

## **Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana Del Yacuma (Beni, Bolivia)**

### ***Risk assessment and mitigation measures for flood events in the Municipality of Santa Ana Del Yacuma (Beni, Bolivia)***

Willman García F., Ysamar Suárez Lima, Estela Herbas B.

Departamento de Ciencias Exactas e Ingeniería, Carreara Ingeniería Ambiental, Universidad Católica Boliviana San Pablo, Calle M. Marques esq. Parque J. Trigo A., Cochabamba

garciaw@ucbcha.edu.bo

**Resumen:** En este documento se presenta un estudio de análisis de riesgos a eventos de inundación para proponer medidas de mitigación en el Municipio de Santa Ana del Yacuma, Beni, Bolivia. La zona de estudio, es una región de Bolivia afectada anualmente por eventos extremos de inundaciones con efectos negativos en el desarrollo, aspecto que se traduce en una amenaza constante para los habitantes que actualmente se encuentran en una situación vulnerable. El análisis y procesamiento se desarrolló mediante una metodología participativa de involucrados, que incluye a la población afectada, dirigentes de las comunidades, técnicos y autoridades municipales que posibilitaron la recolección de la información a partir de la percepción local, complementado con mapas con probabilidad de riesgos de inundaciones. Los resultados del análisis de riesgo determinan que el municipio de Santa Ana del Yacuma, se encuentra en un nivel de riesgo que fluctúa entre “muy alto”, “alto” y “medio” no encontrándose sectores con nivel de riesgo “bajo” o sin riesgo. Las medidas de mitigación para este riesgo latente y recurrente, se priorizaron según la zonificación del mapa de riesgos y el tiempo de su aplicación (inmediata, mediata y largo plazo), considerando también acciones estratégicas que fortalezcan la capacidad de coordinación de las autoridades y la resiliencia de la población en general.

**Palabras clave:** inundación, desastre, resiliencia, gestión del riesgo.

**Abstract:** This paper presents a study of risk analysis to flood events to propose mitigation measures in the municipality of Santa Ana del Yacuma, Beni, Bolivia. The study area is a region of Bolivia affected annually by extreme events of floods with negative effects on the development, aspect that is translated into a constant threat for the inhabitants that at the moment are in a vulnerable situation. The analysis and processing was developed through a participative stakeholder methodology, which includes the affected population, community leaders, technicians and municipal authorities that enabled the collection of information from local perception, complemented with maps with probability of risks of floods. The results of the risk analysis determine that the municipality of Santa

Ana del Yacuma is at a level of risk that fluctuates between "very high", "high" and "medium", with no sectors with "low" or without risk. The mitigation measures for this latent and recurrent risk were prioritized according to the zoning of the risk map and the time of its application (immediate, mediate and long term), also considering strategic actions that strengthen the coordination capacity of the authorities and the Resilience of the general population.

**Keywords:** flood, disaster, resilience, risk management.

## 1. Introducción

Los desastres naturales son eventos inevitables que ocurren con frecuencia en diferentes zonas y regiones del planeta, sin discriminar el nivel de desarrollo del lugar afectado. Es evidente que los países que cuentan con sistemas de alerta temprana y/o gestión del riesgo, pueden controlar y mitigar los impactos que causan estos eventos climáticos extremos, pero, existen también zonas vulnerables que no cuentan con estrategias de gestión del riesgo que coadyuven a prevenir y/o mitigar los impactos y efectos irreversibles del daño. Las regiones afectadas se ven limitadas, económica, social y ecológicamente por las pérdidas que ocasionan las inundaciones convirtiéndose en uno de los factores que expone a las poblaciones y ecosistemas a ser más vulnerables incrementando la pobreza [1].

En general, el territorio Boliviano está calificado como un área de alta variabilidad climática, debido a sus características de heterogeneidad fisiográfica (altiplano, alturas, valles, llanos), por lo tanto es una región de recurrentes eventos climáticos adversos, que se manifiestan de mayor o menor intensidad según la vulnerabilidad (exposición, fragilidad, resiliencia) del área afectada, traduciéndose en efectos negativos para el desarrollo socio-ambiental [3].

Las inundaciones en Bolivia son inevitables e indudablemente significan la mayor amenaza para las zonas bajas (Beni, Pando, Santa Cruz), más aun si no se cuenta con estrategias y planes de contingencia o lineamientos básicos para afrontar estos eventos climáticos. El riesgo de inundación se incrementa en áreas en las que se tiene un bajo nivel de desarrollo y capacidades, tomando en cuenta el modo de vida, las actividades de sustento, el tipo de construcciones estructurales y la falta de conocimiento poblacional respecto a las causas y efectos de las amenazas [7].

Dependiendo de su origen las inundaciones pueden ser pluviales/fluviales o costeras [10], siendo en el primer caso la principal causa el exceso de precipitaciones que aumenta el nivel de los ríos sobrepasando la capacidad de almacenamiento [16]. Sin embargo, los asentamientos humanos y otras intervenciones de carácter destructivo a los ecosistemas, incrementa la exposición a la amenaza de inundación y favorecen la intensificación de estos eventos. Las inundaciones pueden ser naturales, antrópicas y socio-naturales [8, 17].

En los departamentos de Beni y Santa Cruz son destacables las crecidas y desbordamientos de los ríos Beni y Mamoré, incluyendo los tributarios: Yacuma, Ibare, Ichilo, río Grande y su tributario Pirai, superando los niveles históricos de inundaciones en los últimos años los principales ríos del Beni. [4].

La prevención es un componente de la gestión del riesgo que consiste en tomar medidas y acciones dispuestas con anticipación para evitar la ocurrencia de un evento adverso o reducir sus impactos en la población, los bienes, servicios y el medio ambiente [10].

Si bien el Municipio de Santa Ana del Yacuma, cuenta con una Unidad Ambiental de Desastres y es apoyado por el Centro de Operación de Emergencias Departamental (COE) del Beni, las acciones que aplica la unidad se basa en el compendio de disposiciones legales en gestión del riesgo de desastres en Bolivia [9], documento informativo que capacita a los actores relacionados sobre la gestión del riesgo de desastres, perteneciente a las acciones del proyecto DIPECHO VIII “Fortalecimiento de la capacidad y la coordinación dentro de la comunidad humanitaria, para responder a los desastres naturales en Bolivia” [14]; sin embargo, no existen registros de investigaciones respecto a riesgos, amenaza o vulnerabilidades a eventos climáticos, por ende carece de planes de gestión del riesgo y sistematización de historiales climáticos y de desastres, hecho que impide realizar evaluaciones para determinar el nivel de vulnerabilidad y riesgo al que se encuentra expuesto la zona por las crecidas y desbordes de los ríos circundantes que provocan inundaciones de diferente nivel e intensidad ocasionando emergencias o desastres anuales orientados a la atención durante el evento y no así a la gestión del riesgo integral (preventiva, prospectiva y correctiva) para prevenir y/o mitigar los impactos de la inundación [2].

En la zona oriental del país (zona del estudio) se registran dos estaciones hidrológicas extremas muy marcadas y son las que definen la estacionalidad anual de la región y son: época seca y época de lluvia. Esta situación provoca que los eventos suscitados sean extremos y ocurra así la amenaza que acecha constantemente a todas las poblaciones de la zonas bajas, en este caso a las llanuras del Beni, específicamente, Santa Ana Del Yacuma; donde los habitantes en general y población productiva, deben enfrentar la situación de riesgo siguiendo sus propias reglas, sus conocimientos ancestrales y aplicar al problema medidas locales que muchas veces son inapropiadas por carencia de conocimiento técnico al respecto [18].

En Santa Ana del Yacuma, se desconoce el nivel de riesgo por eventos de inundación por lo tanto el desarrollo de planes de mitigación que implica la prevención y mitigación mediante la aplicación de medidas estructurales y no

estructurales no pueden llevarse a cabo, hecho que significa una vulnerabilidad constante y se traducen en un alto riesgo.

A pesar de que la ciudad de Santa Ana del Yacuma se encuentra protegida por un anillo de circunvalación (medida estructural) que rodea toda la ciudad y es la que cumple la función de resguardar a la población urbana en época de lluvia, se puede observar que en los últimos eventos no ha sido suficiente para soportar las riadas, rebasando su capacidad límite y ocasionando estados de alerta y emergencias en el Municipio, es por eso que la implementación de un sistema de gestión del riesgo prospectivo y correctivo que solucione el problema en todos los ámbitos correspondientes, es urgente, considerando que las acciones durante el evento no son suficientes sino requieren asesoramiento técnico que prevenga la situación crítica.

Por lo tanto, este estudio pretende brindar y establecer un lineamiento básico con la base de datos necesaria, que resultan de la evaluación correspondiente, facilitando a las autoridades municipales herramientas útiles para intervenir e iniciar el diseño de programas de manejo de desastres y aplicación de una gestión de riesgo que enfatice en la prevención, mitigación y reducción del riesgo asociado a inundaciones en Santa Ana del Yacuma.

Con base en estos antecedentes, se plantea el objetivo de evaluar el riesgo provocado por eventos de inundación en el municipio de Santa Ana del Yacuma (Beni, Bolivia), analizando la problemática desde la perspectiva inicial de levantamiento de datos básicos, abordando los impactos, las causas y los efectos ocasionados en el área de interés, para zonificar el riesgo sobre mapas, previa identificación y caracterización de sus componentes (amenaza, vulnerabilidad, resiliencia) y factores que incrementan las vulnerabilidades, mediante el levantamiento de información de percepción local finalmente se proponen las medidas de mitigación (estructurales y no estructurales) adecuadas al nivel de riesgo, mismas que posibilitaran una gestión prospectiva del riesgo y serán útiles para implementar planes de acción, de emergencias, sistemas de alerta temprana y programas futuros en coordinación con las autoridades municipales facultadas a disminuir el riesgo actual al que la población se encuentra expuesta.

### **Descripción de la zona de estudio**

El Municipio Santa Ana del Yacuma, tiene una extensión territorial de 18.346 km<sup>2</sup>, que constituye el 53.35% de la superficie provincial que se encuentra ubicada en el centro del departamento del Beni, región Noreste de Bolivia. La jurisdicción se divide en distritos rurales y urbanos; se puede apreciar que la mayor parte del territorio en general está ocupado por asentamientos de predios o estancias ganaderas, existiendo un número aproximado de 1.000 propiedades de este tipo [9].

Santa Ana del Yacuma pertenece a la eco región “Amazónica” dentro de la clasificación de Sabana o llanuras inundables con clima tropical húmedo y cálido definido por dos épocas bien marcadas, época de lluvia y época de sequía [9].

En esta región predominan las planicies de relieve moderado, inmensas pampas con ligeras ondulaciones de sartenejas, hormigueros y depresiones interiores, surcados por ríos e innumerables arroyos y lagunas alternados por las pampas, bajíos, pantanos y curiches, el área tiene una altitud que varía entre 124 a 144 m s.n.m. y una pendiente de 0 a 1%, no existiendo diferencia significativa en toda la sección municipal por tratarse de una llanura plana casi homogénea.

La zona cuenta con la presencia de sistemas hídricos que atraviesan el territorio en todas sus direcciones, por lo tanto su influencia es directa, elevando la amenaza por crecidas hídricas y exponiendo a la población a un riesgo mayor. Agregado a esto el patrón de precipitación anual en el área, que va de 3.000 a 5.000 mm con un rango de temperatura de 24 a 35° C y una evapotranspiración de 1.200 a 1.300 mm [9].

## 2. Metodología

En el marco de la ecuación de Riesgos que es el producto de la Amenaza por la Vulnerabilidad ( $R = A \times V$ ) propuesto por la UNESCO y Naciones Unidas, se realizó el Análisis de riesgos en sus dos componentes Análisis de Amenazas y Análisis de Vulnerabilidades. Para la amenaza se determinó los factores intensidad o grado del evento y para la vulnerabilidad los factores de exposición, fragilidad y resiliencia., para luego calcular el grado de riesgo según los sectores analizados [5, 7, 11].

El análisis de riesgo participativo fue desarrollado en Talleres con las Organizaciones Territoriales de Base (OTB's), representantes clave designados por las comunidades, autoridades y personal técnico que maneja la unidad de riesgos del municipio perteneciente al gobierno autónomo.

El análisis de riesgos incluyó la elaboración de mapas de percepción local de riesgos y complementada con mapas de riesgos con Sistemas de Información Geográfico (SIG).

Para la selección de medidas estructurales y no estructurales en el análisis de riesgos, se aplicó los criterios del método CEDRIG desarrollado por la COSUDE [6].

El tipo de investigación aplicada a este proyecto fue de tipo “*Evaluativa-Analítica*” empleando el método “Deductivo-Sintético” mediante procedimientos mixtos, realizados en campo y en gabinete para lograr la determinación el riesgo a través de la perspectiva local o percepción real de los actores principales; esto

mediante programas de talleres participativos realizados con todas las Organizaciones Territoriales de Base (OTB's) del área, representantes designados de las comunidades cercanas de interés, autoridades y personal técnico que maneja la unidad de riesgos del municipio perteneciente al gobierno autónomo.

Para la recolección de datos básicos, se precisó realizar la toma de información primaria que consistió en la interacción directa con actores locales en trabajos de campo, talleres y entrevistas que se realizaron en el municipio, mismos datos que ameritaron ser verificados mediante el llenado de fichas de campo con información esencial para el análisis respectivo de determinación del riesgo [12]. Como parte del proceso de Análisis de riesgos, se construyeron mapas de la amenaza, vulnerabilidades y riesgo de inundación en base a Sistemas de Información Geográfico [10, 13, 17], para su uso en la proposición de medidas de mitigación de acuerdo a los niveles de riesgo en la zona, priorizando en las zonas de mayor riesgo con medidas inmediatas, mediatas y a largo plazo. Es importante recalcar que la selección de medidas se realizó en base al principio de realidad local que involucra aspectos de posibilidades económicas, sociales y geográficas [6, 12].

Una vez concluido el análisis de riesgo, los resultados fueron validados por los actores locales y autoridades competentes, mediante una exposición para la presentación física de la investigación, con el propósito de que sea el antecedente y punto de partida para una gestión integral del riesgo en el Municipio de Santa Ana del Yacuma.

### **3. Resultados y Discusión**

El estudio se limitó geográficamente a la zona urbana y periurbana del Municipio de Santa Sana del Yacuma. La información histórica analizada, fue la base para determinar, cualificar y cuantificar el riesgo y poder zonificarlo, partiendo de la información primaria y secundaria sobre desastres naturales (precipitaciones) ocurridos a nivel nacional y municipal en el transcurso del tiempo.

#### **a) Desastres en Bolivia**

Según el banco de datos de la investigación, una publicación de la OFDA (Oficina para la Asistencia de Desastres en América) respecto a desastres [15], las inundaciones en Bolivia, son el primer factor que ha producido la mayor cantidad de muertos y damnificados (independientemente del número de eventos) indicando que de 6.324 registros de desastres a nivel Bolivia 2.448 son eventos de inundación, información que demuestra que los eventos de inundación son los más recurrentes en nuestro país, con un porcentaje de 39%, lo que asegura que estos eventos deben ser tratados con prioridad y urgencia para evitar los efectos negativos que ocasionan (Figura 1:).

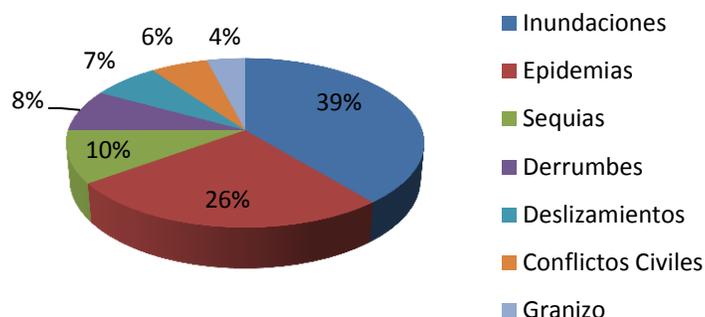


Figura 1: Porcentual de la ocurrencia de desastres en Bolivia

b) Recurrencia de eventos de inundación en zona de estudio

En base a investigación y análisis de datos hidrológicos históricos, respecto a información sobre la ocurrencia de eventos históricos de inundación en el transcurso de 15 años (1990 y 2005) se define que para esta región del Beni los problemas se concentran en la cuenca baja del río Mamoré, donde se producen regularmente desbordes e inundaciones determinando que la ocurrencia de los eventos de inundación para la zona de estudio es de 293 a 410, lo que define a esta región, como una de las más azotadas por inundaciones.

En base al análisis del historial hidrológico de la estación hidrometeorológica de Santa Ana del Yacuma, se muestra los eventos extremos ocurridos en el lapso de 55 años entre los años 1959 y 2014, encontrándose 15 eventos extremos (Tabla 2) en los cuales ha sido necesario realizar evacuaciones en la zona de estudio, estos eventos han sido recurrentes en escalas de tiempo muy cortas para el municipio, aunque en el transcurso se identifica una disminución en el nivel de impactos respecto al porcentaje de zona afectada y personas damnificadas, esto gracias a la implementación de la única medida estructural levantada el año 1986.

c) Análisis de historial climático

La información de la tabla 2 está respaldada y concuerda con los registros meteorológicos y el historial climático de las crecidas de aguas o eventos extremos de inundación recopilados a partir del análisis de precipitaciones facilitado por ASSANA, con su estación en el Municipio de Santa Ana del Yacuma, y son los datos que se muestran en negrilla, que coinciden con el historial climático de desastres construido en los talleres de participación.

Tabla 1. Historial de precipitaciones por año en Santa Ana del Yacuma

<b>AÑO</b>	<b>Precipitación (mm) (Max Mensual del Año)</b>
1990	526,0
1991	295,2
<b>1992</b>	<b>444,9</b>
<b>1993</b>	<b>360,9</b>
<b>1994</b>	<b>991,0</b>
<b>1995</b>	<b>405,0</b>
1996	390,9
<b>1997</b>	<b>388,7</b>
1998	247,9
1999	275,9
2000	216,5
2001	235,5
2002	227,9
<b>2003</b>	<b>376,0</b>
2004	306,0
2005	287,3
2006	272,7
<b>2007</b>	<b>363,0</b>
<b>2008</b>	<b>414,0</b>
<b>2009</b>	<b>428,1</b>
2010	257,1
2011	336,9
<b>2012</b>	<b>382,1</b>
<b>2013</b>	<b>601,1</b>
<b>2014</b>	<b>338,9</b>

## d) Análisis del historial de desastres

Según el Centro de Operaciones de Emergencia COE-Municipal, el Gobierno Municipal Autónomo de Santa Ana del Yacuma y los datos recabados del taller de construcción realizado con los pobladores de la zona urbana y periurbana, los eventos extremos de inundaciones que se registraron corresponden desde año 1959 al 2014 (Tabla 2).

Las actividades antrópicas que se realizan en el país, tienen efectos directos e indirectos en todas las zonas del territorio, en menor o mayor escala de tiempo afecta de forma negativa, este es el caso de las riadas recurrentes, a las cuales no se puede atribuir una sola causa, sino más bien un conjunto de interacciones tanto naturales como humanas y tecnológicas; las inundaciones afectan con más intensidad a las zonas bajas del país, pues los afluentes arrastran todas las aguas río abajo, haciendo que estos eventos (que siempre han sido parte de un ciclo) hoy sucedan con mayor intensidad y se traduzcan en “desastres naturales de inundaciones” acrecentados por acción del hombre “desastre antrópico de inundaciones”. Por citar ejemplos se tienen entre las causas principales al rubro forestal, por la deforestación indiscriminada, el cambio de uso de tierra, el sobre pastoreo y también el crecimiento poblacional desordenado que implica asentamientos humanos en zonas de riesgo y sin planes de urbanización que contemplen medidas estructurales y/o construcciones con las debidas medidas de seguridad ciudadanas que sigan las normas que rigen al país y que por cierto no se cumplen.

Tabla 2. Historial de inundaciones

<b>AÑO</b>	<b>Grado del Evento (Alto-Medio-Bajo)</b>	<b>Duración del Evento (estacionalidad)</b>	<b>Porcentaje de Damnificados</b>
1959	Alto	8 meses	100%
1982	Alto	6 meses	94%
1984	Alto	9 meses	95%
1987	Alto	6 mese	90%
1992	Alto	7 meses	50%
1993	Alto	6 meses	45%
1994	Alto	5 meses	45%
1995	Alto	5 meses	35%
1997	Alto	6 meses	45%
2007	Alto	6 meses	20%
2008	Alto	6 meses	20%
2009	Alto	5 meses	40%
2012	Alto	5 meses	30%
2013	Alto	6 meses	30%
2014	Alto	8 meses	30%

Estos datos son útiles para observar y determinar los meses en los cuales ocurre el evento extremo en la zona de estudio y compara con los años en los que se ha suscitado un evento extremo, mediante el nivel (mm) de lluvia que ha alcanzado.

e) Talleres de interacción social para el Análisis de riesgos

Los talleres participativos de interacción desarrollados tuvieron el propósito de informar, capacitar, sensibilizar y realizar al mismo tiempo el análisis del riesgo de la zona de interés, con participantes claves implicados y autoridades pertinentes.

- **La Amenaza** por eventos de inundación y de acuerdo a sus 3 componentes (intensidad, recurrencia, magnitud) para esta zona es “ALTA”. se afirma con certeza (según la información recabada de los talleres) que la amenaza no se atribuye a una causa específica, sino más bien a un conjunto y confluencia de factores de diferentes ámbitos que acrecientan el problema a diferentes escalas.
- **Las Vulnerabilidades** en sus 3 componentes (exposición, fragilidad y Resiliencia) para el Municipio de Santa Ana del Yacuma se identificaron 15 sectores vulnerables, respecto al plano municipal que abarca 241 manzanos (distribuidos en 9 zonas) situados dentro del anillo de circunvalación (medida estructural) que protege la ciudad y para la zona periurbana se toma en cuenta asentamientos productivos y actividades económicas sobre los que se basa la economía del lugar, como ser sector: sanitario, ladrillero, lechero, agricultores y algunas viviendas o granjas.



Figura 2: Imágenes del taller de identificación de amenaza y vulnerabilidades. Fuente: propia, tomadas en mayo, 2015.

El grafico de la afectación porcentual para el sector urbano en función al plano urbano municipal, se tiene un total de 53 manzanos en un estado de vulnerabilidad “ALTA” y 39 valorados en una escala de vulnerabilidad “MEDIA” el resto sin afectación, estos datos permitieron determinar la magnitud de afectación que tienen los eventos de inundación en la zona de estudio (Figura 3):

■ Afeccion Media ■ Alta Afeccion ■ Sin afeccion

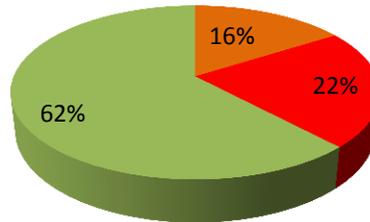


Figura 3: Afectación porcentual de inundaciones en manzanos en la zona urbana

Según el gráfico, para la zona urbana se observan dos niveles de afectación que se distribuyen entre medio y alto lo que significa un 38% de manzanos afectados.

La zona periurbana está calificada como un área roja debido a que se inunda completamente de forma anual y es necesario la evacuación completa de los pobladores de esos sectores, hacia la zona urbana, cabe mencionar que esta zona está habitada por 83 asentamientos con una cantidad aproximada de 350 personas distribuidas entre hombre, mujeres, niños y ancianos sin cuantificar la cantidad de fauna y animales domésticos y de crianza que componen los asentamientos o actividades.

La ocurrencia o frecuencia de eventos, muestra que existe un 20% de eventos extremos y 80% se caracterizan por ser eventos moderados, considerando que la situación es anual (175Figura 4:).

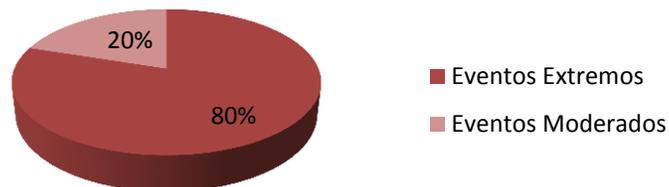


Figura 4: Porcentaje de ocurrencia/frecuencia de inundaciones

Esta información se logró concretar gracias a la construcción del historial de desastres y la probabilidad de ocurrencia en los 24 años observados (1990-2014), analizados y respaldados con el historial hidrológico de precipitaciones máximas y totales registradas en estos mismos años del análisis.

Con la información recabada se procedió a realizar el nivel de riesgo del municipio, en base a sus componentes (amenaza, vulnerabilidad), iniciando con el mapa de amenaza por el riesgo de inundación para el municipio.

a) Mapeo de riesgos

• **Mapa de amenaza**

La amenaza de inundación es el objeto de estudio, este factor será constante, sin embargo se determina que la amenaza alcanza diferentes niveles según la zona vulnerable en la cual se analizan los impactos, por lo tanto, se muestra el siguiente mapa de la amenaza como resultado de la cuantificación de la amenaza para el Municipio de Santa Ana del Yacuma, mismo que se obtuvo mediante la aplicación de herramientas de SIG (Programa ARGIS) que permitió la zonificación para la zona de estudio según los niveles de la amenaza, con 3 colores de designación (Rojo/Alto, Naranja/Medio, Amarillo/Bajo y Verde/Sin amenaza) que nos indican el grado de amenaza de inundación.

Se observa que la zona periurbana del municipio se encuentra en un nivel de “ALTA” amenaza para eventos de inundación mostrando a todo la región en rojo, mientras que para la zona urbana se observan dos niveles de afectación que se distribuyen entre “MEDIO” y “BAJO” según los colores (Figura 5).

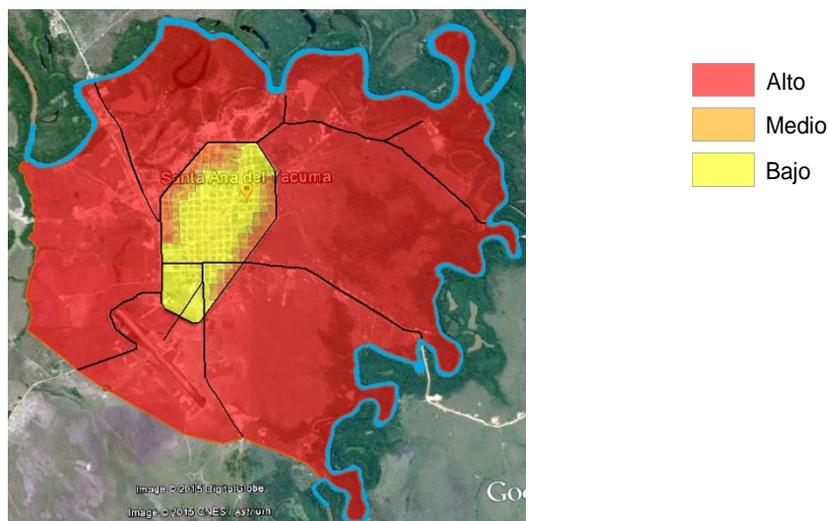


Figura 5: Mapa de Amenaza de inundación en Santa Ana del Yacuma, Beni

- **Mapa de vulnerabilidad**

Las vulnerabilidades se identificaron como se muestra en la siguiente tabla, donde se muestran los factores vulnerables en sus componentes de análisis para la zona de estudio específicamente.

Tabla 3. Análisis de vulnerabilidad

<b>Análisis de Vulnerabilidad</b>				
<b>Factor Vulnerable</b>	<b>Exposición</b>	<b>Fragilidad</b>	<b>Resiliencia</b>	<b>Valor de la Vulnerabilidad</b>
Ladrilleras	3	3	2	2,7
Matadero	3	2	2	2,3
Lecherías	3	3	3	3
Ganadería	3	3	2	2,7
Agricultura	3	3	3	3
Casas Urb.	2	2	2	2
Casas P. Urb.	3	2	2	2,3
Agua	2	2	3	2,3
Alcantarillado	3	3	3	3
Botadero	3	3	3	3
Caminos	3	3	3	3
Alimento	3	3	3	3
Aeropuerto	2	2	3	2,3
Colegios Urb.	1	1	2	1,3
Colegio P. Urb.	3	2	2	2,3
Colegios Rur.	3	2	2	2,3

El mapa de vulnerabilidad se elaboró para los 15 sectores identificados en el área de estudio mostrados en la tabla elaborada en los talleres de interacción, los cuales fueron evaluados con una escala de vulnerabilidad de Alta (3), Media (2) y Baja (1) respectivamente, valores asignados según el grado de vulnerabilidad, como se ilustra en el mapa de vulnerabilidades, valores que oscilan entre una vulnerabilidad Alta (rojo) y Media (amarilla) (Figura 6):

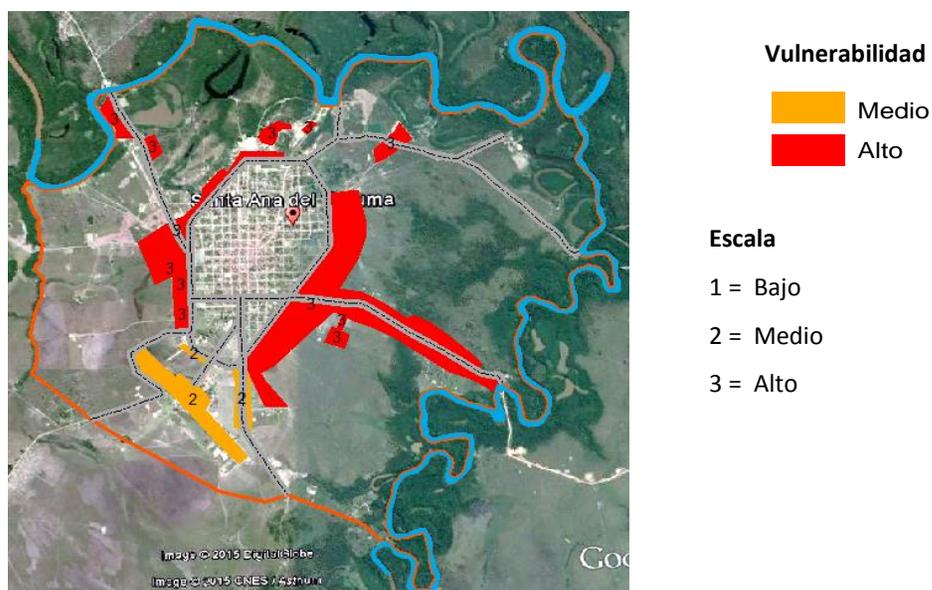


Figura 6: Mapa de Vulnerabilidad en Santa Ana del Yacuma, Beni

- **Riesgo**

Los niveles de riesgo obtenidos, resultaron del análisis mostrado en la siguiente Tabla.

Tabla 4. Ponderación del nivel de riesgo

Sector/zona	Amenaza	Vulnerabilidad	Ponderación Riesgo	Valoración
Ladrilleras	2,7	2,7	7,3	Alto
Matadero	2,7	2,3	6,2	Alto
Lecherías	2,7	3	8,1	Muy alto
Ganadería	2,7	2,7	7,3	Alto
Agricultura	2,7	3	8,1	Muy alto
Casas Urb.	2,7	2	5,4	Medio
Casas P.Urb.	2,7	2,3	6,2	Alto
Sector Agua	2,7	2,3	6,2	Alto
Alcantarillado	2,7	3	8,1	Muy alto
Botadero	2,7	3	8,1	Muy alto
Caminos	2,7	3	8,1	Muy alto
Sector Alimenticio	2,7	3	8,1	Muy alto

Aeropuerto	2,7	2,3	6,2	Alto
Colegios Urb.	2,7	1,3	4	Medio
Colegios Peri Urbano	2,7	2,3	6,2	Alto
Colegios Rural	2,7	2,3	6,2	Alto

- **Mapa de riesgos**

Este análisis cuantificado de forma exhaustiva tiene como resultante el mapa de zonificación del riesgo determina que el Municipio de Santa Ana del Yacuma fluctúa entre riesgo Muy Alto, Alto y Medio, no encontrándose zonas en las cuales el riesgo de inundación sea Bajo o insignificante.

El nivel de riesgo es Muy Alto para la zona periurbana en su totalidad, esto debido a que es la región cercana y limitadas por los ríos de la zona, considerando que no existen medidas estructurales que impidan el paso del agua para esta zona, mientras que para la zona urbana se tiene una valoración que varía entre un grado de riesgo de Medio y Bajo, resultado avalado por el hecho de que existe una medida estructural para esta zona, misma que es efectiva aunque no es su totalidad, ya que aun con esta protección existen manzanos a los cuales la inundación afecta, se puede ubicar esas áreas y observarlos por los colores Naranja (Alto) y Amarillo (Medio) (Figura 7:).

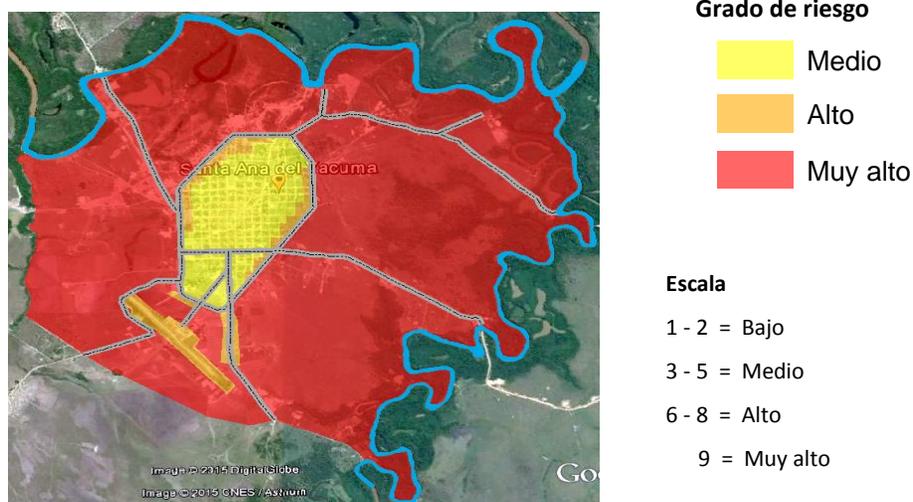


Figura 7: Mapa de Riesgo de inundación en el Municipio de Santa Ana del Yacuma, Beni

Queda demostrado que la inundación en el Municipio de Santa Ana ocasionan un riesgo latente que es necesario mitigar mediante medidas estratégicas de acción que incluyan el establecimiento de medidas estructurales en las zonas de mayor riesgo, acciones que deben ser reforzadas por las medidas no estructurales que deben aplicarse en la población general.

Porcentualmente los resultados determinan que Santa Ana del Yacuma se encuentra con un 37% de riesgo Muy Alto, distribuido en la zona periurbana, un porcentaje de 50% de riesgo Alto distribuido en ambas zonas y un 13% de nivel de riesgo Medio ubicado en la zona urbana. Estos porcentajes sitúan a la zona de estudio como un “Alto Riesgo” a eventos de inundación (Figura 8).

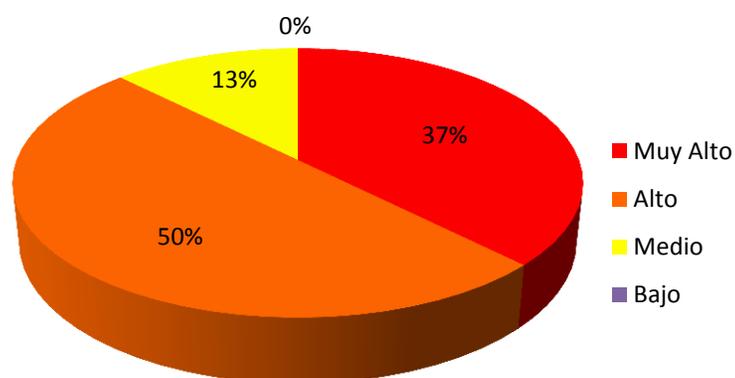


Figura 8: Porcentaje de riesgo para eventos de inundación en la zona de estudio

Queda demostrado que el riesgo en la zona de estudio se mantiene en un rango que va de “Muy Alto – Alto – Medio” no habiendo zonas de riesgo Bajo a eventos de inundación, cifras que designan al Municipio de Santa Ana como una región de Riesgo Alto a los eventos de inundación. Estos resultados por ende ameritan medidas eficientes que mitiguen el riesgo o al menos bajen de nivel la valoración correspondiente obtenida.

#### **Medidas de reducción de riesgos de desastres**

La selección y priorización de medidas se realizó mediante la metodología del CEDRIG, misma que instruye y admite una selección de medidas posterior al escaneo del riesgo y en base al nivel de impacto que causa este riesgo en determinada zona, valorando todas las opciones disponibles y eligiendo la que mejor se adapte a una mitigación eficiente localizada, es así que tomando en cuenta

la realidad, posibilidad y capacidades en la zona de estudio se logró generar una propuesta amplia y accesible de medidas de reducción de riesgos de desastres a la inundación.

### **Medias estructurales**

- Elevación de estructuras de contención
- Construcción de la segunda circunvalación
- Muro de contención
- Diseño técnico civil adecuado a las inundaciones
- Sistema de bombeo de agua continuo
- Canales de desagüe
- Franjas filtrantes
- Áreas de bioretención

### **Medidas no estructurales**

- Sistemas de alerta temprana (SAT) para inundaciones en operación
- Capacitación sobre Reducción de Riesgos de Desastres y Adaptación al Cambio Climático (RRD/ACC) en todos los sectores y niveles para construir una cultura de Resiliencia.
- Actualización de la zonificación de la zona inundable (mapas de riesgos)
- Monitoreo climático con la implementación de más estaciones meteorológicas
- Construcción de bases de datos de historial climático y de desastres
- Sistema de comunicación mejorada, rápida y efectiva
- Disponibilidad de recursos para la gestión del riesgo (antes, durante y después de las emergencias y/o desastres)
- Protección de bienes y la producción contra eventos adversos
- Dinamización de la Unidad de Gestión del Riesgo del Municipio de Santa Ana del Yacuma (UGRM) y el Centro de Operaciones de Emergencia Departamental (COED) del Beni.

En la Figura 9 se describe de forma gráfica, la ubicación que deberían tener las medidas estructurales según las zonas de mayor vulnerabilidad y de mayor riesgo a las inundaciones.

Las medidas no estructurales son de carácter más social que incluye a toda la población con sus sectores y niveles de educación.

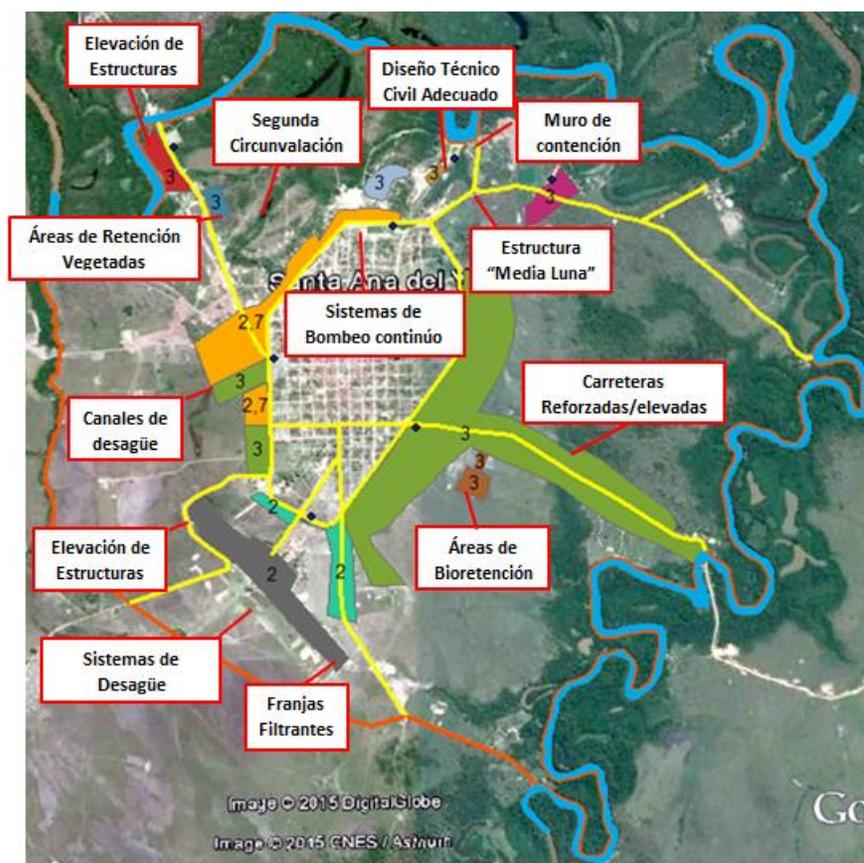


Figura 9: Ubicación de medidas estructurales de mitigación en sectores de alta vulnerabilidad a las inundaciones.

Para la implementación de medidas integrales, es fundamental que éstas se plasmen en los Planes de Desarrollo Municipal (PDM) y Planes Operativos Anuales (POA) acorde a la priorización de las necesidades en el corto, mediano y largo plazo, para ello, se necesita la intervención y aceptación directa del gobierno autónomo municipal.

#### 4. Conclusiones

- El riesgo asociado a los eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana es “ALTO” y recurrente de forma anual, estos sucesos provocan efectos negativos en diferentes aspectos, causando impactos considerables en el área urbana y periurbana incluyendo sectores productivos,

educacionales y de interés económico para la zona, impacto que impide el desarrollo sostenible del municipio.

- La caracterización de la amenaza y las vulnerabilidades permitieron establecer los indicadores y factores pertinentes en todo el análisis/evaluación del riesgo para determinar que existen 16 sectores con alta vulnerabilidad a los eventos de inundación en el área urbana y periurbana.
- Se identificaron como factores que incrementan la exposición y vulnerabilidad socio-ambiental, a la carencia de medidas estructurales y no estructurales, asentamientos sin planeamiento del uso de suelo y falta de información de los sectores productivos, lo que fue útil para determinar las medidas y acciones localizadas más eficientes que disminuyan el nivel de exposición de dichos sectores y coadyuven al desarrollo económico de la región.
- Se Zonificó la amenaza, la vulnerabilidad y el nivel de riesgo de exposición a la “Inundación” en un mapa indicando los diferentes niveles respecto a los sectores vulnerables.
- Se identificaron y propusieron medidas de acción inmediata y a largo plazo (estructural y no estructural) para la reducción del riesgo a eventos de inundación desde una perspectiva correctiva, preventiva y de mitigación, mismas que podrán ser implementados de forma estratégica en los planes de gestión departamental y municipal.

## 5. Recomendaciones

Las recomendaciones se orientan a las unidades departamentales, autoridades municipales y población en general implicada.

- Capacitar a las autoridades y técnicos que manejan las Unidades de riesgo y atención de desastres, priorizando en la instauración de una unidad específica que maneje la “Gestión del Riesgo” desde una perspectiva preventiva y de mitigación con referencia al riesgo que provocan los eventos de inundación en esta zona, con la implementación de acciones constantes que posibiliten hacer frente a los desastres con capacidades de respuestas adecuadas, que estén definidos de forma previa en el POA Municipal y se incluyan todos los años, para asegurar y bajo nivel de las vulnerabilidades y un alto nivel de resiliencia de la población en general.
- Se debe hacer prevalecer la normativa legal respecto a gestión de riesgos y atención de desastres, para poder aplicar estos fondos ya determinados por ley en medidas inmediatas a corto plazo en las zonas con más alto riesgo,

como ser la zona periurbana, que se encuentra aledaña a los ríos y cuerpos de agua circundantes, priorizando la utilización de la partida presupuestaria N° “13002/15” del “programa de atención a damnificados por desastres naturales” en prevención, mitigación y planes prospectivos de acción ante el riesgo a eventos de inundación en el municipio.

- Se debe considerar a la población que sufre estos impactos, como los principales actores locales al momento de implementar y desarrollar planes de acción en el Municipio de Santa Ana del Yacuma, para lograr así un aporte sustancial y el acierto en la toma de decisiones, desplegando así la cultura de resiliencia y la responsabilidad compartida.
- Promover la cooperación exterior y agilizar la cooperación interna a nivel nacional, departamental e institucional para obtener apoyo en el ámbito de la educación, específicamente referente a la sensibilización y concientización, respecto a los impactos de los desastres naturales, y así convertir esta debilidad o vacío en una estrategia que fortalezca las capacidades de respuesta de la poblacional en general.

### **Referencias bibliográficas**

- [1] ACOSTA, Virginia (2008), “Historia y Desastres en América Latina Volumen III”, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social/Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, México.
- [2] ANONIMO (1999). MIMAM “Ministerio de Medio Ambiente y Aguas”, “Guías metodológicas para la estimación del caudal de máxima crecida ordinaria” “Plan Global frente a inundaciones: líneas de actuación” “Libro Blanco del Agua en España”. España: Madrid.
- [3] BID (2006). “Programa de Información e Indicadores de Gestión de Riesgos”, Aplicación del Sistema de Indicadores 2000, Bolivia.
- [4] CEPAL (2008) “Evaluación del impacto acumulado y adicional ocasionado por La Niña” en 2008 en Bolivia. 110p.
- [5] CARDONA, Omar (1993). “Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo”. Tercer Mundo Editores. Bogotá – Colombia.
- [6] CEDRIG Guía para la integración del clima, el medio ambiente y la reducción de riesgos de desastres. COSUDE. Parte II Manual de CEDRIG. 42 p.

- [7] COOPERACION TECNICA ALEMANA – GIZ (2009). “El análisis del riesgo – una base para la gestión de desastres en los gobiernos municipales de Bolivia”. Soluciones prácticas – ITDG. La Paz – Bolivia.
- [8] CHUQUISENGO, Orlando; CONDORI, Franklin; Medrano, Magdalena (2010). “La gestión de riesgo de desastres en los gobiernos municipales de Bolivia”. Soluciones prácticas – ITDG. La Paz – Bolivia.
- [9] DMCSA (2008). “Diagnóstico Municipal Consolidado I&PR de Santa Ana del Yacuma” “Plan de Desarrollo Municipal de Santa Ana Del Yacuma” Trinidad, Beni, Bolivia.
- [10] GARCIA, Enrique (2007). “Estudio de amenazas, evaluación de vulnerabilidad y elaboración de mapas digitalizados”. Medicus Mundi. Potosí – Bolivia.
- [11] GIZ, Cooperación Técnica Alemana (2004). “Análisis del Riesgo”. En: ><http://www.gtz.de/disaster-reduction>>, (06/02/15).
- [12] MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUAS (2012). “Medidas para el riesgo de inundación”. En: <http://www.eoi.es/blogs/danielnovillo/2012/04/26/el-riesgo-de-inundacion-medidas-estructurales-y-medidas-no-estructurales-herramientas-para-la-cuantificacion/html>
- [13] PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS – PROMIC (2006). “Metodología para la elaboración de una línea base, generación de mapas temáticos y análisis de riesgos”. Programa de integración de mecanismos de Reducción de Desastres y Gestión de Riesgos. Cochabamba, Bolivia.
- [14] POT 2008. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de “Santa Ana del Yacuma“-Beni.
- [15] CRED (2009) “Red International Disaster Database” OFDA, EM-DAT. En: <http://www.emdat.be/database/html> > (05/04/15).
- [16] QUIROGA, B. Roger. 2009. Atlas de amenazas, vulnerabilidades y riesgo de Bolivia. Plural editores. La Paz-Bolivia.
- [17] Programa de Manejo Integral de Cuencas – PROMIC 2006. Metodología para la elaboración de una línea base, generación de mapas temáticos y análisis de riesgos. Programa de integración de mecanismos de reducción de riesgos de desastres y gestión de riesgos. Cochabamba, Bolivia.
- [18] Servicio Nacional de Hidrografía Naval, (2010).”Servicios Públicos del En: <http://www.hidronav.org.bo/html>.