



APORTES AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL URBANO: EVALUACION DE RIESGOS NATURALES EN CONCEPCION Y APLICACION DE SIG.

*Claudia Vidal Gutiérrez¹, Lilian Lagos Retama²
Juan Espinoza Cid³, Valeria Arancibia Figueroa⁴
Miguel Yañez Campusano⁵*

1. INTRODUCCION

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), constituyen herramienta de alto poder analítico y de gran utilidad en la zonificación de riesgos y planificación urbana. Por ello, el presente artículo tiene como objetivo evaluar y categorizar mediante SIG (ArcView 3.2) las áreas de riesgo natural, con el propósito de contribuir a la prevención y mitigación de riesgos y a un ordenamiento sustentable del territorio estudiado.

1.1. Antecedentes

El crecimiento demográfico mundial y la tendencia de la población a concentrarse en centros urbanos, intensifica la ocupación del espacio con fines habitacionales. Esta demanda creciente de suelo, origina la ocupación de sitios poco aptos desde el punto de vista de los riesgos naturales creando una relación inadecuada entre las personas y el sistema natural, resultado de lo cual se presentan las catástrofes naturales (Larraín, 1994).

En los últimos cincuenta años, desastres naturales como terremotos, maremotos, huracanes, inundaciones, deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas e incendios forestales, han provocado catástrofes en las cuales se han perdido 2,8 millones de vidas humanas en el mundo entero, incrementándose desde 1960 el número de personas afectadas en un 6% cada año. (DIRDN, 1996)

En términos económicos, las catástrofes naturales son responsables de la pérdida del 0,24% del Producto Bruto Mundial en el bienio 1990-1991. Su incidencia es mayor en los países en vías de desarrollo, donde se eleva la cifra por sobre el 2% del Producto Interno Bruto. (Hardoy & Perelman, 1994)

La concentración demográfica y la tendencia urbana a expandirse hacia áreas de difícil habitabilidad, explica el hecho que los desastres naturales cobren más víctimas y los daños económicos sean mayores. Se ha estimado que las inundaciones de carácter catastró-

fico en Santiago, eran menos frecuentes cuando la ciudad tenía menos de un millón de habitantes, a diferencia de la actualidad, cuando su población supera los 5 millones. (Larraín, 1994). A ello se une una planificación urbana que no ha considerado en forma adecuada las características del sistema natural.

Desde esta perspectiva, es fácil entender que la problemática actual de los desastres naturales con incidencia urbana, se deriva de las profundas modificaciones que el proceso de urbanización ha introducido en el medio natural, es decir, de una mala intervención del hombre en la naturaleza (Ribas, Anna, Roset, Dolors & Pujadas, Montserrat, 1995; Anguita, 1993; O.N.U. 1993; Larraín, 1994).

La ciudad de Concepción, ubicada en el borde occidental de la VIII Región (Figura N°1), constituye un sistema recurrentemente afectado por riesgos naturales: inundaciones de diversa intensidad se producen asociadas a las crecidas de los ríos Biobío y Andalién. Por otra parte, en los antiguos cursos de inundación o paleocanales, las intensas lluvias invernales potencian el afloramiento de la napa freática generando anegamientos.

El relieve que rodea la llanura de Concepción, sean los escarpes graníticos de la Cordillera de la Costa o la cadena de Cerros Islas que emergen de la llanura, están recurrentemente amenazados por movimientos de remoción en masa, debido a la meteorización de la roca y a sus fuertes pendientes topográficas. (Mardones, 1995)

Reafirman la periodicidad y virulencia de las catástrofes en la ciudad de Concepción, estudios realizados por Alarcón (1995) que documentan de acuerdo a la información del Diario El Sur la frecuencia de los desastres registrados en el Área Metropolitana de Concepción desde 1960 a 1990, en el que se ha establecido un período de retorno mayor a 20 años para anegamientos graves.

Para inundaciones fluviales moderadas -que afectan a alrededor de 15 familias- se ha establecido un período de retorno de 4,76 años, y para inundacio-

1 Profesora de Geografía, Magister © en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente Pontificia Universidad Católica de Chile. Coordinadora Laboratorio de Estudios Urbanos. Universidad del BioBio. E-mail: cvidalg@ubiobio.cl

2 Técnico Universitario Dibujante Proyectista. Laboratorio de Estudios Urbanos. Universidad del BioBio. E-mail: llagos@ubiobio.cl.

3 Técnico Universitario Dibujante Proyectista. Laboratorio de Estudios Urbanos. Universidad del BioBio. E-mail: juespino@ubiobio.cl.

4 Técnico Universitario Dibujante Proyectista. Laboratorio de Estudios Urbanos. Universidad del BioBio. E-mail: varancib@ubiobio.cl.

5 Técnico Universitario Dibujante Proyectista. Laboratorio de Estudios Urbanos. Universidad del BioBio. E-mail: miyañez@ubiobio.cl.

nes fluviales con graves consecuencias -afectando incluso por sobre 298 familias- se ha establecido un período de retorno de 20,6 años.

Concepción, como todo el territorio chileno, presenta una gran actividad sísmica, riesgo que a nivel geográfico presenta el mayor impacto sobre la vida y la economía de las personas.

Los sismos con intensidades mayores a 7° en la escala de Mercalli, tienen un período de retorno de 62 años. (Aarcón, 1995)

A las condiciones naturales de la ciudad, se une el crecimiento demográfico experimentado por ella en las últimas décadas, el que se ha incrementado en un 20% en el periodo 1982-1992 (INE,1999). Esto ha originado una expansión de la urbe a sectores de alta peligrosidad, aumentando la exposición de las personas en caso de catástrofe. De acuerdo con Mardones y Vidal (2001), se estima que en el período 1954 - 2000, la ciudad se expandió 11.94 km², de los cuales, el 71% (8.46 km²) corresponden a áreas de peligrosidad natural. Dicha tendencia se seguirá acentuando, ya que las zonas exentas de peligrosidad están densamente pobladas.

En este contexto, es fundamental normar el desarrollo urbano futuro mediante un ordenamiento que contemple los riesgos naturales.

Hoy en día es reconocido que el conocimiento y la gestión del territorio urbano requiere de sistemas modernos de computación que ordenen y procesen espacialmente la información, ya que dicha tarea demanda un importante caudal de datos de distinta naturaleza interrelacionada entre sí.

La herramienta de análisis fundamental para esta investigación fueron los sistemas de información geográfica (SIG). Su utilización obedeció a las características espaciales de la información empleada y a la gran capacidad de estos sistemas para almacenar, manejar, integrar y analizar gran volumen de datos, vital para dichos procesos. Además presentan la ventaja de ofrecer una visualización global del territorio.

Este trabajo se plantea como una contribución al ordenamiento territorial de la ciudad de Concepción, mediante la aplicación de S.I.G. a la evaluación de riesgos naturales. (Ver Figura N° 1)

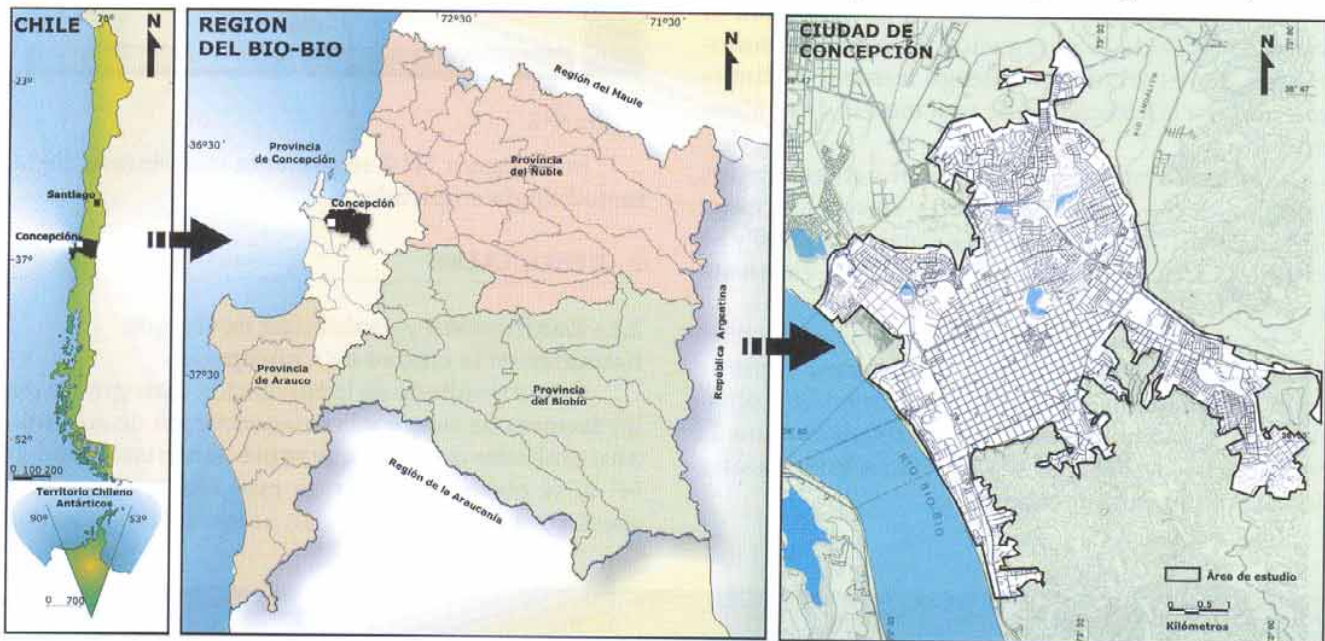


Figura N° 1. Localización área de estudio.

1.2.-Objetivos y métodos:

El presente artículo tiene como objetivo evaluar y categorizar mediante SIG (ArcView 3.2) las áreas de riesgos sísmico, de inundación fluvial, anegamiento y procesos de remoción en masa en la ciudad de Concepción, con el propósito de contribuir a la prevención

y mitigación de riesgos naturales y a un ordenamiento sustentable del territorio estudiado.

Para el logro de los objetivos se adaptó la metodología de evaluación de desastres naturales propuesta por la O.N.U. (Ayala-Carcedo,1993), que contempla la evaluación integral del riesgo⁶ a par-

6 El riesgo natural es definido, como la probabilidad de ocurrencia de un desastre en un lugar y en un momento determinado, de un fenómeno natural potencialmente peligroso para la comunidad y susceptible de causar daño a las personas y a sus bienes. (Mardones y Vidal, 20001). La ONU define riesgo como el producto de la probabilidad de ocurrencia de una amenaza, por la vulnerabilidad y la exposición. Peligrosidad se entiende como un fenómeno natural potencialmente peligroso para las personas y sus bienes. La vulnerabilidad como la capacidad de respuesta de las edificaciones, frente a un evento. Por último, la Exposición, es entendida como el número de personas afectadas o amenazadas por un peligro, expresado en víctimas potenciales en un área de riesgo. (Ayala-Carcedo, 1993)

tir del análisis matricial de sus factores: peligrosidad, vulnerabilidad y exposición y su posterior agregación cartográfica a través de Sistema de Información Geográfico (ArcView 3.2)

Tomando como base los planos de Peligrosidad (Mardones et al 1995), Vulnerabilidad y Exposición (Sanhueza y Vidal, 1996), se digitalizaron estas áreas. Simultáneamente se fueron introduciendo los atributos de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición según nivel y tipo de amenaza que llevan asociados cada uno de los polígonos.

De la aplicación de la matriz de evaluación de factores de riesgo y la agregación cartográfica automática de las coberturas de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición, se definieron 2.190 unidades territoriales agrupadas en cuatro categorías (Bajo, Medio, Alto y riesgo Extremo). De igual forma, se ha estimado la superficie expuesta a cada tipo de catástrofe según nivel de evaluación.

Por último, la zonificación y evaluación integral del riesgo en la ciudad de Concepción, se logró a través de la agregación cartográfica automática de los sectores de riesgo frente a distintas amenazas y la aplicación de una matriz de evaluación.

Los resultados obtenidos son categorizados en Bajo, Medio, Alto, Muy Alto y riesgo Extremo. Se han zonificado en una carta escala 1:10.000 y se ha estimado la superficie y la población expuesta a cada nivel de riesgo.

La población expuesta se estimó considerando el número de habitantes por manzana a partir de la información recogida en el Censo de Población 1992. Luego mediante superposición con la carta de riesgo integral se procedió a la sumatoria de habitantes por nivel de riesgo

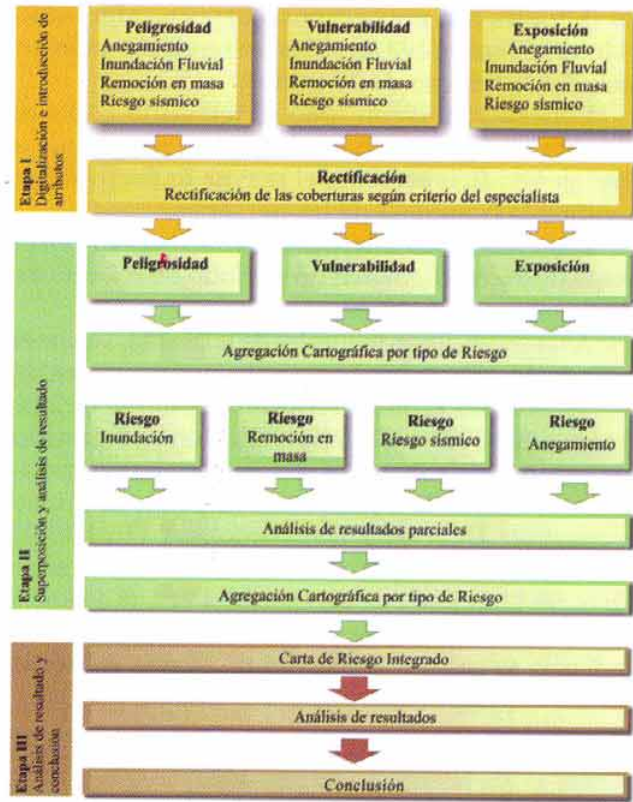


Figura Nº 2.

En la figura Nº 2 se presenta una síntesis de la metodología empleada.

2.- RESULTADOS

2.1.- Zonificación y evaluación de riesgos naturales en la ciudad de Concepción.

Como resultado de la agregación cartográfica de los factores de riesgo y la categorización de acuerdo a los umbrales de riesgo que se presentan en el cuadro Nº 2, se obtuvo la carta de evaluación de riesgos sísmico, inundación fluvial, anegamiento y remo-

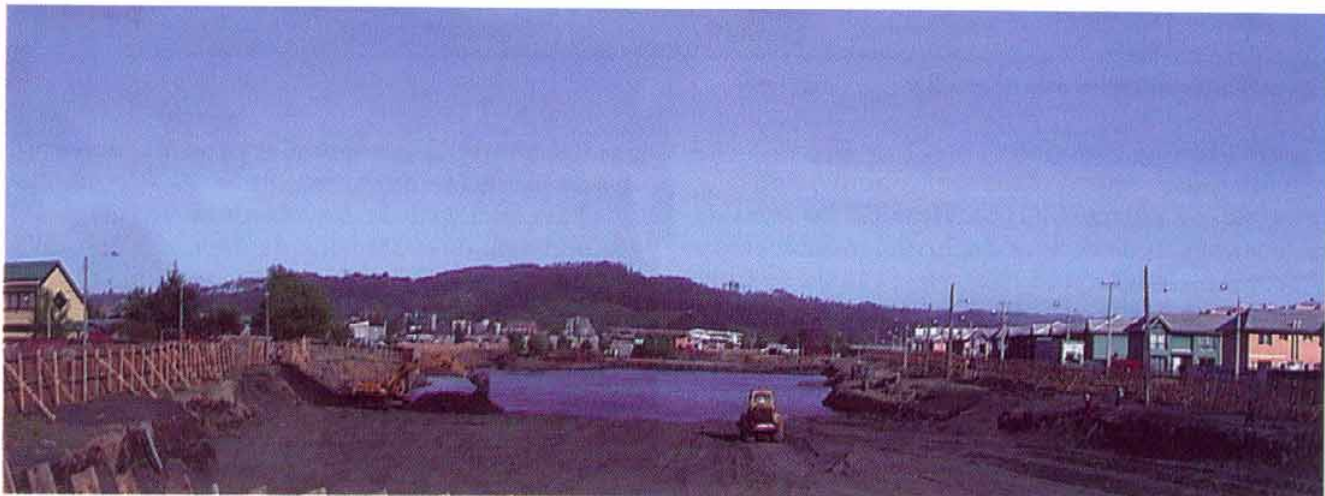


Foto Nº 1. Sector Costanera, calle Pedro León Gallo. Zona con alta peligrosidad sísmica.

CUADRO 2. CATEGORIZACIÓN Y UMBRALES DE RIESGO

TIPO DE RIESGO	EVALUACIÓN (agregación de puntajes de cada factor)			
	Bajo	Medio	Alto	Extremo
SISMO	6-9	10-14	15-17	18-21
INUNDACIÓN	9	10-14	15-17	18
ANEGAMIENTO	9	10-14	15-17	18
PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA	9	10-14	15-17	18

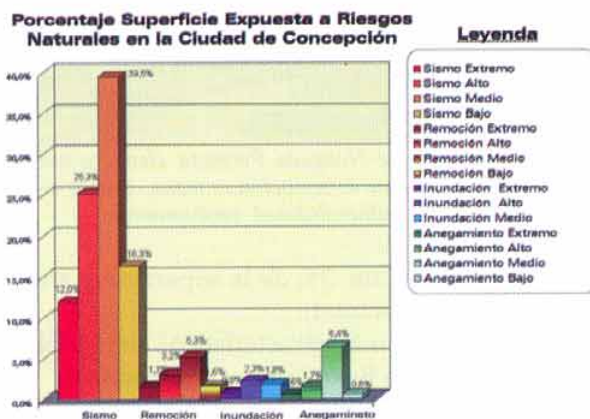


Gráfico N° 1

ción en masa (Figura 3), expresadas en cuatro categorías. El gráfico N°1 sintetiza la superficie afectada.

a) Riesgo Sísmico:

Los sectores de riesgo extremo corresponden a áreas donde los factores de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición presentan índices altos y muy altos. Se localizan principalmente en áreas depresionarias constituídas por materiales sedimentarios poco consolidados, rellenos artificiales y cuya napa freática se encuentra cercana a la superficie. (Fotografía N°1) Se emplazan allí viviendas con serios problemas de deterioro en vigas y paredes y una exposición alta con más de 200 habitantes por manzana. (Mardones y Vidal, 2001). Estos sectores involucran a 184,15 hás. y al 15 % de la población total.

Entre los sectores afectados se cuentan: población Pedro Valdivia Bajo, Costanera y áreas adyacentes a Laguna Las Tres Pascualas.

Se evaluó como riesgo alto aquellos sectores que presentan como constante una peligrosidad alta o muy alta, variando los índices de vulnerabilidad y exposición entre rango medio a alto. La población involucrada corresponde al 26 % del total y afecta al 25 % de la superficie del área de estudio.

b) Riesgo de Anegamiento:

Las áreas afectadas por el riesgo de anegamiento corresponde al 9% del total de superficie del área de estudio e involucra al 9% de la población total.

Los sectores con riesgo extremo corresponden a zonas topográficamente deprimidas, con napa freática superficial y presencia de suelos impermeables. A ello se suma la presencia de viviendas de madera con elevados índices de deterioro y una alta densidad poblacional. (Mardones y Vidal, 2001) En esta categoría las áreas más representativas son: pequeñas células en Costanera del BioBío y viviendas asentadas sobre el paleocanal del BioBío.

La superficie involucrada en esta categoría corresponde al 0,6% del área de estudio y afecta potencialmente al 2% de población total.

El riesgo alto se presentó en sectores populosos, donde los principales factores de los frecuentes anegamientos son el deterioro de las construcciones, la alta densidad poblacional y la insuficiencia de los colectores de aguas lluvias. Estas áreas ocupan el 1,7% superficie total estudiada y afecta al 2% de la población. Se localizan en sectores, aledaños al Cerro Chepe y a la Laguna Las Tres Pascualas.

c) Riesgo de Remoción en masa:

El riesgo que implican los procesos de remoción en masa afecta a un 12% de la superficie de la ciudad y compromete al 9% del total de población del área estudiada.

Los riesgos extremos asociados a procesos de remoción en masa, se presentan en las laderas y escarpes de la Cordillera de la Costa y de las plataformas terciarias, cuyas pendientes superan los 20º y se encuentran estructuradas en roca meteorizada en profundidad y suelos arcillosos. (Galli, 1967; Mardones, 1978; Mardones et. al. 1995). Junto a ello, la alta vulnerabilidad de las viviendas de madera y una densidad poblacional elevada explican su evaluación. Estos sectores han sido fuertemente intervenidos, debido a la presión de uso del suelo con fines habitacionales. Las zonas evaluadas con alto riesgo corresponden a áreas que presentan alta peligrosidad, vulnerabilidad y exposición alta o media. (Ver fotografías 2 y 3)

d) Riesgo de Inundación fluvial:

Las áreas expuestas a riesgos de inundación fluvial son bastante reducidas representando un 5 % del área de estudio. Se emplazan preferentemente en las



Foto N° 2. Cerro la Pólvara. Sector de alto riesgo ante procesos de remoción en masa.

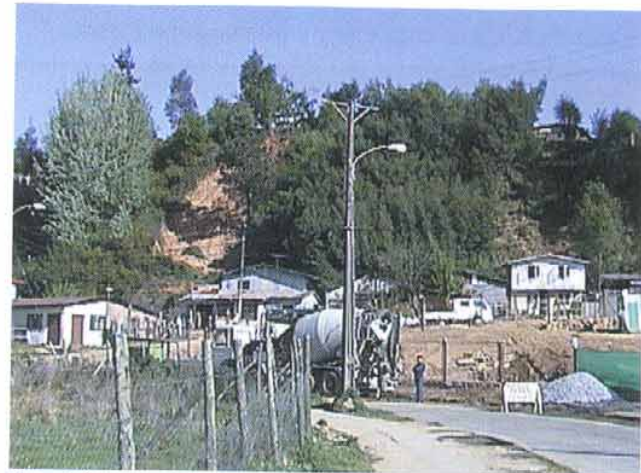


Foto N° 3. Sector Valle Nonguén. Presenta elevados índices de riesgo frente a procesos de remoción en masa, debido a su alta peligrosidad y alta vulnerabilidad predominante

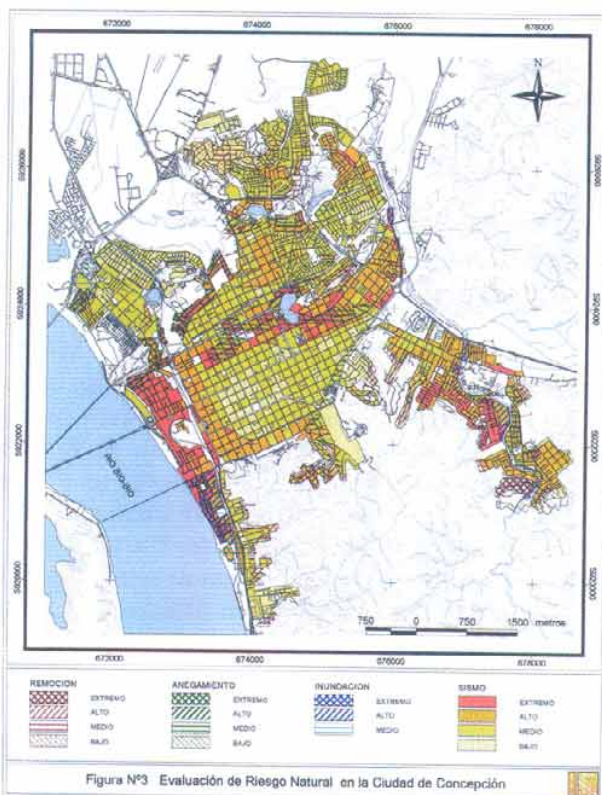
llanuras aledañas al Estero Nonguén y río Andalién y en la terraza inferior del río Bío-Bío (al sur del Puente Viejo). La intervención de la ribera Norte del Bío-Bío ha disminuido notablemente el riesgo de inundaciones estacionales para caudales *peak* de 5 años. El riesgo extremo y alto se presenta en áreas ribereñas donde la geomorfología y topografía dificultan el escurrimiento; estas zonas pueden ser dañadas por crecidas con períodos de retorno en 20 años, que afectarían a sectores con densidad de poblacional elevada y económicamente deprimidos. El riesgo se intensifica por la alta vulnerabilidad de las viviendas de madera que allí se emplazan. (Mardones y Vidal, 2001)

Comprenden un 3% de la superficie y afecta al 8% de la población total.

Los sectores más característicos son: población Pedro de Valdivia Bajo y ribera del Andalién.

2.2.- Zonificación y evaluación integral de riesgo natural.

Tras la agregación cartográfica de los sectores de riesgos frente a las distintas amenazas y su categorización de acuerdo a los umbrales de riesgo que se presentan en el cuadro N° 3, se obtuvo la carta de evaluación de riesgo natural integrado. (Figura 4). El gráfico N°2 sintetiza la población potencialmente afectada.



Porcentaje de Población Expuesta a Riesgo Integrado

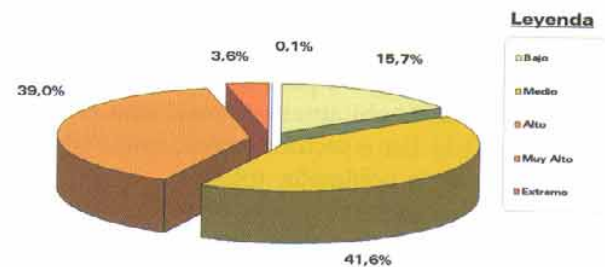


Gráfico N° 2

CUADRO 3. CATEGORIZACIÓN Y UMBRALES DE RIESGO INTEGRADO

Extremo	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
26-28	21 - 25	12 -20	6 - 11	1 - 5



Foto N° 4. Población Pedro Valdivia Bajo. Presenta riesgo extremo frente a inundación fluvial y sismo.



Foto N° 5. Población aledaña a Cerro Chepe. Sector evaluado con riesgo integrado muy alto dado que posee índices extremos a riesgo sísmico y alto anegamiento.

Las áreas evaluadas con riesgo extremo corresponden a pequeñas células de Pedro Valdivia Bajo, que presentan una concentración de índices altos y extremos de riesgo sísmico, de inundación fluvial y anegamiento. Se concentra allí el 0,1% de la población y de la superficie total.

Los sectores evaluados con riesgo integrado muy alto y alto corresponden a zonas que poseen índices de riesgo alto y extremo a dos tipos de amenazas, sismo e inundación o sismo y anegamiento. Las zonas más representativas se concentran en : Pedro Valdivia bajo, riberas de los ríos Biobío y Andalién, , sectores asentados sobre paleo-

cauce del río Biobío y Valle Nonguén. (Ver fotografías N°4 y 5)

3. CONCLUSION

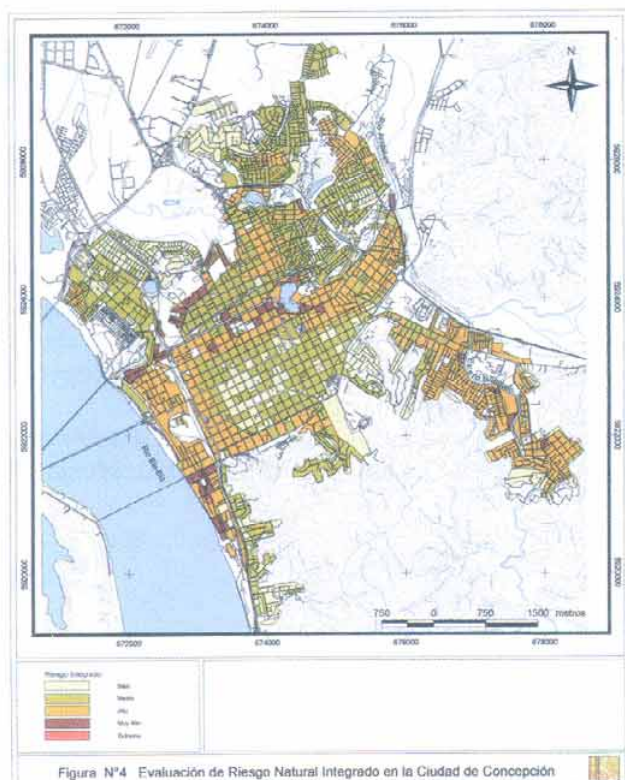
De acuerdo a los resultados de este estudio se concluye que el área donde está localizada la ciudad de Concepción presenta concurrencia de riesgos naturales, ya que se encuentra sometida a las amenazas de inundación, anegamiento, remoción en masa y sismo.

A partir de la distribución territorial de las áreas de riesgo integrado, es necesario señalar que la evaluación arrojó resultados preocupantes, ya que en los sectores evaluados en nivel Extremo, Muy alto y Alto, se concentra el 42% de la población, la que posee una mínima capacidad de respuesta frente al desencadenamiento de una catástrofe, por tratarse de sectores socialmente deprimidos.

La situación se agrava si consideramos que se trata de zonas de Peligrosidad, Vulnerabilidad y Exposición alta y muy alta a tres o dos tipos de amenazas.

Dada estas condiciones, es necesario mejorar la respuesta de estos sectores ante la activación de un desastre mediante de una estrategia de prevención y de actuación en emergencia, con la finalidad de mitigar las innumerables pérdidas económicas y sociales que ocasionan los riesgos naturales.

En cuanto a una estrategia preventiva para la mitigación de riesgos, es relevante considerar estos planos como una pieza clave en el ordenamiento territorial, a fin de normar y orientar el desarrollo urbano, mediante la asignación de usos, de acuerdo a la capacidad de acogida del sitio de emplazamiento de la ciudad de Concepción. Este ordenamiento, debe contemplar áreas de peligrosidad con um-



brales máximos históricos de amenazas naturales, privilegiando el uso recreacional y de áreas verdes en éstas. Al mismo tiempo, se debe incentivar la densificación en aquellas áreas exentas de peligro, ya que con ello se disminuye en gran medida las pérdidas humanas y económicas.

El ordenamiento del territorio urbano y la evaluación de riesgos constituyen problemas complejas desde el punto de vista del manejo de información, ya que intervienen un elevado número de variables de naturaleza diversa. Por ello hoy en día es reconocido que el conocimiento y la gestión del territorio requiere de sistemas modernos de computación que ordenen y procesen espacialmente dicha información. Siendo los Sistemas de Información Geográfica (SIG), una herramienta de alto poder analítico.

En este contexto, de la aplicación de los SIG en el presente estudio se concluye que son herramientas de gran utilidad en la zonificación de riesgos y planificación urbana, ya que, disponiendo de instrumentos automáticos de análisis espacial, presenta la ventaja de ofrecer una visualización global del territorio y el manejo, análisis e integración de un volumen importante de información, vital para dichos procesos. De igual forma permitió reducir considerablemente los errores y aumentar la precisión y la velocidad en la ejecución de los análisis.

Por lo anteriormente expuesto creemos que el presente estudio puede significar un aporte a un ordenamiento eficiente del territorio de la ciudad de Concepción.

Referencias bibliográficas

Alarcón, Fabiola (1995). "Evaluación de los riesgos naturales en el área metropolitana de Concepción, a través de la información del Diario El Sur", Memoria para optar al título de Licenciado en Educación, Concepción: Universidad de Concepción.

Ayala-Carcedo, Francisco (1993). "Estrategias para la reducción de desastres naturales". En: *Investigación y Ciencia* 200: 6-13.

Cardoch, 2001 "Previendo el caos urbano". En: *Revista Mouse La Tercera*.

DIRDN (1996). "Día Internacional para la reducción de los desastres", 9 de octubre de 1991.

Galli, Carlos (1967). *Geología Urbana y suelo de fundación de Concepción y Talcahuano*, Concepción: Universidad de Concepción.

INE (1999). *Panorama Comunal. Síntesis Estadística*, Santiago: INE.

Larraín, Patricio y Housley Simpson (1994). *Percepción y Prevención de catástrofes naturales en Chile*, Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Larraín, Patricio (1992). "El sistema natural en la planificación urbana chilena", En: *Revista Geografía Norte Grande*, 19:58-68.

Mardones, María (1978). *El sitio geomorfológico de las ciudades de Concepción y Talcahuano*, Instituto de Antropología, Historia y Geografía, Concepción: Universidad de Concepción.

Mardones, M. et al. (1995). *Zonificación y evaluación de riesgos naturales, en el área metropolitana de Concepción*. Informe Final Fondecyt 92-0251.

Mardones, M. y Vidal, C. (2001). La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. En: *Revista EURE*. Santiago, Chile (en prensa)

ODEPLAN (1985). *Plan de reconstrucción sismo de marzo de 1985*, Santiago: Editorial Oficina de Planificación Nacional, Tomo I.

Otero, Isabel 1993 *Planificación Territorial. Estudios de casos*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Editor Fundación Conde del Valle de Salazar. España 1993

Ribas, Anna; Roset, Dolors y Montserrat Pujadas (1995). "Planeamiento urbanístico y zonificación de espacios inundables. Una aplicación a la ciudad de Girona", En: *Ciudad y Territorio*, Volumen, 106.

Sanhueza, Rodrigo y Claudia Vidal (1996). "Análisis integrado de Riesgos naturales en la ciudad de Concepción", Tesis para optar al título de Licenciado en Historia y Geografía, Concepción: Universidad de Concepción.

Urrutia, Rosa y Carlos Lanza (1993). *Catástrofes en Chile, 1541-1992*, Santiago: Editorial La Noria.