



EVALUACIÓN DE LA OCURRENCIA DE
INUNDACIONES URBANAS Y ANÁLISIS DE
ALGUNOS COMPONENTES DE RIESGO EN LA
CUENCA MEDIA DEL ARROYO ITAY
(ASUNCIÓN, PARAGUAY)

Mirna Rodriguez Barrios

2019



FIPAI



MINISTERIO DE
OBRAS PÚBLICAS
Y COMUNICACIONES

UNIVERSIDAD DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

MIRNA RODRIGUEZ BARRIOS

Evaluación de la ocurrencia de inundaciones urbanas y análisis de algunos componentes de riesgo en la cuenca media del arroyo Itay (Asunción, Paraguay)

São Carlos, SP

2019

MIRNA RODRIGUEZ BARRIOS

Evaluación de la ocurrencia de inundaciones urbanas y análisis de algunos componentes de riesgo en la cuenca media del arroyo Itay (Asunción, Paraguay)

Monografia presentada en la Escola de Engenharia de São Carlos como parte dos requisitos para conclusão do curso de Especialização em Impactos Ambientais de Obras de Infraestrutura.

Orientador: Prof. Dr. Davi Gasparini Fernandes Cunha

São Carlos
2019

AUTORIZO LA REPRODUCCIÓN Y DIVULGACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE TRABAJO, POR CUALQUIER MEDIO CONVENCIONAL O ELECTRÓNICO, PARA FINES DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN, DESDE QUE SE CITE LA FUENTE.

Ficha catalográfica preparada por la Sección de Atendimiento al Usuario del Servicio de la Biblioteca
"Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes" de la EESC/USP

R696e Rodriguez Barrios, Mirna
Evaluación de la ocurrencia de inundaciones urbanas y análisis de algunos componentes de riesgo en la cuenca media del Arroyo Itay (Asunción, Paraguay) / Mirna Rodriguez Barrios; orientador Davi Gasparini Fernandes Cunha. -- São Carlos, SP, 2019.

Monografía (Especialización en Impactos Ambientales en Obras de Infraestructura) -- Escuela de Ingeniería de São Carlos de la Universidad de São Paulo.

1. Inundación.
 2. Evaluación cualitativa.
 3. Vulnerabilidad.
 4. Ocupaciones irregulares.
 5. Zonas urbanas.
- I. Cunha, Davi Gasparini Fernandes.
II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato:	Mirna Rodriguez Barrios
Título do TCC:	Evaluación de la ocurrencia de inundaciones urbanas y análisis de componentes de riesgo en la cuenca media del arroyo Itay
Data da defesa:	11 de dezembro de 2019

Comissão Julgadora	Resultado
Prof. Dr. Davi Gasparini F. Cunha	<i>APROVADA</i>
Instituição: Escola de Engenharia de São Carlos - Departamento de Hidráulica e Saneamento	
Banca: Dra. Denise Taffarello	<i>Aprovada</i>
Instituição: Escola de Engenharia de São Carlos - Departamento de Hidráulica e Saneamento	

Presidente da Banca: Prof. Dr. Davi Gasparini F. Cunha

Davi G. J. Cunha
Assinatura

DEDICATORIA

*A mis padres, mi inspiración para la
superación.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Karen Tavares por su apoyo y paciencia. Siempre ayudando con su mayor cariño.

Agradezco al Ministerio de Obras Pública por la oportunidad de realizar una especialización en este país.

A todos los amigos que aportaron a este trabajo, especialmente a Rodrigo Quintana.

RESUMEN

Barrios, M. Evaluación de la ocurrencia de inundaciones urbanas y análisis de algunos componentes de riesgo en la cuenca media del arroyo Itay (Asunción, Paraguay) 2019. **71** p. Monografía (Especialización) – Escuela de Ingeniería de São Carlos, Universidad de São Paulo, São Carlos, 2019.

El modelo de desarrollo urbano implantado en la mayoría de los países en desenvolvimiento es el horizontal, esto se realiza sin planificación causando serios problemas a los habitantes de las comunidades, los cuales a su vez causan grandes cambios en los procesos naturales como el de los cauces hídricos. Un curso hídrico pierde su proceso natural debido a la impermeabilización y cambios en su curso natural (canalización), se convierte por lo tanto en un cauce caudaloso en cada evento de precipitación. Este trabajo cualitativo y descriptivo busca conocer los elementos que generan peligro, vulnerabilidad y por lo tanto riesgo a la población que ocupa la cuenca media del Arroyo Itay (Asunción, Paraguay) debido a las inundaciones. La zona de influencia de arroyo Itay es históricamente inundada, fueron realizadas diversas obras para paliar este problema, pero aún sigue causando grandes impactos a miles familias. Fueron analizados datos sobre la población del área afectada por la inundación, estimada por un levantamiento realizado por la Dirección General Socioambiental. Estos datos fueron representados en tablas y mapas. Se pudo identificar la población que se encuentra expuesta y en estado de vulnerabilidad. Como conclusión podemos destacar que la amenaza es inundación progresiva, estas se producen generalmente por la presencia de grandes cantidades de agua en muy poco tiempo, son causadas por fuertes lluvias. En cuanto a la exposición encontramos nuevas ocupaciones en terrenos del Estado, estas nuevas viviendas no cuentan con servicios básicos como agua potable, red cloacal, recolección de residuos, entre otros. Esta población es altamente vulnerable debido a que las viviendas son precarias y están expuestas a la amenaza a causa de su ubicación, a pocos metros del arroyo Itay. Otra situación importante de destacar es que las ciudades fueron desarrolladas sin una planificación y regulación urbana, reflejándose que las viviendas en su mayoría son de tenencia legal sin importar que estén ubicadas en áreas potencialmente inundables. Para nuevas obras a ser encaradas por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones se recomienda la implantación de proyectos paralelos como parques o áreas para recreación y el trabajo en conjunto con otras instituciones como Municipios para evitar la ocupación de áreas de riesgo que genere nuevas poblaciones expuestas al riesgo de inundación.

Palabra clave: Inundación; Evaluación cualitativa; Vulnerabilidad; Ocupaciones irregulares; Zonas urbanas.

RESUMO

Barrios, M. Avaliação da ocorrência de inundações urbanas e análise de alguns componentes de risco na bacia média do córrego Itay. 2019. 71 p. Monografia (Especialização) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

O modelo de crescimento urbano implementado na maioria dos países em desenvolvimento é horizontal, sem planejamento, causando sérios problemas aos habitantes das comunidades, o que, por sua vez, causa grandes mudanças nos processos naturais, como aos cursos de água. Um curso de água perde seu processo natural devido a impermeabilização e alterações em seu curso natural (canalização), tornando-se um grande canal caudaloso em cada evento de precipitação. Este trabalho qualitativo e descritivo busca conhecer os elementos que geram perigo, vulnerabilidade e risco para a população que ocupa a bacia média do córrego Itay (Asunción, Paraguay) devido às inundações. A área de influencia do córrego Itay é historicamente inundada, várias obras foram realizadas para aliviar esse problema, mas ainda causa grandes impactos a milhares de famílias. Foram analisados dados sobre a população da área afetada pela enchente, estimada por uma pesquisa realizada pela Diretoria Geral Socio Ambiental. Esses dados foram representados em tabelas e mapas. Foi possível identificar a população que se encontra exposta e em estado de vulnerabilidade. Conluíndo, podemos destacar que a ameaça é um tipo de inundaçāo pluvial, geralmente produzida pela presença de grandes quantidades de água em um período muito curto, causada por forte chuvas. Em relação à exposição, encontram-se novas ocupações propriedade do Estado, essas novas residências não possuem serviços básicos como água potável, rede de esgoto, coleta de lixo, entre outros. Essa população é altamente vulnerável porque as casas são precárias e estão expostas à ameaça devido à sua localização, a poucos metros do córrego Itay. Outra situação importante a destacar é que as cidades foram desenvolvidas sem planejamento e regulamentação urbana refletindo que a maioria de suas casas é de propriedade legal, independentemente de estarem localizadas em áreas potencialmente inundáveis. Para as novas obras que sejam abordadas pelo Ministério de Obras Públicas e Comunicações, foi recomendado implementar projetos paralelos, como parques ou áreas de lazer e o trabalho em contato com outras instituições como os Municípios, para evitar a ocupação de áreas de risco que geram novas populações expostas ao risco de inundaçāo.

Palavras-chaves: Inundaçāo; Avaliação qualitativa; Vulnerabilidade; Ocupações irregulares; Áreas urbanas.

ABSTRACT

Barrios, M. Evaluation of the occurrence of urban floods and analysis or the risk components in the middle basin of the Itay stream. 2019. 71 p. Monography (Specialization) – São Carlos School of Engineering, University of São Paulo.

The urban development model implemented in most of the developing countries is the horizontal, this is done without planning causing serious problems for the communities, which in turn cause major changes in natural processes such as water channels. A water course loses its natural process due to the waterproofing and changes in its natural course (channeling), therefore it becomes a large channel in each precipitation event. This qualitative and descriptive work seeks to know the elements that generate danger, vulnerability and risk to the population that occupies the middle basin of the Itay stream due to flooding. The area of influence of Itay stream is historically flooded, several works were carried out to alleviate this problem, but it still causes great impacts to thousands of families. Data were analyzed on the population of the area affected by the flood, affected by the flood, estimated by a survey conducted by the Directorate General Socio-Environmental. These data were represented in tables and maps. It was possible to identify the population that is exposed and in a state of vulnerability. In conclusion we can highlight that the threat is storm flood, these are generally produced by the presence of large amounts of water in a very short time, are caused by heavy rains. As for the exhibition we find new occupations on land that are of the Silvio Pettirossi airport, these new homes do not have basic services such as drinking water, sewage network, waste collection, among others. This population is highly vulnerable because the homes are precarious and are exposed to the threat because of their location, a few meters from the Itay stream. Another important is that cities were developed without urban planning and regulation, reflecting that the majority of their homes are legally owned regardless of whether they are located in potentially flood areas. For the new works to be addressed by the Ministry of Public Works and Communications, it is recommended to implement parallel projects such as parks or recreation areas and work together with other institutions such as municipalities to avoid the occupation of risk areas that generate new populations exposed to flood risk.

Keywords: Storm Flood; Qualitative evaluation; Vulnerability; Irregular occupations; Urban areas.

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Ocurrencia de inundaciones debido a la ocupación humana	31
Figura 2: Triangulo de Riesgo.....	33
Figura 3: Ubicación del área de estudio.....	42
Figura 4: Flujograma de Materiales y Método.....	44
Figura 5: Mapa de Uso y Ocupación de Suelo.....	45
Figura 6: Obras en la zona del Aeropuerto Internacional Silvio Petirrossi.....	47
Figura 7: Delimitación de área de estudio.....	48
Figura 8: Ciudad de Asunción en lluvia del 10/05/2019.....	49
Figura 9: Parada de Taxi	49
Figura 10: Pista de aterrizaje.....	49
Figura 11: Parada de Taxi	50
Figura 12: Puente sobre Arroyo Itay	50
Figura 13: Predio del Aeropuerto.....	50
Figura 14: Viviendas ubicadas lado opuesto.....	50
Figura 15: Puente lado viviendas 26/02/2014	51
Figura 16: Puente hacia predio del aeropuerto 26/02/2014.....	51
Figura 17: Casilla Lado opuesto al cercado del aeropuerto.	51
Figura 18: Casilla Lado opuesto al cercado del aeropuerto.	51
Figura 19: Parada de Taxi	52
Figura 20: Casilla al costado del cercado del aeropuerto.....	52
Figura 21: Asentamiento 1 al costado de la cerca del aeropuerto.	53
Figura 22: Predio del aeropuerto y asentamiento 1.....	53
Figura 23: Asentamiento 1 al costado de la cerca del aeropuerto.	53
Figura 24: Predio del aeropuerto y asentamiento 1.....	53
Figura 25: Asentamiento 1 al costado de cercado del aeropuerto.....	54
Figura 26: Núcleo de Asentamiento 2 al costado de cercado del aeropuerto.	54
Figura 27: Nivel de inundación.....	54
Figura 28: Asentamiento 3 al costado de cercado del aeropuerto.....	55
Figura 29: Asentamiento 4 al costado de la cerca del aeropuerto.....	55
Figura 30: Predio del aeropuerto y asentamiento 4.....	55
Figura 31: Puente de acceso a asentamiento.	56

Figura 32: Pobladores de Limpio en una crecida	57
Figura 33: Pobladores en las calles de la ciudad de Limpio.....	57
Figura 34: Limpieza del cauce del arroyo Itay.	57
Figura 35: Imagen de Barrio afectado	58
Figura 36: Residuo de la Construcción civil dentro del cauce hídrico.	58
Figura 37: Vehículos Arrastrados por el desborde	58
Figura 38: Ciudadano de la Ciudad de Limpio en su Patio	58
Figura 39: Situación de vivienda después de inundación.....	59
Figura 40: Arroyo Itay sin lluvias.....	59
Figura 41: Línea de tiempo de noticias de inundación y precipitación registrada	60
Figura 42: Viviendas en el área de estudio.....	61
Figura 43: Cantidad de habitantes por viviendas.....	63
Figura 44: Primeras viviendas ocupando al borde del arroyo Itay.	64
Figura 45: Ocupaciones después de la canalización.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

ANDE	– Administración Nacional de Electricidad
Art.	– Artículo
CAPRA	– Plataforma de Evaluación de Riesgos Probabilísticos
CENAPRED	– Centro Nacional de Prevención de Desastres
CEPREDENAC	– Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central.
DGEEC	– Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos
DGSA	– Dirección General Socio Ambiental (MOPC)
ERN	– Consorcio de Evaluación de Riesgos Naturales- América Latina
DINAC	– Dirección Nacional de Aeronáutica Civil
ERSSAN	– Ente Regulador de Servicios Sanitarios
MOPC	– Ministerio de Obras Públicas
OMS	– Organización Mundial de la Salud.
UNISDR	– Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.
SEN	– Secretaría de Emergencia Nacional
STP	– Secretaría Técnica de Planificación

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	24
2	OBJETIVOS.....	26
2.1	OBJETIVO GENERAL	26
2.2	OBJETIVO ESPECIFICO	26
3	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	28
3.1	PROCESO DE URBANIZACIÓN	28
3.2	INUNDACIONES URBANAS.....	30
3.3	RIESGO DE DESASTRES.....	32
3.4	EVALUACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES	36
3.5	GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES	37
3.6	TRABAJOS RELACIONADOS SOBRE RIESGOS	38
3.7	MARCO LEGAL Y NORMATIVO RELACIONADO A GESTIÓN DE RIESGOS EN PARAGUAY	39
4	MATERIALES Y MÉTODOS	42
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
5.1	CARACTERIZACIÓN DE USO Y OCUPACIÓN DE SUELO	45
5.2	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	46
5.3	DELIMITACIÓN DE AREA POTENCIALMENTE INUNDABLE	47
5.4	PROBLEMA DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA DEL ARROYO ITAY	56
5.4.1	Noticias periodísticas sobre la inundación antes de obras de mejora en el cauce del arroyo Itay	56
5.4.2	Noticias periodísticas sobre la inundación después de las obras de mejora	57
5.5	CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	61
5.6	ANÁLISIS DE COMPONENTES DE RIESGO	63
6	CONCLUSIÓN	67
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	69

1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano en los países en desarrollo ha sido de forma descontrolada, con deterioro de la calidad de vida y del medio ambiente. En América Latina, el crecimiento de la población en zonas urbanas ha sido muy alta, principalmente con transferencia de la población rural para las ciudades. Cuando esta expansión urbana y la planificación no se realizan de forma conjunta, se produce un crecimiento desorganizado, normalmente acompañado con falta de infraestructura.

La ausencia de gestión eficiente de la infraestructura y la ocupación descontrolada del suelo puede generar inundaciones que tienen un impacto sobre la economía del país. Este impacto depende de factores físicos, sociales, ambientales y económicos, la combinación de este tipo de factores lo que le otorga mayor dimensión a este problema.

Los factores físicos que causan el aumento de eventos de inundación son la impermeabilización con el cambio de uso de suelo, cambio del drenaje natural, disminución del cauce con construcciones (muros, puentes, etc.) y la disposición de residuos sólidos de forma inadecuada en los cursos de agua, que a su vez es causada por la ocupación de las llanuras de inundación.

En este sentido, en Paraguay la situación social se agrava con la salida del campesino hacia zonas urbanas debido a la falta de ingresos en el campo y la aparente mejora de las condiciones de vida que ofrece la ciudad. Las personas que emigran en las ciudades encuentran una realidad muy diferente a la esperada, porque el costo de vida es muy alto y el tipo de trabajo que ofrecen no es adecuado. Así, al encontrarse sin recursos y sin acceso a trabajo, optan por ocupar áreas de riesgo como son las zonas de inundación de los ríos y arroyos, la mayoría de las veces de forma irregular y precaria.

Estas áreas a menudo están desprovistas de drenajes pluviales, servicio de recolección de basura, red cloacal y la combinación de estos factores hace que el riesgo se multiplique y en cada evento de lluvia esta situación es penosa por las pérdidas de lo poco que cuenta la población ubicada en estas zonas y el costo para el Estado es mayor por la asistencia que debe brindar.

Según la Secretaría de Emergencia Nacional (SEN) en Paraguay, para las inundaciones registradas en el 2019 en Asunción por la crecida del Río Paraguay, costó 7.000.000 de guaraníes (equivalente a unos 1.114 dólares en 2019) por familia, lo que incluye primera evacuación y la permanencia de las familias. Normalmente las medidas adoptadas por las

instituciones es asistir a las familias en cada ocurrencia, donde ellos evacuan las casas inundadas, ubican en espacios públicas (plazas, cuarteles y veredas), entregan kit de alojamiento (terciadas, chapas, vigas de madera), kit alimentario. Por falta de planificación en uso y ocupación de suelo, el Estado gasta recursos en la implementación de un Plan de Emergencia.

De esta manera, el presente trabajo busca estudiar la ocurrencia de inundaciones y analizar algunos componentes de riesgo en la zona de influencia de la cuenca media del arroyo Itay, que está localizada en el área metropolitana, siendo una de las ciudades afectadas la Capital del país, una de las ciudades que ha sufrido proceso migratorio del campo a la ciudad registrado en los años. En la zona de estudio se puede observar familias localizadas en área inundables, por lo que el estudio de alternativas de solución debe ser considerado teniendo en cuenta el factor social.

El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) es una institución de Paraguay con grandes responsabilidades en el desarrollo de estas soluciones, puesto que es encargada de proveer infraestructura adecuada al país y así como los compromisos que asigna en materia de cambio climático y gestión de riesgos. Como resultado final, este documento busca proporcionar una descripción de la situación de inundación en la cuenca media del arroyo Itay, para proponer algunas soluciones basadas en los principales componentes de riesgo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la ocurrencia de inundaciones urbanas en la cuenca media del arroyo Itay (Asunción, Paraguay), sus causas e impactos sociales y económicos y analizar algunos componentes de riesgo de inundaciones.

2.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Identificar elementos que generan peligro, vulnerabilidad y riesgo a la población que ocupa la cuenca media del Arroyo Itay;
- Estudiar soluciones al problema de las inundaciones en la cuenca, enfocándose en la población que ocupa áreas de riesgo de inundación.

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 PROCESO DE URBANIZACIÓN

Muchas ciudades crecen exponencialmente a lo largo de unas pocas décadas, en población y en territorio. Con el crecimiento horizontal, las desigualdades espaciales pueden empeorar y la economía y los recursos naturales sufren más todavía. Las fallas en el gerenciamiento de la expansión de territorio aumentan las desigualdades urbanas, contribuyendo al aumento de riesgos económicos y ambientales para la ciudad.

Las implicaciones del crecimiento no controlado incluyen, según Cortés, (2015):

- **Mayor desigualdad:** muchas ciudades ya sufren con desigualdades, ya cuentan con servicios básicos de forma inadecuado. Las familias se ubican en zonas donde las habitaciones son más accesibles hacia las periferias y, a medida que la ciudad se extiende, los municipios tienen dificultades para proveer agua, saneamiento y electricidad.
- **Tensiones económicas para la ciudad entera:** a medida las ciudades se expanden de forma horizontal, los costos de provisión de servicios públicos aumentan. Se debe realizar mayor inversión en infraestructura y la falta de ella aumenta los cotos sociales. La expansión significa mayor congestionamiento y contaminación causado principalmente por el uso de medios de transporte particular, generando costos por impacto en la salud y otros.
- **Problemas ambientales:** la expansión se realiza en zonas costeras, planicies de inundación, en donde existe elevada biodiversidad o áreas con problemas de agua, este desenvolvimiento causa mucha presión a los recursos naturales y lleva a inundaciones desastrosas.

Para Tasca (2018), uno de los causantes del crecimiento horizontal es la especulación urbana, esta práctica es extremadamente perjudicial para las ciudades, los tejidos urbanos tienden a quedar vacíos en algunos lugares y densificados en otros, generando costos financieros y sociales. La especulación genera mayores distancias a ser recorridos, subutilización de infraestructuras y aumento artificial del precio de la tierra. Las dificultades de desenvolvimiento de la población de baja renta, especialmente en las grandes ciudades, también es, en gran parte, por causa de esta lógica especulativa, que aumenta la distancia entre habitación y empleo.

Según Ribeiro (2011), cuando la población de baja renta no encuentra opciones, tiende a la ocupación inadecuada de áreas con pendiente pronunciadas, áreas inundables y otros tipos de terrenos expuestos a riesgo, causando serios impactos ambientales. Entre las acciones responsables de este impacto se destacan la falta o inadecuada infraestructura y áreas verdes, la acumulación de residuos domésticos, desechos, contaminantes y de efluentes lanzados en cuerpos de agua y/o en el suelo, erosión del suelo, la colmatación de cuerpos de agua, las inundaciones y las dificultades de circulación de personas y de vehículos. Todas ellas interfieren en la calidad de vida de la población y amenaza a otras formas de vida.

Esta situación ya viene de un proceso largo, Bertoni (2004) habla de que los cursos de agua han sido en muchos casos el nexo fundamental para el emplazamiento de las ciudades en sus márgenes, fundamentalmente de aquellas creadas durante la colonización europea. Gran parte de las ciudades de los países de América Latina refleja una interacción muy estrecha entre proceso de asentamiento urbano y las redes hidrográficas.

Hoy en día, la población de las ciudades ha crecido exponencialmente, necesitando mayor área para ocupar, los de menor recurso son empujados a los barrios periféricos y las ciudades satélites, y estos son desordenados, con construcciones no reglamentadas. En la mayoría de los casos, estos se encuentran no integrados o sub-integrados desde el punto de vista socioeconómico, con carencia de sistemas de servicios urbanos colectivos.

Tucci (2005) indica este crecimiento urbano se ha realizado de forma insustentable, con deterioro de la calidad de vida y del medio ambiente. En América Latina, el crecimiento de la población en zonas urbanas ha sido muy alta, con transferencia de la población rural para las ciudades. Los grandes problemas relacionados a la urbanización y la infraestructura que ofrecen las ciudades son el aumento de zonas periféricas con la inexistencia de planeamiento de espacios y la ocupación ocurre en áreas de riesgo (inundación y deslizamiento).

Este proceso de crecimiento no estabilizará todavía, según el informe de la Organización de las Naciones Unidas del año 2016, titulado “Nueva Agenda Urbana”, para el año 2050 la población urbana casi se duplicará. La concentración de población en las ciudades, actividades económicas, interacciones culturales, como los impactos ambientales y humanitarias que traerá grandes desafíos en los años venideros en todo el mundo (ONU-HABITAT, .2016).

Esto significa que los problemas seguirán y hasta aumentará con los modelos de urbanización empleada, teniendo que invertir en acciones que pueda disminuir el impacto que genera al medio ambiente y la sociedad.

3.2 INUNDACIONES URBANAS

Las inundaciones se han ido convirtiendo en los desastres naturales más frecuentes que afectan a la sociedad, a los seres humanos, sus bienes materiales, los recursos culturales y ecológicos (UNISDR, 2009).

Salinas y Espinosa (2004) afirman que inundación es producida por “precipitación, oleaje, marea de tormenta o falla de alguna estructura hidráulica”, causando la presencia de agua en sitios donde usualmente no existía que trae con ello daños a la infraestructura y la población en estas áreas.

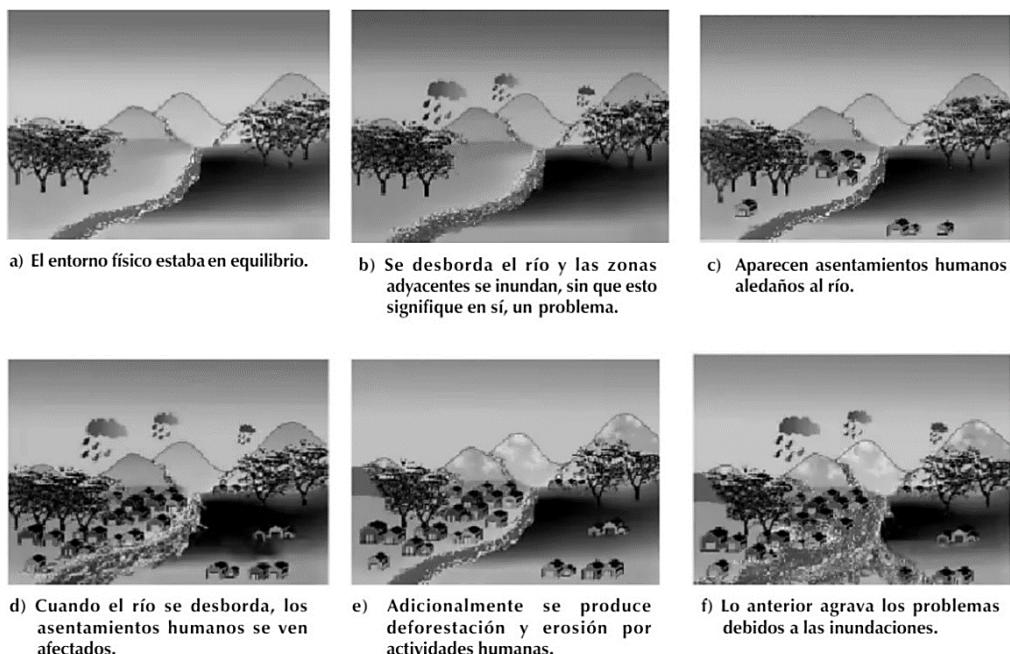
Para la Organización Mundial de la Salud – OMS (2019), las inundaciones se clasifican entre los fenómenos de inicio súbito y “los factores que influyen en su gravedad son la profundidad del agua, la duración, la velocidad, el ritmo de subida del agua, la frecuencia con la que se producen y la estación”. Los factores que modifican la vulnerabilidad pueden ser naturales o de origen humano, como asentamientos situados en llanuras aluviales, ausencia de sistemas de alarma y de concienciación sobre el peligro de inundación, escasa capacidad de la tierra para absorber la lluvia.

Para Bertoni (2004), las inundaciones urbanas hacen referencia principalmente a la zona afectada, es decir centros poblados que perciben daños debido a volúmenes masivos de agua. Pueden existir dos tipos: inundación ribereñas o fluviales; e inundaciones pluviales o debidas al crecimiento urbano. Las inundaciones urbanas o fluviales se dan en urbanizaciones aledañas al cauce del río, por el establecimiento de zonas pobladas cercanas a la corriente natural del río sin considerar el riesgo debido al aumento del nivel de agua en época lluviosa y eventos extremos. Ya las inundaciones pluviales se dan por efectos negativos de la urbanización, es decir, la impermeabilización del suelo, la aceleración de los escurrimientos, el obstáculo al drenaje natural y la artificialización de las acequias, arroyos y ríos en áreas urbanas, de manera que la escorrentía pluvial generada sobrepasa la capacidad del sistema de drenaje.

Para Tucci (2005), inundaciones naturales ocurren en áreas ribereñas, en la camada superior de los ríos, derivadas de las variabilidades temporal y espacial de la precipitación y de escurrimiento en una cuenca hidrográfica. La ocupación de estas áreas aumenta la vulnerabilidad de la población, generando grandes pérdidas materiales y humanas a la población, y también interrupción de actividades económicas de las áreas inundadas y contaminación por enfermedades de transporte hídrico.

La Figura 1 muestra la ocurrencia de inundación. Antes de la aparición del hombre sobre la tierra, el entorno físico mantenía un equilibrio, posterior a eso se desarrollaron asentamientos humanos en las zonas aledañas a los cuerpos de agua, lo cual cuando esta se desborda trae problemas de inundaciones. La degradación ambiental, como la deforestación y erosión, modifica la respuesta hidrológica de las cuencas, incrementando la ocurrencia y la magnitud de inundaciones. Existe un aumento de personas que viven y trabajan en llanuras de inundación, la falta de planeación de las actividades humanas ha alterado el entorno, con ello se ha establecido las condiciones que frecuentemente dan lugar a inundaciones más severas (SALINAS Y ESPINOSA, 2004).

Figura 1: Ocurrencia de inundaciones debido a la ocupación humana.



Fuente: Salinas y Espinosa (2004).

Los principales tipos de inundaciones pueden clasificarse por el tiempo en el que suceden, así pueden ser repentinias o súbitas y como lentas o progresivas. Las de tipo lentas o progresivas se producen en terrenos planos que desaguan muy lentamente y cercanos a riberas o donde las lluvias son frecuentes o torrenciales (OPS, 2019).

Para CENAPRED (2019) los tipos de inundación son las pluviales, fluviales y las costeras. Las Inundaciones pluviales son consecuencias de la precipitación, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días, hasta que se evapore y el terreno recupere su capacidad de infiltración.

Para la situación de Paraguay, los principales problemas son el proceso de urbanización no planificado, sin considerar el comportamiento del agua, soluciones inapropiadas de ingeniería para las ciudades. La urbanización se desarrolla y las soluciones de drenaje se desarrollan posteriormente, en ocasiones estas soluciones gravan el problema, como es el caso de algunas canalizaciones. Este desarrollo se realiza en asentamientos, que son poblaciones que se ubican en tierras fiscales o en zonas ribereñas o inundables, los lotes son establecidos sin planificación y con eliminación de áreas verdes que servían para atenuar el impacto del agua (DOMEQ y JARITON, 2005).

Este problema trae grandes impactos al país, según un informe de Clarín (2019), la crecida del Río Paraguay ha afectado a miles de familias que viven en casillas de madera y chapa en el centro de la Capital Paraguaya, porque sus casas quedaron inundadas, una de las ciudades más castigada es Asunción. Las familias no disponen de muchas comodidades como en su vivienda original por lo cual sufren de los problemas climáticos como el frío. Los albergues cuentan con aproximadamente 31 baños químicos, lo que equivale a un urinario por 39 personas.

En cuanto a cifras de este problema Domecq et al. (2005) nos indica que para los años 1997/1998 los campamentos de emergencia ubicados en los Bañados Norte y Sur dieron 4.185 viviendas con una población de 19.508 personas. Para el 2019 en tres meses unas 70.000 familias son desplazadas por la crecida que se refugian en calles y plazas de la capital (SEN, 2019). Lo que indica que este problema cada vez se agrava con el crecimiento de la población y la impermeabilización de área de las ciudades.

3.3 RIESGO DE DESASTRES

La definición recomendada por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres – UNISDR (2016) para desastres es “un cambio grave del funcionamiento de una comunidad o sociedad en cualquier escala debido a fenómenos peligrosos que interaccionan con las condiciones de exposición, vulnerabilidad y capacidad, ocasionando pérdidas humanas, materiales, económicos y ambientales”.

Desastre es el “resultado de impacto de fenómenos naturales extremos o intensos sobre un sistema social, que causa daños y perjuicios que exceden la capacidad de la comunidad o de la sociedad afectada en convivir con ese impacto” (MARCELINO, 2008). Goerl; Kobiyama e Pellerin (2012) afirman que la ocurrencia de un desastre natural siempre está asociada a perdidas, sean estas económicas, sociales o ambientales.

El riesgo de desastres es una construcción social, relacionada con el potencial de pérdidas o daños que pueden ocurrir a una comunidad, los ecosistemas que lo sustentan o sus medios de vida, como producto de la coexistencia entre amenaza y vulnerabilidad. Estos constituyen lo que se denomina factores o componentes de riesgos, ninguno de los dos aisladamente podría generar ni al riesgo ni a al desastre (WILCHES, 1998).

Para la Blokie (1996 *apud* SEN, 2018), riesgo puede ser causado por la asociación de la vulnerabilidad, que puede ser desde causas estructurales a presiones dinámicas (falta de políticas públicas) y condiciones inseguras (ocupaciones indebidas), y por el otro lado los eventos peligrosos en general.

El Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres – CEPREDENA (2004), indica que el riesgo es la combinación de tres factores: el valor de los bienes expuestos (**exposición**); la **vulnerabilidad**; y de la ocurrencia de un hecho potencialmente dañino para lo expuesto (**amenaza**).

Según San Martín (2012), el riesgo se puede calcular a través de “probabilidades de las magnitudes de los daños y se puede realizar una estimación numérica sobre tiempo y/o espacio, susceptibles de ser comparadas con criterios de valoración preestablecidos, y que permite la toma de decisiones”. De esta manera, el riesgo se cuantifica con la fórmula $Riesgo = Peligrosidad \times Vulnerabilidad$, donde se considera que la exposición es un componente de la vulnerabilidad.

Bajo este enfoque, el riesgo se puede visualizar como el área comprendida dentro de una triángulo, de tal forma que para reducir el riesgo se deben reducir la amenaza, la exposición y/o la vulnerabilidad, que se observa en la Figura 2.

Figura 2: Triangulo de Riesgo.



Fuente: San Martín (2012).

Para González (2013), la interacción de amenaza, vulnerabilidad y la capacidad en determinando momento y circunstancia genera un riesgo, es decir, la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

Para una comprensión mejor del riesgo podemos definir cada componente de riesgo, de esta manera, el primer componente es la amenaza o peligrosidad y representa el fenómeno físico extremo en sí, de origen natural, antrópico o sacionatural; la exposición refleja la posición geográfica de personas o bienes materiales o inmateriales con relación a la amenaza; y la vulnerabilidad refleja la posibilidad de sufrir efectos adversos dada la posición geográfica en relación con la amenaza (SAN MARTIN, 2012; RODRIGUEZ Y CALDERÓN, 2017).

Para la UNISDR (2016), **amenaza** es un “proceso, fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos a la salud, daños a los bienes, disruptores sociales y económicas o daños ambientales”. La amenaza se puede clasificar en tres tipos: naturales, sacionaturales y antropicas.

Las amenazas naturales son producidas por dinámicas propias del planeta. El ser humano no interviene en la ocurrencia de estos fenómenos (sismos, terremotos, fenómeno de el Niño, las sequías). Las amenazas sacionaturales se expresan como productos de la dinámica de la naturaleza, pero en su ocurrencia o en la agudización de sus efectos, interviene la acción humana (agudización de inundación por manejo inadecuado de cuencas hidrográficas). Ya las amenazas antropicas son producidas directamente de la acción humana sobre elementos de la naturaleza o sobre la población, que ponen en peligro la integridad física o calidad de vida de las comunidades, como la contaminación y las amenazas que se derivan de operaciones inadecuadas de actividades peligrosas para la comunidad o infraestructura que signifique peligro (fábricas) (WICHES, 1998).

La amenaza hace referencia a los procesos externos e internos a un sistema, de origen natural, antrópico o sacionatural, que interactúan con este y que tienen el potencial de inducir una transformación significativa en él, ya sea de manera lenta o súbita. Por su origen éstas son muy distinguibles entre sí, pero raras veces se manifiestan de forma individual, puede manifestarse como multiamenazas y tienen magnitud de manifestación (LAVELL, 2003).

En cuanto a **exposición** tenemos que una situación en que se encuentran las personas, las infraestructuras, las viviendas, las capacidades de producción y otros activos humanos tangibles situados en zonas expuestas a amenazas (UNISDR, 2016). Almeida (2010) define exposición como siendo el que caracteriza la dependencia de los elementos sobre riesgo en el espacio y el tiempo en relación a una determinada fuente de riesgo.

Para el factor de **vulnerabilidad**, el Centro Nacional de Prevención de Desastres – CENAPRED (2004) define como la medida de la susceptibilidad de un bien expuesto a la

ocurrencia de un fenómeno perturbador. La vulnerabilidad es una variable que el hombre tiene posibilidad de disminuir

Según UNISDR (2016), vulnerabilidad son condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una personas, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de las amenazas.

La vulnerabilidad constituye una característica interna de los elementos expuestos a la amenaza (población, asentamientos, producción e infraestructura), que los hace propensos a sufrir daño al ser impactados por distintos eventos físicos. No existe vulnerabilidades generales, esto depende de la amenaza o conjunto de amenazas (LAVELL, 2003).

Otro elemento de la vulnerabilidad muy importante es la presencia de medidas preventivas, en los países en vías de desarrollo que presentan una mayor vulnerabilidad, es producto de la ausencia o ineffectividad de medidas preventivas, ya que enfocan sus esfuerzos al post-desastre, acrecentando su número de víctimas humanas, no obstante, sus perdidas de capital son menores que en los países desarrollados, pero su impacto económico suele ser más significativo (MARTIR 2006).

La vulnerabilidad se debe analizar frente a las condiciones particulares de cada comunidad, es entendida como la debilidad frente a las amenazas y como incapacidad de recuperación después de ocurrencia, no solo depende de la vecindad física de las poblaciones a las fuentes de amenazas, sino de otros factores presentes en la comunidades. Es un proceso complejo, dinámico y cambiante, que determina que esa comunidad quede expuesta o no a la ocurrencia de un desastre. Para el análisis de la vulnerabilidad existen factores importantes a describir:

- **Factores Ambientales:** es como una comunidad utiliza o consume sus recursos naturales, cuando éstas son subutilizadas, debilita a la comunidad al debilitar al ecosistemas;
- **Factores Físicos:** tiene que ver “con la ubicación física de los asentamientos o con la calidades y condiciones técnicas-materiales de ocupación o aprovechamiento del ambiente y de recursos”;
- **Factores Económicos:** se refiere a la ausencia de recursos económicos de los miembros de una comunidad o la mala utilización de los recursos disponibles;
- **Factores Sociales:** “se refiere a un conjunto de relaciones, comportamientos, creencias, formas de organización y maneras de actuar de las personas y comunidades que las coloca en condiciones de mayor o menor exposición”.

3.4 EVALUACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES

En el Atlas de Riesgos de Desastres de la República del Paraguay (2018) habla de que la prioridad es comprender el riesgo de desastres y para ello se estudia “todas sus dimensiones de vulnerabilidad, capacidad, grado de exposición de personas y bienes, características de las amenazas y entorno”.

Para la UNISDR (2016), la evaluación tiene un “enfoque cualitativo o cuantitativo para determinar la naturaleza y el alcance del riesgo de desastres mediante el análisis de las posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de exposición y vulnerabilidad”. Los factores que se consideran en una evaluación de riesgo dependerán del contexto y entorno situacional de la zona y del tipo de amenaza que se estudiará.

El crecimiento urbano conduce a un incremento de la población y, según Aranda (2010), los indicadores mundiales revelan que la mitad de la población vive en áreas urbanas y que en países en desarrollo esta proporción alcanza el 90% o más, como resultado se ha alcanzado impactos ambientales sin precedentes en la historia de la humanidad.

Existen instrumentos político-administrativos como el código de construcción y el ordenamiento territorial de la zona que apoyan al proceso de gestión de riesgo, que buscan controlar la ubicación y características del crecimiento urbano, aportando así a evitar futuros desastres (ARANDA, 2010).

A la hora de realizar la evaluación, se insiste en el carácter multidimensional del riesgo, además de las dimensiones numéricas o cuantificables. Son de suma importancia también aspectos cualitativos sobre la naturaleza y los problemas asociados a los riesgos y que las personas que evalúan tienen en cuenta. En la contrucción y definición, de este modo, se ve reflejado los intereses de cada grupo o institución implicado en el proceso (TORNEL y PÉREZ, 2009).

Actualmente, reconocer a los sistemas naturales como complejos y dinámicos implica moverse hacia una ciencia cuya base es la imprecisión, el control incompleto y una pluralidad de perspectivas legítimas. En este sentido, las nuevas ciencias ayudan a guiar el desarrollo, pero no desaparece la incertidumbre. La ciencia ha hecho que la naturaleza se vuelva predecible, mejorando la calidad de vida de los seres humanos. Además, los nuevos problemas ambientales globales son complejos y variables y la ciencia no siempre puede proporcionar experimentos para explicarlo, fazendo con que los análisis técnicos del riesgo no sean necesariamente más relevantes que los realizados desde otros enfoques, ya que las consecuencias reales de los

riesgos vienen dadas siempre a través de interpretaciones sociales que también están siempre ligadas a valores e intereses de grupos (FUNTOWIZC y RAVETZ, 2000).

Una vez que conocemos el concepto de riesgo, sabemos que son complejos, novedosos y dinámicos. Para evaluar este, muchas veces se cuenta con una limitada cantidad de datos e información del evento, para la posibilidad de presentarse eventos futuros, la estimación de riesgo debe enfocarse en modelos probabilísticos, que permita utilizar las informaciones escasas considerando una alta incertidumbre (ERN y CAPRA, 2011). Todas las estimaciones de riesgo que se pueden hacer están llenas de incertidumbres. No deben ser ignoradas, sino que reconocidas, procesadas y hacerla parte de las estimaciones. (CAPRA, 2017)

Para realizar un análisis de riesgos existen diversos métodos, esto debido a amenazas naturales y la incertidumbre que estas traen. Entre los métodos existen los análisis cualitativos y cuantitativos. Los cuantitativos pueden aportar, cuando son aplicables, un grado de objetividad superior, pero cuando existe escasez de datos no se debe utilizar. Es importante identificar correctamente los factores que causan el riesgo y que influyen sobre su dinámica (crecimiento o reducción), esto se aplica tanto para amenazas y vulnerabilidades (OPS, 2002)

Para la evaluación de riesgo existen herramientas parciales y cualitativas, estas basan en experiencias y el conocimiento, sin estimar un valor numérico de probabilidad o consecuencias, este método es el más sencillo. Para el análisis de amenaza se basa en la ocurrencia de eventos históricos y para la vulnerabilidad zonas en donde puede haber una gran vulnerabilidad (CASTILLO, 2010).

3.5 GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES

The Agency of United Kingdom indica que para comprender el significado de **gestión de riesgo de inundación** primero hay que comprender lo que significan los tres conceptos asociados: inundación, riesgo y gestión de riesgo.

En la Política de Gestión y Reducción de Riesgos de Desastres (2018) se menciona que para el Paraguay “la gestión y reducción de riesgos de desastres es un proceso social”, con propósitos de “prevención, reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastres en la sociedad”, estableciendo “políticas con énfasis en economía, ambiente, seguridad, defensa nacional y territorial, de manera sostenible”.

Para la UNISDR (2016), esta gestión consiste en “la aplicación de políticas y estrategias de reducción del riesgo de desastres con el propósito de prevenir nuevos riesgos de desastres,

reducir los riesgos de desastres existentes y gestionar el riesgo residual, contribuyendo con ello al fortalecimiento de la resiliencia y a la reducción de las pérdidas por desastres”.

El crecimiento repentino de la población en combinación con falta de planificación que muchas ciudades enfrentan con el fracaso de las autoridades urbanas para regular normas de construcción y reglamentos de uso y ocupación de suelo son factores que ayudan al aumento de la vulnerabilidad de la población urbana. Los eventos extremos por amenazas naturales empeoran por estos riesgos causados por las actividades humanas, por lo que la urbanización aumenta la exposición de personas y sus bienes frente a amenazas y crea nuevos patrones de riesgo, por lo que la gestión de los desastres en las zonas urbanas resulta compleja (PNUD, 2004).

Las zonas urbanas también pueden ofrecer oportunidades para reducir los riesgos ya que suelen ser los motores económicos de los países y los centros de la actividad intelectual, política, comercial y financiera. De hecho, el potencial de una ciudad bien gestionada para influir en la mejora de la gestión de riesgos es enorme. Estos avances pueden lograr a través de economías de escala y de infraestructura y servicios de reducción de riesgos, como saneamiento, drenaje, recolección de residuos, servicios sanitarios y de emergencia, o mediante el uso del alto nivel de experiencia y conocimiento técnico a menudo detentan las ciudades (PNUD, 2004).

3.6 TRABAJOS RELACIONADOS SOBRE RIESGOS

La dinámica eco-hidrológica consiste en la relación funcional entre hidrología, sistemas acuáticos y biota en escala de cuenca. Romero (2016) estudio la dinámica eco-hidrológica en la Cuenca de Rio Monjolinho, Sao Carlos – SP. El modelo utilizado fue SWMM (Storm Water Management Model). El modelo indicó que la Fuente de Vale de la cuenca del Rio Monjolinho presenta un alto riesgo de contaminación, además, con peligro de inundaciones. Los resultados demuestran áreas impropias para la ocupación y sujetas a inundaciones y polución del agua.

Rotova (2014) propuso el Índice de Peligro (IP) y el Índice de Resiliencia (PWRI): IP trata con la vulnerabilidad de personas expuestas a raudales debido a inundaciones; PWRI tiene por objeto evaluar la resiliencia de una región con relación a eventos extremos hidrológicos. De acuerdo con literatura y el autor, **resiliencia** es evitar las consecuencias y perdidas de las inundaciones y no la misma, éstas son medidas no estructuradas. El modelo propuesto está compuesto por seis factores: el evento natural (amenaza), probabilidad de inundación

(vulnerabilidad), cantidad de personas expuestas (exposición), evaluación de medidas de prevención (antes), medidas de control directo (durante) y medidas de reconstrucción después del evento (después). Los factores de Amenaza, Vulnerabilidad y Exposición son obtenidos por modelos digital con datos de escurrimiento superficial y densidad poblacional, ya los factores Antes, Durante y Despues son obtenidos a partir de hipótesis.

El aumento de la ocupación de Fondo de Vale y el aumento de niveles de impermeabilización de suelo son los principales factores que contribuyen para las inundaciones. En la cuenca hidrográfica del Arroyo del Gregorio en el centro de São Carlos, Brasil, Almeida (2010) propuso un sistema de mapeamiento de riesgo que ofrece soporte dentro de un sistema de gestión de riesgo de inundaciones.

El planeamiento de uso de suelo en las márgenes del Río Atibaia y sus afluentes, Municipio de Atibaia (São Paulo), fueron estudiados por Silva (2013). Se realizó mapeamiento de las zonas de inundaciones por medio de análisis hidrológicas, para determinar la posibilidad de ocurrencia de evento, e hidráulica, para la delimitación de zonas de inundaciones. Los resultados fueron generados por medio de herramientas de geoprocесamiento donde se pudo visualizar áreas de riesgo. El autor comenta también la necesidad de una legislación más moderna y eficiente para limitar la ocupación de áreas de inundaciones.

3.7 MARCO LEGAL Y NORMATIVO RELACIONADO A GESTIÓN DE RIESGOS EN PARAGUAY

La Ley N. 3239 de los Recursos Hídricos del Paraguay "tiene por objeto la gestión sustentable e integral de todas las aguas y los territorios que la producen ". La Ley establece que las aguas superficiales y subterráneas son de propiedad de dominio público. Determina los objetivos básicos de La Política Nacional de los Recursos Hídricos, entre ellas establece instrumentar el aprovechamiento de los recursos hídricos a través de la unidad de gestión de cuenca, con orientación justa del desarrollo social, económico, cultural y demográfico. También coordinar, promover y definir acciones de organismos públicos y otros que tengan como objetivo la defensa de los predios y del ambiente contra efectos del cambio climático sobre las aguas, en especial las inundaciones. En el Capítulo IX establece la conservación y manejo de humedales, siendo este un factor importante que controla el ambiental como la retención de aguas superficiales, regulación de caudales, mitigación de las inundaciones, entre otros.

Paraguay ha ratificado la Ley 5681/16 que aprueba la Convención de París sobre Cambio Climático (en artículo 8), estableciendo cumplir con las acciones para reducir y afrontar los efectos del cambio climático, contribuyendo con el desarrollo a la reducción del riesgo de pérdidas y daños, también se compromete promover acciones para la resiliencia de las comunidades, los medios de vida y los ecosistemas.

La política incorpora dos grandes áreas estratégicas: Gestión de riesgo (GR) y Reducción de Riesgos de Desastres (RR). Incluye en sus acciones componentes de sostenibilidad, apuntando a mejorar la calidad de vida y la resiliencia en las diferentes comunidades del país. Busca integrar la gestión y reducción de riesgos de desastres en los procesos de desarrollo, en políticas y planes sectoriales e institucionales.

La SEN ha elaborado un Atlas de Riesgos de la República del Paraguay en el año 2018, en donde el Estado se compromete a la adopción de nuevos instrumentos internacionales para la erradicación de la pobreza, la protección ambiental, la reducción de riesgos y la resiliencia. Para la gestión y reducción de riesgos se ha desarrollado herramientas de políticas públicas, inversión para el fortalecimiento institucional, creación de estructuras de gestión y reducción de riesgos a nivel departamental, implementación de medidas de preparación y mejoramiento de sistema de alerta temprana, respuestas con criterios de mitigación, campañas de prevención y planificación.

El Atlas aborda diferentes orígenes identificadas en el país como las inundaciones, déficits hídricos (sequia), entre otros. Se presenta el análisis de vulnerabilidades socioeconómicas y físicas y de capacidades. Constituye una herramienta para generar políticas públicas y su inclusión en modelos de desarrollo en sectores como los de vivienda, ambiente, infraestructura y otros, con enfoque centrado en personas y comunidades.

El Plan Nacional de Mitigación ante el Cambio Climático y los Programa de Acción (2017) han establecido lineamientos de acción para la mitigación y adaptación al cambio climático, una de las líneas estratégicas transversales de acción de este Plan habla de la Gestión y Reducción de Riesgos.

El Manual de Carreteras del Paraguay, con nombre “Especificaciones Técnicas Ambientales Generales (ETAG`s)”, considera los efectos sobre la hidrología superficial, “las obras viales causan normalmente interrupción sobre el patrón de drenaje superficial, desviando o a veces hasta represando el flujo superficial laminar (escurrimiento) y el flujo superficial concentrado (escorrentía superficial), generando en consecuencia grandes raudales y de paso mucha erosión del suelo” por lo cual establece que las obras deben asegurar suficiente número

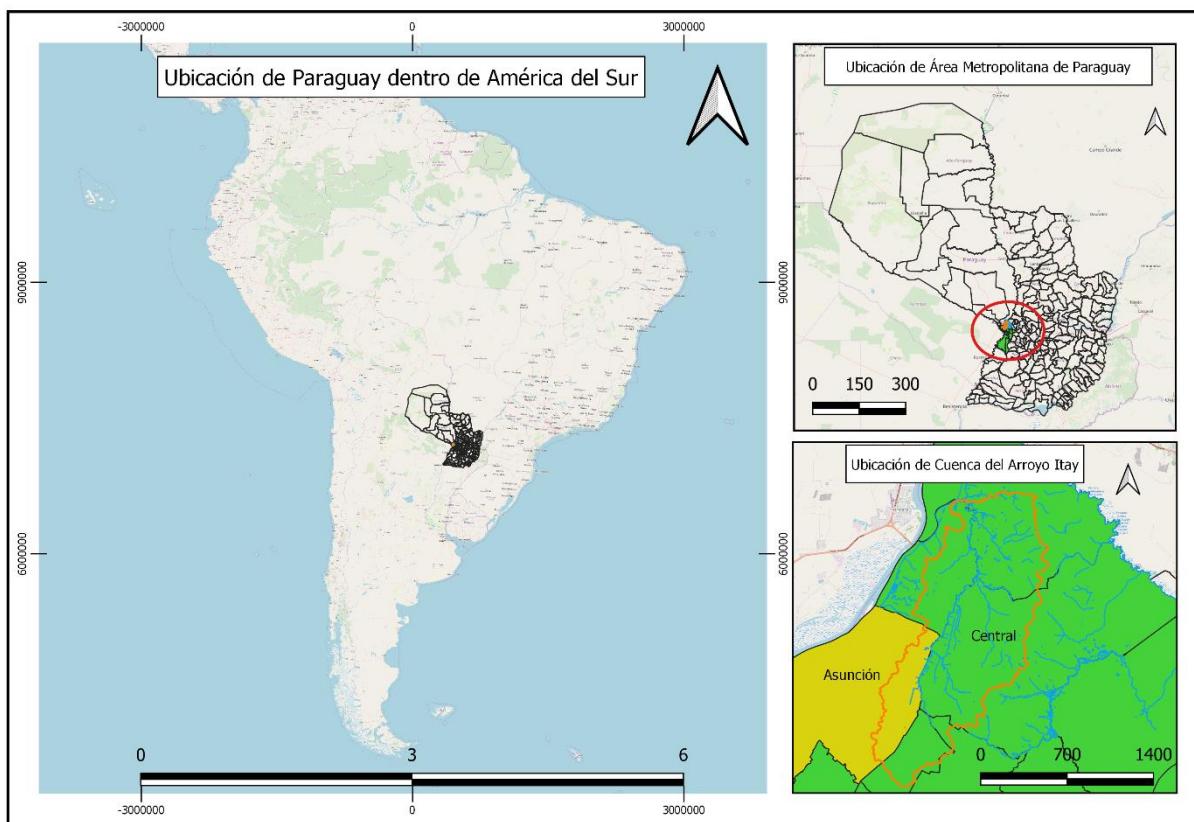
de obras de drenajes transversales para evitar la alteración de régimen de escorrentía superficial (MOPC, 2019).

4 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo es un estudio de caso en la cuenca media del Arroyo Itay. La superficie total de la cuenca hidrográfica es de 7.500 has y la zona mayormente poblada abarca un área de alrededor de 4.500 has.

La zona de estudio de la cuenca está localizada entre los Municipios de Asunción, Limpio, Luque y Mariano Roque Alonso. En la Figura 3 se puede observar la ubicación del área de estudio que queda en Departamento Central y Asunción la Capital de la Republica del Paraguay.

Figura 3: Ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

El municipio de Asunción abarca una extensión de 128.1 km², con una población total de 529.433 habitantes; Limpio abarca una extensión de 117 km², con una población total de 114.198 habitantes; Luque cuenta con 18.83 km² y un total de 244.484 habitantes; Mariano Roque Alonso cuenta con 50 km² y población de 89.223 habitantes (DGEEC, 2012).

En el presente trabajo, se realizó una revisión sobre casos de inundación en la cuenca media del Itay desde el año 2017 hasta el 2019, con el objetivo de explorar las causas, sus impactos y los aspectos relacionados con el riesgo. Para esto, se incluirán en la evaluación todos

los factores que tengan un impacto directo en la dinámica de inundaciones urbanas, como crecimiento urbano, uso del suelo y características socioeconómicas de la población.

Teniendo en cuenta los puntos levantados por la Dirección General Socio Ambiental (DGSA) en la última crecida del arroyo ocurrido en mayo del corriente año, se tomó el punto más alejado del cauce del arroyo y se utilizó esa cota para delimitar el área donde llegó el agua. La población del área afectada fue caracterizada por medio de datos socioeconómicos y accesos a servicios básicos de la Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos (DGEEC), Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay (ESSAP) y la OMS.

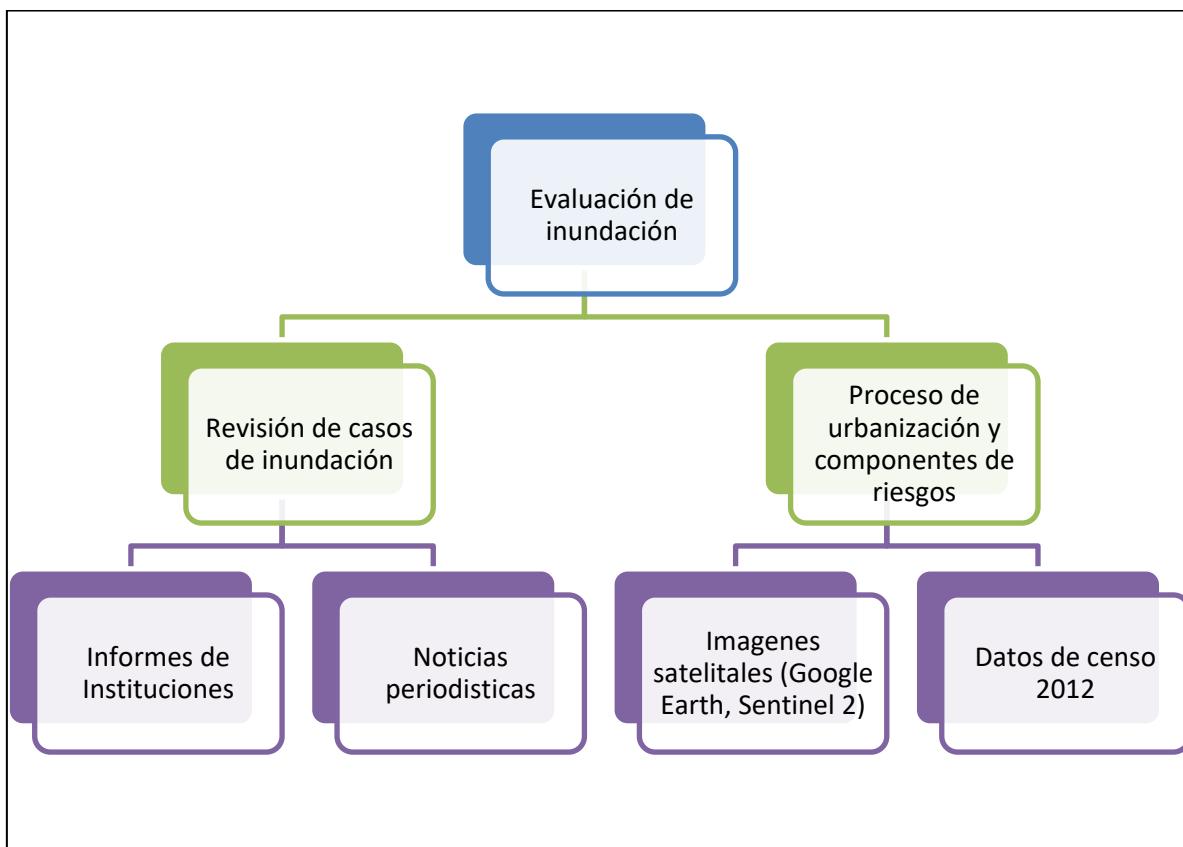
Para conocer los problemas que causa la crecida del arroyo Itay para la población, se evaluó noticias y entrevistas a pobladores hechas por la prensa nacional, en forma de periódicos y programas de noticias por TV. También se realizó un levantamiento de datos hechas por la DGSA, entre otros estudios realizados por empresas privadas para Estudio de Impacto Ambiental elaborados para proyectos ejecutados en la zona.

Para evaluar el proceso de urbanización se utilizó imágenes satelitales de *Google Earth* y se elaboró un mapa de uso y ocupación de suelo para conocer la situación actual del área de estudio, a través de imagen satelital de la NASA (sentinel 2) procesada con el programa QGIS.

Con base en los datos obtenidos, se realizó una evaluación de los componentes de riesgo de inundación en la cuenca media del Itay. Para la amenaza se analizaron los diferentes relatos recogidos de los periódicos y noticias con una evaluación de la precipitación obtenida con datos de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (DINAC). Para la exposición se evaluaron la población, viviendas y elementos de educación como escuelas y colegios. Para la vulnerabilidad se analizaron las condiciones de ocupación de terrenos, características de la población expuesta.

En la Figura 4 se puede observar el resumen de materiales y métodos.

Figura 4: Flujograma de Materiales y Método.



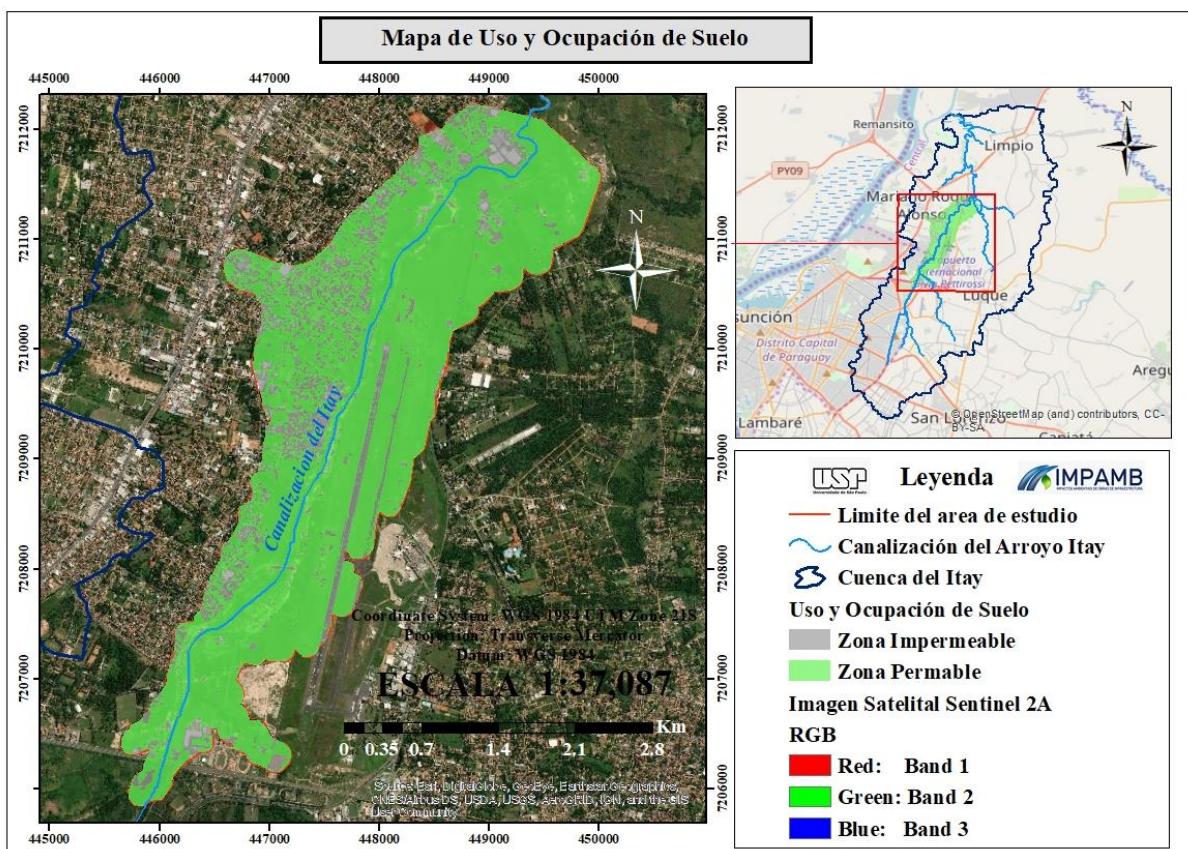
Fuente: Elaboración propia.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 CARACTERIZACIÓN DE USO Y OCUPACIÓN DE SUELO

En la Figura 5 se observa el uso y ocupación del suelo en el área de estudio, en donde el área permeable es de 777,89 ha (83,81%) y el área impermeabilizada es de 150,25 ha (16,18%). Fue encontrada mayor área permeable, éstas constituyen viviendas, rutas, calles, edificios y para las áreas impermeables se consideraron las áreas verdes y las zonas de suelo expuesto. El predio que corresponde al aeropuerto y es la zona con mayor área permeable.

Figura 5: Mapa de Uso y Ocupación de Suelo.



En Paraguay los Municipios deben contar con un Plan Regulador, este plan cuenta con normas que establecen área central, áreas de residenciales, áreas comerciales y de servicios, áreas industriales, áreas de transición, áreas de usos específico, franjas mixtas y zonas especiales, entre otros (STP, 2018). El Municipio de Asunción cuenta con un Plan Regulador desde 1993. Para la Ciudad de Luque cuenta con un Plan de Ordenamiento Territorial desde el año 2011. Mientras que el Municipio de Mariano Roque Alonso en el 2019 no cuenta con un Plan Regulador aprobado, esta está siendo elaborado y se encuentra en proceso de aprobación.

5.2 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es la cuenca media del arroyo Itay, el arroyo atraviesa por el terreno perteneciente a la (DINAC), en donde opera el Aeropuerto Internacional Silvio Petirrossi, que fue inaugurado en el 1980 y sigue operando hasta la fecha. El predio del aeropuerto recibe caudales de escorrentía proveniente de barrios al Este, la pista de aterrizaje se inunda periódicamente, esto se debe a los desniveles de remanso del arroyo Itay.

La cuenca del arroyo Itay comprende varias subcuenca en zonas urbanas y semiurbanas, la subcuenca principal corresponde al canal artificial a lo largo de la Avenida Madame Lynch, que es depositado posteriormente hasta la zona del aeropuerto. Desde este punto recibe aporte importante desde la cuenca del barrio Salvador del Mundo, margen izquierda y derecha del parque Ñu Guazú, Aviación Militar y por la margen derecha recibe el aporte del arroyo Itay.

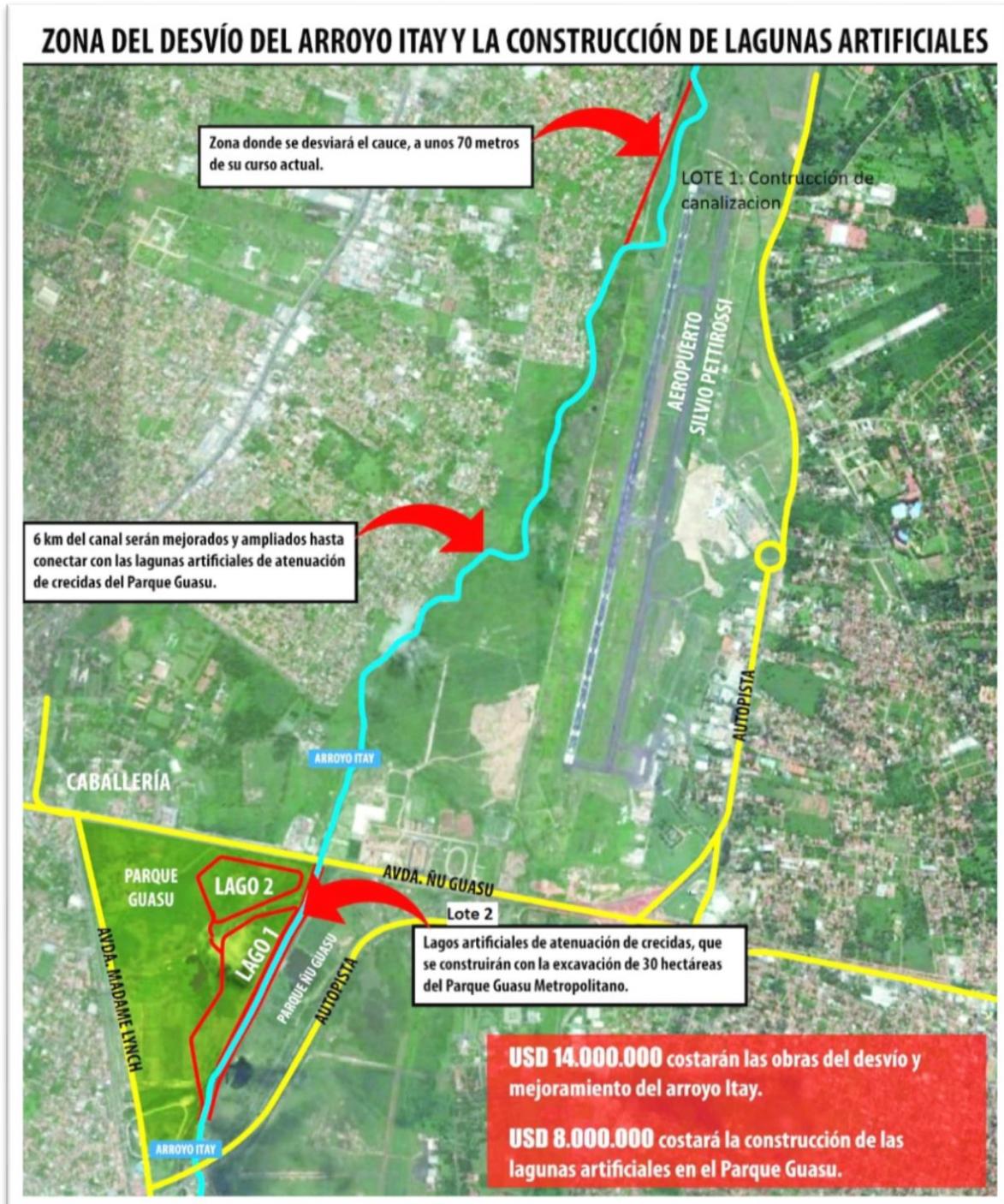
En cuanto a la urbanización en la zona, la llanura de inundación del arroyo Itay está ocupada y el desborde del Arroyo Itay es histórico. Las inundaciones afectan a 15.000 familias, lo que equivale a aproximadamente 75.000 personas asentadas aguas abajo, en zonas de Asunción, Luque, Mariano Roque Alonso y Limpio.

Existen diversas acciones que el MOPC realiza para atenuar los impactos de las inundaciones en la zona de influencia del Arroyo Itay. Realizó una intervención de 6.120 metros, desde avenida Ñu Guazú hasta la finalización del aeropuerto, que implico en medidas para salvaguardar a la población que se ubica en esta zona con el objetivo de mejorar la calidad de vida.

Los trabajos correspondientes al lote 1 de la licitación del MOPC, contemplaron la construcción de puentes vehiculares para la conexión de ambas márgenes, muros de piedra y/o gaviones para la protección, mejoramiento del talud del cauce existente y del desagüe pluvial de la pista de aterrizaje del aeropuerto Silvio Pettirossi. También fue implementada una arborización en la zona de influencia del arroyo.

Las obras del lote 2 de la licitación del MOPC, comprende en la construcción de las áreas de retención temporal en el Parque Guazú, que todavía no fueron implementadas. Éstas fueron diseñadas para complementarse con el arroyo Itay, integrando un sistema que funcione integralmente para evitar así las inundaciones producida con cada lluvia importante. La Figura 6 presenta las obras en la zona del aeropuerto.

Figura 6: Obras en la zona del Aeropuerto Internacional Silvio Petirrossi.



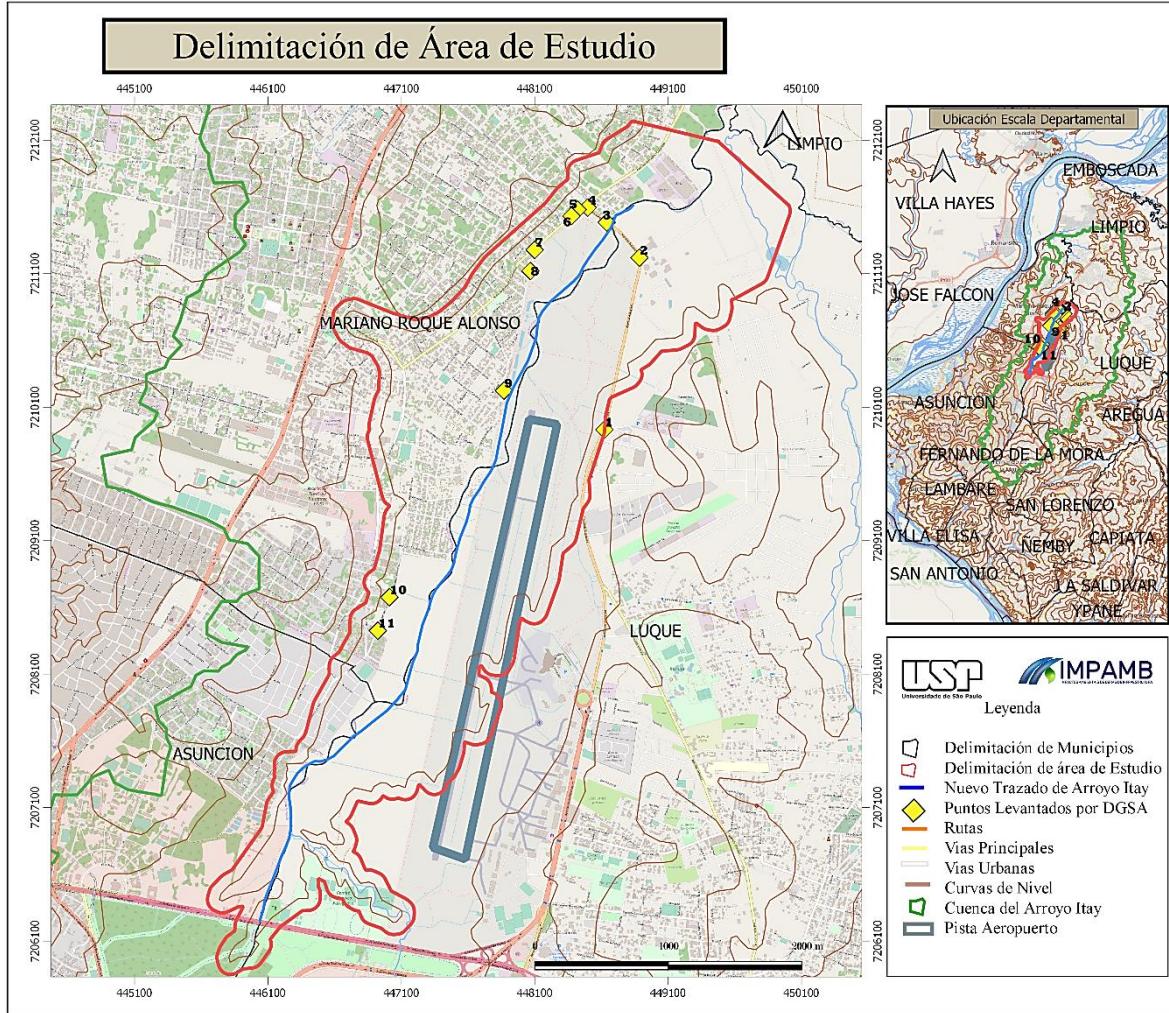
Fuente: MOPC (2016).

5.3 DELIMITACIÓN DE AREA POTENCIALMENTE INUNDABLE

La Figura 7 se puede visualizar la delimitación del área de estudio considerada potencialmente inundable, con base en la última crecida del arroyo ocurrido en mayo de 2019

que llegó hasta la cota 80 m, 11 puntos fueron levantados en el informe de la DGSA. Esta área comprende la población potencialmente afectada por la inundación para este estudio.

Figura 7: Delimitación de área de estudio.

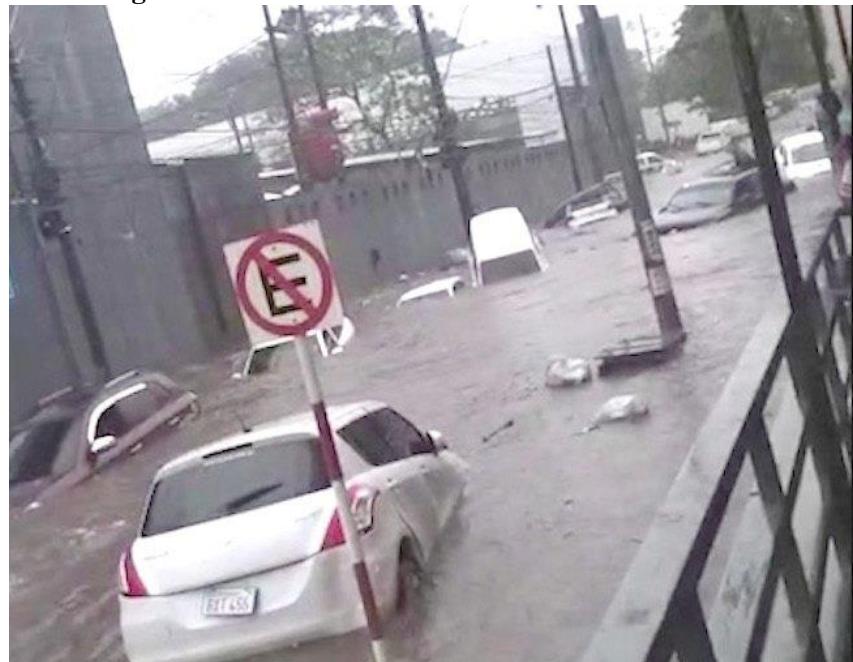


Fuente: Elaboración propia.

Fueron colectados 11 puntos por la DGSA, estos puntos fueron relevados después de 24 horas de haber sucedido la lluvia. El evento sucedió en fecha 10 de mayo del 2019, según informes de la prensa local, la lluvia que duró 30 minutos causó inundaciones en diferentes puntos de Asunción y área metropolitana destrozos y pánico, en la Figura 8 se puede observar un punto de la Ciudad de Asunción que sufrió la inundación, las personas quedaron atrapadas en sus vehículos y algunos automóviles fueron arrastrados. Las estructuras de las ciudades no

dieron abasto como es el caso de los sumideros y los diferentes arroyos desbordaron. Según datos de la DINAC cayeron 78,8 mm en este tiempo, la más grande registrada en el año.

Figura 8: Ciudad de Asunción en lluvia del 10/05/2019



Fuente: Diario Crónica (2019).

Las fotografías tomadas por la DGSA fueron posterior al agua volver a su nivel normal, por lo que a modo de visualizar la gravedad de la inundación se coloca unas fotografías del mismo punto sacadas por Martínez y Gaete (2014), estas imágenes fueron captadas minutos después de lluvia parar.

Punto 1

En este punto el agua llegó hasta el cercado del aeropuerto, el agua llegó a extravasar hasta parte del asfalto. Las Figuras 9 y 10 muestran la situación en el punto 1.

Figura 9: Parada de Taxi



Fuente: DGSA (2019).

Figura 10: Pista de aterrizaje



Fuente: Martínez y Gaete (2014).

Punto 2

Este punto queda en el Municipio de Mariano Roque Alonso, a partir de entrevista colectada el agua llegó hasta el borde de la ruta que se puede observar en la Figura 11.

Figura 11: Parada de Taxi



Fuente: DGSA (2019)

Punto 3

En las Figuras 12, 13, 14 se puede observar el punto de colecta N. 3, está localizado en el Municipio de Mariano Roque Alonso, el agua llegó a extravasar el puente localizado en esta zona.

Figura 12: Puente sobre Arroyo Itay



Figura 13: Predio del Aeropuerto



Figura 14: Viviendas ubicadas lado opuesto



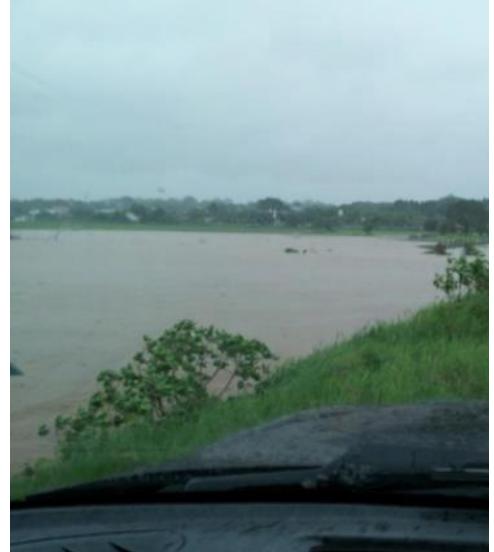
Fuente: DGSA (2019).

En las Figuras 15 y 16 se puede el mismo puente en el año 2014 a minutos de la precipitación terminar.

Figura 15: Puente lado viviendas
26/02/2014



Figura 16: Puente hacia predio del aeropuerto 26/02/2014



Fuente: Martínez; Gaete (2014).

Punto 4

En este se encuentran casillas construidas precariamente para la venta de diversos productos, los ocupantes provienen de otros Barrios de la Ciudad. El agua llegó a ocupar algunos centímetros de la construcción. Los locales afectados se pueden observar en las Figuras 17 y 18.

Figura 17: Casilla Lado opuesto al cercado del aeropuerto.



Figura 18: Casilla Lado opuesto al cercado del aeropuerto.



Fuente: DGSA (2019).

Punto 5

Según entrevistas a los taxistas presentes en el lugar, el agua llegó a unos 10 cm, producto de una intensa lluvia. En la Figura 19 se observa la parada de taxi.

Figura 19: Parada de Taxi



Fuente: DGSA (2019).

Punto 6

En este punto el agua llegó a unos 10 cm la altura del agua, según entrevista con la dueña de la casilla. En la Figura 20 se puede observar ocupación de una casilla al borde del predio del aeropuerto.

Figura 20: Casilla al costado del cercado del aeropuerto



Fuente: DGSA (2019).

Punto 7

En las Figuras 21 y 22 se puede observar la instalación de un asentamiento de ocupación irregular, este predio corresponde a un espacio entre la ruta y el cercado del Aeropuerto, en este punto el agua puede llegar hasta medio metro de altura según pobladores de este.

Figura 21: Asentamiento 1 al costado de la cerca del aeropuerto.



Figura 22: Predio del aeropuerto y asentamiento 1.



Fuente: DGSA (2019).

Las Figuras 23 y 24 fueron tomadas en 2014 a costados del asentamiento 1.

Figura 23: Asentamiento 1 al costado de la cerca del aeropuerto.



Figura 24: Predio del aeropuerto y asentamiento 1.



Fuente: Martínez y Gaete (2014).

Punto 8

Las construcciones dentro del asentamiento son casas de materiales y la población ya se encuentra establecido desde varios años, así como se puede apreciar en la Figura 25.

Figura 25: Asentamiento 1 al costado de cercado del aeropuerto.

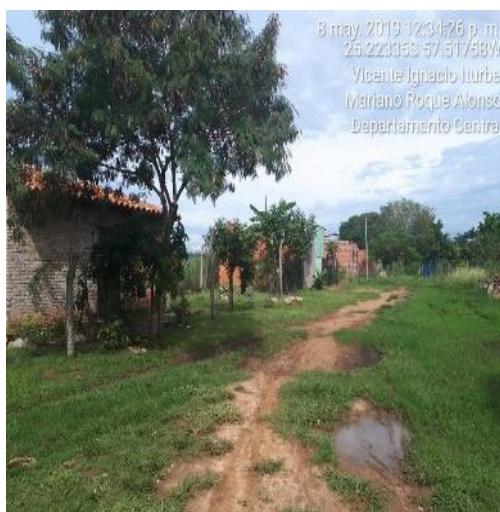


Fuente: DGSA (2019)

Punto 9

El asentamiento observado en la Figura 26 es una de las más afectadas en cada temporal. En el 2014 antes de la construcción el agua llegaba hasta 1 metro de altura, esto se puede observar en la Figura 27.

Figura 26: Núcleo de Asentamiento 2 al costado de cercado del aeropuerto.



Fuente: DGSA (2019).

Figura 27: Nivel de inundación



Fuente: Martínez y Gaete (2014).

Punto 10

En la Figura 28 se puede visualizar viviendas de un asentamiento con estructuras precarias, intentan adaptar sus casas para que el agua cuando llega no afecte demasiado a todo lo que tienen.

Figura 28: Asentamiento 3 al costado de cercado del aeropuerto.



Fuente: DGSA (2019)

Punto 11

En las Figuras 29 y 30 se puede observar un asentamiento de varios años de ocupación, las casas ya son de mampostería. Quedan al borde del cercado perimetral del aeropuerto, sufren en cada lluvia por la inundación.

Figura 29: Asentamiento 4 al costado de la cerca del aeropuerto.



Figura 30: Predio del aeropuerto y asentamiento 4.



Fuente: DGSA (2019).

5.4 PROBLEMA DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA DEL ARROYO ITAY

Para conocer la problemática de inundación del Arroyo Itay se presenta la recopilación de las noticias más destacadas en los diferentes medios de comunicación, estos acontecimientos no se limitan al área de estudio, si no a la cuenca del arroyo. Esta representación se dividió en dos partes, la primera antes de las obras de mejora en la zona del aeropuerto realizado por el MOPC y los problemas de inundación posterior las obras de mejora del cauce.

5.4.1 Noticias periodísticas sobre la inundación antes de obras de mejora en el cauce del arroyo Itay

El arroyo Itay es el curso de agua que mayor problema causa a los Municipios y las Instituciones del Estado que se encargan del riesgo de inundación.

En la fecha **10/04/2017**, una fuerte lluvia hizo que se desbordada el arroyo Itay, una persona intentó cruzar el arroyo para lograr llegar a su vivienda y fue arrastrado por el mismo.

Según indicaron los pobladores del asentamiento La Amistad, consideran que el cauce normalmente no representa peligro para los pobladores, pero con las intensas lluvias el volumen de agua sube a niveles que imposibilitaban el tránsito de las personas. En la Figura 31 se puede ver a puente que permite el acceso al asentamiento.

Figura 31: Puente de acceso a asentamiento.



Fuente: ABC Color.

En la fecha **13/11/2017**, pobladores de la Fracción El Bosque de la ciudad de Limpio, afectados continuamente por el desborde del arroyo Itay, solicitaron la construcción de la Laguna de atenuación en el parque Guazú. Indicaron que “en el 2015 las aguas llegaron a

alcanzar la altura de los techos de las viviendas”, por lo que creen que una buena canalización evitaría esta situación. Las Figuras 32 y 33 muestran la situación de Limpio en una crecida.

Figura 32: Pobladores de Limpio en una crecida



Figura 33: Pobladores en las calles de la ciudad de Limpio



Fuente: iagua.

En la fecha **16/03/2018**, con el nuevo proyecto de mejora del cauce del arroyo Itay, el MOPC realiza un trabajo de limpieza, donde se retiraron residuos sólidos, sedimentos, ramas y entre otros. Fue realizado en las zonas de la ciudad e Limpio y Mariano Roque Alonso. El objetivo era devolverle al cauce anchura y profundidad para aliviar temporalmente las consecuencias de las inundaciones. La Figura 34 muestra el proceso de limpieza del Itay.

Figura 34: Limpieza del cauce del arroyo Itay.



Fuente: Diario la Nación.

5.4.2 Noticias periodísticas sobre la inundación después de las obras de mejora

En la fecha **05/04/2019** la casa de 700 familias quedó bajo agua en el Barrio El Palmar de Limpio, tras unas 3 horas de lluvia lo que significó unos 44 mm. Según poblador entrevistado

“en cada lluvia se inundan, que no es una inundación permanente y en cada lluvia llega muchísima agua”, al borde del arroyo existen construcciones que llenan el área que corresponde al arroyo, convirtiendo en un cuello de botella. En las Figuras 35 y 36 se pueden observar la inundación de las viviendas y residuos de la construcción civil.

Figura 35: Imagen de Barrio afectado



Figura 36: Residuo de la Construcción civil dentro del cauce hídrico.



Fuente: ABC TV Paraguay.

En la fecha **11/05/2019** en una lluvia de 30 minutos con una precipitación de 78,8 mm, el cauce se desborda causando destrozos por todas partes. En zonas Metropolitanas de Asunción y Ciudades como Limpio, como se puede ver en las Figuras 37 y 38.

Figura 37: Vehículos Arrastrados por el desborde



Figura 38: Ciudadano de la Ciudad de Limpio en su Patio



Fuente: Diario Crónica.

En la fecha 13/05/2019 pobladores de los diferentes barrios solicitan solución a las constes crecidas y desborde del Arroyo Itay como los Barrios El Bosque, El Palmar y San Marcos de Limpios. “El arroyo Itay tiene un caudal bastante importante en cada precipitación. Y es por este motivo que desbordó sobre la avenida Madame Lynch” indicó el concejal Municipal Nenecho Rodriguez, representante de la Municipalidad de Asunción para negociaciones con el MOPC para la construcción de la laguna de atenuación. La Figura 39 muestra la situación de una vivienda después de un evento de inundación.

Figura 39: Situación de vivienda después de inundación.



Fuente: Ultima Hora.

En la fecha 12/06/2019 pobladores solicitan laguna de atenuación, según indicaron el Arroyo Itay adquiere un caudaloso torrente en cada precipitación y rebasa por completo los muros con que cuenta en su tramo por Asunción, Fernando de la Mora, Luque, Mariano Roque Alonso y Limpio. Según informe los pobladores deben juntar sus pertenencias y colocar en el lugar más alto de su casa, además de ver la forma de proteger colchones y frazadas en cada amenaza de lluvia. Además de que al terminar la tormenta deben sacar gran cantidad de residuos de dentro de sus casas. La Figura 40 presenta la situación del arroyo Itay sin lluvias.

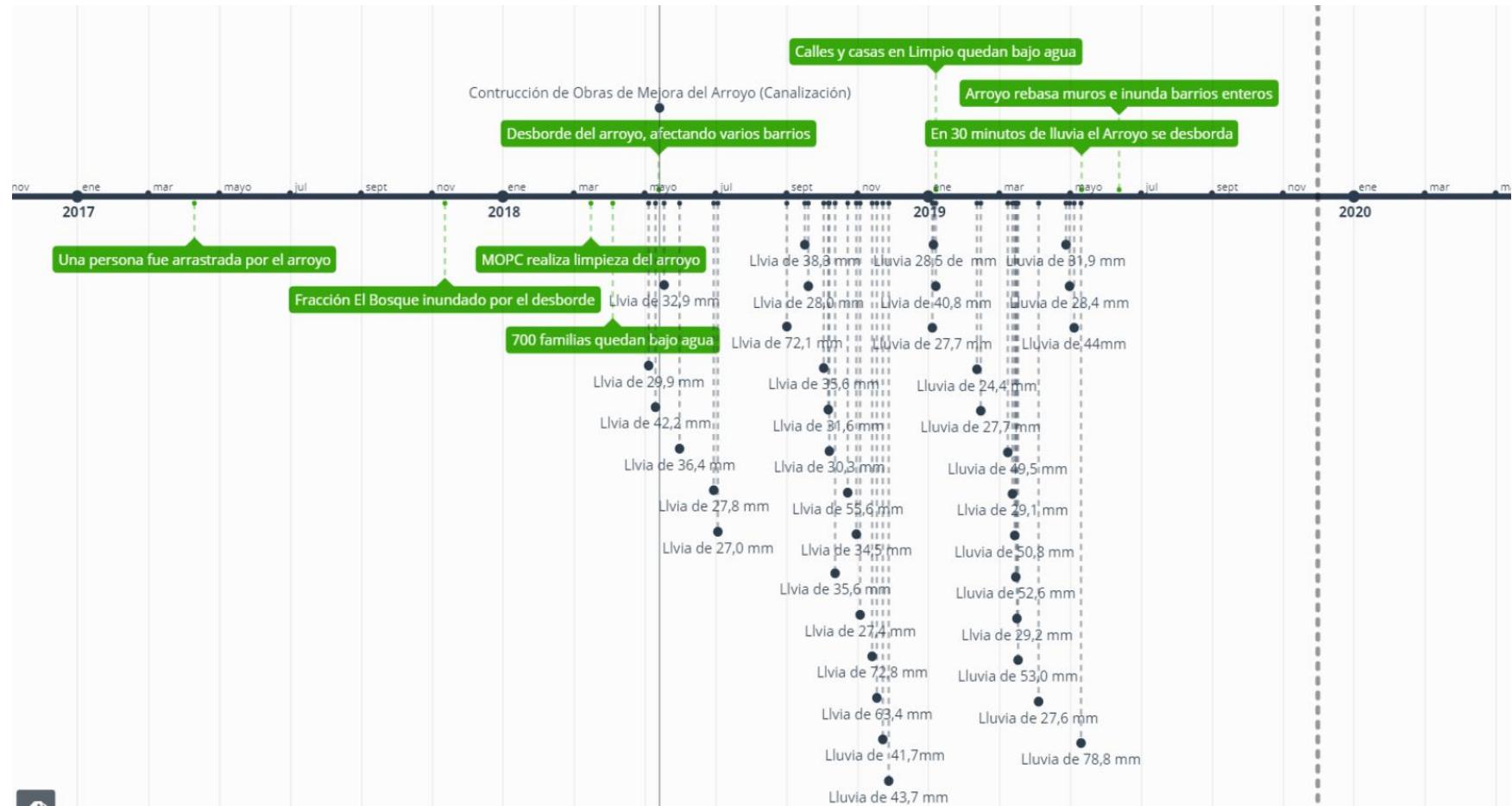
Figura 40: Arroyo Itay sin lluvias.



Fuente: Ultima Hora.

En la Figura 41 se puede observar una línea de tiempo de los eventos de precipitación a partir de mayo del 2018 y hasta junio del 2019, también se puede visualizar las noticias de inundación recogidas.

Figura 41: Línea de tiempo de noticias de inundación y precipitación registrada

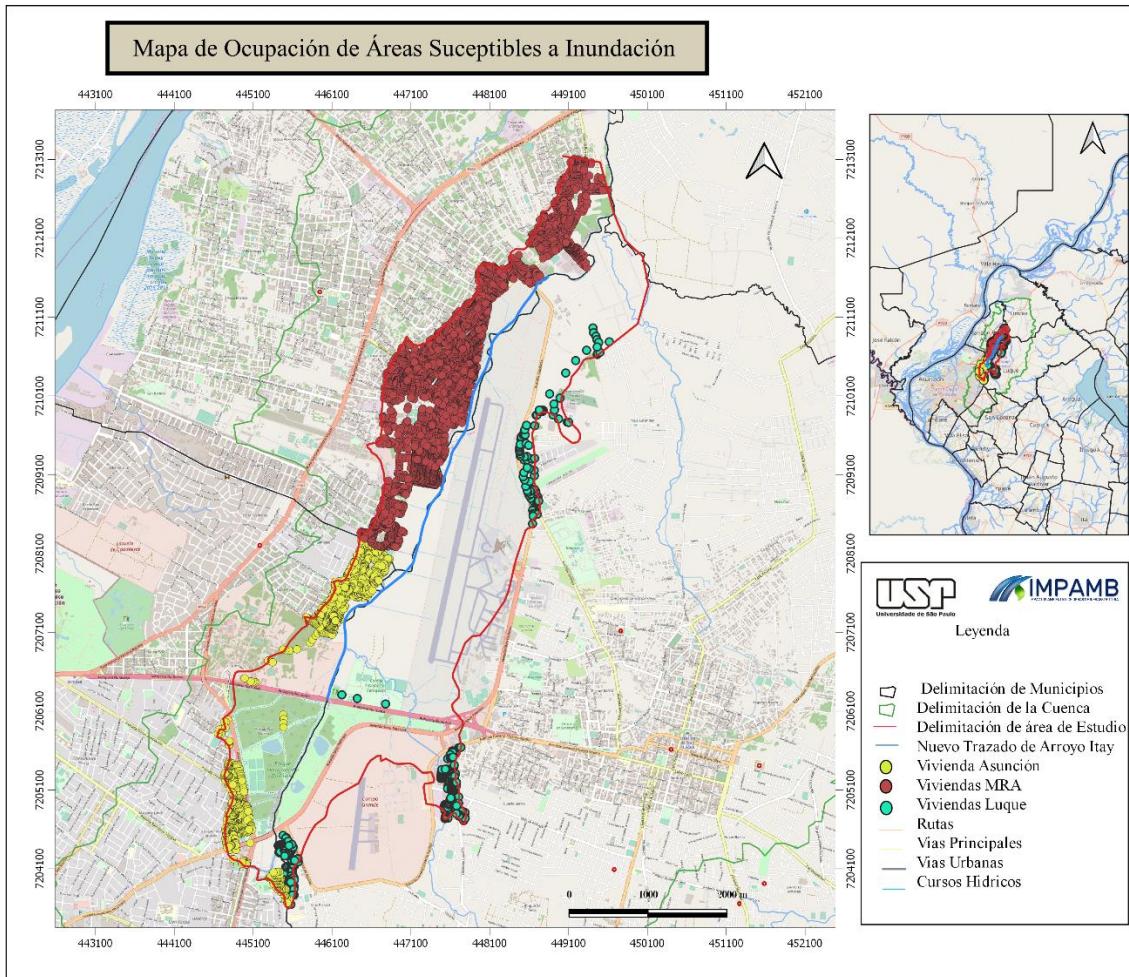


Fuente: Elaboración propia.

5.5 CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

En la Figura 42 se puede observar las viviendas que ocupan el área de estudio, este mapa ha sido utilizado para conocer las características de la población, ya que cuentan con los datos proveídos por la DGEEC.

Figura 42: Viviendas en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

La población de los municipios cuenta con el 98% tiene acceso a agua potable corriente proveída por la ESSAP S.A., para la cobertura de alcantarillado sanitario es de alrededor de 12% (ESSAP, 2012).

En cuanto a recolección de residuos, el Municipio de Asunción cuenta con el 98% de la población con servicio, en cuanto para los municipios de Mariano Roque Alonso, Luque y Limpio cuenta con el 51%.

Para la evaluación de la población dentro del área considerada potencialmente inundable, se encontró que para el Municipio de Luque existente 18 viviendas con población total de 37 personas de los cuales 17 son mujeres y 20 son varones. En la ciudad de Asunción se encontró 442 viviendas y 1.646 habitantes, en donde 843 son mujeres y 803 son varones. Para Mariano Roque Alonso hay un total de 2.867 viviendas con 10.481 habitantes, de los cuales 5.268 son mujeres y 5.213 son varones. Por lo tanto, en total encontramos **12.164 habitantes** en el área de estudio.

El tipo de vivienda encontrada en el área de estudio es de tipo 1 (indicadores utilizado en el censo 2012. DGEEC), son casas unifamiliares. Según la descripción de principales indicadores de vivienda de la DGEEC, esta es un “edificio construido con material duradero, generalmente de ladrillo cocido, cemento o madera, estructuralmente independiente, con salida directa a la calle, camino o sendero”

En cuanto a la situación legal de la tenencia de la vivienda como se muestra en la Tabla 1 para la ciudad de Asunción la tenencia de tipo 1 representan el 57% y de tipo 2 el 31%, éstas son las que el propio Municipio autoriza su ocupación y las que son ocupadas en tierras del Estado son 19%. Para la Ciudad de Mariano Roque Alonso del tipo 1 representa 57% y tipo 2 29 %, la ocupación de terrenos fiscales representa el 4%. Para la Ciudad de Luque el tipo 1 representa el 39 %, tipo 2 representa 11% y de tipo 4 que cuentan con título de propiedad en conjunto es de 44 % y no cuenta con ocupaciones de terrenos fiscales o ilegales.

Tabla 1: Situación de las viviendas en los municipios de la cuenca media del Itay.

Situación de las viviendas	Ciudad de Asunción	Mariano Roque Alonso	Luque
1 - Con tenencia de título legal	252	1.628	7
2 – Sin título de propiedad, pero está en proceso de pago	136	850	2
3 – Con tenencia en conjunto	27	179	8
4 – Ocupan terrenos fiscales (estaduales o municipales)	19	122	0
5 – Alquiladas	5	59	1
6 – Cedido con consentimiento del propietario	1	9	0
7 – Ocupación ilegal	2	20	0
Total	442	2.897	18

Fuente: DGEEC, 2012.

5.6 ANÁLISIS DE COMPONENTES DE RIESGO

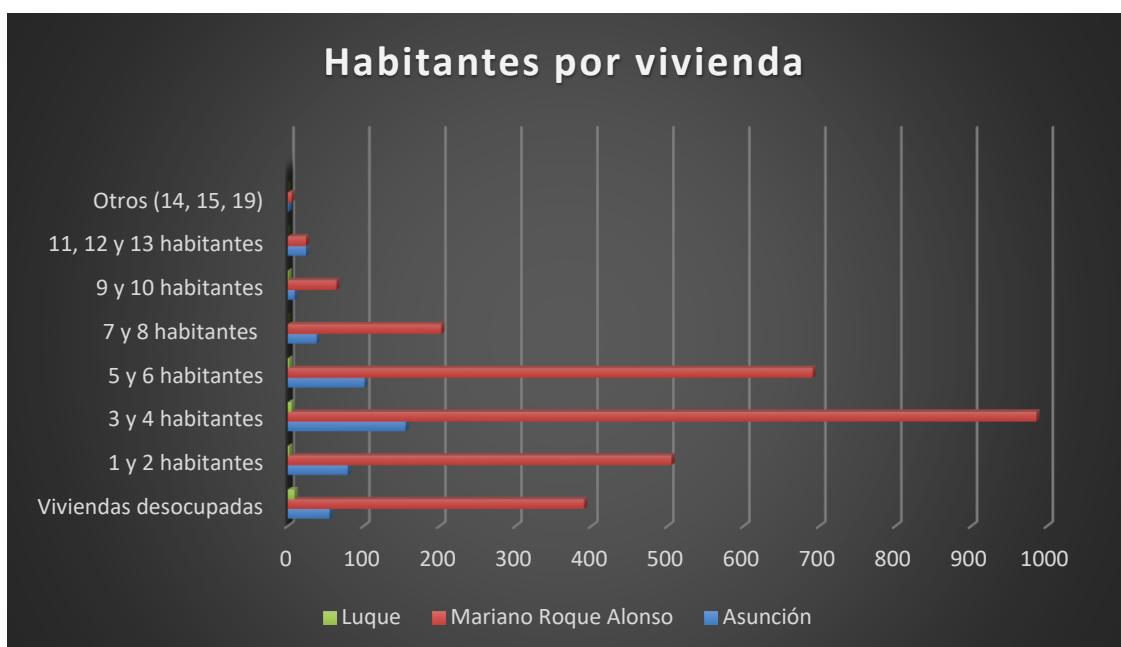
A partir del análisis de las informaciones colectadas hemos considerado que la amenaza a la que el área de estudio está expuesta es la inundación pluvial, las ocurrencias de inundación coincide con la precipitación alrededor de 30 mm.

Los elementos expuestos son: la población, descrita en el ítem 5.5 en detalle; las viviendas que se encuentran dentro del área de estudio; y estructuras de educación, dentro del área de estudio se encuentra dos Escuelas, la Escuela Inmaculada Concepción y la Escuela Básica Renacer.

Por lo tanto, 12.164 habitantes están expuestos a la amenaza de las inundaciones, viviendo en 3.327 viviendas que se encuentran dentro del área de estudio.

En cuanto a densidad demográfico, en la Figura 43 se puede visualizar que las viviendas para la ciudad de Asunción en un 88% de las viviendas está ocupada, para la ciudad de Mariano Roque Alonso está ocupada en un 86% y para la ciudad de Luque en un 53%. Se ha encontrado que las viviendas con 3 y 4 habitantes son las que se encuentran con mayor número en el área de estudio, seguida por los que son ocupadas por 5 y 6 habitantes por vivienda, representando estas dos con 45% de las viviendas. También se puede destacar que las casas con mayor población por vivienda están distribuidas por el área de estudio.

Figura 43: Cantidad de habitantes por viviendas.



Fuente: DGEEC, 2012.

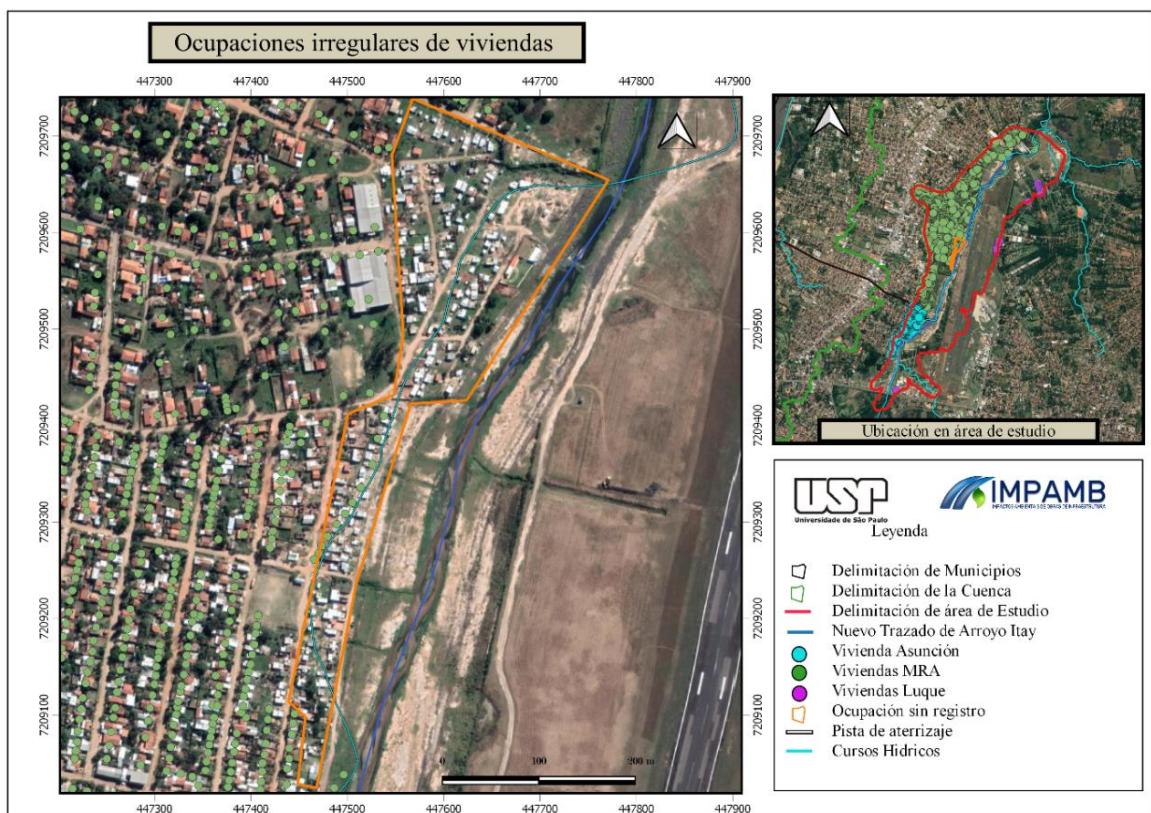
Cuando analizamos las nuevas ocupaciones cercanas al arroyo, encontramos que estas se desarrollan principalmente en la Ciudad de Mariano Roque Alonso. Como se había descrito en el ítem 5.1 la ciudad de Mariano Roque Alonso en el año 2019 se encuentra en proceso de aprobación de su Plan Regulador, siendo esta una herramienta importante para evitar la ocupación de áreas de riesgo. Esto se evidencia con nuevas ocupaciones registradas al borde del arroyo en este municipio, en cuanto esta ocupación podemos observar en la Figura 44 que estas se iniciaron antes del desvío del curso natural del arroyo, intensificándose posterior al mismo como se puede visualizar en la Figura 45, ya que habilitó nueva área para el asentamiento de viviendas, estas ocupaciones no fueron registrados por el censo del 2012. Estas viviendas son altamente vulnerables a la inundación por la distancia que se encuentran del arroyo y por las precarias viviendas con que cuentan, además esta población no cuenta con servicios básicos como agua potable, alcantarillado sanitario, recolección de basura y otros.

Figura 44: Primeras viviendas ocupando al borde del arroyo Itay.



Fuente: Google Earth en fecha 19/12/2015.

Figura 45: Ocupaciones después de la canalización.



Fuente: Elaboración propia usando la imagen satelital Google Earth 2019.

6 CONCLUSIÓN

A partir de análisis de informaciones obtenidas para entender la propuesta de evaluación de la ocurrencia de inundaciones urbanas en la cuenca media del arroyo Itay (Asunción, Paraguay), sus causas e impactos sociales y económicos y analizar algunos componentes de riesgo de inundaciones se obtuvieron las siguientes conclusiones: la amenaza que afecta a la población que habita en el área de estudio es la inundación pluvial, que se presenta varias veces al año. Se pudo observar con el histórico de precipitaciones que la intensidad de la lluvia ha ido aumentando en estos últimos tiempos, haciendo que el cauce del arroyo Itay desborde con mayor frecuencia.

También se encontró nuevos grupos expuestos a la amenaza, en la zona en donde intervino el MOPC con obras para atenuar la inundación, específicamente el desvió del cauce natural del arroyo con canalización. Estos grupos son más vulnerables a sufrir inundaciones, ya que están ubicadas a pocos metros de la canalización del arroyo y encima del cauce natural, sus viviendas son muy precarias y son de bajos recursos económicos. Es importante resaltar que estas nuevas ocupaciones ocurren en el municipio de Mariano Roque Alonso, que hasta la fecha no cuenta con un plano regulador aprobado para uso y ocupación.

El área de estudio está sufriendo un proceso de impermeabilización por la alta ocupación en pocos años, además del aumento de la densidad poblacional.

Para finalizar, las inundaciones en la porción media del arroyo Itay demuestran un proceso de producción de espacio urbano que demuestra un modelo equivocado, desconsiderando las limitaciones del área donde se implantó, llevando la mayor exposición a determinados grupos sociales. Esto, hace que se exponga más a aquellos que no poseen capacidades de consumo de espacios menos susceptibles a la amenaza de inundaciones. Y justamente estos grupos, por ser definidos más vulnerables y expuestos, son proporcionalmente los más impactados ya que su capacidad de respuesta y recuperación son menores.

Se recomienda:

- En los nuevos proyectos de obras de infraestructura para minimizar impactos de inundaciones del arroyo Itay, encaradas por el MOPC, se debe considerar proyectos asociados que pueda evitar la ocupación de áreas de riesgo, como parques o área de recreación.
- Además de las infraestructuras para evitar la ocupación de áreas de riesgo también se debe tener en cuenta los enfoques comunitarios y promover mediante: sensibilización en

materia de amenazas, a través de la educación; la participación de la comunidad en el desarrollo del proyecto, en la adopción de decisiones y en la elección de diseño.

- Las Instituciones del Estado como el MOPC, SEN y Municipios deben trabajar en conjunto para que las soluciones que van a aplicar a la cuenca tengan los efectos deseados, ya que ahora los mismos trabajan de forma aislada para solucionar el problema y existen componentes que no fueron atendidos adecuadamente como es la ocupación de áreas de riesgo.
- Se recomienda la instalación de estaciones de medición para colectar datos como precipitación y mediciones de caudal. Además de actualizar las obras de drenaje en toda la cuenta. Esto posibilitará la elaboración de mapas de riesgo que sirvan de herramienta para la Gestión de Riesgo de inundación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABC TV Paraguay. Asunción, 5 abr. 2019. Disponible en: <https://www.lanacion.com.py/pais/2018/03/16/retiran-residuos-del-arroyo-itay-para-atenuar-inundaciones/>. Acceso em:1 nov. 2019.

ALMEIDA, Diogo Martino. Sistema de gestão de risco de inundações urbanas baseado em web mapping. São Carlos, 2010. 88 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade São Paulo, São Carlos, 2010.

BERTONI, Juan Carlos. Urbanización y drenaje urbano en Argentina. In: AMBROSINO, Silvio et al. Inundaciones Urbanas en Argentina. 1. ed. Argentina: Copyright by the authors, 2004. 254 p. cap. 3, p. 43-69.

BUENO, Ignacio Escuder et al. WP3 – Riesgo Residual y Análisis de Vulnerabilidad. Valencia, f. 189, 2010. 182 p. Monografía -Universidad Politécnica de Valencia.

CARRIQUIBORDE, Ignacio Rubio. Sociología del Riesgo: Marcos y Aplicaciones. 1. ed. Ciudad de México: D.R. 2018 Universidad Nacional Autónoma de México, 2018. 299 p.

CENAPRED. **Inundaciones**. 1. ed. México: CENAPRED, 2009. 38 p.

CLARÍN. BUENOS AIRES, 13 MAI. 2019. MUNDO. DISPONÍVEL EN: HTTPS://WWW.CLARIN.COM/MUNDO/INUNDACIONES-PARAGUAY-LLEGADA-FRIO-COMPLICA-FAMILIAS-DESPLAZADAS_0_GTPC3JCSS.HTML. ACCESO EN: 1 NOV. 2019.

CRUZ, Karime; DIAZ, Álvaro Javier; ESCOBAR, Yesid. Análisis de aspectos que incrementan el riesgo de inundación de Colombia. Manizales, 2013. 238p. Trabajo de Conclusión de Curso - Universidad de Caldas.

DESASTRES Naturais e Geotecnologias, Santa Maria, v. 1,01 01 2008. 38 p. Instituto de Pesquisas Espaciais.

DIARIO Crónica. Asunción, 11 Mai. 2019. Disponible en: <http://www.cronica.com.py/2019/05/11/30-minutos-area-metropolitana-colapso/>. Acceso en: 1 nov. 2019.

ESTACIO, Jairo et al. Propuesta Metodológica Análisis de Vulnerabilidades a nivel Municipal. Quito: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), 2012. 115 p.

EVALUACIÓN REGIONAL DE LOS SERVICIOS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. INFORME ANALÍTICO DE PARAGUAY / EVALUACIÓN 2002, Asunción, p. 57, 2002. Secretaría Técnica de Planificación.

GAVIRIA, Edna Margarita Rodríguez. Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa. Medellín, 2016. 367 p. Trabajo de Conclusión

de Curso (Doctor en Ingeniería-Recursos Hidráulicos) - Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2016.

GESTIÓN del Riesgo Urbano, Nueva York, 10 2010. 4 p. Buró de Prevención de Crisis y recuperación.

IAGUA. Asunción, 13 nov. 2017. Disponible en:
<https://www.iagua.es/noticias/mopc/ciudadanos-limpio-paraguay-siguen-aguardando-solucion-evitar-inundaciones>. Acceso en: 2 nov. 2019.

INFORME del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres, 1 12 2016. 39 p. Naciones Unidas Asamblea General.

INFORME Regional del Estado de la Vulnerabilidad y Riesgos de Desastres en Centroamérica. 2009. 196 p. UNISDR.

JUAN José Soto: Cortés. México, 2015. 149 p. Tese (Estudios Sociales) - Universidad Autónoma Metropolitana, México, 2015.

| LA NACIÓN. Asunción, 16 Mar. 2018. Disponible en:
<https://www.lanacion.com.py/pais/2018/03/16/retiran-residuos-del-arroyo-itay-para-atenuar-inundaciones/>. Acceso en: 4 nov. 2019.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. **Nueva Agenda Urbana**. Organización de las Naciones Unidas, 2016. 66 p.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Acción sanitaria en las crisis humanitarias: Inundaciones. Disponible en: <<https://www.who.int/hac/techguidance/ems/floods/es/>> Acceso en: 30 oct. 2019.

Organización Panamericana de la Salud. Hospitales seguros ante inundación. Washington: OPS, 2006. 108 p. (Mitigación de Desastres).

OROZCO, Juan Antonio López. Manejo Integral del Agua Pluvial en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Jiutepec, Morelos, 2013. 108 p. Tese (Ingeniería Civil-Hidráulica) - Universidad Nacional Autónoma de México.

PLAN Nacional de Agua Potable y Saneamiento, Paraguay, 08 2018. 78 p. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones -Dirección de Agua Potable Y saneamiento.

RIBEIRO, Laurinda José. Expansão Urbana e Derivações Ambientais sobre o Ribeirão Pirapitinga em Catalão (GO). Catalão, 2011. 202 p. Dissertação (Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2011.

RODRÍGUEZ, Jorge Mario Vera; CALDERÓN, Adriana Paola Albarracín. Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. Tolima, v. 27, 2017, p. 109-136. Monografía (Ciencia e Ingeniería Neogranadina) - Universidad de Tolima, Tolima, 2017.

ROLLNICK, Román; NAUDIN, Thierry. Informe Anual 2010. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT), p. 77, 2011.

ROMERO, Gustavo Bueno. **Dinâmica ecohidrológica de rios urbanos no contexto de gestão de riscos de desastres**. São Carlos, 2016. 100p. Dissertação (Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

ROTAVA, Jairo. **Índice de resiliência hídrica e de perigo para gestão do risco de inundações urbanas**. São Carlos 2014. 130 p. Dissertação (Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

SALINAS, Marco Antonio Salas; ESPINOSA, Martín Jiménez. Inundaciones. 1. ed. México. 53 p.

SAN MARTIN, Alejandro Lara. PERCEPCIÓN SOCIAL EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN UN ÁREA MEDITERRÁNEA (COSTA BRAVA, ESPAÑA). Costa Brava, 2013. 325 p. Tesis (PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS EXPERIMENTALES Y SOSTENIBILIDAD) - Universidad de Girona, Costa Brava, 2013.

SECRETARÍA DE EMERGENCIA NACIONAL. **Política Nacional de Gestión y Reducción de Riesgos de Desastres**. 2. ed. Asunción, 2018. 44 p.

SECRETARÍA DE EMERGENCIA NACIONAL. Atlas de Riesgos de Desastres de la República del Paraguay. 1. ed. Asunción. 182 p.

SILVA, Carla Voltarelli Franco da. Planejamento de uso e ocupação do solo urbano integrado ao mapeamento de áreas com risco de inundação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013. 166 p. Dissertação (Engenharia Hidráulica e Ambiental) - , São Paulo, 2013.

TASCA, Luciane. Planejamento Urbano e Regional: Especulação Imobiliária. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018. 17 p.

TUCCI, C.E.M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco 2005.

ULTIMA HORA. Asunción, 12 jun. 2019. Disponible en:
<https://www.ultimahora.com/claman-laguna-mitigacion-no-inundarse-desborde-del-itay-n2825101.html>. Acceso em: 2 nov. 2019.

ULTIMA HORA. Asunción, 13 Mai. 2019. Disponible en:
<https://www.ultimahora.com/barrios-limpio-inundados-desborde-del-arroyo-itay-n2819047.html>. Acceso em:4 nov. 2019

WILCHES, Gustavo. AUGE, CAÍDA Y LEVANTADA DE FELIPE PINILLO, MECÁNICO Y SOLDADOR O YO VOY A CORRER EL RIESGO: GUÍA DE LA RED PARA LA GESTIÓN LOCAL DEL RIESGO. Perú: La red, 1998. 99 p.