



Ecuación general del riesgo

Modelo para generar mapas de riesgo en áreas urbano/rurales



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en Bolivia

Reducción del riesgo de desastres

Ecuación general del riesgo

Modelo para generar
mapas de riesgo en áreas
urbano/rurales

Créditos

Ecuación general del riesgo. Modelo para generar mapas de riesgo en áreas urbano/rurales es una publicación del Proyecto Reducción del riesgo de desastres - Gobernanza del riesgo, de la Cooperación Suiza implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation.

Autor:

David Morales Núñez

Revisión y aportes:

Oscar Paz Rada

Corrección de estilo 2da. edición:

Wendy Rivera

Diseño, ilustración e impresión:

Teleioo SRL - 70544988

Primera edición 2016. Mancomunidad de Municipios Región Andina de Cochabamba (MMRAC)
Cochabamba, Bolivia.

Segunda edición, octubre de 2018. Proyecto Reducción del riesgo de desastres - HELVETAS Swiss Intercooperation
c. Rosendo Gutiérrez 704 (Sopocachi) La Paz - Bolivia.

Tel. 2419585

www.rrd.com.bo - www.helvetas.org/bolivia

La Paz, Bolivia.

Contenido

Presentación	v
Prólogo del autor	vii
1. Introducción	1
1.1. Enfoque operativo	5
2. Comprensión sobre gestión de riesgos y adaptación al cambio climático	7
2.1. Estrategia Metodológica	11
2.1.1. Fase I: Organización y preparación	11
2.1.2. Fase II: Generación y validación de los mapas de percepción local del riesgo	14
2.2. Mapas de Percepción Local de amenaza (MPL)	16
2.3. Mapas de vulnerabilidades	19
2.3.1. Vulnerabilidad a las riadas	19
2.3.2. Vulnerabilidad a la granizada	21
2.3.3. Vulnerabilidad a la helada	23
2.3.4. Vulnerabilidad a la sequía	24
2.4. Metodología de levantamiento por muestreo	26
2.4.1. Método de interpolación espacial propuesto	27
2.5. Fase III: Modelación espacial de riesgos	28
2.6. Ecuación General del Riesgo	28
2.6.1. Requerimientos mínimos de aplicación de desarrollo y aplicación	29
2.6.2. Riesgo a sequia	30
2.6.3. Riesgo a inundación	31
2.6.4. Riesgo a helada	31
2.6.5. Riesgo a granizada	32
3. Espacialización de Sensibilidad Territorial	33
3.1. Entorno Urbano	35
3.2. Prosperidad Urbana	36
3.3. Equidad Urbana	37
4. Ecuación General de la Resiliencia Urbana	41

Contenido de ilustración

Ilustración 1. Proceso de elaboración de los mapas de percepción local de amenaza	15
Ilustración 2. Actores locales zonificando sus amenazas	16
Ilustración 3. Mapas de percepción local de amenaza obtenidos	16
Ilustración 4. Imagen satelital en composición normal de bandas	17
Ilustración 5. Autoridades municipales identificando las zonas con amenaza a inundaciones	17
Ilustración 6. Población identificando las zonas con amenaza a inundaciones	17
Ilustración 7. Mapa de percepción local de amenaza a inundaciones	18
Ilustración 8. Distribución espacial del patrón de puntos	27
Ilustración 9. Método de cuadrantes	27
Ilustración 10. Método propuesto, Distancia Inversa Ponderada (IDW)	27
Ilustración 11. Dimensiones que conformarán el Sistema de Vida Urbano	46
Ilustración 12. Ejemplo planilla catastro de eventos	48
Ilustración 13. Área inundable	48
Ilustración 14. Mapa de direcciones de flujo	49
Ilustración 15. Mapa de acumulación de flujos	49
Ilustración 16. Mapa de potencial de inundación	49
Ilustración 17. Mapa de resiliencia urbana a inundaciones GAM Tiquipaya	51

Contenido de tablas

Tabla 1. Estandarización de las alternativas del criterio MPL de amenazas	18
Tabla 2. Estandarización del criterio densidad poblacional	20
Tabla 3. Estandarización del criterio distancia al río	21
Tabla 4. Estandarización del criterio uso actual de la tierra	21
Tabla 5. Estandarización de las alternativas del uso de la tierra	22
Tabla 6. Estandarización de las alternativas del criterio densidad	22
Tabla 7. Estandarización de las pendientes	22
Tabla 8. Estandarización del criterio de elevaciones	23
Tabla 9. Estandarización del criterio uso actual de la tierra	23
Tabla 10. Estandarización de criterio densidad poblacional	24
Tabla 11. Estandarización del criterio pendientes	24
Tabla 12. Estandarización del criterio orientación	24
Tabla 13. Estandarización de alternativas del uso de la tierra	25
Tabla 14. Estandarización de las alternativas del criterio densidad	25
Tabla 15. Vulnerabilidad de ubicación respecto al río	25
Tabla 16. Estandarización de las pendientes	26
Tabla 17. Estandarización del criterio orientación de la pendiente	26
Tabla 18. Menú de insumos requeridos para la elaboración de mapa de riesgo	30
Tabla 19. Indicadores de la calidad del medioambiente urbano	36
Tabla 20. Indicadores de seguridad física de los habitantes (Exposición a riesgos)	36
Tabla 21. Indicadores de la prosperidad urbana	37
Tabla 22. Indicadores equidad urbana, faceta física	38
Tabla 23. Indicadores equidad urbana, faceta individual	38
Tabla 24. Indicadores equidad urbana, faceta colectiva	39

Presentación

El Proyecto Reducción del riesgo de desastres – Gobernanza del riesgo, de la Cooperación Suiza en Bolivia, ejecutado por HELVETAS Swiss Intercooperation, pone a disposición de técnicos y de decisores de política y planificación una nueva herramienta que permita la construcción práctica de mapas de riesgo a partir de información disponible generada y validada por los actores locales. Este esfuerzo, además, va más allá ya que permite territorializar los riesgos climáticos ya sea para zonas rurales como urbanas.

En el país existe una demanda creciente para la generación de mapas de riesgos basados en sistemas de información geográfica y la presente herramienta conduce a los técnicos en un proceso sencillo y coherente que parte desde la recolecta de información con los actores locales, pasa por una traducción de esta información hacia un lenguaje matemático y culmina con su posterior validación a través de los mapas.

El nuevo contexto normativo nacional exige, cada vez más, contar con análisis de reducción de riesgo de desastres y adaptación al cambio climático en los proyectos nacionales, por ello se torna sustantiva una herramienta de esta naturaleza que asimismo apoyará en la toma de decisiones para la elaboración y/o revisión de los Planes Territoriales de Desarrollo Integral (PTDI).

Un esfuerzo de varios años apoyado por el PRRD ha permitido que el autor, David Morales, llegue a generar este instrumento, el cual ha sido validado en varios municipios del país y también en el Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba, por lo cual es justo reconocer su trabajo y dedicación.

Asimismo, es importante reconocer al Ministerio de Medio Ambiente de Suiza (BAFU) por sus aportes estratégicos para el desarrollo de este instrumento.

Oscar Paz Rada

Director

Proyecto Reducción del riesgo de desastres – Gobernanza del riesgo
HELVETAS Swiss Intercooperation

Prólogo del autor

El presente trabajo es fruto de las experiencias desarrolladas al trabajar con la temática de la Gestión de Riesgos con técnicos municipales y responsables de planificación, proponiendo un proceso metodológico compacto y sistémico, que pueda ser de fácil aplicación.

El método a pesar de haber sido denominado Ecuación General del Riesgo (EGR), dispone de 4 capítulos para territorializar riesgos climáticos que en una primera instancia se dirigió al medio rural, con el avance del proceso metodológico, se ajustó para analizar áreas urbanas.

Antes de proceder a las descripciones metodológicas que se plantean en el presente documento, es importante tener claros los conceptos clave en los cuales se basó el desarrollo del método, para llegar a un entendimiento de lo que es trabajar con la nueva temática de gestión de riesgos y dejar a un lado el enfoque tradicional que se le daba.

El nuevo sistema de planificación del Estado Plurinacional, presenta la novedad que todos los análisis han de ser territorializados y junto a ello precisa de un mapeado de los riesgos que se encuentren en dichos territorios. Sin embargo, la escasa información sobre amenazas y vulnerabilidades hace que los gobiernos subnacionales (Gobernaciones y Municipios), hayan debido recurrir o bien a fuentes indirectas o a la base de datos nacional del INFO-SPIE. Respuestas que no lograron dar solución al problema. Es en esta circunstancia que la Ecuación General del Riesgo, se mostró como útil y con especial interés de municipios pequeños y/o rurales.

Es por esa consideración que el documento presenta secciones definidas, en las cuales primero se asienta la conceptualización sobre la que se construyó la EGR; la siguiente sección presenta el enfoque metodológico de colecta de datos y su traducción en descriptores que permiten obtener los factores de amenazas y vulnerabilidades; la sección que le continúa establece la forma de generar los mapas de riesgos en sus diferentes capítulos; finalmente, en la línea del SPIE se genera el mapa de Resiliencia tomando en cuenta la sensibilidad territorial generado a partir de la propuesta de la territorialización de Sistemas de Vida Urbanos.

1. Introducción



1. Introducción

La intervención en el tema de desastres, asociados a eventos naturales, tradicionalmente ha estado marcada por un enfoque emergencista y fiscalista que, considerando los desastres como eventos puntuales, aislados, inevitables e inesperados generados por la acción extrema de las fuerzas de la naturaleza y que afectan el proceso normal de desarrollo, centra su atención en la respuesta ante su ocurrencia. Esta visión poco crítica de los factores de causa y de los procesos sociales que los generan ha derivado en una intervención con las siguientes características:

- Actuación limitada al manejo de las emergencias y para que ésta sea más “rápida y eficiente”, a las acciones de preparativos, simulacros, inventarios de recursos logísticos, etc.
- Fortalecimiento de las ciencias físicas e ingenieriles mediante investigaciones para conocer mejor la ocurrencia y características de los fenómenos naturales y desarrollar estructuras capaces de resistirlos, pero que muchas veces no proporcionan los resultados esperados.
- Promoción de un sistema internacional de respuesta fuertemente ligado a la estructura de intervención militar. Este sistema se mantiene inactivo y se activa únicamente en situaciones de emergencia.
- Intervención caracterizada por una toma de decisiones centralizada, vertical y externa a las comunidades afectadas, que debilita aún más las capacidades locales y regionales de participación en el proceso de reconstrucción y transformación de sus condiciones de riesgos de desastres.
- Inversión en prevención, centrada en la protección de grandes infraestructuras de importancia regional o

nacional que ameriten el costo de la inversión ante posibles daños, especialmente en términos macroeconómicos. Muchas veces a las comunidades rurales o a los sectores urbanos marginales sólo les ha quedado esperar los eventos o prepararse para actuar en el caso que ocurran.

- Para ellos, los modelos tradicionales de prevención son inaccesibles o se hacen menos prioritarios ante las necesidades cotidianas de supervivencia.
- Procesos de reconstrucción que tienen como objetivo “devolver a la comunidad a su estado normal anterior al desastre”, para que continúe con su proceso de desarrollo interrumpido. De este modo la zona afectada retorna a sus condiciones de riesgo o incluso se incrementan cuando las intervenciones son técnicamente discutibles, como ocurre en la mayoría de los casos.
- En general, esta percepción del tema ha marcado la intervención pasiva y reactiva de los organismos internacionales, las instituciones públicas y privadas e incluso la sociedad civil.

Se ha dificultado así un análisis crítico de las condiciones reales de causa en la ocurrencia de desastres, que pasa por evaluar procesos y modelos de desarrollo, así como los desequilibrios ambientales, sociales y económicos que las van generando. Ello no orientaría a plantear estrategias de transformación de las condiciones de riesgos de desastre y en sentido más amplio, que incluya lo ambiental, económico y social, y no sólo la atención a las emergencias.

Por tanto, para cambiar la visión de la problemática que generan los riesgos por desastres naturales, debemos empezar

por reconocer que los fenómenos naturales no son la causa principal de la ocurrencia de desastres, sino que son los procesos sociales de acumulación de condiciones de vulnerabilidad los que marcan la susceptibilidad o sensibilidad a ser afectados por los fenómenos de la naturaleza. Analizando los factores de causa encontraremos que la ubicación inadecuada de las viviendas, el uso de técnicas inapropiadas de construcción o de aprovechamiento de los recursos, los procesos de deforestación y de contaminación ambiental, falta de conciencia en la población, pobreza, etc., son los que están definiendo la vulnerabilidad y la condición de riesgo de desastre.

Si se profundiza un poco más aún en el análisis, se llegará a problemas más estructurales y profundos, sociales, económicos, políticos, culturales e institucionales, que están provocando la aparición de los factores más visibles: como ser la débil planificación y falta de propuestas integrales de ocupación y uso del territorio, mal manejo de las inversiones, toma centralizada de las decisiones que no recogen las propuestas de base o, por otro lado, una educación inadecuada, recursos económicos escasos, desatención en servicios básicos, etc. Así, la situación se hace mucho más compleja porque según este análisis los desastres son un problema de acumulación de condiciones de riesgo en la historia de la comunidad y se ven influenciados por el contexto de la región, del país y del contexto mundial. Entonces, ese proceso "normal" de desarrollo (al que nos pretende devolver muchas veces la reconstrucción bajo el enfoque emergencista), ha sido tal vez, al mismo tiempo un proceso de crecimiento económico discutible, un proceso en el que se han ido generando las bases para la ocurrencia de esos desastres, rompiendo el mito sobre los desastres, entonces:

- No son eventos inesperados porque se sabe que se están generando las condiciones para que ocurran;
- No son eventos inevitables porque se puede intervenir en los procesos que los están generando,
- No son eventos naturales porque son socialmente provocados,
- No son eventos puntuales, sino que corresponden a procesos de acumulación de condiciones de riesgo de desastre.

Si esto es así, entonces una intervención eficiente y eficaz en el tema de los desastres partiría por analizar integral y críticamente las causas que los están generando y se orientaría a transformar los procesos de acumulación de condiciones de riesgo y, seguramente, a modificar los modelos de desarrollo que se están imponiendo. Así, la reducción de condiciones de riesgo está íntimamente ligada a la búsqueda de una sostenibilidad del desarrollo a todo nivel y se convierte en una condición necesaria para alcanzarlo. Todo este conjunto de reflexiones saltó a la luz en un nuevo enfoque: la gestión de riesgos. Este pone como eje de reflexión, el análisis e intervención de los procesos que llevan a la generación de las condiciones de riesgo, como muestras claras de que el modelo de desarrollo en cuanto a la gestión de riesgos es social, ambientalmente (y también económicamente) insostenible, y que para asegurarlo es necesario cambiarlo.

Con este enfoque, cada una de las acciones en el tema de los desastres (prevención, mitigación, rehabilitación, reconstrucción o manejo de emergencias) debe orientarse a reducir las condiciones de riesgo. Para ello es necesario dejar de ver los desastres como eventos ajenos a las personas y ante los cuales se debe reaccionar, para ponerlos como termómetros del desarrollo y plantear estrategias en todos los niveles para transformar y ganar eficiencia y eficacia en la gestión de esas condiciones.

“Por tanto, para cambiar nuestra visión de la problemática que generan los riesgos por desastres naturales, debemos empezar por reconocer que los fenómenos naturales no son la causa principal de la ocurrencia de desastres, sino que son los procesos sociales de acumulación de condiciones de vulnerabilidad los que marcan la susceptibilidad o no de ser afectados por los fenómenos de la naturaleza”.

*Francisco J. Ferrando A. Revista INVI,
Mayo 2005.*

Este método de generación de mapas de riesgos son de utilidad para la toma de decisiones a nivel de las autoridades municipales, técnicos e investigadores en acciones de fortalecimiento de la reducción de riesgos y adaptación al cambio climático incorporada al desarrollo

a través de tres niveles de análisis, en función a la información disponible:

1er nivel: La información de amenazas se basa principalmente en la percepción local, debido principalmente a que en muchas zonas del país o no existe o son muy escasas las fuentes de información.

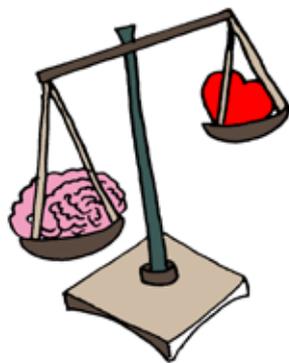
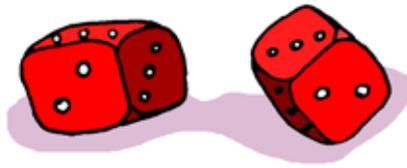
2do nivel: La vulnerabilidad que es principalmente no espacial se analiza territorialmente a través de descriptores específicos.

3er nivel: Se aplica una modelación empírica de la cual deben seguir un proceso compacto y sistémico que producirán mapas de mejor calidad y datos completos con más detalle, con metodologías como las que se proponen en este documento.

1.1. Enfoque operativo

Para llevar adelante el proceso, se basa en dos consideraciones:

1. No es un proceso al azar.



2. Aunque el proceso es perceptual, **no es un análisis subjetivo.**

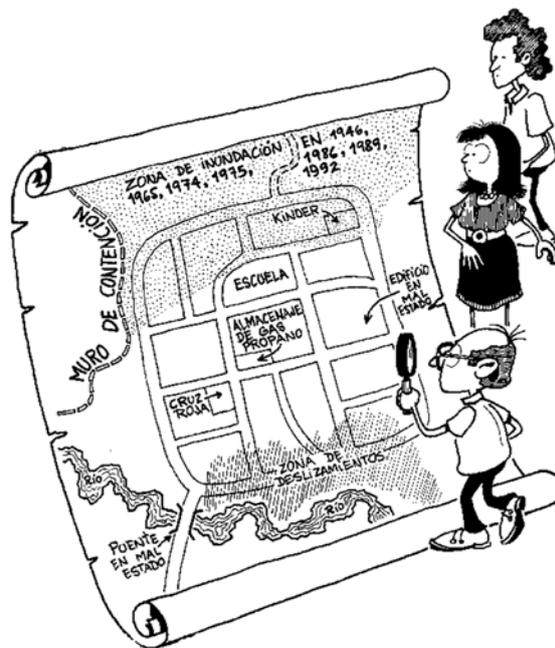
3. Los procesos se calibran en función de una medida precisa lo que garantiza una correcta definición del mismo.



Provisión de una herramienta sencilla y liviana, en su aplicación destinada principalmente a técnicos de municipios medianos a pequeños que carecen del conocimiento técnico/práctico de mapeo de riesgos climáticos. Sin embargo, la herramienta no carecerá de rigor científico ya que a pesar de tener muchos componentes perceptuales, seguirá un proceso sistémico en el cual tendría el mérito de trasladar las subjetividades a error experimental, haciendo del mismo eliminable del escenario de análisis. Por ello las condiciones de la misma, cumple las siguientes consideraciones:

integral; sistematizando la percepción local del riesgo a través de un "Catastro de eventos" para luego integrarla a técnicas de modelación espacial, para entender los factores y dimensiones, de la vulnerabilidad frente al comportamiento de las amenazas. En este proceso de integración de percepciones cada actor (técnico/social) aportará desde su experiencia personal y contexto específico la realidad específica de cada mancomunidad, región o municipio. Se busca básicamente la compilación de información, el análisis de la calidad de insumos, la actualización de datos y su sistematización.

Generación de los mapas de riesgos con una construcción participativa e



2. Comprensión sobre gestión de riesgos y adaptación al cambio climático



2. Comprensión sobre gestión de riesgos y adaptación al cambio climático

A. ¿Qué es la Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático?

La reducción del riesgo de desastres y la representación espacial de las amenazas y vulnerabilidades constituye un paso fundamental para zonificar el riesgo. La reducción del riesgo puede orientarse a evitar la presencia de una amenaza en una unidad territorial de análisis o reducir la vulnerabilidad; en ambos casos podrían ser identificadas medidas de construcción física de obras civiles de protección (medidas infraestructurales) o medidas de articulación institucional, fortalecimiento institucional, organizacional formación de normas, leyes y mecanismos incorporados en los sistema de planificación que reduzcan sustancialmente el riesgo (medidas no infraestructurales). Los enfoques tradicionales se orientaban a la atención de la emergencia; esto se refleja en las acciones orientadas a la formulación de planes de contingencia para la preparación y atención de situaciones de emergencia y desastre (COSUDE, 2008; PREDECAN 2009).

Sin embargo, en los últimos años se ha reflexionado que las situaciones de desastre tienen una construcción social, en la que inciden múltiples factores de carácter político, social, cultural y económico en el tiempo y el espacio. El reconocimiento de esta complejidad ha generado una nueva visión, centrada en la posibilidad de actuar frente a las condiciones que generan riesgo y no frente al desastre como algo inevitable (PREDECAN 2009).

El cambio climático da lugar a un aumento recurrente, frecuente e intenso

de los eventos climáticos extremos traducidos en desastres de amplio espectro, así como, impactos significativos resultantes de cambios más graduales. La naturaleza, el grado y la duración de los efectos del cambio climático en las regiones varían. Los esfuerzos de los sistemas de vida y los seres humanos dirigidos a prevenir, reducir y adaptarse a los impactos del cambio climático se conocen como resiliencia al cambio climático.

El cambio climático está alterando el perfil de los riesgos de desastre, no sólo con el incremento de los riesgos relacionados con el clima tales como: aumento del nivel del mar y de la temperatura, sino también, con el aumento de las vulnerabilidades en la sociedad, por ejemplo: de las tensiones sobre la disponibilidad de agua, la agricultura y los ecosistemas.

La Gestión del Riesgo y la adaptación al cambio climático comparten un espacio común de preocupación: reducir la vulnerabilidad de las comunidades y lograr el desarrollo resiliente.

El territorio

“El riesgo se manifiesta en territorios concretos y es sufrido por individuos, familias, colectividades humanas, sistemas productivos o infraestructuras que se encuentran ubicadas en sitios determinados” (Allan Lavell 2000, 2001, Maskrey, 1998). En este sentido, se hace prioritario asumir, como punto de partida para el proceso de capacitación, el reconocimiento de las necesidades del contexto, para caracterizar y develar las manifestaciones del riesgo en su entorno más inmediato, para comprenderlo y posteriormente intervenir en acciones

de desarrollo para minimizarlo. (Rojas Meléndez 2011).

Es en este sentido que el territorio se debe entender, como fuente de conocimiento y escenario de aprendizaje, en el que la realidad no se presenta atomizada sino integrada (Rojas Meléndez 2011).

Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial

La seguridad territorial podría describirse como “la capacidad de un territorio para ofrecerle a sus habitantes determinadas condiciones de “estabilidad”, que impidan que amenazas de distinto origen (naturales, socio naturales, antrópicas) procedentes del propio territorio o del exterior, puedan convertirse en desastres”. Los factores determinantes de la seguridad territorial, incluyen la seguridad y la soberanía alimentaria, la seguridad ecológica, social, económica y la jurídica institucional (Wilchex-Chaux 2006).

La Gestión del Riesgo: Una Herramienta para el Desarrollo Sustentable

La Gestión del Riesgo incluye entre sus principales objetivos la prevención de los desastres y la respuesta a sus efectos, pero no se limita a eso. Podríamos decir que es, más bien, una manera de entender, de ejecutar y de evaluar el desarrollo. Es una herramienta para avanzar hacia eso que se denomina “desarrollo sustentable”.

Las definiciones de Gestión del Riesgo varían de un enfoque a otro y de una institución a otra, pero, en general, en todas aparecen los siguientes elementos comunes que debemos rescatar:

- Proceso social (involucra múltiples actores) y complejo (se desarrolla en el tiempo y exige la interacción permanente de múltiples acciones).
- Apunta a reducir riesgos existentes

(vulnerabilidad y amenazas; adaptarse a factores de riesgo cambiante; y prevenir el continuo crecimiento de los riesgos sin hacer daño. (COSUDE, 2007)

- Su objetivo no se limita, pero tampoco excluye la preparación para responder a las emergencias y desastres, de manera adecuada y oportuna, sino que se extiende a controlar, en lo posible, los factores de riesgo (amenazas, vulnerabilidades), para evitar que se vuelvan desastres.
- Debe estar estrechamente ligada con los procesos tendientes a lograr un desarrollo humano, económico, ambiental y territorial sustentable (Rojas Meléndez 2011).

B. ¿Qué es la Sensibilidad Territorial?

Se la define *como una medida de la susceptibilidad de la población a los impactos del cambio climático, lo cual constituye una función de las circunstancias físicas, sociales y de medios de subsistencia de esa población.* (CAF, 2014; pp. 40). Para que exista una condición de sensibilidad debe existir primero una exposición a la amenaza y una condición de debilidad. Sin embargo, la sensibilidad no solamente hace referencia a la condición de susceptibilidad de la población, ya que el cambio climático puede generar impactos físicos como daños a infraestructuras, económicos por pérdidas en los medios de vida y/o ambientales por afectación a las funciones ambientales (GIZ, 2010). En este sentido, se define que la sensibilidad es una condición de debilidad o susceptibilidad a sufrir una afectación por los impactos del cambio climático considerando los sectores social, infraestructura y productivo.

En el contexto de Bolivia, en comparación con la región de América Latina y el Caribe, se clasifica como país con alta sensibilidad al cambio climático con un índice de 5,58 (CAF, 2014). Bolivia, tiene este valor debido a dos factores: Primero

por la relación entre la capacidad de adaptación y el Producto Interno Bruto (PIB). En comparación con los otros países, Bolivia tiene un PIB bajo y por tanto un mayor riesgo de adaptación al cambio climático (CAF, 2014). Segundo, el índice analiza las variables de desarrollo humano, infraestructura, agricultura y presión sobre los recursos. En desarrollo humano el país tiene una clasificación de desarrollo humano medio, infraestructura deficiente o que se localiza en áreas de riesgo (como pendientes y áreas de inundación), agricultura en alto riesgo por la relación directa entre las variables climáticas y el desarrollo del sector, y una fuerte presión sobre los recursos naturales (CAF, 2014; Hoffman y Requena 2012). A esto se le suma, que con el proceso de urbanización espontánea que se está generando en América Latina, surjan vulnerabilidades en las personas, habitando lugares no aptos para establecer viviendas (laderas, quebradas, riberas de los ríos) y segregación social (OXFAM, 2015). Welz y Krellenberg (2016), indican, además de lo descrito con anterioridad, que son más sensibles los sectores de economías marginales y los que dependen principalmente del sector primario y actividades agrícolas.

En las áreas urbanas, la sensibilidad está referida a dos dimensiones la social y físico constructivo. El físico constructivo es referido a la infraestructura, en época de lluvia el área metropolitana experimenta inundaciones que pueden afectar infraestructura privada (viviendas) y pública (caminos, infraestructura de salud y educación y servicios básicos). Este daño en infraestructura genera un gasto público y privado por efecto del cambio climático.

Por otro lado, la sensibilidad social hace referencia a los grupos con ciertas características socioeconómicas que viven en áreas inadecuadas (pendientes, orillas del río), directamente vinculados a los procesos de expansión urbana y segregación socio espacial que se ex-

presan de forma desigual tanto en la exposición como a la capacidad de recuperación frente a una amenaza climática (Welz y Krellenberg, 2016; Hardoy y Pandiella; 2009). Por ejemplo, en caso de desastre de inundación los sectores con ingresos bajos tendrán mayor dificultad de recuperarse ante este fenómeno porque se tiene limitación de recursos económicos.

Para poder establecer territorialmente esta sensibilidad, se la realiza a través de 3 descriptores:

- Prosperidad Urbana
- Equidad Urbana
- Entorno Ambiental Urbana

2.1. Estrategia Metodológica

Se plantea en un inicio desarrollar una estrategia metodológica o estrategia de intervención para comenzar el trabajo ya que el proceso de análisis y elaboración de mapas de riesgos en una zona, comunidad, municipio o región puede diferir en función a sus características específicas, tanto de su realidad geográfica como de la dinámica y características de su población y su base institucional y organizativa.

Una **estrategia metodológica o una estrategia de intervención para el mapeo de riesgos** es un sistema de acciones o conjunto de actividades diseñadas organizadas y planificadas de forma sistemática con la finalidad de posibilitar un proceso participativo, dinámico, eficiente y eficaz para generar mapas de riesgos que sirvan como herramientas para RRD y ACC.

2.1.1. Fase I: Organización y preparación

2.1.1.1. Estrategia de intervención

Como primer paso es necesario diseñar una **estrategia de intervención o estrategia metodológica** para el mapeo de riesgos, esta estrategia tiene por **objetivos**:

- Lograr el involucramiento de los actores locales a través de la implementación de mecanismos de intervención acordes a la zona.
- Identificar y analizar las condiciones de trabajo en la zona mediante el análisis sucinto del contexto y la coyuntura, así como un mapeo de actores sociales e institucionales.
- Proponer mecanismos de intervención acordes a la zona en base a los resultados del análisis de las condiciones de trabajo en la zona.
- Proponer un plan de trabajo de socialización durante el proceso de formulación que permitan obtener por una parte insumos de retroalimentación.
- Afianzar y preparar las bases para su aprobación y apropiación y generación de políticas públicas sobre la herramienta.

El **Análisis de contexto y coyuntura** debe identificar por tanto las características actuales del “escenario” en el que se desarrollaran las actividades, por lo que es importante que antes de comenzar el trabajo se conozca:

- La experiencia previa de proyectos similares (¿Qué actividades se desarrollaron y cómo?), para identificar el “terreno sembrado”, ¿Cuánto se ha avanzado y que relacionamiento existe entre las instituciones y organizaciones sociales, los gobiernos municipales?, etc. Además se debe realizar seguimiento a los compromisos pendientes a lo largo del proceso, atendiendo requerimientos tales como comunicaciones de avance y estado del proyecto, coordinación de actividades a realizarse, entrega de estudios realizados y otros.
- La estructura institucional y su relación con la organización social existente en el territorio en el que se desarrollaran las actividades, si existe estabilidad organizacional e institucional, e identificar que eventos de la coyuntura durante el periodo de trabajo pueden afectar al desarrollo

de las diferentes actividades.

- Condiciones de trabajo de la zona: referente a las condiciones climáticas, accesibilidad vía aérea, terrestre y fluvial, canales de comunicación existentes y su nivel de eficiencia (radio, telefonía, fax, internet y otros), otros servicios existentes y condiciones generales para previsión de logística (alojamiento, alimentación, compra de combustible, etc.)

El **mapeo de actores** debe identificar con que personas, instituciones, organizaciones y en qué lugares se trabajará, según su ámbito de acción e interés por ejemplo se pueden identificar:

- Instituciones y autoridades estatales (nacionales, departamentales y municipales).
- Organizaciones sociales y sus representantes (comunales, gremiales, etc.).
- Instituciones y organizaciones no gubernamentales.

2.1.1.2. Base para mapeo

Como bien señala Mazurek (2006) el Espacio y el Territorio son Instrumentos metodológicos de investigación social. En este contexto, es necesario generar mapas temáticos. Para ello se debe definir primero el nivel de detalle del estudio y por tanto, la **ESCALA**¹ de trabajo debido a las siguientes consideraciones:

- La escala de trazado no es **correctiva** para la escala de visualización, puesto que si bien es habilidad del software el poder ampliar y de esta manera mejorar el nivel de detalle de lo que se observa, no por ello significa que el mapa mejora su calidad temática.
- La escala de trazado **solo** permite un incremento o decremento de su

¹ La ESCALA, se define como la relación matemática existente entre las dimensiones reales y las del dibujo que representa la realidad sobre un plano o un mapa. Nominalmente se divide en ESCALA DE TRAZADO (O DE DIBUJO), que es el trazado analógico sobre una hoja de papel de tamaño definido y ESCALA DE VISUALIZACIÓN, que es el trazado digital que se observa en la pantalla de un equipo computacional.

valoración en 50%, esto es que si el Mapa ha sido trazado en una escala de 1:50.000, el máximo incremento sería de 1:25.000, esto es especialmente crítico debido a que existe una tendencia a usar indiscriminadamente los mapas digitales, empleándose mapas trazados a escala 1:1.000.000 para analizar áreas de tan solo 100 a 200 km².

Es necesario también considerar el ámbito de estudio y el objetivo del mapa a desarrollar, el mismo puede ser Regional o Local. Las necesidades requeridas para llevar adelante el proceso se resumirán en lo siguiente:

- La planificación será necesariamente territorial en un espacio físico definido.
- Se considera absolutamente necesario que sea la población la que participe en el proceso de identificación de las amenazas y vulnerabilidades.
- La unidad de análisis deberá ser propuesto en un ámbito Local y/o Regional en función al tipo, carácter y magnitud de la amenaza identificada.

Para esto se plantea que:

- El espacio físico definido será el ámbito municipal, en el cual deberá identificarse los riesgos más importantes.
- El ámbito Municipal como base territorial se considera un buen punto de partida para definir acciones, pero no es una buena unidad territorial de estudio, ya que es muy general, un solo valor no puede representar lo que pasa en el municipio y menos en una representación espacial. Por tanto, es preciso subdividir esta unidad, en base a unidades más pequeñas, las cuales en su conjunto deberán representar el ámbito municipal.
- La elaboración de mapas será participativa, esto debido a que la población será la que permita identificar sus propias vulnerabilidades y espacializar sus amenazas.

El siguiente paso es definir la escala o nivel de detalle requerido según se trate de la especialización de amenazas o especialización de vulnerabilidades:

2.1.1.3. Espacialización de las Amenazas

1° Condición: Identificar los tipos de amenazas, clasificándolas dentro de las siguientes categorías:

- De ocurrencia local: Inundaciones/ Riadas.
- De ocurrencia regional: Heladas, Granizadas y Sequías.

2° Condición: Identificar la fuente de información:

- Percepción local: Cuando las comunidades y/o técnicos municipales pueden determinar las áreas de ocurrencia de la amenazas.
- Percepción técnica: Cuando mediante el uso de procesos técnico/tecnológicos se puede determinar las áreas de ocurrencia de la amenaza.

2.1.1.4. Espacialización de la Vulnerabilidad

1° Condición: Debe ser posible identificar la Unidad Temática Mínima Espacial de análisis (UTME²):

- Debe ser la superficie «conceptual/geográfica» más pequeña de lo que se desea analizar.
- Su delimitación espacial no debe cambiar en el tiempo.
- Operacionalmente esta unidad debe ser «agregante», es decir que en conjunto conformará unidades espaciales de planificación.

2° Condición: Clasificar y/o definir “los factores y variables descriptoras³” en función al UTME.

2 UTME: Unidad Temática Mínima Espacial, unidad básica de especialización que es el punto de partida de todos los procesos, define la escala de los análisis y gobierna los procesos de colecta de datos.

3 Variable descriptora: También denominada “atributo”, permite cualificar o cuantificar el elemento espacial (punto, línea o polígono) graficado. Esta descripción ha de ser única y debe ser lo más concisa posible.

Se debe seleccionar los factores y las variables descriptoras para posibilitar la modelación y el mapeo de cada vulnerabilidad. Para evitar el sesgo hacia ciertos factores o variables que incidan en el resultado del mapeo en lo posible los factores y variables seleccionados deben ser independientes, adicionalmente para posibilitar su combinación en una suma ponderada las variables deben ser:

- **normalizadas:** Como las variables tienen diferentes unidades, para posibilitar su combinación, es necesario estandarizar sus valores. En este caso asignándoles un valor entre 0 y 1, que se define de una manera única (por ejemplo mediante una función en el caso de variables de valores continuos y/o según la importancia de cada clase de las unidades del mapa en el caso de las variables cualitativas).
- **ponderadas:** Cada variable del modelo "aporta" a la matriz del análisis en función a su importancia (asignada según el riesgo analizado). Por lo que el conjunto de factores y variables reciben un valor de ponderación entre 0 y 1 que combinados conforman el 100 % del valor de cada UTME.

2.1.2. Fase II: Generación y validación de los mapas de percepción local del riesgo

Se basa en un proceso participativo en el cual la población identifica en los

mapas de Percepción Local de Riesgos (PLR), la ubicación espacial de las amenazas y permiten también espacializar sus vulnerabilidades, por lo que son la base instrumental de la cual se genera la información base para el análisis de los riesgos.

Para lograr la elaboración de estos mapas se hace uso de material georeferenciado mencionado con anterioridad, sin embargo es necesario destacar que en los talleres el análisis conjunto es realizado para un entorno multinivel y/o multiescalar, en el que se analiza primero el entorno macro hacia el entorno micro desde la escala de la mancomunidad a la escala municipal y finalmente el comunal. En un primer nivel se trabaja con los técnicos municipales y en un segundo nivel con la población, representantes comunales, profesores, etc.

Nivel 1. Técnicos municipales

Los técnicos que trabajan en los municipios conocen las amenazas a las que está expuesto su territorio y conocen cuáles son sus vulnerabilidades y debido a que generalmente son profesionales en las ramas de la ingeniería se adaptan fácilmente a las herramientas que se emplean y además pueden apoyar en los procesos de levantamiento de la información básica. Su aporte puede ser sistematizado siguiendo estos pasos:



Demarcar las áreas que los técnicos municipales, en base a su experiencia, encuentran las amenazas a ser analizadas.



Incorporar las áreas identificadas en el paso anterior dentro de un SIG, cuidando de reflejar los diferentes niveles de severidad de la amenaza.



El producto resultante debe ser devuelto para su correspondiente retroalimentación y "validación".

Nivel 2. Población

La población es la que sufre los efectos de los eventos y pueden dar una información más cercana a cerca de la zonificación de las amenazas y conocen sus propias vulnerabilidades que deben ser cualificadas para poder ser analizadas y estandarizadas, siguiendo los pasos que enumeramos a continuación:



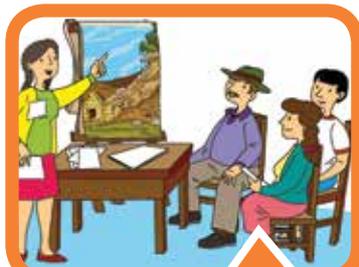
Demarcar con las personas las áreas donde existen las amenazas, extractando la severidad junto a la frecuencia.



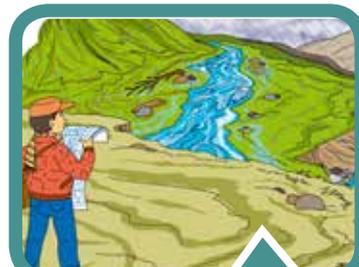
Incorporar las áreas identificadas en el paso anterior dentro de un SIG, incorporando la percepción local.



El producto resultante debe ser devuelto para su correspondiente retroalimentación y "validación".



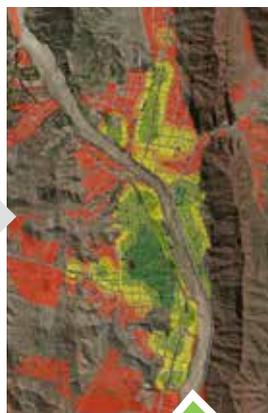
Los productos deben ser contrastados y validados, debiéndose confrontar las áreas que no se correlacionan explicando los motivos.



El proceso final es un recorrido de campo, en zonas donde existan dudas, que permita un último nivel de ajuste.



Población



Imágenes satelitales



Trabajo de campo,
levantamiento de
datos



Técnicos

Ilustración 1. Proceso de elaboración de los mapas de percepción local de amenaza.



Ilustración 2. Actores locales zonificando sus amenazas.



Ilustración 3. Mapas de percepción local de amenaza obtenidos.

2.2. Mapas de Percepción Local de amenaza (MPL)

La Percepción Local, es la base de este proceso ya que existe una enorme cantidad de información latente que es de conocimiento de los actores locales, siendo preciso recabar esa información, estructurarla en función al análisis del modelo y finalmente expresarla espacialmente.

Para la colecta de los datos se emplea el método denominado "Catastro de Eventos"⁴ en el cual se levanta información siguiendo estos pasos, que pueden ser alternativos o sucesivos:

- a) Talleres de levantamiento de datos, con los actores locales (autoridades, técnicos y población en general),

quienes manifiestan como se ven afectados por la amenaza o amenazas que se analizan (Riadas, Sequias, Heladas, Granizadas), listando los efectos de las mismas y que ocasionan pérdidas económicas de infraestructura y de producción, inseguridad alimentaria, desestructuración social y cultural, etc.

- b) Recorridos de campo con actores locales, dando especial énfasis en habitantes de mayor edad y que pueden o podrían haber vivido de primera persona la ocurrencia del evento. Junto a esto, se colecta información de la prensa u otras fuentes lo mas retrospectiva posible.

Para realizar este proceso, en uno u otro caso, es preciso hacerlo sobre una base

⁴ Método definido por GEOTEST para el levantamiento de la ocurrencia de eventos climáticos.

cartografiada georeferenciada, donde los actores locales identifican y zonifican las amenazas, además de la frecuencia e intensidad de la mismas, en tres categorías: Alta, Moderada y Baja⁵. Los participantes trazan sobre el material georeferenciado, las áreas donde se presentan las amenazas dibujándolas con marcadores de diferente color.



Ilustración 4. Imagen satelital en composición normal de bandas.

Los talleres se realizan con las tres instancias y como se señaló en dos niveles (Nivel 1: Autoridades municipales y técnicos municipales y Nivel 2: representantes comunales, profesores y población en general), de manera que cada sector pueda manifestar su percepción respecto a la amenaza que ocurre en su municipio por separado, esto permite contar con información mucho más real y visto desde diferentes perspectivas.

Posteriormente, ya en gabinete, se procede a sistematizar y digitalizar la información primaria recopilada en un ambiente SIG, considerando los niveles de amenaza identificados por los actores locales. Posterior a la digitalización, se realiza la estandarización de las alternativas del criterio (MPL), para ello se le asigna un valor de estandarización, considerando la percepción de los actores locales de la importancia del nivel de amenaza (0 a 1), al momento de clasifi-



Ilustración 5. Autoridades municipales identificando las zonas con amenaza a inundaciones.



Ilustración 6. Población identificando las zonas con amenaza a inundaciones.

⁵ Estos 3 niveles se consideran adecuados para este tipo de colecta de datos ya que disminuye los niveles de subjetividad de las apreciaciones de los actores locales en ambos niveles y en las diferentes escalas consideradas.

car el nivel de amenaza de los diferentes áreas inundables (Alta, Moderada y Baja), donde, los valores altos fueron asignados a las áreas más amenazadas respecto de las áreas con amenaza baja.

Tabla 1. Estandarización de las alternativas del criterio MPL de amenazas

Nivel de amenaza	Valor estandarizado ⁶
Alta	1
Moderada	0.67
Baja	0.33

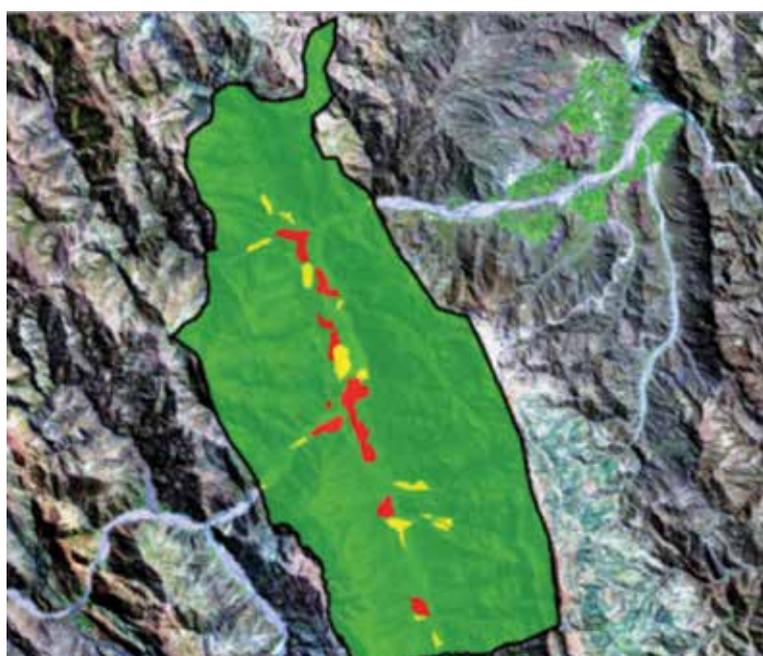


Ilustración 7. Mapa de percepción local de amenaza a inundaciones.

A continuación se analizarán las particularidades del análisis para cada amenaza, climática, acentuando los requerimientos principales de procesamiento de datos:

Riadas

Esta amenaza producto de lluvias intensas en cuencas con baja capacidad de retención, es un problema que normalmente se produce durante

los períodos álgidos de la época de lluvia. Normalmente el cauce arrastra material que se va acumulando en diversas partes del cauce delimitando el mismo, si el mismo se trata de un gran material suelto (arcillas y limos) la población local suele denominar a esta concentración como “mazamorra” que se producen al inicio de la época de lluvias, este material es el que se acumula en el cauce y direcciona el flujo de los caudales. Luego al producirse un gran evento, se acumulan grandes caudales que siguen el camino del cauce que en muchos casos se acumulan en las zonas cercanas a las poblaciones y/o a las áreas productivas, rompiendo el encauzamiento natural o los defensivos que pueden estar presentes provocando inundaciones, este proceso es al que se lo denomina como “Riada”.

Granizadas

Esta amenaza es producto de precipitaciones pluviales que se cruzan con masas de aire frío haciendo que se formen nódulos de hielo que se precipitan a la tierra. Este fenómeno que puede ser bastante común en áreas de alta montaña con gran pendiente, afecta notoriamente a la agricultura, disminuyendo o anulando la productividad. Este evento suele ser localizado, pero variando de gran manera su severidad así como su frecuencia, un evento violento podrá repetirse sin poder decirse que ha agotado su resistencia, ya que es un proceso que en nada depende de la acumulación de flujos o caudales. La población local al ser incapaz de prever la ocurrencia de este evento suele dejar sus parcelas libres de cultivos en las épocas que suceden las granizadas, esto hace que puedan localizar estos eventos, pero se les dificulta calificar la severidad ya que como se mencionó no sigue un patrón regular, por lo que se acostumbra calificar la severidad en función al daño potencial que un evento puede realizar.

⁶ Estos valores se estiman a partir del modelo del Valor Esperado, que es parte componente de la Teoría de la Decisión, análisis que permite a los decisores definir marcos de acción. Ver Anexo 1, donde se detalla su obtención.

Helada

La helada es un fenómeno climático que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies. Existen tres tipos de heladas por las condiciones para su ocurrencia, H. por radiación, H. convectiva y H. por evaporación.

En este documento se analiza la convectiva, que es cuando masas de aire frío provocan descensos repentinos de temperatura ($<0^{\circ}\text{C}$), si los descensos se producen en fases críticas del cultivo producen el congelamiento del protoplasma de los tejidos vegetales provocando daño físico en la vegetación. En casos muy severos podrán matar a las plantas.

Esta amenaza se presenta en momentos y lugares focalizados por los agricultores⁷: Sin embargo, esta amenaza se ha estado desplazando fuera de las ventanas temporales conocidas y alcanzando severidades no observadas con anterioridad. Estas variaciones han limitado en muchos casos la productividad de los cultivos así como el de las superficies cultivadas. Esta amenaza se ha vuelto algo impredecible, por lo que se precisa una mejor correlación con bioindicadores a fin de predecir su ocurrencia aunque no es posible predecir su severidad sino se cuenta con sistema de observación y alerta que permita identificar los momentos críticos.

Sequía

La sequía es uno de las amenazas más devastadoras que paraliza la producción de alimentos, agota los pastizales, perturba los mercados y en los casos más extremos, causa la muerte generalizada

de personas y animales. Las ocurrencias de sequías pueden también dar lugar a un aumento de la migración de las zonas rurales a las urbanas, lo que supone una presión adicional para la producción decreciente de alimentos. En el pasado, las sequías no eran siempre tan catastróficas y solían formar parte del sistema climático ordinario. Sin embargo, la mayor frecuencia de sequías y el carácter más errático de las precipitaciones, junto con la vulnerabilidad económica, social y ambiental subyacente, han hecho que las sequías tengan un impacto cada vez más destructivo.

2.3. Mapas de vulnerabilidades

La vulnerabilidad debe ser expresada espacialmente, para poder confrontarla con la amenaza, con la finalidad de expresar espacialmente el Riesgo. La expresión espacial de la vulnerabilidad suele ser algo más compleja que la amenaza puesto que esta debilidad de la población no suele ser tan visible, por ello se precisa coleccionar los datos e información correlacionándola con un elemento espacial visible, es decir que se complementa la percepción de la vulnerabilidad mediante la descripción de información secundaria que permite espacializar la o las vulnerabilidades, estableciéndose adicionalmente la severidad. Finalmente cabe resaltar, que es cierto que una misma variable no aportará al análisis en el mismo valor, esto se dará en función del Riesgo que se estudia, de ahí que la parametrización es específica para cada amenaza.

2.3.1. Vulnerabilidad a las riadas

Esta vulnerabilidad es espacializada en función a observaciones e interpretaciones directas de imágenes satelitales, precisándose de los pobladores, de fuentes secundarias y/o trabajo de campo una correcta zonificación e identificación de la densidad poblacional, y sobre todo del USO ACTUAL de la tierra, que es lo que se considera de mayor vulnerabilidad

⁷ Las heladas de advección, pueden suceder a cualquier hora del día, no necesariamente por la noche, que es cuando menor temperatura atmosférica hay, por su característica propia, los métodos de protección de heladas resultan ineficaces.

debido a que afecta a los medios de vida e inversiones mayores de la población. Por ejemplo en el caso en el que una comunidad o un conjunto de familias han perdido sus inversiones productivas la población simplemente abandona la zona dejando sus casas u otros bienes, dando inicio al proceso de expulsión temporal y/o definitiva según el caso y severidad del evento generador. Algunos usos de la tierra son más vulnerables a las riadas, por ejemplo un ganadero puede evacuar a sus llamas a buen recaudo pero un agricultor no puede trasladar fácilmente sus cultivos ante un evento. Por ello de acuerdo a estas consideraciones las variables empleadas en este análisis son:

- Densidad poblacional
- Distancia al río
- Uso de la tierra

Densidad poblacional

Esta variable se la analiza en función a la presencia y/o concentración de población presente en cada uno de los centros poblados del área de estudio. Este análisis es puramente espacial y depende del software, los datos de población, las zonas identificadas y validadas mediante el procesamiento de los datos de variables correlacionadas a la densidad poblacional (se debe verificar por ejemplo con el uso de la tierra) y la imagen satelital de buena resolución para poder expresarlos espacialmente. El mapa resultante es reclasificado en cinco niveles como una forma de estandarizar todos los criterios a una misma base de análisis.

La estandarización de las alternativas de este criterio, fueron realizadas considerando que a mayor cantidad de personas por unidad de superficie, mayor nivel de vulnerabilidad; mientras que las zonas menos pobladas representan zonas menos vulnerables, la estandarización fue realizada como se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla 2. Estandarización del criterio densidad poblacional

Densidad	Valor estandarizado
Muy alta	1
Alta	0.56
Moderada	0.34
Baja	0.2
Muy baja	0.09

Es posible discutir que el criterio podría ser inverso en el caso de que exista un mecanismo y organización de alerta temprana, esto es, que al existir una mayor cantidad de población, les sería posible una mejor reacción. Sin embargo, la lógica está más bien dada en la posibilidad de que al ser un evento repentino no da tiempo a las personas a reaccionar y más bien al estar concentradas, más pobladores podrían ser afectados.

Mapa de distancia al río

La segunda variable en ser analizada es la distancia al río. Este criterio fue elaborado en función a una lógica simple, esto es que mientras más cerca se encuentre al río más vulnerable es. Sin embargo, depende de la morfología del cauce y del área que la circunscribe, para lograr esto se analiza la pendiente, en la idea de que pendientes planas y adyacentes al río, será de fácil acceso para el caudal excedentario durante un evento de riada y probablemente serán inundados.

La estandarización de este criterio, fue realizada considerando que áreas más próximas al río y de pendientes planas a nivel del río, son mayormente vulnerables a ser inundadas, a diferencia de las áreas que se ubican a mayor distancia y pendientes superiores al 20%, los cuales son menos vulnerables.

La estandarización fue realizada como se aprecia en el cuadro siguiente:

Tabla 3. Estandarización del criterio distancia al río

Vulnerabilidad en función a su cercanía al río	Valor estandarizado
Muy alta	1
Alta	0.56
Moderada	0.34
Baja	0.2
Muy baja	0.09

Mapa de uso actual de la tierra

Este criterio considerado como clave para el éxito del mapeo de este riesgo, por lo tanto este debe contener información real y actualizada respecto a las diferentes actividades que se desarrollan en el territorio.

Este mapa puede ser generado o recopilado dependiendo del nivel de detalle que se desea lograr, si se dispone de imágenes satelitales de buena calidad espacial y temporal, esta variable puede ser generada a un buen nivel de detalle.

Los mapas del uso actual de la tierra se generan mediante interpretación visual sobre la imagen satelital y posteriormente debe ser validado en campo, esto para disponer de un mapa actualizado y con un buen detalle, de manera que se puedan identificar las zonas de riesgo en su real dimensión.

La estandarización de las alternativas de este criterio fue considerando que las zonas más vulnerables son las áreas con intensa actividad antrópica (áreas pobladas, agricultura intensiva), cuyo impacto sería de consideración si ocurriera un evento de riada, mientras que en las áreas menos vulnerables la inundación no presentaría mayores

problemas, la estandarización fue realizada como se ilustra en el cuadro siguiente:

Tabla 4. Estandarización del criterio uso actual de la tierra

*Uso	Valor estandarización
Áreas pobladas	1
Uso agrícola intensivo	0.56
Uso agrícola extensivo limitado	0.34
Uso forestal múltiple	0.2
Uso minería de extracción	0.1
Uso ganadería extensiva	0.2
Lecho del río – sin uso	0

* En el caso del análisis de esta amenaza se suele interpretar el uso en el área que se circunscribe al o los cauces que son motivos de los análisis.

2.3.2. Vulnerabilidad a la granizada

Esta vulnerabilidad que afecta a la seguridad alimentaria y esta correlacionada al uso actual de la tierra. Debido a esto es más fácilmente reconocible y ubicable por la población quienes pueden zonificarla e incluso cualificar la severidad.

Mapa de uso actual de la tierra

Este criterio como se mencionó representa uno de los insumos de mayor importancia, debido a que será donde se manifieste el riesgo al evento de las granizadas.

Se genera como en el anterior caso, las alternativas fueron estandarizadas como se muestra en el cuadro siguiente, dando una prerrogativa a las zonas más vulnerables a los eventos de granizada.

Tabla 5. Estandarización de alternativas del uso de la tierra⁸

Uso Actual de la tierra	Valor estándar
Afloramiento rocoso – sin uso	0
Área poblada	0.25
Bofedal – sin uso ganadero extensivo	0.15
Lecho del río – sin uso	0
Plantación forestal exótica	0.4
Uso Agrícola extensivo limitado	0.7
Uso agrícola intensivo	1
Uso agrícola intensivo limitado	0.8
Uso forestal múltiple	0.3
Uso ganadero extensivo – zonas de pastizales	0.5
Uso ganadero extensivo (Afloramiento rocoso)	0.2

Mapa de densidad poblacional

Este criterio fue generado en base al mapa de poblaciones aunado a la cantidad de pobladores. Las alternativas fueron estandarizadas en base de la cantidad de personas que se encuentran en un determinado espacio geográfico, se consideró que a mayor cantidad de habitantes por unidad de superficie, mayor la vulnerabilidad de esta zona, los valores estándar se ilustran en el siguiente cuadro:

Tabla 6. Estandarización de las alternativas del criterio densidad

Densidad poblacional	Valor estandarizado
Muy alta	1
Alta	0.56
Moderada	0.34
Baja	0.2
Muy baja	0

⁸ En la tabla se muestra SOLO un ejemplo, debiéndose realizar esta consideración al tiempo de realizar el análisis en otra zona que no podría considerar la misma tipología de usos presentada.

Mapa de pendientes

Este criterio fue analizado en función a considerar que las áreas con pendiente planas son más vulnerables respecto a las zonas cuyas pendientes son fuertemente empinadas, estas últimas debido a la dificultad de ingreso a las actividades humanas, por lo tanto un evento de granizadas no tiene mayores repercusiones.

Tabla 7. Estandarización de las pendientes

Pendiente (%)	Clase	Valor estandarizado
0 – 10	Plano	1
10 a 20	Mod. inclinado	0.56
20 a 30	Inclinado	0.34
30 a 45	Mod. empinado	0.2
más de 45	Fuert. empinado	0.09

Mapa de altitud (elevaciones)

Las granizadas generalmente se presentan en las áreas de mayor elevación, en ese sentido este criterio se ha analizado en cinco niveles de vulnerabilidad, en la lógica de que las zonas más elevadas son las más vulnerables debido a que por sus propias condicionantes las hacen el entorno ideal para formar el granizo.

Para la estandarización se consideró que las zonas más elevadas, presentan mayor nivel de vulnerabilidad, con respecto a la zona que se encuentran en zonas más bajas, por lo tanto fueron asignados con valores más altos, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 8. Estandarización del criterio de elevaciones⁹

Nivel de elevación	Valor estandarizado
Muy alto	1
Alta	0.56
Moderada	0.34
Baja	0.2

2.3.3. Vulnerabilidad a la helada

Esta vulnerabilidad es algo más compleja de representar espacialmente, ya que si bien los pobladores pueden localizarlos y zonificarlos, esta información es de utilidad limitada, ya que no representa adecuadamente el potencial de vulnerabilidad. Para solventar esto, se debe recurrir a indicadores secundarios que permitan precisar las áreas más vulnerables, para este análisis empleamos: el uso actual de la tierra, la densidad poblacional, las pendientes y la orientación de la pendiente.

Mapa de uso actual de la tierra

Este criterio basa su importancia en que esta amenaza afecta a la población en su seguridad alimentaria, debilitándola y haciéndola más vulnerable a otras amenazas que no llegarían a producir mucho daño si la población no estuviera debilitada. Esta información puede ser generada de forma directa sobre imágenes satelitales y posteriormente validada in situ. Sin embargo también pueden ser adquiridas de fuentes secundarias, pero debido a que en el análisis de esta amenaza en particular es el uso lo que se precisa, debe tratarse con el mayor cuidado y detalle posible. Por ello, la estandarización de las alternativas de este criterio, fue realizado priorizando el caso de las zonas con uso agrícola intensivo e extensivo, frente a

otras zonas donde las heladas no ocasionarían mayores impactos, como en zonas sin uso según a su cobertura: en el lecho de los ríos, afloraciones rocosas, etc., esta parametrización fue:

Tabla 9. Estandarización del criterio uso actual de la tierra

Uso	Valor estandarizado
Área Urbana Rural	0.15
Lecho de río	0.07
Otras áreas de uso restringido	0.25
Uso agrícola extensivo	0.59
Uso agrícola intensivo	1
Uso ganadero intensivo	0.39

Como se puede ver en el cuadro anterior, las clases de uso actual de la tierra, son valoradas según las actividades económicas de las áreas de análisis, siendo las zonas con actividad agrícola intensivas las que están con los mayores valores, como es lógico pensar, en caso de presentarse un evento de helada de alta intensidad, los cultivos sufrirían impactos considerables debido al evento y como consecuencia se reducirían los rendimientos de los cultivos, lo cual generaría bajos ingresos para los propietarios y la población en general. Al final se produce una cadena de problemas sociales (mayor pobreza, migración, familias desintegradas, etc.).

Mapa de densidad poblacional

Como se mencionó este dato es generado en base a la cantidad de habitantes que tiene cada comunidad o centro poblado, que se encuentra en el área de análisis. La estandarización de las alternativas con valores cuantitativos se realiza bajo la siguiente consideración: donde los valores son más altos corresponden a zonas más densamente pobladas, en caso de ocurrir un evento de heladas, los impactos en esta zona serían de consideración; mientras que los

⁹ Como se puede apreciar en el ejemplo de la zona Andina de Cochabamba, no presenta áreas de muy baja vulnerabilidad debido a que la zona andina se encuentra constantemente expuesta a granizadas, por estar ubicada en elevaciones que varían entre los 2900 y 4800 msnm.

valores bajos corresponden a zonas de baja densidad poblacional, donde hay poca presencia de personas y el impacto del evento sería de menor intensidad.

Tabla 10. Estandarización de criterio densidad poblacional

Nivel de densidad	Valor estandarizado
Muy alta	1
Alta	0.56
Moderada	0.34
Baja	0.2
Muy baja	0.09

Mapa de pendientes

La variable es definida en función a los siguientes cinco niveles: de pendientes (Plana, Moderadamente inclinada, Inclinada, Empinada y Muy empinada), posteriormente estas alternativas son estandarizados con valores numéricos que varían de cero a uno, donde los valores altos corresponde a zonas con pendientes de cero por ciento, considerando que estas zonas son más vulnerables a las heladas en consecuencia el impacto sería de consideración, porque las condiciones de relieve de estas zonas favorecen las actividades socioeconómicas; mientras que los valores bajos corresponden a los zonas cuyas pendientes varían de empinada y muy empinada, debido a las condiciones de relieve se encuentran poca actividad antrópica, por lo tanto la helada no causaría mayores impactos.

Tabla 11. Estandarización del criterio pendientes

Pendiente	Valor estandarizado
Plana	1
Mod. inclinada	0.56
Inclinada	0.34
Empinada	0.2
Muy Empinada	0.09

Mapa de orientación de pendientes

Esta variable es generada a partir de información secundaria y basada en un supuesto, el análisis se basa en la idea de que al producirse un evento, el mismo generalmente se sucede en horas de la noche o por la mañana muy temprano, junto a ello el relieve montañoso impide que la luz del sol llegue rápidamente a las parcelas afectadas, que podrían disminuir su afectación si pudieran calentarse más rápidamente, por ello se clasifica el área, según la dirección de la pendiente (Norte, Este, Sud, Oeste y llana), estas categorías son estandarizadas con valores numéricos que varían de cero a uno, donde los valores altos corresponden a las zonas que podrían contar con más iluminación solar en el momento más oportuno.

Tabla 12. Estandarización del criterio orientación

Dirección de la pendiente	Valor estandarizado
Llano	1
Norte	0.34
Este	0.09
Sud	0.56
Oeste	1
Norte	0.34

2.3.4. Vulnerabilidad a la sequía

La sequía es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación en un período de tiempo es menor que el promedio, y cuando esta deficiencia de agua es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas. Cada vez con mayor frecuencia se presentan en el mundo y es considerado uno de los fenómenos naturales que más daños causan en lo que se refiere al aspecto económico ya que grandes hectáreas de cultivos se pierden por las sequías y numerosas cabezas de ganado mueren durante las mismas.

Para elaborar el mapa de vulnerabilidades se consideraron los siguientes criterios: Uso actual de la tierra, densidad poblacional, distancia al curso de los ríos, pendientes y orientación de la pendiente.

Mapa de uso actual de la tierra

Este criterio representa uno de los insumos de mayor importancia, debido a que será donde se manifieste el riesgo.

Las alternativas fueron estandarizadas como se muestra en el cuadro, como se puede apreciar, las alternativas con más alto valor corresponden a las zonas más vulnerables a los eventos de sequía.

Tabla 13. Estandarización de alternativas del uso de la tierra¹⁰

Uso Actual de la tierra	Valor estandarizado
Afloramiento rocoso sin uso	0
Área poblada	0.65
Área urbana	0.65
Bofedal sin uso	0.55
Lecho del río sin uso	0
Plantación forestal exótica	0.4
Uso Agrícola extensivo limitado	0.8
Uso agrícola intensivo	1
Uso agrícola intensivo limitado	0.9
Uso forestal múltiple	0.3
Uso ganadero extensivo	0.5
Uso ganadero extensivo (Afloramiento rocoso)	0.2

Mapa de densidad poblacional

Este criterio fue generado en base al mapa de poblaciones representadas por puntos, cuya tabla de atributos

contiene la información poblacional que habitan en cada uno de las áreas pobladas.

Las alternativas fueron estandarizadas en base a la cantidad de personas que se encuentran en un determinado espacio geográfico, se consideró que a mayor cantidad de habitantes por unidad de superficie, mayor la vulnerabilidad de esta zona, los valores estándar se ilustran en el siguiente cuadro:

Tabla 14. Estandarización de las alternativas del criterio densidad

Densidad poblacional	Valor estandarizado
Muy alta	1
Alta	0.56
Moderada	0.34
Baja	0.2
Muy baja	0

Mapa de distancia al río

Este criterio se analizó con la idea de que la población se apoyará en riego complementario para su producción, por lo que mientras más lejos deben recorrer para poder disponer de estos caudales, considerando que las áreas ubicadas más cerca al curso del río tienen menos nivel de vulnerabilidad en eventos de sequía, y por otro lado, las zonas más alejadas al curso de los ríos, son más vulnerables a los eventos de sequías.

Tabla 15. Vulnerabilidad de ubicación respecto al río

Distancia	Valor estandarizado
Muy lejos	1
Lejos	0.56
Mod. lejos	0.34
Cerca	0.2
Muy cerca	0.09

¹⁰ Consideración para un EJEMPLO, en otra zona deberá incluirse los usos que realmente existan.

Mapa de pendientes

El criterio fue generado en base a una información referente a alturas, el resultado del proceso es un mapa con valores continuos, los cuales como los anteriores casos deben ser clasificados en cinco clases de niveles de vulnerabilidad: "Muy alta", "Alta", "Moderada", "Baja" y "Muy baja". La estandarización fue realizada considerando que las áreas con pendientes planas son menos vulnerables respecto a las zonas cuyos pendientes son fuertemente empinadas, donde por acción de la gravedad estos suelos pierden con mayor facilidad el agua disponible.

Tabla 16. Estandarización de las pendientes

Pendiente (%)	Clase	Valor estandarizado
0 – 10	Plano	0.09
10 a 20	Mod. inclinado	0.2
20 a 30	Inclinado	0.34
30 a 45	Mod. empinado	0.56
más de 45	Fuert. Empinado	1

Mapa de orientación de la pendiente

Otro criterio que fue considerado en el mapa de orientación de la pendiente, el resultado del análisis es un mapa con valores continuos que representan la dirección que tienen cada una de las laderas. Este mapa fue reclasificado en cinco clases de orientación: Norte, Este, Oeste, Sud y plano o sin orientación. La estandarización de las alternativas de este criterio fue realizado considerando que las zonas expuestas al este por mayor exposición al sol son más vulnerables a las sequías que las zonas con laderas orientadas hacia el sud.

Tabla 17. Estandarización del criterio orientación de la pendiente

Orientación	Valor estandarizado
Plano	0.25
Norte	0.56
Este	1
Sud	0.15
Oeste	0.35
Norte	0.56

2.4. Metodología de levantamiento por muestreo

Algunas variables ya sea por el alto costo y por lo complejo de poder trabajar con los actores sociales pueden ser determinadas empleando la geo estadística, la cual conlleva a un proceso de interpolación de datos que pudieron haber sido generado a partir de ubicar puntos clave y asignarle el valor del descriptor analizado en un SIG, la operación es básicamente de interpolación entre puntos.

Distribución espacial del patrón de puntos

Se puede establecer que la distribución espacial del patrón de puntos puede ser evaluada de la siguiente manera:

- Aleatorio: Sin ninguna estructura, las posiciones de los puntos son independientes entre sí.
- Regular: La densidad es constante y los puntos se disponen alejados entre sí.
- Agregado: La densidad de los puntos es muy elevada en ciertas zonas.

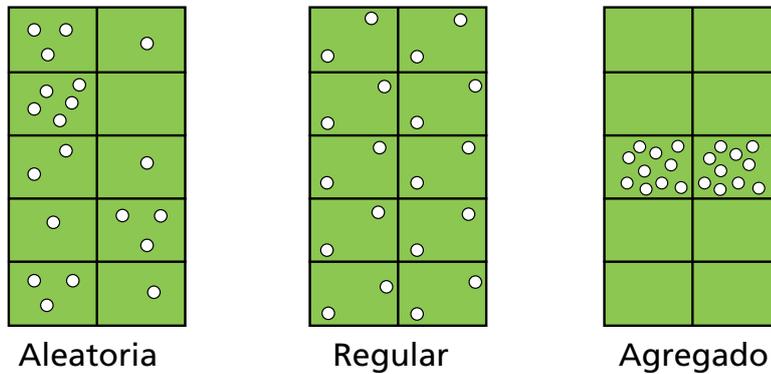


Ilustración 8. Distribución espacial del patrón de puntos.

La preocupación de la Unidad Espacial contenedora de análisis

Dos disposiciones de puntos distintos que darían un mismo resultado al analizarse por el método de cuadrantes.

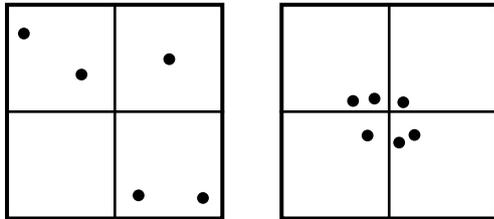


Ilustración 9. Método de cuadrantes.

Interpolación espacial a partir de un patrón de puntos

La Interpolación es un procedimiento matemático utilizado para predecir el valor de un atributo en una locación precisa, a partir de valores del atributo obtenidos de locaciones vecinas, ubicadas al interior de la misma región (unidad espacial contenedora).

La predicción del valor de un atributo en lugares fuera de la región cubierta por las observaciones, se llama Extrapolación.

La hipótesis básica de la interpolación espacial es que, en promedio, valores de un atributo dentro de una vecindad en el espacio tienen una fuerte probabilidad de ser similares y que esta probabilidad disminuye respecto a valores de una vecindad separados por una gran distancia.

2.4.1. Método de interpolación espacial propuesto

Existen muchos métodos de interpolación. En la presente guía se propone la aplicación del método de interpolación denominado como Distancia Inversa Ponderada (IDW por sus siglas en inglés).

Distancia Inversa Ponderada (IDW)

Consiste en una combinación de tipo lineal de los datos promediados con un peso que es función del inverso de la distancia. Cuanto más cercano esté el punto de muestreo disponible al punto a interpolar, mayor influencia recibirá dicho dato en su cálculo.

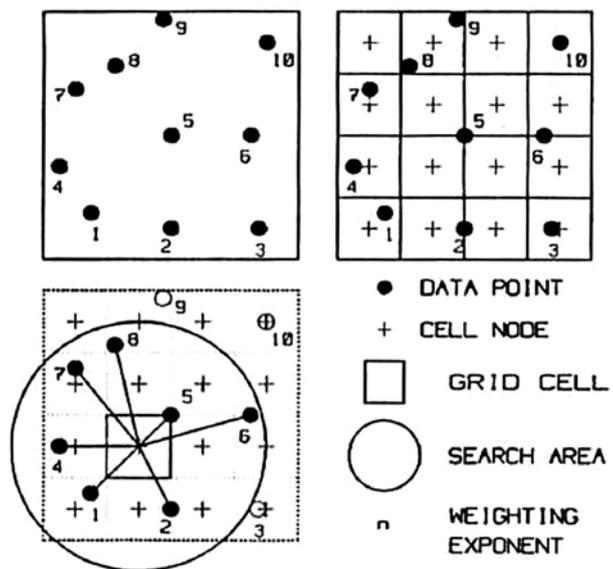


Ilustración 10. Método propuesto, Distancia Inversa Ponderada (IDW).

2.5. Fase III: Modelación espacial de riesgos

La siguiente parte del proceso es la generación de los mapas de RIESGOS, que es el resultado de CONFRONTAR las AMENAZAS con las VULNERABILIDADES.

1° Condición: Definición de la dimensión temática de la Ecuación General del Riesgo (EGR).

La EGR analiza los siguientes riesgos:

- Riesgo a Riadas (Inundaciones).
- Riesgo a granizadas.
- Riesgo a heladas.
- Riesgo a sequías.

2° Condición: Definición de la valoración ponderada de la EGR.

La EGR define el aporte y la importancia de las variables descriptoras:

- Las amenazas tienen como máximo 3 componentes de los cuales el tema principal tendrá el mayor valor de estandarización y peso de aporte al modelo según el tipo de riesgo.
- Las vulnerabilidades no tienen límites de componentes aunque se sugiere no pasar de 5 componentes en lo posible independientes.
- Componentes clave: Uso Tierra/ cobertura vegetal; Densidad poblacional.
- Ponderación: Cada componente se valora en función a su importancia que puede variar según el tipo de riesgo.

Para poder realizar la tarea es preciso haber ya generado una información cartográfica base, además de recopilar información secundaria que apoye en el proceso de descripción del área de estudio. Como material base para realizar esta acción se sugiere disponer del siguiente material e información:

- Imagen satelital
- Límites Municipales y/o distritos
- Poblados y/o Capitales
- Red Vial
- Red de Drenaje.
- DEM

2.6. Ecuación General del Riesgo

Si: $R = A \times V$

Donde:

R: Riesgo

A: Amenaza

V: Vulnerabilidad

Aplicando el análisis espacial multicriterio se tiene dos grupos de factores uno referido a la amenaza y otro a la vulnerabilidad, si cada pixel es el resultado de la contribución de cada grupo de factores a su representación espacial entonces debemos encontrar la fórmula o EGR para cada tipo de riesgo como una suma ponderada, ya que dependiendo del tipo de riesgo el aporte o importancia de la amenaza y su vulnerabilidad puede expresarse en un peso específico.

W:

$$\text{Riesgo} = (WA \cdot A) + (WV \cdot V)$$

Considerando que Riesgo para cada pixel será un valor entre 0 y 1, sucederá que:

$$1 = WA + WV$$

$$1 = WA + (1 - WA)$$

Por ejemplo:

$$WA = 0.75$$

$$WV = 1 - 0.75 = 0.25$$

$$1 = 0.75 + 0.25$$

Donde:

WA: Peso de la Amenaza

WV: Peso de la Vulnerabilidad

Considerando que los mapas de amenaza y vulnerabilidad son sumas ponderadas de los factores que los representan entre ellos la percepción local, cuando se haya relevado, en función de los criterios de cada modelo (árbol de criterios para cada riesgo).

Se tiene la siguiente EGR:

$$A = \sum_{n=1}^n (W1 * fA1) + (W2 * fA2) + \dots (Wn * fAn)$$
$$V = \sum_{n=1}^n (W1 * fV1) + (W2 * fV2) + \dots (Wn * fVn)$$

Entonces si para cada uno de los factores que representan a la amenaza y a la vulnerabilidad se tiene un mapa, la EGR es la suma ponderada de los mapas de amenaza (A) y los mapas de vulnerabilidad (V).

$$R = \underbrace{A}_{\sum_{n=1}^n (W1 * A1) + (W2 * A2) + \dots (Wn * An)} + \underbrace{V}_{\sum_{n=1}^n (W1 * V1) + (W2 * V2) + \dots (Wn * Vn)}$$

2.6.1. Requerimientos mínimos de aplicación de desarrollo y aplicación

La Ecuación General del Riesgo es una metodología que precisa de información secundaria y conocer adecuadamente el territorio que se va analizar, a continuación se lista los requerimientos y condiciones:

REQUERIMIENTOS

Equipos:

- Equipo Computacional de buena capacidad de almacenamiento y proceso.
- GPS's.
- Unidad externa de almacenamiento de datos con gran capacidad.

Información Secundaria Básica:

- Modelo Digital de Elevación del Terreno (DEM)¹¹
- Mapa base del área de estudio, con la ubicación de Comunidades, Drenajes (Ríos y quebradas), límites municipales, ubicación de fuentes de agua, red vial.
- Imagen satelital del área de estudio, de baja resolución para un análisis mancomunal o municipal, de media resolución para análisis municipal o comunal y de alta resolución para análisis local.

¹¹ La fuente de acceso a esta información sería el IGM de manera local y los ASTER DEM o Landsat DEM que pueden ser obtenidas del internet.

CONDICIONES

El área que se desea analizar no tiene acceso o acceso limitado a información primaria (Estaciones climatológicas).

El estudio necesariamente debe poder incorporar vivencias y experiencias locales de una manera adecuada.

Colectar y procesar los datos de una manera sistémica y empleando una metodología estricta, esto es especialmente importante, ya que al ser la EGR una metodología empírica debe evitarse en lo posible sesgos y opiniones que no puedan ser sustentadas en alguna información.

Recursos humanos suficientes y preparados en el uso de herramientas tecnológicas SIG, esto es preciso puesto que toda la información colectada y procesada debe ser finalmente modelada para lograr el resultado.

Gracias a esto, para cada tipo de riesgo se tomaran en cuenta factores clave que desde la modelación técnica son importantes para representar la vulnerabilidad a esa amenaza específica, cabe resaltar que es posible usar un mismo tipo de dato en el análisis, sin embargo su participación es estandarizada y ponderada; para cada tipo de riesgo se específica, haciéndola muy diferente en su aporte para representar espacialmente cada riesgo.

La ventaja de éste método es que se ha reducido la información requerida para la elaboración de los mapas de riesgo y el tiempo requerido para obtenerlos ya que una vez preparados los insumos solo se debe aplicar la EGR para cada riesgo con su estandarización y asignación de pesos específico (en este documento las ponderaciones sugeridas, ya se hallan estandarizadas para su uso).

Sin embargo, los valores de estandarización y ponderación de cada EGR debe ser calibrada y validada para cada caso específico, de esta forma se asegurara que el mapa de riesgos represente la realidad de cada municipio, mancomunidad o zona de estudio seleccionada.

Tabla 18. Menú de insumos requeridos para la elaboración de mapa de riesgo

Riesgo (R) (Mapa)		Amenaza (A) (Mapa)	Vulnerabilidad (V) (Mapa)				
Riesgo/ Insumos	Percepción local	Percepción técnico	Pendientes	Densidad poblacional	Distancia a los ríos	Uso actual	Orientación a pendiente
Inundaciones	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sequia	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Heladas	✓		✓	✓		✓	✓
Granizadas	✓		✓	✓	✓	✓	✓

Después de haber identificado amenazas y vulnerabilidades, a continuación se describe el proceso a seguir para la territorialización de los riesgos en Sequía, Inundación, Granizada, Helada e Incendios.



2.6.2. Riesgo a sequía

INSUMOS REQUERIDOS

Para generar el Mapa de Riesgos a Sequía, los insumos requeridos son:

Mapa de Amenaza de Sequía (A_SEQ)

Mapa de Percepción Local de la Sequía (PL_SEQ)

Mapa de Vulnerabilidad de Densidad Poblacional (DsPb)

Mapa de Vulnerabilidad de Distancia del Río en Sequía (Drs)

Mapa de Vulnerabilidad de Uso Actual de la Tierra (UAT)

Mapa de Vulnerabilidad de Pendiente (Pend)

Mapa de Vulnerabilidad de Orientación de la Pendiente (Op)

Mapa de Riesgo a Sequía

ECUACIÓN PARA GENERAR MAPA DE RIESGO

$$(((PL_SEQ * 0.25) + (A_SEQ * 0.75)) * 0.4) + (((DsPb * 0.16) + (Pend * 0.1) + (Op * 0.08) + (Drs * 0.14) + (UAT * 0.52)) * 0.6)$$



2.6.3. Riesgo a inundación

INSUMOS REQUERIDOS

Para generar el Mapa de Riesgos a Inundación, los insumos requeridos son:

Mapa de Amenaza a la Inundación (A_IN)

Mapa de Percepción Local de la Inundación (PL_IN)

Mapa de Vulnerabilidad de Densidad Poblacional (DsPb)

Mapa de Vulnerabilidad de Distancia del Río en Inundación (Dri)

Mapa de Vulnerabilidad de Uso Actual de la Tierra (UAT)

ECUACIÓN PARA GENERAR MAPA DE RIESGO

Mapa de Riesgo a Inundación

$$(((PL_IN*0.75)+(A_IN*0.25))*0.25)+(((DsPb*0.1)+(Dri*0.4)+(UAT*0.5))*0.75)$$



2.6.4. Riesgo a helada

INSUMOS REQUERIDOS

Para generar el Mapa de Riesgos a Helada, los insumos requeridos son:

Mapa de Amenaza de Helada (A_HE)

Mapa de Percepción Local de la Helada (PL_HE)

Mapa de Vulnerabilidad de Densidad Poblacional (DsPb)

Mapa de Vulnerabilidad de Uso Actual de la Tierra (UAT)

Mapa de Vulnerabilidad de Pendiente (Pend)

Mapa de Vulnerabilidad de Orientación de la Pendiente (Op)

ECUACIÓN PARA GENERAR MAPA DE RIESGO

Mapa de Riesgo a Helada

$$(((PL_HE*0.25)+(A_HE*0.75))*0.75)+(((DsPb*0.27)+(Op*0.06)+(Pend*0.15)+(UAT*0.52))*0.25)$$



2.6.5. Riesgo a granizada

INSUMOS REQUERIDOS

Para generar el Mapa de Riesgos a Granizada, los insumos requeridos son:

Mapa de Amenaza de Granizada (A_GR)

Mapa de Percepción Local de la Granizada (PL_GR)

Mapa de Vulnerabilidad de Densidad Poblacional (DsPb)

Mapa de Vulnerabilidad de Uso Actual de la Tierra (UAT)

Mapa de Vulnerabilidad de Pendiente (Pend)

Mapa de Vulnerabilidad de elevación (Ele)

ECUACIÓN PARA GENERAR MAPA DE RIESGO

Mapa de Riesgo a Granizada

$$(((PL_GR*0.25)+(A_GR*0.75))*0.75)+(((DsPb*0.2)+(Pend*0.15)+(Ele*0.5)+(UAT*0.6))*0.25)$$

3. Espacialización de Sensibilidad Territorial



3. Espacialización de Sensibilidad Territorial

Cómo se estableció, la sensibilidad territorial se la construye en base a 3 factores:



Entorno Urbano



Prosperidad Urbana



Equidad Urbana

3.1. Entorno Urbano

La calidad del ambiente es básica en la satisfacción del ciudadano, no es posible sustituir la calidad ambiental del aire que respira o de la accesibilidad peatonal a los espacios de uso diario con ningún valor económico; antes o después las carencias se harían explícitas y los efectos sobre la salud o vida cotidiana irreversibles. La degradación de las condiciones de vida del entorno de las ciudades industriales fue uno de los primeros avisos de que los beneficios del crecimiento económico no eran suficientes para satisfacer las necesidades del ciudadano.

Cuando se habla de la calidad ambiental del entorno urbano se incluye lo construido y la relación entre sus partes. Su evaluación deberá atender a distintas escalas: yendo

desde la más próxima, la vivienda, hasta la forma en que la ciudad se relaciona con el territorio y percibe su huella ecológica; las escalas básicas en el análisis consideran:

- Calidad del medioambiente urbano.
- Seguridad física de los habitantes (exposición a riesgos).

Los indicadores de esta área remitirán a la calidad ambiental de los espacios, los consumos de recursos naturales, suelo y energía, y la emisión y tratamiento de los residuos.

Las determinaciones de las mismas se las realiza a través de los siguientes indicadores:

Tabla 19. Indicadores de la calidad del medioambiente urbano

ATRIBUTO	INDICADOR	PROCESO
Contaminación atmosférica	Grado de contaminación atmosférica/Información especializada	Percepción local
Eficiencia en el uso de agua potable	Consumo de agua potable per cápita al día	Consulta primaria
	Cobertura	Mapeo SIG
	Porcentaje de pérdida de agua en la red	Consulta primaria
Calidad del agua de cuerpos superficiales y/o subterráneos	Calidad del agua	Percepción local
Eficiencia en la gestión de residuos	Cantidad (kg) de residuos sólidos urbanos producidos	Percepción local
	Porcentaje de residuos sólidos urbanos reciclados	Percepción local
	Número de microbasurales por superficie urbana/Ausencia del servicio de recojo de basura	Percepción local
Infraestructura ecológica	Superficie de espacios abiertos urbanos con vegetación	Mapeo SIG
	Porcentaje de pérdida de áreas naturales de valor ambiental y cultural afectadas por urbanización	Operación SIG/Percepción/ Info secundaria
	Porcentaje de arborización y/o vegetación por manzano	Mapeo SIG/Lev. Por densidad y muestreo
Eficiencia energética	Consumo de combustibles líquidos per cápita	Consulta primaria
	Consumo de gas natural per cápita	Consulta primaria
	Consumo de leña per cápita	Consulta primaria
	Consumo de energía eléctrica per cápita	Consulta primaria
Contaminación de ruido	Niveles de ruido nocturno	Percepción local
	Niveles de ruido diurno	Percepción local

Sin embargo, como parte del entorno natural es preciso considerar la ocurrencia de eventos negativos de origen natural como son las inundaciones, riadas o procesos geológicos, los indicadores son:

Tabla 20. Indicadores de seguridad física de los habitantes (Exposición a riesgos)

ATRIBUTO	INDICADOR	PROCESO
Exposición de la población a riesgos de desastres	Porcentaje de población con riesgo de inundación por lluvia.	Operación SIG
	Porcentaje de población con riesgo de avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.	Operación SIG
	Porcentaje de población con riesgo a fallas geológicas.	Operación SIG
Reducción de riesgo de desastres	Estudios que establezcan áreas de riesgo y definan restricciones de uso y edificación, para reducción de riesgo de desastres.	Mapeo SIG
	Existencia de planes municipales de gestión del riesgo.	Mapeo SIG
Consumo y uso eficiente del suelo urbano	Diferencia entre el valor del suelo más alto y el más bajo entre las áreas homogéneas definidas por el Servicio de Impuestos Internos.	Consultar a Catastro del GAM
	Porcentaje de superficie no construida (sitios baldíos) que existen en las áreas urbanas consolidadas	Consultar a Catastro del GAM
	Porcentaje de crecimiento anual de la extensión física urbana o área urbana consolidada.	Estimación municipal

3.2. Prosperidad Urbana

Un centro urbano aspira a un "bienestar" con la satisfacción en la provisión de los bienes y servicios definidos como básicos y que deberían

ser garantizados institucionalmente; de hecho, suelen estar recogidos en las constituciones y desarrollados en legislaciones específicas. En nuestro entorno sociocultural se entienden como imprescindibles: el empleo, la

salud, la cultura y la vivienda; podemos determinar portanto como áreas a cubrir con los indicadores correspondientes:

- La provisión de dotaciones (Espacios libres, equipamientos, servicios, dotaciones complementarias).
- La accesibilidad a la vivienda.
- La calidad de la estructura urbana (distribución, accesibilidad, etc.)

- La accesibilidad de los bienes económicos.

El bienestar es una construcción social, su grado de satisfacción se mide por comparación a un nivel de referencia, que una vez superado es sustituido por otro más alto; su satisfacción es por tanto relativa, asociada a parámetros administrativos, que para su comparación con otras ciudades deberán de ser homogeneizados.

Tabla 21. Indicadores de la prosperidad urbana

ATRIBUTO	INDICADOR	PROCESO
Estado y calidad del mercado laboral	Tasa de desempleo	Consulta primaria
	Cantidad de negocios existentes	Consulta primaria
	Porcentaje de ocupados que trabajan en el sector primario (agropecuario-silvícola, pesca, minería, forestal)	Base al censo
	Porcentaje de ocupados que trabajan en el sector secundario (industria manufacturera, construcción)	Base al censo
	Porcentaje de ocupados que trabajan en el sector terciario (comercio, transporte y comunicaciones, servicios financieros, empresariales y personales, administración pública, electricidad, gas y agua)	Base al censo

3.3. Equidad Urbana

Esta dimensión será analizada en función al concepto del "Derecho a la ciudad" que como menciona Tibaijuka (2006, p. 24) que debe ser entendido como un derecho colectivo de todos los habitantes de la ciudad, especialmente de aquellos vulnerables y desfavorecidos. Finalmente, Velásquez Carrillo (2004, pp. 13-14) establece que es un derecho de naturaleza compleja que involucra dimensiones de tipo político, social, económico y cultural.

funciones social, económica y ambiental de la propiedad del suelo urbano y de la ciudad.

[...] el derecho a la ciudad no es sólo el techo. También son las condiciones de vida, es decir, el acceso a todos los servicios públicos, en buenas condiciones, a bajo costo. Pero de igual manera el derecho al trabajo bien remunerado. Poder vivir fruto de nuestra realización personal, sintiéndonos útiles a la sociedad.

A partir de lo anterior se presenta, entonces, el primer reto de las ciudades (Fernandes, 2006b): el de revertir el paradigma clásico-liberal –el cual, aunque denominado liberal, resulta siendo profundamente conservador– que ha imperado, y en virtud del cual la propiedad individual ha gozado de una excesiva protección estatal. Esto implica no menos que introducir y hacer efectivo el principio socioeconómico de las

Jordi Borja (2004) plantea este derecho en tres facetas:

- **física**, que hace referencia al derecho al lugar, a permanecer, a la movilidad, es el derecho a la centralidad accesible, al entorno bello y al espacio público significativo, es el derecho a la seguridad y a la convivencia pacífica;

- **individual**, hace referencia al derecho a definir el proyecto de vida libremente, el derecho a no vivir alejado, en espacios invisibles y sin cualidad; y finalmente,
- **colectiva**, que se refiere al derecho a la participación en los ámbitos reales de la decisión y la gestión.

Tabla 22. Indicadores equidad urbana, faceta física

ATRIBUTO	INDICADOR	PROCESO
Accesibilidad a educación	Presencia - Nivel - Público/Privado	
Accesibilidad a educación inicial	Distancia a establecimientos de educación inicial	Operación SIG
Accesibilidad a educación básica	Distancia a establecimientos de educación básica	Operación SIG
Accesibilidad a educación técnica y/o superior	Presencia de unidades de educación técnica y/o superior	Mapeo SIG
Accesibilidad a salud primaria pública y privada	Presencia - Nivel - Público/Privado	Mapeo SIG
	Distancia a centros de salud primaria	Operación SIG
Accesibilidad a espacios públicos Abiertos y Cerrados	Distancia a plazas públicas	Mapeo SIG
	Superficie de plazas y parques públicos por habitante	Mapeo SIG

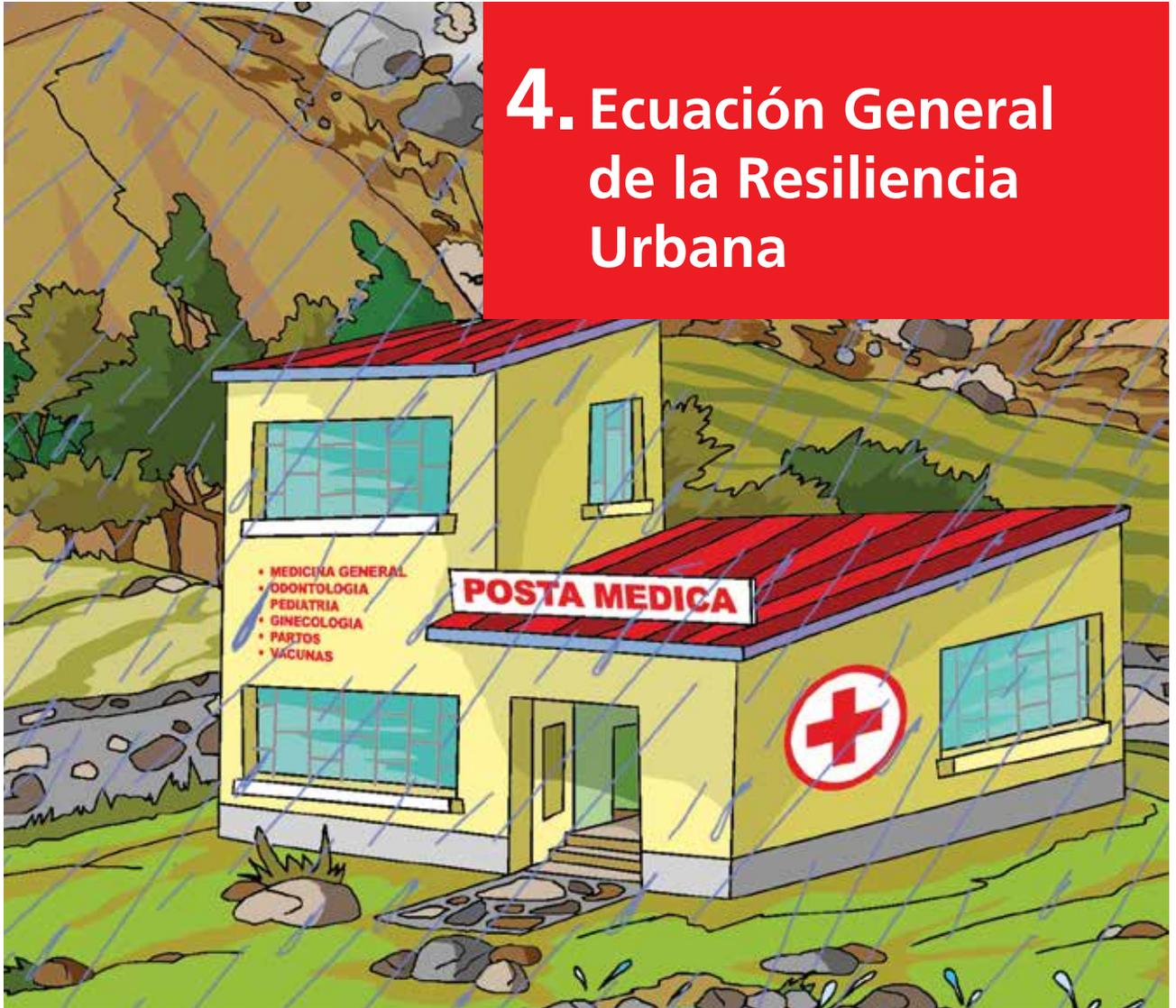
Tabla 23. Indicadores equidad urbana, faceta individual

ATRIBUTO	INDICADOR	PROCESO
Accesibilidad y cobertura del transporte público	Distancia a paraderos de transporte público	Máximo 500 m para caminar
	Porcentaje de la población dentro del área de influencia de la red de transporte público	Cantidad de personas q viven en áreas próximas a las paradas de transporte público
	Movimiento de mercancías en el área urbana	Percepción de la facilidad de la circulación de vehículos de transporte de mercaderías (Óptimo a Deficiente)
	Facilidad de acceso de personas con discapacidad a los servicios de movilidad	Percepción sobre la facilidad de acceder a la infraestructura (Aceras) y servicios (Transporte público)
Desempeño del transporte público	Percepción del usuario de la calidad del servicio de transporte público	Encuestas de satisfacción del usuario
	Accesibilidad económica	El costo está al alcance del usuario
	Confiabilidad de acceso al transporte público	Hay disponibilidad de vehículos durante la jornada (Deficiente a óptimo)
	Seguridad de los pasajeros a bordo de los vehículos de transporte público	Percepción de los usuarios
Seguridad vial	Elección de modo de transporte (Público, privado, no motorizado o caminar)	Consulta al usuario como se moviliza en su municipio
	N° de víctimas mortales en accidentes de tránsito año	Consulta primaria
Conectividad interurbana	N° de lesionados en accidentes de tránsito por año	Consulta primaria
	Disponibilidad de servicios de transporte hacia otros municipios	Cantidad de líneas de transporte interurbanos y sus frecuencias ó Percepción local

Tabla 24. Indicadores equidad urbana, faceta colectiva

ATRIBUTO	INDICADOR	PROCESO
Pertenencia a organización urbana	Activo/Inactivo/Grado	Percepción local
Hogares en situación de pobreza	Porcentaje de hogares en situación de pobreza	Consulta primaria
Proyectos con integración social	Porcentaje de vivienda social en Proyectos de Integración Social	Percepción local
Déficit habitacional cuantitativo	Requerimiento de viviendas nuevas	Consulta primaria
	Porcentaje de hogares en situación de hacinamiento	Consulta primaria
	Porcentaje de hogares con situación de anegamiento	Consulta primaria
	Cantidad de viviendas irrecuperables	Consulta primaria
Calidad espacio público	Porcentaje de manzanas con aceras de buena calidad	Percepción local
	Cantidad de luminarias por manzanos	Percepción local
Seguridad ciudadana	Cantidad de delitos por año	Consulta primaria

4. Ecuación General de la Resiliencia Urbana



4. Ecuación General de la Resiliencia Urbana

La Ecuación General del Riesgo, se planificó originalmente para responder a las necesidades de planificación de municipios eminentemente rurales. Sin embargo a raíz de la promulgación de la Ley N° 777 SPIE; que estableció la necesidad de espacializar los niveles de Sensibilidad Territorial y de esta manera la Resiliencia a un determinado evento negativo es que se propuso complementar a la Ecuación General del Riesgo con esta posibilidad, en base a la siguiente conceptualización:

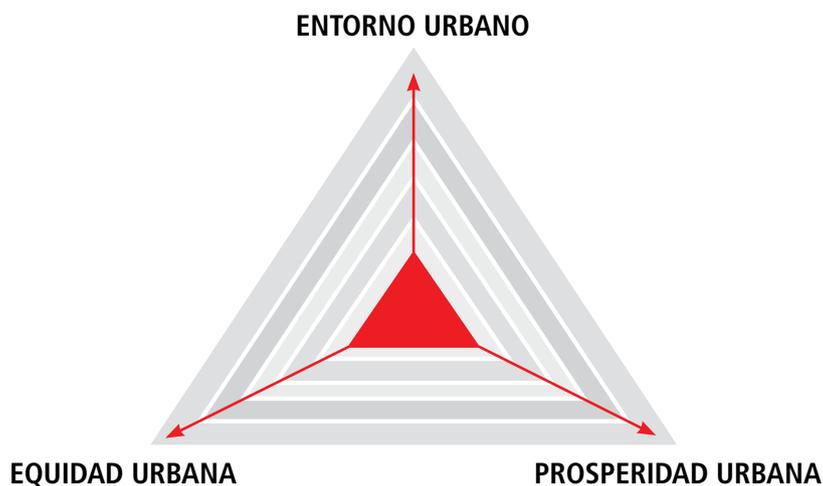
“CAPACIDAD DE UN SISTEMA, COMUNIDAD O SOCIEDAD, POTENCIALMENTE EXPUESTA A AMENAZAS, DE ADAPTARSE RESISTIENDO O CAMBIANDO, PARA ALCANZAR Y MANTENER UN ACEPTABLE NIVEL DE FUNCIONAMIENTO Y ESTRUCTURA”. (Djordjevic et al. 2011).



Los Riesgos en caso de efectivizarse golpearán con más dureza en los puntos más sensibles del territorio de análisis, la espacialización es similar en la Ecuación General de la Resiliencia con la salvedad de que la severidad será mayor en aquellos territorios donde sus desequilibrios sean mayores.

Este equilibrio de los componentes de la sensibilidad urbana siguen las mismas directrices del triángulo de Gestión de Sistemas de Vida, este proceso se describe a continuación:

Un sistema de vida es representado por una relación de equilibrios (triángulo equilátero), como se presenta en el



Gráfico, donde cada arista del triángulo hace referencia a una dimensión: i) Entorno Urbano; ii) Equidad Urbana, y iii) Prosperidad Urbana. Entonces, un ámbito territorial en armonía debe tender a que todos los aspectos estén en equilibrio y en su máxima expresión, formando un verdadero triángulo equilátero. A su vez cada dimensión comprende el análisis de un conjunto de variables como se mencionó en las secciones previas.

- En la dimensión de Entorno Urbano se tomaron en cuenta las funciones ambientales urbanas (áreas verdes, parques, forestación, etc.) que hacen a la habitabilidad física. Entonces, a mayor presencia de dichas variables la magnitud de esta dimensión es mayor.
- La dimensión de Prosperidad Urbana comprende la relación de coincidencia entre el uso actual y el potencial productivo, coincidencia entre el uso actual y la aptitud de uso y desarrollo de actividades productivas fuera de las áreas de restricción. En cada caso se construye una valoración para la identificación de la magnitud de dicha dimensión en el triángulo.
- Con relación a la situación de Equidad Urbana se toma en cuenta dentro de la visión del "Derecho a la ciudad" el acceso a servicios básicos (salud, educación, agua, energía eléctrica y vivienda).

De este modo, el formato del triángulo determina la relación de equilibrio que existe en el área urbana identificada con relación a las variables identificadas.

Instrucciones para el llenado:

- **Jurisdicción territorial:** Se debe anotar el nombre de la jurisdicción municipal en la que se realiza el análisis.
- **Distrito/Barrio/Otra denominación:** Se debe anotar la Unidad Conceptual que es sujeto del análisis que están en la jurisdicción territorial (localización).
- **Caracterización del sistema de vida urbano:** El triángulo de equilibrio de los sistemas de vida urbanos se formulará con base en el valor de cada una de las dimensiones que se extraerán de los datos obtenidos del Modelo de Evaluación de los Vértices que lo componen.
- **Entorno Urbano.** Esta parte incluye el análisis del estado actual de la dimensión desde una perspectiva cuantitativa, cualitativa y causal:
 - Valor. Constituye el análisis cuantitativo de la dimensión permite valorar el grado de magnitud de las condiciones del entorno ambiental. Valoración Cualitativa. La interpretación del valor de la dimensión se realizará de acuerdo a la escala del 1 al 5

Jurisdicción municipal	
Distrito / Barrio / (Otras identificaciones)	
Caracterización del Sistema de Vida Urbano	
1. Entorno Urbano	
Valor:	Valoración Cualitativa:
Descripción	
2. Equidad Urbana	
Valor:	Valoración Cualitativa:
Descripción	
3. Prosperidad Urbana	
Valor:	Valoración Cualitativa:
Descripción	

según la valoración cualitativa definida.

- Descripción. Se deberá describir los aspectos más relevantes que han ocasionado el estado actual de los sistemas de vida urbanos.

Por ejemplo, si el valor obtenido en Entorno Urbano fuera de 1,25 en la escala del 1 al 5, su valoración cualitativa corresponderá a "Condiciones moderadamente críticas", las causas de esta situación, entre otras, serían: deforestación urbana, falta de áreas verdes, degradación ambiental, etc.

- **Prosperidad Urbana.** Esta parte incluye el análisis del estado actual de los sistemas productivos primario, secundario y terciario (con énfasis en los dos últimos

sectores que son propios de áreas urbanas) esta dimensión para lo cual se deberán llenar la información correspondiente a los siguientes temas: 1) Valor, 2) Valoración Cualitativa y 3) Descripción, bajo los mismos parámetros y cuadros de apoyo que se utilizaron en el análisis precedente.

- **Equidad Urbana.** Esta parte incluye el análisis del estado actual de la provisión de servicios básicos, además de transporte y seguridad ciudadana para lo cual se deberá llenar la información correspondiente a los siguientes temas: 1) Valor, 2) Valoración Cualitativa y 3) Descripción, bajo los mismos parámetros y cuadros de apoyo que se utilizaron en el análisis precedente.

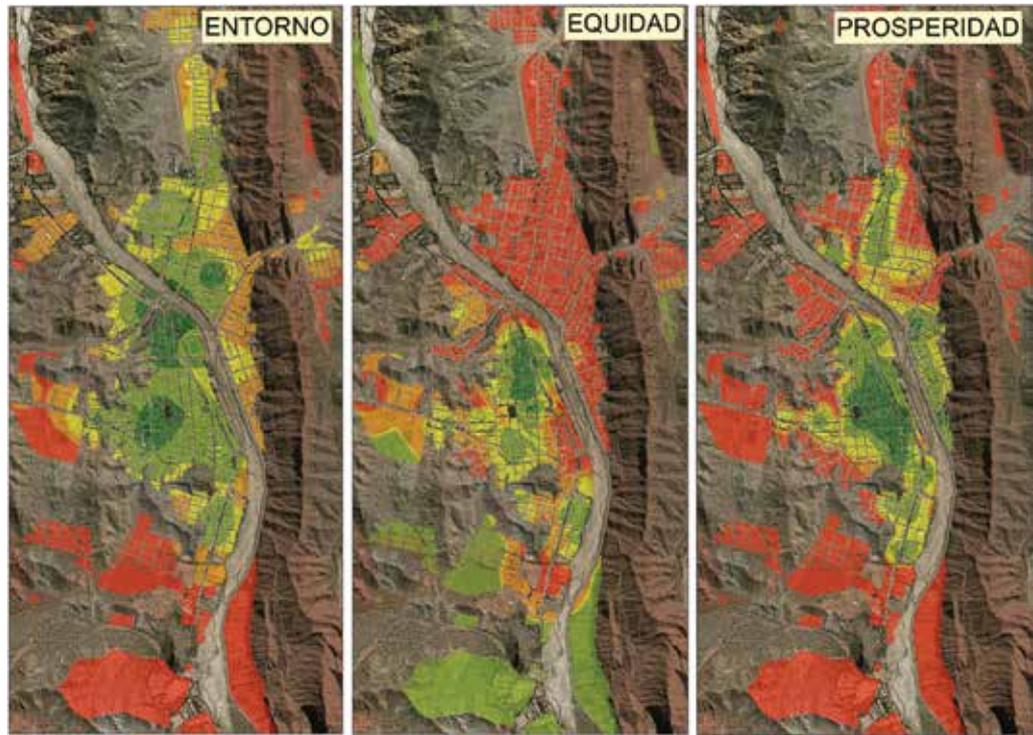
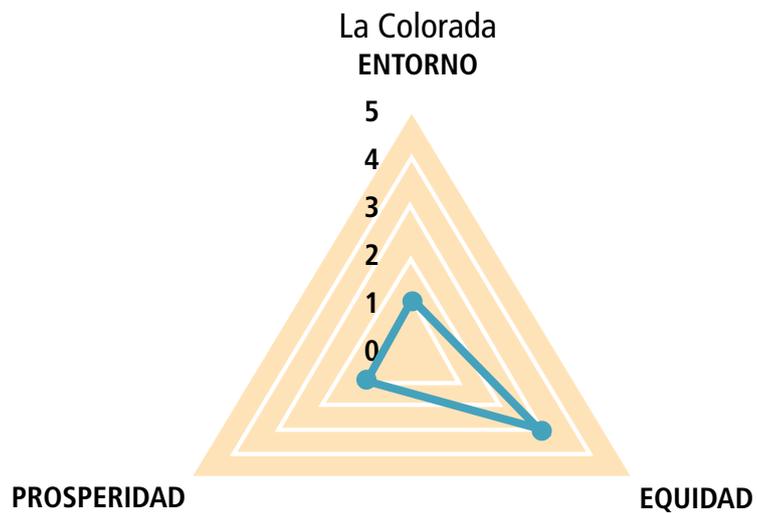


Ilustración 11. Dimensiones que conformarán el Sistema de Vida Urbano

Ejemplo: Análisis de equilibrio sistemas de vida urbanos, municipio de Tupiza.

BARRIO	ENTORNO	EQUIDAD	PROSPERIDAD
La Colorada	1	3	1



Operativamente, se establecieron las ecuaciones necesarias para expresar espacialmente la ocurrencia espacial de la Resiliencia en función a la Capacidad de absorción del territorio de análisis en función al siguiente esquema:



El desarrollo de la ecuación de la Resiliencia se la realizó para el Riesgo de Inundación, bajo la consideración de que es la más destructiva en áreas urbanas, esta ecuación propuesta es:

$$VR_{INUNDACIÓN} = ([Rsg_Innd] * 0.2) + (([S_Prosperidad] * 0.3) + ([S_Entorno] * 0.2) + ([S_Equidad] * 0.3))$$

Donde:

VR_Inundación = Valor de Resiliencia a Inundación

Rsg_Innd = Riesgo a Inundación

S_Prosperidad = Sensibilidad de Prosperidad Urbana

S_Entorno = Sensibilidad de Entorno Ambiental Urbano

S_Equidad = Sensibilidad de Equidad Urbana

Los pesos "weight" asignados cumplen la función de delimitar los grados de importancia de las variables de la ecuación y fueron definidas de la siguiente manera:

- Resiliencia, se definirá con el 80% por la Sensibilidad y el 20% por el Riesgo.
- Los factores de la Sensibilidad se definen en casi partes iguales, disminuyendo el peso al entorno ambiental, no por carecer de importancia sino debido a que son de un proceso de menor control.

Ejemplo de aplicación

Delimitación área inundable

Para establecer el área probable de inundación disponemos de la siguiente información, una de Percepción local y otra de Percepción técnica que deberían complementarse entre si de la manera siguiente:

i. Áreas de probable inundación: obtenidas a partir de la Percepción local y la técnica.

a. Para la Percepción local, por el "Catastro de Eventos"; estas delimitaciones consideran una delimitación georeferenciada, con una calificación del grado de severidad de los eventos. En la cual se llenan planillas parametrizadas que permiten organizar y ordenar la información que se levanta de los informantes "claves". La información básica presentes en estas planillas son:

- i. Fecha de ocurrencia
- ii. Ubicación georeferenciada del evento (Origen y destino de flujos)
- iii. Daños (materiales, humanos, etc.)
- iv. Registro fotográfico



Ilustración 12 Ejemplo planilla catastro de eventos

b. Para la Percepción técnica, calculando el TWI (Índice Topográfico de Humedad). Que permite identificar los potenciales lugares donde se concentra la humedad o las zonas de acumulación de agua. La obtención de este indicador está basada en el análisis morfológico del territorio pudiendo ser utilizado para la

elaboración de inventarios de potenciales zonas húmedas o identificar los límites de las láminas de una masa de agua ya existente.



Ilustración 13. Área inundable

El cálculo del Índice Topográfico de Humedad se basa en una secuencia de análisis de Modelos Digitales de Terreno y su morfología para identificar las zonas de mayor potencial de acumulación de humedad. El resultado será un grupo de zonas territoriales de gran potencial de recepción de agua pudiendo delimitarlas como zonas potenciales de surgencia de humedales y combinarlo con otras técnicas analíticas como análisis multiespectrales, análisis de avenidas o estudios de suelos.

Para poder localizar las potenciales zonas húmedas y calcular el Índice Topográfico de Humedad deberemos de contar con un Modelo Digital de Elevación o DEM inicial. El cálculo del TWI parte los análisis de direcciones de flujo, pendientes y una corrección del DEM, tanto en términos de resolución como de llenado de sumideros.

Partiendo del DEM inicial deberemos hacer una primera corrección del modelo mediante el llenado de sumideros, es decir un relleno de píxel que actúen como "agujeros". Si existen imperfecciones de asignación de valores de altitud en el DEM inicial, esta opción rellenará los píxeles sumideros igualando los valores de altitud al píxel más próximo para disponer de un DEM inicial corregido. Fill sinks será la opción que podremos trabajar para este llenado de sumideros desde herramientas como ArcGIS o QGIS. Herramientas como gvSIG nos permitirán la corrección de sumideros desde la opción de Eliminar depresiones en Sextante.

Con el MDE corregido llevaremos a cabo la obtención del mapa de direcciones de flujo que nos ayudará a conocer la dirección que tomarían las potenciales masas de agua superficial a lo largo de la superficie del territorio. El convencional mapa de colores asociado a sus direcciones de flujo respecto a los puntos cardinales ilustrará nuestro mapa.

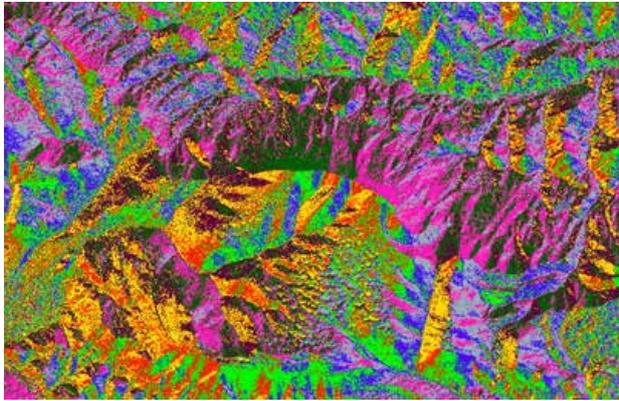


Ilustración 14. Mapa de direcciones de flujo

El siguiente paso será obtener las zonas de acumulación de agua. Lugares que habitualmente responden a zonas de vaguadas o valles acentuados. Herramientas como Arc Hydro Tools o las convencionales herramientas ráster de Flow Accumulation nos permitirán construir nuestra capa temática con el tradicional aspecto de filas hileras donde se acumula el agua.

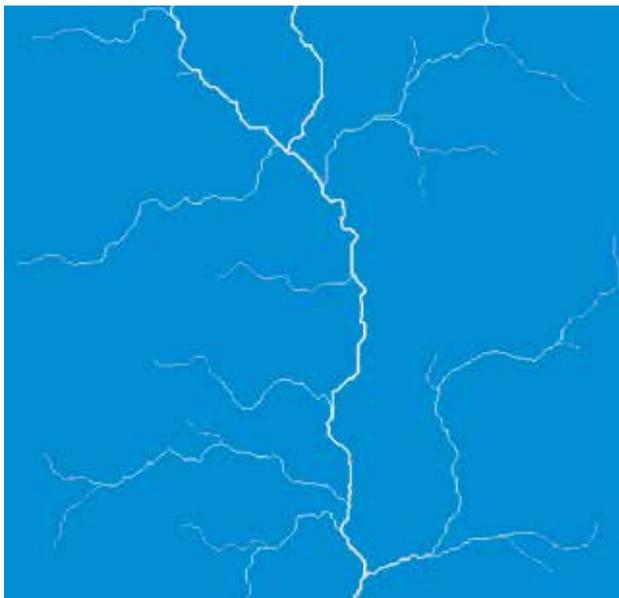


Ilustración 15. Mapa de acumulación de flujos

Un siguiente paso estará basado en el cálculo de la superficie de contribución de aguas arriba

(UCA Upstream Contributing Area). Podremos obtener este nuevo mapa a través de una sencilla ecuación:

$$UCA = ([ACUMULACIÓN] + 1) \times \text{TAMAÑO PIXEL}$$

Finalmente se dispone todos los datos para poder aplicar la ecuación para el cálculo del Índice Topográfico de Humedad TWI a través de la siguiente expresión:

$$TWI = \ln([UCA])/([ST])$$

El mapa identificará las zonas actualmente ocupadas por masas de agua mostrando los potenciales límites de la lámina de agua.

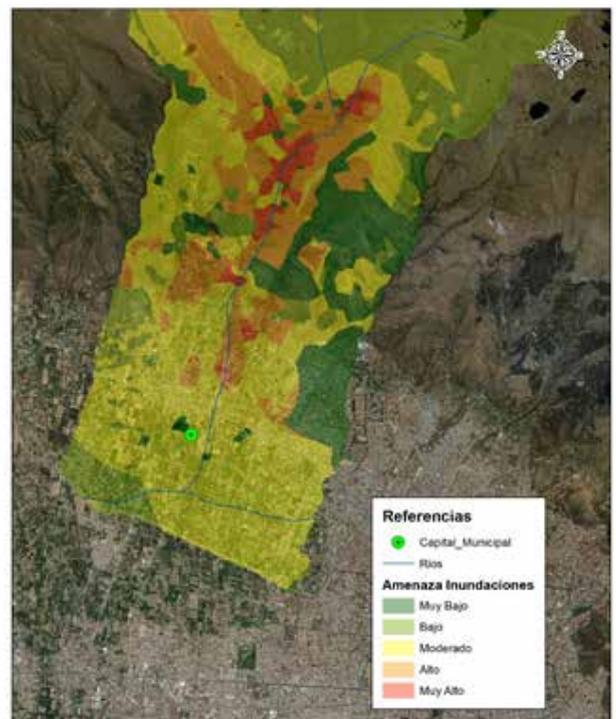


Ilustración 16. Mapa de potencial de inundación

Gestión de sistemas de vida urbanos

Tal como se menciona en capítulos pasados, esta Gestión de SV urbanos, debe ser generado a través de los 3 aspectos que considera: Prosperidad, Entorno y Equidad Urbana.

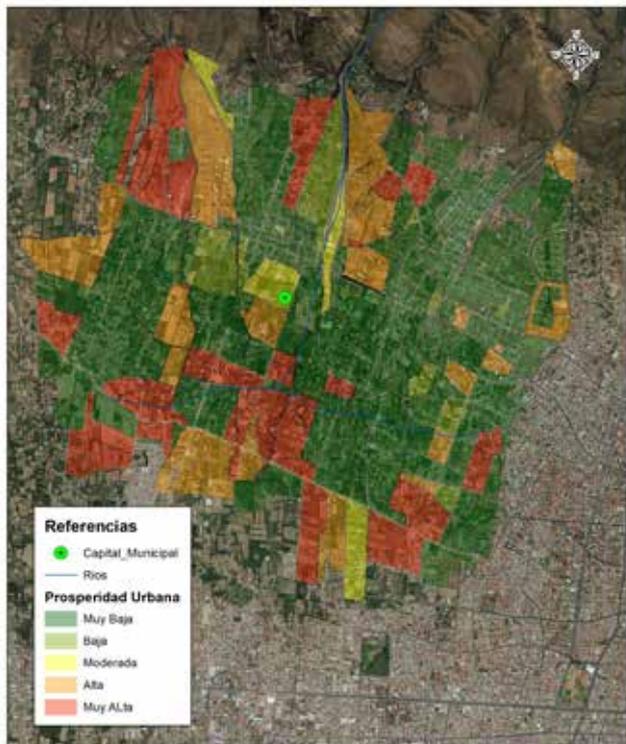
Prosperidad urbana

Considerada a partir de todo aquello que genera una dinámica económica dentro del ámbito urbano. Para esta consideración se ha hecho un levantamiento de todas las actividades

económicas que se encuentran en los 3 sectores, primarios, secundarios y terciarios. Para ello se aplican un levantamiento primario donde se hace un recuento de las actividades económicas y se les da una ubicación en el territorio. Luego se procede a un análisis geoespacial en el software SIG, de la siguiente manera:

ArcToolBox → Spatial Analyst Tools → Density → Point Density

Con el resultado siguiente:

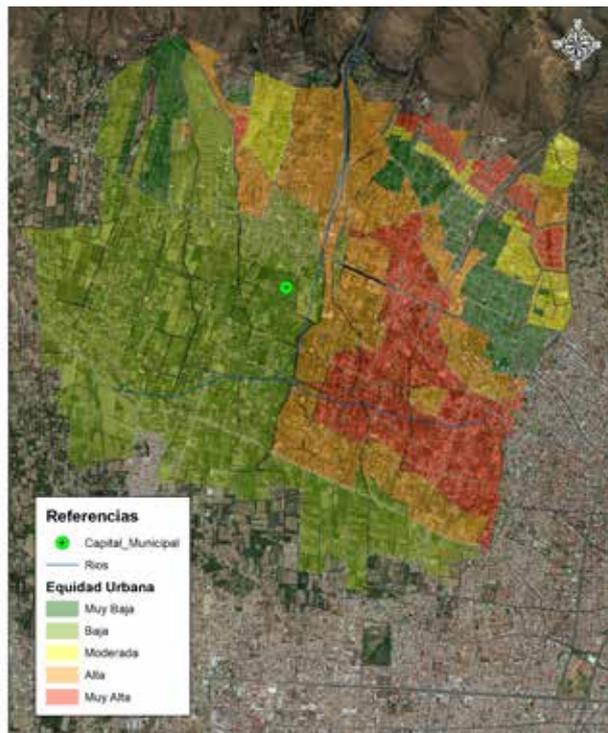


Equidad urbana

Considerada a partir del enfoque del “Derecho a la ciudad”, se colecta los datos a partir de consultas primarias (Encuestas a los habitantes), así como del levantamiento de infraestructuras sociales. Los descriptores fueron detallados en capítulos anteriores. Luego se procede a un análisis geoespacial en el software SIG, de la siguiente manera:

ArcToolBox → Spatial Analyst Tools → Density → Point Density

Con el resultado siguiente:



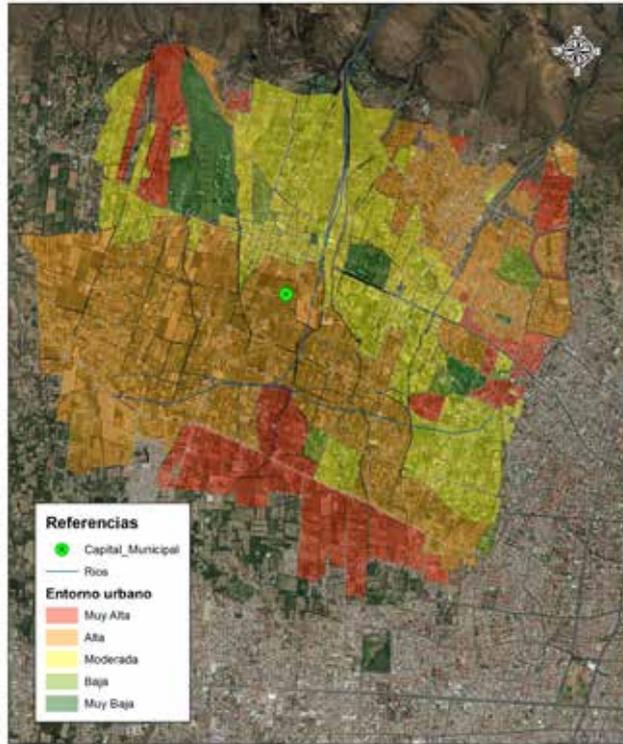
Entorno Ambiental Urbano

Esta consideración establece que los habitantes pueden desarrollar un estilo de vida mas cómodo y sencillo, ya que una ciudad hecha de cemento no es un entorno agradable, además que no satisface espiritualmente a los habitantes. Además que los espacios verdes sirven como salvaguarda frente a desbordes y/o eventos de deslizamientos y otros.

Siguiendo los descriptores para esta variable, se ejecuta el análisis en el SIG:

ArcToolBox → Spatial Analyst Tools → Density → Point Density

Con el resultado siguiente:

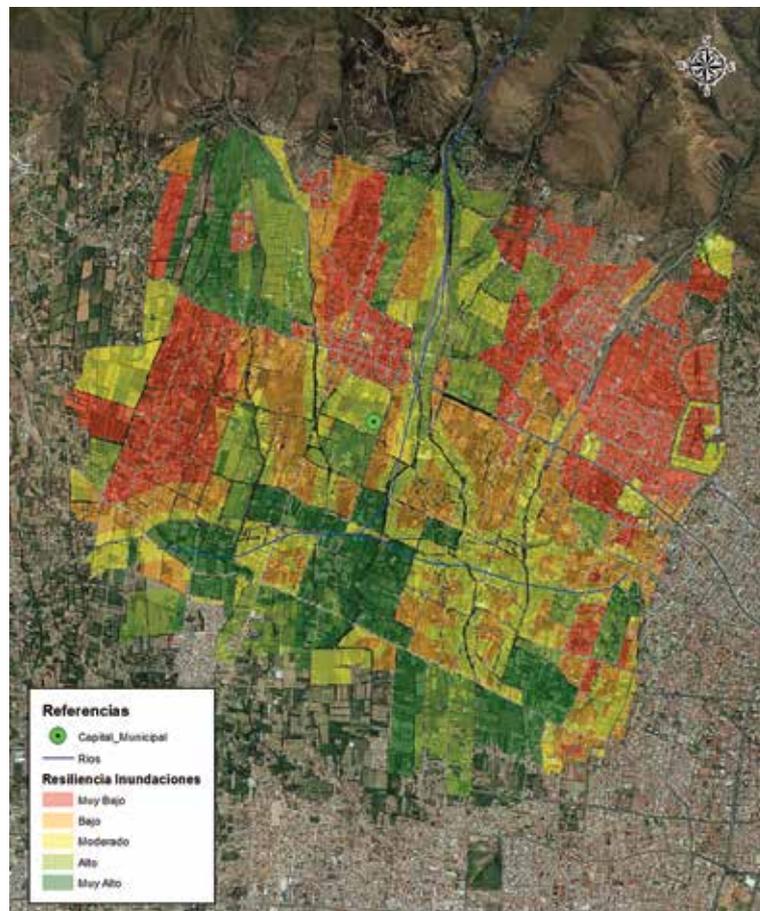


Finalmente se aplica la fórmula indicada anteriormente:

$$VR \text{ INUNDACIÓN} = ([Rsg_Innd] \times 0.2) + (([S_Prosperidad] \times 0.3) + ([S_Entorno] \times 0.2) + ([S_Equidad] \times 0.3))$$

Y la resultante es el mapa de Resiliencia frente a inundaciones.

Ilustración 17. Mapa de resiliencia urbana a inundaciones GAM Tiquipaya



www.rrd.com.bo



Calle Rosendo Gutiérrez No. 704
Telf.: 591-2-2419565 / 2419585
Fax: 591-2-2410735
Casilla Postal 2518 - La Paz - Bolivia

www.helvetas.org/bolivia