

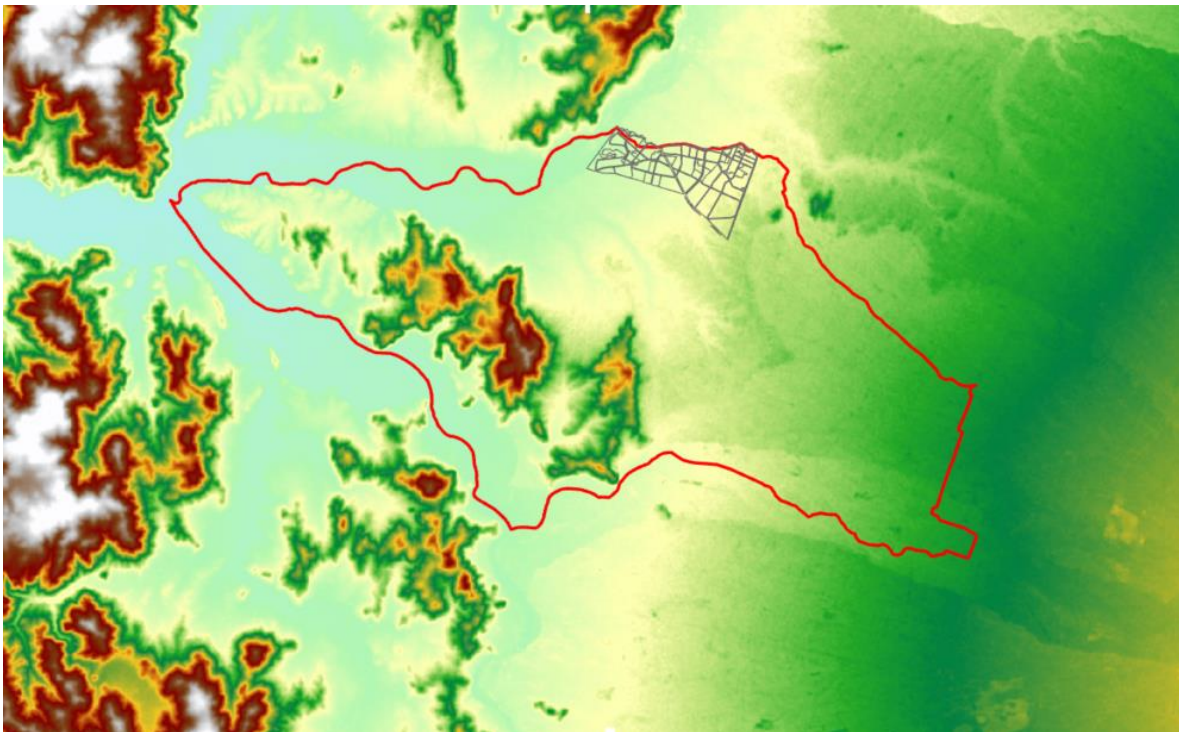
INFORME PRELIMINAR

“Diagnóstico de Proyecto Técnico Geomático”

Inundación Villa La Foresta – Comuna de Maule

El presente documento corresponde a la Unidad N°1 – Proyecto Integrado, clase dictada por el Geomensor (USACH) y Docente Camilo Rojas Pérez,

Proyecto Integrado es una asignatura integradora y practica del área formativa de especialidad de Topografía y Geomática. El objetivo es demostrar a través de un proyecto topográfico y geomático el dominio de las competencias del plan de formación, considerando las competencias transversales de la casa de estudios.



Encargado:

Cristián González P.

Contraparte Docente - Técnica:

Camilo Rojas P.

RESUMEN

En el marco de elaborar un Diagnóstico del área urbana afectada por inundación, denominada Villa La Foresta – Comuna de Maule y con el propósito de contribuir con propuestas de mejora mediante la aplicación de técnicas Topográficas y Geomáticas, se ha revisado una serie de antecedentes proporcionados por el Docente, recopilación de información bibliográfica y complementando también con levantamiento topográfico en terreno.

En el diagnóstico se pretende determinar el origen de inundación por desbordes de cauces, sean estos de origen natural (ESTERO PEJERREYES) y otro de origen antrópico (CANAL DUAO – ZAPATA) además de quebradas que drenan sus aguas y contribuyen al aumento de caudal de estos cauces, para finalmente descargar su flujo al Río Claro.

Pese a que el fenómeno de Inundación por desborde de canales no constituye un peligro geológico en sentido estricto, en antecedentes recogidos en el Estudios de Riesgos de la comuna de Maule se recomendó considerar este punto al momento de establecer la zonificación urbana de la comuna, ya que es un proceso de frecuencia anual (Infracon, 2017). Además, existe información sobre reiteradas ocasiones en la cual el área de estudio se enfrenta a inundaciones que afectan a las viviendas emplazadas en las zonas urbanas de la Comuna.

La presencia de canales artificiales genera suelos saturados en agua en su cauce y los sectores aledaños, dando origen a suelos con mal comportamiento geotécnico, tal como quedó demostrado para el terremoto del 27 de febrero de 2010, donde la mayor parte de los daños a viviendas se registraron en los sectores aledaños a canales artificiales producto de la Licuefacción del sustrato debido a la onda sísmica. (Sernageomin, 2012)

Las recomendaciones principales en esta etapa de Diagnóstico resultan ser lógicas, conocidas y en algunos casos reiterativas a lo largo del tiempo. Aunque su implementación es completamente factible, no se pudo confirmar su existencia. Se mencionan las más relevantes: Implementación de sistema local de alerta temprana ante eventos de precipitación extrema que generen inundaciones, Control y coordinación de cierre de compuertas en las cabeceras de los cauces, Diseño adaptado a la comuna de Maule para el control y disposición de aguas superficiales urbanas. Además, se recomienda educar a la población sobre las características del territorio y capacitarlos para enfrentar peligros geológicos, teniendo en mente que estos eventos serán recurrentes en el futuro debido principalmente al cambio climático que afecta al planeta.

INTRODUCCIÓN

Chile a lo largo de su historia, ha sido afectado por las mas diversas catástrofes naturales. Prueba de ello son los numerosos mitos y leyendas aborígenes, donde se describen fenómenos naturales violentos. Estos desastres han impactado negativamente en la economía del País causando severos trastornos durante su desarrollo. (Lanza, 1993)

El Docente guía solicito la realización de un Diagnóstico de inundación en Barrio la Foresta – Comuna de Maule, afectada recientemente por inundación a causa de desborde del Estero Pejerrey, esto con el fin de recopilar información y formular recomendaciones que contribuyan a prevenir la problemática que afecta a sus residentes y genera importantes trastornos en su entorno.

OBJETIVOS

Objetivo General

El objetivo principal de este trabajo es identificar la causa subyacente de la inundación del barrio la Foresta, enfocándose principalmente en comprender la dinámica de los cursos de agua que cruzan los territorios, el riesgo asociado en las áreas colindantes a estos y determinar el alcance del marco legal en cuanto a la protección de las personas, viviendas y, en general, a la infraestructura urbana.

Con el fin de lograr este objetivo, se tomó en cuenta la información político – administrativa, geográfica y reglamentaria del área de estudio donde se encuentra ubicado el proyecto habitacional. Se recopiló información relevante a nivel nacional, regional y comunal. Incluyendo la Cartografía digital existente complementaria al Plan Regulador Comunal de Maule, donde se indican las “Zonas de Riesgo” en las Áreas Urbanas. Además, se elaboraron Cartografías con el fin de enriquecer el análisis y facilitar la comprensión de los riesgos por parte del lector.

Objetivos Específicos

- Identificar antecedentes asociados a la Problemática, considerando instrumentos de Planificación Territorial y Geográfica de la Zona de Estudio.
- Analizar e identificar los cauces de agua que generan la problemática planteada, apoyándose en metodologías topográficas y empleando software de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Identificar como afectan los desbordes de los cauces a las áreas colindantes y establecer recomendaciones a quienes participen en la toma de decisiones.
- Recomendar soluciones a problemática planteada que vayan en directo beneficio de los habitantes del área afectada.

ANTECEDENTES GENERALES

CONTEXTO GENERAL DE LA COMUNA.

La comuna de Maule esta ubicada en la provincia de Talca, entre los 35°26' y los 35°34' Latitud Sur y los 71°33' y 71°53' de Longitud Oeste en la VII Región del Maule. En su limite noroccidental colinda con la comuna de Penco mientras que por el norte limita con la comuna de Talca. En el sector oriental limita con la comuna de San Clemente, y la parte sur de la comuna bordea la comuna de San Javier.

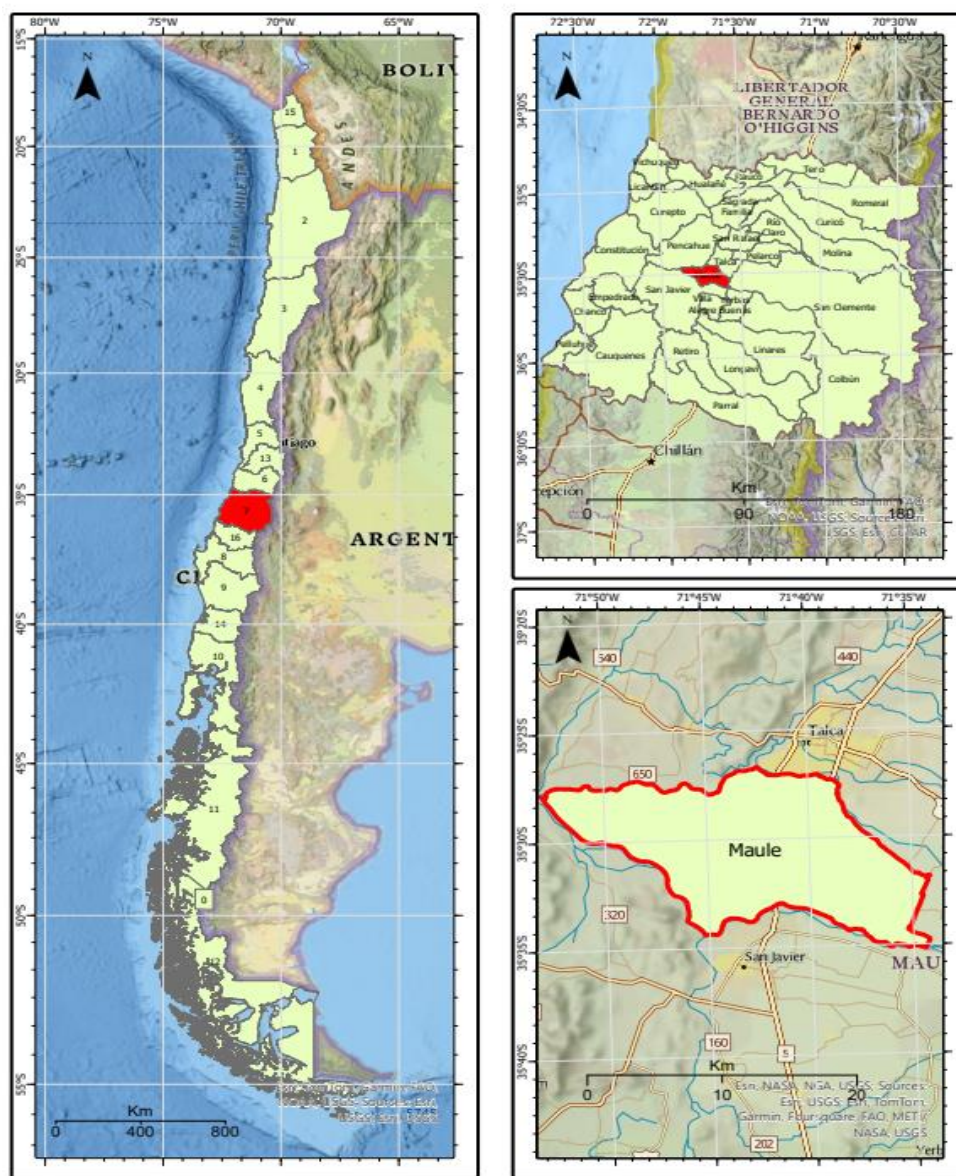


Figura 1. Zona de Estudio. Fuente: Elaboración Propia.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA COMUNA

Clima

En términos generales la región presenta un clima templado cálido, el cual se caracteriza por la existencia de un verano predominantemente seco; un invierno frío, húmedo y lluvioso, con la concentración del 75% de las precipitaciones; con época de primavera y otoño de carácter transicional. La comuna de Maule al situarse en la depresión intermedia tiene como barrera orográfica por su lado este a la Cordillera de la Costa, se presenta un clima continentalizado lo que impide que la acción moderadora del mar se haga sentir en la depresión central. Esto provoca una significativa amplitud de las temperaturas entre el día y la noche. Las características estacionales marcan un verano de estación seca prolongada con una duración de 4 a 5 meses, y una estación de invierno lluviosa con temperaturas mínimas bastante bajas.

Geomorfología.

La región del Maule contiene una morfología representada de este a oeste por la Cordillera de los Andes, Precordillera, Depresión Intermedia o Valle Central, Cordillera de la Costa y Planicies Litorales. La comuna de Maule se encuentra en la depresión intermedia a 125 km de la Cordillera de Los Andes, a 10 kms de la cordillera de la costa y a 70 km de la costa. (Consultores, 2021)

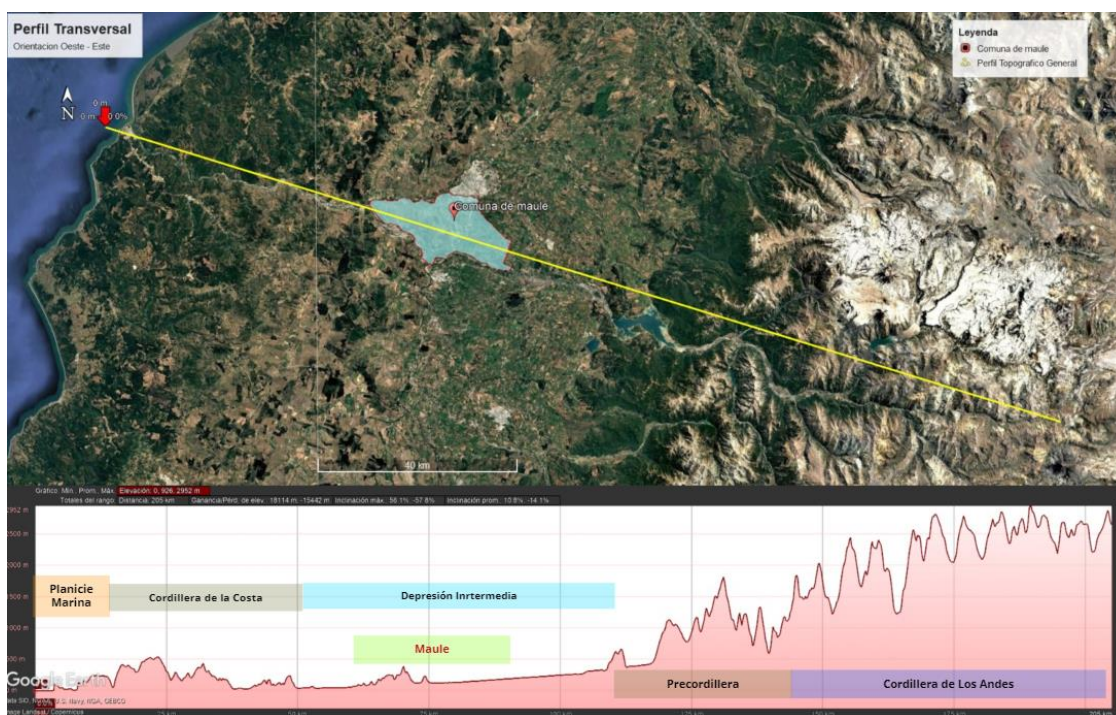


Figura 2. Perfil Topográfico. Fuente: Elaboración Propia.

Hidrografía e Hidrología

La comuna de Maule se encuentra inserta en la cuenca hidrográfica del río Maule, que tiene una superficie de 20.300 km². Es de alimentación glacio-pluvial de tipo exorreica, lo que significa que sus aguas provienen de los deshielos de la cordillera de los Andes, y terminan por desembocar en el mar.

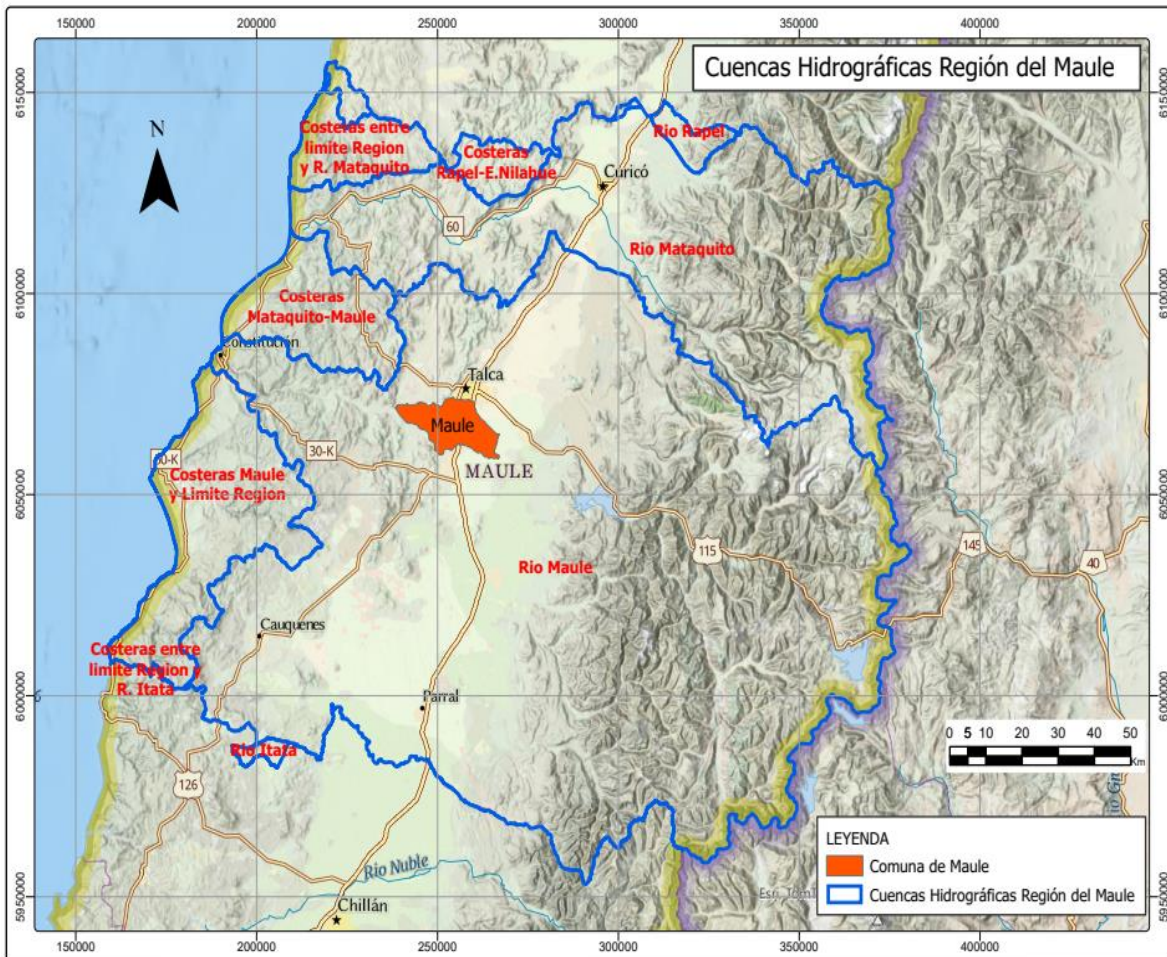


Figura 3. Cuenas Hidrográficas Región del Maule. Fuente: Elaboración Propia.

Los mayores caudales se concentran en los meses fríos, principalmente en invierno, debido a que en ese periodo ocurren las mayores precipitaciones en la cuenca. Mientras que a medida que se aproxima a la cordillera de Los Andes, los caudales en las cuencas presentan alzas en los meses de primavera, debido a los deshielos de las precipitaciones caídas en forma sólida en la zona cordillerana y precordillerana. (Consultores, 2021)

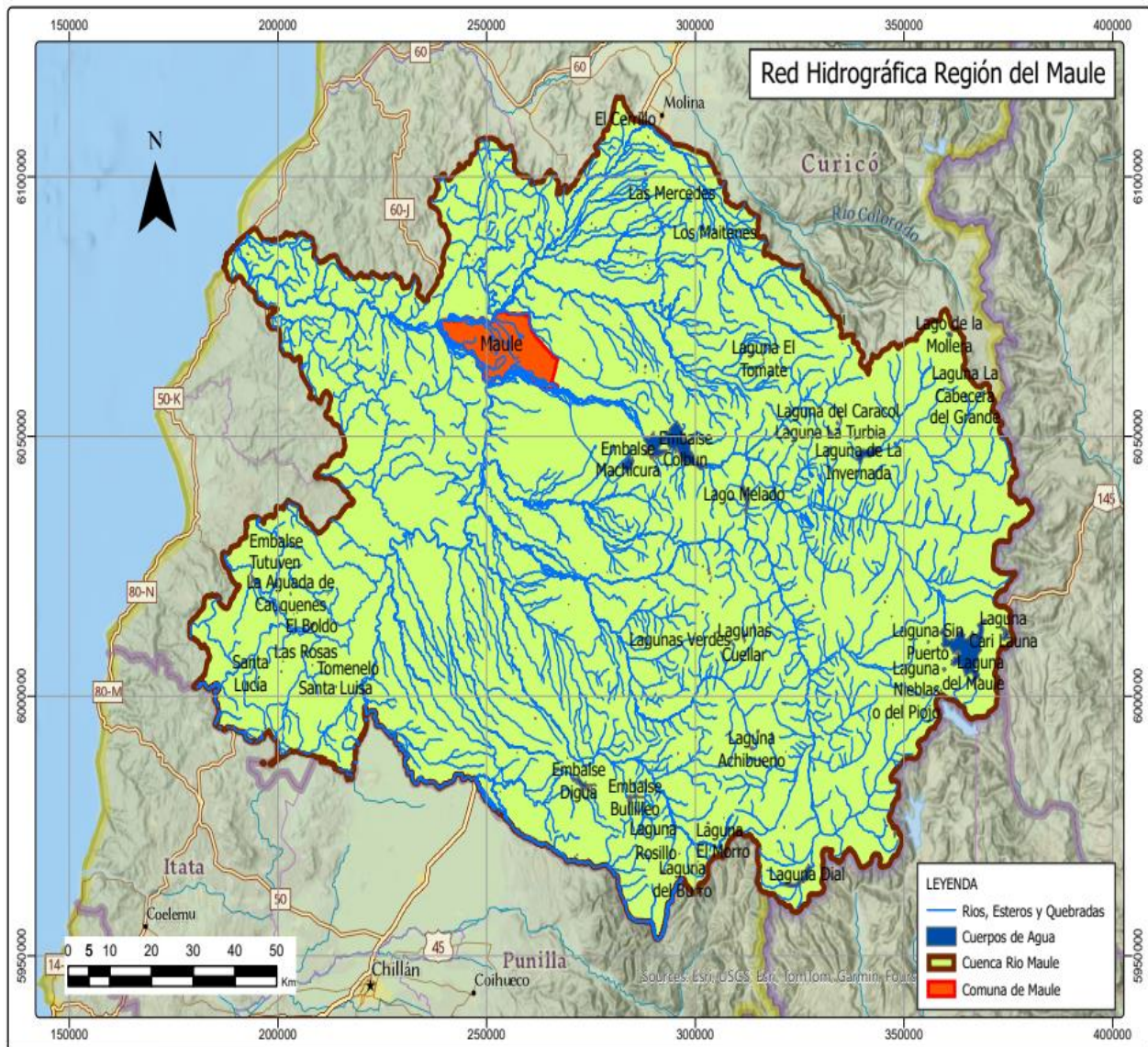


Figura 4. Red Hidrográfica Cuenca del Río Maule. Fuente: Elaboración Propia.

La comuna de Maule se enmarca en un punto central en la cuenca, pasan por ella las aguas del río Maule luego de haber tenido abundantes interacciones desde los deshielos de los glaciares, aportes de abundantes ríos tributarios secundarios y terciarios, lagos y lagunas, y el embalsamiento de sus aguas. Por lo que, la cantidad y calidad de agua que llega a la comuna dependerá de las distintas dinámicas ejercidas con el río cuencas arriba.

Marco Jurídico

Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), Artículo 2.1.17 “Disposiciones Complementarias” indica: “En los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un riesgo potencial para los asentamientos humanos. Dichas áreas se denominarán <<Zonas No Edificables>> o bien “Áreas de Riesgos”, según sea el caso, como se indica a continuación:

Por “Zonas No Edificables”, se entenderán aquellas que por su especial naturaleza y ubicación no son susceptibles de edificación, en virtud de lo preceptuado en el inciso primero del artículo 60° de la Ley General de Urbanismo Y Construcción. En estas áreas solo se aceptará la ubicación de actividades transitorias.

Por “Áreas de Riesgo”, se entenderán aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se limite determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole, suficientes para subsanar mitigar tales efectos.

Las «áreas de riesgo» se determinarán en base a las siguientes características:

1. Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.
2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.
3. Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.
4. Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.

Para autorizar proyectos a emplazarse en áreas de riesgo, se requerirá que se acompañe a la respectiva solicitud de permiso de edificación un estudio fundado, elaborado por profesional especialista y aprobado por el organismo competente, que determine las acciones que deberán ejecutarse para su utilización, incluida la Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente conforme a la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, cuando corresponda. Este tipo de proyectos podrá recibirse parcial o totalmente en la medida que se hubieren ejecutado las acciones indicadas en el referido estudio. En estas áreas, el plan regulador

establecerá las normas urbanísticas aplicables a los proyectos una vez que cumplan con los requisitos establecidos en este inciso.

En el marco de este informe se mencionan “Áreas de Riesgo” que son definidas como las zonas susceptibles a ser afectadas por un peligro geológico y que se establecen en Cartografía complementaria al Plan Regulador Comunal de Maule.

| ENTIDAD | FUNCIONES RELACIONADAS AL AGUA | MATERIA |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Ministerio de Obras Publicas (MOP) | Promover la gestion y administracion del recurso hidrico. Fiscalizacion y control de la calidad del recurso en sus fuentes naturales. | Rios, Embalses y Canales. |
| <ul style="list-style-type: none"> Direccion General de Aguas (DGA) | DGA: Ejercer la labor de policia y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso publico e impedir que en estos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorizacion del servicio. Supervigilar el funcionamiento de las organizaciones de usuarios, de acuerdo con lo dispuesto en el codigo de Aguas. | |
| <ul style="list-style-type: none"> MOP, Direccion de Obras Hidraulicas (DOH) | Encargado de realizar planes maestros destinados a definir la red primaria de evacuacion y drenaje de aguas lluvias. Realiza estudios de los cauces naturales denominados Planes de Manejo de Cauces e identifica posibles obras de defensa fluviales. | Aguas Lluvias |
| <ul style="list-style-type: none"> Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU) | MINVU: Planificacion y Estudio de redes secundarias de evacuacion y drenaje de Aguas Lluvias. SERVIU: Proyeccion, Construccion, reparacion y mantencion. | Aguas Lluvias |
| <ul style="list-style-type: none"> MOP, Direccion General de Obras Publicas (DGOP), DOH. | DGOC: "Estudio, proyeccion, construccion y conservacion, de las obras de defensa de terrenos y poblaciones contra crecidas de corrientes de agua y regularizacion de las riberas y cauces de los rios, lagunas y esteros", facultades delegadas en la DOH. | Obras fluviales |
| <ul style="list-style-type: none"> Ministerio del Medio Ambiente, Servicio de Evaluacion Ambiental y Superintendencia del Medio Ambiente | Proteccion y conservacion ambiental del recurso hidrico. | Estudios de impacto ambiental |
| <ul style="list-style-type: none"> DGA, Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) | Regulacion de los servicios de agua potable y saneamiento | Agua potable |
| <ul style="list-style-type: none"> Comision Nacional de Riesgo (CNR) Direccion de Obras Hidraulicas (DOH) | Labores de desarrollo y fomento del riego. | Riego |
| <ul style="list-style-type: none"> Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) Servicio de Salud. | Fiscalizacion y Control de la calidad de las aguas para fines especificos. | Fiscalizacion y Control |
| <ul style="list-style-type: none"> SISS Servicios de Salud | Fiscalizacion y control de efluentes. | Fiscalizacion y Control |
| <ul style="list-style-type: none"> Municipalidades | Administracion de los bienes nacionales de uso publico, categoria que tienen los cauces naturales. Funciones de limpieza de sumideros y camaras en epocas de lluvia, a traves de cuadrillas de aseo. | Administracion de los bienes nacionales de uso publico. |

Figura 5. Organismos vinculados directamente con la Gestión del Agua. Fuente: Elaboración Propia.

¿Qué es la Dirección General de Aguas (DGA)?

La Dirección General de Aguas (DGA) es el organismo del Estado encargado de velar por el equilibrio y armonía en el uso de las aguas terrestres, fomentando y fortaleciendo su gobernanza, resguardando su preservación y disponibilidad en calidad y cantidad para un desarrollo sostenible, resiliente, inclusivo, participativo y con perspectiva de género, cuidando a las personas y mejorando su calidad de vida. Sus funciones están indicadas en el D.F.L. N°850 de 1997, del Ministerio de Obras Públicas y referidas a las que le confiere el **Código de Aguas**, D.F.L. N°1.122 de 1981 y el D.F.L. MOP N°1.115 de 1969. Estas funciones se ejercen a través de su organización, en las Divisiones de: Estudios y Planificación, Hidrología y Legal; los Departamentos de: Administración de Recursos Hídricos, Conservación y Protección de Recursos Hídricos, Administrativo y Secretaría General, Desarrollo y Gestión de Personas, Fiscalización, Organizaciones de Usuarios, Información de Recursos Hídricos, Tecnologías de Información y, la Unidad de Auditoría Interna. (DGA, 2024)

Por último, por la ley N° 19.525 del día 10 de noviembre de 1997, se creó la Dirección de Obras Hidráulicas, con las mismas atribuciones que la Dirección de Riego, pero con la obligación de velar y resguardar, además, el drenaje y la evacuación de las Aguas Lluvias.

El Código de Aguas

¿Cuál es la importancia del Código de Aguas?

El Código de Aguas es el texto legal vigente que regula las aguas terrestres. Sus artículos o disposiciones pueden ser clasificados atendiendo su naturaleza en normas sustantivas, procesales y administrativas.

Las normas sustantivas, o sea aquellas que establecen definen derechos y obligaciones sobre las aguas ya sea entre los particulares entre si o entre estos y el Estado, se encuentran contenidas principalmente en el Libro Primero y en parte del Libro Segundo. Estas son las que definen y regulan el derecho real del aprovechamiento de aguas (separado de la tierra), las servidumbres necesarias para el ejercicio del derecho, el sistema de administración de las aguas por las organizaciones de usuarios (comunidades de aguas, asociaciones de canalistas y juntas de vigilancia) y el régimen de propiedad inscrito aplicable a los derechos de aprovechamiento.

Las disposiciones administrativas se refieren a la actividad de la Dirección General de Aguas, que interviene en las diversas materias consideradas por las normas sustantivas que se encuentran diseminadas a través del Código de Aguas.

Las disposiciones de carácter procesal se encuentran en el Libro Segundo, que establece como regla general en materia de juicios de aguas, el procedimiento sumario y el amparo judicial. También pueden indicarse como normas procesales aquellas que dicen relación con la formación judicial de las organizaciones de usuarios.

Dado que el Código de Aguas entrega las normas necesarias para mejorar la eficiencia del uso del agua, a través de las organizaciones de usuarios, es preciso que los profesionales técnicos y usuarios tengan los conocimientos básicos para ayudar al funcionamiento óptimo de estas. Este Código crea y releva la importancia de las comunidades de aguas, organizaciones que se han legalizado en un gran número en el país por iniciativa de la Dirección General de Aguas. (Indap, 2011)

El Código de Aguas entrega las principales directrices de los usos permitidos y de la normativa vigente para el uso de este recurso natural, señalando en su artículo 5° que “las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas en conformidad a las disposiciones del presente código”.

Los artículos relevantes para la gestión de canales artificiales e inundaciones corresponden a los Artículos N°92, N°304 y N° 305, detallados a continuación:

Artículo 92. Prohíbese botar a los canales sustancias, basuras, desperdicios y otros objetos similares, que alteren la calidad de las aguas.

Será responsabilidad de las Municipalidades respectivas, establecer las sanciones a las infracciones de este artículo y obtener su aplicación.

Además, dentro del territorio urbano de la comuna las Municipalidades deberán concurrir a la limpieza de los canales obstruidos por basuras, desperdicios u otros objetos botados en ellos.

Artículo 304. La Dirección General de Aguas tendrá la vigilancia de las obras de toma en cauces naturales con el objeto de evitar perjuicios en las obras de defensa, inundaciones o el aumento del riesgo de futuras crecidas y podrá ordenar que se modifiquen o destruyan aquellas obras provisionales que no den seguridad ante las creces. Asimismo, podrá ordenar que las bocatomas de los canales permanezcan cerradas ante el peligro de grandes avenidas.

Podrá igualmente adoptar dichas medidas cuando por el manejo de las obras indicadas se ponga en peligro la vida o bienes de terceros.

Con tal objeto podrá ordenar también la construcción de las compuertas de cierre y descarga a que se refiere el artículo 38, si ellas no existieren.

Artículo 305. La Dirección General de Aguas podrá exigir a los propietarios de los canales la construcción de las obras necesarias para proteger caminos, poblaciones u otros terrenos de interés general, de los desbordamientos que sean imputables a defectos de construcción o por una mala operación o conservación del mismo. Con todo, si los desbordamientos se debieran a hechos, u obras ajenas al canal y posteriores a su construcción, las protecciones que sea necesario efectuar no serán de cargo de los propietarios del cauce.

Instrumentos de Planificación Vigentes en la Comuna de Maule

Plan Regional de Ordenamiento Territorial de la Región de Maule (PROT).

Se consulta el PROT, Última versión año 2014. Referente a materia de Inundación:

“Para el análisis del riesgo de inundación fluvial en la región se han identificado las zonas susceptibles de ser inundables correspondientes a las hoyas hidrográficas de los cursos de agua principales de la región.

Bajo la lógica anterior, se ha procedido a la revisión de los Planes Reguladores Intercomunales (PRI) que contengan el apartado de Riesgos por Inundación y sus respectivas coberturas cartográficas, dado que, en la región, no existen estudios acabados sobre los procesos de inundación y sus registros históricos asociados a un modelo planimétrico.

La metodología empleada y descrita anteriormente y se debe a que la información recopilada y existente en los “Planes Maestros de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias” de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), corresponde a datos puntuales y nos entregan poca exactitud a la hora de modelar las inundaciones en un Sistema de Información Geográfica (SIG), se menciona esta fuente bibliográfica debido a que es la única fuente disponible que contenga este tipo de información para poder realizar un análisis y graficar especialmente este fenómeno natural. (PROT, 2014, PAG 36)

La búsqueda no arrojó resultados en Proyectos de obras de mitigación, Colectores de Aguas Lluvias, Planes de Contingencia y/o Acciones preventivas ante eventos catastróficos del tipo inundación.

Plan Regulador de la Comuna de Maule (PRC)

El PRC de Maule, en su anexo N°1 contempla un Estudios de Riesgos de la Comuna. En su apartado 5.2.1 Peligro de Inundaciones, además de contar con una cartografía, señala de forma expresa lo siguiente:

“Las principales inundaciones que han afectado al área de estudio tienen relación con desbordes de cauces, ya sean naturales o artificiales, y generalmente se manifiestan con una frecuencia anual”

“Con respecto a las inundaciones por desbordes de cauces artificiales (canales), estas no corresponden a un peligro geológico en sentido estricto, pero fueron consideradas en este estudio, debido a que el personal de la Dirección de Obras Municipales informo que este tipo de fenómenos son uno de los problemas mas frecuentes y que mayores daños causan en la comuna. Además, los canales artificiales generan suelos saturados en agua, los cuales presentan un mal comportamiento geotécnico, tal como quedó demostrado para el terremoto del 27 de febrero de 2010, donde la mayor parte de los daños a viviendas se registraron en los sectores aledaños a canales artificiales. Por ello se decidió incorporar en la zonificación a los canales artificiales y se realizó una revisión de antecedentes legales y de normativas, tanto en Chile como el resto del mundo” (PRC Anexo N°1, 2019, PAG 11.)

Plan de desarrollo comunal 2021 -2025 (PLADECO).

El estero Pejerrey, cruza el área de estudio de inundación, el PLADECO lo menciona y precisa lo siguiente:

“Finalmente, pasa por el límite comunal entre Talca y Maule el estero Pejerreyes el cual nace del embalse Colbún recorriendo más de 100 kilómetros hasta drenar sus aguas en el río Claro. Algunos directivos de la municipalidad evidencian problemas de contaminación en el estero Pejerreyes por vertido de aguas grises. Además de los esteros, existen alrededor de 43 canales ubicados desde Colín hasta Duao, sector reconocido como el valle regado. En algunos se presentan problemas de contaminación por mal manejo de riles de las empresas” (PLADECO, pág. 24)

Dentro del marco de obras de mantención encontramos una declaración de objetivos estratégicos en lo que a limpieza de canales y ALL respecta, contempla un proyecto a ejecutar en el año 2022.

OBJETIVO ESTRATEGICO 2.3 : Mejorar sistema de recolección de aguas lluvias y canales.

| TIPO DE INICIATIVA | NOMBRE DE LA INICIATIVA | LOCALIDAD | PLAZO EJECUCION (año) | FUENTE | MONTO | CODIGO PLADECO |
|--------------------|---|---------------------------------|-----------------------|--------|---------------|----------------|
| Proyecto | Limpieza y normalización de canales y sistema de recolección de aguas lluvias (Carlos González- villa don Pablo). | Carlos González Villa Don Pablo | 2022 | PMU | \$ 59.324.892 | P 054 |

Figura 6. Fuente: Pladeco Maule, pág. 267.

La búsqueda no arrojo resultados en Proyectos de obras de mitigación, Colectores de Aguas Lluvias, Planes de Contingencia ni Acciones preventivas ante eventos catastróficos del tipo inundación.

LIMITACIONES DE PROYECTO TECNICO GEOMATICO

Aunque la búsqueda de información, bibliografía y documentos que respalden un diagnóstico es de libre acceso y puede parecer rápido través de páginas web, es importante destacar que mucha de la información crucial y necesaria está en manos de personas que la gestionan o tienen responsabilidad directa sobre ella, específicamente la Municipalidad de la Comuna de Maule. Con este escenario en mente, elaboramos una serie de preguntas que fueron transmitidas a nuestro guía docente. A pesar de que el las presento a las autoridades correspondientes, no obtuvimos respuestas al cierre de este informe. A continuación, presentamos cuadro con preguntas.



CRISTIAN MARCELO GONZALEZ POBLETE

Para: CAMILO JESUS ROJAS PEREZ

Cco: CRISTIAN MARCELO GONZALEZ POBLETE



Jue 29/08/2024 7:29

Estimado Profesor,

Junto con saludar, solicito a usted su apoyo con el objetivo de conseguir a la brevedad información de la Comuna de Maule. Cabe mencionar que la información requerida es critica para avanzar con la unidad de Proyecto Técnico Geomático, correspondiente a la asignatura de Proyecto Integrado.

El Requerimiento de Información tiene que ver con respuestas necesarias para concluir la etapa Diagnostico de la problemática planteada en aula.

Preguntas

A PROBLEMÁTICA: INUNDACIÓN BARRIO LA FORESTA (Referencia: Avenida Duao / 1 Oriente)

- 1 ¿Se tomo en cuenta el Anexo N° 1 - Estudio de Riesgos del Plan Regulador Comunal al momento de aprobar el proyecto habitacional?
- 2 ¿El proyecto habitacional cumple con lo dispuesto en la ley N° 19.525? (Ley que regula los sistemas de evacuacion y drenaje de aguas lluvias)
- 3 ¿El proyecto Habitacional Barrio la Foresta cuenta con un Proyecto de Evacuacion de Aguas Lluvias? Artículo 134° de la OGUC ? (Obligaciones del urbanizador)

B GESTIONES CON LA JUNTA DE VIGILANCIA DEL RIO MAULE. (JVRM)

- 4 ¿Cuál es la interacción entre la Municipalidad y la JVRM sobre permisos de obra nueva contigua a canales de regadio?
- 5 ¿Existe coordinacion o aviso de alerta temprana ante el aumento de caudal en canales, esteros y/o rios?
- 6 ¿La JVRM hace observaciones respecto a contaminacion de los canales de regadio por parte de empresas y conjuntos residenciales?

C REFERENTE A LA GESTIÓN MUNICIPAL

- 7 ¿Existe en la comuna Plan Maestro de Evacuacion y Drenaje de Aguas Lluvias?
- 8 ¿Existe un programa/registro de limpieza en sumideros y camaras en temporada de lluvia, según lo establece la Ley N° 19.130? (Ley Organica de Municipalidades)
- 9 ¿Existen en la comuna proyectos de obras de mitigacion de inundaciones?
- 10 ¿Existen campañas de (informacion - educacion) sobre riesgos de inundacion a vecinos cercanos a canales de regadio?
- 11 ¿Cuál es la coordinacion entre el sector publico e instituciones ante anuncio de Rio Atmosferico?
- 12 ¿Tienen un plan de contingencia ante eventos climatologicos extremos?
- 13 Por contar con una importante Red Hidrografica ¿Cuenta el Municipio con estaciones fluviometricas en los principales cauces? ¿Cómo monitorean?
- 14 ¿Respecto a la Planta de tratamiento de Aguas servidas (PTAS) como aseguran la contaminacion de canales o esteros aledaños?
- 15 ¿Existen reclamos de la comunidad por contaminacion de aguas en canales /o esteros? ¿Hacen seguimiento?

D REFERENTE AL CODIGO DE AGUAS

- 16 ¿Aplican regularmente sanciones mencionadas en el articulo N° 92?
- 17 ¿Cómo gestionan el mantenimiento de canales en zonas urbanas? Artículo N° 92
- 18 Ante una eventual inundación ¿De que manera la Municipalidad hace efectivo el Artículo N° 304 del Codigo de Aguas?

Figura 7. Set de preguntas para elaborar Diagnostico. Fuente-. Elaboración Propia.

Se hicieron esfuerzos también con actores privados, llámense estas cooperativas de riego en la cual nuestro requerimiento fue muy bien recibido y dejamos el respectivo agradecimiento.



Figura 8. Gestiones anexas para el Diagnostico. Fuente: Elaboración propia.

Marco Conceptual

Las inundaciones son los más comunes y destructivos de todos los riesgos geológicos. No obstante, forman parte simplemente del comportamiento natural de las corrientes de agua". (Tarbuck, 2005)

✓ **Avenida**

Una avenida puede producirse casi sin previo aviso y puede ser mortal porque provoca un aumento rápido de los niveles del agua y puede tener una velocidad de corriente devastadora, varios factores influyen en las avenidas: intensidad y duración de las precipitaciones, las condiciones superficiales y la topografía.

✓ **Inundación**

Proceso en el cual un caudal de una corriente llega a ser tan grande que supera la capacidad de su cauce desbordando sus márgenes.

✓ **Caudal**

Es la cantidad de agua que atraviesa un determinado punto en una unidad de tiempo concreta, suele medirse en metros cúbicos por segundo (m^3/seg). El caudal se determina multiplicando el área transversal de una corriente por su velocidad.

Caudal (m^3/seg) = Ancho del cauce (m) x profundidad del cauce (m) x velocidad (m/seg)

✓ **Cuenca Hidrográfica**

Es todo el territorio drenado por un río y sus afluentes, delimitado por la línea de cumbres, llamada divisoria de aguas, la cual marca la división entre dos cuencas.

✓ **Escorrentía**

Proceso en el cual la velocidad de caída de la lluvia es mayor que la capacidad del suelo para absorberla, el agua adicional fluye sobre la superficie en lagos y corrientes. Es el agente más importante que esculpe la superficie de la Tierra. (Tarbuck, 2005)

✓ **Gradiente**

También conocida como pendiente, es uno de los factores mas obvios que controlan la velocidad de la corriente.

✓ **Organizaciones de Usuarios de Aguas**

Las Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUA) son entidades privadas, reguladas por el Código de Aguas, responsables de la captación, conducción y distribución de las aguas a las que tienen derecho sus titulares. En los cauces naturales; se organizan en Juntas de Vigilancia, y en los cauces artificiales (Canales, Embalses) se organizan en Asociaciones de Canalistas o Comunidades de Aguas. No persiguen fines de lucro, obtienen personalidad jurídica por su registro ante la DGA y cumplen una función fundamental en la Gestión del Recurso Hídrico. (Ministerio de Agricultura, 2024)

✓ **Sistema de Riego**

A pesar de las múltiples definiciones al respecto, el “Manual Básico para la Capacitación en Gestión de Recursos Hídricos” define un sistema de riego como un conjunto de estructuras y capacidades organizacionales que interactúan entre si para captar, regular, conducir y distribuir el agua entre los usuarios de una determinada área de riesgo, buscando satisfacer las necesidades hídricas de las especies vegetales que componen el lugar.

Estructuralmente un sistema de riego puede componerse de dos partes: el sistema de riego extra predial o de captación, conducción, distribución y regulación del agua; el sistema de riego intrapredial, o de uso de agua o de aplicación, a través de distintos métodos dentro del predio. (Indap, 2011)

✓ **Definición de Canal**

Los canales abiertos son obras de conducción que pueden ser de tierra o revestidos. El tipo de canal más común en el País es el excavado en tierra, sin ningún tipo de revestimiento de ningún tipo. Presenta problema de infiltración, proliferación de malezas, erosión, etc. El diseño de un canal considera varios factores tales como: el caudal que va a transportar conforme a derechos de agua, la velocidad permisible del agua, las características del suelo que atraviesa, cantidad de sedimentos, pendientes, etc.

En Chile existen diversos materiales y técnicas para el revestimiento de canales, entre los que se pueden mencionar: hormigón, losetas, y canaletas prefabricadas, asfaltado, mampostería de ladrillos y de piedra, membranas impermeables, aglomerantes, suelo compactado, etc. (Indap, 2011)

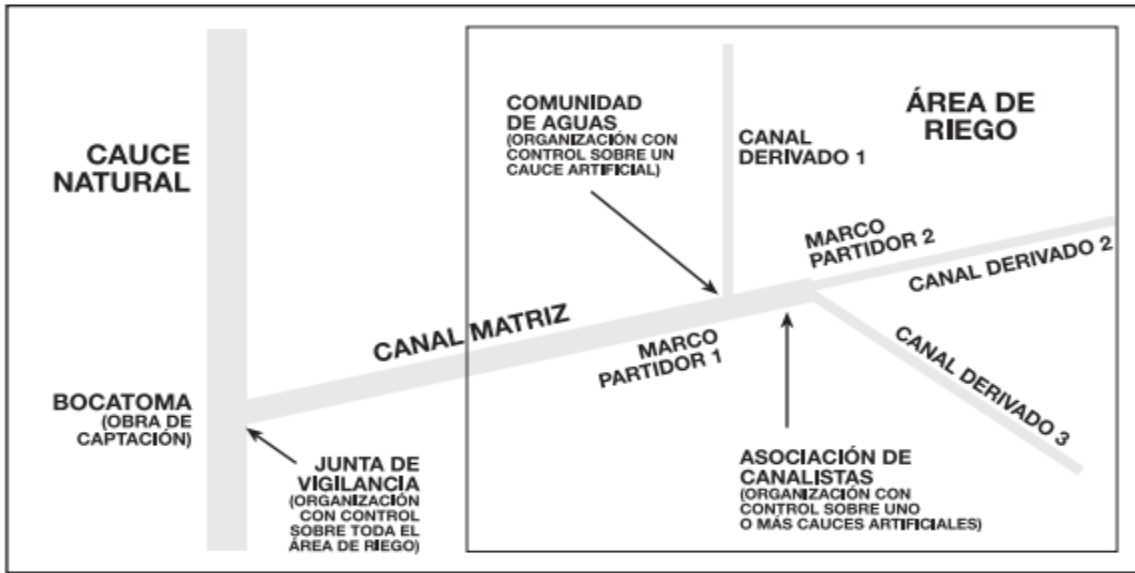


Figura 9. Esquema tipo de un sistema de riego tradicional en Chile. Fuente: Indap.

ENTENDIENDO LA PROBLEMÁTICA

Ubicación Área de Estudio – Barrio La Foresta

La comuna de Maule se encuentra localizada en la provincia de Talca, Región del Maule, en la zona central de Chile, cuenta con una superficie de 238,22 km², lo que corresponde a un 0,8% de la superficie regional (30.269 km²), y alberga según cifras del censo 2017 a 49.721 habitantes, alcanzando a un 4,8% de la población regional. La comuna de Maule está emplazada en la confluencia del río Maule con el Río Claro, cuestión que le provee una importante dotación de disponibilidad de agua. El área de estudio del presente Diagnóstico corresponde al Barrio la Foresta, emplazado en el sector urbano de Maule, denominado Culenar – Chacarillas, ubicado en el límite norte de la comuna, próximo a la ciudad de Talca.

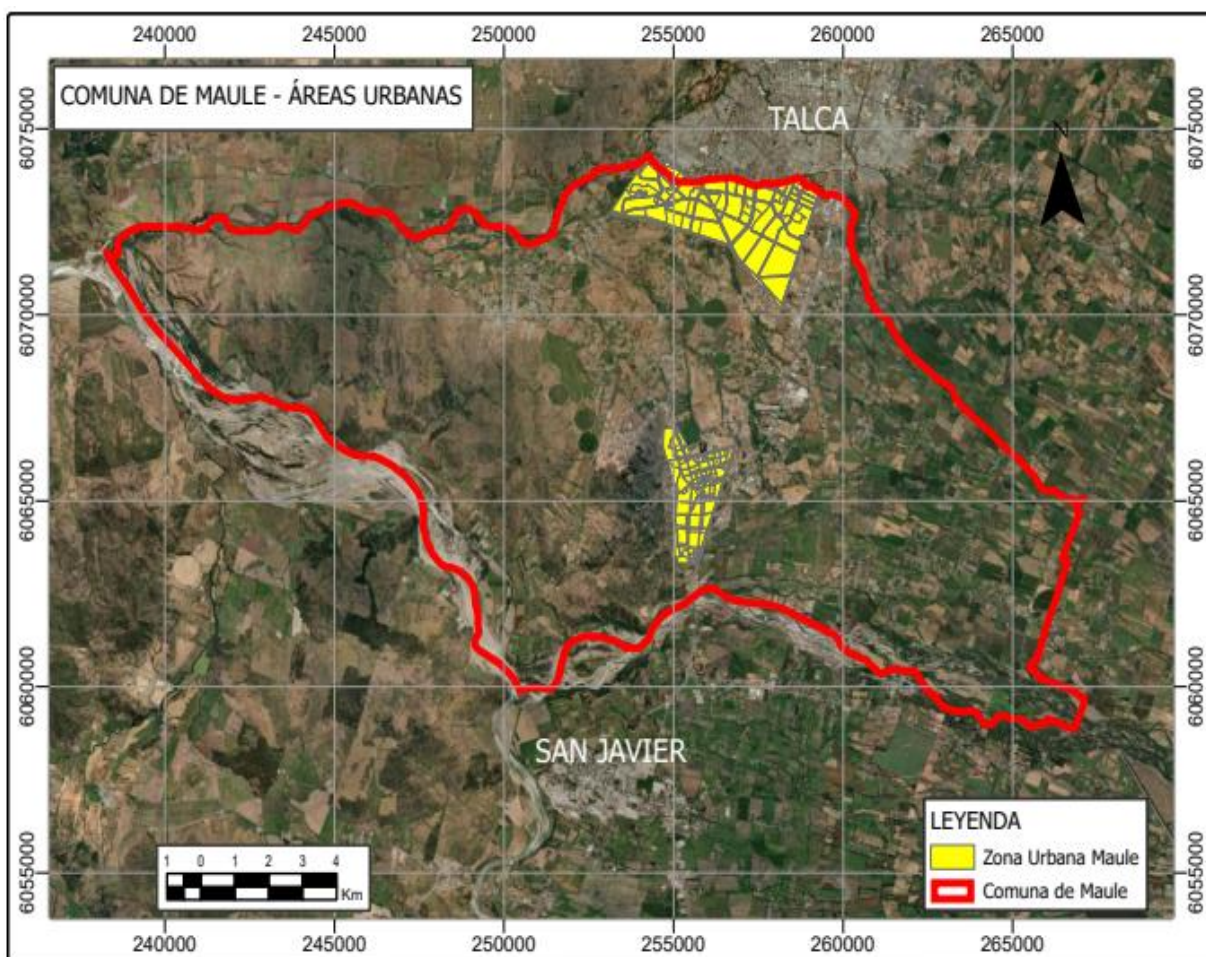


Figura 10. Zonas urbanas, Comuna de Maule. Fuente: Elaboración Propia.

El Barrio La Foresta, es un conjunto habitacional constituido por viviendas unifamiliares en dos plantas, construido por etapas por encargo del mandante Conavicoop y tiene como ejes viales centrales las avenidas 1 oriente en sentido norte sur y la avenida 33 sur, en sentido Este – Oeste.

Los principales accesos tanto a la comuna como al conjunto habitacional corresponden a la ruta 5 sur, que conecta a los principales poblados ubicados en la Depresión Central y la ruta K-620 que une las ciudades de Talca y Maule.

Culenar – Barrio La Foresta

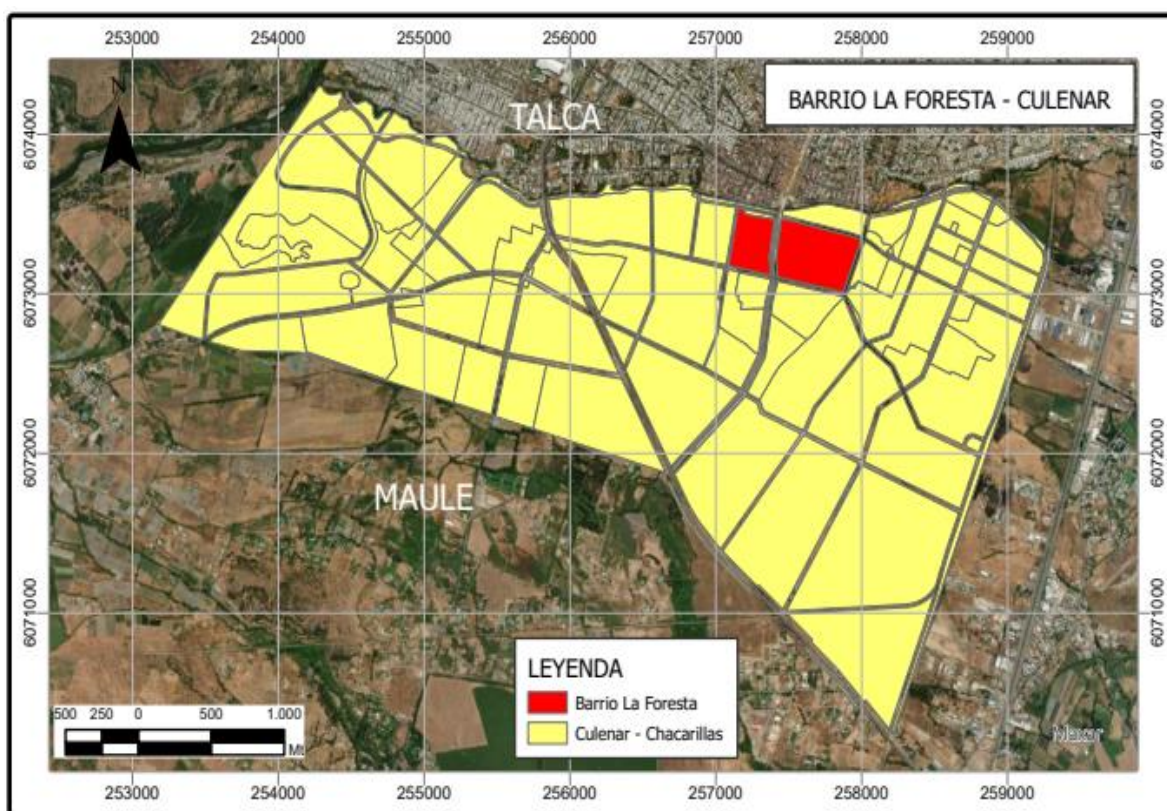


Figura 11. Barrio La Foresta - Culenar. Fuente: Elaboración propia.

Debido a las inundaciones reiteradas causadas por el colapso y desborde de canales durante el año 2023 y 2024, se decidió llevar a cabo un Diagnóstico para identificar el origen de esta situación. El objetivo es analizar las distintas variables del entorno del área estudio con un alcance geográfico mayor, dado que se analizaron los cauces desde sus respectivas cabeceras y, establecer con ello recomendaciones que vayan en protección de vidas humanas, evitar daños materiales en viviendas y afectación de entornos de actividades económicas.

Registro de Noticias por Inundación en el área de Estudio.

| Noticia | Fuente | Fecha del Acontecimiento |
|--|--------------------|--------------------------|
| Sector oriente anegado | 24 Hora- TVN Chile | 21-jun-24 |
| Villa completa bajo el agua | CHV Noticias | 22-ago-23 |
| basura en canal el cajon (Pejerrey) provoca desborde del canal | En Linea Maule | 22-ago-23 |
| Inundacion en villa la foresta | Diario de Maule | 29-jun-20 |
| Fuertes Lluvias provocan inundacion en Talca | 24 Hora- TVN Chile | 29-jun-20 |

Figura 12. Registro de noticias por inundación Barrio La foresta. Fuente. Elaboración Propia.

Elaboración de Línea Base

Para la caracterización del territorio se utilizaron fotografías aéreas e imágenes satelitales de Software libre y gratuito, esto permitió delimitar los principales contactos entre el trazado de los cursos de agua y los polígonos afectados por inundación contenidos en la zona urbana de Culenar. Además, con el método de Fotointerpretación se identificaron las cabeceras de los cursos de agua permitiendo obtener información en cuanto a su recorrido y la confluencia de estos cauces en las áreas urbanas de la Comuna de Maule, específicamente en la zona de Culenar, área que vive además un aumento explosivo de proyectos inmobiliarios.

Se vinculan al recorrido de estos cauces, diversas obras hidráulicas aguas abajo de las cabeceras, además de las obras de conducción se identifican obras de captación, distribución y regulación que permiten entender en su magnitud el sistema de riego asociado al Canal Duao Zapata y el Estero Pejerreyes.

Esquema de Cauces y su Recorrido.

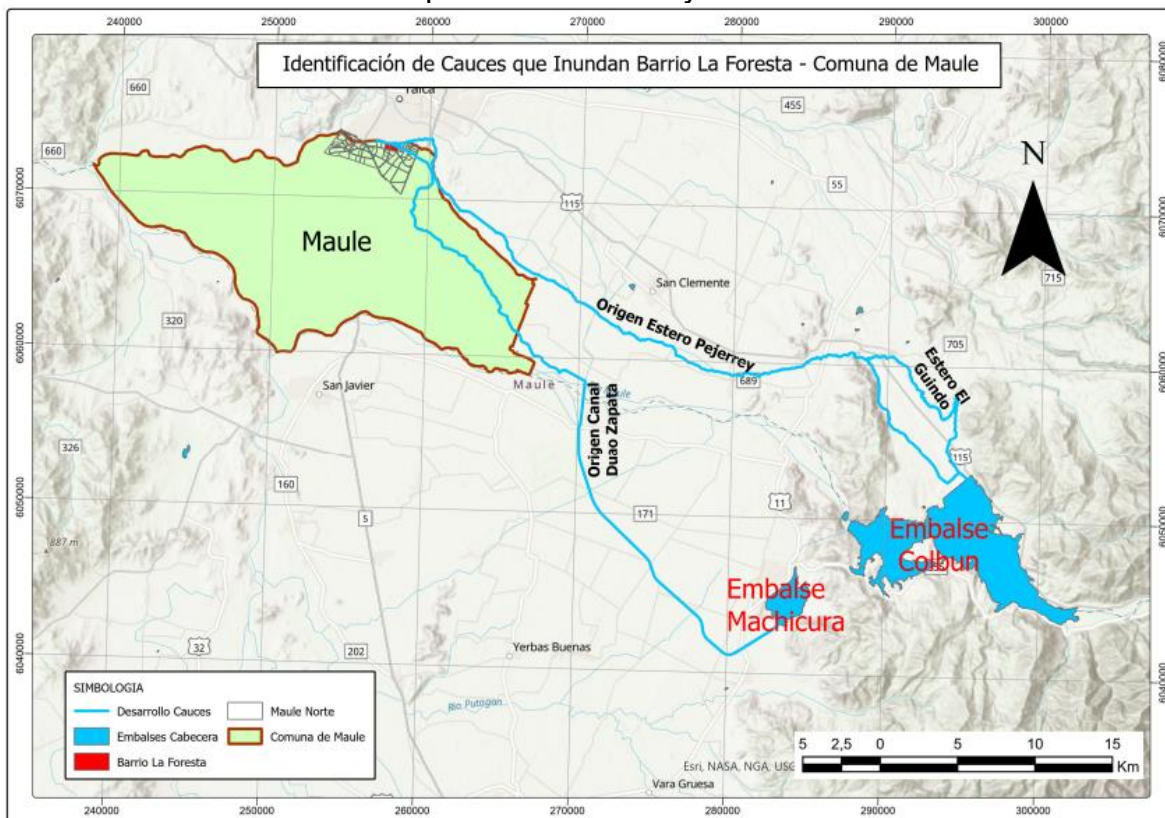


Figura 13. Esquema de Cauces que inundan Barrio La Foresta. Fuente: Elaboración Propia

Mediante la metodología de Fotointerpretación se determinó que El Estero Pejerreyes es el resultado de la confluencia del Estero el Guindo y la Quebrada el Colorado (que tienen como cabecera única el Lago Colbun). Mientras que el Canal Duao Zapata tiene como punto de inicio el Alimentador Norte que recibe sus aguas del Sifón del Río Maule, que a su vez recibe sus aguas del Canal de Devolución proveniente del Embalse Machicura.

Se elaboraron Perfiles de ambos cauces desde sus cabeceras hasta el área de estudio que presenta la problemática de inundación. Los perfiles, alturas y longitud se presentan en los siguientes esquemas.



Figura 14. Perfil Altimétrico Estero Pejerreyes. Fuente: Elaboración Propia.

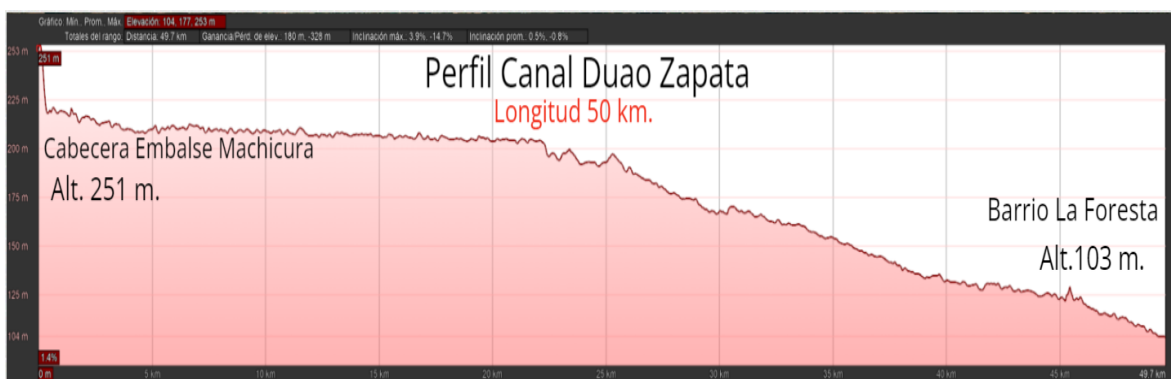


Figura 15. Perfil Altimétrico Canal Duao Zapata. Fuente: Elaboración Propia.

El Estero Pejerreyes y el Canal Duao Zapata confluyen en el sector urbano de Culenar, a esta confluencia se le conoce también como Estero Cajón. Este cauce sigue un trayecto paralelo a la avenida 33 sur hasta finalmente desembocar sus aguas en el Río Claro, se observan conjuntos habitacionales construidos con fecha anterior al Barrio La Foresta que pueden haber sufrido inundaciones. La Cartografía adjunta identifica la confluencia en coincidencia con el área de estudio, al desbordarse, estos caudales entran en contacto con el área de estudio.

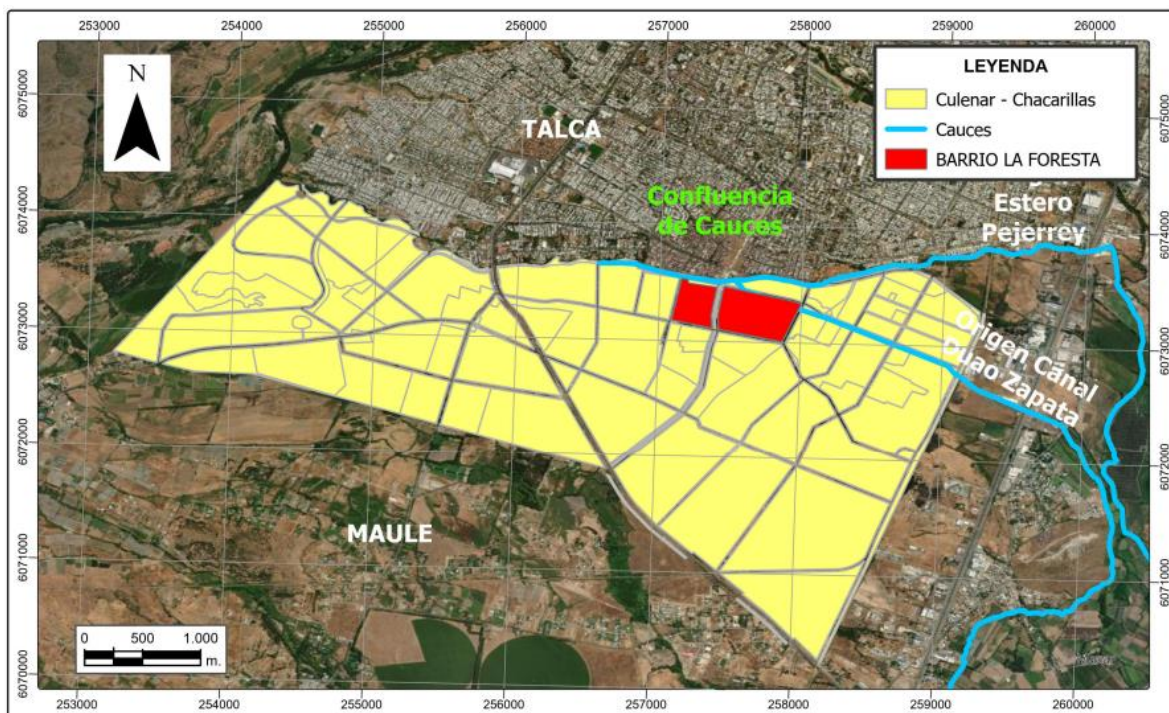


Figura 16. Confluencia de cauces con el área de estudios. Fuente: Elaboración Propia.

AREAS URBANAS E INUNDACIONES

“Efectivamente Chile, por estar ubicado en la zona de subducción de las placas tectónicas de Nazca y de la Continental Sudamericana y por sus características geológicas, topográficas y meteorológicas, ha sido afectado por una amplia gama de desastres. Estos se han derivado de fenómenos naturales como terremotos, maremotos y temporales con sus consecuentes inundaciones, deslizamientos de tierra y avalanchas de nieve, sequías y erupciones volcánicas. A estas calamidades se agregan las catástrofes provocadas por el Hombre, producto de las formas incorrectas de asentamiento humano y el desarrollo tecnológico de la sociedad, tales como incendios urbanos, forestales y otros accidentes mayores.” (Lanza, 1993)

De las comunas de la provincia de Talca, Maule es la que presenta un mayor aumento de su población en el periodo intercensal 2002-2017. En el 2002 se registró una población de 16.837 habitantes, aumentando al año 2017 a 49.721 habitantes, lo que significa una variación positiva de un 195,31%. La explicación a este fenómeno se debe a su localización contigua a la comuna de Talca, que es capital provincial y regional, lo que le confiere un importante peso gravitacional respecto de la atracción y concentración de población. En Maule entre los años 2002 y 2017 existió una importante expansión urbana en la zona de Culenar denominada también Maule Norte. (Consultores, 2021)

El área de estudio es la etapa más reciente y final de una serie de etapas constructivas, por parte de la Constructora Conavicoop. Este proyecto, como muchos viene a responder la demanda por soluciones habitacionales, empujada principalmente por la expansión y cercanía de la capital regional Talca.



Figura 17. Barrio La Foresta – Culenar. Fuente: Google Earth, Web.

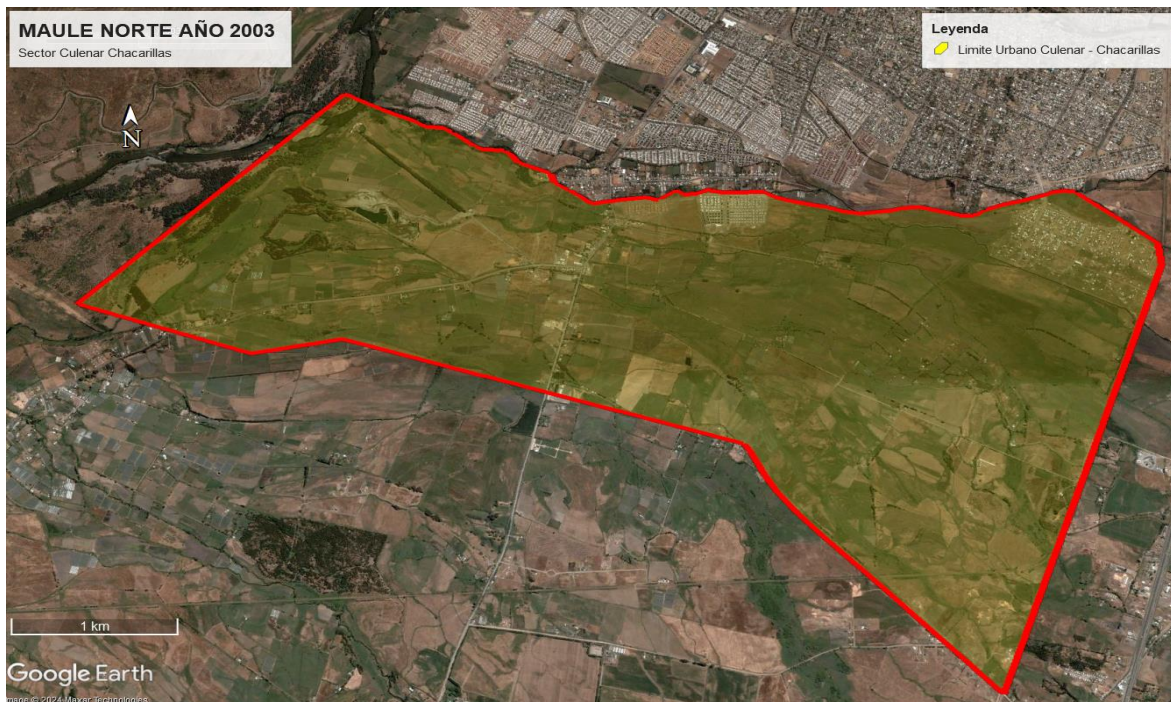


Figura 18. Área Urbana Culenar año 2003. Fuente: Elaboración Propia.

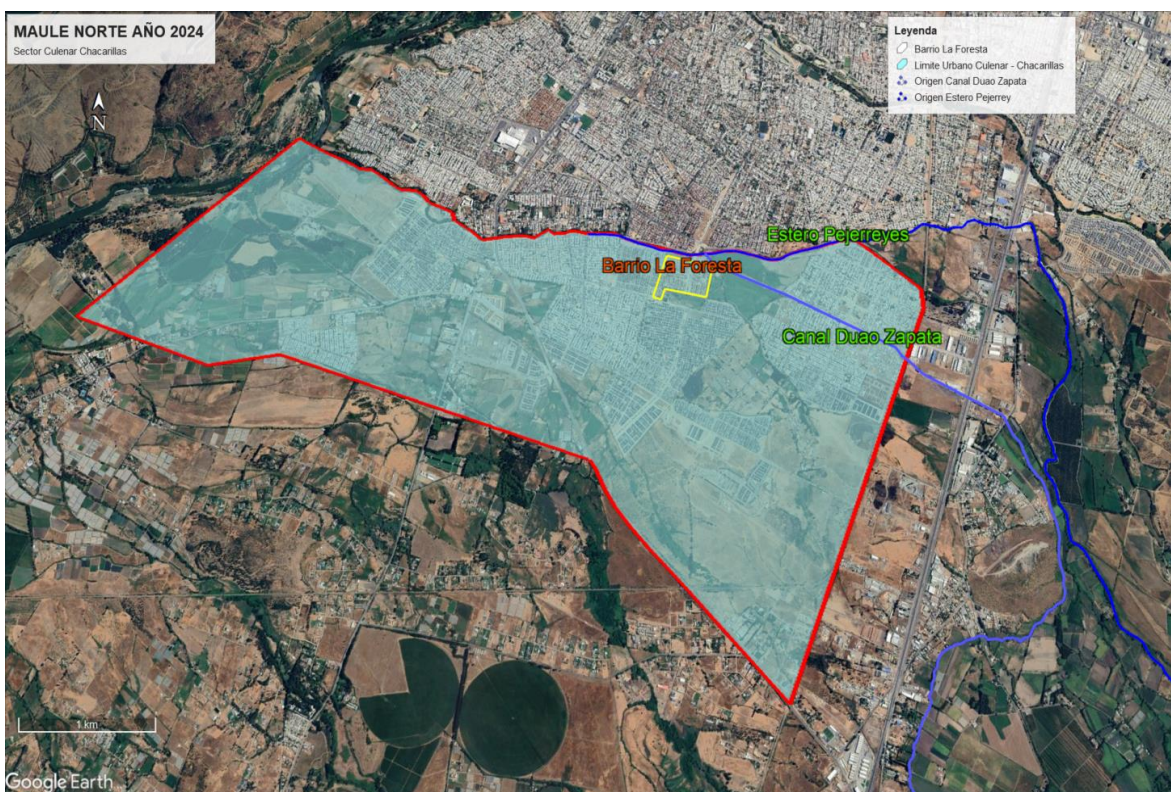


Figura 19. Área Urbana Culenar año 2024. Fuente. Google Earth, Elaboración Propia



Figura 20. Confluencia E. Pejerrey – Duao Zapata. Fuente. Elaboración Propia



Figura 21. Confluencia E. Pejerrey – Duao Zapata. Fuente. Elaboración Propia



Figura 22. Confluencia E. Pejerrey – Duao Zapata. Fuente. Elaboración Propia



Figura 23. Confluencia E. Pejerrey – Duao Zapata. Fuente. Elaboración Propia

Durante la búsqueda de información, encontramos en la página web de la Municipalidad de Maule, un mapa del sector de Culenar – Chacarilla, también conocido como Maule Norte, que complementa el Plan Regulador vigente en la Comuna. En este mapa, se identifican las áreas de riesgo (marcadas en color azul) como zonas inundables o parcialmente inundables. La estimación de riesgo, elaborada por Geólogos está documentada respaldada con productos como: Estudio de Riesgo y Planos para las Zonas Urbanas, dicho estudio fue encargado por la secretaria regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo de la Región del maule, fechado en septiembre de 2017.

Plano PRCM – Maule Norte

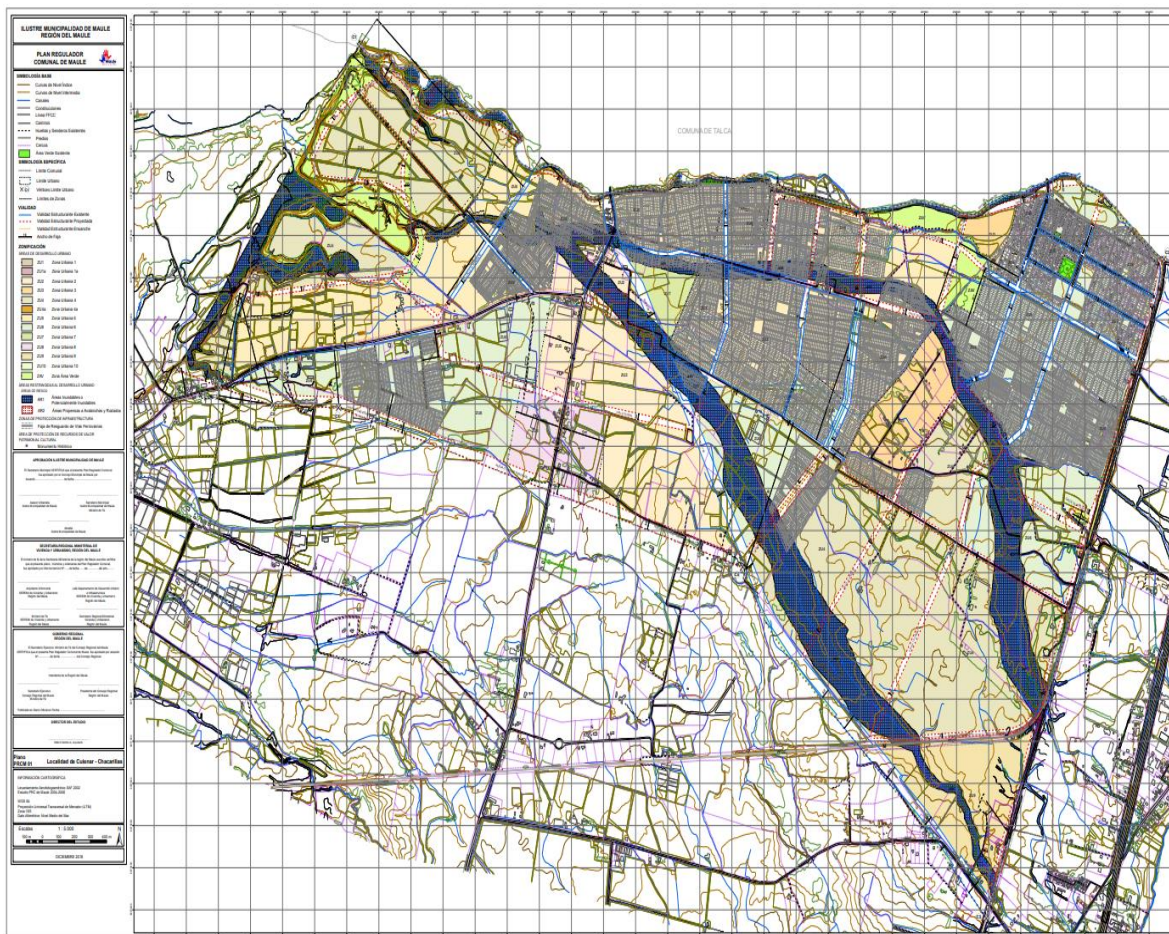


Figura 24. PRCM 01 Maule Norte (Chacarillas). Fuente: Municipalidad de Maule.



Figura 25. Simbología PRCM 01. Fuente: <https://www.comunademaule.cl/home/planregulador.php>

Simultáneamente, para nuestra zona de interés, se elaboró un Modelo de Elevación Digital (DEM, por su sigla en inglés). El DEM corresponde a una matriz que contiene la información topográfica básica de elevación, que permite estimar los parámetros morfométricos utilizando Sistemas de Información Geográfica. Los parámetros morfométricos analizados son: Curvas de Nivel y perfil topográfico del área de estudio. Estos mapas fueron utilizados como apoyo para la identificación del comportamiento y potencial hidráulico de los cauces desde su origen hasta el área de estudio, en donde se genera la problemática a analizar y pueden ser de gran ayuda en la comprensión de las dinámicas de los cauces.

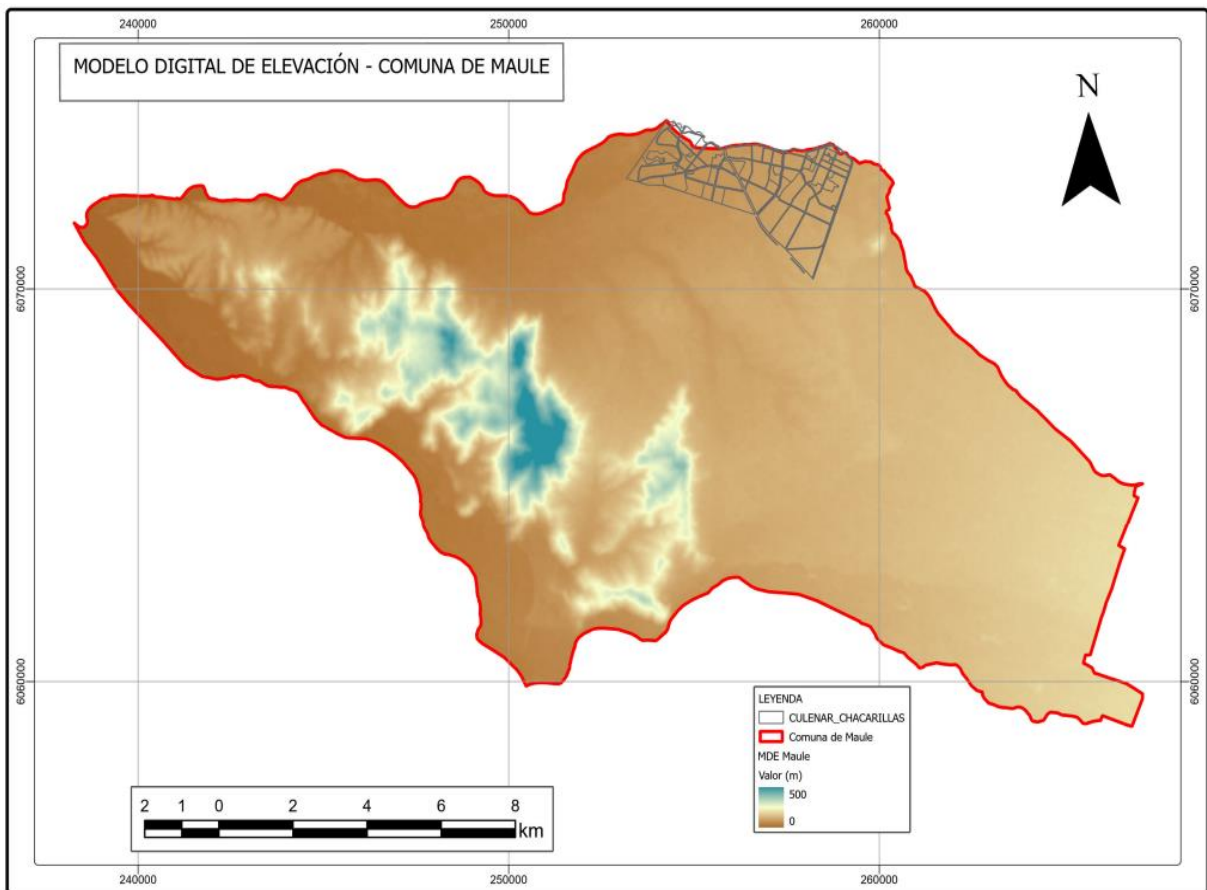


Figura 26. Modelo Digital de Elevaciones Comuna de Maule. Fuente: Elaboración Propia.

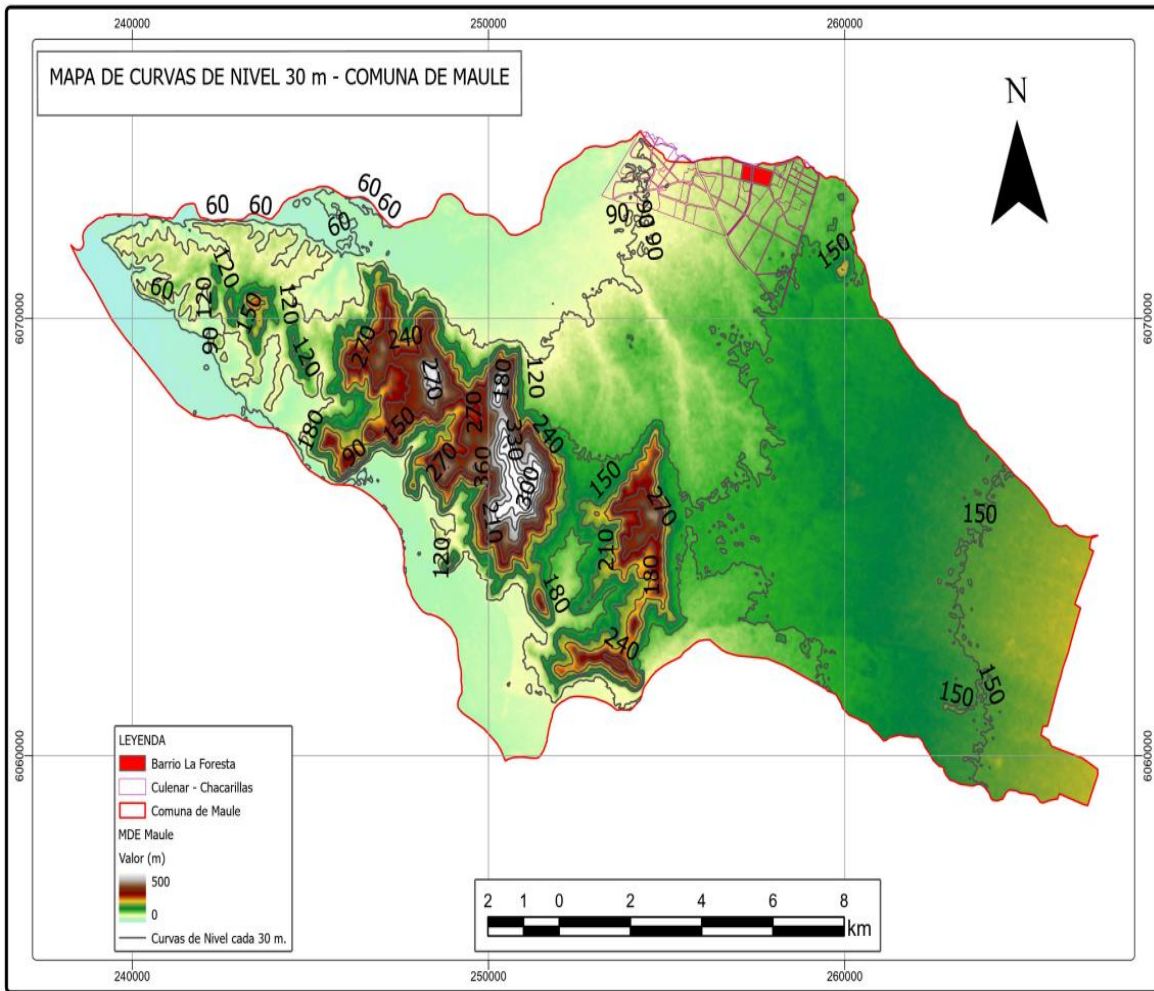


Figura 27. Mapa de Curvas de Nivel Comuna de Maule. Fuente: Elaboración Propia.

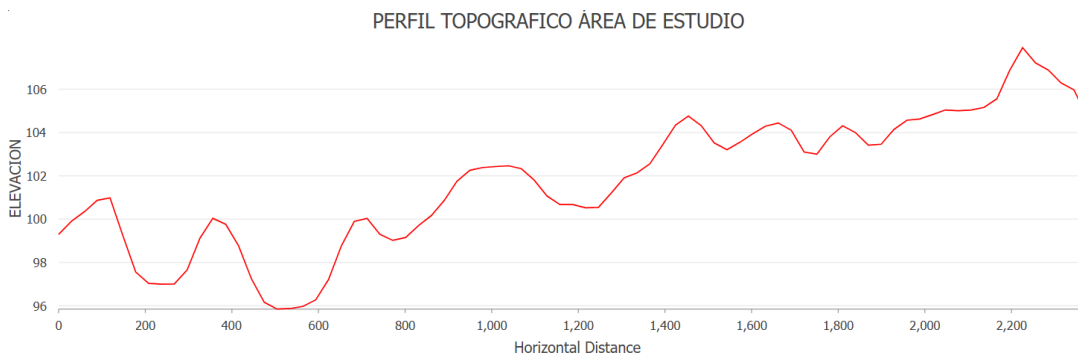


Figura 28. Perfil Topográfico Barrio La Foresta, Fuente. Elaboración Propia

Visita Técnica al Área de Estudio

Se efectuaron visitas de reconocimiento, levantamiento de datos topográficos y fotografías con énfasis en los siguientes objetivos:

1. Identificar el Estero Pejerreyes (Estero el Cajón) y zona urbana colindante correspondiente a la avenida 33 sur.
2. Revisar la fotointerpretación de imágenes aéreas y satelitales del cauce y Barrio La Foresta.
3. Levantamiento de datos topográficos con instrumento GNSS a fin de establecer Puntos de Referencia (PR) y Línea Base.
4. Fotografías del cauce: conformación de su sección y estado actual.

El levantamiento de datos se realizó el 29 de agosto de 2024, compañía del Docente Camilo Rojas P. y el equipo de trabajo conformado por Matías Hernández A, Darío Pávez Díaz y Cristián González P.

Set de Fotografías tomadas el día jueves 29 de agosto de 2024.



Figura 29. Imágenes Levantamiento Área de Estudio. Fuente Elaboración Propia.



Figura 30. Imágenes Levantamiento Área de Estudio. Fuente: Elaboración Propia.

POSIBLES CAUSAS DE DESBORDE DE CAUSES

- 1. Precipitaciones Extremas:** Lluvias intensas y prolongadas, especialmente en el transcurso de eventos meteorológicos extremos, llámense estos Ríos Atmosféricos o fenómenos como el Niño, puede generar un caudal de agua que supere la capacidad calculada del cauce.
- 2. Cambios de Uso de Suelo:** La urbanización descontrolada en áreas cercanas a los canales puede aumentar la escorrentía superficial, causando que mas agua llegue al canal en menor tiempo, lo que contribuye al desborde.
- 3. Erosión de Talud o Márgenes:** La erosión de las orillas del canal debilita su estructura y puede generar colapsos parciales, lo que facilita que el agua se desborde.
- 4. Falta de Mantenimiento:** La acumulación de vegetación, basura y sedimentos reduce la capacidad de conducción, aumentando el riesgo de desbordamientos durante fuertes precipitaciones.
- 5. Obstrucciones o Bloqueos:** La presencia de escombros, objetos sólidos y vegetación que arrastra los cauces aguas arriba e interfieren el flujo del agua que podría provocar desbordes.
- 6. Cambios Climáticos:** El cambio climático esta provocando un aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos, generando caudales mas altos en los cauces de lo que históricamente se había registrado.
- 7. Falta de Sistema de Aguas Lluvias:** La falta de redes primarias y secundarias de colectores en proyectos inmobiliarios podría provocar inundaciones por escorrentía superficial.

RECOMENDACIONES PRELIMINARES PARA LA PROBLEMÁTICA.

1) Revestimiento de Cauces.

Este enfoque integral no solo tiene como fin asegurar la estructura del canal, sino también facilitar y optimizar las labores de mantenimiento y limpieza, ya que minimizaría el riesgo de que el cauce se vea comprometido por la acumulación de desechos o el crecimiento de vegetación indeseada en los márgenes. Al proteger los bordes y reforzar la estructura del canal, se garantizaría un flujo constante de agua sin interrupciones, mejorando la eficiencia hidráulica y prolongando la vida útil del canal. Además, esta solución contribuiría a mitigar el riesgo de inundaciones en el sector La Foresta, ya que el canal mantendría su capacidad para manejar mayores volúmenes de agua durante temporadas de lluvia intensa. En resumen, esta intervención busca ofrecer una solución duradera y eficiente para enfrentar los desafíos actuales de mantenimiento y conservación del Estero Pejerreyes



Figura 31. Canal de Devolución Machicura. Fuente: Hidroeléctrica Colbun.

2) Mantenimiento de Cauces

La acumulación de sedimentos, basura y vegetación puede obstruir los canales, lo que lleva a problemas de inundaciones y disminución de la calidad del agua.

El método más adecuado para realizar la limpieza es con maquinaria especializada (excavadoras, barredoras), ya que con esto se reducen los tiempos y aumenta la eficacia. Uno de los puntos más importantes para que esta recomendación funcione, es que la frecuencia de limpieza debe ser antes y después de una lluvia.



Figura 32. Imagen referencia Mantenimiento de Canal Fuente. Buscadores web.

CONCLUSIÓN

En el área de estudio y en el recorrido de la confluencia del Estero Pejerreyes y Canal Duao Zapata, se concentra una gran cantidad de viviendas que han sufrido daños debido a desbordes por inundación. Aunque no tenemos la certeza sobre la existencia de permisos de edificación para nuevas obras habitacionales, estudios de impacto ambiental que incluyan soluciones para mitigar los riesgos de inundación, u obras de infraestructura de tipo revestimiento de canales o planes de mantención constantes para evitar estas amenazas, es evidente que el sector enfrenta un desafío significativo para proteger la vida de sus habitantes y proteger sus viviendas.

Es crucial resaltar el papel fundamental de los especialistas y las recomendaciones que puedan aportar desde su conocimiento basado en estudios técnicos sólidos. En un contexto de Cambio Climático, estos estudios son esenciales para comprender prevenir los fenómenos que afectan la región.

Además de las soluciones técnicas, es imperativo educar a la población y promover un cambio en los hábitos culturales respecto al cuidado y fragilidad del Medioambiente. Solo con una comunidad informada, consciente de los riesgos y capaz de adaptarse a las nuevas condiciones, se podrá enfrentar de manera efectiva la creciente amenaza de fenómenos climáticos extremos, construyendo una sociedad mas resiliente y preparada para los desafíos del futuro.

BIBLIOGRAFIA

Consultores, N. S. (2021). *PLADECO 2021 - 2025*.

DGA. (1 de 09 de 2024).

<https://dga.mop.gob.cl/acercadeladga/Paginas/default.aspx>. Obtenido de www.dga.mop.gob.cl.

Henriquez, E. L. (2012). *Introduccion a la Climatologia General*. Barranquilla: Universidad de Atalantico.

Indap. (2011). *Manual Basico para la Capacitacion en Gestion de Recursos Hidricos*. Santiago: Ministerio de Agricultura.

Infracon. (2017). *Estudios de Riesgos - PRC Maule*. Santiago: Infracon.

Lanza, R. U. (1993). *Catastrofes en Chile*. Santiago: La Noria.

Mery, H. M., & Neger Schanzer, R. (1986). *Analisis de las Fluctuaciones de Nivel Producida en una obra Hidraulica Durante su Funcionamiento en Regimen Permanente*. Sociedad Chilena de Ingenieria Hidraulica.

Ministerio de Agricultura. (1 de 9 de 2024). www.cnr.gob.cl.

Sernageomin. (2012). *Geologia Para la Reconstrucción*. Subdireccion Nacional de Geologia.

Tarbuck, E. J. (2005). *Ciencias de la Tierra*. Madrid: Pearson.

RESPONDEN EN SEGUNDA ETAPA DEL PROYECTO GEOMATICO.

Sistema de alerta Temprana: responde JVRM y Municipio.

**Control y Coordinación de cierre de Compuertas en Cabeceras:
Responde: COLBUN, JVRM y Canalistas**

Manejo de aguas lluvias; Sistema primario y secundarios de colectores: responde DGA, DOH y MINVU