

EVENTO

Inundaciones 21-26 junio 2023 Cuencas del Río Mataquito y Río Maule (Región del Maule)

Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres



INFORME POST DESASTRE

EVENTO:

Inundaciones 21-26 JUNIO 2023

Cuencas del Río Mataquito y Río Maule (Región del Maule)

© CIGIDEN, agosto 2023.

AUTORES

Análisis satelital

Lester Olivares, Gabriel González, CIGIDEN & Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile; **Gabriel Matabenítez**, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile.

Caracterización amenaza

Jorge Gironás, Eduardo Viollier, Rodrigo Cienfuegos, Benedikt Hora, CIGIDEN & Pontificia Universidad Católica de Chile. Con el apoyo de **Juan Andrés Silva** de la Fundación Refugia (imágenes dron), **Lester Caravaca**, y la **Agencia Aeroespacial Alemana (DLR)**.

Experiencia y percepción comunidad afectada

Manuel Tironi, Katherine Campos, Yerko García CIGIDEN & Pontificia Universidad Católica de Chile; **Iván Ojeda**, CIGIDEN, Pontificia Universidad Católica de Chile & Universidad Católica del Norte. Colaborador levantamiento datos: **Juan Andrés Silva**, de la Fundación Refugia.

Efectos físicos y sociales de las inundaciones en Maule y Mataquito:

Carolina Martínez, Nikole Guerrero, Simón Inzunza, Jorge Qüense, Malcom Bonet, Yvonne Merino, CIGIDEN & Pontificia Universidad Católica de Chile.

Colaboradores externos: **Patricio Cornejo**, Coordinador de Emergencias y Desastres del Servicio de Salud Maule; **Moisés Villarroel**, Universidad de Chile; **Nicolás Pérez**, Universidad de Heidelberg; **Javiera Zúñiga** y **Francisco Concha**.

EDICIÓN

Leila Juzam Pucheu (leila.juzam@cigiden.cl), CIGIDEN
Katherine Campos Knothe (kvcampos@uc.cl), CIGIDEN

DISEÑO

Sebastián Saldaña Aguilera (hola@sebastiansaldana.cl)

FOTO PORTADA

Diego Salinas Flores, CIGIDEN

INFORME POST DESASTRE

EVENTO

Inundaciones 21-26 junio 2023
Cuencas del Río Mataquito y
Río Maule (Región del Maule)

INFORME POST DESASTRE

EVENTO

**Inundaciones 21-26 junio 2023
Cuencas del Río Mataquito y
Río Maule (Región del Maule)**

INTRODUCCION

El evento hidrometeorológico del 21 al 26 de junio de 2023 que afectó la zona centro-sur de Chile dejó inundaciones en diferentes ciudades. Durante este evento, hubo cuencas que presentaron un aumento significativo de la escorrentía producto de la precipitación líquida ocurrida en zonas precordilleranas con altas temperaturas. Dentro de ellas, el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN) se enfocó en el levantamiento de información post desastre en las cuencas del Río Maipo, Río Mataquito y Río Maule. A cada uno de estos sectores concurrieron grupos de investigadores e investigadoras de diferentes disciplinas con el fin de levantar información en terreno respecto al desastre producido.

El presente informe post desastre se enfoca en la cuenca del Río Mataquito y Río Maule, haciendo referencia a localidades que conviven con estas cuencas. Próximas versiones del informe incluirán un Informe Post Desastre de la Cuenca del Río Maipo.

Este documento tiene por objetivo presentar un análisis del comportamiento de la amenaza, el daño provocado y de la experiencia de las y los habitantes afectados por la inundación, especialmente de aquellos que viven en la zona de Licantén. A partir de estos análisis, el informe cierra presentando ciertos aprendizajes y recomendaciones aplicables a los procesos de prevención y respuesta al evento, pero, por sobre todo, hacia los procesos de recuperación y reconstrucción.

Si bien el evento de junio 2023 tuvo una afectación menor que el evento recientemente acontecido en agosto 2023, la experiencia previa permite identificar ciertos ámbitos de mejora para la respuesta y recuperación de eventos de inundación. Es más, la mayoría de las recomendaciones también pueden ser aplicables a desastres asociados a otros fenómenos naturales.

El informe presenta un análisis satelital del comportamiento del evento y una caracterización hidrometeorológica de la amenaza con datos levantados en terreno y estimaciones con datos secundarios de fuentes públicas. Así también, un análisis de las alteraciones físicas naturales de la cuenca, y por último, un análisis de la experiencia de la comunidad de Licantén. Para esto último, se desarrolló una <investigación exploratoria, de carácter tanto cualitativo como cuantitativo, con el objetivo de comprender las experiencias y percepciones de la población afectada en relación a la inundación. Específicamente, se realizaron 44 encuestas junto a una acotada entrevista semiestructurada, y se sostuvieron diversas conversaciones informales con actores locales y registro en notas de campo. Las personas afectadas que participaron de la encuesta y entrevista pertenecían a las zonas más afectadas

por la inundación de junio 2023, como Placilla (sector rural), Avenida Lautaro (sector urbano), Población Los Robles (sector urbano). La encuesta realizada no buscaba abordar una muestra representativa de la población de Licantén, sino que explorar aspectos de la experiencia del desastre, pero se intencionó que el grupo de 44 participantes fuera lo más diverso posible en términos de sexo, ocupación y edad, además de vivir en las zonas más afectadas.

Desde CIGIDEN, estamos comprometidos en aportar con evidencia científica a la política pública para reducir y gestionar el riesgo de desastres en Chile. En este sentido, creemos que rescatar aprendizajes de experiencias previas de desastre puede colaborar en “reconstruir mejor”, no sólo reestableciendo las pérdidas, sino que, también creando las condiciones para evitar la ocurrencia de futuros desastres, abordando la mitigación desde obras de infraestructura y el mejoramiento de la calidad de vida de la población para reducir su vulnerabilidad.

1. CONTEXTO LOCAL

Dentro de las áreas de estudio que se abordan en este documento, se analizó la desembocadura del Río Mataquito y Río Maule, en la región del Maule (Figura 1). Respecto a la zona del Río Mataquito, se dio énfasis a los sectores de ribera en las comunas de Licantén, Curepto y Hualañé. Para la zona del Río Maule, en tanto, el estudio se orientó hacia la comuna de Constitución.

En específico, respecto a la comuna de Licantén (ribera norte del río), según datos censales, posee 6653 habitantes (CENSO, 2017) para agosto de 2023 y de acuerdo al Ministerio de Desarrollo Social y Familia, un 56,2% de los hogares se encuentra en el tramo 40% de menores ingresos, el promedio de escolaridad es de 10,4 años y 20,9% de la población no posee acceso a servicios básicos. La comuna de Licantén posee una vocación agrícola y forestal, siendo esta última incentivada por la presencia de la planta de Celulosa Licancel, perteneciente a Celulosa Arauco y Constitución SA. Las actividades económicas principales son el turismo, la actividad agrícola y ganadera, y la pesca artesanal en la costa. La comuna posee gran biodiversidad y diversidad geográfica, pues abarca tanto zonas costeras como zonas interiores.

La comuna de Licantén tiene una estrecha relación con el Río Mataquito, pues está emplazada a un costado del río y dentro de su territorio comunal se ubica la desembocadura de este cauce. El río se ha desbordado en varias ocasiones a lo largo de la historia, inundando las zonas pobladas y agrícolas de la comuna. Las inundaciones más recordadas por sus habitantes son las de 1986, 2008 y 2023.

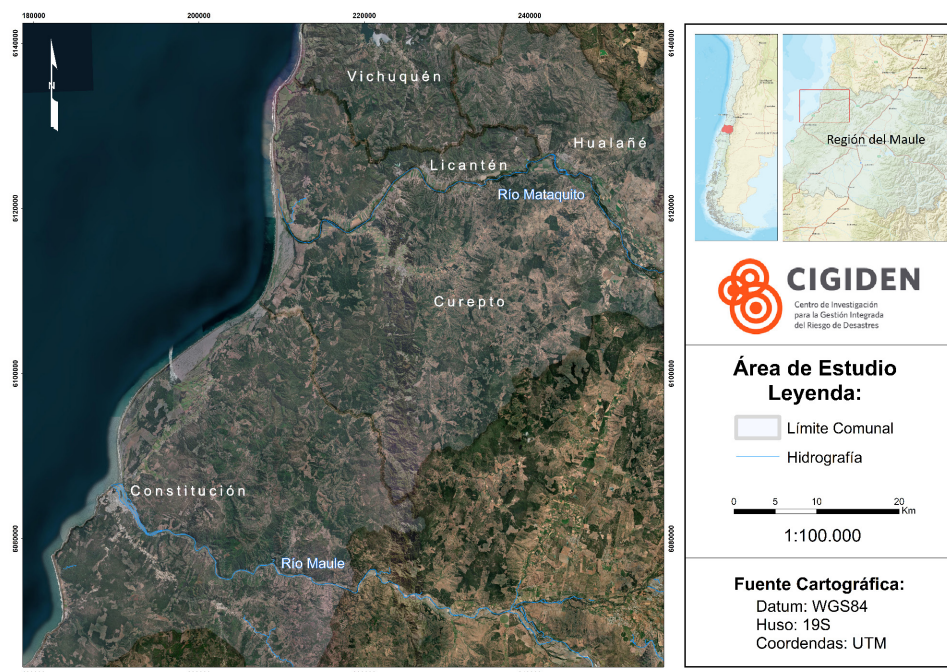


Figura 1. Área de estudio. Río Mataquito.

Fuente: Image © 2023 Planet Labs PBC.

Respecto a Hualañé (ribera norte), posee 9657 personas según el censo con una tendencia decreciente en población, según lo indicado en su PLADECO municipal. El 65,1% de los hogares se encuentran en el tramo 40% de menores ingresos, el promedio de escolaridad es de 9 años, mientras que 25,6% de la población no posee acceso a servicios básicos. En cuanto a su economía, Hualañé destaca por su vocación silvoagropecuaria, que también se ve influenciada por la existencia de la planta procesadora de celulosa en Licantén.

Finalmente, con relación a Curepto (ribera sur), posee 9448 habitantes con una densidad de 8.84 habitantes por km². A partir del PLADECO municipal se visualiza que desde 2017 la población mayor ha ido en aumento, caso contrario a los grupos de 0-14 y 15-29 años. El 63,4% de los hogares se encuentra en el tramo 0-40% de menores ingresos, el promedio de escolaridad establece 9 años, en tanto, 31,4% de la población no posee acceso a servicios básicos. Desde el ámbito económico, la comuna se caracteriza por pequeñas empresas de comercio al por menor y las actividades agrícolas.

Respecto al Río Maule, Constitución (ribera sur) posee 46068 habitantes, 52,9% de los hogares se encuentran en el tramo 0-40% de menores ingresos, el promedio de escolaridad

dad es de 10,5 años y 19,7% de la población no posee acceso a servicios básicos. En torno a la memoria histórica sobre inundaciones en el pasado, se menciona la narrativa oral de *kay-kay* y *trengr-trengr* a través del cerro Mutrun (topónimo mapuche que significa “llamado” ante desbordes y *tsunamis*), se recuerdan inundaciones en los 60-70 y se alude a la inundación de 1986 como la más grande (llegó hasta la calle Oñederra, en la plaza, según los vecinos).

1.1 CONTEXTO INUNDACIONES JUNIO 2023

A través del análisis de imágenes satelitales, tanto ópticas como de radar, que posibilitan la identificación de zonas de inundación a escalas regionales (Tarpanelli et al., 2022), se analizaron y contrastaron las áreas de inundación que dejaron los Río Mataquito y Río Maule producto del evento hidrometeorológico de junio 2023. Mediante el uso de la plataforma Google Earth Engine que permite la manipulación de datos de Sentinel-1 (Gorelick et al., 2017), pudimos reconocer zonas inundadas al aplicar varios filtros y máscaras a imágenes tomadas el 27 de junio para la zona de Colbún y el 1 de julio para la zona de Licantén. Además, mapeamos las planicies de inundación de ambos ríos a escala 1:24000 para acotar mejor nuestros resultados.

La zona de Licantén en la figura 2 muestra como un 23% de la planicie de inundación del Río Mataquito fue ocupada (Figura 2). Sin embargo, esta observación minimiza la real extensión de la inundación dado que ya había ocurrido una semana desde el término de la lluvia. Para el Río Maule en las cercanías de Colbún un 18% de la planicie de inundación fue ocupada por las aguas. Este estimado es más preciso puesto que la toma de la imagen satelital ocurrió a solo días desde el fin del evento de precipitación.

Este rápido análisis remoto permite identificar que la inundación en las cercanías de Licantén producto de la crecida del Río Mataquito, fue más extensa que la inundación que afectó el área de Colbún en el Río Maule. Por otro lado, respecto a la utilidad y uso de imágenes satelitales, es posible indicar que el acceso a imágenes satelitales tomadas poco después de la lluvia conlleva a mejores estimaciones de la real extensión del área inundada.

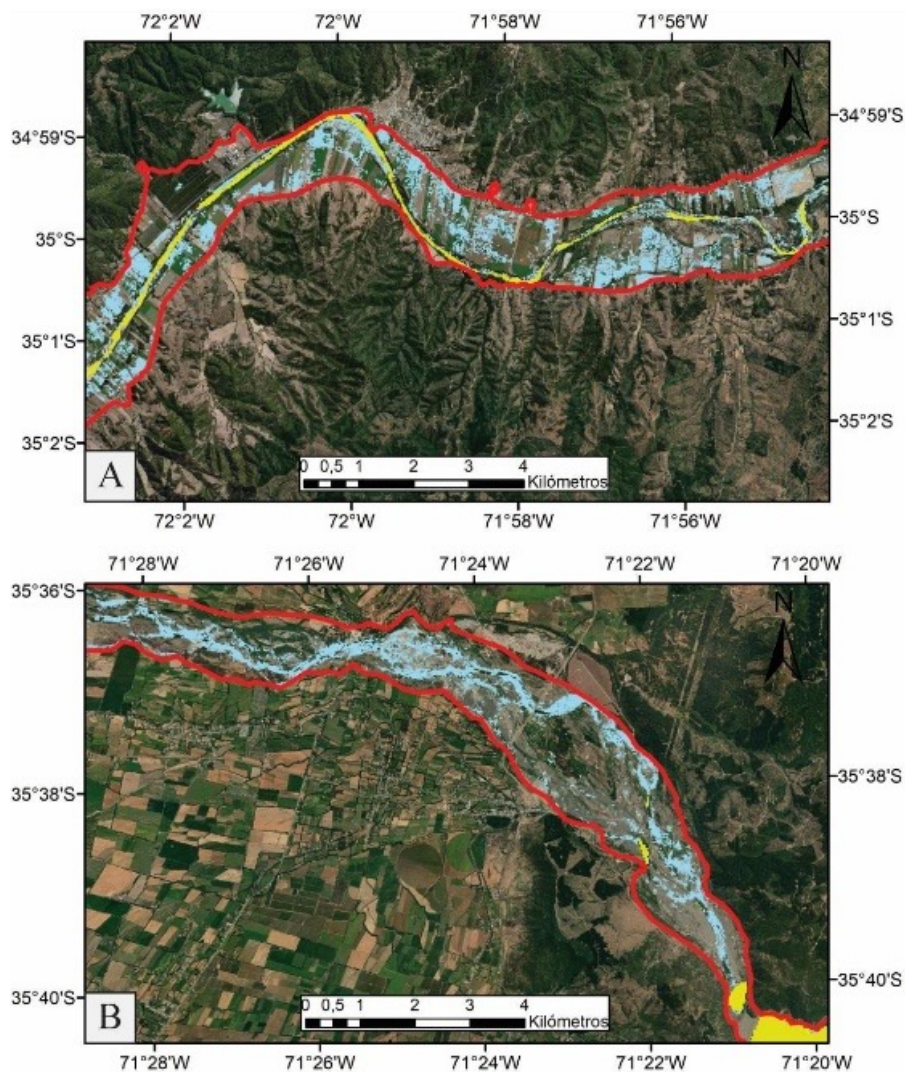


Figura 2. Zonas de Inundación Río Mataquito y Río Maule.

Fuente: Elaboración Propia

2. ANÁLISIS Y CONSECUENCIAS DE LA AMENAZA: ALTERACIONES FÍSICAS NATURALES EN LAS DESEMBOLCADURAS

2.1 MATAQUITO

En la Figura 3 se retrata la desembocadura del Río Mataquito donde se logró identificar una planicie de inundación, que en la zona de Licantén es de aproximadamente 1 kilómetro (Figura 3, flecha amarilla). La planicie de inundación se compone

por el lecho recurrente o canal de estiaje, aquel que está siempre activo, y el lecho episódico, que como su nombre lo indica, se activa solo en eventos de crecidas. De esta manera, la localidad de Licantén se ubica sobre depósitos aluviales, provenientes del curso fluvial del Mataquito y de las quebradas de la cordillera de la Costa. Así también es posible observar en la Figura 3, que previo a las inundaciones la planicie de inundación presentaba una cubierta agrícola, y posterior al evento, se puede apreciar cómo estos predios, además de la zona urbana, fueron inundados por el río. En la Figura 4, se identifican las zonas que al día 17 de julio seguían anegadas por la crecida.

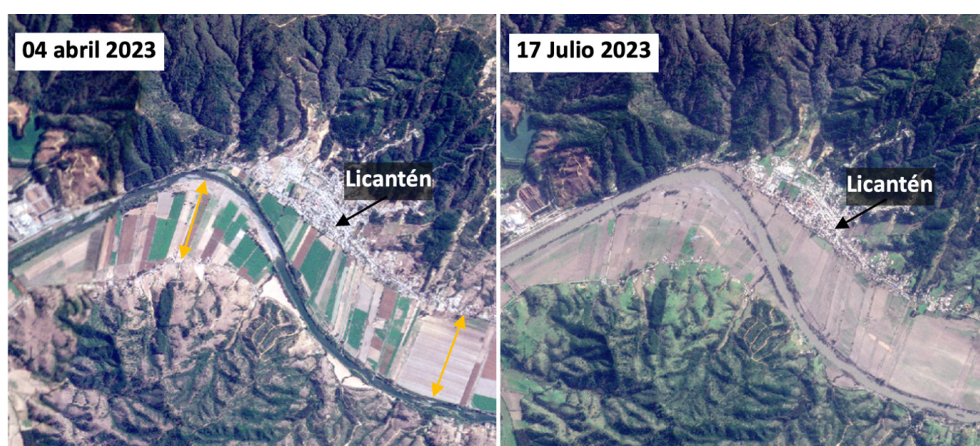


Figura 3. Planicie de inundación, sector Licantén.

Fuente: Imagen satelital PlanetScope

En la confluencia del estero Curepto con el Río Mataquito, la planicie de inundación del primero alcanza un ancho de 1 km y la planicie de inundación del segundo alcanza 1,4 km en su parte más ancha. En este sector, el río también ha inundado los predios agrícolas dejando zonas anegadas (Figura 4). También se observa otro cambio importante en el cauce del Río Mataquito, ya que en abril presentó bancos medios y laterales, los cuales desaparecen posterior a la crecida del río.

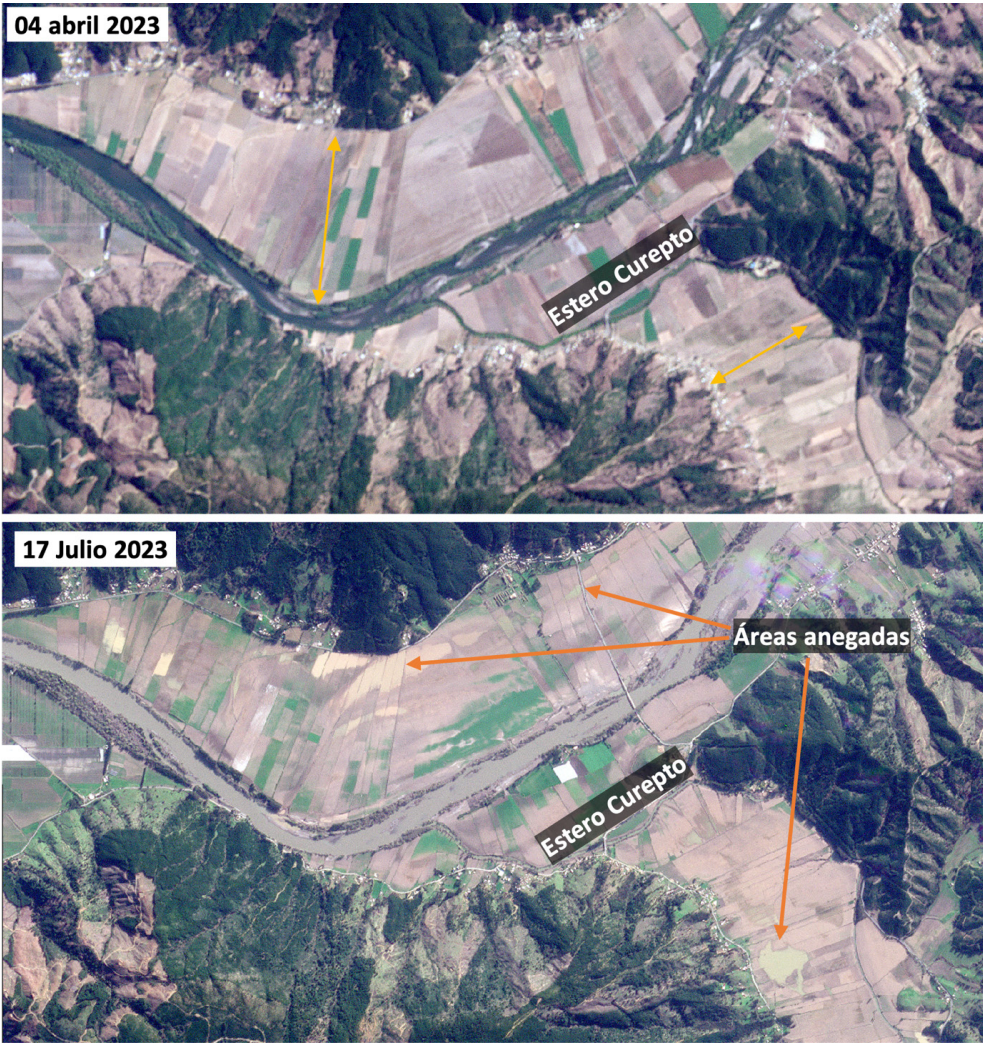


Figura 4. Planicie de Inundación y áreas anegadas, sector estero Curepto.

Fuente: Imagen satelital PlanetScope

En la zona distal del estuario se presentan los cambios geomorfológicos más importantes. Esta desembocadura presenta un canal muy estable espacial y temporalmente, que une el río con el Océano Pacífico en el sector de La Pesca; posterior a las inundaciones la energía del río erosionó la flecha litoral, generando un segundo canal al sur del primero (Figura 5). La Laguna estuarial del Río Mataquito es de forma alargada y paralela a la costa, posee una longitud de 7 kilómetros desde el Puente Mataquito hasta el canal ubicado en el sector de La Pesca.

[1] Acumulación de material por sedimentación que adquiere diversidad de geoformas, en la desembocadura de los ríos.

[2] Acumulación de agua subterránea, que se encuentra a una escasa profundidad del nivel del suelo y es dinámica.

La formación de una segunda desembocadura dio origen a una isla barrera de 4 km de longitud y 240 metros en su parte más ancha. Parte de esta barrera aislada fue inundada en la sección oriental producto de las crecidas del río, por esto, se identificó como zona anegada. Los bancos estuariales¹ se mantuvieron estables previo y posterior a la inundación. En la imagen del mes de julio, a partir de ambos canales se identifica la pluma de sedimentos del Río Mataquito que avanza hacia el norte por la deriva litoral. Otro cambio importante se observa en el campo de dunas La Trinchera, donde al mes de julio la depresión interdunaria se encuentra anegada y con mayor vegetación, dado que la napa freática² se encuentra más cerca de la superficie.

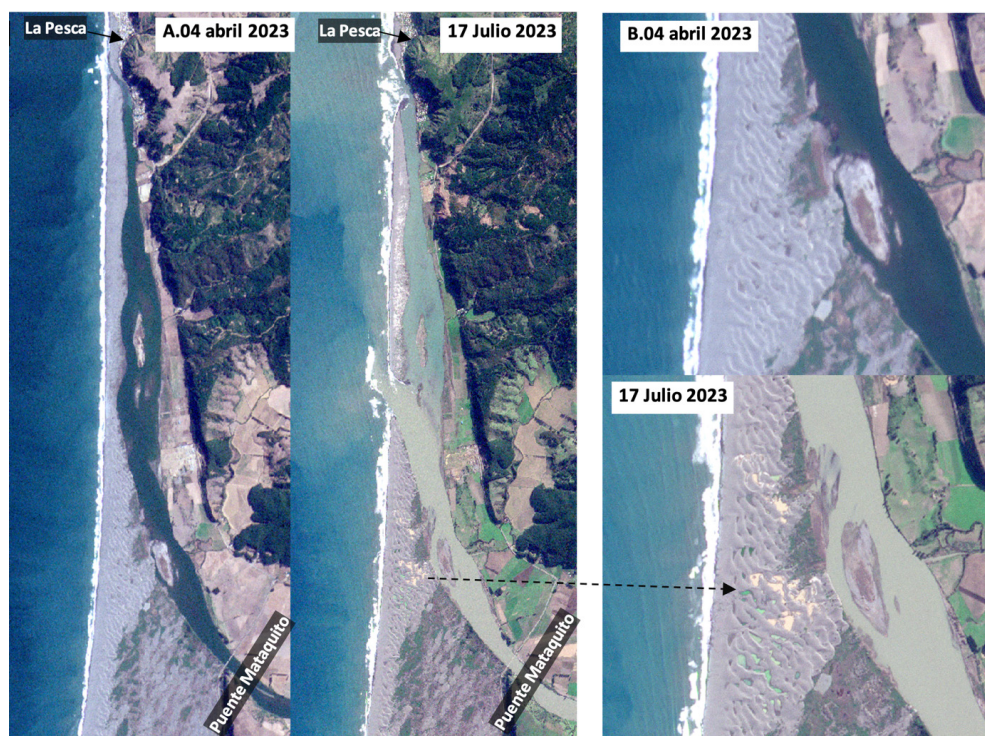


Figura 5. Cambios geomorfológicos A. Zona de espigas y laguna estuarial y B. Depresión interdunaria.

Fuente: Imagen satelital PlanetScope

2.2 MAULE

A diferencia del Río Mataquito, Río Maule no presentó cambios geomorfológicos importantes en las zonas media y proximal del estuario que hayan sido producidos por las intensas precipitaciones e inundaciones del mes de junio.

Solo se identificaron áreas anegadas muy pequeñas sobre bancos fluviales laterales, debido principalmente a que este sistema fluvial no presenta planicie de inundación como el caso anterior. El Río Maule está delimitado por laderas muy escarpadas de la cordillera de la Costa, por ende, no hay migración lateral del cauce para desarrollar planicies extensas o terrazas fluviales (Figura 6).

Los cambios más significativos se produjeron en la zona distal, específicamente en la configuración de las flechas litorales. Previo al mes de junio, el estuario del Río Maule estaba delimitado por dos flechas litorales, norte y sur, con una longitud de 700 m y 950 m, respectivamente (Fig. 6a). Producto de las crecidas que sufrió el Río Maule, ambas flechas desaparecieron dejando un canal de desagüe de aproximadamente 880 metros de ancho.

La desembocadura del estero de Guenon al Río Maule también muestra cambios importantes, en mayo se encontraba delimitada por la flecha litoral norte, en cambio, en julio se conecta con un canal hacia el río y otro hacia el mar (Fig. 6c). La reconfiguración de la flecha litoral norte que se curva hacia el interior del estuario por la refracción del oleaje, junto con la descarga de sedimentos del estero forman un área de anegamiento o mal drenaje (Fig. 6d y 6f), la cual presenta mayor o menor anegamiento producto de la oscilación de las mareas. Por otro lado, al 8 de agosto del presente año, a más de un mes ocurrido el evento extremo, no se ha formado la flecha sur (Fig. 6f), de lo que se puede deducir un aumento permanente de la energía fluvial durante los meses de julio y agosto, o un bajo aporte de sedimentos provenientes desde la zona sur adyacente.

El sistema dunar de Putú- Quivolgo, que conforman lo que fue denominado por Araya- Vergara (1981) como convexidad de acreción, no presenta cambios morfológicos importantes producidos por las precipitaciones y crecidas del caudal del Río Maule. Solo presenta un aumento de vegetación y mal drenaje, que fue identificado como área anegada en la zona central del campo dunar.



Figura 6. Cambios geomorfológicos, desembocadura del Río Maule.

Fuente: Imagen satelital PlanetScope

3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL EVENTO HIDROMETEOROLÓGICO

Las fuentes de información utilizadas para describir el evento son públicas y corresponden a registros reportados por distintos pluviógrafos operados por direcciones estatales. Este análisis se complementa con un levantamiento de la inundación realizada en terreno y estimaciones usando imágenes satelitales provistas por la Agencia Aeroespacial Alemana (DLR por sus siglas en inglés).

3.1 CARACTERIZACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

La Figura 7 presenta un resumen de las variables meteorológicas claves involucradas en el evento de precipitación. Los caudales registrados en tres estaciones ubicadas en distintos puntos de la cuenca se representan en los gráficos de barra en la parte inferior de la figura. Un aspecto crucial a destacar es que las tres estaciones fluviométricas (Teno, Lontué y Licantén) dejaron de funcionar correctamente en cierto momento, lo que significó la imposibilidad de medir íntegramente la crecida en cada sección de medición. Debido a esta limitación, no es posible confirmar con certeza los flujos máximos registrados. Para poder tener una mejor estimación, se puede recurrir a métodos indirectos como por ejemplo una revisión de alturas de aguas alcanzadas en terreno, o la construcción de un modelo hidrológico/ hidráulico que permita recrear lo sucedido.

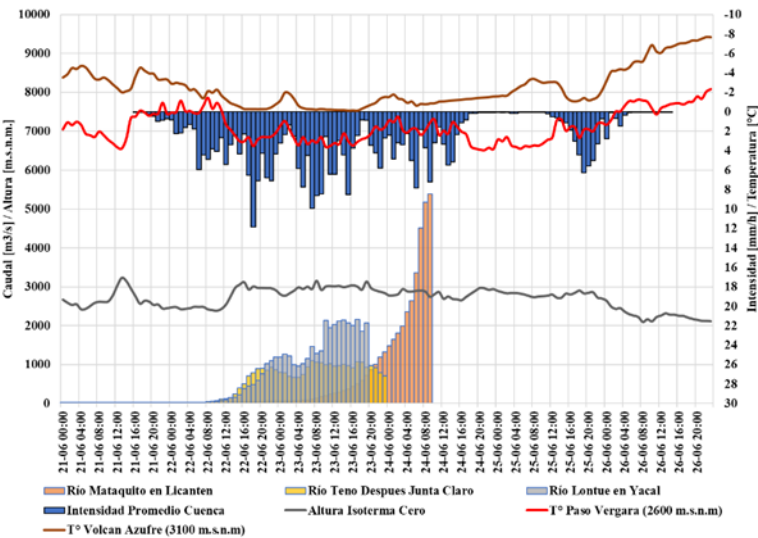


Figura 7. Comportamiento temporal de las variables hidro-meteorológicas del evento. Incluyendo los hidrogramas medidos en distintas estaciones (barras en la parte inferior de la figura), la elevación de la isoterma cero, el hietograma de intensidad de precipitación promedio en la cuenca (barras en la parte superior de la figura), y las temperaturas registradas en estaciones ubicadas a más de 2600 m.s.n.m.

Fuente: Propia en base a información pública

Los caudales máximos medidos en la estación Teno después de Junta con Claro y Lontué en Yacal son cercanos a los 1,000 m³/s y 2,000 m³/s, hasta que dejaron de registrar. Por otra parte, el caudal máximo registrado en la estación Licantén en Mataquito previo a su falla fue de 5,300 m³/s. Es notoria la presencia de un desfase temporal en la ocurrencia de estos caudales máximos. Se observa un tránsito de aproximadamente 8 horas del caudal máximo desde las estaciones en los Ríos Teno y Lontué, hasta la estación de Licantén. **Estos desfases temporales entre estaciones, pueden ser usados para confirmar las alertas y anticipar con algunas horas, lo que podría ocurrir en las localidades aguas abajo a partir de mediciones directas.**

A las fuertes precipitaciones se agrega como condición agravante las altas temperaturas durante el evento. La altura sobre el nivel del mar a la cual se encontraba la isoterma cero también es visualizada en la Figura 7. Durante la mayor parte del evento, esta isoterma se mantuvo alrededor de los 3,000 m.s.n.m, **de altura bajo la cual se encuentra el 98.5% de la cuenca.** Luego, se infiere que prácticamente la totalidad de ésta contribuyó con aportes líquidos durante gran parte del evento. Por otra parte, un hietograma³ representativo de la intensidad de precipitaciones recibida por la cuenca se presenta en las barras ubicadas en la parte superior de la Figura 7. Los resultados corresponden a la ponderación de cada registro de las estaciones pluviográficas disponibles en la cuenca por el área de influencia de ellas. Se aprecia una precipitación continua de casi tres días y medio, desde las 16:00 hrs. del día 21 de junio hasta las 20:00 hrs. del 24 de junio. Luego, se produce un segundo sub-evento más corto, por lo que al concluir el día 26 de junio a las 23:00 hrs., la acumulación de precipitación promedio en la cuenca alcanza más de 320 mm. La intensidad horaria máxima promedio en la cuenca durante el evento fue de 12 mm por hora.

Ahora bien, un análisis más detallado del rol de la precipitación en la crecida debe considerar un estudio espacialmente distribuido de esta variable, algo que parcialmente se ha podido realizar con la información existente. Un primer análisis muestra un gradiente positivo⁴ de precipitaciones con la altura (Figura 8). Según esta, la precipitación acumulada aumenta en promedio 22 mm por cada 100 metros de aumento en la altitud. Gradientes positivos como el observado son típicos, por lo que se analizó si este aumento de magnitud implica una mayor excepcionalidad de la precipitación en elevaciones más alta. Para esto, se compara la magnitud máxima acumulada según duraciones dentro de la tormenta (i.e. magnitud de la hora más lluviosa, de las dos horas más lluviosas, etc), con las magnitudes acumuladas asociadas a distintas recurrencias o periodos de retorno según las curvas Precipitación-Duración-Frecuencia (IDF) históricas⁵.

[3] Hietograma: evolución de la intensidad de precipitación a lo largo del tiempo

[4] Gradiente Positivo: una magnitud crece cuando la otra con la que se relaciona también. En nuestro caso, el agua caída durante la tormenta tiende a crecer a medida que aumenta la elevación.

[5] Pizarro-Tapia, M., Abarza-Martínez, A., Aravena-Garrido, D., et al (2007). Curvas intensidad - duración - frecuencia para la zona centro sur de Chile. Talca, Chile: PHI-UNESCO: Universidad de Talca.

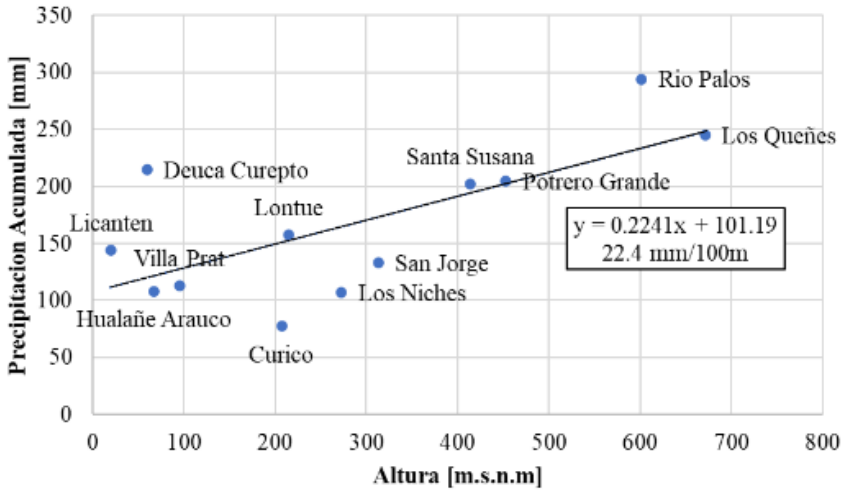


Figura 8. Relación entre altitud y precipitación acumulada obtenida a partir de distintas estaciones pluviográficas.

Fuente: Propia en base a información pública

Éstas están disponibles para 3 estaciones pluviométricas dentro de la cuenca: Estación Curicó (207 m.s.n.m), Potrero Grande (453 m.s.n.m) y Los Queñes (671 m.s.n.m).

La Figura 9 muestra esta comparación. Se puede apreciar que tanto para las estaciones Curicó y Potrero Grande, no se alcanza a superar el umbral de un año de período de retorno para ninguna de las duraciones dentro de la tormenta. Es decir, las magnitudes registradas en estas estaciones distan de ser magnitudes infrecuentes o extremas. En contraste, en la estación de mayor altitud, Los Queñes, la curva de magnitudes acumuladas del evento se acerca a la curva correspondiente a un año de período de retorno a medida que aumenta la duración. De hecho, para duraciones sobre 14 horas se alcanza el umbral de dos años de período de retorno. Desgraciadamente no se cuenta con registros históricos extensos en estaciones a mayor altitud para proseguir con este análisis, pero si se extrapolaran los resultados obtenidos, la hipótesis es que a mayores elevaciones las precipitaciones caídas sí superarían en mayor medida los umbrales históricos. En otras palabras, las magnitudes de agua caída fueron bastante típicas en las zonas bajas, pero no así en las zonas elevadas, donde las precipitaciones fueron más intensas. Este particular comportamiento espacial del evento, junto con la elevada isoterma cero concurrentes, detonaron las grandes crecidas observadas en la región.

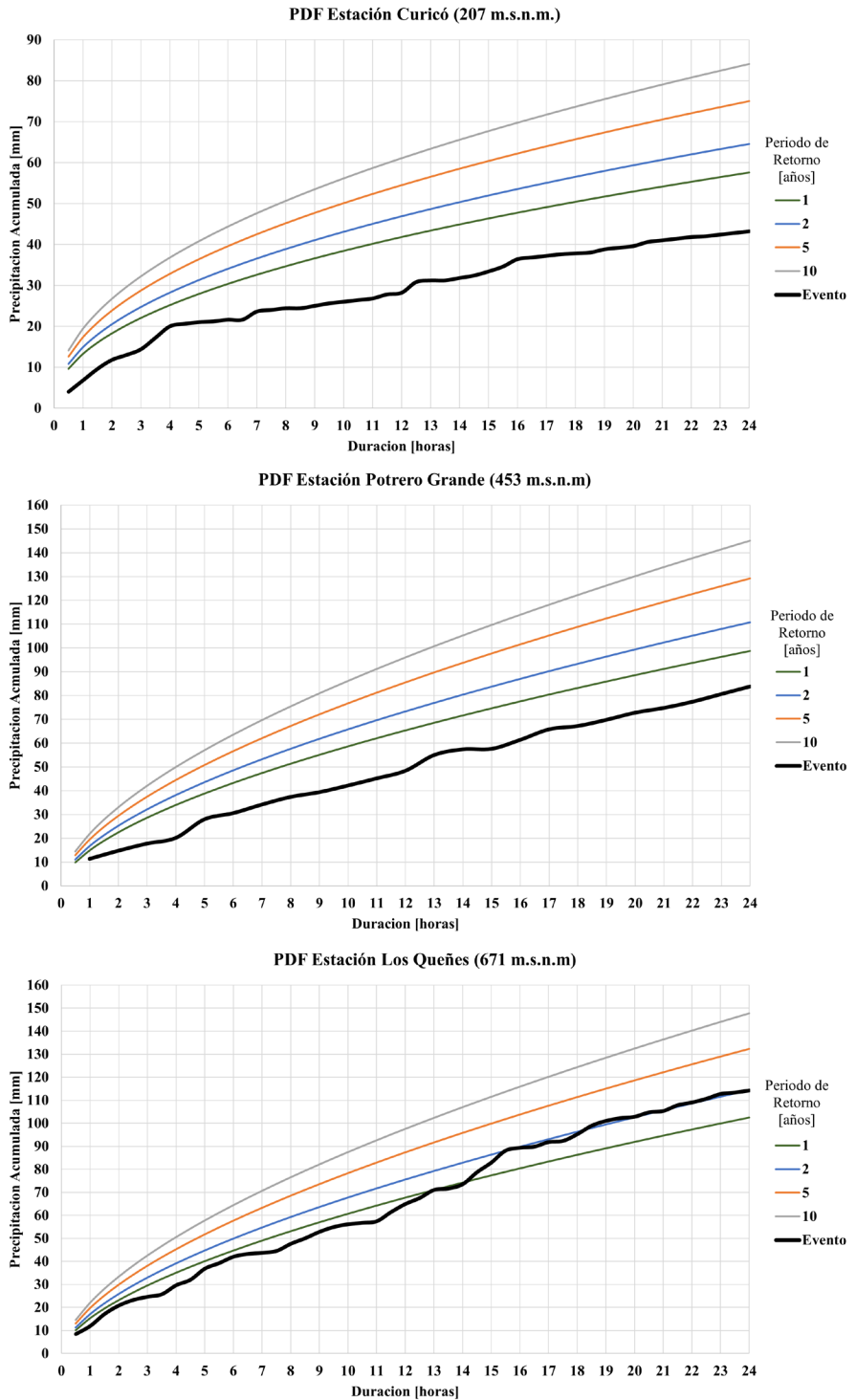


Figura 9. Comparación de la curva de precipitaciones acumuladas para distintas duraciones del evento y las curvas PDF históricas en tres estaciones pluviográficas.

Fuente: Elaboración Propia

3.2 LEVANTAMIENTO DE LA INUNDACIÓN

Entre los días 3 y 5 de julio de 2023, se hizo un levantamiento rápido de las marcas de agua dejadas por la inundación en la zona de Licantén para registrar el nivel máximo alcanzado. Este levantamiento fue complementado por vuelos dron que permitieron confeccionar imágenes orto-fotogramétricas de alta resolución en tres sectores específicos (estación de la Dirección General de Aguas, el hospital y centro de Licantén), y la estimación satelital de la de inundación provista por la Agencia Aeroespacial Alemana (DLR).

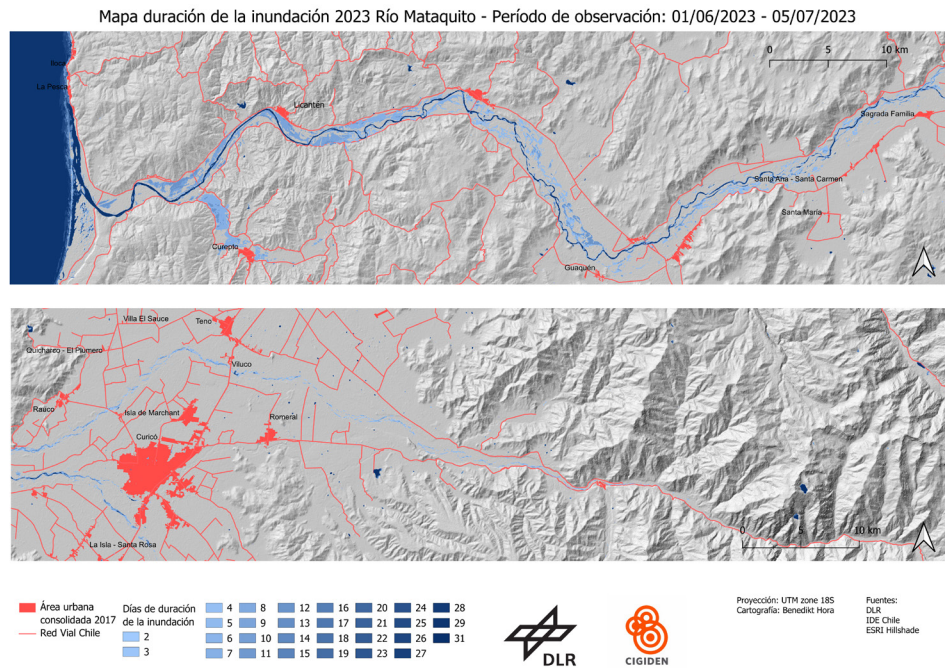


Figura 10. Estimación de “días de inundación” de cada pixel de las imágenes satelitales SENTINEL provistas por la Agencia Aeroespacial Alemana (DLR). Panel superior: parte baja de la cuenca del Río Mataquito. Panel inferior: Sector de Curicó, cerca de la confluencia entre los ríos Teno y Lontué.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 10 se presentan los resultados de la estimación de “días de duración de la inundación” provistas por el DLR para el tramo de interés del Río Mataquito. Mediante un análisis de registros satelitales SENTINEL, se realiza la estimación para cada pixel de la imagen, obteniéndose en colores más oscuros aquellos que se mantienen inundados durante más tiempo. Se observa entonces el cauce normal del Río Mataquito en color azul oscuro, mientras que las áreas inundadas están en azules más claros.

Para el sector de Licantén, realizamos un levantamiento de campo utilizando distanciómetro láser, GPS diferencial y vuelos de dron. En la Figura 11 se muestran los sectores donde se realizaron los vuelos dron (que coinciden con los levantamientos GPS para estimar las cotas de inundación), superpuestos a la estimación de la inundación por satélite del DLR. En la parte baja de la cuenca, el río ocupó prácticamente la totalidad de su planicie de inundación, y en la ciudad de Licantén, las mediciones GPS realizadas indican que el agua subió hasta una cota aproximada de 10.3 m.s.n.m., inundando totalmente la plaza de armas de la ciudad.

En la Figura 12 se presenta la restitución orto-fotogramétrica del centro de Licantén, donde es posible apreciar aún las marcas de barro dejadas por la inundación. De acuerdo a relatos recogidos en terreno, las aguas comenzaron a inundar la ciudad alrededor de las 6 AM del día sábado 24 de junio, y que se mantuvo en niveles altos durante al menos un día. Las profundidades de inundación fueron variables en las zonas urbanas, pero alcanzaron a cubrir completamente los primeros pisos de algunas casas.

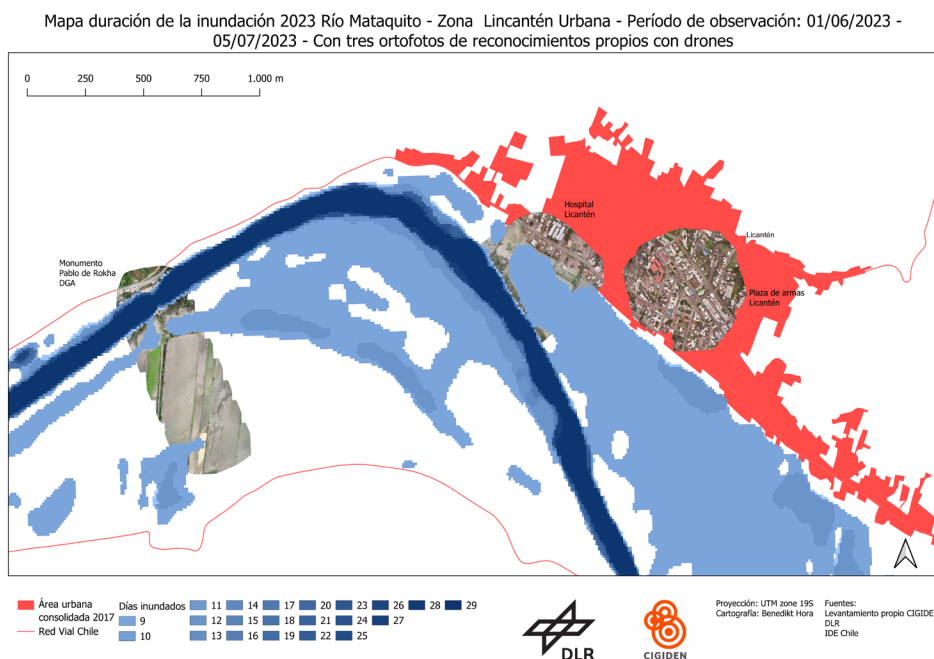


Figura 11. Estimación de “días de inundación” de cada pixel de las imágenes satelitales SENTINEL provistas por la Agencia Aeroespacial Alemana (DLR) para el sector de Licantén. Se superponen las imágenes de orto-fotogrametría de la estación de la Dirección General de Aguas (DGA), el hospital, y el centro de la ciudad.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 12. Restitución orto-fotogramétrica del centro de la ciudad de Licantén.

Fuente: Elaboración Propia.

El análisis preliminar del evento de precipitación de junio del 2023 proporciona una visión general de lo ocurrido en la cuenca del Río Mataquito. El evento se caracterizó por tener una duración significativa, con casi 85 horas ininterrumpidas de agua caída, acumulándose 320 mm en total, en promedio para toda la cuenca. La intensidad de lluvia creció con la altitud de una manera bastante anormal, teniéndose mayores cantidades de lluvia acumulada a mayor altura, mientras que en la parte baja de la cuenca las precipitaciones acumuladas de lluvia se mantuvieron dentro de umbrales normales para esta época del año, – lo que se condice con los testimonios de habitantes de Licantén quienes indicaban que no había llovido “tanto” en contraste con la experiencia de inundaciones anteriores.

Durante una porción significativa del evento, y particularmente en los momentos de mayor intensidad, la isoterma cero se localizó a los 3,000 m.s.n.m. de altitud, por lo que prácticamente la totalidad de la cuenca recibió precipitación líquida. Desde el punto de vista de los caudales, estos fueron elevados, pero desgraciadamente no se puede caracterizar en detalle los valores máximos en distintas ubicaciones debido a la interrupción de los registros durante el evento.

El análisis de imágenes satelitales entrega una visión general de la inundación registrada, comprobándose que, en las zonas bajas de la cuenca, el Río Mataquito ocupó su planicie de inundación casi totalmente. La inundación alcanzó entonces amplios valles agrícolas y zonas urbanas que fueron muy afectadas por el agua y el barro. En Licantén, la plaza de armas fue completamente inundada, con cotas mayores a los 10 m.s.n.m. y profundidades de inundación variables en las zonas urbanas, pero que en algunos sectores cubrieron completamente los primeros pisos de las casas.

4. MONITOREO Y ALERTA VECINAL

El evento analizado en este informe no presentó grandes precipitaciones en la zona de Licantén propiamente tal, como lo indica el análisis del evento hidrometeorológico explicado anteriormente. Habitantes de la comuna de Licantén señalaron que no llovió tanto en el pueblo, cómo sí había ocurrido en la inundación del 2008, pero el aumento del caudal del Río Mataquito comenzó a inquietar a la comunidad. La memoria histórica de eventos anteriores fue clave, pues con esa experiencia tanto las autoridades locales, como los vecinos comenzaron a monitorear la crecida del río el día viernes 23 de junio. El monitoreo de los vecinos consistía en observar los potreros que están localizados de forma paralela al río y frente a la calle principal de Licantén, la Avenida Lautaro. Según experiencias anteriores, cuándo los potreros se llenaban de agua, los vecinos que viven en zonas que han resultado antes inundadas, debían evacuar, como nos relataba una vecina:

“(...) El río avisaba, el potrero avisaba, siempre había tiempo para subir algunas cosas o sacar otras y arrancar, ahora no y nadie avisó nada (...)” (mujer, 40 años).

Este último tema que menciona la vecina, respecto a la falta de “aviso” previo se repitió en los relatos de los afectados, puesto que en ocasiones anteriores aquellos que tenían viviendas con segundo piso subían muebles y electrodomésticos o bien sacaban algunas cosas básicas en auto, para reducir las pérdidas. Aunque las autoridades locales y vecinos estaban

vigilantes del comportamiento del río, las y los habitantes relatan que no hubo claridad en la información entregada que les alertara sobre la gravedad de la situación. Si bien, los relatos indican que pasaban vehículos municipales, bomberos y carabineros con megáfonos, se hablaba de “alerta preventiva”, pero, para los habitantes este mensaje resultaba ambiguo y no comunicaba una instrucción precisa, respecto a si había que evacuar o no.

Los relatos en las horas previas a la inundación son confusos, algunos indican que el alcalde dio un aviso en una reunión abierta que se hizo en la plaza de Licantén, alrededor de la medianoche del día viernes 23 de junio, donde se comunicó la recomendación de evacuar de forma preventiva y que luego esa información se divulgó por una radio local, mientras que otros vecinos dicen que lo leyeron en Facebook e incluso en grupos de WhatsApp vecinales. Pero, los relatos coinciden en que a las 6 de la mañana del día sábado 24 de junio sonaron las sirenas de bomberos alertando a la población de la necesidad de evacuar, sin embargo, los vecinos indican que ya el agua estaba entrando a las casas. Además, las personas que viven en las afueras de Licantén urbano, declaran que no recibieron ningún tipo de aviso de evacuación, sino que evacuaron por iniciativa propia en reacción a la entrada del agua. Respecto a esta experiencia algunos vecinos nos narraron:

“(...) el mensaje se dio cuando estaba cerca, el alcalde nunca dijo que había que evacuar (...) a las 6 sonó la sirena, cuando el agua estaba en la calle. Con el aviso, de forma oportuna, la gente hubiera salvado mucho más (...)” (hombre 45+ años, chofer)

“(...) yo creo que aquí fue culpa de las autoridades, las autoridades no nos dieron tranquilidad y ahí estuvo el problema (...). Nosotros estábamos confiados en las cosas que decían las autoridades, el alcalde de aquí de Licantén, en eso nos confiamos. Ellos nos decían, nosotros les vamos a avisar oportunamente (...) Y nosotros tranquilamente confiados lo que decían las autoridades (...) por lo menos avisar por los teléfonos, como cuando uno está en la playa (...) aquí faltó prevención o sino este pueblo se hubiera salvado (...)” (Hombre, 40 años chofer y trabajador independiente)

Excede el rol de este informe analizar la gestión del municipio, pues estamos dando cuenta de cómo los habitantes de zonas de Licantén urbano y rural experimentaron el proceso previo a la inundación. Dicho esto, existe acuerdo en que no hubo información clara respecto a cuándo evacuar, y especí-

ficamente, el mensaje del Sistema de Alerta de Emergencias (SAE) nunca llegó, a pesar de que el SAE corresponde al medio oficial a través del cual el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED) debe comunicar alertas masivas. En el Gráfico 1 quedan reflejadas las respuestas de los encuestados, sólo una persona indicó no saber (opción NS/NR), aludiendo a que habita en las afueras de Licantén, en una zona rural, y en general tiene problemas de comunicación. Es necesario mencionar, que los vecinos de Licantén conocen la existencia del SAE, nos mencionaron que cuando se hicieron pruebas del sistema, los mensajes sí llegaron, así también relatan que en otros contextos han recibidos las alertas SAE, como bien indica el vecino en el último extracto: “(...) *por lo menos avisar por los teléfonos, como cuando uno está en la playa* (...)”. Por ello, aseguraron férreamente que no recibieron ninguna alerta oficial de evacuación.

En concreto, el monitoreo y la alerta fue realizada por los actores locales, donde jugaron un rol importante la organización vecinal espontánea para vigilar el río, y los medios de difusión de información informales, como grupo de WhatsApp, redes sociales de concejales (Instagram, Facebook), redes sociales de vecinos y organizaciones de la zona, así como también fue relevante el uso de la radio local y las redes sociales del municipio. Pero las decisiones de evacuación de forma temprana y medidas de protección, las tomó cada familia en virtud de su situación y los medios que disponían, puesto que indican no haber recibido una comunicación oficial de forma oportuna.

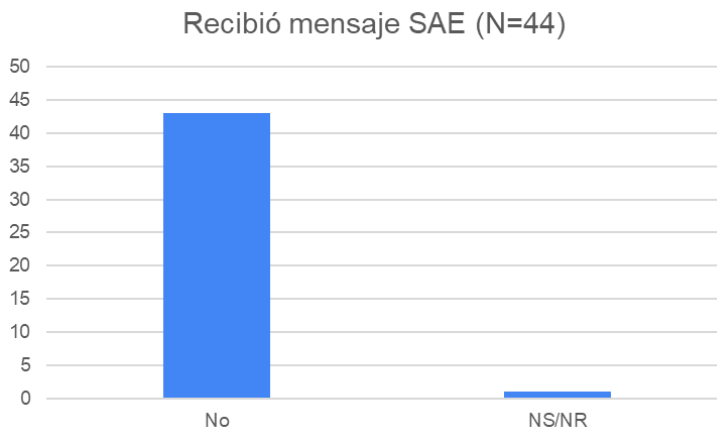


Gráfico 1. ¿Recibió mensaje SAE?

Fuente: Elaboración propia.

5. EL DESASTRE

5.1 DAÑO FÍSICO

Se identificaron zonas críticas afectadas directa e indirectamente por las crecidas del Río Maule y Río Mataquito en la Región del Maule, a través de trabajo en gabinete (información de medios y RRSS) y visitas a terreno. Asimismo, mediante el uso de la aplicación *Field Maps* de ESRI se catastró 54 puntos de afectación entre Constitución, Licantén y Hualañé.

Mataquito

En la zona del Río Mataquito se dio énfasis a sectores y localidades afectadas en las comunas de Licantén, Hualañé y Curepto. En el sector urbano de Licantén, en la ribera norte, destacan los sectores de Lautaro, centro urbano (Plaza de Armas), Villa Fresia, San Antonio y Los Robles. Mientras que, en el sector rural de la comuna, destacan las localidades de Lora, Quelmen, Idahue Chico y Placilla. Con relación a la comuna de Hualañé (ribera norte) destaca el sector de la ruta J-82 (cercano a Puente Paula), mientras que en Curepto (ribera sur) se identifican los sectores de Calpún, Docamavida y Contantue (Figura 13).

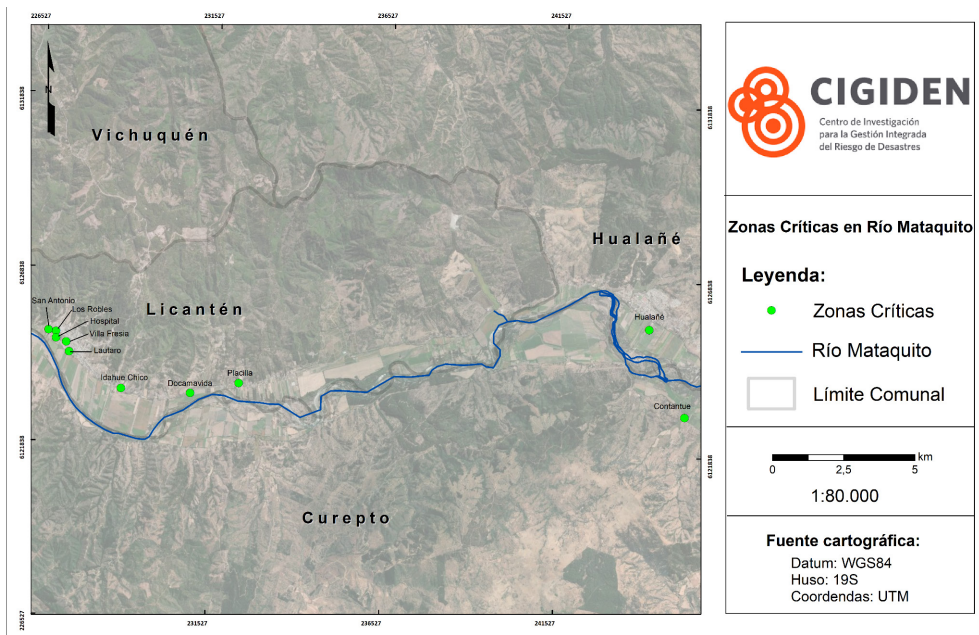


Figura 13. Áreas críticas en torno al Río Mataquito.

Fuente: Image © 2023 Planet Labs PBC

La Tabla 1 resume el tipo de afectación y daño en las áreas críticas señaladas. En general, en todos los sectores de Licantén se presentó inundación de viviendas (Figura 14), alteración de servicios básicos (agua potable y/o suministro eléctrico), infraestructura vial interrumpida y pérdidas agrícolas, a excepción de Contantue (Curepto) en donde solamente se presentaron daños agrícolas.

Área	Zona crítica	Efecto	Catastro de daños
Hualañé	Ruta J-82 (cercano a Puente Paula)	Puente cortado por crecida. Desborde del río, inundación de viviendas y pérdidas agrícolas en zonas aledañas.	Daño agrícola, 4 viviendas afectadas y 1 puente.
Licantén	Placilla	Inundación de viviendas e infraestructura, pérdidas agrícolas, interrupción de servicios básicos (agua potable y luz).	Viviendas y daño agrícola. 4 edificios de Gobierno y Administración pública (SEREMI Salud, Fiscalía, Municipalidad y oficina SENDA), 2 colegios, 3 casas comerciales, 1 hospital, 2 edificios de seguridad (Carabineros y Bomberos), 1 planta de revisión técnica, 1 celulosa, 2 puentes. De ellos, 6 edificios con servicios no operativos (SENDA, SEREMI, Municipalidad, Comisaría, Hospital y farmacia comunal).
	Sector céntrico (Avenida Lautaro, Hospital, Plaza de Armas, Plata de revisión técnica).		
	Villa Los Robles		
	Villa San Antonio		
	Planta de Arauco		
	Quelmen		
Curepto	Lora	Inundación de viviendas e infraestructura, pérdidas agrícolas*, interrupción de servicios básicos (agua potable y luz). Río desbordado en sector de Puente Lautaro	
	Calpún		
	Docamavida		
	Sector puente Lautaro K-60		
	Contantue*		

Tabla 1. Áreas críticas en torno al Río Maule.

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Afectación de viviendas en Licantén.

Fuente: Fotografías de Yvonne Merino

En la Figura 15 se realiza un acercamiento territorial a la zona estudiada en el Río Mataquito, donde se puede observar la distribución geográfica de la infraestructura dañada entre Hualañé y la desembocadura. Destaca el “clúster de daños” en la zona de Licantén Urbano.

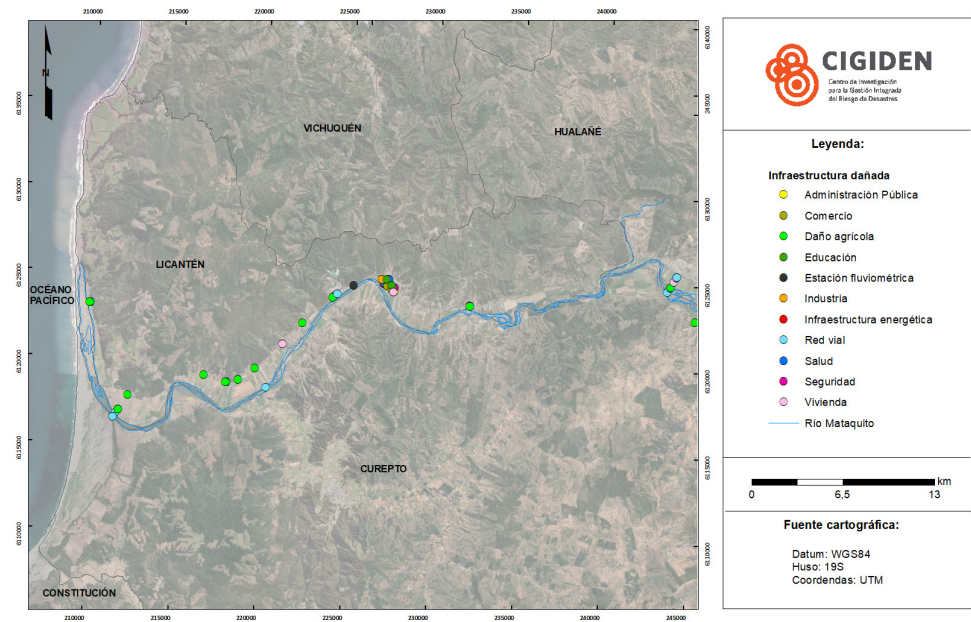


Figura 15. Catastro de daños Río Mataquito.

Fuente: Image © 2023 Planet Labs PBC

En la Figura 16 se hace un zoom al área de Licantén urbano, en la cual destaca, como se señaló anteriormente, la afectación del Hospital, el Municipio, además de edificios de seguridad como Bomberos y Carabineros (Figura 17).

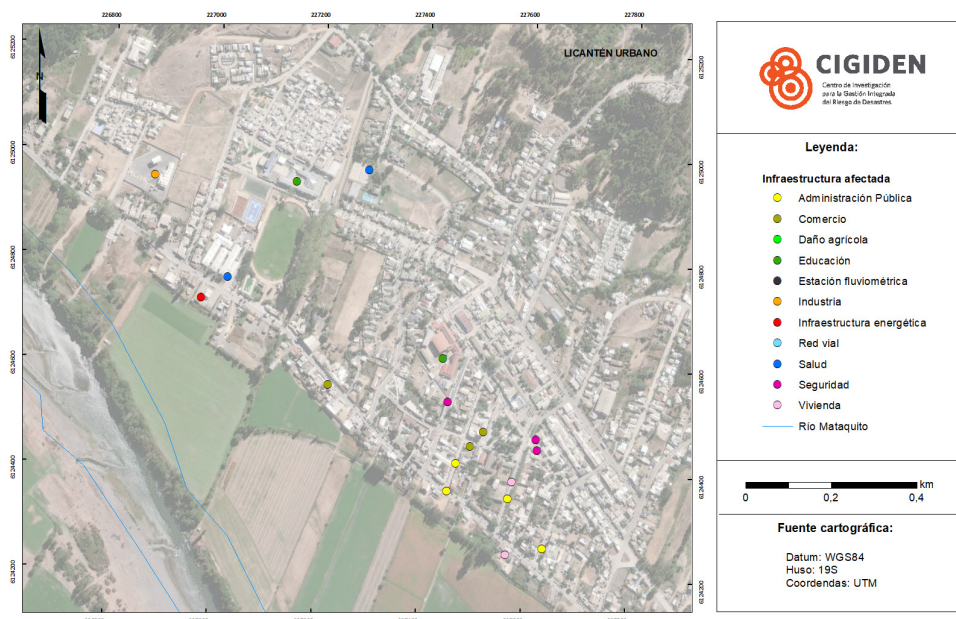


Figura 16. Ubicación infraestructura crítica dañada Licantén Urbano.

Fuente: Image © 2023 Planet Labs PBC



Figura 17. Afectación de infraestructura crítica en Licantén.

Fuente: Elaboración propia

Al usar de referencia la clasificación de la Tabla 2 sobre niveles de criticidad en la infraestructura catastrada en Licantén urbano, el 73% posee criticidad alta (Infraestructura energética, Servicios de emergencia y Servicios de Salud) y 27% posee criticidad media (Establecimientos educacionales e Industria). En la Figura 18 se observa el mapeo de infraestructura según niveles de criticidad para Licantén urbano, contabilizando 11 edificaciones con criticidad alta y 4 edificaciones con criticidad media.

Criticidad alta	Criticidad media
Infraestructura energética	
Servicios de emergencia (Bomberos y Carabineros)	Establecimientos educacionales
Servicios de Salud	
Infraestructura sanitaria	
Gobierno y Administración Pública	Industria

Tabla 2. Niveles de criticidad de infraestructura.

Fuente: Inzunza (2023, en prensa) a partir de EIRD (sf) y Fekete et al., (2017)

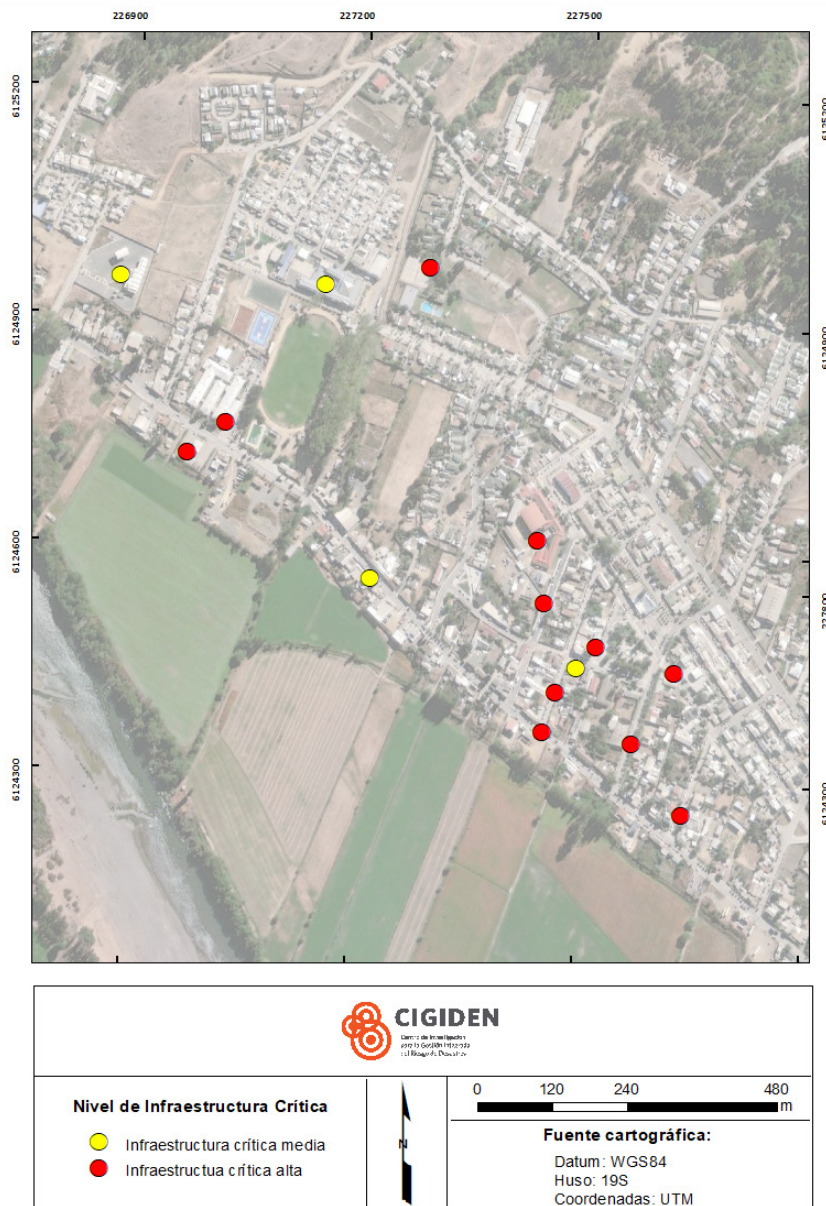


Figura 18. Nivel de infraestructura crítica presente en Licantén urbano.

Fuente: Image © 2023 Planet Labs PBC

Maule

Respecto a la zona del Río Maule, específicamente en la comuna de Constitución, se identificaron 6 áreas críticas (Figura 19). Para la zona urbana de la comuna y en la ribera sur del río, destacan los sectores de La Poza, El Dique, El Falucho y San Francisco. En la ribera norte del sector urbano destaca la localidad de Quivolgo. Por otro lado, en el sector rural de la comuna, y asentada en la ribera sur del Río Maule, destaca la localidad de Piedra del Lobo.

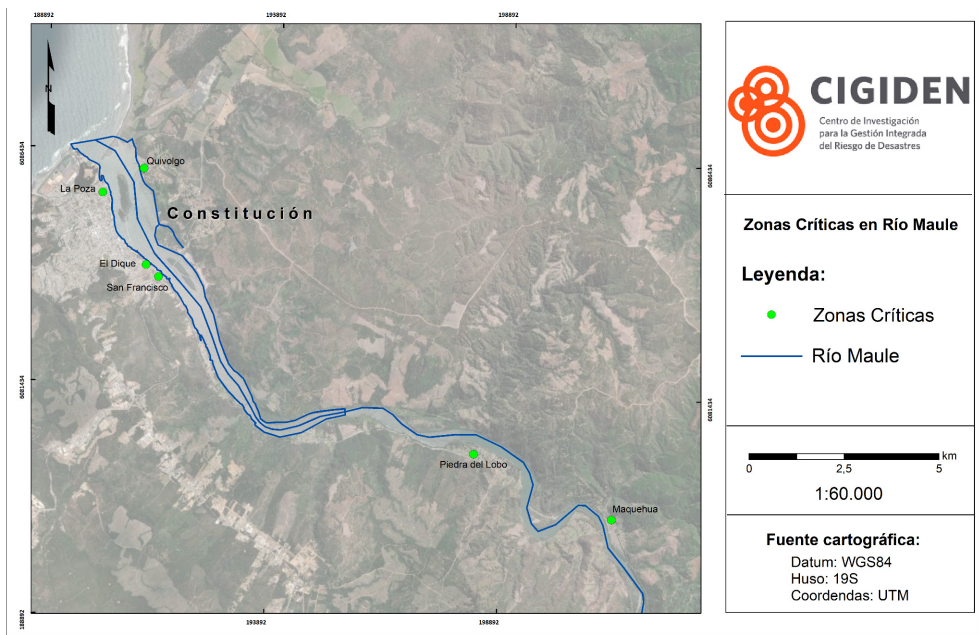


Figura 19. Zonas de afectación crítica Río Maule.
Fuente: Image © 2023 Planet Labs PBC

En la Tabla 3 se resume el tipo de afectación de las áreas anteriormente señaladas, en donde, para la mayoría de los casos, se trató de evacuación preventiva producto de las crecidas del Río Maule, tal como ocurrió en La Poza, San Francisco, Quivolgo, El Dique y Los Faluchos. Destaca el sector de Piedra del Lobo, localidad en la cual se presentó afectación de viviendas e infraestructura turística, además de alteración de servicios básicos (agua potable) (Figura 20).

Área	Zona crítica	Efecto	Catastro de daños
Constitución	Piedra del Lobo	Evacuación. Viviendas y otras infraestructuras inundadas por desborde del Río Maule. Alteración de servicios (bocatomas afectadas por turbiedad).	1 hospital evacuado, muelle dañado, 5 viviendas dañadas en Piedra del Lobo y 2 bocatomas afectadas por turbiedad.
	Población La Poza (Ribera Sur)	Evacuación	
	Población San Francisco (Ribera Sur)	Evacuación	
	Quivolgo (Ribera Norte)	Evacuación	
	El Dique (Población)	Evacuación	
	Los Faluchos	Evacuación	

Tabla 3. Áreas críticas en torno al Río Maule.

Fuente: Elaboración propia



Figura 20. Afectación de viviendas en Piedra del Lobo.

Fuente: Fotografías de Simón Inzunza

En el Río Maule, específicamente los asentamiento ubicados en la comuna de Constitución, se cartografiaron 5 puntos de afectación por las inundaciones (Figura 21). En la zona urbana se mapeó el muelle y el Hospital de Constitución (evacuado), mientras que en Piedra del Lobo, sector rural, se mapearon 2 bocatomas con funcionamiento limitado por la turbiedad del río y el sector de Barlovento, en el cual se registraron inundaciones y daños en las viviendas.

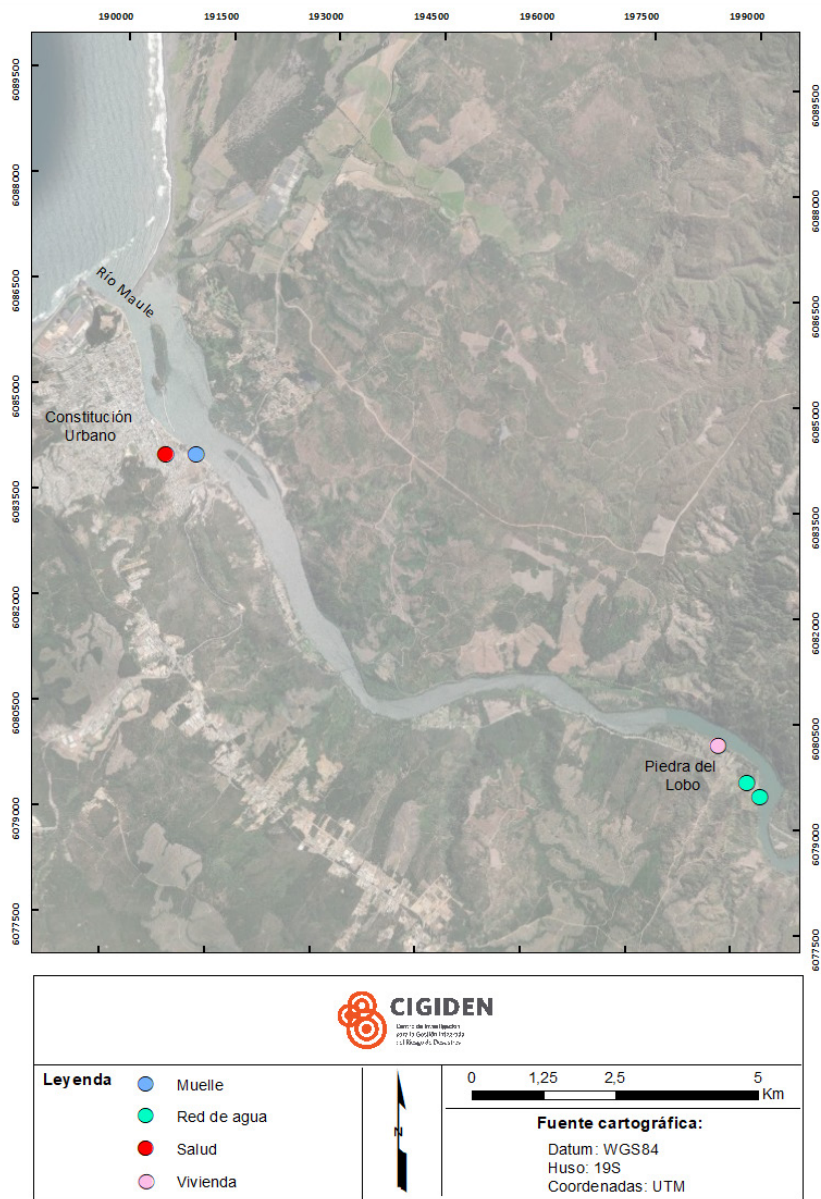


Figura 21. Nivel de infraestructura crítica presente en Constitución y Piedra del Lobo.

Fuente: Image © 2023 Planet Labs PBC

5.2 EXPERIENCIAS SOCIALES DEL DAÑO: TIPOS DE DAÑOS EXPERIMENTADOS.

En esta sección ponemos énfasis en cómo se experimentaron los daños, categorizándolos, a partir de los relatos de las experiencias de las personas, como distintos tipos de daños. Desde esta parte hasta la sección 7.1, los datos son exclusivos para el caso de Licantén.

“(...) cuando teníamos doce o trece años nosotros nos inundamos mucho, y así uno va conociendo el río. Pal 86’, fue más baja, menos que esta vez, y el 2008 fue menos que las dos veces... esta fue la más grande y que la gente misma, no tuvo información (...)” (Mujer 55 años, asesora de hogar)

“(...) A mí me llegó el agua hasta el techo... todo está por ahí, se hizo pedazo, la cocina se desarmó con el agua y ahí hemos ido botando las cosas que quedaron, se perdió todo (...) claro no tendrá muchas cositas uno, pero todo lo que tiene, un refri, una tele, ya sea hasta un llavero, lo que sea - ‘maestro’- es parte de la vida de uno (...) todo lo que está aquí es tiempo de mi vida (...) (Hombre, 40 años chofer y trabajador independiente)

La percepción individual del nivel de daño fue reportada por vecinos y vecinas de Licantén en contraste con el daño que vivieron otras personas, es por ello, que incluso en casos de pérdida total de enseres, tendían a posicionarse en un nivel medio de daño, contrastándolo con la situación de quienes perdieron la vivienda. Sin embargo, como es posible observar en el **Gráfico 2**, los datos de la encuesta aplicada indican que la mayoría de las y los participantes perciben un nivel de daño alto, pero que toma múltiples formas.

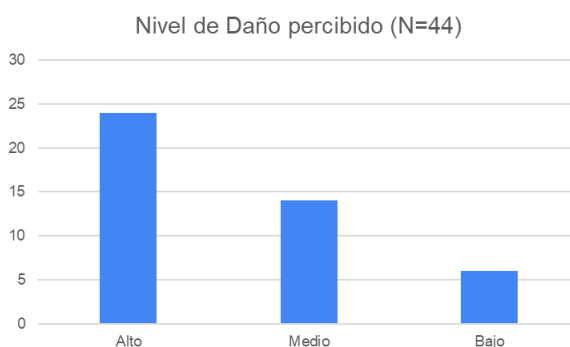


Gráfico 2. Nivel de Daño.

Fuente: Elaboración propia.

Como lo reflejan los extractos de entrevista del inicio, el daño es experimentado de forma múltiple. Si bien, en el caso de Licantén no se registraron fallecidos por efecto directo de la inundación, los relatos de los habitantes expresan que la experiencia del daño es compleja y tiene varias dimensiones, que exceden al impacto negativo que hayan podido recibir directamente en sus viviendas.

Claramente existió un daño a las viviendas como se indica en el catastro de daños de la sección anterior, donde las casas de madera fueron las más afectadas, puesto que el agua permaneció al interior desde el sábado 24 hasta el domingo 25 de junio aproximadamente, según los relatos. En las casas inundadas que no eran de madera, las personas comenzaron a limpiar el barro inmediatamente el día lunes 26 de junio - apenas bajó el agua, nos decían - con ayuda de familiares y amigos, debido a que por su experiencia con eventos anteriores sabían que si dejaban el barro muchos días “(...) *se endurece y parece cemento* (...)”. Por tanto, las personas sabían que necesitaban iniciar las labores de limpieza lo antes posible y nos indicaban que no podían esperar a que los catastraran o que les informaran cuáles serían las ayudas post inundaciones. Por esa razón, a 8 días del desastre las casas inundadas que visitamos en terreno estaban casi totalmente limpias y cada familia las estaba empezando a arreglar con sus propios medios, a excepción de las casas de madera que presentaban un grado de deterioro mayor por efecto del barro y la humedad.

En este sentido, considerando las experiencias del daño que nos relataron los afectados en las entrevistas y encuestas aplicadas en Licantén, pudimos identificar tres grandes tipos de **daño físico** experimentados desde la dimensión microsocial del hogar: a) daños a la infraestructura de la vivienda (como paredes, pisos, sistemas eléctricos etc.), b) daños a los enseres y elementos internos de la vivienda (como muebles, camas, artículos de cocina, alimentos etc.), y por último, c) daño sufrido alrededor de la vivienda (como jardines, invernaderos, huertos etc.).

Si bien, se podría considerar más sobresaliente el daño a las casas y las pérdidas de enseres, también existe **daño a sistemas de subsistencia**, tanto por la afectación directa de negocios, fuentes laborales y predios agrícolas, pero también la afectación de pequeños huertos e invernaderos, así como la pérdida de aves de corral y otros animales que utilizaban las familias para el autoconsumo. Al mismo tiempo, existe un **daño psicológico y emocional**, relacionados con la experiencia misma de la inundación y el desastre, como también con las pérdidas asociadas a vínculos socio afectivos con la materialidad (fotos, cosas con valor emocional, recuerdos vinculados a los lugares que habitaban y que perdieron o se vieron

afectados) y también a los vínculos establecidos con otras especies como animales de compañía (perros, gatos, gallinas) y plantas (huertos, invernaderos y jardines). En síntesis, los daños identificados desde la experiencia de los afectados, se pueden clasificar en tres grandes grupos que se retratan en el siguiente Diagrama 1.



Diagrama 1. Tipos de daño identificados en la experiencia de los afectados por la inundación en Licantén.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 EXPERIENCIAS SOCIALES DEL DAÑO: TEMPORALIDAD Y ESPACIALIDAD DEL DAÑO.

Para los habitantes de Licantén y sus alrededores el desastre ocurrido el 24 de junio, no se reduce al impacto inicial o inmediato de la inundación, puesto que existen otras formas de afectación que se van a ir desarrollando a posterior del evento como, por ejemplo, la pérdida de fuentes laborales. Por ello, en los relatos de las personas con las que estuvimos dialogando en terreno, hemos identificado **dos grandes dimensiones de temporalidad y espacialidad del daño**, que proponemos entender como el **daño inmediato** y el **daño colateral**. Si bien, la identificación de estos daños en virtud de tiempo y espacio, se pueden traslapar con aquellos que describimos como parte de la percepción y experiencia microsocial del daño, lo relevante de identificar las dimensiones del daño mencionadas, es que contribuyen a entender que el impacto del evento ocurre y persiste más allá del momento en que se produce el desastre y de su efecto directo. Algunos ejemplos de aquellos elementos que podemos clasificar bajo esta mirada se detallan en la siguiente **Tabla 4**.

Espacialidad y temporalidad del daño	Elementos dañados
Daño inmediato	• Casas • Muebles • Enseres diversos (cocina, baño, utensilios) • Comida • Electrodomésticos • Ropa de vestir y ropa de cama. • Medidores y conexiones eléctricas domiciliarias • Jardines y huertos de abastecimiento familiar • Animales domésticos y de compañía • Fuentes laborales: locales comerciales, negocios, puestos de venta de comida, emprendimientos diversos, predios agrícolas. • Servicios de la ciudad: dependencias municipales; hospital; carabineros; bomberos; bomba de bencina.
	• Servicio de agua potable: sistemas regulares y sistemas de agua potable rural. • Servicio de electricidad. • Servicio de alcantarillado y fosas sépticas en zonas rurales. • Servicio de internet. • Cortes de camino y acceso a la ciudad (zonas fuera del radio urbano quedaron aisladas).
	• Acceso a servicios: banco, cajeros automáticos, centros de pago de cuentas. • Acceso a controles médicos regulares. • Acceso a medicamentos (farmacia del hospital, consultorio o compra de medicamentos). • Acceso a abastecimiento de comida y agua, sobre todo de localidades fuera del radio urbano. • Acceso a ingresos regulares y dificultad de cambio de rubro.

Tabla 4. Espacialidad y temporalidad del daño.

Fuente: Elaboración propia.

Los elementos dañados que identificamos en la Tabla 4, corresponden a aquellos que las personas afectadas en la comuna de Licantén nos relataron, no es una lista exhaustiva, pero permite visualizar la multiplicidad de elementos que resultan afectados producto de la inundación.

Aquello que hemos llamado **daño inmediato**, refiere a los efectos presentes y evidentes – hasta cierto punto- producto de la inundación. A nivel temporal ocurre de forma contingente con el proceso de inundación y a nivel espacial, afecta de forma directa la realidad material en la que se desenvuelven las personas. El **daño colateral**, en cambio, se vincula con efectos desajustados del momento inmediato de la inundación, e incluso de los espacios directamente inundados. El daño colateral se desarrolla a través del tiempo a causa del evento y puede ser experimentado incluso por quienes no son considerados como “damnificados” producto de la inundación. El daño colateral, se trata de un daño que se va a “arrastrar” en el tiempo, y que se asocia con el impacto psicológico, el impacto a la salud (enfermedades varias producto de la humedad, la descomposición post inundación, etc.), pero también, se vincula con las pérdidas laborales. Estas pérdidas laborales se pueden considerar como daño colateral, porque pueden ir más allá de la pérdida del negocio o la fuente laboral que tenían las personas hasta antes de la inundación, puesto que el acceso regular a ingresos o cambiar a otro rubro para equilibrar el presupuesto familiar, depende de los procesos de recuperación de la ciudad y del ecosistema productivo, así como de la inversión agrícola o comercial. Otro elemento que también es clave dentro del daño colateral, es la pérdida de fuentes de autoabastecimiento (huertos, invernaderos, animales domésticos, etc.), que no son catastradas como pérdida “agrícola” propiamente tal o cómo daño a la vivienda o enseres. Así también existe el daño que se genera en otros aspectos de la vida como el acceso a servicios básicos, cortes de camino, acceso a salud, acceso a farmacia y acceso a abastecimiento, entre otros.

En definitiva, el daño inmediato y el colateral ejemplifican la diversidad de elementos que resultan afectados por un desastre y que necesitan ser catastrados y visibilizados, para luego ser atendidos de algún modo en los procesos de reconstrucción y recuperación.

6. ORGANIZACIÓN DE LA RESPUESTA

6.1 RESPUESTA COMUNITARIA Y LOCAL

En la organización de respuesta identificamos dos grandes momentos, un momento inicial de respuesta y evacuación con familiares, amigos y de monitoreo con vecinos, y un segundo momento de coordinación vecinal más extensa, contingente y autogestionada.

La respuesta comunitaria la clasificamos como: a) coordinaciones vecinales; b) coordinación con organizaciones

(principalmente de la sociedad civil como ONGs, fundaciones, entre otras); c) coordinación con el Estado y/o municipios; y d) otra forma de organización, como redes familiares, amigos y diferentes redes que no estén contempladas dentro de los tipos de coordinación mencionados. La respuesta comunitaria, se acopló rápidamente con la logística de la red familiar de cada hogar, posibilitando con los medios que tenían disponibles, una evacuación efectiva de las familias- en un primer momento -,brindar refugios, apoyar con el traslado de objetos de las viviendas, remover escombros, limpieza post-evento, brindar alimentación, entre otras acciones para auxiliar a los afectados. El siguiente gráfico (Gráfico 3), presenta los diferentes tipos de coordinaciones de los entrevistados frente al evento. Los resultados señalan que la principal red de coordinación fue vecinal y la menos significativa tiene relación con la coordinación del Estado y municipios. Uno de los entrevistados entrega un particular análisis de este tipo de respuestas:

“(…) yo pienso que es la gente la que más ayuda, más que las instituciones, yo creo que del 100% un 30% son instituciones, el resto es pura gente que vinieron desinteresadamente, el fin de semana para acá a ayudar, las instituciones no, es más la gente la que ayuda (…)” (hombre, 49 años trabajador independiente).



Gráfico 3. Consulta sobre la organización comunitaria de respuesta.

Fuente: Elaboración propia

Hay que considerar que la municipalidad fue afectada por las inundaciones y que los principales caminos para acceder de forma oportuna a los lugares afectados se encontraban cortados. A pesar de esto, los actores nos señalaron que esto fue más significativo después del evento, cuando se necesitaba gestionar de forma rápida la recuperación de los espacios públicos y las viviendas. Por otra parte, hubo un conjunto de personas que manifestó no haberse organizado con ninguna red de respuesta comunitaria, señalando que lidiaron con la emergencia de forma individual, es decir, que cada uno (o con su hogar) sin el apoyo de redes externas. Respecto a las “otras” redes de coordinación, se mencionan con fuerza a las redes familiares extendidas, como tíos, primos y hermanos que habitan en zonas cercanas (muchos son vecinos, por lo que resulta conveniente separarlos por su grado de parentesco). Lo mismo ocurre con las redes de amistad, que en muchos casos provienen de sectores más alejados y en otros son también vecinos, pero con un grado mayor de familiaridad.

Otro conjunto de actores que tuvo gran relevancia fueron los pescadores de las caletas cercanas (las más mencionadas fueron Duao e Iloca) que están aproximadamente a unos 40 kilómetros de distancia del Licantén, fuera de la desembocadura del Río Mataquito. Los pescadores subieron en bote, por el río y se distribuyeron por diferentes zonas. Esta logística permitió sacar gente de las casas inundadas (incluyendo al interior de la ciudad). Además, brindaron alimentación para la gente damnificada e información sobre lo que estaba ocurriendo. Sin duda, según lo que relatan los entrevistados, los pescadores fueron actores importantes de coordinación por tres razones: a) porque se desplegaron por diferentes lugares del territorio de forma muy rápida; b), llegaron a lugares que estaban inaccesibles producto del agua y, por último, c) se transformaron en una especie de símbolo de acción y solidaridad producto de lo mencionado anteriormente. Hay que considerar que los pescadores de la zona también habían vivido el tsunami del 2010, puede ser que esta experiencia les haya provisto de conocimiento importante, como para desplegar una respuesta rápida y coordinada. Por último, las personas no lograron identificar a las organizaciones sociales (como juntas de vecinos, comités, etc.) dentro de la coordinación, en algunos casos se referían a ellas de forma secundaria, es decir, después de la coordinación vecinal y de forma no muy significativa. Dentro de los registros se identifican a un club de fútbol y partidos políticos. También se pudo apreciar en el lugar, la coordinación de organizaciones de voluntariado, realizando acciones de limpieza, reparto de ayudas y rescate a animales de compañía (como Veterinarios Sin Fronteras).

El siguiente cuadro (ver Tabla 5), es un resumen de las principales acciones de cada organización según el tipo de respuesta que realizan durante o después del evento. Podemos destacar que la principal respuesta, tanto durante o después del evento, es realizada por medio de la coordinación vecinal y por otros tipos de organización, comentadas más arriba. Por otra parte, los tipos de respuesta de organizaciones del estado y municipio, llegan tarde y no cumplen un papel central para coordinar a los diferentes actores y sus principales ejes de acción. En el siguiente apartado hablaremos en específico de la respuesta de los diferentes organismos que se ven involucrados dentro de la respuesta estatal frente al evento.

Organización Comunitaria	Tipo de respuesta durante el evento	Tipos de respuesta post evento
Coordinaciones vecinales	• Apoyo para movilizar elementos de las viviendas • Cuento de personas o recuento entre conocidos • Brindar avisos de emergencia • Albergues	• Coordinar centros de acopio • Distribución de ayudas • Alimentación • Brindar albergues • Grupos de limpieza • Distribución de insumos de limpieza, alimentos, calefacción y otros objetos
Coordinación con organizaciones		• Grupos de limpieza • Distribución de ayudas • Alimentación
Coordinación con el Estado y/o municipios	• Comunicación del evento solo por vía informal o por medio de algún miembro del municipio.	• Coordinación centros de acopio • Distribución de insumos de limpieza, alimentos, calefacción y otros objetos • Recopilación de información (encuestas o fichas)
Coordinación con otras organizaciones	• Operaciones de rescate (pescadores)	• Distribución de ayudas • Alimentación • Distribución de insumos de limpieza, alimentos, calefacción y otros objetos

Tabla 5. Principales acciones de cada organización.

Fuente: Elaboración propia.

6.2 RESPUESTA INSTITUCIONAL

Dentro de la encuesta aplicada se les preguntó a las personas, que realizaran una evaluación general de las autoridades (sean gobierno nacional o local como gobernaciones y municipio), respecto al evento sufrido. Dentro de las respuestas podemos evidenciar, que un 45,5% de los encuestados evaluó de forma positiva el accionar de las autoridades. Se pueden identificar **tres tipos de evaluación positiva**: una que se asociaba a la presencia o tránsito por el sector, señalando que “si se les ha visto” (como a militares y carabineros); la segunda se asocia a la realización de algún tipo de “acción concreta” como a bomberos por apoyar tareas de limpieza; y la tercera por esperar algún tipo de auxilio de las autoridades, señalando que están esperando la ayuda, principalmente económica. Estas evaluaciones se podrían traducir en una buena evaluación general, pero discrepaban respecto al municipio y al gobierno nacional, dependiendo de su referencia a la señal de evacuación o a la respuesta post desastre. Por otro lado, el mismo porcentaje, un 45,5% de los encuestados, evaluó de forma negativa la respuesta de las autoridades. La evaluación negativa de la respuesta institucional se vincula con la frase “hemos hecho todo solos”, aludiendo por sobre todo a la percepción de una escasa presencia institucional en el proceso de alerta y evacuación. Además, se cataloga la respuesta institucional frente al evento como lenta, e ineficiente para canalizar la ayuda necesaria. Existe también un grupo muy pequeño (9%) que le asigna otro tipo de valoración al accionar de las autoridades (ver gráfico 4).

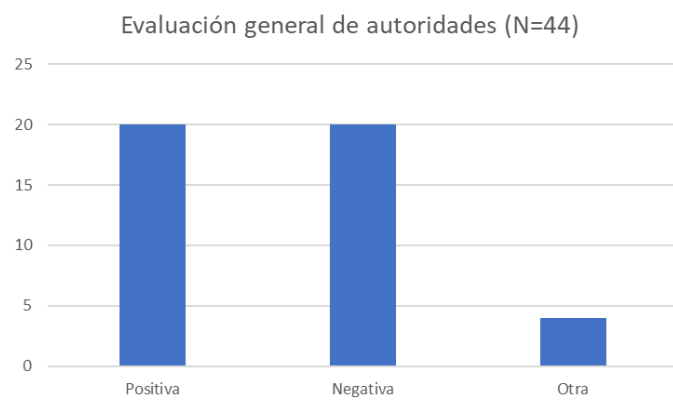


Gráfico 4. Evaluación general de autoridades.

Fuente: Elaboración propia

Para ser más precisos con la evaluación institucional de las autoridades, segmentamos la compleja red de instituciones que se despliegan sobre un evento o desastre de este tipo. De esta forma consideramos la evaluación de 8 tipos de organismos entre ellos: gobierno (nacional), SENAPRED, municipio, ejército, carabineros, bomberos y además, se incluyeron a los vecinos y organizaciones de la sociedad civil. El siguiente gráfico, da cuenta de la evaluación que realizaron las personas consultadas, respecto a la respuesta de cada organismo mencionado. La evaluación se realizó por medio de una escala que categoriza las respuestas en base a las categorías: bien, regular y mal, y la opción no sabe/no responde (ver Gráfico 5).

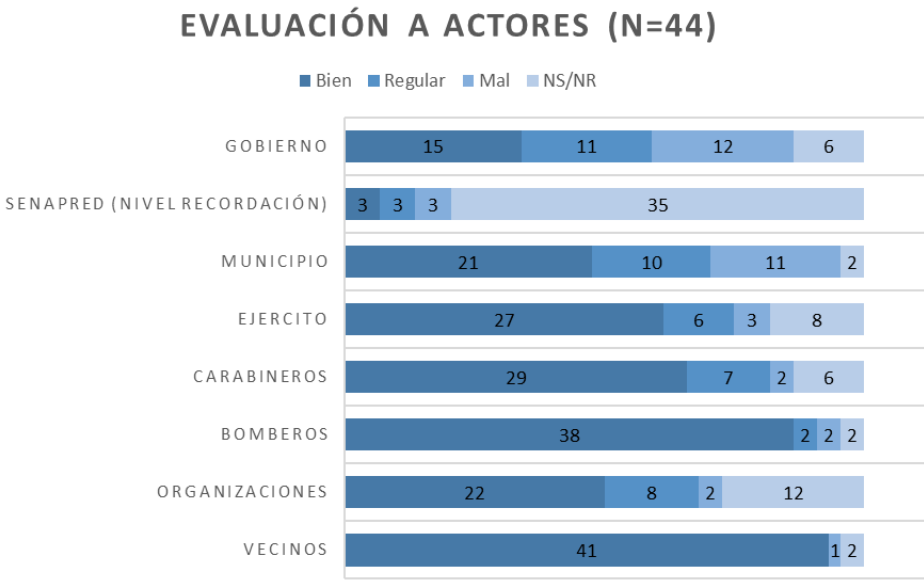


Gráfico 5. Evaluación de actores.

Fuente: Elaboración propia.

6.2 a) Evaluación al gobierno

En el gráfico se puede evidenciar que los entrevistados en su mayoría evalúan bien al gobierno, esto se debe a dos cosas, principalmente a la promesa de un bono para reconstrucción y segundo por la visita de las autoridades. Las respuestas regular y mala están orientadas principalmente por la alerta y porque la respuesta ha sido lenta antes y después de las inundaciones. Una entrevistada señala que ha sido muy burocrático el proceso de identificación del daño en las casas, además, siente que no hay claridad en cómo abordar los casos donde las personas que viven ahí fueron evacuadas a otro lugar, sobre todo en el caso

de adultos mayores o enfermos crónicos. Así también, indica que no ha existido flexibilidad en procesos como la entrega de medicamentos u otros artículos de ayuda, donde piden que vaya la persona afectada directamente a solicitarlos. En otras palabras, la burocracia se traduce en un escollo para los afectados, donde los procesos resultan ser excesivamente rígidos y centralizados, sobre todo cuando las personas no pueden moverse al centro de acopio o lugares de entrega de medicamentos, por ejemplo, porque están limpiando o cuidando sus hogares, o bien porque están refugiados en casas de familiares.

6.2 b) Evaluación a SENAPRED

Respecto de SENAPRED, la gran mayoría de las personas entrevistadas señaló desconocer la institución; un grupo la identificó con la alerta temprana y otro, preguntó si es la institución “que siempre le están cambiando el nombre”. Pero el desconocimiento de las funciones de esta institución es total, lo que resulta preocupante al tratarse de un lugar que ha sido afectado por diferentes tipos de desastres.

6.2 c) Evaluación al municipio

Respecto al municipio, es posible apreciar que en su mayoría lo evalúan bien, sobre todo por el accionar post desastre, algunos señalan que recorrieron diferentes lugares repartiendo insumos como guantes y carbón. Un entrevistado nos entrega su análisis respecto al accionar del municipio y el estado:

“(...) yo creo que ha sido buena, la municipalidad ha respondido bien. Es que el estado, voy a hacer una pequeña crítica, el estado se llena de datos no más y aquí se perdieron tantas cosas y las ayudas, al final se diluyen nomás’ (...)”
(Hombre, 67 años, pensionado y agricultor)

Esta crítica, se contrasta con las visiones que evalúan de forma negativa el accionar del municipio, señalando que “(...) la presencia ha sido poca y lenta (...)” o que “(...) la municipalidad como centro de acopio, no da, no le da logística porque resultó afectada y los funcionarios también, ahí sería necesaria ayuda de otras partes y también para hacer más ‘transparente’ la entrega de ayuda (...)”. En resumen, existe una suerte de comprensión porque la municipalidad fue muy afectada, pero a pesar de esto, las críticas van en la misma dirección que las realizadas al gobierno y la relación con los afectados. Otro punto es que las personas identifican actores concretos, como a un concejal que se desplegó de forma temprana por uno de los centros de acopio. Pero, si bien son actores municipales, estas acciones caen en la voluntad individual, más que una respuesta concreta de parte de la institución.

6.2. d) Evaluación Ejército y Carabineros

Respecto al Ejército y Carabineros, los entrevistados realizan una evaluación buena de sus funciones, al profundizar en la evaluación, señalaron que para el caso de los militares evalúan su presencia, mas no identifican que realizan una acción concreta frente al daño o las viviendas. Respecto a carabineros, los entrevistados señalan que cumplen funciones de seguridad, dirigen el tránsito en algunos lugares y hacen rondas. Estas mismas acciones fueron evaluadas de forma negativa por algunos entrevistados, aludiendo a que no era suficiente.

6.2 e) Evaluación de Bomberos

Los Bomberos fueron una de las instituciones mejor evaluadas, un entrevistado señala que los bomberos han ayudado incluso a limpiar las casas con sus mangueras. Sin duda, las capacidades de rescate y las capacidades de trasladar agua, ya sea para limpiar o para otras necesidades, fueron las acciones que mejor se evaluaron de la respuesta institucional de Bomberos.

6.2 f) Evaluación de organizaciones sociales

Así también, la respuesta de organizaciones sociales fue variada, pero en su mayoría las evaluaron bien. Es decir, casi nadie las evaluó mal y un conjunto de personas muy pequeño la evaluó como regular, por desconocimiento, poca presencia o la no identificación de un despliegue de estas organizaciones para la entrega de ayudas.

6.2 g) Evaluación vecinos/as

Por último, la gran mayoría de los entrevistados evaluó de forma positiva el accionar de parte de vecinos/as, por la inmediatez de la reacción y la solidaridad con la cual se realizaron las acciones antes, durante y después del desastre. Para cerrar este apartado, consideramos relevante el comentario de uno de los entrevistados sobre las dinámicas de solidaridad que ocurrieron entre vecinos/as del lugar afectado. La persona señala:

“(…) Si no es por los vecinos que me ayudaron a sacar algunas cosas a la calle, así es que algo alcancé a salvar... la vecina de aquí al lado me avisó, “vecino se está saliendo el río” y el río venía atrás de la casa. Atrás de la casa hay un callejón, por atrás, ese callejón venía igual que un río para abajo maestro, metiéndose entremedio de los potreros, yo arranqué para acá, en 5 en 10 min esto estaba lleno (...) yo le debo la vida a mi vecina, porque ella me llamó, ella estaba allá arriba, miraban con una linterna, de ese

balcón hacia el río... cuando empezó a tapar, empezaron a gritar... aquí nos enteramos por los vecinos que estaban monitoreando con una linterna grande, gracias a eso logramos salir (...) el primer día la vecina nos dio un platito de comida, alojamiento y ahí nos empezamos reunir entre los que estaban ahí, los que llegaron. Los que llegaron fueron los pescadores de Duao en un bote llegaron ahí, ahí llegó una lancha, al lado de los contenedores esos (...) Ellos nos trajeron agua, pancito, porque aquí no había agua, porque esta es una APR. Después llegaron los militares, pero fue una pasá' así como pa' cachar que estaba pasando y después empezó a llegar la gente, gente desconocida], el chileno es solidario (...)” (Hombre, 40 años chofer y trabajador independiente)

Las personas nos señalaban que la coordinación es una etapa de un proceso complejo, donde parte con la voluntad y la necesidad de protegerse en comunidad, pero después, cuando se evidencia la situación de vulnerabilidad y la necesidad, surge otro proceso y un retorno a la logística de la red familiar de cada hogar, la necesidad de mantener a salvo y resguardar “a los tuyos” (núcleo familiar). En ese momento es cuando las instituciones son necesarias, para resguardar y suplir las necesidades inmediatas de las personas.

7.PERSPECTIVAS SOBRE LA RECONSTRUCCIÓN Y RECUPERACIÓN

7.1 EXPECTATIVAS DE LA COMUNIDAD

La historia del país está tejida con relatos de resiliencia y superación ante los embates de la naturaleza. En este sentido, la dimensión prospectiva, las visiones respecto al futuro, pueden proveer de importantes claves para comprender las prioridades y expectativas sociales de reconstrucción y mitigación. Hemos explorado las expectativas de reconstrucción de las personas afectadas en Licantén, es decir, la temporalidad en la que se proyectó la recuperación, como se visualiza el resultado de este proceso, y también, cómo se proyectan medidas de mitigación en términos de intervenciones prioritarias.

La información del gráfico 6 y 7 reporta las expectativas de reconstrucción. De los y las encuestadas en Licantén un 73% cree que la reconstrucción será lenta y un 20% considera que será rápida. Al mismo tiempo un 50% de los encuestados consideran que “quedará igual”, un 36,4% cree que “quedará mejor” y solo un 6,8% que “quedará peor”. En el gráfico 8 se explora el vínculo entre la temporalidad y expectativa de reconstrucción, es posible observar que la mayoría de los y

las encuestadas consideran que la reconstrucción será lenta, también creen que “quedará igual”, seguido por “mejor”. En la misma línea, quienes creen que la reconstrucción será rápida consideran que “quedará mejor” o “quedará igual”. En síntesis, hay opiniones divididas en cuanto a la rapidez de la reconstrucción, pero se espera que el proceso sea “aprovechado” para mejorar aspectos de la ciudad que faltaban, en cuanto a equipamiento y localización de servicios, por ejemplo.

Temporalidad de la reconstrucción (N = 44)

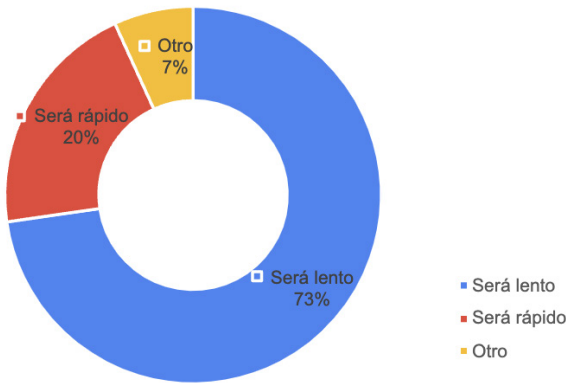


Gráfico 6. Temporalidad de la reconstrucción.

Fuente: Elaboración propia.

Expectativa respecto a la reconstrucción (N = 44)

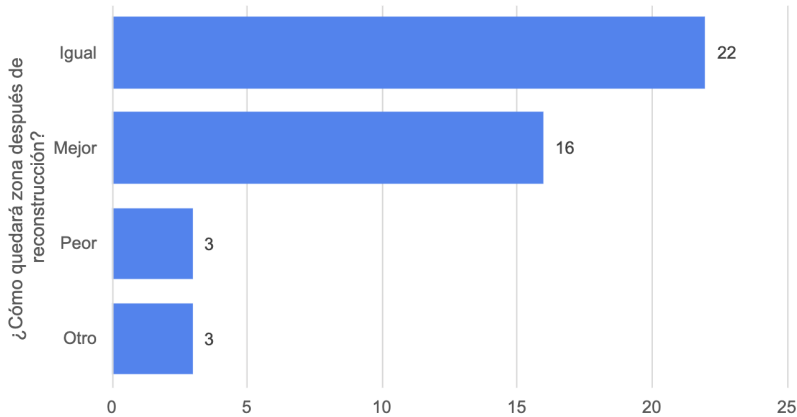


Gráfico 7. Expectativa respecto a la reconstrucción.

Fuente: Elaboración propia.

Temporalidad y expectativa (N- 44)

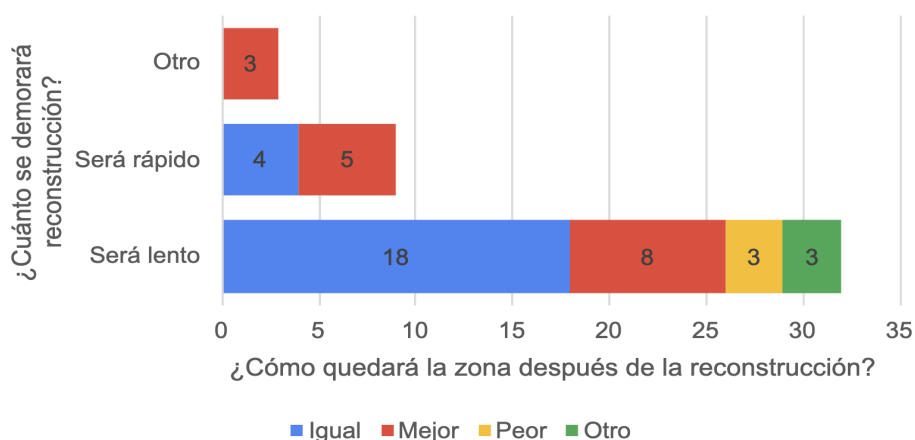


Gráfico 8. Expectativa respecto a la reconstrucción.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la proyección de medidas de mitigación, en la Tabla 6 se expone material descriptivo de las múltiples alternativas que fueron proyectadas por los y las encuestadas. Para presentar la información, estas han sido clasificadas en tres grandes áreas: Planificación e inteligencia territorial, Infraestructura y Sin medida.

Respecto a la primera área destaca la necesidad de construir un sistema de monitoreo del río, alerta temprana y comunicación de emergencia, también, volver a planificar la localización de construcciones y servicios públicos de manera que no se vean afectadas por inundaciones. Además, destaca la necesidad de realizar estudios sobre el funcionamiento del sistema de “descarga” del río en el mar. En el área infraestructura, destaca la construcción de defensas fluviales y/o muros de contención en las zonas aledañas al río, también, la necesidad de construir segundos pisos o casas en altura de manera que sea posible resguardarse. Finalmente, la categoría “sin medida” representa la posición de aquellas personas que indican que la localización del poblado hace que sea dificultosa cualquier tipo de medida mitigadora. Cabe mencionar, que en el caso de quienes habitan el área rural de Licantén, proponen principalmente intervenciones a nivel domiciliario: como elevar las viviendas y reubicarlas dentro de sus propios terrenos, por ejemplo. Pero, en el caso de quienes habitan Licantén urbano, se hace referencia principalmente a soluciones “socio-técnicas” como canalización del río, mejorar las alertas tempranas, y construcción de defensas para contener crecidas del río.

Área	Medida	Frecuencia
Planificación e inteligencia territorial	Desarrollar un sistema de monitoreo del río, alerta temprana y comunicación de emergencia	11
	Cambiar la localización de las construcciones y servicios públicos a zonas altas de la localidad	6
	Estudios técnicos sobre el funcionamiento del sistema socio ecológico Río y Mar	4
	Cuidado y conservación ambiental	3
	Generar diseños de evaluaciones	1
	Revisar los instrumentos de planificación territorial	1
Infraestructura	Defensas fluviales y/ muros de contención	13
	Levantar las casas y construir segundos pisos con apoyo público	6
	Embalses de bajada	2
Sin medida	No hay nada que hacer debido a la localización del pueblo	5

Nota: El total de frecuencia suma 52 propuestas debido a que algunas personas propusieron varias alternativas.

Tabla 6. Medidas de mitigación.

Fuente: Elaboración propia.

7. 2 REQUERIMIENTOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS DESDE TESTIMONIOS LOCALES.

En la zona del Río Mataquito, los entrevistados en la comuna de Licantén señalaron la necesidad de educar a toda la población sobre las amenazas naturales existentes en la zona, pero en específico a las nuevas generaciones, quienes no tendrán el conocimiento histórico sobre eventos ya ocurridos. Asimismo, actores de institucionales locales de Licantén destacaron la importancia de las zonificaciones de amenazas, además de contar con acceso directo a la información sobre el estado de los caudales y de los parámetros o umbrales de caudal del Río Mataquito, con el fin de tomar decisiones con mayor precisión y conocimiento, por ejemplo, para aspectos como la evacuación. Este último punto lo destacan, ya que las autoridades comunales y regionales entrevistadas, subrayaron la complejidad de conseguir información en tiempo real, lo que perjudica y ralentiza la toma de decisiones.

Cabe agregar que, en la zona del Río Maule, desde el municipio de Constitución se reconoce la importancia de asesorías para eventos hidrometeorológicos, información batimétrica, pH, turbidez, manejo de la barra y dinámicas del Río Maule, estudios de evacuación con accesibilidad universal, además de asesoría por problemáticas en extracción de áridos sobre la geomorfología de los cauces. Por otro lado, los boteros, señalan el interés de saber con anticipación el riesgo de crecidas y desbordes para mantener a salvo sus herramientas de trabajo. Por su parte, la comunidad demanda charlas educativas sobre gestión de riesgo y de emergencia, mientras que actores de Servicios de Salud indican la importancia de contar con la zonificación de amenazas naturales, para, por ejemplo, identificar zonas seguras para hospital de campaña.

8. RECOMENDACIONES Y APRENDIZAJES PARA LA RECONSTRUCCIÓN Y LA RECUPERACION.

A partir de las características del evento, la ocurrencia histórica de situaciones similares en el país, y la experiencia internacional, se proponen las siguientes recomendaciones a tener en cuenta en un futuro proceso de reconstrucción y recuperación, así como en la gestión del riesgo de desastre por inundación en esta y otras localidades del país:

8.1 IMPLEMENTAR SISTEMAS DE MONITOREO Y ALERTA TEMPRANA EN CUENCAS DE CORDILLERA A MAR.

- Se requiere urgentemente una capacidad de monitoreo meteorológico en línea y continuo sobre los 1.000 m.s.n.m. de elevación. A pesar de que las estaciones sobre esta cota proveen información de alta relevancia en el contexto de lluvias intensas con isoterma cero elevada, son muy escasas en el país.
- Implementar sistemas de alerta temprana de crecidas (pronóstico hidrológico) en función tanto de pronósticos meteorológicos, como de información de precipitaciones y caudales que se vaya recopilando durante los eventos. Los tiempos de respuesta de los cauces si bien son cortos, permiten poder alertar a la población horas antes de que los efectos de la crecida se manifiesten localmente.

- Implementar sistemas de monitoreo y anticipación del funcionamiento de las desembocaduras, para prevenir efectos sinérgicos entre episodios de cierre de la barra de desembocadura e inundaciones, que se pueden combinar con otros escenarios de peligro tales como eventos extremos (marejadas extremas, tormentas costeras, tsunamis, u otros).

8.2 MEDIDAS PARA DESARROLLAR FORMAS DE HABITAR QUE CONSIDEREN Y DIALOGUEN CON LAS AMENAZAS DEL ENTORNO.

- Se hace clave la delimitación probabilística de las zonas de amenaza por inundación (y otros peligros), lo que permitiría tomar decisiones referida a la ubicación de actividades, infraestructura y personas según el nivel de riesgo que se quiera asumir (por ejemplo, definir como zona de prohibición toda zona que pueda inundarse cada 10 años o menos en promedio, y como zona de restricción aquellas que se inunda una vez cada 100 años o menos, donde no debiese haber infraestructura crítica ni viviendas). Para la delimitación de estas zonas no solo debiese usarse criterios y modelamientos hidrológico/hidráulicos, sino también información geomorfológica/geológica, la cual permitiría identificar áreas que alguna vez se han inundado, sin necesariamente estimar con precisión el caudal que ocurrió y su periodo de retorno o frecuencia.
- Se deben establecer umbrales de caudal para la generación de los protocolos de emergencia y evacuación. Los protocolos de evacuación deben contar con criterios de accesibilidad universal y asegurar la vigilancia y seguridad de las viviendas, con fuerzas policiales o militares, para la tranquilidad de vecinos evacuados.
- Se requiere fortalecer la implementación de medidas no-estructurales en la gestión del riesgo de desastres, en conjunto con las medidas estructurales más tradicionales. Estas medidas no-estructurales refieren, por ejemplo, a acciones de gestión desde el ordenamiento y planificación territorial, y también al trabajo con las comunidades en relación a la información sobre el funcionamiento de medidas de mitigación que puedan ser implementadas; formas de acción frente a un evento; también respecto a los cuidados del lecho de los ríos; y preservación de la memoria histórica, en los periodos en que no se produzcan estos eventos.

- En cuanto al cuidado del río y su entorno, es necesario desarrollar planes de recuperación de ecosistemas degradados por causas antrópicas, por ejemplo, pérdida de masa dunar y de humedales costeros; alteración de cauces y quebradas locales; contaminación; etc. Esto es importante puesto que los ecosistemas degradados no pueden realizar funciones de mitigación ante eventos extremos y servir de áreas de provisión de agua, recursos u otros durante la etapa de emergencia y reconstrucción. También se hace necesario regular o fiscalizar la extracción de áridos en cauces, estuario y playa.
- Considerar y actualizar periódicamente escenarios futuros de inundaciones bajo el contexto de crisis climática en la medida que se van desarrollando metodologías con este propósito.

8.3 FORTALECER LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO Y DE AMENAZAS.

- A nivel de planificación territorial, se sugiere incorporar áreas de riesgo en los Instrumentos de Planificación Territorial, especialmente en el Plan Regulador Comunal (PRC). Estos instrumentos pueden optimizar el desarrollo de la forma urbana en áreas expuestas a amenazas, especialmente en lo que respecta a la vulnerabilidad, contribuyendo en última instancia a mitigar o aumentar el riesgo de desastres de origen natural. Al planificar los usos de suelo permitidos y prohibidos, estos instrumentos pueden prevenir la instalación de infraestructuras críticas en áreas expuestas a amenazas naturales, y definir regulaciones urbanas más restrictivas para evitar la consolidación de centros o nodos altamente centralizados en áreas propensas a riesgos. Así también, es importante articular la zona costera con la zonificación del plan regulador, para hacer coherente las zonificaciones costeras con los instrumentos de planificación territorial.
- Los instrumentos de planificación urbana y territorial son relevantes en cuanto a la definición y/o proyección de vías de evacuación, puesto que estos instrumentos también se hacen cargo de la estructuración de vías para las nuevas urbanizaciones y para la ciudad consolidada, al proponer ensanches y aperturas viales e infraestructuras de conectividad que mejoren la accesibilidad entre barrios y localidades urbanas. A su vez, tienen la facultad de crear áreas protegidas y abrir espacios públicos para

formar un sistema de áreas verdes, en zonas seguras y conectadas con rutas de evacuación. Un sistema de espacios públicos abiertos de diversas escalas y funciones, definidos por instrumentos de planificación, juega un papel fundamental en la evacuación, como refugios temporales y como zonas de amortiguamiento del peligro.

- Considerando las oportunidades que ofrece la Ley 21.364 que establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SINAPRED), se hace fundamental avanzar en la publicación del Reglamento para la Elaboración de los Mapas de Riesgo y los Mapas de Amenaza. Estos mapas son claves para fortalecer el diálogo entre la gestión del riesgo de desastres y la planificación territorial, tal y como lo especifica la Ley 21364 en el Artículo N°35: *“Los Mapas de Amenaza deberán ser incorporados a los Planes para la Gestión del Riesgo de Desastres a nivel regional, provincial y comunal, según corresponda. El Mapa de Amenaza respectivo será utilizado para la elaboración de los instrumentos de planificación territorial, además de la Planificación del Borde Costero, el Ordenamiento Territorial y el Manejo Integrado de Cuencas. El reglamento regulará el procedimiento de elaboración de los Mapas de Amenaza.”*
- Se recomienda el desarrollo de un visor territorial con información sobre zonificación de inundaciones, áreas de evacuación y zonas seguras, que podría estar alojado en alguna repartición del gobierno local, ya sea a nivel de Gobierno Regional o Municipio (SECPLA u otra oficina afín). El objetivo de este visor es facilitar el acceso a información, y en caso de emergencias, actualizar los datos sobre el comportamiento del fenómeno y los efectos que pueda ir generando, como cortes de camino o de puentes, zonas de desbordes y zonas de anegamiento, de tal modo que contribuya a la toma de decisiones de los actores locales ante una emergencia, sea esta de pequeña o gran envergadura. En esta línea, es relevante que la comunidad tenga acceso al visor territorial, o al menos los actores claves como las juntas de vecinos y otro tipo de organizaciones territoriales y que tengan la capacidad de comprender e interpretar los datos que se publiquen, con el fin de mantener la comunicación y coordinación frente a situaciones de riesgo y puedan conocer a qué zonas seguras se podría evacuar.

8.4 PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA CRÍTICA RESILIENTES.

- Se recomienda actualizar las metodologías de evaluación social de proyectos de infraestructura, en particular aquellos relacionados con infraestructura pública crítica, para ponderar de mejor forma los beneficios (o control de pérdidas potenciales) que permitan potenciar decididamente los procesos de control/reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático que requiere el país.
- Es necesario revisar la ubicación de infraestructura crítica en las zonas afectadas y/o analizar (en casos como Lican-tén) la relocalización de infraestructura como Bomberos, Comisaría de Carabineros, Hospital y Municipalidad.
- En específico, respecto a la red de salud, se recomienda que todos los establecimientos de atención de urgencia cuenten con sistemas de comunicación en emergencia, de manera que sea posible conocer el estado de la red en todo momento. El acceso continuo a la información sobre el estado de la red permite coordinar de manera eficiente los procesos de derivación de pacientes cuando se presentan afectaciones a la funcionalidad de alguno de los establecimientos. En esta línea, es crítico identificar interrupciones en la malla vial y mantener informados a los establecimientos de salud, con el fin de que puedan determinar cambios en los flujos de derivación de pacientes dentro de la red de establecimientos, en contraste con los protocolos de derivación definidos para una condición de operación basal, o sin evento extremo.
- En cuanto al desempeño de la red de atención en salud, durante y posterior a un desastre, es necesario incluir en los estudios de riesgo o planes de emergencia, un análisis de posibles incrementos en la demanda de atención en salud, y la caracterización de las patologías más esperadas para cada tipo de evento. La identificación de posibles incrementos en atenciones de pacientes contribuye a la planificación de los espacios de expansión de los establecimientos para condiciones extremas de demanda. Además, la caracterización de posibles patologías permite identificar recursos críticos ante los efectos del evento en la salud pública, y de esta manera definir estrategias para dirigir los flujos de pacientes a los establecimientos que cuenten con los respectivos recursos dentro de su cartera de servicios.

8.5 LOS PROCESOS DE RECONSTRUCCIÓN Y RECUPERACIÓN DEBEN SER COMUNICADOS Y SOCIALIZADOS CON LOS HABITANTES DE LAS ZONAS AFECTADAS Y CONSIDERAR APOYO PSICOLÓGICO.

- En el reporte de expectativas de reconstrucción por parte de los afectados en Licantén, fue posible evidenciar que existe desconocimiento de los procesos de reconstrucción y recuperación, los vecinos desconocían qué se hará para atender los diferentes tipos de daño sufridos por las familias y qué es lo que se hará a nivel de la ciudad y restablecimiento de servicios. También se desconocen los plazos en los que se gestionarán las ayudas y las obras de reconstrucción y recuperación. Es clave que, dentro de todo lo vivido, las y los afectados por un desastre conozcan cuáles son los planes de acción que se seguirán y se divulguen por medios locales y reuniones informativas, tanto lo que se hará como los avances a lo largo del proceso.
- Así mismo, dentro del proceso de recuperación, es necesario considerar un plan de apoyo psicológico que entregue herramientas para que las personas puedan lidiar con las consecuencias post desastre, y de este modo, hacerse cargo del daño psicológico-emocional que identificamos en la sección 5.2 de este informe.

8.6 CONSIDERAR CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE UN EVENTO DE INUNDACIÓN EN LOS PROCESOS DE RESPUESTA A LA EMERGENCIA.

- Los procesos de respuesta a la emergencia que se vinculan con la aplicación de la Ficha Básica de Emergencia, la entrega de insumos de apoyo a los damnificados, y la aplicación de la Encuesta de Daños a Viviendas del MINVU, deberían ser activados con rapidez a posterior de una inundación. Considerando la experiencia de los afectados en el evento de junio en Licantén, a posterior de una inundación el barro que entra a las casas (“petro”), se endurece rápidamente una vez que baja el nivel del agua, por esa razón las personas necesitan iniciar inmediatamente labores de limpieza, retiro de escombros y enseres en mal estado, para evitar que la humedad y la pudrición avance. Esto significa que no pueden esperar semanas para la evaluación de daños, y en este sentido, se recomienda agilizar los procesos de levantamiento de información y avanzar hacia un solo instrumento que

pueda proveer la información necesaria para desplegar las medidas de ayuda a las personas y recuperación de viviendas y que pueda, idealmente, ser aplicado por duplas técnico-sociales de una vez, disminuyendo la sobre intervención y confusión de los afectados.

- Así también, es clave generar protocolos de acción donde los gobiernos regionales activen la cooperación con profesionales capacitados para aplicar estos catastros de evaluación post desastre cuando la infraestructura municipal y sus funcionarios resulten ampliamente afectados por un evento, como fue el caso de Licantén. La agilidad en la respuesta es especialmente crítica en un contexto de inundación, pero creemos que el mejoramiento de los instrumentos y procesos de evaluación de daños es necesario para todo tipo de desastre.

8.7 PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN LOS COGRID PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.

- El conocimiento local y las experiencias de desastres anteriores necesitan ser considerados y canalizados para mejorar la capacidad de prevención, alerta temprana y de respuesta ante futuros eventos hidrometeorológicos. En este sentido, es urgente el funcionamiento regular de los comités de gestión del riesgo de desastre (COGRID) indicados en la Ley 21364, especialmente los comités comunales, para desarrollar un trabajo en fase de mitigación y preparación. Los COGRID COMUNALES deberían integrar de forma permanente a representantes de la sociedad civil y organizaciones de la comunidad, como lo hemos recomendado en documentos anteriores (Miranda et al, 2021). Por otro lado, deberían ser activados los COGRID en los demás niveles político-administrativos (provincia-región), y fortalecer el trabajo y comunicación con los municipios.

8.8 MEJORAR PROCESOS DE COMUNICACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN FRENTE A PROCESOS DE ALERTA Y RESPUESTA A EMERGENCIAS.

- Es clave que la población esté informada sobre cómo actuar ante la activación de cualquier tipo de amenaza. es necesario que se comuniquen, especialmente a nivel local, los protocolos y vías de evacuación para diferentes tipos de amenazas, que se conozcan los niveles de advertencias y alarma considerados por la autoridad y los medios a través del cual serán comunicados. Así también,

es clave generar procesos de difusión de información sobre los procesos de respuesta a emergencias por parte de la institucionalidad: ¿qué sucede después de un desastre? ¿qué actores registran información de daños? ¿cómo se registra? ¿a dónde me dirijo si no me han catastrado? ¿cuántos catastros hay? Tomando la experiencia de las personas afectadas de Licantén en junio, no había claridad respecto a los catastros que les debían aplicar y quiénes son los actores que deben hacer ese registro.

- La difusión de información sobre los procesos de alerta y respuesta pueden colaborar a una mayor receptividad por parte de la población ante las instrucciones que emita la autoridad cuando se activa una amenaza, especialmente, en relación a las órdenes de evacuación. Por ello se recomienda trabajar con la comunidad los protocolos de respuesta y evacuación, en relación al uso y activación del mensaje sae y también, en relación a la propia lectura de las condiciones contextuales que las personas puedan hacer. Este reforzamiento debe basarse en campañas de educación de la población y en el desarrollo periódico de simulacros de evacuación coordinados por SENAPRED y las autoridades comunales respectivas.
- A nivel institucional en la fase de respuesta, se recomienda reforzar la coordinación y entrega de información entre los distintos niveles de acción y decisión considerando el nivel comunal, provincial, regional, hasta el nacional. Para esto es fundamental la coordinación entre los CO-GRID en los diferentes niveles político-administrativos y el apoyo a quiénes ejercen el rol de encargados/as de emergencia municipal.
- Para mejorar la capacidad de respuesta futura, se sugiere que, a posterior de un evento, se realicen estudios sobre la experiencia de las personas al recibir y manejar el mensaje SAE. En el evento de junio la alerta no fue recibida por los habitantes de Licantén, pero sí en la comuna de Constitución, por ejemplo. por ello es necesario evaluar el funcionamiento de las alertas sae, así como la recepción de la comunidad (si son ignoradas o compartidas, qué acciones se emprenden cuando se reciben, etc.). Indagar estos aspectos puede mejorar su efectividad. Así también, se sugiere identificar a los actores locales clave que en el evento de junio actuaron como emisores no oficiales de información, pero que, sin embargo, de manera eficiente y autogestionada, lograron informar de “boca a boca” sobre las condiciones del río.

8.9 EDUCACIÓN PARA PREVENIR DESASTRES FUTUROS.

- Es necesario desarrollar e implementar un plan educativo dirigido a la comunidad para aumentar la preparación comunitaria, considerando los distintos grupos etarios presentes y población no familiarizada con eventos pasados (Ej.: migrantes). Es fundamental instalar comunicacionalmente conductas enfocadas en la preparación y prevención, considerando que el evento puede volver a ocurrir. Lo anterior debe estar acompañado de un reforzamiento de la memoria histórica y conocimiento local, por ejemplo, estableciendo hitos físicos con los límites de inundaciones anteriores. Esto puede ser trabajado en sesiones participativas, a través de técnicas basadas en representación de escenarios, experiencias y cartografías participativas (Ej.: Disaster Imagination Games).
- A nivel de la comunidad escolar, se podría trabajar en charlas educativas, además de actualizar el Plan Integral de Seguridad Escolar (PISE) en establecimientos educacionales.

REFERENCIAS

- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27.
- Miranda, D.; Campos, K.; Juzam, L.; Tironi, M.; Valdivieso, S.; Carraro, V.; Palma, K. (2021) *Gestión del Riesgo de Desastres desde una Perspectiva de Género Interseccional*. Serie Policy Papers CIGIDEN.
- Tarpanelli, A., Mondini, A. & Camici, S. (2022). Effectiveness of Sentinel-1 and Sentinel-2 for flood detection assessment in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(8), 2473-2489.

ADDENDUM

INFORME POST DESASTRE

EVENTO:

Comparación Eventos Hidrometeorológicos de Junio y Agosto 2023, Cuenca Río Mataquito

© CIGIDEN, agosto 2023.

AUTORES

Jorge Gironás L., Eduardo Viollier C., Rodrigo Cienfuegos C., Benedikt Hora, CIGIDEN & Pontificia Universidad Católica de Chile. Con el apoyo de Juan Andrés Silva de la Fundación Refugia (imágenes dron), Lester Caravaca, y la Agencia Aeroespacial Alemana (DLR).

EDICIÓN

Leila Juzam Pucheu (leila.juzam@cigiden.cl), CIGIDEN
Katherine Campos Knothe (kvcampos@uc.cl), CIGIDEN

DISEÑO

Sebastián Saldaña Aguilera (hola@sebastiansaldana.cl)
Diego Salinas Flores, CIGIDEN

FOTO PORTADA

Diego Salinas Flores, CIGIDEN

ADDENDUM
INFORME POST DESASTRE

EVENTO

**Comparación Eventos
Hidrometeorológicos de Junio
y Agosto 2023, Cuenca Río
Mataquito**

DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS DE JUNIO Y AGOSTO DEL 2023, CUENCA DEL RÍO MATAQUITO

Al momento de finalizar el Informe Post desastre del evento de junio 2023 sobre el Río Maule y el Río Mataquito, estaba ocurriendo una nueva inundación en la zona. Considerando los hechos acontecidos, esta nota técnica tiene por objetivo actualizar el análisis preliminar de los eventos de precipitación ocurridos entre el 21 y el 26 de junio y realizar un análisis comparativo con el evento ocurrido entre el 18 y el 23 de agosto 2023, en torno a la cuenca del Río Mataquito, en específico. Todas las fuentes de información empleadas en este documento para describir el evento son públicas y corresponden a registros reportados por distintos pluviógrafos operados por Direcciones estatales. Este análisis se complementa con un levantamiento en terreno de la inundación de junio, y estimaciones usando imágenes satelitales provistas por la Agencia Aeroespacial Alemana (DLR por sus siglas en inglés).

La información que presentamos a continuación complementa y actualiza la *Sección 3. Descripción y análisis del evento hidrometeorológico* del Informe Post Desastre del Evento de Junio 2023 (Cigiden, 2023).

I. CARACTERIZACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

La Figura 1 presenta un resumen de las variables meteorológicas claves involucradas en ambos eventos de precipitación. Los caudales registrados en tres estaciones ubicadas en distintos puntos de la cuenca se representan en los gráficos de barra en la parte inferior de la figura. Un aspecto a destacar es que las tres estaciones fluviométricas parecieran no funcionar correctamente, o de plano dejan de hacerlo en cierto momento, lo que imposibilita medir íntegramente la crecida en cada sección de medición. Debido a esta limitación, no es posible confirmar con certeza los flujos máximos registrados. Para poder tener una mejor estimación, se puede recurrir a métodos indirectos como por ejemplo una revisión de alturas de aguas alcanzadas en terreno, o la construcción de un modelo hidrológico/ hidráulico que permita recrear lo sucedido.

En el evento de junio, los caudales máximos medidos en la estación Teno después de Junta con Claro y Lontué en Yacal hasta que dejaron de registrar son cercanos a los 1,000 metros cúbicos por segundo (m^3/s) y 2,000 m^3/s , respectivamente. Por otra parte, el caudal máximo registrado en la estación

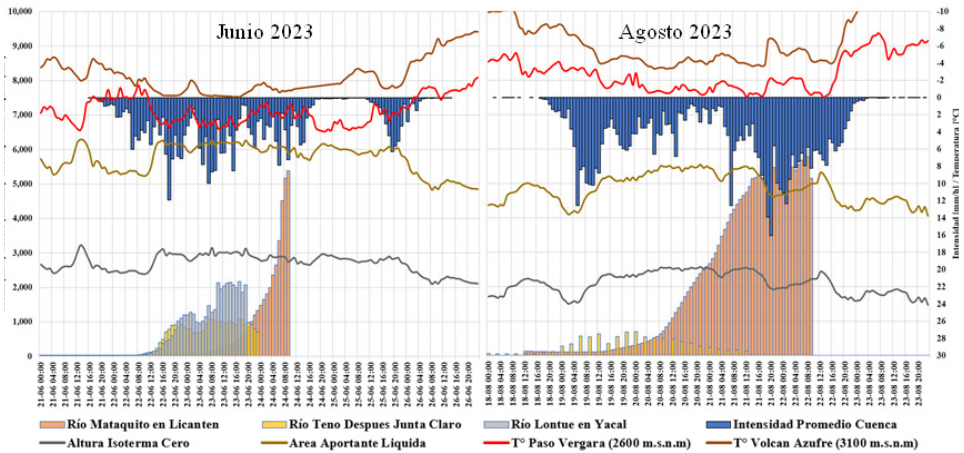


Figura 1. Comportamiento temporal de las variables hidro-meteorológicas de los eventos, incluyendo los hidrogramas medidos en distintas estaciones (barras en la parte inferior de la figura), la elevación de la isoterma cero, el área aportante con precipitación líquida, el hietograma de intensidad de precipitación promedio en la cuenca (barras en la parte superior de la figura), y las temperaturas registradas en estaciones ubicadas a más de 2600 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración Propia en base a información pública.

Licantén en Mataquito previo a su falla fue de 5,300 m³/s. Para el evento de agosto las estaciones Teno después de Junta con Claro y Lontué en Yacal no registran el evento de forma adecuada (las magnitudes reportadas no se condicen con las condiciones reportadas), mientras que la estación Licantén en Mataquito registra previo a su falla 5,800 m³/s.

Al compararse estos caudales máximos registrados con estimaciones de caudales máximos para distintos periodos de retorno reportados por diferentes estudios (Tabla 1), se concluye que los periodos de retorno de los caudales máximos en ambos eventos superan con creces los 50 años, y probablemente también los 100 años. Adicionalmente, es interesante notar la diferencia en la rama ascendente de los hidrogramas en Licantén para ambos eventos. El crecimiento es mucho más abrupto para el evento de junio comparado con lo observado para agosto, lo que reflejaría diferencias importantes en la cobertura espacial de las precipitaciones en ambas tormentas. El crecimiento más gradual del hidrograma en agosto denotaría una contribución de escorrentía proveniente de toda la cuenca, incluida la parte baja de ésta, lo que significa aportes que prontamente se observan en la estación de registro. Por otra parte, el crecimiento más repentino en junio refleja la llegada de un gran volumen de agua desde las zonas más elevadas y lejanas hacia aguas arriba, con aportes tempranos

muy menores desde áreas más bajas, donde las precipitaciones no fueron significativas. Estas diferencias espaciales de la precipitación se discuten luego en más detalle. Finalmente, es relevante destacar, específicamente a partir del evento de junio, cierto desfase temporal en la ocurrencia de los caudales máximos en las distintas estaciones. En particular, se observa un tránsito de aproximadamente 8 horas del caudal máximo desde las estaciones en los ríos Teno y Lontué, hasta la estación de en Licantén. **Estos desfases temporales entre estaciones pueden ser usados para emitir alertas y anticipar con algunas horas lo que podría ocurrir en las localidades aguas abajo, a partir de mediciones directas.**

La Figura 1 presenta también un hietograma⁶ representativo de la intensidad de precipitaciones recibida por la totalidad de la cuenca (i.e. gráfico de barras ubicado en la parte superior de la Figura 1). Este corresponde al resultado obtenido luego de ponderar cada registro de las estaciones pluviográficas disponibles en la cuenca por el área de influencia de ellas. Para el evento de junio, se aprecia una precipitación continua por casi tres días y medio, desde las 16:00 horas del 21 de junio hasta las 20:00 horas del 24 de junio. Luego se produce un segundo sub-evento más corto, por lo que al concluir el día 26 de junio a las 23:00 horas, **la acumulación de precipitación promedio en la cuenca es significativa y alcanza más de 320 mm.** La intensidad horaria máxima promedio en la cuenca durante el evento fue de 12 milímetros por hora (mm/h). A las fuertes precipitaciones del evento de junio se agrega como condición agravante las altas temperaturas concurrentes.

[6] Representación gráfica con la evolución en el tiempo de la magnitud o intensidad de la precipitación

[7] Ingeniería Cuatro Ltda. 2006. Informe Hidráulico e Hidrológico y Mecánico Fluvial Actualizado. Puente Mataquito (Ruta Costera). MOP-DOH.

[8] Cruz, C. 2008. Análisis crecida río Mataquito y tributarios, 22 y 23 de mayo de 2008. Informe Técnico DGA Región del Maule, Junio 2008.

[9] Amaro y Jara Ingenieros Ltda. 2010. Ampliación Red Fluviométrica Cuenca Hidrográfica Río Mataquito. Informe Final. DGA, División de Estudios y Planificación

[10] Prisma Ingeniería. 2003. Plan Maestro de Manejo de Cauces Cuenca Río Mataquito. MOP-DOH VII Región

Período de Retorno (años)	Ingeniería Cuatro Ltda. (2006) ⁷	Cruz (2008) ⁸	Amaro y Jara Ingenieros Ltda. (2010) ⁹	Prisma Ingeniería Ltda. (2003) ¹⁰	IHS Ingenieros Civiles Ltda. (2003) ¹¹
100	7,600	5,787	6,023	4,514	4,553
50	6,400	5,095	5,302	3,983	4,016
25	5,400	4,213	4,554	3,449	3,475
10	3,900	3,457	3,566	2,729	2,748
5	2,800	2,713	2,838	2,159	2,169

Tabla 1. Caudales máximos instantáneos de distinto periodo de retorno (m3/s), estación Río Mataquito en Licantén, según otros estudios.

Fuente: *Elaboración propia*

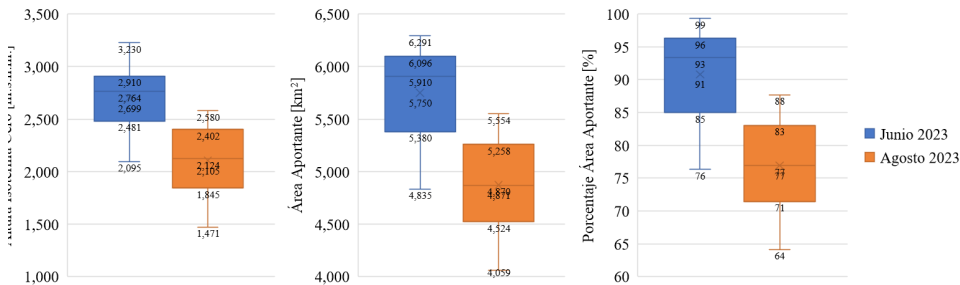


Figura 2. Diagramas de cajas describiendo la variabilidad de la isoterma cero durante los eventos de junio y agosto, y cómo esto afecta el área que recibe precipitación líquida sobre la cuenca. Los extremos de los "bigotes" representan el valor máximo y mínimo durante la tormenta, los extremos de la caja corresponden al percentil 75 (parte superior de la caja) y al percentil 25 (parte inferior de la caja), la línea dentro de la caja representa la mediana (percentil 50), y la "X" muestra el valor promedio.

Fuente: Elaboración Propia.

[11] Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2013). "Estudios de Riesgos Naturales". Plan Regulador Intercomunal de Curicó y Costa de Mataquito (PRI) (Etapa de Formulación).

La altura sobre el nivel del mar a la cual se encontraba la isoterma cero también es visualizada en la Figura 1. Durante la mayor parte del evento, esta isoterma se mantuvo alrededor de los 2,750 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), **altura bajo la cual se encuentra el 93% de la cuenca**. Luego, se infiere que prácticamente la totalidad de esta contribuyó con aportes líquidos durante gran parte del evento.

En cuanto al **hietograma de precipitación del evento de agosto** (Figura 1), se destaca una precipitación ininterrumpida durante 4,5 días, con intensidades máximas de 16 mm/h en promedio en toda la cuenca. **La acumulación promedio de precipitación en la cuenca supera los 520 mm, i.e. un 63% más de precipitación en comparación con el evento de junio**. Sin embargo, la isoterma cero durante el evento de agosto se ubica en torno a los 2,120 m.s.n.m (i.e. 600 – 700 m más baja que lo observado en junio). Este hecho es significativo, ya que implica que, **en comparación con el evento de junio, aproximadamente 550 km2 de la cuenca no reciben precipitación líquida (16% menos), área que, por tanto, no contribuye con escorrentía directa**. La Figura 2 proporciona una representación gráfica de la ubicación de la isoterma cero durante los eventos, así como las implicancias en lo referido a las áreas aportantes con escorrentía. Los gráficos mostrados corresponden a tres diagramas de caja, que sintetizan información a lo largo de toda la tormenta.

El primer gráfico muestra la elevación de la isoterma cero para cada evento. El segundo gráfico se enfoca en el área que aportó precipitación líquida en cada caso. Por último, el tercer

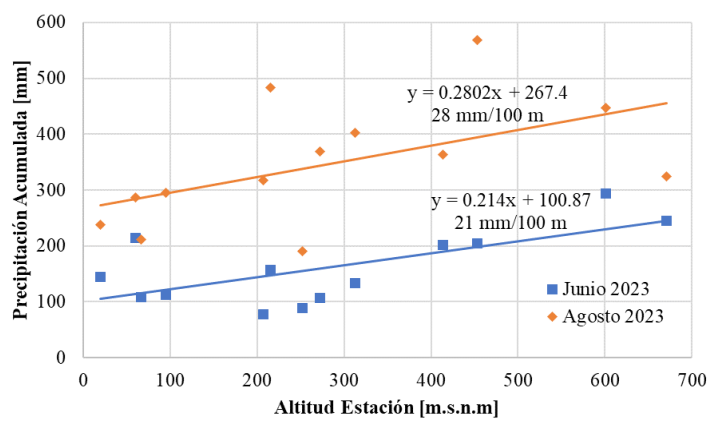


Figura 3. Relación entre altitud y precipitación acumulada obtenida a partir de distintas estaciones pluviográficas.

Fuente: Elaboración Propia en base a información pública.

gráfico ilustra el porcentaje del área de la cuenca que recibe precipitación líquida en cada evento. Esta representación visual proporciona información clara sobre cómo la variación en la posición de la isoterma cero, afecta la extensión del área que contribuye al evento de precipitación. **En el caso de los eventos estudiados, la tormenta de agosto tiene una magnitud significativamente mayor, pero una ubicación de la isoterma cero notoriamente más baja, ubicándose en promedio, 600 a 700 m más abajo.**

Para estimar la cantidad de precipitación que realmente cayó en forma líquida y que estaba disponible para escurrir en cada evento, se ponderó para cada hora, la lluvia caída con la posición de la isoterma cero. Este cálculo revela que, para el evento de junio, la precipitación líquida acumulada durante todo el evento fue de 288 mm, mientras que, para el evento de agosto, esta cifra asciende a 332 mm. **Esto implica una diferencia del 15% en la precipitación líquida acumulada entre ambos eventos, bastante menor comparada con la diferencia del 63% en la precipitación total mencionada anteriormente.** Por lo tanto, las diferencias importantes tanto en magnitud de aguas caída como en ubicación de la isoterma cero se tienden a compensar, por lo que los caudales y las inundaciones producidas son similares para ambos eventos.

Ahora bien, un análisis más detallado del rol de la precipitación en las crecidas debe considerar un estudio espacialmente distribuido de esta variable, algo que parcialmente se ha podido realizar con la información existente. Un primer análisis con los registros disponibles a elevaciones bajas dentro de la cuenca (< 700 m), muestra un gradiente positivo

[12] DOH (2002). PM-15: Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Curicó, Sarmiento y Romeral. Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Obras Hidráulicas, Chile.

[13] Pizarro, R., Aravena, D., Macaya, K., Abarza, A., Cornejo, M., Labra, M., Pavez, M., Arellando, L. (2007). Curvas intensidad - duración - frecuencia para la zona centro sur de Chile. Talca, Chile: PHI-UNESCO: Universidad de Talca.

de precipitaciones con la altura (Figura 3). La precipitación acumulada aumenta en promedio 21 mm por cada 100 metros de aumento en la altitud para el evento del mes de junio, y 28 mm por cada 100 metros para el mes de agosto.

Los gradientes de precipitación positivos son esperables, por lo que también se analizó si hay una mayor excepcionalidad de la precipitación en elevaciones más alta. Para esto, se compara la magnitud máxima acumulada según duraciones dentro de la tormenta (i.e. magnitud de la hora más lluviosa, de las dos horas más lluviosas, etc.), con las magnitudes acumuladas asociadas a distintas recurrencias o periodos de retorno según las curvas Precipitación-Duración-Frecuencia (PDF) históricas. Esta comparación se realiza tanto con la curva PDF propuesta por el Plan Maestro (PM) de la DOH (2002)¹² para la ciudad de Curicó (Figura 4a), como con las curvas PDF propuestas por Pizarro et al. (2007)¹³ para las estaciones Curicó (207 m.s.n.m), Potrero Grande (453 m.s.n.m) y Los Queñes (671 m.s.n.m), presentadas en las Figuras 4b, 4c y 4d respectivamente. Se puede notar que ambas estimaciones de las curvas PDF para Curicó difieren, siendo mayores las estimaciones en el Plan Maestro de las magnitudes para mismas duraciones y periodo de retorno (Figura 4a vs Figura 4b). Más allá de estas diferencias, ambas fuentes muestran que

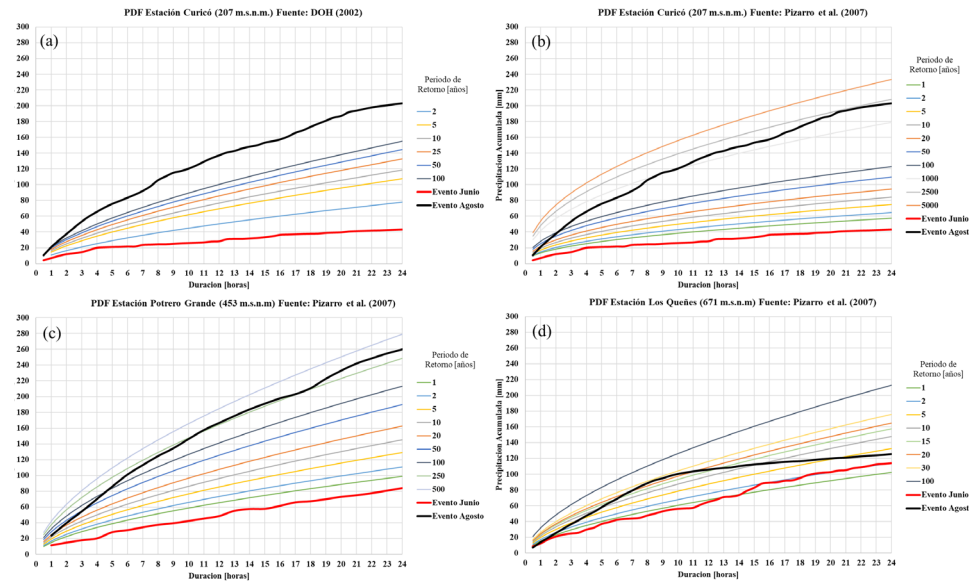


Figura 4. Comparación de la curva de precipitaciones acumuladas para distintas duraciones de los eventos y las curvas PDF históricas en tres estaciones pluviográficas.

Fuente: Elaboración Propia.

los periodos de retorno para las distintas duraciones durante el evento de junio son significativamente menor comparado con los que se tienen para el evento de agosto.

En junio, se observa que tanto para las estaciones Curicó y Potrero Grande, no se alcanza a superar el umbral de un año de período de retorno para ninguna de las duraciones dentro de la tormenta. Es decir, las magnitudes registradas en estas estaciones distan de ser magnitudes infrecuentes o extremas. En contraste, en la estación de mayor altitud, Los Queñes, la curva de magnitudes acumuladas del evento se acerca a la curva correspondiente a un año de período de retorno a medida que aumenta la duración. De hecho, para duraciones sobre 14 h se alcanza el umbral de dos años de período de retorno. Desgraciadamente no se cuenta con registros históricos extensos en estaciones a mayor altitud para proseguir con este análisis, pero si se extrapolaran los resultados obtenidos, la hipótesis es que, a mayores elevaciones, las precipitaciones caídas sí superarían en mayor medida los umbrales históricos. En otras palabras, las magnitudes de agua caída fueron bastante típicas en las zonas bajas, pero no así en las zonas elevadas, donde las precipitaciones fueron más intensas. Este particular comportamiento espacial del evento, junto con la elevada isoterma cero concurrente, detonaron las grandes crecidas observadas en la región del Maule.

Por otro lado, en el caso del evento de agosto, se observa un patrón muy distinto al de junio. Las precipitaciones en general son significativamente mayores, registrándose grandes precipitaciones en las estaciones bajas, con magnitudes aún más extremas e infrecuentes que las registradas en las estaciones altas. Por ejemplo, La Figura 4a muestra como para el caso de Curicó el evento de agosto superó los 100 años de período de retorno para duraciones de 2 o más horas. Más aún, según la curva PDF propuesta por Pizarro et al. (2007) y para duraciones mayores, podría haberse llegado a precipitaciones con periodos de retorno superiores a los 1,000 años. El mismo patrón se observa en la estación Potrero Grande, donde para duraciones de 4-5 horas se superan los 100 años de período de retorno. Finalmente, en el caso de la estación Los Queñes, para duraciones más cortas entre cero y 9 horas, se alcanzan periodos de retorno de hasta 30 años. Luego, para duraciones mayores, los periodos de retorno comienzan a ser menores, siendo estos de 2 a 5 años para una duración de 24 horas. Este patrón refleja que, a altitudes por debajo de los 600 metros sobre el nivel del mar, el evento de precipitación fue extremadamente poco común. Esto explica por qué ciudades como Curicó, que no habían experimentado inundaciones pluviales importantes en junio, si lo hicieron en agosto.

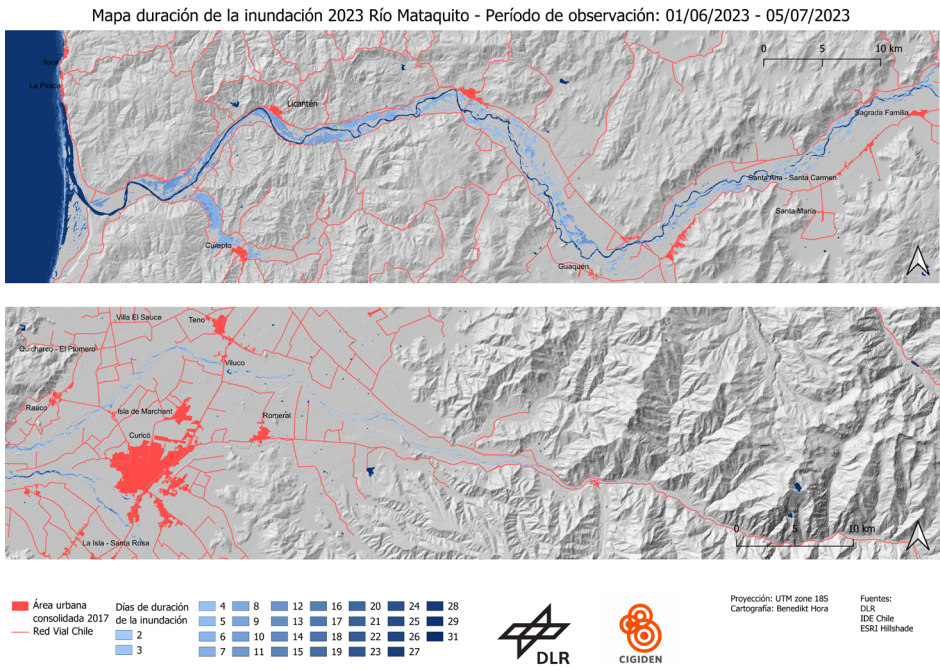


Figura 5. Estimación de “días de inundación” de cada pixel de las imágenes satelitales SENTINEL provistas por la Agencia Aeroespacial Alemana (DLR). Panel superior: parte baja de la cuenca del río Mataquito. Panel inferior: Sector de Curicó, cerca de la confluencia entre los ríos Teno y Lontué.

Fuente: Elaboración Propia.

II. LEVANTAMIENTO DE LA INUNDACIÓN

Entre los días 3 y 5 de julio de 2023, se hizo un levantamiento rápido de las marcas de agua dejadas por la inundación en la zona de Licantén para registrar el nivel máximo alcanzado. Este levantamiento fue complementado por vuelos dron que permitieron confeccionar imágenes orto-fotogramétricas de alta resolución en tres sectores específicos (estación de la Dirección General de Aguas, el hospital y centro de Licantén), y la estimación satelital de la de inundación provista por la Agencia Aeroespacial Alemana (DLR).

En la Figura 5 se presentan los resultados de la estimación de “días de duración de la inundación” provistas por el DLR para el tramo de interés del río Mataquito. Mediante un análisis de registros satelitales SENTINEL, se realiza la estimación para cada pixel de la imagen, obteniéndose en colores más oscuros aquellos que se mantienen inundados durante más tiempo. Se observa entonces el cauce normal

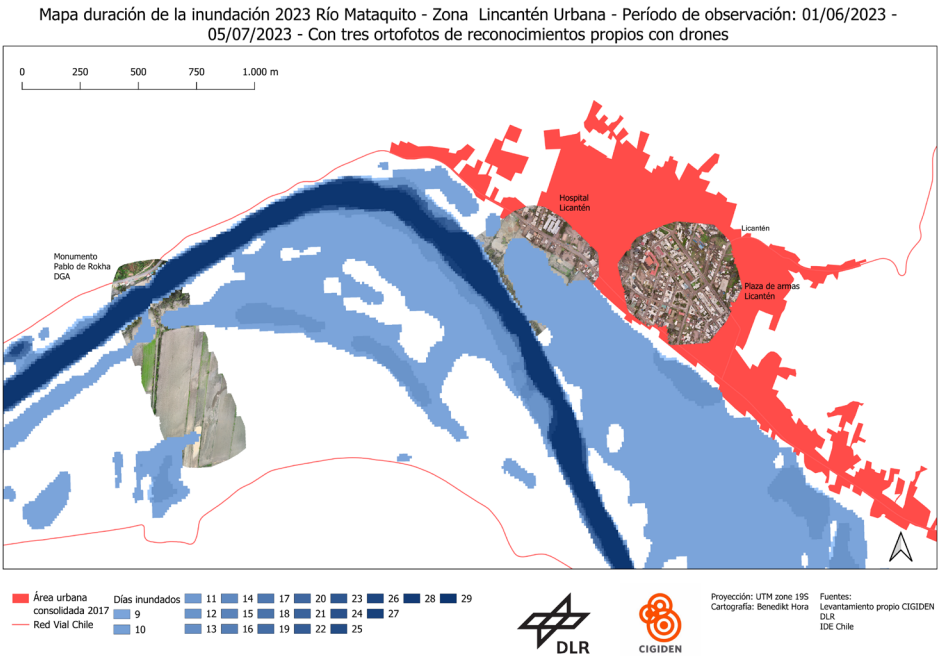


Figura 6. Estimación de “días de inundación” de cada pixel de las imágenes satelitales SENTINEL provistas por la Agencia Aeroespacial Alemana (DLR) para el sector de Lincantén. Se superponen las imágenes de orto-fotogrametría de la estación de la Dirección General de Aguas (DGA), el hospital, y el centro de la ciudad.

Fuente: Elaboración Propia.

del río Mataquito en color azul oscuro, mientras que las áreas inundadas están en azules más claros.

Para el sector de Lincantén, realizamos un levantamiento de campo utilizando distanciómetro láser, GPS diferencial y vuelos de dron. En la Figura 6 se muestran los sectores donde se realizaron los vuelos dron (que coinciden con los levantamientos GPS para estimar las cotas de inundación), superpuestos a la estimación de la inundación por satélite del DLR. En la parte baja de la cuenca, el río ocupó prácticamente la totalidad de su planicie de inundación, y en la ciudad de Lincantén, las mediciones GPS realizadas indican que el agua subió hasta una cota aproximada de 10.3 m.s.n.m., inundando totalmente la plaza de armas de la ciudad.

En la Figura 7 se presenta la restitución orto-fotogramétrica del centro de Lincantén, donde es posible apreciar aún las marcas de barro dejadas por la inundación. De acuerdo a relatos recogidos en terreno, las aguas comenzaron a inundar la ciudad alrededor de las 6 horas AM del día sábado 24 de



Figura 7. Restitución orto-fotogramétrica del centro de la ciudad de Licantén.

Fuente: Elaboración Propia.

junio, y que se mantuvo en niveles altos durante al menos un día. Las profundidades de inundación fueron variables en las zonas urbanas, pero alcanzaron a cubrir completamente los primeros pisos de algunas casas.

III. SÍNTESIS COMPARATIVA EVENTOS DE PRECIPITACIÓN DE JUNIO Y AGOSTO 2023-RÍO MATAQUITO

El análisis preliminar del evento de precipitación de junio del 2023 proporciona una visión general de lo ocurrido en la cuenca del Río Mataquito. El evento se caracterizó por tener una duración significativa, con casi 85 horas ininte-

rrumpidas de agua caída, acumulándose 320 mm en total en promedio para toda la cuenca. La intensidad de lluvia creció con la altitud, de modo tal que, a mayores elevaciones, no solo aumenta la magnitud de agua caída, sino también la excepcionalidad de dicha magnitud. Por otra parte, en la zona baja de la cuenca las precipitaciones acumuladas de lluvia se mantuvieron dentro de umbrales normales para esta época del año. En palabras simples, la intensidad de lluvia creció con la altitud por lo que se alcanzó mayores cantidades de lluvia acumulada a mayor altura, mientras que en la parte baja de la cuenca las precipitaciones acumuladas de lluvia estuvieron dentro de rangos normales, – lo que se condice con los testimonios de habitantes de Licantén quienes indicaban que no había llovido “tanto” en contraste con la experiencia de inundaciones anteriores. Durante una porción significativa del evento de junio, y particularmente en los momentos de mayor intensidad, la isoterma cero se localizó a los 2,750 m.s.n.m. de altitud, por lo que prácticamente la totalidad de la cuenca recibió precipitación líquida, observándose una acumulación total de precipitación líquida promedio de 288 mm.

En el caso del evento de agosto, éste tuvo una duración de 110 horas, acumulándose un total de 520 mm en promedio para toda la cuenca. La isoterma cero se ubicó la mayor parte del tiempo bajo los 2,120 m.s.n.m. provocando que el total de agua líquida caída durante el evento fuera de 332 mm, un 15% más que en el evento de junio. En este evento la precipitación registrada en la parte baja de cuenca es de magnitudes extremas, teniéndose periodos de retorno en Curicó superiores a los 100 años de periodo de retorno para todas las duraciones. De hecho, de acuerdo a algunas estimaciones de las curvas IDF para el lugar, se podría haber alcanzado más de 1000 años de periodo de retorno para la duración de 20 horas.

Desde el punto de vista de los caudales, estos fueron elevados, pero desgraciadamente no se puede caracterizar en detalle los valores máximos en distintas ubicaciones debido a la interrupción de los registros durante el evento. Tomando en cuenta la bibliografía existente y la información disponible, se concluye que los periodos de retorno de los caudales máximos de ambos eventos en la estación del Río Mataquito en Licantén superaron los 100 años. Lo anterior implica que, si se seleccionara el caudal máximo observado en el Río Mataquito cada año, en promedio cada 100 años o más se observaría un valor anual igual o superior a los caudales máximo observadas durante los dos eventos del 2023.

El análisis de imágenes satelitales entrega una visión general de la inundación registrada en el primer evento, comprobándose que, en las zonas bajas de la cuenca, el río

Mataquito ocupó su planicie de inundación casi totalmente. La inundación alcanzó entonces amplios valles agrícolas y zonas urbanas que fueron muy afectadas por el agua y el barro. En Licantén, la plaza de armas fue completamente inundada, con cotas mayores a los 10 m.s.n.m. y profundidades de inundación variables en las zonas urbanas, pero que en algunos sectores cubrieron completamente los primeros pisos de las casas.

IV. PERSPECTIVAS PARA LA RECONSTRUCCIÓN Y RECUPERACIÓN

A continuación, recogemos recomendaciones y aprendizajes que presentamos en el Informe Post Desastre de los eventos de inundación de junio 2023 del Río Maule y Río Mataquito (Cigiden, 2023). Si bien esta nota técnica es un addendum al informe original, pues incluye un análisis comparativo de los eventos hidrometeorológicos de Junio y Agosto 2023, focalizado en el Río Mataquito, consideramos que las recomendaciones son aplicables para ambos eventos de inundación y también para la gestión del riesgo de desastre por inundación en esta y otras localidades del país. Además, estas recomendaciones incluyen una mirada desde diferentes disciplinas y perspectivas incluidas en el informe original, y que son necesarias de considerar para la reducción del riesgo de desastres.

1. Implementar sistemas de monitoreo y alerta temprana en cuencas de cordillera a mar.

- Se requiere urgentemente una capacidad de monitoreo meteorológico en línea y continuo sobre los 1.000 m.s.n.m. de elevación. A pesar de que las estaciones sobre esta cota proveen información de alta relevancia en el contexto de lluvias intensas con isoterma cero elevada, son muy escasas en el país.
- Implementar sistemas de alerta temprana de crecidas (pronóstico hidrológico) en función tanto de pronósticos meteorológicos, como de información de precipitaciones y caudales que se vaya recopilando durante los eventos. Los tiempos de respuesta de los cauces si bien son cortos, permiten poder alertar a la población horas antes de que los efectos de la crecida se manifiesten localmente.

- Implementar sistemas de monitoreo y anticipación del funcionamiento de las desembocaduras, para prevenir efectos sinérgicos entre episodios de cierre de la barra de desembocadura e inundaciones, que se pueden combinar con otros escenarios de peligro tales como eventos extremos (marejadas extremas, tormentas costeras, tsunamis, u otros).

2. Medidas para desarrollar formas de habitar que consideren y dialoguen con las amenazas del entorno.

- Se hace clave la delimitación probabilística de las zonas de amenaza por inundación (y otros peligros), lo que permitiría tomar decisiones referidas a la ubicación de actividades, infraestructura y personas según el nivel de riesgo que se quiera asumir (por ejemplo, definir como zona de prohibición toda zona que pueda inundarse cada 10 años o menos en promedio, y como zona de restricción aquellas que se inunda una vez cada 100 años o menos, donde no debiese haber infraestructura crítica ni viviendas). Para la delimitación de estas zonas no solo debiese usarse criterios y modelamientos hidrológico/hidráulicos, sino también información geomorfológica/geológica, la cual permitiría identificar áreas que alguna vez se han inundado, sin necesariamente estimar con precisión el caudal que ocurrió y su período de retorno o frecuencia.
- Se deben establecer umbrales de caudal para la generación de los protocolos de emergencia y evacuación. Los protocolos de evacuación deben contar con criterios de accesibilidad universal y asegurar la vigilancia y seguridad de las viviendas, con fuerzas policiales o militares, para la tranquilidad de vecinos evacuados.
- Se requiere fortalecer la implementación de medidas no-estructurales en la gestión del riesgo de desastres, en conjunto con las medidas estructurales más tradicionales. Estas medidas no-estructurales refieren, por ejemplo, a acciones de gestión desde el ordenamiento y planificación territorial, y también al trabajo con las comunidades en relación a la información sobre el funcionamiento de medidas de mitigación que puedan ser implementadas; formas de acción frente a un evento; también respecto a los cuidados del lecho de los ríos; y preservación de la memoria histórica, en los períodos en que no se produzcan estos eventos.

- En cuanto al cuidado del río y su entorno, es necesario desarrollar planes de recuperación de ecosistemas degradados por causas antrópicas, por ejemplo, pérdida de masa dunar y de humedales costeros; alteración de cauces y quebradas locales; contaminación; etc. Esto es importante puesto que los ecosistemas degradados no pueden realizar funciones de mitigación ante eventos extremos y servir de áreas de provisión de agua, recursos u otros durante la etapa de emergencia y reconstrucción. También se hace necesario regular o fiscalizar la extracción de áridos en cauces, estuario y playa.
- Considerar y actualizar periódicamente escenarios futuros de inundaciones bajo el contexto de crisis climática en la medida que se van desarrollando metodologías con este propósito.

3. Fortalecer la planificación territorial y elaboración de mapas de riesgo y de amenazas.

- A nivel de planificación territorial, se sugiere incorporar áreas de riesgo en los Instrumentos de Planificación Territorial, especialmente en el Plan Regulador Comunal (PRC). Estos instrumentos pueden optimizar el desarrollo de la forma urbana en áreas expuestas a amenazas, especialmente en lo que respecta a la vulnerabilidad, contribuyendo en última instancia a mitigar o aumentar el riesgo de desastres de origen natural. Al planificar los usos de suelo permitidos y prohibidos, estos instrumentos pueden prevenir la instalación de infraestructuras críticas en áreas expuestas a amenazas naturales, y definir regulaciones urbanas más restrictivas para evitar la consolidación de centros o nodos altamente centralizados en áreas propensas a riesgos. Así también, es importante articular la zona costera con la zonificación del plan regulador, para hacer coherente las zonificaciones costeras con los instrumentos de planificación territorial.
- Los instrumentos de planificación urbana y territorial son relevantes en cuanto a la definición y/o proyección de vías de evacuación, puesto que estos instrumentos también se hacen cargo de la estructuración de vías para las nuevas urbanizaciones y para la ciudad consolidada, al proponer ensanches y aperturas viales e infraestructuras de conectividad que mejoren la accesibilidad entre barrios y localidades urbanas. A su vez, tienen la facultad de crear áreas protegidas y abrir espacios públicos para formar un sistema de áreas verdes, en zonas seguras y

conectadas con rutas de evacuación. Un sistema de espacios públicos abiertos de diversas escalas y funciones, definidos por instrumentos de planificación, juega un papel fundamental en la evacuación, como refugios temporales y como zonas de amortiguamiento del peligro.

- Considerando las oportunidades que ofrece la Ley 21.364 que establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SINAPRED), se hace fundamental avanzar en la publicación del Reglamento para la Elaboración de los Mapas de Riesgo y los Mapas de Amenaza. Estos mapas son claves para fortalecer el diálogo entre la gestión del riesgo de desastres y la planificación territorial, tal y como lo especifica la Ley 21.364 en el Artículo N°35: *“Los Mapas de Amenaza deberán ser incorporados a los Planes para la Gestión del Riesgo de Desastres a nivel regional, provincial y comunal, según corresponda. El Mapa de Amenaza respectivo será utilizado para la elaboración de los instrumentos de planificación territorial, además de la Planificación del Borde Costero, el Ordenamiento Territorial y el Manejo Integrado de Cuencas. El reglamento regulará el procedimiento de elaboración de los Mapas de Amenaza.”*
- Se recomienda el desarrollo de un visor territorial con información sobre zonificación de inundaciones, áreas de evacuación y zonas seguras, que podría estar alojado en alguna repartición del gobierno local, ya sea a nivel de Gobierno Regional o Municipio (SECPLA u otra oficina afín). El objetivo de este visor es facilitar el acceso a información, y en caso de emergencias, actualizar los datos sobre el comportamiento del fenómeno y los efectos que pueda ir generando, como cortes de camino o de puentes, zonas de desbordes y zonas de anegamiento, de tal modo que contribuya a la toma de decisiones de los actores locales ante una emergencia, sea esta de pequeña o gran envergadura. En esta línea, es relevante que la comunidad tenga acceso al visor territorial, o al menos los actores claves como las juntas de vecinos y otro tipo de organizaciones territoriales y que tengan la capacidad de comprender e interpretar los datos que se publiquen, con el fin de mantener la comunicación y coordinación frente a situaciones de riesgo y puedan conocer a qué zonas seguras se podría evacuar.

4. Proyectos de infraestructura crítica resilientes.

- Se recomienda actualizar las metodologías de evaluación social de proyectos de infraestructura, en particular aquellos relacionados con infraestructura pública crítica, para ponderar de mejor forma los beneficios (o control de pérdidas potenciales) que permitan potenciar decididamente los procesos de control/reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático que requiere el país.
- Es necesario revisar la ubicación de infraestructura crítica en las zonas afectadas y/o analizar (en casos como Licantén) la relocalización de infraestructura como Bomberos, Comisaría de Carabineros, Hospital y Municipalidad.
- En específico, respecto a la red de salud, se recomienda que todos los establecimientos de atención de urgencia cuenten con sistemas de comunicación en emergencia, de manera que sea posible conocer el estado de la red en todo momento. El acceso continuo a la información sobre el estado de la red permite coordinar de manera eficiente los procesos de derivación de pacientes cuando se presentan afectaciones a la funcionalidad de alguno de los establecimientos. En esta línea, es crítico identificar interrupciones en la malla vial y mantener informados a los establecimientos de salud, con el fin de que puedan determinar cambios en los flujos de derivación de pacientes dentro de la red de establecimientos, en contraste con los protocolos de derivación definidos para una condición de operación basal, o sin evento extremo.
- En cuanto al desempeño de la red de atención en salud, durante y posterior a un desastre, es necesario incluir en los estudios de riesgo o planes de emergencia, un análisis de posibles incrementos en la demanda de atención en salud, y la caracterización de las patologías más esperadas para cada tipo de evento. La identificación de posibles incrementos en atenciones de pacientes contribuye a la planificación de los espacios de expansión de los establecimientos para condiciones extremas de demanda. Además, la caracterización de posibles patologías permite identificar recursos críticos ante los efectos del evento en la salud pública, y de esta manera definir estrategias para dirigir los flujos de pacientes a los establecimientos que cuenten con los respectivos recursos dentro de su cartera de servicios.

5. Los procesos de reconstrucción y recuperación deben ser socializados con los habitantes de las zonas afectadas y considerar apoyo psicológico.

- En el reporte de expectativas de reconstrucción por parte de los afectados en Licantén, fue posible evidenciar que existe desconocimiento de los procesos de reconstrucción y recuperación. Los vecinos desconocían qué se hará para atender los diferentes tipos de daño sufridos por las familias y qué es lo que se hará a nivel de la ciudad y restablecimiento de servicios. También se desconocen los plazos en los que se gestionarán las ayudas y las obras de reconstrucción y recuperación. Es clave que, dentro de todo lo vivido, las y los afectados por un desastre conozcan cuáles son los planes de acción que se seguirán y se divulguen por medios locales y reuniones informativas, tanto lo que se hará, como los avances a lo largo del proceso.
- Así mismo, dentro del proceso de recuperación, es necesario considerar un plan de apoyo psicológico que entregue herramientas para que las personas puedan lidiar con las consecuencias post desastre, y de este modo, hacerse cargo del daño psicológico-emocional producto del desastre.

6. Considerar características propias de un evento de inundación en los procesos de respuesta a la emergencia.

- Los procesos de respuesta a la emergencia que se vinculan con la aplicación de la Ficha Básica de Emergencia (FIBE), la entrega de insumos de apoyo a los damnificados, y la aplicación de la Encuesta de Daños a Viviendas del MINVU, deberían ser activados con rapidez a posterior de una inundación. Considerando la experiencia de los afectados en el evento de junio en Licantén, a posterior de una inundación, el barro que entra a las casas (“petro”), se endurece rápidamente una vez que baja el nivel del agua, por esa razón las personas necesitan iniciar inmediatamente labores de limpieza, retiro de escombros y enseres en mal estado, para evitar que la humedad y la pudrición avance. Esto significa que no pueden esperar semanas para la evaluación de daños, y en este sentido, se recomienda agilizar los procesos de levantamiento de información y avanzar hacia un solo instrumento que pueda proveer la información necesaria para desplegar las medidas de ayuda a las personas

y recuperación de viviendas y que pueda, idealmente, ser aplicado por duplas técnico-sociales de una vez, disminuyendo la sobre intervención y confusión de los afectados.

- Así también, es clave generar protocolos de acción donde los gobiernos regionales activen la cooperación con profesionales capacitados para aplicar estos catastros de evaluación post desastre cuando la infraestructura municipal y sus funcionarios resulten ampliamente afectados por un evento, como fue el caso de Licantén. La agilidad en la respuesta es especialmente crítica en un contexto de inundación, pero creemos que el mejoramiento de los instrumentos y procesos de evaluación de daños es necesario para todo tipo de desastre.

7. Participación ciudadana en los COGRID para la prevención y mitigación.

- El conocimiento local y las experiencias de desastres anteriores necesitan ser considerados y canalizados para mejorar la capacidad de prevención, alerta temprana y de respuesta ante futuros eventos hidrometeorológicos. En este sentido, es urgente el funcionamiento regular de los comités de gestión del riesgo de desastre (COGRID) indicados en la Ley 21364, especialmente los comités comunales, para desarrollar un trabajo en fase de mitigación y preparación. Los COGRID COMUNALES deberían integrar de forma permanente a representantes de la sociedad civil y organizaciones de la comunidad, como lo hemos recomendado en documentos anteriores (Miranda et al, 2021). Por otro lado, deberían ser activados los COGRID en los demás niveles político-administrativos (provincia-región), y fortalecer el trabajo y comunicación con los municipios.

8. Mejorar procesos de comunicación y sensibilización frente a procesos de alerta y respuesta a emergencias.

- Es clave que la población esté informada sobre cómo actuar ante la activación de cualquier tipo de amenaza. Es necesario que se comuniquen, especialmente a nivel local, los protocolos y vías de evacuación para diferentes tipos de amenazas, que se conozcan los niveles de advertencias y alarma considerados por la autoridad y los medios a través del cual serán comunicados. Así también, es clave generar procesos de difusión de información sobre los procesos de respuesta a emergencias por parte de la

institucionalidad: ¿qué sucede después de un desastre? ¿qué actores registran información de daños? ¿cómo se registra? ¿a dónde me dirijo si no me han catastrado? ¿cuántos catastros hay? Tomando la experiencia de las personas afectadas de Licantén en junio, no había claridad respecto a los catastros que les debían aplicar y quiénes son los actores que deben hacer ese registro.

- La difusión de información sobre los procesos de alerta y respuesta pueden colaborar a una mayor receptividad por parte de la población ante las instrucciones que emita la autoridad cuando se activa una amenaza, especialmente, en relación a las órdenes de evacuación. Por ello se recomienda trabajar con la comunidad los protocolos de respuesta y evacuación, en relación al uso y activación del mensaje SAE y también, en relación a la propia lectura de las condiciones contextuales que las personas puedan hacer. Este reforzamiento debe basarse en campañas de educación de la población y en el desarrollo periódico de simulacros de evacuación coordinados por SENAPRED y las autoridades comunales respectivas.
- A nivel institucional, en la fase de respuesta, se recomienda reforzar la coordinación y entrega de información entre los distintos niveles de acción y decisión considerando el nivel comunal, provincial, regional, hasta el nacional. Para esto es fundamental la coordinación entre los COGRID en los diferentes niveles político-administrativos y el apoyo a quiénes ejercen el rol de encargados/as de emergencia municipal.
- Para mejorar la capacidad de respuesta futura, se sugiere que, a posterior de un evento, se realicen estudios sobre la experiencia de las personas al recibir y manejar el mensaje SAE. En el evento de junio la alerta no fue recibida por los habitantes de Licantén, pero sí en la comuna de Constitución, por ejemplo. por ello es necesario evaluar el funcionamiento de las alertas SAE, así como la recepción de la comunidad (si son ignoradas o compartidas, qué acciones se emprenden cuando se reciben, etc.). Indagar estos aspectos puede mejorar su efectividad. Así también, se sugiere identificar a los actores locales clave que en el evento de junio actuaron como emisores no oficiales de información, pero que, sin embargo, de manera eficiente y autogestionada, lograron informar de “boca a boca” sobre las condiciones del río.

9. Educación para prevenir desastres futuros.

- Es necesario desarrollar e implementar un plan educativo dirigido a la comunidad para aumentar la preparación comunitaria, considerando los distintos grupos etarios presentes y población no familiarizada con eventos pasados (Ej.: migrantes). Es fundamental instalar comunicacionalmente conductas enfocadas en la preparación y prevención, considerando que el evento puede volver a ocurrir. Lo anterior debe estar acompañado de un reforzamiento de la memoria histórica y conocimiento local, por ejemplo, estableciendo hitos físicos con los límites de inundaciones anteriores. Esto puede ser trabajado en sesiones participativas, a través de técnicas basadas en representación de escenarios, experiencias y cartografías participativas (Ej.: Disaster Imagination Games).
- A nivel de la comunidad escolar, se podría trabajar en charlas educativas, además de actualizar el Plan Integral de Seguridad Escolar (PISE) en establecimientos educacionales.



Este documento fue elaborado por el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres, CIGIDEN (Proyecto 1522A0005 Fondap 2022).

SOBRE CIGIDEN

CIGIDEN es un centro de excelencia FONDAP-ANID creado en 2011 e integrado por cuatro universidades de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Técnica Federico Santa María, Universidad Andrés Bello y Universidad Católica de Norte, más la colaboración de investigadores de otras instituciones académicas y gubernamentales tanto nacionales como internacionales.

Investigadores de diferentes disciplinas –ciencias de la tierra, ingenierías, ciencias sociales, geografía, economía, diseño, arquitectura, urbanismo y comunicaciones–, trabajan en CIGIDEN para generar conocimiento que permita evitar que los eventos extremos de la naturaleza se transformen en desastres.

Esta mirada interdisciplinaria ha promovido una profunda transformación académica, avanzando desde el estudio de las amenazas naturales y la respuesta de emergencia, hacia una perspectiva integral centrada en la reducción del riesgo de desastres y la construcción de resiliencia.



**Universidad
Andrés Bello**



**UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA**

CIGIDEN, es una institución de excelencia FONDAP-ANID creada en 2011 e integrada por cuatro universidades chilenas. El actual documento presenta un análisis y recomendaciones sobre la Gestión del Riesgo de Desastres del evento hidrometeorológico del 21 al 26 de junio de 2023 que afectó la zona centro-sur de Chile y que produjo inundaciones en diferentes ciudades del país.

CIGIDEN se enfocó en el levantamiento de información post desastre. Para esto, concurrieron grupos de investigadores e investigadoras de diferentes disciplinas con el fin de levantar información en terreno. El presente informe se enfoca en la cuenca del Río Mataquito y Río Maule. La finalidad de CIGIDEN es aportar con evidencia científica a la política pública para reducir y gestionar los desastres en Chile. En este sentido, creemos que rescatar aprendizajes de experiencias previas puede colaborar en preparar, mitigar y “reconstruir mejor”.



CIGIDEN

www.cigiden.cl