este establecimos la fecha de comienzo y terminación del plan. También incluimos fechas intermedias para obtener las diferentes partes y el tiempo que tomará en obtener la implementación completa.

### **Técnicas de análisis**

Para llevar a cabo la metodología utilizamos las hojas de cálculos diseñadas a base de los manuales de *FEMA How-to-Guide*. En la hoja de cálculo número uno creamos una lista de todos los posibles peligros que puedan ocurrir de acuerdo los pasos establecidos en la metodología. De estos se escogieron los peligros naturales que son prevalecientes en el área de estudio. Por último, en esta hoja incluimos una breve descripción de cada evento con su fuente de información y mapa si existe alguno. En la hoja de cálculos número dos incluimos todos los datos que se obtuvieron de cada uno de los eventos prevalecientes en el área. En la tercera hoja de cálculo, realizamos el inventario de bienes. Este lo realizamos solamente para los eventos más vulnerables en el área. En esta tabla se anotaron cuantas estructuras existen de uso residencial, comercial, industrial, agricultura, religioso, gobierno, educación y utilidades. De cada una de estas se determinó cuantos se encuentran dentro de zonas vulnerables a

riesgos naturales peligrosos considerados como de mayor prioridad. Para el objetivo #2 procedimos a utilizar la hoja de cálculo número cuatro en donde anotamos los factores y características que causan cada uno de los peligros naturales. En la hoja de cálculo #5 realizamos el resumen de los edificios que se encuentran en áreas peligrosas y vulnerables. En este resumen incluimos la lista de todos los problemas encontrados según los factores, características y edificios en áreas vulnerables.



## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

El problema que existe en el municipio de Aguadilla es que ha sido afectado por varios fenómenos naturales, los cuales han causado muchas pérdidas; tanto económicas como humanas. Muchas de estas pérdidas se pudieron haber minimizado ya que algunos de estos eventos atmosféricos pueden ser pronosticados y por lo tanto tener medidas para manejar la llegada de estos eventos. Los eventos que no pueden ser pronosticados, se les puede desarrollar estrategias para estar preparados si llegan a impactar el área.

La investigación de los peligros naturales incluyó la evaluación de todos los eventos que podrían afectar al casco urbano. Luego se escogieron los eventos que brinden mayor riesgo para el área de estudio. Los peligros evaluados son los siguientes:

- Erosión costanera
- Terremotos
- Inundaciones
- Deslizamientos
- Tsunami
- Marejadas ciclónicas
- Huracanes

#### **Pre-evaluación de peligros**

En la pre-evaluación de los peligros mayor potencial para el CUT de Aguadilla encontramos los siguientes datos sobre estos peligros.

## **Erosión costanera**

La erosión costanera se puede describir como un proceso que ocurre en el litoral de Puerto Rico y es controlado por las características de las olas y el resultado de la circulación de la costa, las características del sedimento y formación de la playa entre otras (Srinivasa, 2010). También existe un riesgo para la isla de Puerto Rico por erosión a consecuencia de tsunamis y huracanes. El área de estudio no cuenta con una amenaza directa como lo es el área norte de Puerto Rico (DRNA, 2009). Aunque las costas de Puerto Rico se encuentran expuestas a este peligro por los cambios climáticos que han ocurrido, los cuales sus consecuencias han sido la desaparición de playas arenosas que funcionaban como amortiguadores para la costa (R del S 126, 2009).

## **Terremotos**

Según el glosario de geología del Instituto Americano de Geología, un terremoto es el movimiento repentino de la tierra que es causado por la liberación abrupta de energía que se ha acumulado lentamente.

El Municipio de Aguadilla ha sido afectado a través de los años por cuatro eventos de terremotos (AEMEAD, 2000). Esto ha sido por la localización de las ocho zonas de actividad sísmicas que existen alrededor de Puerto Rico: la trinchera del norte, 2 fallas de pendiente Norte y Sur, noreste de la Zona del Sombrero, Cañón de la Mona, Pasaje de la Mona, Pasaje de Anegada, Los Muertos y en el suroeste de Puerto Rico. De estas ocho (8) fallas dos (2) se encuentran relativamente cerca al municipio de Aguadilla (Terremotos y Maremotos en Puerto Rico, 2002). Puerto Rico se encuentra en el borde noreste del Caribe en donde los movimientos de las placas son complejos (USGS, 2001). El límite de la placa tectónica del Caribe se extiende a unos 3200 km, de las antillas mayores (Apéndice 1). Las áreas costeras son las de mayor riesgo de peligro sísmico por su proximidad a las fallas, expuestas a ocurrencia de mayor de

amplificación de ondas sísmicas, potencial de licuación en lugares arenosos. Un estudio de Puerto Rico del 2003 del servicio geológico de los Estados Unidos reveló que el oeste y sur-oeste de Puerto Rico son los más vulnerables a terremotos (USGS, 2003). La actividad sísmica en nuestra área relacionada a la subducción oblicua en la parte inferior de la unión de las placas del sur y la interacción de las micro placas en la zona de movimiento complejo (USGS, 2003) (Apéndice 2). El último terremoto que afectó nuestra área fue el de 11 de octubre de 1918, el cual tuvo su epicentro a 25 millas de Aguadilla. Esto fue en el cañón de la Mona y tuvo una magnitud de 7.5. Este causó pérdidas que alcanzaron los cuatro millones de dólares. Aunque son pocos los eventos que han ocurrido, Aguadilla se encuentra dentro del área de mayor amenaza en Puerto Rico. Además según las estadísticas de frecuencia y recurrencia de estos fenómenos se estiman que pueden ocurrir con una recurrencia de 57-117 años (CIAPR, 2000). Algunos de los terremotos mas significativos que han ocurrido en el área de Aguadilla fueron: el 2 de mayo de 1787 donde toda la isla sufrió daño, 29 de julio de 1943 con una magnitud de 7.5 y el 8 de agosto de 1946 con una magnitud de 7.4 y fue seguido por un maremoto en el área de Mayagüez y Aguadilla. En mayo 16 de 2010 a la 1:16am, se sintió en el área oeste mayormente. Su epicentro fue el pasaje de la mona (Grindlay, 2005). El 28 de noviembre de 1846 ocurrió un terremoto en el cual los daños se vieron mayormente en el área oeste ya que el epicentro fue el pasaje de la mona. Este terremoto tuvo una magnitud de siete (USGS, 2010).

### **Inundaciones**

En Puerto Rico existen, dentro y fuera de los límites urbanos de los pueblos zonas susceptibles a inundaciones por lluvia, crecientes, marejadas, inundaciones urbanas, desbordamiento de ríos y otras (Ley número 3, 1961). Es difícil indicar con precisión donde y cuando ocurrirán las inundaciones aún con la alta tecnología que existe (CIAPR, 2002). Las inundaciones que más nos afectan son inundaciones

repentinas. Esta ocurre de forma rápida y a veces sin oportunidad de avisos formales (CIAPR, 2007). Las inundaciones repentinas pueden ser más peligrosas ya que pueden arrastrar rocas, lodo y otros escombros. La combinación de eventos atmosféricos como lo son huracanes y lluvias fuertes y la ubicación de propiedades en áreas vulnerables a inundaciones o en áreas de pobre drenaje, aumenta la incidencia de estos fenómenos. Además por desbordamiento de los ríos, conocida como inundación terrestre. Esta ocurre mayormente ya que la mayoría de los ríos se originan en las montañas centrales por lo que aunque no llueva en el área de estudio aun pueden ocurrir inundaciones (USGS, 2000). También pueden ocurrir inundaciones prolongadas o pluviales las que ocurren cuando los ríos se desbordan y aun sigue la lluvia. Los desarrollos urbanos han influenciado a la modificación del ciclo de agua. Las construcciones, calles y otras superficies impermeables no permiten que ocurra la absorción del agua aumentando así la escorrentía de las calles. Muchas veces las alcantarillas no se preparan para los aumentos de escorrentías causando inundaciones (Freni & Olike, 2005). Además existen sumideros que han sido tapados haciendo que las escorrentías se desplacen hacia otros lugares causando inundaciones en lugares que antes no han ocurrido (Figura 8).

### **Deslizamiento**

El fenómeno deslizamiento es el desplazamiento de masas de tierra o roca por una pendiente en forma lenta o súbita. Ocurre mayormente por el efecto de la gravedad, pero pueden ocurrir por tormentas, terremotos, erupciones volcánicas, incendios y por la modificación del terreno hecha por el hombre. Los derrumbes pueden ser pequeños o grandes, lentos o rápidos (FEMA, 2001). Pero puede ser agravada por el tipo de roca, topografía, orientación de las grietas, lluvia que cae en el lugar, actividad sísmica, actividad humana y erosión (Servicio Nacional, 2010).

Estos ocurren mayormente en las pendientes de las montañas por la acumulación de agua. Muchas veces es agravado por las actividades humanas (FEMA, 2000). También puede ocurrir durante un evento de huracán y terremoto. El área de estudio no se encuentra en áreas de deslizamientos (Figura 16).

### **Tsunami**

Un tsunami es una serie de olas producidas generalmente por un desplazamiento vertical del fondo marino ocasionado por un temblor bajo el fondo del mar, erupciones volcánicas y derrumbes de tierra. Un tsunami puede moverse a cientos de millas por hora en el océano. La ola puede alcanzar hasta 100 pies o más. Las áreas que están en mayor riesgo son las que están a menos de 25 pies sobre el nivel del mar y a menos de una milla de distancia de la costa. El paso del tsunami puede causar otros peligros como inundaciones, contaminación del agua potable e incendios (FEMA, 2010).

La isla de Puerto Rico se encuentra localizada al norte de la placa del Caribe. En el norte de Puerto Rico existe dos pendientes con un largo de 55 km (Grindlay, 2005). Esta es la parte más ondulada del océano Atlántico y con menos gravedad en la tierra. El stress hace que la misma se mueva hacia abajo y esto ha causado que la plataforma de piedra caliza se continúe inclinando (USGS, 2001). Aumentando así las probabilidades de deslizamientos de tierra y de tsunami. En Puerto Rico tenemos la posibilidad de tsunami por terremoto y deslizamiento (Mercado, 2003).

Los tsunamis que han ocurrido en el área han sido por consecuencias de terremotos. Uno de estos fue siguiendo el terremoto del 11 de octubre de 1918. Se estima que la ola del área de Aguadilla tenía una altura de 12 pies (Terremotos y Maremotos en Puerto Rico, 2002). Aguadilla fue uno de los lugares que más se afectó por este tsunami. La ola entró aproximadamente unos 100 metros tierra adentro ya que la costa de Aguadilla tiene un nivel más bajo que el mar (USGS, 2000) (Figura 10).

## **Marejadas Ciclónicas**

Las marejadas ciclónicas es un aumento anormal en el nivel del mar. Es un gran domo de agua que a menudo tiene de 50 a 100 millas de ancho, que recorre la costa cerca del punto en el que el huracán entra a tierra (fema, 2010). Las marejadas ocurren mayormente con la pasada de un huracán pero estas pueden ocurrir aunque el huracán se encuentre a una gran distancia. Estas pueden ocurrir hasta cinco horas antes de que se acerque la tormenta. Las marejadas pueden fluctuar desde los cuatro pies hasta los 20 pies dependiendo la categoría de la tormenta que lo este provocando. Mientras mayor la intensidad del huracán y menos profunda sea la costa, mayor será la marejada ciclónica. Las costas corren gran riesgo por marejadas ciclónicas ya que constituyen la mayor amenaza a la vida y los bienes materiales (Figura 9).

## **Huracanes**

Los huracanes son fenómenos meteorológicos que tienen vientos en forma de espiral y que se desplazan sobre la superficie terrestre (Acevedo, 2007). Consta de un vórtice ciclónico denominada ojo o centro de huracán, área de presión mínima y calma absoluta. Cuenta con un núcleo rotacional donde se registran los vientos huracanados y una región externa en la cual los vientos horizontales laterales tienen velocidades decrecientes de tormenta tropical o menores. Para caracterizarse como huracán tiene que tener vientos desde 74 millas por horas (Baker, 2000). Para medir la intensidad se utiliza la escala Saffir-Simpson. Las categorías comienzan desde 1 hasta 5 siendo la siendo la categoría devastadora (Acevedo, 2009). Uno de los efectos mas significativos de los huracanes son las lluvias intensas que le acompañan (CIAPR, 2007).

Un promedio de ocho a diez huracanes se desarrollan en el océano Atlántico y de estos aproximadamente cada cinco años un huracán cruza o pasa cerca de Puerto Rico. (Acevedo, 2009). Puerto Rico ha a sido afectado por un sinnúmero de huracanes. De estos huracanes, aproximadamente, unos 18 afectaron el área noroeste incluyendo

el municipio de Aguadilla (AEMEAD, 2000) (Apéndice 3). La mayoría de estos huracanes entran por el sureste de Puerto Rico y salen por el noroeste de Puerto Rico. Algunos de estos fueron: el huracán San Jacinto, el cual pasó por la isla el 17 de Agosto de 1807 la trayectoria fue entrando por el pueblo de Humacao y salió por Aguadilla. Un evento más reciente fue el 21 de septiembre de 1998 cuando pasó por la isla el Huracán Georges el trajo mucha lluvia causando inundaciones.

### **Hallazgos de la pre-evaluación de peligros**

Después que realizamos esta evaluación de los peligros naturales que pueden afectar el área de estudio, encontramos que el peligro natural de deslizamiento ocurre en el municipio de Aguadilla pero no en el área de estudio. Los eventos de erosión costanera y terremoto sí son susceptibles a ocurrir en el área de estudio. De acuerdo a la información evaluada, se necesita un estudio aparte para abarcar todas las vertientes por las cuales pueden ocurrir estos peligros. De la misma manera, necesitamos un documento aparte para las formas en que se pueden mitigar y prevenir pérdidas debido a estos peligros. Esto se debe a la forma de ocurrencia del evento. De los otros eventos evaluados fueron los huracanes y sus consecuencias; que son: vientos fuertes y marejadas costeras pueden ocurrir en el área de estudio. Los huracanes son eventos naturales que han pasado en nuestra área por toda la vida. Es por esta razón que no se les asignó una de las primeras prioridades. Además estos eventos no se consideraron como de prioridad para el desarrollo de esta tesis. Evaluamos las consecuencias y entendimos que los eventos hidrológicos son los eventos de mayor prioridad ya que sus consecuencias pueden ser más devastadoras para el casco urbano. Además que son eventos que se relacionan unos con otros y sus métodos de mitigación pueden ser los mismos. Los eventos hidrológicos que se evaluaron fueron: inundaciones según los Flood Insurance Rate Maps (FIRMs, por sus siglas en inglés) de FEMA, inundaciones por marejadas ciclónicas e inundaciones por tsunamis.

Los FIRMs son mapas oficiales de una comunidad en que FEMA delinea área de riesgo especial y zona de riesgo prima aplicable a la comunidad. En este evaluamos como podría afectarnos estas diferentes inundaciones de acuerdo las estructuras existentes. El mapa de inundación por tsunami nos indica hasta donde podría llegar un tsunami en un evento en el tamaño máximo (Red Sísmica, 2011). Los mapas de inundación por marejadas ciclónicas fueron creados para evaluar cuanto sería la inundación si pasaran huracanes desde categoría uno a cinco. En nuestro estudio evaluamos cuantas estructuras se podrían afectar de ocurrir uno de estos tres eventos.

### **Inventario de bienes**

Según el análisis realizado tenemos que en el área de estudio se compone de 1082 estructuras (Figura 12), de las cuales trescientas 354 esta clasificadas para uso residenciales. En la clasificación de residencial incluimos apartamentos, casas y residenciales públicos. Tenemos 221 edificaciones de usos comerciales donde incluimos restaurantes, farmacias, espacios vacíos y otros tipos de negocios. Además en el caso urbano hay 139 edificaciones que son utilizadas para usos mixtos refiriéndonos a comerciales y de viviendas en el mismo edificio. Hay nueve 9 edificios dedicados a usos religiosos. El gobierno municipal y estatal cuenta con 70 edificios. Estos incluyen estacionamientos, edificios de servicios, parques y nuevas construcciones. A través de toda el área hay 28 edificios dedicados a educación los cuales incluyen escuelas públicas y privadas elementales, intermedias y superiores, colegios técnicos y cuidados de niños. En el inventario se desglosaron bajo otro renglón las oficinas que hay en el casco urbano. Tenemos un total de 27 oficinas entre ellas oficinas médicas, de servicios de ingenieras, contables, abogados y otros servicios. En el área de estudio no hay estructuras dedicadas a usos industriales, agricultura y de utilidades.



Encontramos que dentro del área de inundación de acuerdo a los FIRMs tenemos 490 estructuras (Figuras 13). Algunas de las estructuras más sensitivas son edificios escolares, viviendas y edificios de servicios gubernamentales. En el límite de inundación por tsunami tenemos 310 estructuras (Figuras 15). Hay ocho escuelas elemental, intermedia y superior, tanto privadas como públicas. Dentro de la zona inundable por marejadas ciclónicas tenemos 515 estructuras (Figura 16). De estas edificaciones 14 son instituciones escolares, 169 viviendas y 55 de usos mixtos, las cuales consisten en viviendas y usos comerciales.

Una vez estudiado el inventario y las formas de ocurrencia de los eventos. Creamos una lista de problemas que pueden ocurrir en el área de estudio. Tenemos una alta vulnerabilidad de inundación por marejadas ciclónicas, tsunami y lluvia. Las áreas de riesgo tenemos viviendas, comercios y escuelas. Le asignamos prioridades a estos tres peligros. Comenzando con las inundaciones a base de los FIRM's ya que estas pueden ocurrir en cualquier momento del año que haya un periodo de lluvia. La vulnerabilidad a inundaciones según los FIRMs aumenta en los meses de mayores períodos de lluvia como lo es el mes de mayo. A las marejadas ciclónicas se le asigna el segundo lugar ya que ocurren con el paso de huracanes, depresiones y ondas tropicales. La época de huracanes comienza desde el 1ro de julio hasta el 30 de noviembre. Las inundaciones por tsunami se le asignó el tercer lugar ya que tenemos alta susceptibilidad de que ocurra un tsunami, pero no hemos tenido muchos registros de terremotos y deslizamientos subterráneos. Estos eventos naturales son los causantes de los tsunami.

## CAPÍTULO V

### ALTERNATIVAS, ESTRATEGIAS Y PLAN DE ACCIÓN

#### Introducción

El desarrollo de un plan de mitigación para el casco urbano tiene como propósito mejorar la calidad de vida de los residentes de dicha área, además de evitar pérdidas de vida y material durante el paso de alguno de los eventos naturales peligrosos naturales identificados en los capítulos anteriores. El mismo lo creamos a base de la susceptibilidad de cada evento natural y como pueda afectar al casco urbano.

Al tener estos peligros identificados y conocer cuán grave pueden ser para la población se comienza a desarrollar las estrategias para lograr las metas propuestas y así llegar a brindar una mejor calidad de vida y proteger a los residentes, visitantes y empleados del casco urbano. Las estrategias se crearon teniendo una visión de que sean viables, de costo razonable para la agencia encargada para así asegurarnos de que puedan ser implementadas.

Las estrategias que se desarrollaron se enfocaron en la prevención y mitigación de los impactos. Enfocando estas a la educación de la ciudadanía para que aumente la prevención de parte de la misma. La mitigación a las estructuras en áreas susceptibles y otros problemas de construcción.

Estos objetivos y estrategias serán la acción a tomar de parte del municipio para reducir los impactos de los peligros naturales. Estos objetivos y estrategias están realizados con la intención de que guíen las operaciones del día a día y a largo plazo.

#### **Objetivo #1**

Aumentar el entendimiento y la concienciación sobre los eventos naturales de las personas que viven y trabajan en Aguadilla.

Es muy importante para la ciudadanía residente y empleados que laboran el municipio de aguadilla que estén concientes cuan importante es este documento para

ellos. Durante el estudio realizado nos dimos cuenta que los residentes y empleados que laboran en el municipio no demuestran darle la importancia necesaria que se le debe estar dando.

Como parte del trabajo de investigación se intentó realizar una reunión con los residentes y visitantes para que nos informaran sobre experiencias que hayan tenido con algún evento natural peligroso y algunas de sus preocupaciones. La misma no fue posible ya que no hubo participación de las personas.

Hallazgo- En el área de estudio contamos con una población de 4,884 ciudadanos de acuerdo al censo del 2000.

Estrategia #1- Desarrollo de programas enfocados en aumentar la conciencia pública.

El desarrollo de este plan busca que la ciudadanía se incorpore en el desarrollo y mantenimiento de este plan. El desarrollo del plan consiste en la creación de un grupo de representantes por sectores dentro del área de estudio. Estos serán los que representan e interesarán a las personas a que sean participe de todo el procedimiento. Para asegurar su compromiso, se le brindarán incentivos como invitaciones a actividades especiales. El representante se encargará de ser el contacto con el municipio para asegurarse de que el plan se desarrolle y se mantenga al día. Además de esto deben de realizar simulacros acorde con el municipio.

También este grupo de personas funcionará como grupo de primera respuesta en algún momento de emergencia. El municipio le proveerá adiestramientos de primeros auxilios y primera respuesta. De esta manera, ellos serían capaces de contactar las diferentes agencias en momentos de emergencia. Asimismo, en conjunto con personal municipal se preparan talleres informativos para que la ciudadanía participe y conozca cuáles son los preparativos que tiene el municipio para enfrentar estos peligros naturales hidrológicos que se evaluaron. Con este mismo fin, estaremos preparando una página interactiva donde se incluirá recomendaciones para los

residentes y visitante sobre que pueden hacer para reducir la amenaza a la vida y propiedad. También contará con el plan de mitigación del municipio. Se incluirán los talleres informativos que se le darán a la ciudadanía. A través de esta página se podrán obtener los mapas que indican las áreas vulnerables y rutas de desalojo.

Esta estrategia la estará trabajando la Oficina Municipal de Manejo de Emergencias y Oficina de Urbanismo y Ordenamiento Territorial. Tendrá un tiempo de duración de un año y medio aproximadamente para la creación del plan y luego será un proceso continuo de actualización. El mismo tendrá un costo aproximado de \$35,000.00.

## **Objetivo #2**

Reducir el impacto de los desastres naturales en residentes, trabajadores y propiedades.

Una vez la ciudadanía se encuentra conciente de lo importante que es tener un buen plan de mitigación para el municipio. Seguido por el segundo objetivo que tiene como fin evitar daños y pérdidas tanto de vidas como económicas. En este buscamos maneras para evitar que se inunden en momentos donde haya la posibilidad. Esto al realizar diferentes cambios en la construcción, permisos y otros aspectos que existen dentro del municipio.

Hallazgo- El inventario total de las estructuras es de un total de 986 de las cuales 795 se encuentran dentro de los límites de inundación de los eventos evaluados.

Estrategia #1 Desarrollar una Unidad de Sistemas de Información Geográfica.

La Oficina de Urbanismo y Ordenamiento Territorial desarrollara una unidad de Sistemas de Información Geográfica (GIS por sus siglas en inglés) la cual creara, actualizará y administrará información geografía digital para el municipio de Aguadilla . A través de esta unidad se incorporarán los datos del plan de ordenamiento territorial y

se planificará de acuerdo a los usos del terreno. También será fundamental para añadir información georeferenciada de todos los eventos que ocurren y los lugares en donde ocurran. También se incorporara localización exacta, tipo de evento, daños, personas afectadas y otros datos. Esto se hará con la adquisición de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en ingles). Este equipo tomará coordenadas en el campo con alta precisión (menos de 1 metro de error) el cual se utilizará para crear nuevos datos y actualizar datos existentes. Con la unidad de GIS y el equipo de GPS se pueden realizar análisis espaciales para crear una base estadística de los eventos hidrológicos más dañinos para el área. De esta manera durante las revisiones del documento podemos ir añadiendo estrategias mas específicas. Además podremos crear mapas, reportes, clasificar y analizar los datos con una alta precisión.

La agencia que estará a cargo de esta estrategia es la Oficina de Urbanismo y Ordenamiento Territorial. Este tomará aproximadamente un año; la estructuración de la unidad de GIS, la adquisición de equipos y el comienzo de la creación de la base de datos. El costo aproximado para este proyecto es \$40,000.00. El cual incluye el programa, equipos, datos, y el costo del empleado que estará encargado del mismo por un año. También incluye la actualización de la licencia de GIS durante el período de vigencia del plan.

Hallazgo- El municipio cuenta con una lista de futuras construcciones y los residentes pueden radicar nuevas construcciones para la evaluación de las mismas y otorgación de Permisos de Construcción para el área de estudio.

Estrategia #2- Reducir la vulnerabilidad de desarrollos futuros e instalaciones en áreas críticas.

Actualmente el municipio de Aguadilla cuenta con la jerarquía #5 por lo que evalúa la mayoría de los proyectos de construcción para el mismo. Para evaluar los

casos que se encuentran en zonas inundables se utilizan los parámetros del reglamento de FEMA. De este no ser favorable para el municipio, se deberá adoptar un nuevo reglamento específico para asegurar las nuevas construcciones. Es por eso que se debe de evaluar que parámetros se estaba utilizando en el pasado para nuevas construcciones que se estaban realizando en áreas inundables. Una vez realizada esta evaluación y analizado los hallazgos se puede modificar en el reglamento utilizado por el municipio para evaluar los proyectos y/o crear un nuevo reglamento para las construcciones en áreas vulnerables. Mientras se va analizando estructuras que están en áreas vulnerables se creará un inventario de todas las estructuras que presenten vulnerabilidad para los eventos hidrológicos, de esta manera tenemos ambas información en una misma investigación. Es importante evaluar el reglamento y añadirle que se incorporen medidas de mitigación en todos los elementos de las edificaciones que se desarrollen cerca de áreas críticas. Esto se creará adiestrando al personal del lugar de trabajo sobre medidas preventivas durante un evento. También el reglamento debe incluir el requerimiento de manejo y disposición de escorrentías en los nuevos proyectos para que no aumente la magnitud y frecuencia de las inundaciones.

Esta evaluación se realizará por personal de la Oficina de Permisos y la Oficina de Urbanismo y Ordenamiento Territorial. Para realizar esta evaluación se puede obtener la colaboración de la Junta de Calidad Ambiental. El tiempo que se tomará para realizar la evaluación y redactar un informe con los hallazgos es de un año esto será concurrente a la creación de la base de datos de las estructuras en áreas vulnerables. El costo de implementación de este proyecto será \$30,000.00 que es el sueldo de dos empleados que estén realizando el mismo por el término de un año.

Hallazgo- Tenemos estructuras cerca de las áreas de ríos y quebradas propensas a inundaciones según los mapas de FEMA.

Estrategia #3 Crear un plan de mantenimiento y limpieza de caños, ríos y alrededores.

Para resolver el problema de inundaciones, además de la creación de un nuevo sistema de drenaje se debe llevar a cabo un plan de limpieza para el caño Madre Vieja, río Culebrina. Estas limpiezas se deben ir realizando mensualmente para evitar que en el momento que haya un periodo corrido de lluvias existan materiales como escombros y ramas de árboles que puedan obstruir el flujo natural del cuerpo de agua causando que se desborde. También se incluirán programas de mantenimiento a estructuras, árboles y otros o puede realizarse refiriendo casos a las agencias estatales a las cuales le corresponde para realizar dicha actividad. La implementación de un plan de esta naturaleza debe de tomarse aproximadamente tres años. Tendría un costo aproximado de cincuenta mil dólares. Este presupuesto incluye el sueldo de dos empleados que sean nombrados para este proyecto específicamente y para la adquisición de materiales de limpieza para los caños y el río.

La oficina que estaría a cargo sería la Brigada Ambiental dentro del Departamento de Obras Públicas Municipal con el apoyo de la Oficina de Manejo de Emergencias Municipal y el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. Este tendría una duración de aproximadamente un año. Luego de que esté incorporado el mismo se debe de realizar periódicamente por lo menos dos veces al año.

Hallazgo- Tenemos 20 estructuras educativas incluyendo escuelas elementales, intermedia, superior y colegios técnicos las cuales están en área de inundación por las tres eventos de marejadas evaluados.

Estrategia #4- Realizar estudio para la Relocalización o rehabilitación de escuelas y edificios de servicios que se encuentran en áreas vulnerables.

Esta estrategia busca que se realice un estudio donde se evalúen las posibilidades de relocalizar o rehabilitar las escuelas que se encuentra dentro de las áreas vulnerables por los eventos de marejadas. Este estudio

La relocalización de las escuelas públicas estaría a cargo por el departamento de educación ya que estos tendrían que localizar un nuevo terreno para estas escuelas y trabajar en conjunto con el municipio y la oficina de planificación y administración de proyectos para recomendaciones que le podrían dar sobre terrenos vacíos que le pertenecen al municipio. El municipio además debería de localizar un edificio para relocalizar la Policía Municipal y el gobierno estatal deberá trabajar con sus edificios.

El presupuesto para este proyecto es aproximadamente 250,000 a 300,000 para la realización de este estudio. El mismo debe realizarse en aproximadamente un año.

Estrategia #5- Relocalización de escuelas y edificios de servicios.

Esta estrategia depende del resultado obtenido en el estudio a realizarse. De ser favorable este proceso. Se procederá a identificar lugares apropiados para la relocalización de las mismas y el proceso de diseño de las mismas.

Esta tiene un costo aproximado de 10 a 30 millones dependiendo cuantas escuelas sean construidas y el costo de adquisición de terrenos si no son municipales.

### **Objetivo #3**

Crear una ciudadanía preparada durante un momento de emergencia

Hallazgo- El área de estudio se encuentra edificios gubernamentales como la Alcaldía, centro de gobierno, policía municipal. También cuenta con una población de 4,884 personas de acuerdo al censo del 2000.

Estrategia #1 Crear un plan de preparación para empleados y residentes sobre como manejar cada evento de peligro natural.

Este plan está enfocado a la prevención. Con esto se busca mantener a las personas enfocadas en que estos eventos pueden ocurrir en cualquier momento y que hay que hacer para estar preparado. La Oficina de Manejo de Emergencias municipal preparará un plan en donde se realizarán simulacros incorporando a los residentes y empleados municipales y entidades privadas que trabajan en el área. Este plan se



realizará para los cuatro eventos de mayor necesidad según los análisis realizados. Realizar un plan de esta magnitud tomará aproximadamente un año. Tendrá un costo de cinco mil dólares. Ya que la inversión es mínima, el presupuesto sería para los empleados encargados de realizar el plan y materiales que tengan que obtener para la realización del mismo.

Hallazgo- Aproximadamente una cuarta parte de las estructuras evaluadas se encuentran en áreas vulnerables.

Estrategia #2 Crear un programa informativo para residentes, compradores y vendedores sobre edificaciones en áreas vulnerables.

El mismo consiste en crear un programa donde se le informe a los dueños y a los futuros compradores si su edificación o la de interés se encuentran en un lugar vulnerable y a que tipo de evento natural hidrológico se encuentra expuesto. Además incluir algunas recomendaciones que puede seguir para evitar pérdidas durante un evento.

Este programa será creado por la Oficina de Manejo de Emergencias Municipal en unión con la oficina de Urbanismo y Ordenamiento Territorial. El mismo tendrá una duración de 12 meses. El mismo podrá contar con la ayuda del Departamento de Manejo de Emergencias (FEMA por sus siglas en inglés).

Hallazgo- Tenemos seis escuelas intermedias, superior y elemental públicas y privadas en áreas vulnerables.

Estrategia #3 Establecer un programa de concienciación en las escuelas.

Este programa consiste en informar a la comunidad escolar sobre los riesgos a los cuales estamos expuestos. También se le informará sobre las medidas tomadas por el municipio para prevenir pérdidas. El plan incorporará la distribución de mapas con las rutas de escapes. Además, incluirá el hacer ejercicios de simulacros para diferentes eventos estudiados en el plan.

El implementar este plan tomará aproximadamente ocho meses y estará a cargo de la oficina de Manejo de Emergencias y Municipal. Este tendrá un costo aproximado de \$10,000.00.

<i>Objetivos</i>	<i>Estrategia</i>	<i>Entidad Responsable</i>	<i>Costo Aproximado</i>	<i>Periodo para implementación</i>	<i>Resultado</i>
1- Aumentar el entendimiento y concienciación sobre los eventos naturales y el desarrollo del plan para las personas Reducir el impacto de los desastres naturales en residentes, trabajadores y propiedades	Desarrollo de programas enfocados en aumentar la conciencia pública	Oficina Municipal de Manejo de Emergencias	\$35,000.00	18 meses	Tener un público conciente de la importancia del plan.
	Adquirir una licencia del sistema de información geográfica ArcGIS	Oficina de Urbanismo y Ordenamiento Territorial	\$40,000.00	1 año	Tener un registro digital sobre los efectos de las inundaciones en el CUT.
	Reducir la vulnerabilidad de desarrollos futuros y facilidades en áreas críticas	Oficina de Permisos Municipal y Oficina de Urbanismo y Ordenamiento Territorial	\$30,000.00	1 año	Regular las construcciones en áreas susceptibles.
2- Crear una ciudadanía preparada durante un momento de emergencia	Crear un plan de mantenimiento y limpieza de caños, ríos y alrededores	Departamento de Obras Públicas Municipal	\$15,000.00	1 año	Mantener los cuerpos de aguas libre de desechos.

Relocalización de escuelas y edificios de servicios que se encuentran en áreas vulnerables	Varias oficina gubernamentales	5millones	6 años	Eliminar riesgos de estudiantes y pérdidas de vidas.
Crear una plan de preparación para empleados y residentes sobre como manejar cada evento de peligro natural	Oficina de Manejo de Emergencias Municipal	\$5,000.00	1 año	Tener una ciudadanía Aguadillana preparada para enfrentar las emergencias.
Crear un programa informativo para residentes compradores y vendedores sobre edificaciones en áreas vulnerables	Oficina de Manejo de Emergencias municipal	\$15,000.00	1 año	Tener una ciudadanía Aguadillana preparada para enfrentar las emergencias.
Establecer un programa de concienciación en las escuelas	Oficina de manejo de Emergencias Municipales	\$10,000.00	Ocho meses	Concienciar a los niños para que estén preparados a confrontar una emergencia desde su escuela.

## **CAPÍTULO VI.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Una vez realizado el estudio podemos concluir que el área del CUT de Aguadilla se encuentra vulnerable a tres eventos hidrológicos los cuales son: inundaciones por lluvia, marejadas costaneras y tsunamis. Estos eventos representan un alto peligro para la ciudadanía por lo que se decidió buscar maneras para mitigar los daños que se pudieran recibir por los mismos. Estos podrían afectar a una ciudadanía mixta desde niños, adultos y envejecientes estos pueden ser residentes, no residentes y turistas. Aguadilla es un lugar con visitas turísticas y cuenta con numerosas facilidades de oficinas gubernamentales.

Ya identificado algunos de los problemas que traería las inundaciones por cualquiera de las formas investigadas, creamos estrategias que se aplicaran a todos los problemas encontrados que se pudieran resolver en conjunto y algunas estrategias para resolver algunos problemas independientes. De esta forma creamos menos estrategias. Los cuales son convenientes ya que resolvemos todos los problemas encontrado a un menor inversión económica y a una manera más rápida.

Aunque creamos estrategias para lograr resolver todos los objetivos tuve algunas limitaciones durante la etapa de investigación y estas fueron el obtener los costos reales de las propiedades que existen en casco urbano. Para realizar un estudio de los costos estimados que pueden ocurrir si el casco urbano es afectado por uno de los eventos naturales peligrosos. Ya que los datos de Centro de Recaudaciones e Ingresos Municipales (CRIM) no proveen un valor monetario cerca del real sobre las edificaciones. Además los estudios que se han realizado sobre los efectos de los eventos naturales peligrosos no se hacen enfocándose en un barrio del municipio en específico sino que se realizan a nivel municipal. Siendo más difícil la obtención de información específica sobre los eventos peligrosos específicos para el área de estudio.

Para el que el plan sea uno fructífero recomendamos la re-evaluación del mismo anualmente. También se tiene que monitorear el plan para que se lleven a cabo las estrategias que se propusieron en el documento. La forma para monitorear el progreso de las estrategias se realizará por la oficina de auditoria municipal. Además se recomienda que se incorpore este documento como parte de los documentos de trabajo para la oficina de Manejo de Emergencias municipal.

Además recomendamos la creación de planes individuales para los otros tipos de eventos naturales a los cuales estamos expuestos y tenemos una alta probabilidad. Algunos de estos eventos naturales son serían terremotos, huracanes y erosión costanera. Estos eventos no se pudieron incorporar ya que necesitan estudios específicos y conllevan otro enfoque al que se le dio a este plan.

Haciendo referencia a las limitaciones que se enfrentaron en el desarrollo del plan de la poca participación ciudadana. Se recomienda el desarrollo de un plan para la educación de la ciudadanía y fomentar la participación ciudadana. De esta manera la incorporación de los ciudadanos en la revisión podría ser posible.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo, M. (2009). Huracanes. *Enciclopedia de Puerto Rico*. Recuperado de <http://www.encyclopediapr.org>
- Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres. (1999). (2 de agosto de 1999). *Ley de la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres*. Del 2 de agosto de 1999. Ley número 211.
- Alvarez, A. (2009). Sobre la evaluación de riesgos de desastres naturales y vulnerabilidad de la comunidad utilizando sistemas de información geográficos. *Rev. Int. De Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, Vol. 5(2). 101-102.
- Baker, F.M. (2000). Huracanes y tormentas tropicales que han afectado a Puerto Rico. 1-22.
- Beller-Simms, N. (2004). Planning for El Niño: The stages of natural hazard mitigation and preparation. *Professional Geographer*, 56(2), 213-222. Recuperado de Academic Search Complete database.
- Briceño, S. (2009). Disasters: Preparedness & mitigation in the americas, (111), 1-3 Recuperado de Academic Search Complete database.
- Campbell, S. & Fainstein, S.S. (2003). Readings in planning theory. Massachussets: Blackwell Publishing.
- Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico & Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias. (2002). *Inundaciones y derrumbes en Puerto Rico*. San Juan, PR: Ocean Digital Film.
- Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico, A.E. (2002). Terremotos y Maremotos en Puerto Rico. *Guía de mitigación de daños*, 4-30.
- Constantinescu, A. (2008). Planning, modern mapping keep Virginia a step ahead of Natural disasters. *Virginia Tech "Research" Magazine*, 20-23. Retrived from Academic Search Complete database.
- Department of Homeland Security, FEMA. (2001). *State and local mitigation planning how-to-guide Understanding Your Risks- Indetifying Hazards and Estimating Losses (FEMA 386-2)*.
- Department of Homeland Security, FEMA. (2002). *State and local mitigation planning how-to-guide guide getting started building support for mitigation planning (FEMA 386-1)*
- Department of Homeland Security, FEMA. (2003). *State and local mitigation planning how-to-guide Identifying mitigation actions and implementation strategies. (FEMA 386-3)*

- Departamento de Recursos Naturales. (2003). *Ley para establecer la política pública sobre la prevención de inundaciones y conservación de ríos y quebradas del 4 de enero de 2003*. Ley numero 49 de 4 de enero de 2003. 3 LPRA §§1-13.
- Emergencias, A. F. (2000). Huracanes en Puerto Rico: Guía de Mitigación de Daños Antes, Durante y Después del Huracán.
- Federal Emergency Management Agency. (2000). Ley pública 106-390.
- Federal Register. (1988). Assignment of emergency preparedness responsibilities. Oden Ejecutiva 12656.
- Freire Universitat. (2007). *Transactive planning*. Berlin, Alemania, Recuperado de <http://www.geo.fu-berlin.de>
- Friedmann, J. (1987). *Planning in the public domain from knowledge to action*. New Jersey: Princeton University Press.
- Freni, G. & Oliveri E. (2005). Mitigation of urban flooding: A simplified approach for distributed stormwater management practices selection and planning. *Urban Water Journal*. United Kindgom.: Taylor & Francis.
- Grazia de Paoli, R. (2008). Planning tools for seismic risk mitigation. rules and applications. *AIP Conference Proceedings*, 1020 (1), 1926-1933. doi:10.1063/1.2963830.
- Handler, I. (2001). *Advocacy Planning*. Hollandstrabe, Wien, Recuperado de <http://www.partizipation.at/advocacy-planning.html>
- Hudson, B. M. (1979). Comparison of Current Planning Theories. *Counterparts and Contradictions*. 387-398.
- Junta de Planificación de Puerto Rico. (2010) *Ley para el Control de Edificaciones en Zonas Susceptibles e Inundaciones dek 27 de septiembre de 196*. Ley número 3 del 27 de septiembre de 1961. 23 LPRA §§ 65
- Junta de Planificación de Puerto Rico. (2003). *Ley de Junta de Planificación de Puerto Rico*, Ley núm. 75 del 24 de junio de 1975. 23 LPRA §§ 62-63
- Junta de Planificación de Puerto Rico. (1991). *Ley de Municipios Autónomos*, Ley #81 del 30 de Agosto de 1991, según enmendada. 21 LPRA §§ 201-204
- Kelbaugh, D. S. (1997). *The new urbanism*. Washington: University of Washington Press.
- Mairura, M. Comparative perceptions of planners of four Michigan community colleges. Ph.D. dissertation, Michigan State University, United States -- Michigan.
- Mercado, A. (2010). *Coastal hazards of Puerto Rico*. Mayagüez: Universidad de Puerto Rico.



- Molinelli, J. (2010). Earthquake History of Puerto Rico. Recuperado de <http://earthquake.usgs.gov>
- Naciones Unidas y Cepal (1991). *Manual for estimating the social-economic effects of natural disasters*. Santiago de Chile: CEPAL y Naciones Unidas .
- National Archives and Records Administration. (2004). Emergency management and assistance. Code of Federal Regulations 44.
- N.R. Grindlay, & M. H. (2005). High Risk of Tsunami in the Northern Caribbean. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*.121-126.
- Olojuwonlo, O. (2000). Towards multihazard mitigation: An evaluation of FEMA-approved plans under the Disaster Mitigation Act of 2000 (DMA2K). Ph.D. dissertation, Texas Southern
- Organización de los Estados Unidos. (1993). *Manual sobre manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado*. Washington, D.C.: Organización de los Estados Unidos.
- Puerto Rico Seismic Network. (2010). *Significant earthquakes in the Puerto Rico zone*. (Seismic Information). Mayagüez, PR.: United States Geological Survey. Retrieved May 9, 2010, from Dissertations & Theses: Full Text.(Publication No. AAT 3381343).
- Quiñones, M. G., & Elías, I. (n.d.). El uso de la Tecnología en el Estudio de la vulnerabilidad a los desastres naturales.
- Reichard, H. (1989). *Memorias de mi pueblo*. Quebradillas: Imprenta San Rafael.
- Rodríguez, J. (2001). Los desastres naturales en Mexicali, diagnóstico sobre el riesgo y la vulnerabilidad urbana. *Frontera Norte*, p.124, 12 de diciembre.
- Rodríguez, H. & Troche, M. (1994). *Preparación y mitigación en Puerto Rico: Un análisis organizacional*, p.24-31.
- Sapoznikow, J. (2002). Los riesgos en Centroamérica: Globalización y desarrollo. España, *Quórum*.
- Sea Grant. (2003). *Coastal hazards of Puerto Rico*. (Project R-123-1-00). Mayagüez PR.: Universidad de Puerto Rico.
- Senado de Puerto Rico. (2009). Resolución del Senado. R. del S. 126.
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2010). *Generalidades acerca de los deslizamientos de Tierra*. Recuperado de <http://www.snet.gob.sv>
- Srinivasan, D. (2003). Battling hazards with a brand new tool. *Planning*, 69(2), 10. Retrieved from Academic Search Complete database.
- Stiftel, B. (2000). Planning theory. *The Nacional AICP Examination Preparation Course GuideBook*, 4-16.

- T. Srinivasa Kumar, R. M. (2010). Coastal Vulnerability Assessment for Orissa State, East Coast of India. *Journal of Coastal Research*, 26(3), 523-534.
- United States Geological Survey. (2001). *Earthquake and tsunamis in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands*. [Fact Sheet FS-141-00]. Estados Unidos. U.S. Department of Interior.
- United States Geological Survey. (2003a). *Información sísmica*. (Predicción de Terremotos). Mayagüez, PR: Red Sísmica.
- United States Geological Survey. (2010). *Preliminary earthquake report*. Estados Unidos.: USGS.
- United States Geological Survey. (2000). Programs in Puerto Rico. [Fact Sheet fs-051-96]. U.S. Department of the Interior.
- United States Geological Survey. (2003b). *Seismic Hazard Maps for Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands*. Recuperado de <http://earthquake.usgs.gov>
- University of Southern California. (2000). *1918 Puerto Rico Tsunami*. Los Angeles, California. <http://www.usc.edu>
- U.S. Census Bureau. (2000). *Población Total*. (Compendio de Datos 1 (SFI)). Estados Unidos: Negociado del Censo.

## TABLAS

Tabla 1.  
*Evaluación de evento natural*

<i>Tipos de evento</i>	<i>Peligros Significativo</i>
Inundación	sí
Hundimiento del terreno	no
Huracán	sí
Fallo Estructural de Embalses	no
Deslizamientos	sí
Avalancha	no
Terremotos	sí
Fuegos Forestales	no
Sequía	no
Tornado	no
Suelo Expansivo	no
Calor Extremo	no
Tsunami	sí
Granizada	no
Erosión Costera	sí
Tormentas de Viento	no
Tormenta Costera	sí
Erupción Volcánica	no

Tabla 2.  
 Datos históricos de huracanes relevantes

<i>Nombre</i>	<i>Fecha</i>	<i>Tipo de Daño</i>
San Jacinto	19 de Agosto de 1807	Causó inundaciones
San Narciso	29 de octubre de 1867	Afecto a todo Puerto Rico y causó 211 muretes por las inundaciones. Los daños alcanzaron los 13 millones.
San Roque	16-17 de agosto de 1893	Causó un total de cuatro muertes.
San Ciriaco	8 de agosto 1899	Causó 3,369 muertes y \$35,880,013 millones en daños.
San Hipolito	22 de agosto de 1916	Causó una muerte y alcanzó un millón de dólares en daños.
San Felipe II	13 de septiembre de 1928	Causó una muerte y alcanzó un millón de dólares en daños.
San Nicolás	10-11 de septiembre de 1931	Causó dos muertes y las perdidas en daños alcanzaron los \$200,000 dólares.
San Ciprian	26-27 de septiembre de 1932	Hubo 15 muertes y las perdidas fueron aproximadamente de 153.39 millones.
Hugo	18 de septiembre de 1989	Causó inundaciones alrededor de toda la isla.
Hortensia	9-10 septiembre de 1996	Hubo 19 muertes y las perdidas fueron aproximadamente 153.39
Georges	24 de septiembre de 1998	Los daños causados fueron aproximadamente \$1,907, 026, 374.00.



Tabla 3.  
Datos históricos de inundaciones relevantes

<i>Nombre</i>	<i>Fecha</i>	<i>Tipo de daño</i>
San Ciriaco		22 pulgadas de lluvia
Inundaciones de reyes	Enero 1992	Causado por un frente frío
Inundación mameyes	Octubre 1985	Causado por una onda tropical.

Tabla 4.  
 Datos históricos de terremotos relevantes

<i>Fecha</i>	<i>Magnitud</i>	<i>Epicentro</i>
2 de mayo 1787	8.0	Trinchera sur de PR
28 de noviembre de 1846		Pasaje de la Mona
11 de octubre de 1918	7.3	Pasaje de la Mona
28 de julio de 1943	7.7	Noroeste de Puerto Rico
8 de agosto de 1946	8.0	Noroeste de la Española
24 de agosto de 1981	5.7	Pasaje de la Mona
16 de mayo de 2010-09-14	5.8	a 20 millas de Mayagüez



Tabla 5.  
Datos históricos de tsunami

<i>Fecha</i>	<i>Tipo de daño</i>
11 de octubre de 1918	Causado por terremoto la ola alanzo los 12 pies en Agudilla.
8 de agosto de 1946	Causado por terremoto.

Tabla 6.  
*Inventario de Estructuras en áreas susceptibles a inundaciones*

Tipo de Estructura	# en área de estudio	#en área susceptible
Residencial	327	123
Comercial	220	76
Religioso	9	4
Educativo	20	10
Gobierno	66	41
Oficinas	27	15
Usos Mixtos	129	47

Tabla 7.  
*Inventario de Estructuras en áreas susceptibles a tsunami.*

Tipo de Estructura	# en área de estudio	#en área susceptible
Residencial	327	109
Comercial	220	34
Religioso	9	4
Educativo	20	23
Gobierno	66	10
Oficinas	27	3
Usos Mixtos	129	19

Tabla 8.

*Inventario de Estructuras en áreas susceptibles a inundaciones por marejadas ciclónicas*

Tipo de Estructura	# en área de estudio	#en área susceptible
Residencial	327	164
Comercial	220	78
Religioso	9	4
Educativo	20	37
Gobierno	66	13
Oficinas	27	14
Usos Mixtos	129	51

## FIGURAS

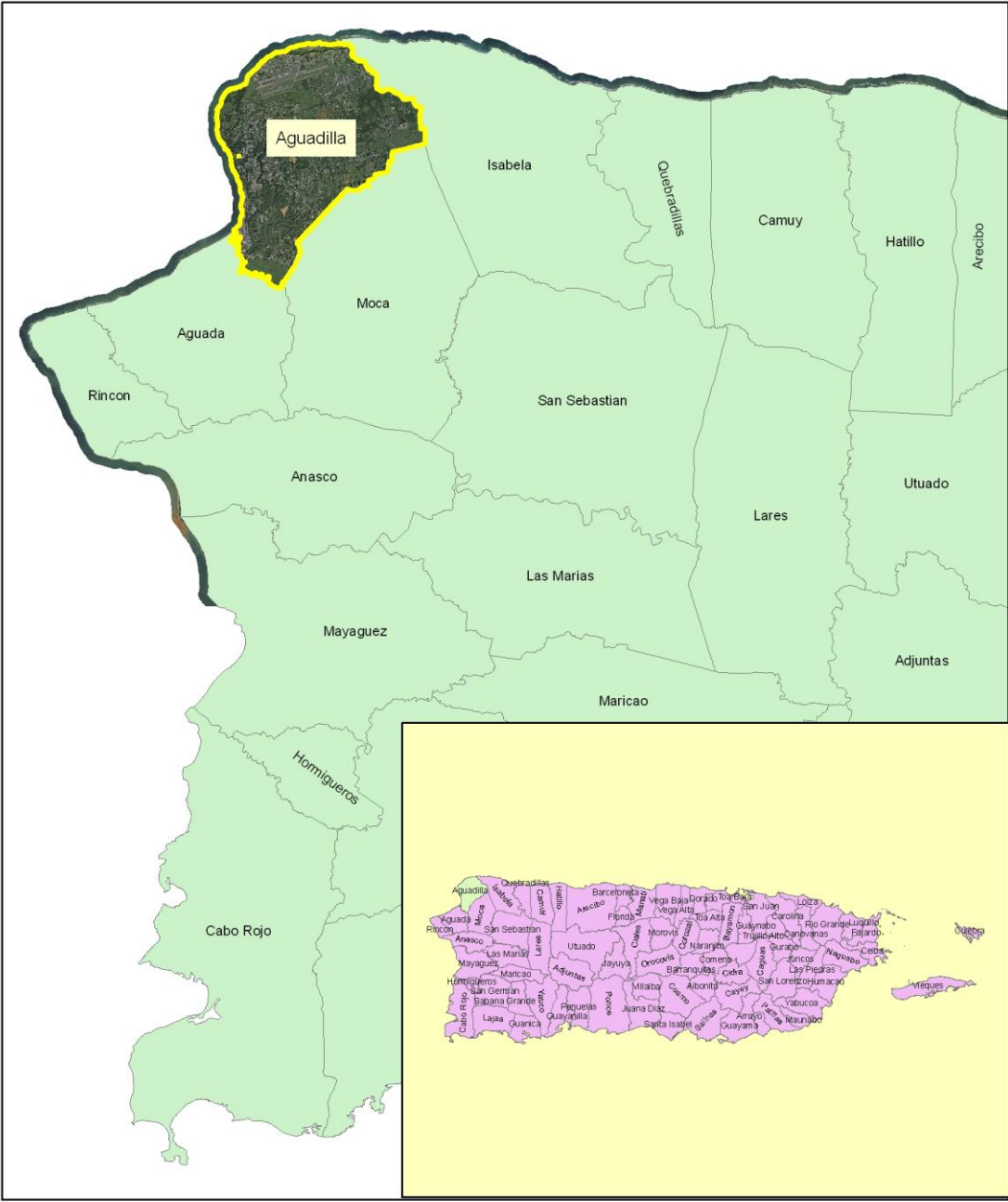
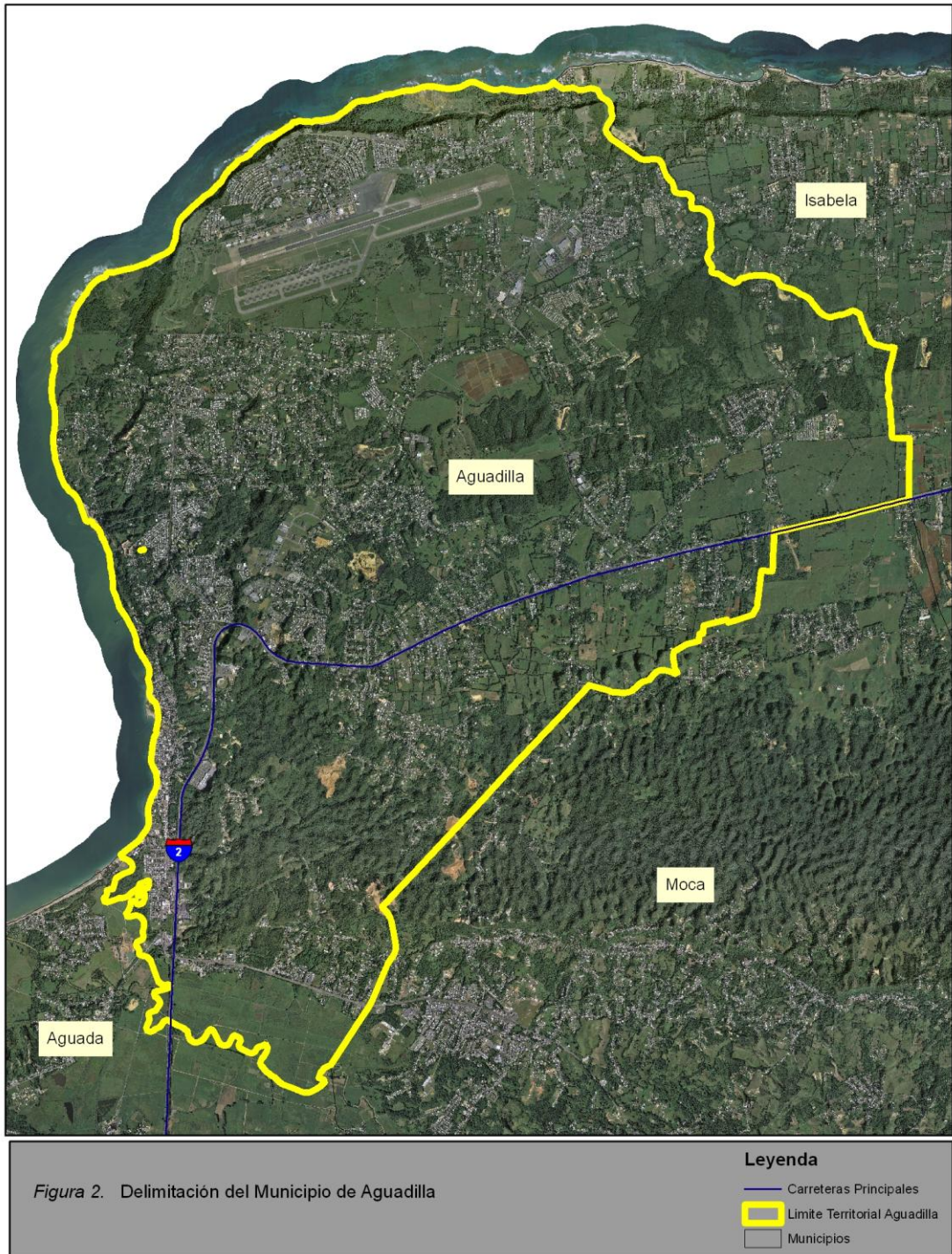


Figura 1. Mapa de localización del Municipio de Aguadilla  
1:284,000





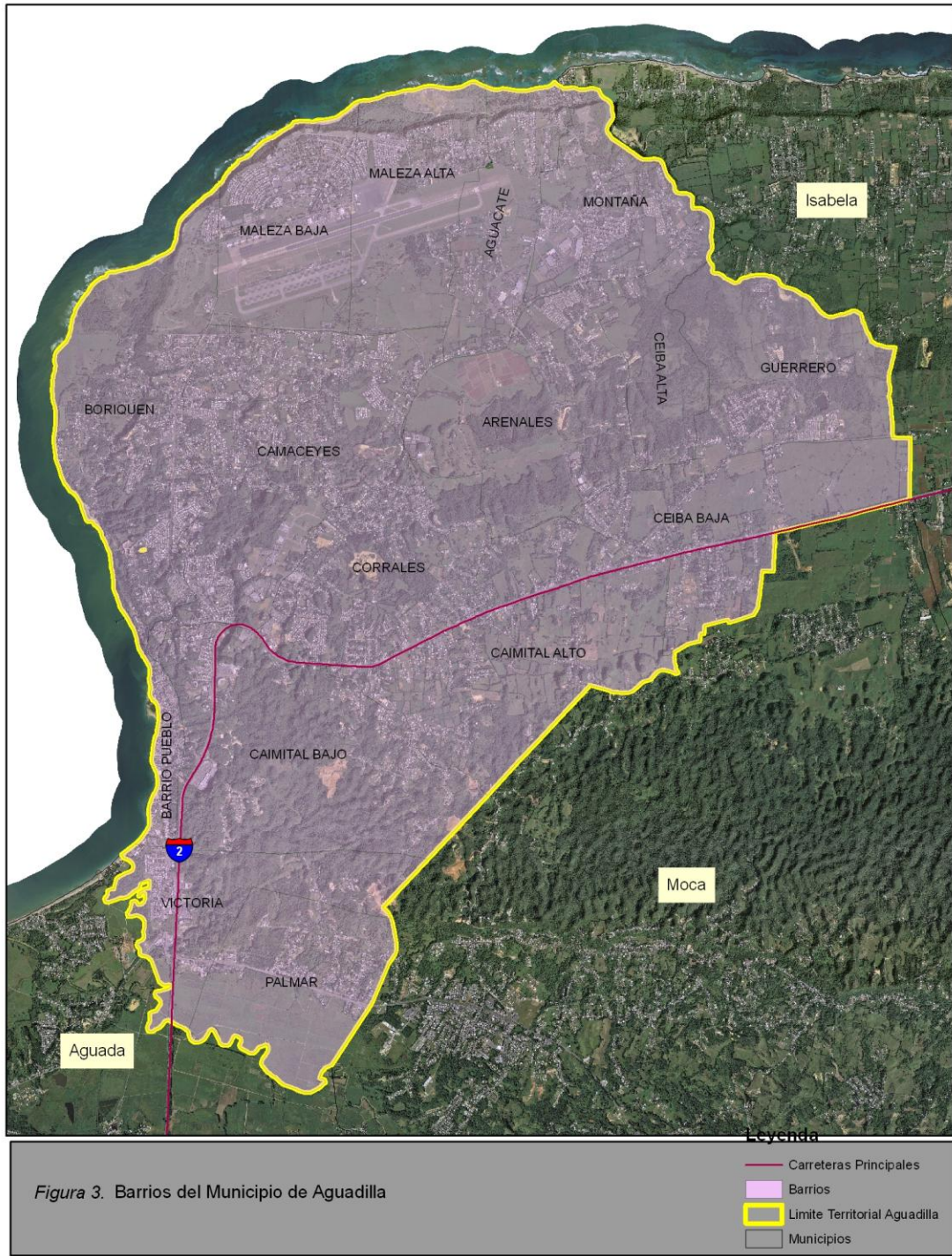






Figura 4. Calles del área de estudio en Aguadilla  
1:10,000

- Leyenda**
- Calles Municipales
  - Area de Estudio



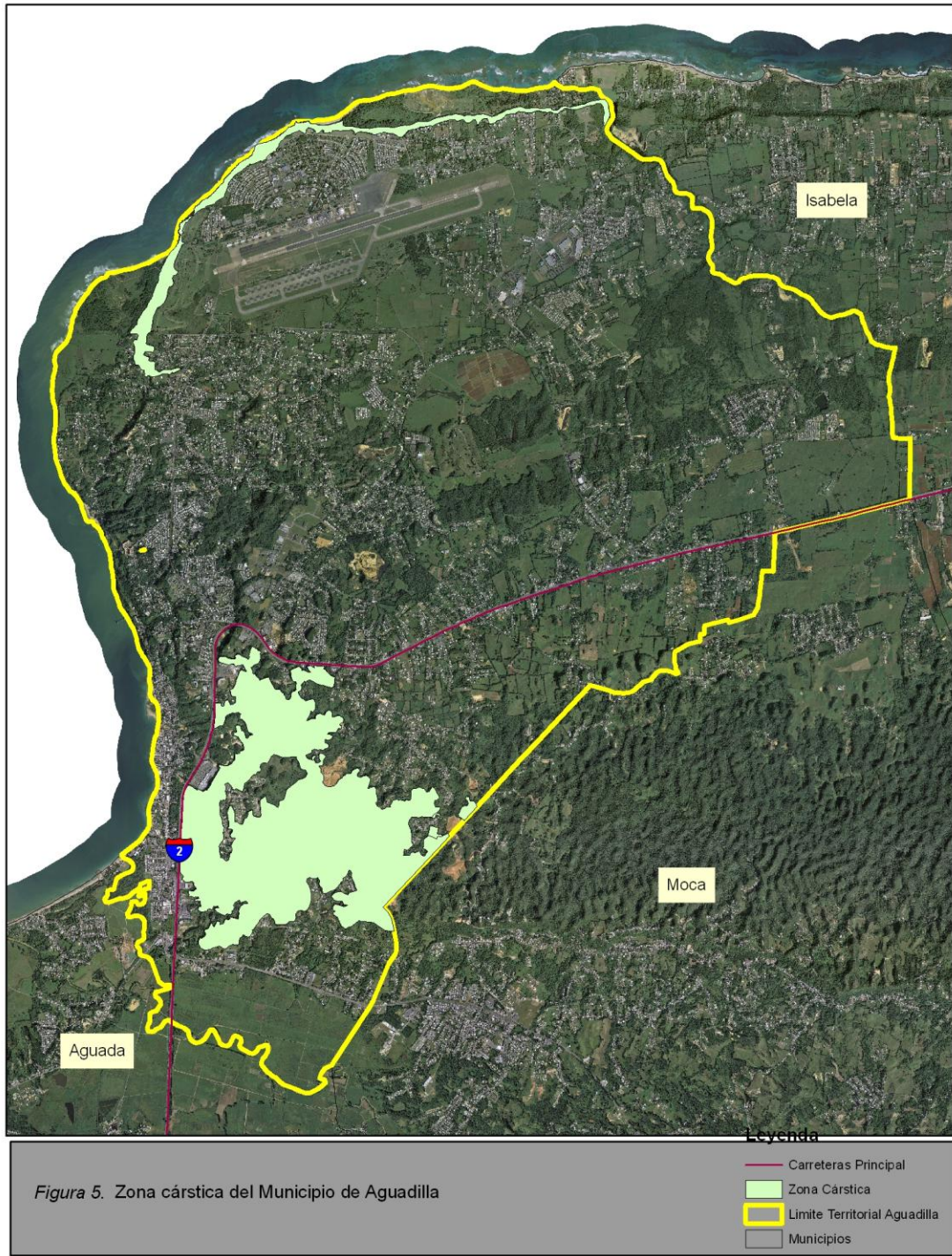






Figura 6. Localización de las playas de Aguadilla  
1:51,000



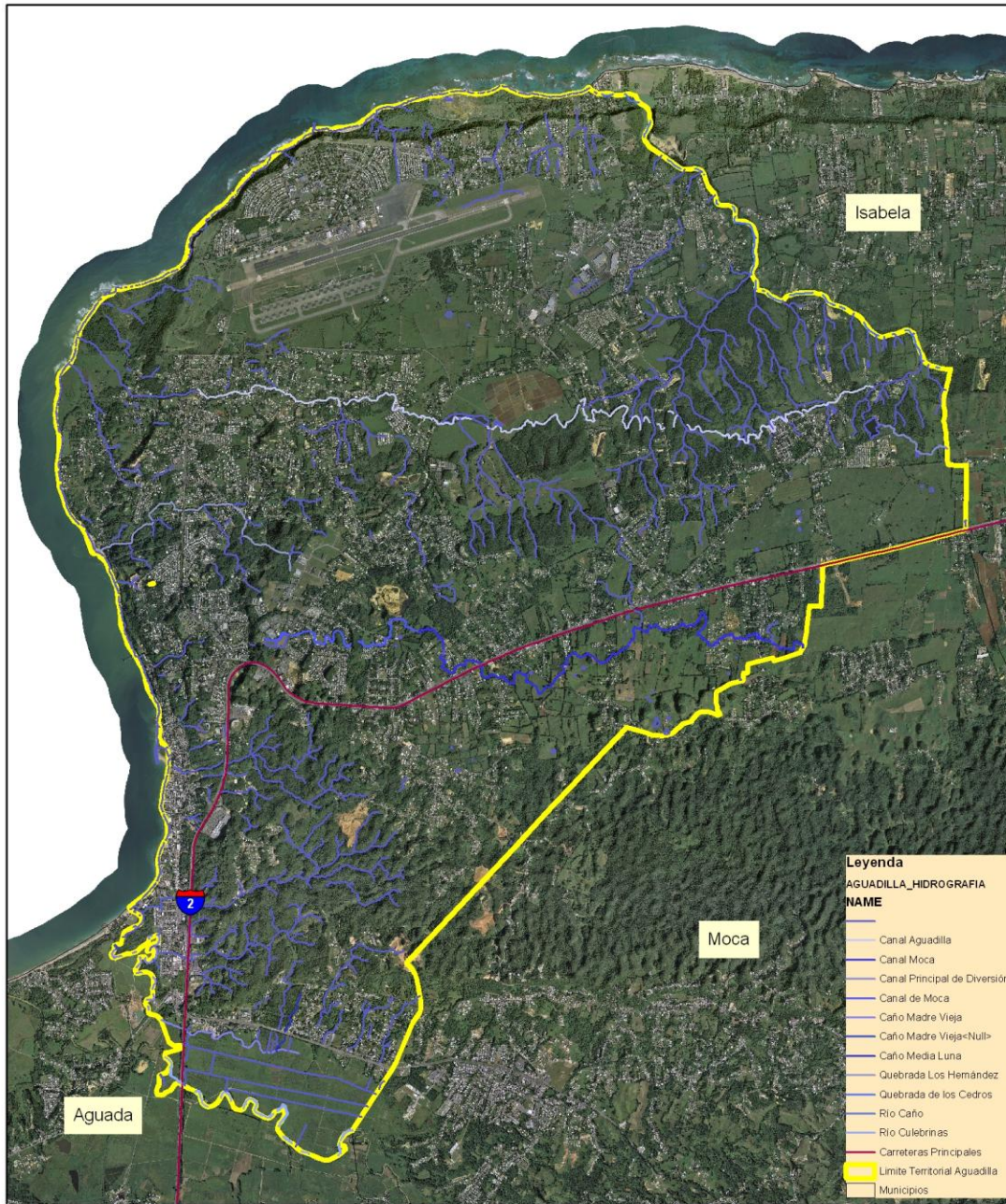


Figura 7. Hidrología del municipio de Aguadilla



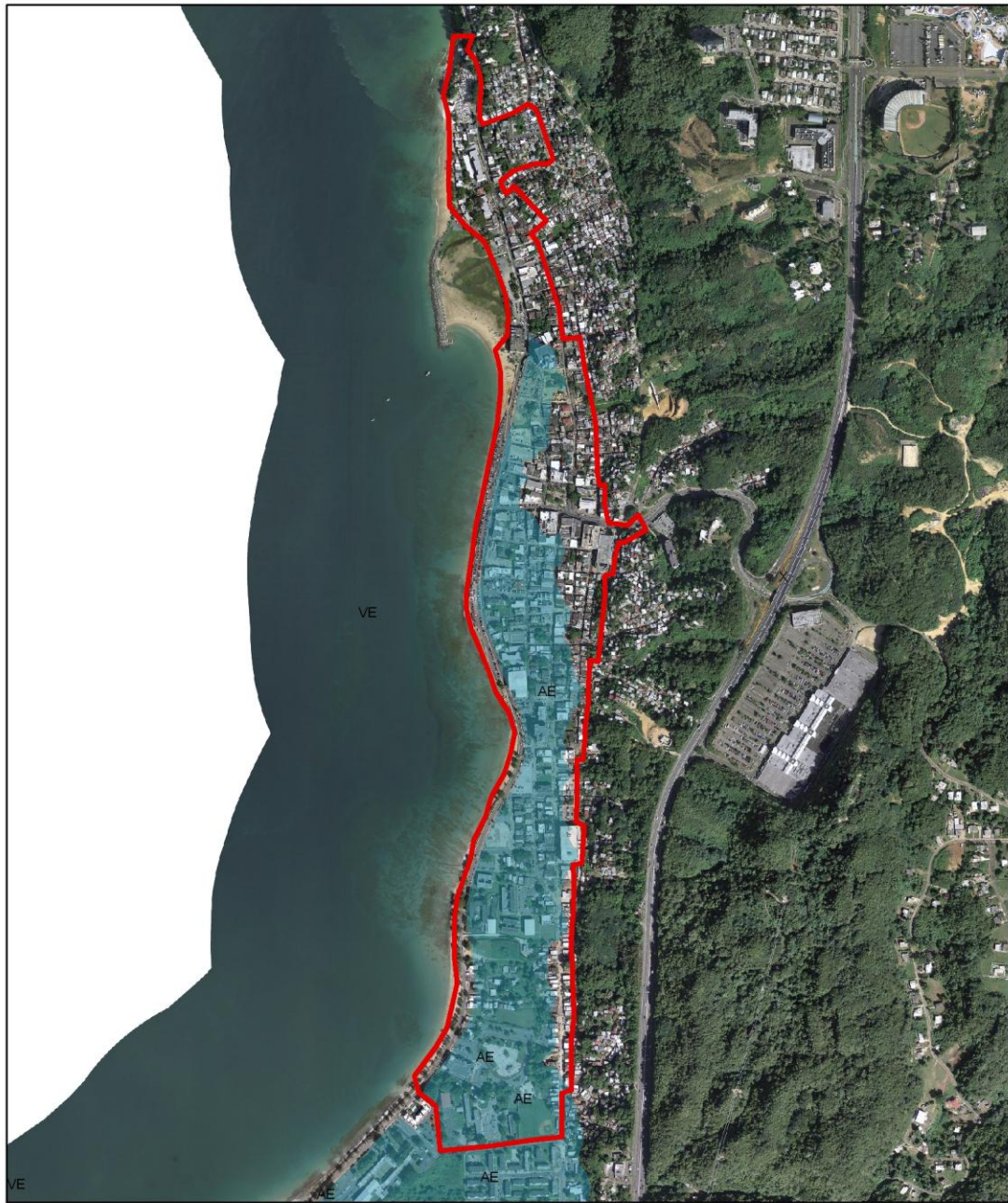


Figura 8. Zona inundable AE en el área de estudio

1:11,000

- Leyenda**
-  Delimitación Ley 212
  -  Zona Inundable
  -  AE
  -  Municipios

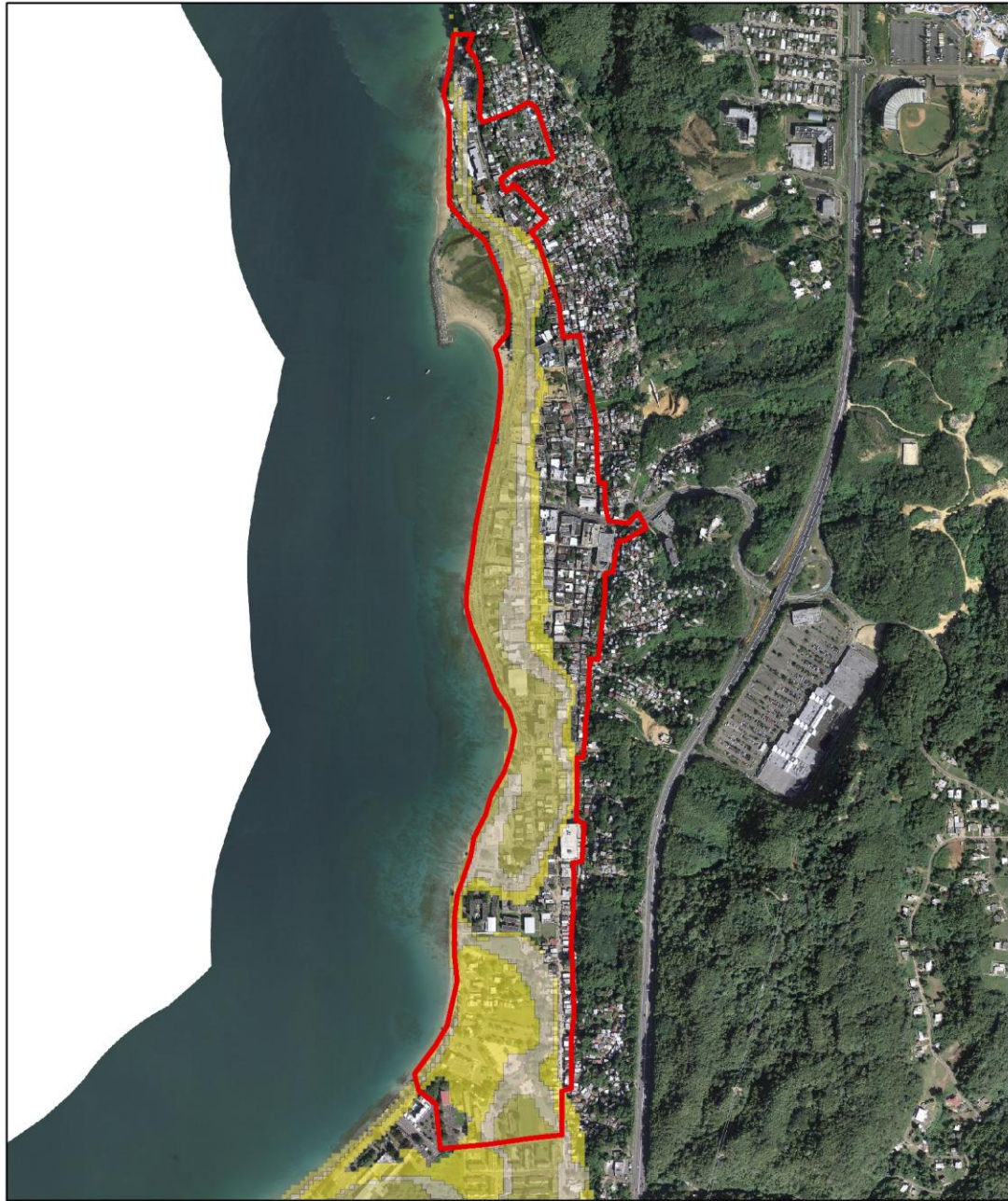


Figura 9. Zona inundable por marejadas ciclónicas

1:11,000

- Leyenda**
- ▬ Delimitación Ley 212
  - ▬ Marejadas Ciclónicas
  - Marejadas Ciclónicas**
  - Category 1
  - Category 3
  - Category 5
  - Municipios



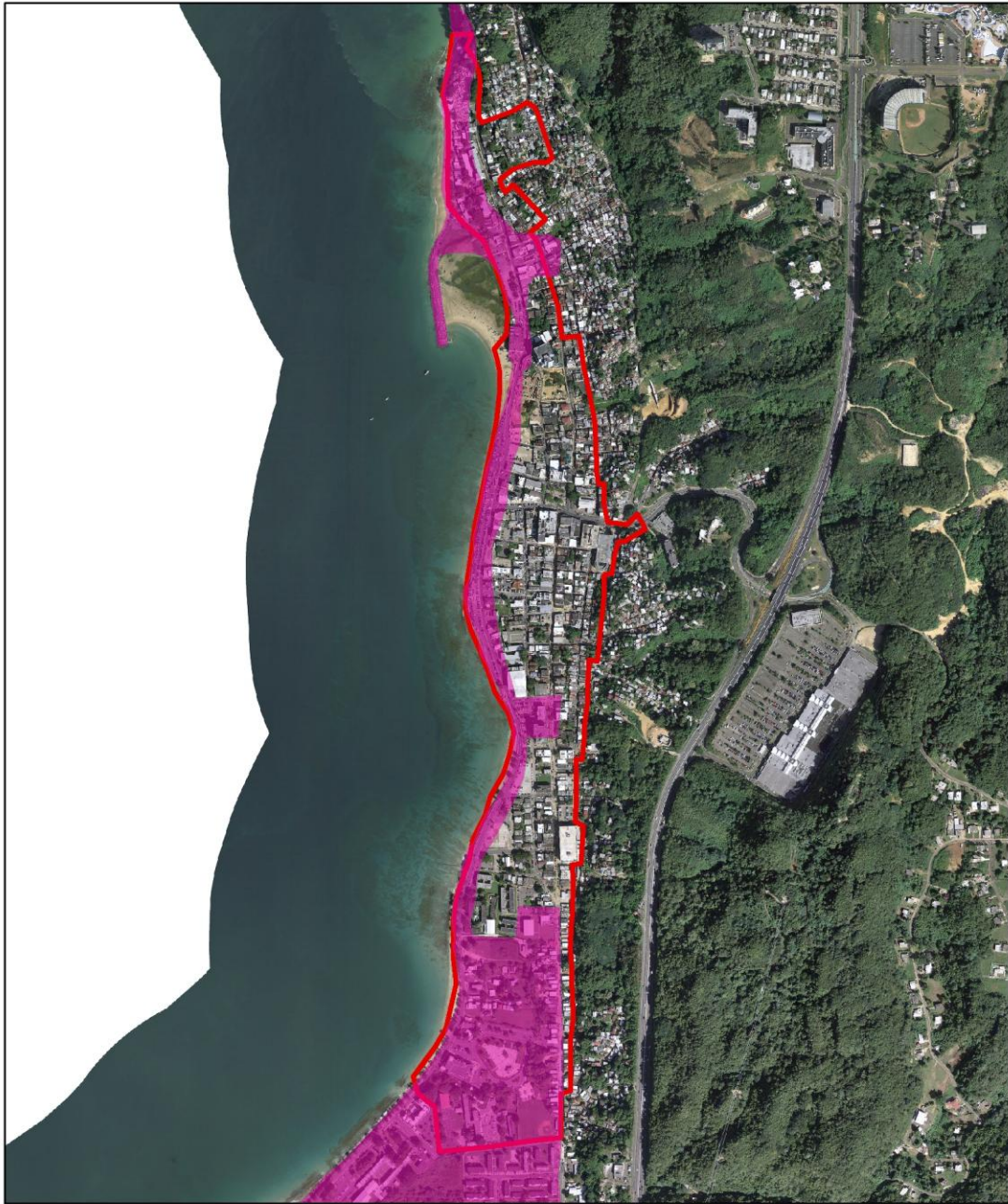


Figura 10. Zona inundable por tsunami en área de estudio

1:11,000

Leyenda  
PR\_TSUNAMI\_FLOOD\_AREA  
Delimitación Ley 212

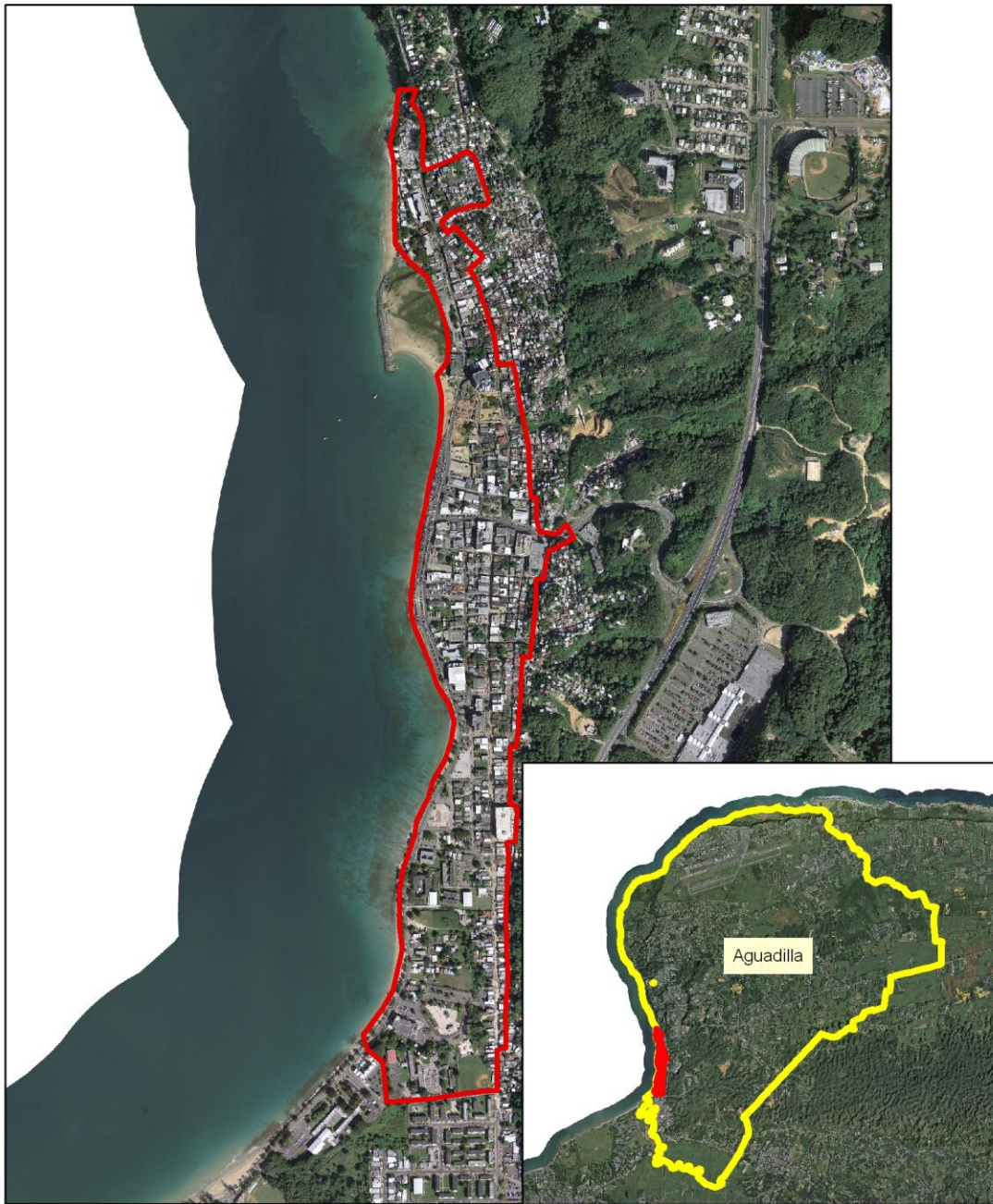


Figura 11. Área de estudio  
1:12,000

Leyenda  
Delimitación Ley 212



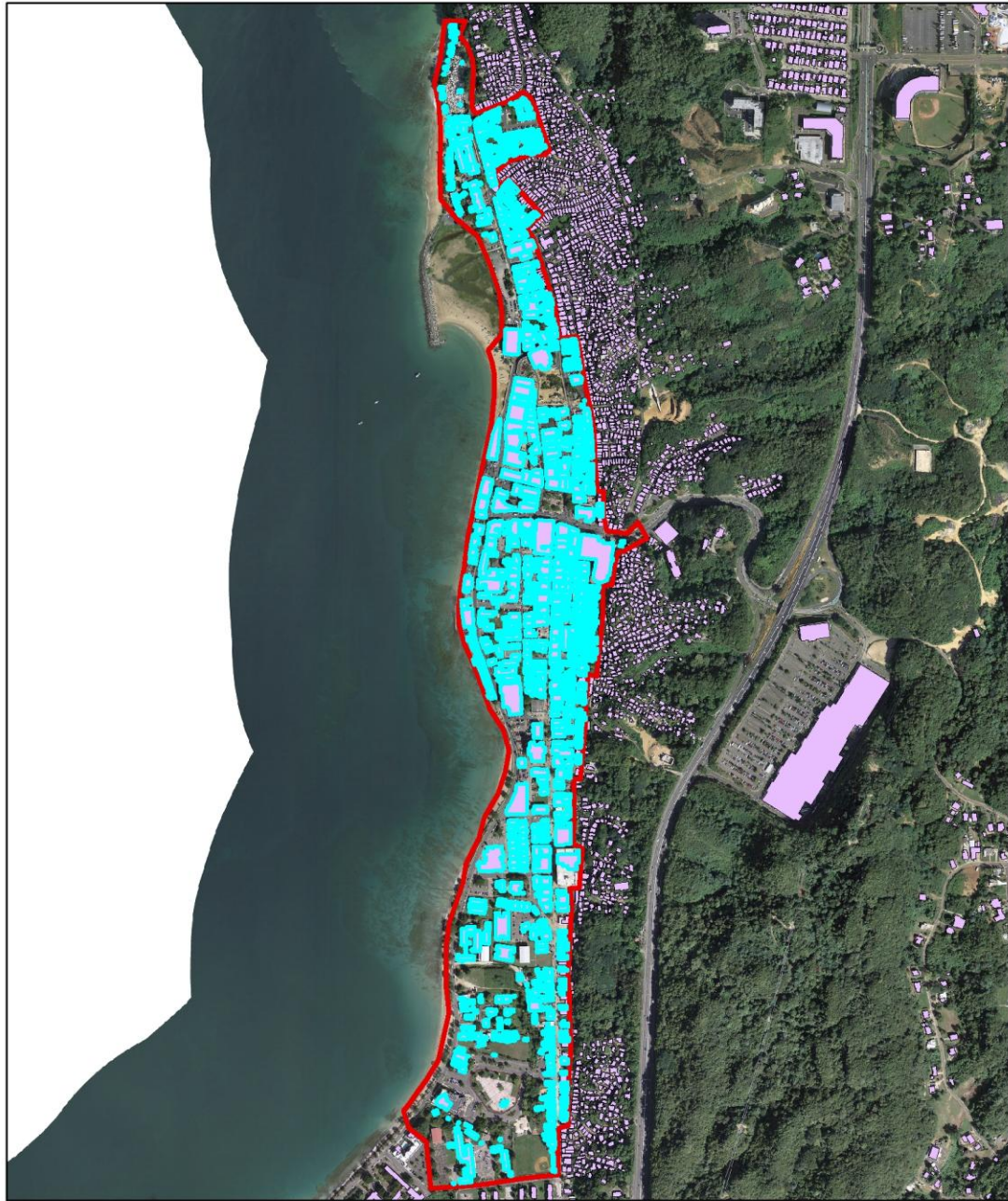


Figura 12. Mapa de estructuras en el área de estudio

1:10,500

- Legenda**
- Distribución Ley 212
  - ANUADILLA\_ESTRUCTURAL\_1988
  - Municipio

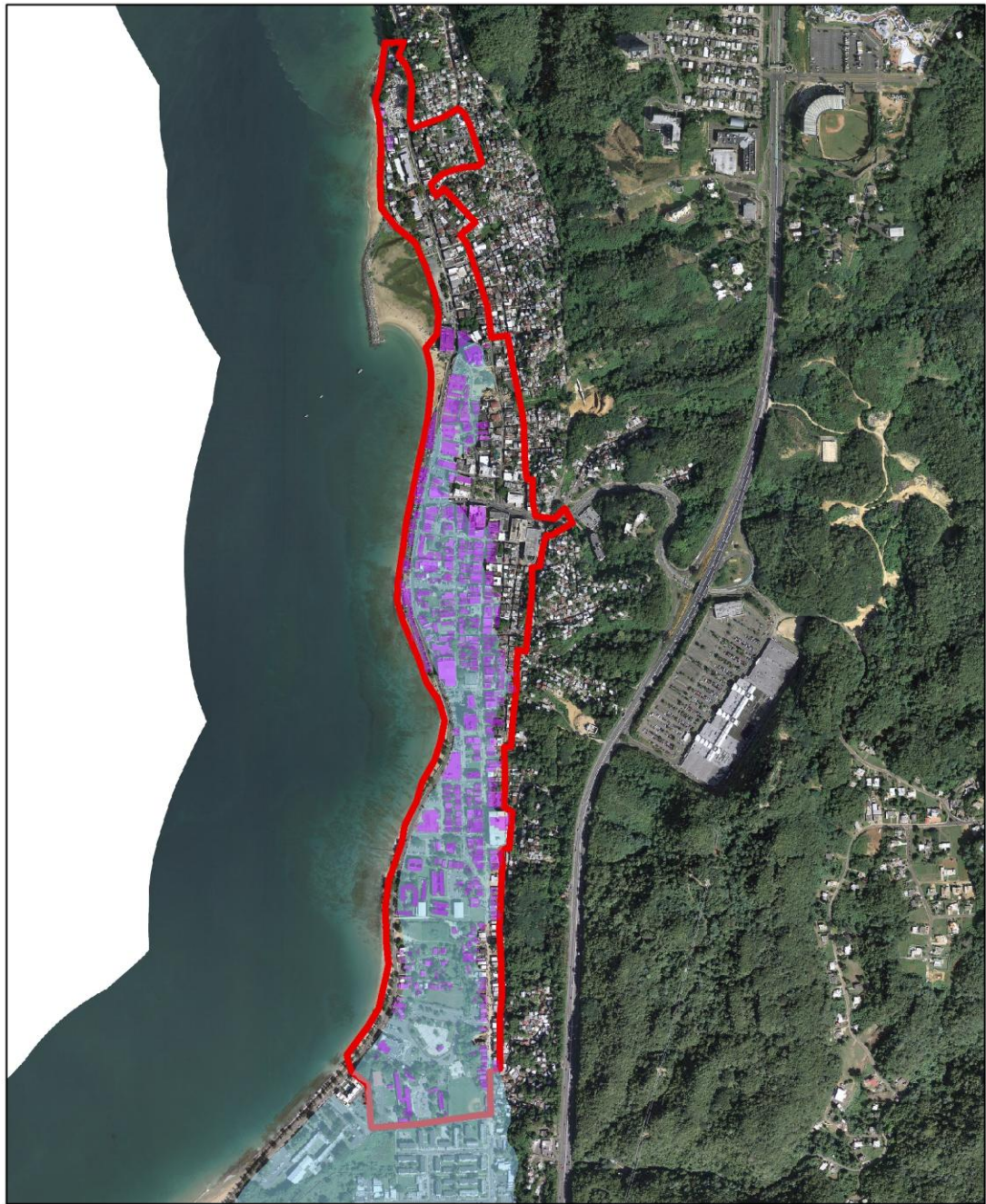


Figura 13. Estructuras en zona inundable AE

1:11,000

**Leyenda**

Estructuras en Aguadilla

Zona Inundable

AE

Delimitación Ley 212



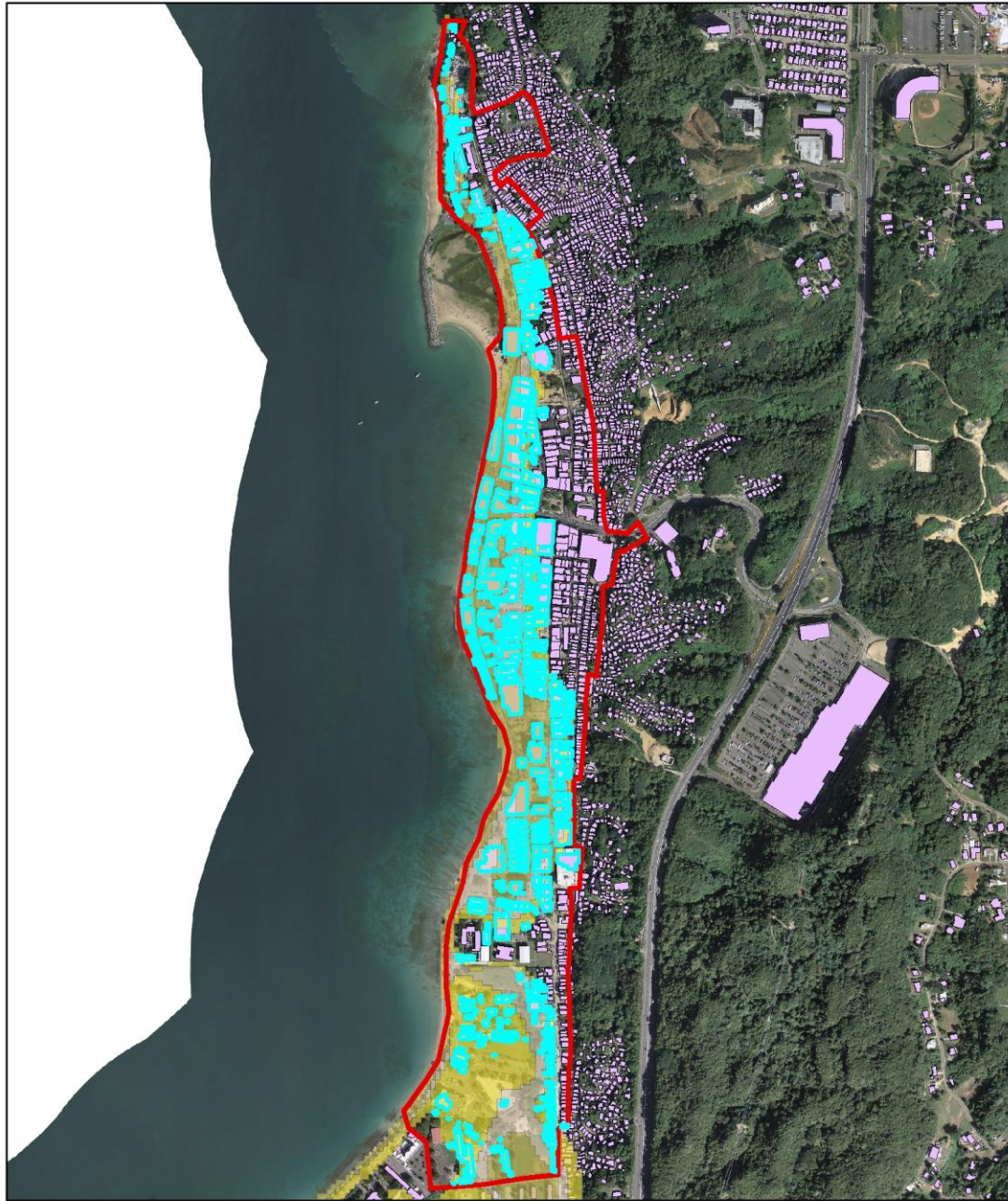


Figura 14. Estructuras en zona inundable por marejadas ciclónicas

1:10,500

- Legenda**
- Delimitación Ley 210
  - Marejadas Ciclónicas
  - Marejadas Ciclónicas**
  - Categoría 1
  - Categoría 3
  - Categoría 5
  - AQUADILLA\_ES TRUCTURAS\_1980
  - Municipios

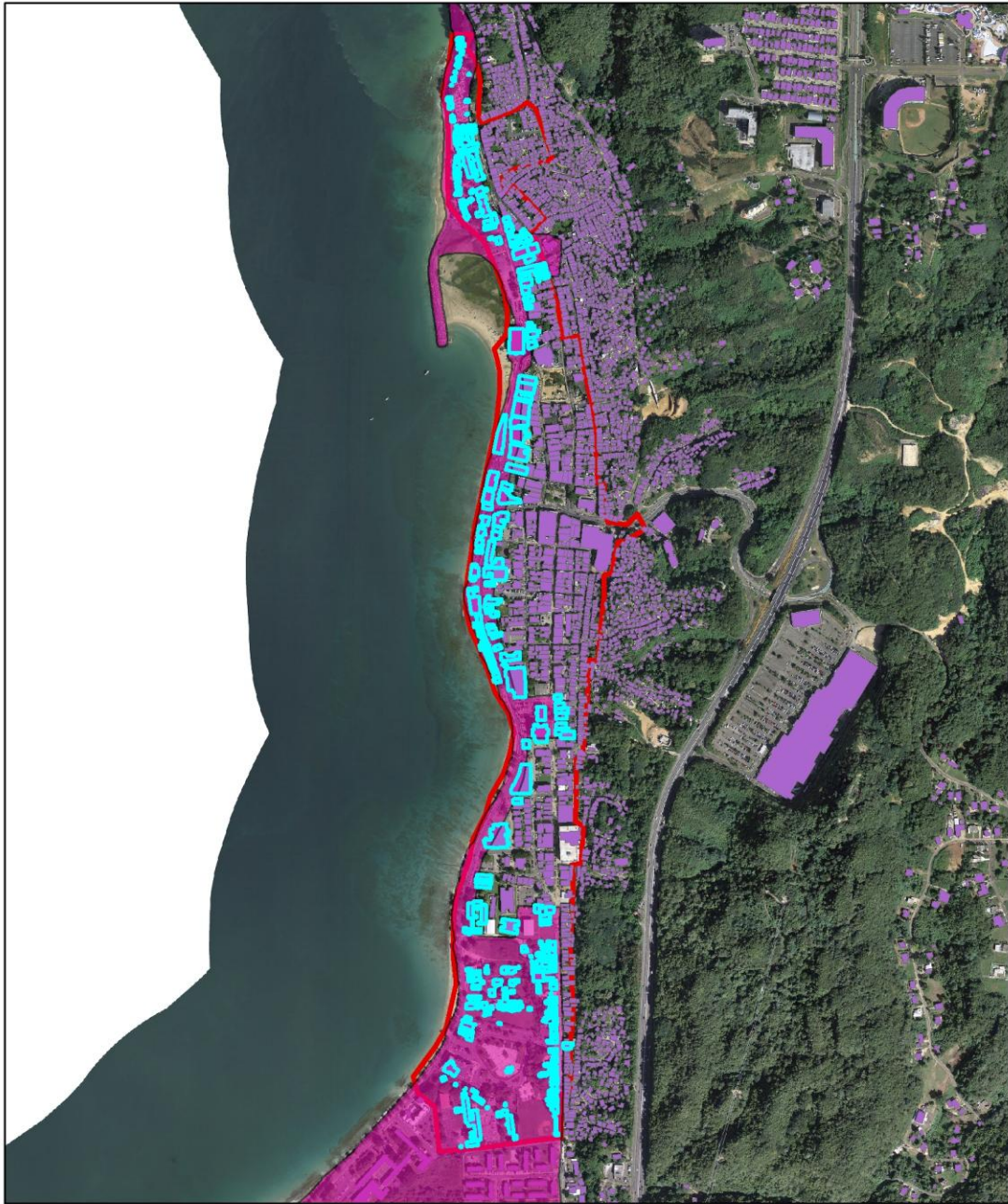


Figura 15. Estructuras en zona inundable por tsunami en área de estudio

1:11,000

Leyenda

- PR\_TSUNAMI\_FLOOD\_AREA
- AQUADILLA\_ESTRUCTURAS\_1998
- Delimitation Ley 212





Figura 16. Susceptibilidad de deslizamiento en área de estudio

1:11,000

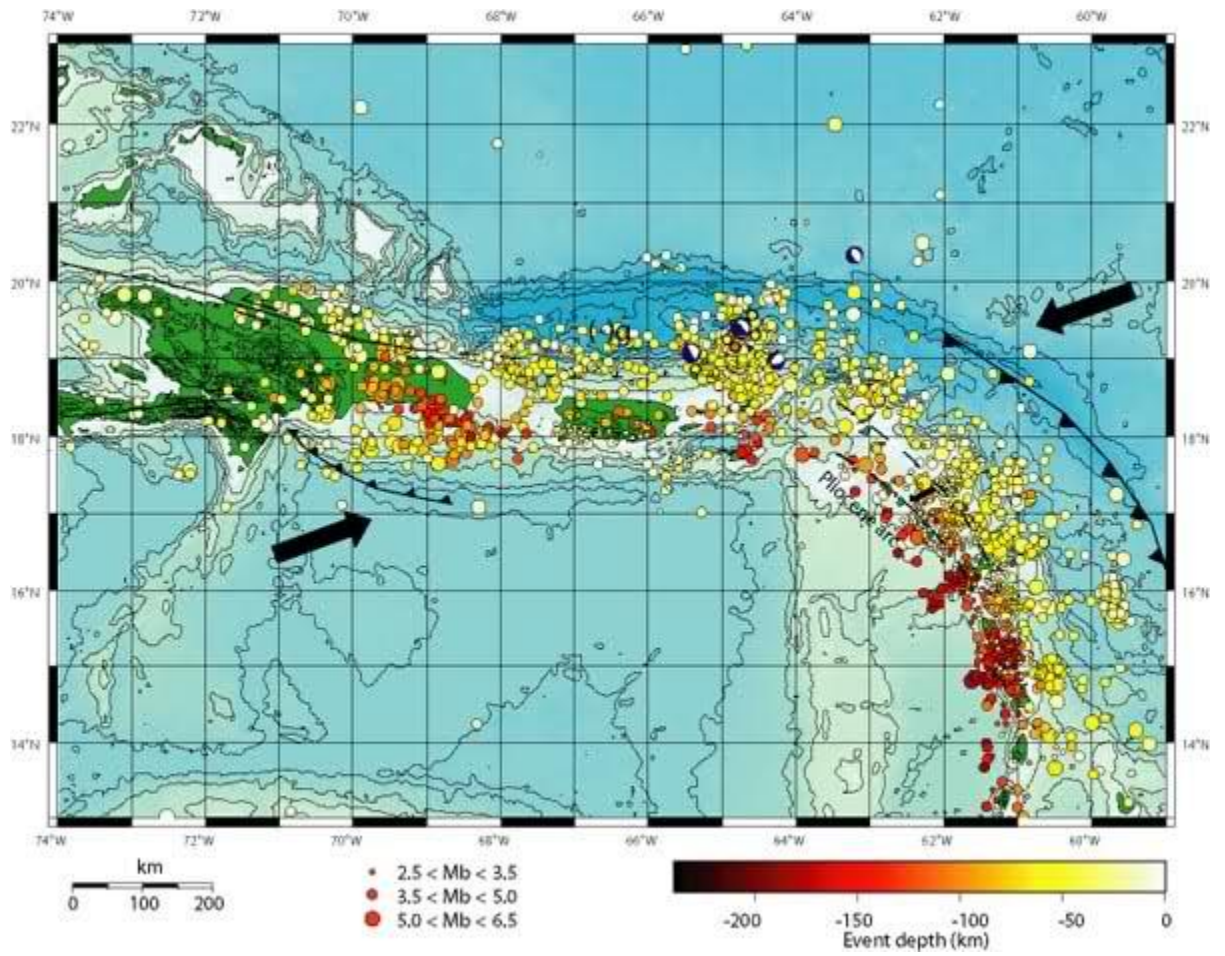
Leyenda  
Deslizamiento Ley 212  
deslizamientos  
[fill other values?]  
TIPO  
L

## Apéndices

Apéndice 1. Localización de la placa del Caribe



## Apéndice 2. Probabilidad Sísmica





Apéndice 3. Trayectoria de huracanes en Puerto Rico

