

**CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE INUNDACIÓN, POR MODELO DE IHG.
ESTERO MARGA- MARGA,
VIÑA DEL MAR.**

**FLOOD RISK CARTOGRAPH, BY IHG MODEL.
ESTERO MARGA- MARGA,
VIÑA DEL MAR.**

Sr. Roberto Richardson¹, Sr. Manuel Tapia² & Sra. Flavia Landeros³

RESUMEN

La ciudad de Viña del Mar, ubicada en la Región de Valparaíso es una de las ciudades de Chile con una gran cantidad de población flotante, por ser considerada una de las mejores ciudades para vivir, una de las causas por lo que lo hace un lugar altamente vulnerable. El objetivo principal de este trabajo consistió en modelar la inundación que se podría generar en un segmento del Estero del Marga-Marga considerando un factor de desencadenante fluvial, de este modo cotejar los datos presentes en el instrumento de planificación territorial. El modelo generado fue construido mediante el apoyo de softwares de geoprocésamiento utilizados en la zonificación de riesgos, en la actualidad existen diversos softwares para realizar estos modelamientos, no obstante, este proyecto utilizará los softwares con mayor popularidad y funcionalidad en su utilización paralela como es Arcgis, Geo HEC RAS y HEC RAS, donde estos últimos son validados por el Centro de Ingeniería Hidrológica de los Estados Unidos. Obteniendo de esta forma modelos actualizados de forma mas rapida y eficiente, los cuales permitan sensibilizar a la comunidad que se vería afectada por un evento de esta categoría.

Palabras claves: Cartografía de riesgo de inundación, modelo, índice hidrogeomorfológico, software de Geoprocésamiento.

ABSTRACT

The city of Viña del Mar, located in the Valparaíso Region is one of the cities in Chile with a large number of floating population, because it is considered one of the best cities to live in, considering this also makes it a highly vulnerable place. The main objective of this work is to model the flood that could be generated in a segment of the Marga-Marga Estuary considering a fluvial trigger factor, in this way collating the data present in the territorial planning instrument.

The generated model will be built through the support of geoprocessing software used in risk zoning, currently there are various softwares to make these models, however, this project will use the software with greater popularity and functionality in its parallel use, such as Arcgis. , Geo HEC RAS and HEC RAS, where the latter are validated by the Hydrological Engineering Center of the United States. Obtaining in this way updated models more quickly and efficiently, which allow to sensitize the community that would be affected by an event in this category.

Keywords: Flood risk mapping, model, hydrogeomorphological index, Geoprocessing software.

¹ Dr. en Geografía- UCuyo, docente e investigador Universidad Bernardo O'Higgins. Correo electrónico: roberto.richardson@gmail.com

² Geólogo U Santo Tomás. Correo electrónico: emeantonio.tapia@gmail.com

³ Geógrafa U de Playa Ancha Cs de la Educación - Especialista en Percepción Remota y SIG (INPE, Brasil), docente e investigadora Universidad Santo Tomás. Correo electrónico: flavia.landeros@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El planeta Tierra es un sistema dinámico, el cual posee diversos ambientes naturales, en donde se encuentran emplazadas las diversas actividades humanas. Cada cierta frecuencia estos ambientes se ven afectados por fenómenos naturales, donde muchos de estos no poseen un modelo predictivo, no obstante, en la actualidad se ha propuesto de forma internacional trabajar variables para la reducción del riesgo, aplicando las herramientas tecnológicas actuales y métodos de trabajo de terreno para lograr interpretar el comportamiento de estos fenómenos naturales, ya sean terremotos, inundaciones, incendios forestales, fenómenos ligados a la subsidencia de terrenos, etc. De esta manera gestionar medidas preventivas para el manejo adecuado del riesgo.

Entendiendo que una inundación es un fenómeno natural ligado a la ocupación de agua en zonas que habitualmente no la tienen, ya sea por el desborde de un afluente, lluvias torrenciales o aumento en el nivel de las mareas, relacionando esto último a fenómenos climáticos vinculados al cambio climático (Tarbuck & Lutgens, 2005). Las inundaciones para el diseño de planes de mitigación o proyectos ingenieriles están supervisadas por organizaciones gubernamentales como el Ministerio de Obras Públicas, Servicio Hidrológico y Oceanográfico de la Armada entre otras. Dichos planes tienen como función la protección y reducción del riesgo de desastre que generen pérdidas humanas y/o materiales (Valdés, O., & Espinoza, V. 2017).

Dentro de la metodología para el estudio y conservación de cuencas hidrográficas, existen diversas técnicas para analizar diferentes parámetros. Como ejemplo podemos mencionar la aplicación de índices los cuales pueden cuantificar el impacto antrópico en estas unidades geomorfológicas, de esta manera gestionar adecuadamente la planificación del uso del suelo en dichas cuencas, el cual requiere un conocimiento de la frecuencia y la magnitud de las inundaciones. Probablemente, el mayor uso práctico inmediato de los datos recogidos en las estaciones de aforo es el cálculo de la probabilidad de diferentes magnitudes de inundación. (Tarbuck et al., 2005).

Teniendo como antecedente las cartas de inundación y mapas vigentes se facilita comprender que la ciudad de Viña del Mar es altamente susceptible a sufrir este tipo de eventos,

considerando la extensionalidad del Estero y la baja cota en la cual se encuentra.

Por lo cual el proyecto se basó en la adaptación del Índice Hidrogeomorfológico (IHG) propuesto por Ollero en el 2007, aplicándolo en un segmento del estero del Marga-Marga, ubicado en la ciudad de Viña del Mar. (Véase Figura I). Para así obtener una caracterización y finalmente crear una cartografía de riesgo de inundación escala 1:10 mil asociada a la calidad hidrogeomorfológica de la zona.

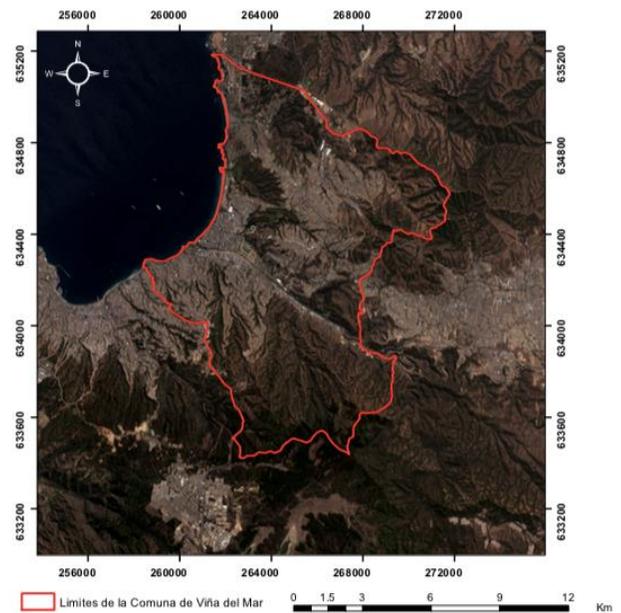


Figura I. Locación política del emplazamiento del trabajo, correspondiente a la Comuna de Viña del Mar en la Región de Valparaíso. Fuente: Elaboración propia con datos de Infraestructura espacial obtenida desde IDE Chile, proyectados sobre imagen con fecha 4 de abril del 2019 perteneciente al sensor Sentinel.

METODOLOGÍA

Se utiliza en índice de Ollero Ojeda (2007) y se aplica en una primera instancia en un segmento funcional del afluente, el criterio utilizando en esta ocasión corresponde a usar un segmento del área de riesgo comprendida en La Carta de inundación por Tsunami del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (Servicio de Hidrografía y Oceanografía de la Armada, 2012), definiendo este segmento desde la desembocadura del estero al puente Lusitania en el sector de Miraflores Bajo.

Posterior a la selección del segmento funcional a analizar, se puede dar inicio a la aplicación del índice, por lo cual es recomendable reunir información documental sobre toda la cuenca en la cual está contenido el afluente a diagnosticar. Esta información principalmente trata de documentación hidrológica y sobre infraestructuras que pueden interaccionar con él, adicionalmente sumar la utilización de cartografías e imágenes satelitales de diferentes fechas. De esta manera al aplicar el índice se puede obtener información cronológica de los niveles de deterioro ambiental de la zona, sin embargo, esto se encuentra limitado por la calidad de las imágenes consultadas.

Un mapa de riesgo de inundación es la representación base de la información interpretada en una fase previa de descripción del área, denominada zonificación de riesgos. Dicha zonificación o delimitación de áreas de riesgos, estará definida conforme al índice establecido con anterioridad; teniendo en cuenta que los mapas actuales de amenazas de origen hidrometeorológico solo se consideran los eventos más recurrentes y posibles de identificar a la escala 1:250.000 y superiores (Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, 2011).

Para la elaboración del mapa de riesgos se utilizará el procesamiento de imágenes satelitales de los sensores LANSAT 8 y Sentinel 2 de fechas recientes para una mejor calidad en el mapa base, adicionalmente procesará con el Software Arcgis 10.4.1 el modelo digital de elevación obtenido desde el sensor ASTER, identificado como ASTGDENV2_0S33W072 y fecha 17 de octubre del 2011, acompañado de otros datos de infraestructura espacial obtenidos desde IDE Chile (Portal de Infraestructura de Datos Espaciales Chile) y la Biblioteca de Datos Espaciales de la Biblioteca Nacional de Chile.

De manera conjunta se utilizaron los softwares HEC RAS y GEO HEC RAS en la construcción del modelo de inundación, considerando los datos obtenidos en la aplicación del Índice Hidrogeomorfológico IHG, como referente se utilizará el estudio (Zainalfikry & Ghani, n.d.), el cual considera una gran importancia en la construcción de la geometría de la zona, por lo cual esta exigencia se correlaciona con el diagnóstico previo del área y de esta forma obtener los parámetros requeridos para la construcción de la geometría, la cual considera factores humanos, ya sean asentamientos humanos irregulares e infraestructuras ingenieriles, entre otros (Molero,

2014; Sharma, 2015). Una vez construida la geometría del área de estudio, la cual incorpora la información diagnóstica obtenida en la aplicación del índice, estos datos deben ser exportados sin errores para luego ser trabajados en HEC RAS, en este software se incorporan las condicionales hidráulicas, es decir los datos de generalidad hidráulica de escorrentía, correspondiente a 0.04 para el área de estudio, datos contenidos en las Manning Table y los datos de volumetría hidráulica de escorrentía de la cuenca, es decir el máximo de crecida, datos requeridos para la validación de datos (Bajracharya, Shrestha, Dangol, Wahid, & Shrestha, 2016; Sedano Cruz, Carvajal Escobar, & Ávila Díaz, 2013). Debido al cambio climático los últimos eventos pluviométricos son catalogados como no naturales, entendiendo régimen pluviométrico natural al periodo de tiempo en el cual no hay existencias de déficits en la caída de precipitaciones. Considerando lo anterior modelo utilizará los registros del sistema frontal más importante ocurrido entre los días 5 y 6 de agosto del 2015, fecha en la cual la ciudad de Viña del Mar experimento inundaciones y es el dato más reciente en cuanto a inundaciones, sistema frontal que afecto con intensas precipitaciones a muchas regiones consecuentemente afectando de forma negativa. La estimación de caudales de crecida (Díaz, 2017) estima que el caudal máximo instantáneo resultante es de 408.3 m³/s, este resultado es producto del análisis de factores meteorológicos procesados mediante la herramienta HEC HMS. Dicho dato debe ser ingresado en el software HEC RAS mediante la extensión condiciones de borde. Una vez que todos los datos fueron ingresados, se procede a la computación de datos, lo cual procedería a la creación del perfil de inundación. Toda unidad administrativa política debe poseer una regularización de los riesgos según las necesidades que la comunidad posea (ONEMI, 2016). En base a esto se generan las zonificaciones de riesgo, independiente de su origen asociado estos riesgos son representados en un plano, de esta manera se puede lograr planificar actividades económicas en dichas zonas o destinar un uso distinto a estos espacios (Humerez, A., & Balboa, A., 2012; Ribera, L., 2004). En esta ocasión se consultará el Plan Regulador Comunal, elaborado por el Ministerio de Obras Públicas, dicho instrumento de planificación territorial se somete a reevaluación, implicando que a la fecha no exista un modelo actualizado, por lo cual se utilizará el plano obtenido del Plan Regulador Comunal de Viña del Mar del año.

RESULTADOS

Aplicación IHG: El curso fluvial del Estero del Marga - Marga, en el segmento funcional analizado con inicio en (Zona 19) 19H 6343603 N/260680 E y fin en 19H 6343611 N/264106 E (Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM Datum WGS 84). Posee un alto grado de alteración y modificación humana, implicando que este se vea afectado geomorfológica y ecológicamente.

El tramo o segmento (véase la Figura I) posee una extensión aproximada de 4 kilómetros, se definió este segmento en función a la densidad humana, la cual desarrolla sus actividades diaria en las inmediaciones de este tramo fluvial. Implicando que esta zona sea la más vulnerable por sus condiciones iniciales. La explicación más detallada sobre la aplicación del índice y los impactos generados se encuentran en la Tabla I. De Valoración del Caso.

Parámetros	Explicación	Puntos
Naturalidad del régimen de caudal	El caso de estudio si presenta variaciones en la cantidad de caudal circulante pero las modificaciones del régimen estacional son poco marcadas (-6), como antecedente existe en las cercanías del segmento analizado hay actuación humana, como ejemplo tenemos embalses y una alta urbanización lo cual modifica la distribución temporal del caudal.	4
Disponibilidad y movilidad de sedimentos	No hay presencia de presas de retención de sedimentos en el segmento, no obstante existen presas con una retención de sedimentos estimada entre unos 50% y 75%. Acompañando la extracción puntual en algunas zonas de áridos, funcionalmente existen indicios o síntomas de problemas en la movilidad de sedimentos, observados en diversos puntos del tramo.	0
Funcionalidad de la llanura de inundación	La llanura de inundación posee bajo un 50% defensas con el fin de reducir la funcionalidad con una extensión considerable, además de amplias zonas impermeabilizadas las	5

	cuales claramente tienen una pérdida en su función natural.	
<i>Calidad Funcional del Sistema</i>		9

Naturalidad del trazado y de la morfología de planta	Existen cambios evidentes en la naturalidad del trazado definidos como menos drásticos, como son las canalizaciones presentes y la compactación antrópica de las márgenes, lo cual afecta entre un 10% a 25%; además de cambios producto de infraestructuras humanas. (-6)	4
Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales	Existen diversos obstáculos como puentes (Casino, Villanelo, Quillota, etc) y vados encontrándose más por 1 km del cauce. Además de la presencia humana que afecta de forma puntual al lecho, en donde hay síntomas de movimiento de tierra. (-3)	7
Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral	Entre un 50% y 75% del segmento funcional ha sufrido canalizaciones además de edificios y vías de comunicación asociadas a las márgenes. Además se identifican elementos no naturales como escombros, basura de forma leve, acompañado del leve desequilibrio existente entre erosión y sedimentación. (-7)	3
<i>Calidad del Cauce</i>		<i>Moderada</i> 14

Continuidad longitudinal de las riberas	Las discontinuidades identificadas superan al 85% de longitud del segmento, como antecedente tenemos que existe un uso de suelo para el banco de arena compactada, que funciona como estructura de comunicación y soporte de para caminos. (-9)	1
Anchura del corredor ribereño	Entre el 40% y 60% de la anchura potencial es ocupada por actividades humanas (-8)	2
Estructura, naturalidad y conectividad transversal del corredor ribereño	Hay presiones antrópicas en las riberas, las cuales están totalmente desnaturalizadas, entendiéndose esto como todo se encuentra alterado	0

	por acción humana, las cuales están alterando considerablemente la estructura y naturalidad, las cuales se extienden entre 25% y 50% del segmento (-3). Algunas alteraciones biológica leve (-1) la cual acompañada de las infraestructuras lineales al cauce las cuales afectan a la conectividad lateral (-6).	
Calidad de las riberas		Muy Mala 3
Valor Final de la Calidad Hidrogeomorfológica		Deficiente 26

Tabla I. Valorización Caso de Estudio: Estero del Marga-Marga Sf1. (Basada en la Guía metodologica de Ollero 2010)

Modelo Resultante: El modelo generado cumple con todos los parámetros diagnosticados durante la aplicación del Índice Hidrogeomorfológico IHG, consecuentemente obteniendo la geometría necesaria para la construcción del modelo con el software HEC RAS (Véase Figura II). Durante la construcción se detectaron errores en la exportación de los datos, para subsanar este problema se requirió cambiar el modelo digital de elevación (DEM) obtenido desde el sensor ASTER identificado como ASTGDENV2_0S33W072 con fecha 17 de octubre del 2011, el cual fue sustituido por el modelo digital obtenido desde el sensor ALOS PALSAR, el cual posee una resolución nativa de 12.5 m, fechado 21 de Agosto del 2016 (véase Figura III). De esta forma obteniendo la geometría exportada de forma exitosa para ser procesada mediante la utilización del software Geo Hec Ras.

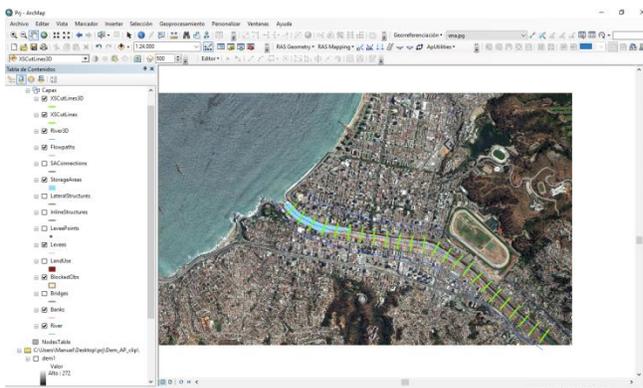


Figura II. Captura de pantalla de la geometría ajustada a diagnóstico realizado al segmento funcional SF1, proyectada sobre recorte de imagen obtenida del sensor Sentinel 2, en la interfaz del programa ArcGIS 10.4.1.

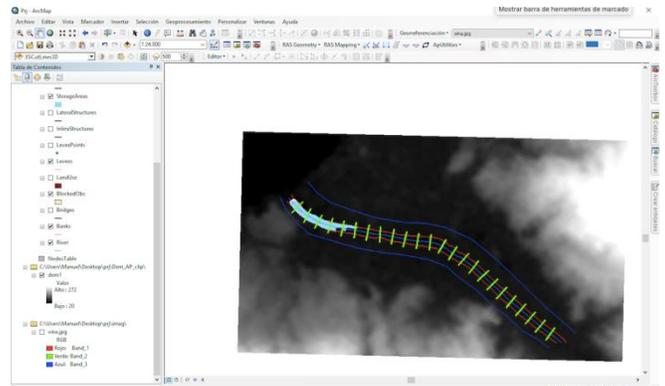


Figura III. Captura de pantalla de la geometría ajustada al diagnóstico realizado al segmento funcional SF1, proyectada sobre recorte de modelo digital de elevación (DEM) obtenido del sensor ALOS PALSAR, en la interfaz del programa ArcGIS 10.4.1. y de la extensión de Geo Hec Ras.

El modelo resultante (véase Figura IV) evidencia los niveles de inundación para las condiciones computadas, identificando zonas con una mayor columna de agua representadas por un color azul oscuro, la interfaz del software permitió visualizar esta condición, por lo cual se generó una vista tridimensional de todas las secciones cruzadas o cortes con su lámina de agua respectiva las cuales se encuentran por sobre el nivel topográfico de los puentes que comunican la ciudad, la zona más conflictiva se identificó en la parte central del segmento funcional, haciendo coincidente el inicio del estacionamiento (véase Figura V).

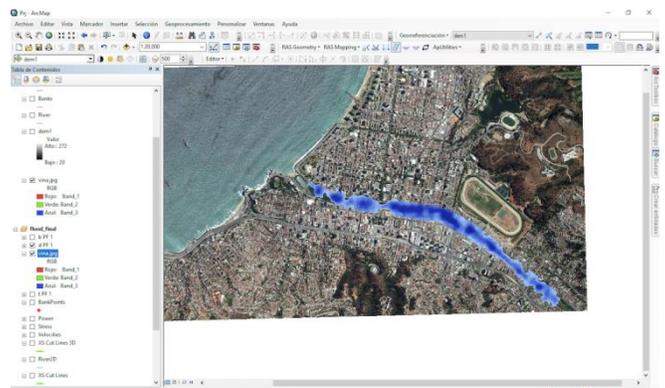


Figura IV. Captura de pantalla de la inundación generada mediante la conversión de datos procesados mediante Geo HEC-RAS, obteniendo un archivo raster con los datos de profundidad respectivos.

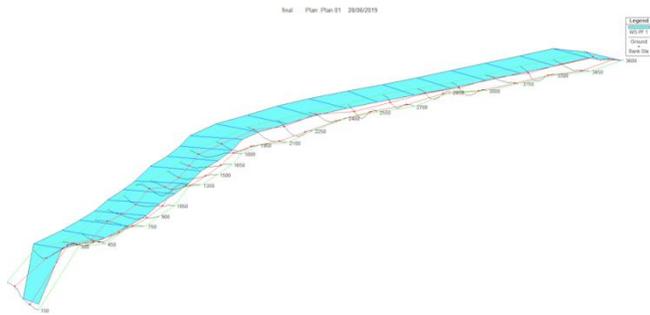


Figura V. Vista tridimensional de los perfiles o secciones cruzadas pertenecientes al segmento funcional, esta vista incluye la proyección de la lámina de agua vinculándola a elementos geométricos y topográficos.

El software Hec Ras, también contribuyó con la construcción de otro modelo basado en la cinemática del flujo vinculado a la inundación (véase Figura VI). Este modelo resalta las zonas con mayor velocidad de flujo, identificando al menos 4 zonas (en color verde), estimando estas zonas como susceptibles a experimentar mayores tasas de erosión.

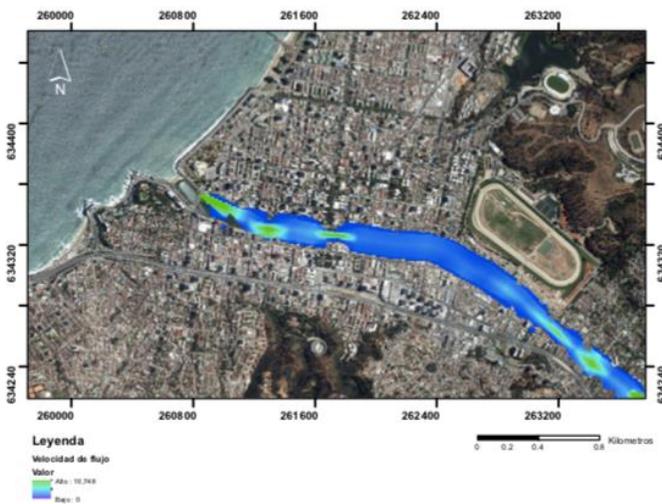


Figura VI. Modelo cinemático basado en el modelo de inundación previamente generado, donde se pueden identificar al menos 4 zonas que experimentarían aumento en la velocidad de transporte del flujo. Fuente: elaboración propia.

Análisis del Modelo Generado: En primera instancia se analizó el segmento funcional en el plano que fue obtenido desde el Plan Regulador Comunal de Viña del Mar (véase Figura VII), el cual contiene las actualizaciones y zonificaciones del PREM-VAL (Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso), en donde se puede apreciar que el

instrumento de planificación clasifica el área con riesgo de inundación como un espacio denominado “Área especial”, ya que a este espacio se le atribuyen actividades humanas de bajo impacto económico y de esta forma reducir efectivamente el riesgo.

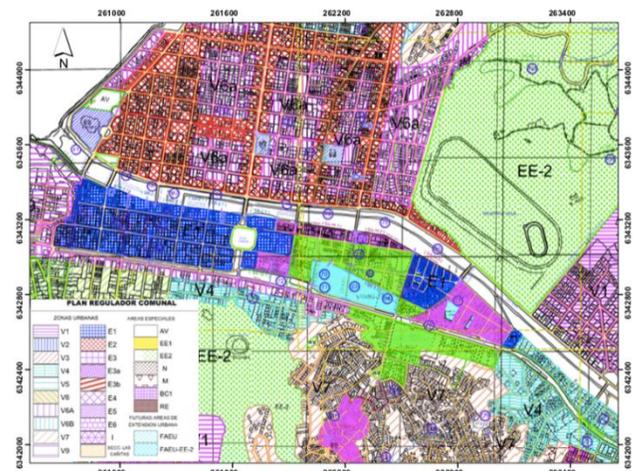


Figura VII. Proyección del Plano de zonificaciones del PRC de Viña del Mar del año 2017. Fuente: Observatorio Urbano MOP – modificación propia.

Ya que, al sobreponer el modelo de inundación generado, este se correlaciona con el área definida como “Área especial” (véase Figura VIII), no obstante, el riesgo quedaría sujeto a los puentes o estructuras de comunicación urbana los cuales no cumplen con una topografía que les beneficie ante la inundación modelada.

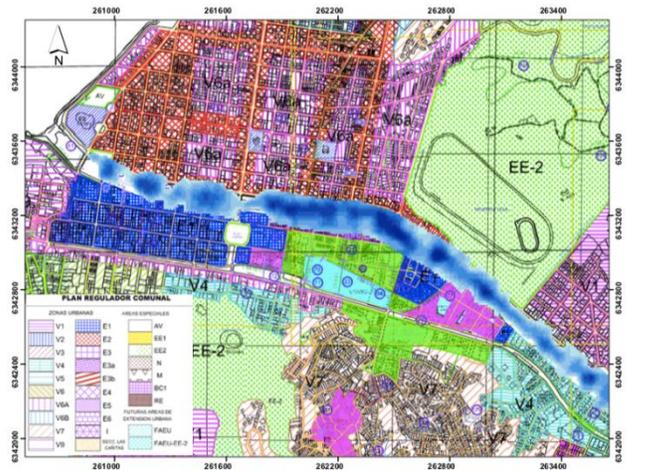


Figura VIII. Proyección conjunta del modelo de inundación generado sobre el PRC de Viña del Mar. Fuente: Modificación propia.

CONCLUSIONES

Según los resultados encontrados es concluyente que la utilización de índices como mecanismos de evaluación del estado actual de unidades naturales que se ven fuertemente afectadas por la actividad humana, poseen una funcionalidad altamente demostrable. Para el caso particular del Estero del Marga-Marga, la aplicación del índice Hidrogeomorfológico IHG, comprobó la deficiente calidad que este posee actualmente, además de detectar en la zona de estudio el grado de antropización, factor que ha desnaturalizado gravemente los parámetros observados durante la aplicación del IHG. Ejemplo de esta condición se detecta una valorización muy baja para la calidad funcional del sistema, analizando cada parámetro que contiene esta sección como la naturalidad del margen, funcionalidad de la llanura de inundación, disponibilidad y movilidad del ambiente sedimentario, diagnosticando de forma negativa producto del desarrollo urbano, lo cual implicaría una fuerte degradación ambiental resultante de la intervención humana. En cuanto a la calidad del cauce, esta posee una alteración moderada, lo cual implicaría cierta naturalidad para los parámetros valorados, la última calidad parcial valorada, correspondiente a la calidad de las riberas, esta última es la con mayor alteración, producto de las diversas estructuras humanas, las cuales funcionan como discontinuidades y/o obstaculizaciones, además del uso de tierra que actualmente posee el ancho del corredor ribereño impacta a la naturalidad la ribera, lo cual reduce drásticamente la estructura, naturalidad y conectividad transversal del corredor en su totalidad.

La utilización de softwares validados en la actualidad para la construcción de cartografías de riesgo asociadas a inundaciones, como son HecRAS y Geo Hec Ras. En base a la utilización y generación de modelos calibrados a las condiciones actuales favorece a la representatividad del entorno. Si bien existen otros softwares los cuales no fueron abordados en la formulación del proyecto, se recomienda verificar su funcionalidad en la construcción de los modelos; en general la utilización de estos softwares posee una ligera dificultad, esta queda sujeta a la habilidad que posea el usuario para resolver los errores que podrían surgir durante el desarrollo del modelo.

Como ejemplo de estas situaciones se podría detectar la poca funcionalidad de la información

que actualmente está disponible, o a la poca información disponible del área, como sugerencia se plantea indagar a fondo la información disponible, siempre teniendo en cuenta la validación o representatividad de estos datos, sin embargo cuando las condiciones existen y se logra desarrollar el modelo necesitado, este posee una alta correlación con la caracterización del entorno, facilitando su entendimiento, tal que herramientas son altamente beneficiosas para el modelamiento de zonas con alta vulnerabilidad y de esta forma agilizar la actualización o creación de información, considerando futuros eventos vinculados a la problemática ambiental y el cambio climático.

En cuanto al producto, el riesgo queda relacionado a las vías de transporte de la ciudad, en donde el modelo de inundación grafica zonas con mayor riesgo en un color mas oscuro (Vease Figura IV). Considerando que la zonificación del área no corresponde a la identificación como lugar de riesgo de inundación, como se define normalmente en los instrumentos de planificación, la comunidad que desenvuelve sus actividades y se relaciona de cierta manera con el lugar de estudio, debería ser sensibilizada y educada sobre como prever situaciones de riesgos, como ejemplo de esto podría ser la implementación de carteles donde se exprese que el área puede sufrir inundaciones bajo ciertos criterios o condiciones ambientales, esto incluiría que la administración municipal prohibiera el uso este lugar, cuando existan reportes o alertas meteorológicas vinculadas a un sistema frontal.

REFERENCIAS

Bajracharya, A., Shrestha, M. S., Dangol, P., Wahid, S., & Shrestha, A. B. (2016). Inundation Modelling in the Koshi for assessing flood risk. In International Conference on Mountains in Changing world - Kathmandu Institute of Applied Sciences. Kathmandu.

Díaz, D. S. (2017). Pronóstico de crecidas y niveles de agua en Estero Marga-Marga, Sector Viña del Mar. Universidad Tecnica Federico Santa María.

Gana, P., Wall, R., & Gutiérrez, A. (1996). Mapa Geológico del Área de Valparaíso - Curacaví. Regiones de Valparaíso y Metropolitana: Mapa Geológico.

Humerez, A., & Balboa, A. (2012). Estudio fundado de Riesgos Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso.

- Molero, E. (2014). HEC - GeoRAS 10, (May).
- Ollero, A. (2010). Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro - Guía metodológica. Mastergeo, S.L, 57 pp.<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4642.4089>
- Ollero, A., Díaz, E., Sánchez, L., Ballarín, D., Sánchez, M., Ibisate González de Matauco, A.,... Echeverría, M. T. (2007). Un índice hidrogeomorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. *Geographicalia*, 52(113), 141. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2007521109
- ONEMI Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (2016). Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
- Ribera, L. (2004). Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. *Documents d'anàlisi Geogràfica*, (43), 153–174. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1125369&info=resumen&idioma=SPA>
- Sedano Cruz, K., Carvajal Escobar, Y., & Ávila Diaz, A. J. (2013). Analysis of the aspects which increase the risk of floods in Colombia. *Luna Azul*, 37(July-December), 219–238. <https://doi.org/10.17151/luaz.2013.37.13>
- Servicio de Hidrografía y Oceanografía de la Armada. (2012). Carta de Inundación por Tsunami Valparaíso Viña del Mar Escala 1:15.000.
- Sharma, S. (2015). Tutorial on HEC-GeoRAS and HEC-RAS Modeling, (April). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2805.8329>
- Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. (2011). Guía de análisis de riesgos naturales para el ordenamiento territorial (1st ed.). Santiago de Chile.
- Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. (2013). Guía de Análisis y Zonificación de cuencas Hidrográficas para el ordenamiento territorial.<http://www.subdere.gov.cl/documentacion/gu%C3%ADa-de-an%C3%A1lisis-deriesgos-naturales-para-el-ordenamiento-territorial>.
- Santiago de Chile. Retrieved from www.eapnmadrid.org/cms/asp/descarga_fichero2.asp?id_doc=90
- Tarback, E. J., & Lutgens, F. K. (2005). CIENCIAS DE LA TIERRA. PEARSON Prentice Hall (Vol.8). [https://doi.org/10.1016/0196-0709\(91\)90073-O](https://doi.org/10.1016/0196-0709(91)90073-O)
- Valdés, O., & Espinoza, V. (2017). Metodología Complementaria para la Evaluación de Riesgo de Desastres de Proyectos de Infraestructura Pública. (V. Espinoza, Ed.) (1st ed.). Santiago de Chile. Retrieved from <http://repositoriodigitalonemi.cl/web/bitstream/handle/2012/1819/MetodologiaRiesgoDesastres2017.pdf?sequence=1>
- Zainalfikry, M. K., & Ghani, A. A. (n.d.). HEC-RAS unidimensional modelación hidrodinámica para Eventos recientes inundación importante en el Río Pahang. Penang.