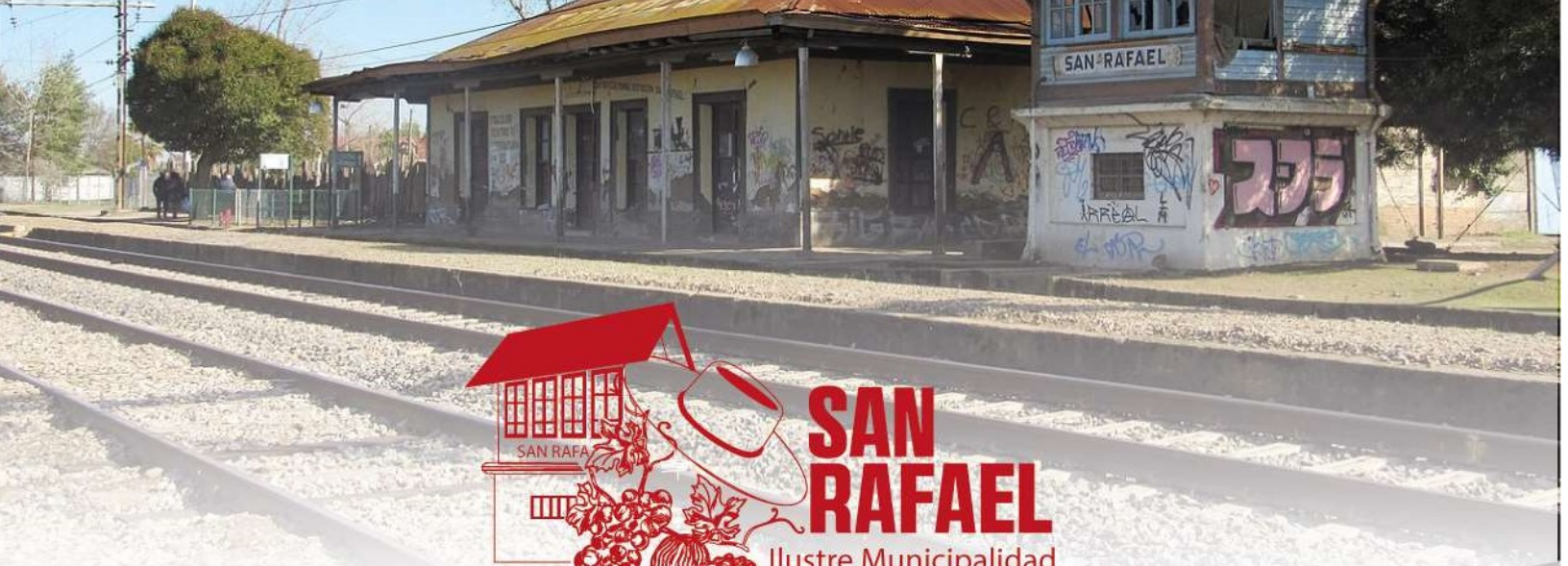


SAN RAFAEL
Ilustre Municipalidad
Tradición y Familia

PLAN DE ACCIÓN COMUNAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

PACCC SAN RAFAEL

PERIODO 2026 –2031

Documento elaborado conforme a la Ley Marco de Cambio Climático N° 21.455 (Art. 12) y a la Guía Metodológica para la elaboración de Planes de Acción Comunal de Cambio Climático (PNUD / Ministerio del Medio Ambiente, 2023)

Coordinación técnica: Equipo Técnico Municipal — Encargado de Medio Ambiente
Mesa Técnica Comunal de Cambio Climático

San Rafael, Región del Maule, Chile — 2026

FICHA TÉCNICA DEL DOCUMENTO

Nombre del instrumento	Plan de Acción Comunal de Cambio Climático (PACCC) — San Rafael 2025–2031
Comuna	San Rafael, Provincia de Talca, Región del Maule
Marco legal	Ley N° 21.455 Marco de Cambio Climático, Art. 12 (publicada 13 de junio de 2022)
Marco metodológico	Guía Metodológica para la Elaboración de PACCC, PNUD / Ministerio del Medio Ambiente (2023)
Instrumentos articuladores	ECLP; NDC 2025; PARCC Maule (anteproyecto 2025); ARClim (MMA/CR2); ODS 13; PLADECO comunal; Plan Regulador Comunal en aprobación
Horizonte de planificación	2026–2031 (operativo); proyecciones de impacto climático al 2050
Periodicidad de revisión	Reporte anual al Concejo Municipal; revisión y actualización integral cada 5 años (Art. 12 Ley 21.455)
Equipo técnico responsable	Equipo Técnico Municipal de Medio Ambiente; Mesa Técnica Comunal con participación de SECPLAN, DIDECO, DAEM, PRODESAL, Departamento Agropecuario, DOM, Medio Ambiente Aseo y Ornato
Aprobación	H. Concejo Municipal de San Rafael (acuerdo de validación) y promulgación mediante Decreto Alcaldicio

PRESENTACIÓN INSTITUCIONAL

La comuna de San Rafael, en el corazón de la Región del Maule, presenta a la ciudadanía y a los organismos del Estado el primer Plan de Acción Comunal de Cambio Climático (PACCC) correspondiente al periodo 2026–2031. Este instrumento responde al mandato establecido en el artículo 12 de la Ley Marco de Cambio Climático N° 21.455, publicada en el Diario Oficial el 13 de junio de 2022, que dispone que las municipalidades deberán elaborar planes de acción comunal de cambio climático, los que serán consistentes con las directrices generales establecidas en la Estrategia Climática de Largo Plazo y en los planes de acción regional de cambio climático.

San Rafael es una comuna rural en la que más del 45% de la población habita en sectores rurales dispersos y cuya base económica descansa en la Agricultura Familiar Campesina (AFC). En este contexto, el cambio climático no es una amenaza abstracta ni futura: la mega sequía iniciada en 2007, los déficits de precipitación que en años recientes han alcanzado un 55% por debajo de la media histórica regional, las olas de calor estivales y la presión sobre los pequeños sistemas de Agua Potable Rural (APR) son hechos cotidianos que ya están reconfigurando los modos de vida y la economía local.

El presente PACCC ha sido elaborado por el Equipo Técnico Municipal de la Ilustre Municipalidad de San Rafael en coordinación con la Mesa Técnica Comunal de Cambio Climático y con la participación de organizaciones territoriales y funcionales, juntas de vecinos, comités y cooperativas de Agua Potable Rural, programas de PRODESAL, establecimientos educacionales municipales, y servicios públicos con presencia territorial. Su contenido se construye sobre la base de información oficial proveniente del Censo 2017 (INE), proyecciones climáticas del Atlas de Riesgos Climáticos ARClim (MMA/CR2/CCG-UC), del anteproyecto del Plan de Acción Regional de Cambio Climático del Maule (PARCC Maule, GORE Maule/FAO/IDOM 2025) y de los antecedentes territoriales propios de la comuna.

Con su aprobación por parte del Honorable Concejo Municipal y su posterior promulgación mediante Decreto Alcaldicio, este Plan se constituye en el instrumento rector de la acción climática local de San Rafael, articulando catorce medidas codificadas, organizadas en tres ejes estratégicos —Adaptación, Mitigación y Transversal— y con un sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) que permitirá rendir cuenta pública de avances en los hitos definidos para los años 2026 y 2031.

Este Plan reafirma el compromiso de la comuna de San Rafael con el desarrollo sustentable, con la protección de su territorio y de quienes lo habitan, y con la transición justa hacia un modelo bajo en emisiones, resiliente al cambio climático y respetuoso de la ruralidad y de la riqueza ambiental que sostienen la identidad comunal.

Equipo Técnico Municipal — Encargado de Medio Ambiente
Ilustre Municipalidad de San Rafael
San Rafael, 2026

RESUMEN EJECUTIVO

Naturaleza del instrumento

El Plan de Acción Comunal de Cambio Climático (PACCC) de San Rafael, periodo 2026–2031, es el instrumento de planificación local mediante el cual la Ilustre Municipalidad de San Rafael aborda los desafíos del cambio climático en su territorio. Constituye la respuesta comunal a la obligación establecida en el artículo 12 de la Ley N° 21.455, alineada con la Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP), la Contribución Determinada a Nivel Nacional 2025 (NDC) y el Plan de Acción Regional de Cambio Climático del Maule (PARCC Maule, anteproyecto 2025).

Diagnóstico territorial sintético

San Rafael cuenta con una superficie de 263,5 km² y una población de 9.191 habitantes según el Censo 2017, proyectada a 11.338 habitantes hacia el año 2040. Su economía se sustenta principalmente en la Agricultura Familiar Campesina (AFC) y en cultivos frutales, cereales, viñas, hortalizas y plantaciones forestales que ocupan, en conjunto, más del 80% de la superficie comunal cultivable. La comuna presenta un 45,9% de población rural, una alta dependencia de seis comités y cooperativas de Agua Potable Rural (APR) denominadas actualmente SSR Servicio sanitario rural, y un creciente conflicto socioambiental asociado al relleno sanitario El Retamo en el sector Alto Pangue.

Proyecciones climáticas al 2050

Las proyecciones del Atlas de Riesgos Climáticos ARClim para el escenario RCP8.5 (periodo 2035–2065) y del PARCC Maule indican para la comuna y su entorno regional un aumento de temperatura media anual de entre 1,2°C y 1,4°C, con incrementos de 2 a 3°C en máximas estivales y al menos 20 días adicionales por año con temperatura superior a 30°C. Las precipitaciones medias anuales descenderán desde la línea base de 733 mm (1980–2010) hasta cerca de 616 mm hacia 2050, lo que representa una reducción cercana al 16%. Los caudales superficiales del río Claro —principal recurso hídrico comunal— se reducirán entre un 10% y un 40%, profundizando la mega sequía estructural ya observada desde 2007.

Riesgos prioritarios identificados

Sobre la base del análisis IPCC (Amenaza × Exposición × Sensibilidad ÷ Capacidad Adaptativa) y del análisis participativo realizado, se identifican seis sistemas afectados, con dos en nivel de riesgo MUY ALTO: la Agricultura Familiar Campesina (AFC) y los sistemas de Agua Potable Rural (APR). En nivel ALTO se ubican la salud humana (especialmente adultos mayores y niños), la biodiversidad y bosque nativo asociado a riberas, y la gestión de residuos sólidos. En nivel MEDIO se identifica la infraestructura urbana y vial expuesta a precipitaciones intensas localizadas.

Estructura del plan: tres ejes y catorce medidas

El plan se estructura en tres ejes estratégicos que organizan catorce medidas codificadas:

- Eje de Adaptación (siete medidas codificadas SR-A1 a SR-A7): seguridad hídrica, AFC resiliente, salud climática, gestión de incendios y emergencias, protección de biodiversidad y riberas, infraestructura resiliente y educación ambiental territorial.
- Eje de Mitigación (tres medidas codificadas SR-M1 a SR-M3): gestión de residuos sólidos y economía circular, energías limpias y movilidad activa, eficiencia energética en edificios municipales y residencial.
- Eje Transversal (cuatro medidas codificadas SR-T1 a SR-T4): gobernanza climática y Mesa Técnica Comunal, participación ciudadana y educación, financiamiento climático y postulaciones, monitoreo, reporte y verificación (MRV).

Inventario simplificado de gases de efecto invernadero (GEI)

El inventario comunal preliminar de gases de efecto invernadero (GEI) (versión 2, 2025), elaborado bajo la metodología IPCC Tier 1, estima que las emisiones netas anuales de la comuna se sitúan en un rango de 14.000 a 18.000 toneladas de CO_2 equivalente (tCO_2e).El perfil de emisiones comunal está concentrado principalmente en tres sectores: Energía residencial y comercial: Representa una de las fuentes mayoritarias debido al uso intensivo de leña y combustibles fósiles destinados a la calefacción. Transporte: Vinculado al flujo vehicular particular y de pasajeros, impulsado por la conectividad local con Talca y el tránsito de la Ruta 5 Sur. Agricultura y uso de la tierra: Sector caracterizado por la generación de metano entérico, la aplicación de fertilización nitrogenada y la gestión de residuos agrícolas. Los valores presentados constituyen una estimación preliminar y actualmente están sujetos a un proceso de verificación y contraste con los registros de las fuentes oficiales pertinentes, tales como la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Ministerio de Agricultura (MINAGRI).

Hitos de cumplimiento 2026–2031

El plan establece dos hitos intermedios de cumplimiento (2027 y 2031) con indicadores cuantificables para cada medida. Entre las metas más relevantes se encuentran: (a) reducir en un 25% el consumo energético de los edificios municipales más demandantes hacia 2031, alineado con la NDC 2025; (b) instalar al menos 50 acumuladores de agua intraprediales para AFC mediante INDAP/CNR/PRODESAL hacia 2027; (c) reforestar y proteger al menos 15 hectáreas de riberas del río Claro y esteros con especies nativas; y (d) duplicar los puntos verdes operativos de la comuna y formalizar el plan comunal de gestión de residuos.

Financiamiento previsto

Las medidas se financiarán de forma combinada mediante recursos municipales, programas sectoriales (INDAP, PRODESAL, CONAF, CNR, MOP/DOH, AgenciaSE), Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), Programa de Mejoramiento Urbano (PMU), Fondo de Protección Ambiental (FPA-MMA), y mecanismos privados como contratos ESCO para eficiencia energética. La justificación técnica y la cuantificación cualitativa de cada medida se desarrollan en el Capítulo 5 del presente plan.

ÍNDICE GENERAL

FICHA TÉCNICA DEL DOCUMENTO
PRESENTACIÓN INSTITUCIONAL
RESUMEN EJECUTIVO
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y MARCO NORMATIVO
1.1 Contexto comunal y propósito del PACCC
1.2 El cambio climático: definición y dimensión global
1.3 Ley Marco de Cambio Climático N° 21.455
1.4 Instrumentos de planificación climática
1.5 Contribución Determinada a Nivel Nacional 2025 (NDC)
1.6 Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP)
1.7 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y ODS 13
1.8 Gases de efecto invernadero (GEI)
1.9 Riesgo climático: amenaza, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa
CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO
2.1 Antecedentes y enfoque
2.2 Proceso metodológico en cinco fases
2.3 Mesa Técnica Comunal y participación ciudadana
2.4 Cabildos y cartografía participativa
CAPÍTULO 3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN
3.1 Contexto territorial
3.2 Antecedentes sociodemográficos
3.3 Antecedentes climáticos línea base
3.4 Aspectos hidrológicos
3.5 Proyecciones climáticas al 2050 (ARClim/PARCC Maule)
3.6 Áreas verdes y biodiversidad
3.7 Inventario simplificado de GEI versión 2
CAPÍTULO 4. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS PARTICIPATIVO

4.1 Análisis de amenazas locales
4.2 Matriz de riesgo climático por sistema afectado
4.3 Resultados del proceso participativo
4.4 Perfil climático de la comuna y crisis socioambiental
CAPÍTULO 5. PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA
5.1 Visión, misión y principios orientadores
5.2 Ejes estratégicos y catorce medidas codificadas
5.3 Fichas técnicas de medidas SR-A1 a SR-A7 (Adaptación)
5.4 Fichas técnicas de medidas SR-M1 a SR-M3 (Mitigación)
5.5 Fichas técnicas de medidas SR-T1 a SR-T4 (Transversal)
5.6 Tabla consolidada de medidas y financiamiento
CAPÍTULO 6. ARTICULACIÓN CON INSTRUMENTOS REGIONALES
6.1 Coherencia con el PARCC Maule (anteproyecto 2025)
6.2 Articulación con instrumentos comunales (PLADECO, PRC)
CAPÍTULO 7. FINANCIAMIENTO Y MEDIOS DE IMPLEMENTACIÓN
7.1 Mapa de fuentes de financiamiento
7.2 Tabla resumen de financiamiento por medida
CAPÍTULO 8. SISTEMA DE MONITOREO, REPORTE Y VERIFICACIÓN (MRV)
8.1 Indicadores y línea de base
8.2 Hitos 2027 y 2031
8.3 Reporte anual al Concejo Municipal
CAPÍTULO 9. GOBERNANZA Y APROBACIÓN INSTITUCIONAL
9.1 Estructura de gobernanza local
9.2 Acuerdo del Concejo Municipal y Decreto Alcaldicio
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES
ANEXOS
Anexo 1. Cuestionario de percepción ciudadana
Anexo 2. Pauta de grupo focal comunitario

Anexo 3. Encuesta para niñas y niños de las escuelas
Anexo 4. Tabla extendida de medidas regionales del Maule (insumo PARCC)
Anexo 5. Glosario y siglario

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y MARCO NORMATIVO

1.1 Contexto comunal y propósito del PACCC

San Rafael es una comuna que debe su origen a un villorrio con casas de adobe y paja que comenzó a poblarse a mediados del siglo XIX, en el antiguo camino longitudinal sur. Sus terrenos formaron parte de la antigua Hacienda San Rafael. A partir de 1955 su actividad creció por la separación de la comuna de Pelarco, estableciéndose por ley la actual comuna de San Rafael. Se ubica en la Provincia de Talca, Región del Maule, limitando al norte con Sagrada Familia y Molina, al sur con Pelarco y Talca, al oeste con Pencahue y al este con Río Claro.

En cuanto a la red vial, San Rafael se encuentra interceptada por la Carretera 5 Sur, que recorre la comuna desde Alto Pangue por el sur hasta Los Maquis por el norte. Las vías estructurantes están conformadas por la ruta K-405, que colinda con la Plaza de Armas, la Ilustre Municipalidad de San Rafael, el Centro de Salud Familiar, el Juzgado de Policía Local y el Registro Civil. Junto a estas, las rutas K-40, K-410, K-409 y K-440 articulan la conectividad rural de la comuna con las localidades aledañas y con la capital regional.

La elaboración del Plan de Acción Comunal de Cambio Climático (PACCC) constituye un instrumento que tiene por objetivo identificar los riesgos climáticos presentes y proyectados en la comuna de San Rafael, estableciendo medidas de adaptación y mitigación a corto, mediano y largo plazo. Este Plan asume el compromiso de proteger a la población local frente a los efectos del cambio climático mediante decisiones informadas técnicamente y validadas socialmente, dando cumplimiento al mandato de la Ley N° 21.455 e incorporando los lineamientos del nivel regional y nacional.

El cambio climático puede ser definido, conforme al Ministerio del Medio Ambiente, como una variación que se está registrando en el clima del planeta, atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, y que altera la composición de la atmósfera. Esto afecta no solo a nivel mundial: Chile es un país especialmente vulnerable al cambio climático por aumento de temperaturas, alteración del régimen de precipitaciones, erosión de costas y pérdida de biodiversidad, entre otros impactos.

Estos efectos se materializan en los territorios afectando a la salud humana, la flora y la fauna. En buena parte, ello se origina en el desconocimiento social respecto de las medidas de mitigación que pueden adoptarse en lo cotidiano para cuidar el medio ambiente. Algunos ejemplos relevantes en el contexto comunal son la contaminación por aguas servidas, los residuos voluminosos, la presencia de plaguicidas en cursos de agua y los microbasurales. Por ello, este Plan invita a concientizar a la comunidad y a tomar acciones con el objetivo de avanzar hacia una comuna verde y sustentable, en la que San Rafael asume compromisos concretos con el medio ambiente.

1.2 El cambio climático: definición y dimensión global

El cambio climático se puede definir, según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), como una importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un periodo prolongado y que se puede atribuir a procesos naturales o antropogénicos. El IPCC fue creado en 1988 con la finalidad de facilitar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático. Su principal labor consiste en la evaluación periódica del estado del conocimiento científico internacional, entregando informes que sintetizan los resultados disponibles. El panel elabora informes especiales y documentos técnicos sobre temas considerados relevantes para entregar información y asesoramiento científico independiente, y respalda a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y a sus gobiernos.

Un actor relevante dentro del cambio climático son los Gases de Efecto Invernadero (GEI), que pueden definirse como un fenómeno natural que ayuda a mantener el nivel medio de temperatura en la superficie del planeta. Estos gases están presentes en la atmósfera y atrapan parte de la energía solar, calentando la superficie del planeta. Dentro de las actividades humanas hay acciones que liberan estos gases en forma de contaminación, aumentando su presencia atmosférica y provocando el aumento de la temperatura media de la Tierra. La composición principal de los GEI incluye dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxidos nitrosos (N_2O) y vapor de agua, además de gases industriales como hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, hexafluoruro de azufre y trifluoruro de nitrógeno.

En Chile, las emisiones o absorciones de GEI provienen principalmente de los sectores de energía, procesos industriales, agricultura, uso de la tierra y cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), y residuos. El cambio climático en Chile ha experimentado cambios significativos: aumento de temperaturas, olas de calor en varias comunas, bajas precipitaciones que ocasionan sequías y, de forma contraria, aumentos puntuales que han provocado inundaciones y aluviones.

En la comuna de San Rafael estos efectos se evidencian en la degradación del uso de suelo (clases V, VI, VII y VIII en parte del territorio), en la contaminación por plaguicidas presente en el Valle del Maule, en la contaminación por aguas servidas vertidas en cauces que afectan suelos y napas subterráneas, y en la contaminación derivada del relleno sanitario, que afecta a la localidad de Alto Pangue. Esta última se manifiesta en polvo en suspensión por el tránsito de camiones recolectores, derrame de líquidos percolados y malos olores. A ello se suman la contaminación por residuos voluminosos, residuos sólidos domiciliarios y microbasurales en zonas periféricas y rurales.

1.3 Ley Marco de Cambio Climático N° 21.455

La Ley Marco de Cambio Climático (Ley N° 21.455) fue publicada en el Diario Oficial el 13 de junio de 2022, constituyendo el marco jurídico que tiene por finalidad alcanzar y mantener la neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero al año 2050. Su objeto es hacer frente al cambio climático, transitar hacia un desarrollo bajo en emisiones de GEI y otros forzantes climáticos, adaptarse al cambio climático reduciendo la vulnerabilidad y aumentando la resiliencia, y dar cumplimiento a los compromisos internacionales asumidos por Chile.

La ley establece instrumentos de gestión de nivel nacional, regional y local. A nivel nacional figuran la Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP) —reconocida en el Acuerdo de París y con un horizonte de 30 años— y la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), que contiene los compromisos de Chile ante la comunidad internacional en materia de mitigación y adaptación. A nivel regional, los gobiernos regionales deben elaborar Planes de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC). A nivel local, el artículo 12 dispone:

> *Las municipalidades deberán elaborar planes de acción comunal de cambio climático, los que serán consistentes con las directrices generales establecidas en la Estrategia Climática de Largo Plazo y en los planes de acción regional de cambio climático. — Ley N° 21.455, artículo 12.*

La Contribución Determinada a Nivel Nacional contiene los compromisos de Chile ante la comunidad internacional en mitigación y adaptación al cambio climático, en concordancia con el Acuerdo de París y la CMNUCC. Chile presentó su primera Contribución Nacional Tentativa en 2015, tras la ratificación del Acuerdo de París. Las actualizaciones de 2017, 2018 y 2019 culminaron en un documento actualizado en marzo de 2020, en el cual se establecieron compromisos en torno a mitigación de GEI, adaptación, ecosistemas, fortalecimiento de capacidades y financiamiento.

Asimismo, la Ley N° 21.455 establece definiciones y conceptos clave como mitigación, adaptación, neutralidad de emisiones, vulnerabilidad climática y medios de implementación, todos los cuales constituyen el marco conceptual aplicable al presente PACCC.

1.4 Instrumentos de planificación climática

Para mitigar las consecuencias del cambio climático, los Estados disponen de instrumentos que permiten organizar la acción a nivel nacional, regional y local. Entre los instrumentos relevantes destacan la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que entró en vigor en 1994 con el objetivo de estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera y permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente; el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), que define objetivos, metas e indicadores de vulnerabilidad y adaptación a nivel nacional; el Acuerdo de París, suscrito en la

COP21 de 2015, marco de implementación bajo el cual cada país asume compromisos a través de las NDC y de las ECLP; y los Planes Sectoriales de Mitigación y Adaptación, que definen acciones específicas por sector productivo o de gestión.

En la siguiente tabla se sintetiza la jerarquía de instrumentos de planificación climática y su articulación con el PACCC de San Rafael:

Nivel	Instrumento	Horizonte	Vínculo con PACCC San Rafael
Internacional	CMNUCC; Acuerdo de París; Agenda 2030 ODS	Permanente	Marco de referencia global; especialmente ODS 13 (Acción por el Clima) que orienta la acción local
Nacional	Ley N° 21.455; ECLP; NDC 2025; PNACC	Largo plazo (2050)	Mandato directo (Art. 12); meta nacional de neutralidad al 2050; reducción 25% carbono negro a 2030
Regional	PARCC Maule (anteproyecto 2025); ARClim; Estrategia Regional de Desarrollo	2025–2030; proyecciones a 2050	Coherencia obligatoria; PACCC San Rafael adopta amenazas y proyecciones del PARCC y aporta a metas regionales
Comunal	PACCC San Rafael; PLADECO; Plan Regulador Comunal	2026–2031 (PACCC)	Instrumento comunal climático; debe articular y dialogar con los demás instrumentos territoriales

1.5 Contribución Determinada a Nivel Nacional 2025 (NDC)

En el año 2015 Chile presentó su primera Contribución Nacional, la cual debe llevar una actualización en el transcurso de los años. Dentro de las actualizaciones, en 2020 se establecieron compromisos para mitigar los Gases de Efecto Invernadero, así como para adaptación, ecosistemas y otros componentes.

En el año 2025, dentro del anteproyecto de actualización, Chile incorpora la componente subnacional como uno de los instrumentos de gestión más relevantes del país para dar cumplimiento a sus compromisos climáticos, involucrando a los gobiernos regionales y locales. En lo que respecta a la mitigación de emisiones, la Ley Marco de Cambio Climático establece una meta nacional de neutralidad a más tardar en 2050, señalando como medidas de mitigación la reducción de al menos un 25% de las emisiones de carbono negro a 2030, la disminución de la cantidad de residuos generados por pérdida y desperdicio de alimentos, y otras metas sectoriales.

El PACCC de San Rafael se inscribe explícitamente en este componente subnacional, asumiendo compromisos comunales que tributan a las metas nacionales en materia de eficiencia energética en edificios públicos, transición a energías renovables no convencionales, gestión de residuos, valorización

orgánica, conservación de sumideros naturales (riberas, vegetación nativa, suelos agrícolas) y reducción del consumo de leña como combustible residencial.

1.6 Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP)

La Estrategia Climática de Largo Plazo puede definirse como el instrumento que define los lineamientos que seguirá Chile, de forma transversal e integrada, durante un horizonte de 30 años, para hacer frente al cambio climático y alcanzar y mantener la neutralidad de emisiones. Chile presentó en la COP26 (Glasgow, 2021) su ECLP, buscando consolidar la visión de Estado para enfrentar el cambio climático y cumplir con lo establecido en el artículo 4(19) del Acuerdo de París. La ECLP es uno de los compromisos más importantes del país, estableciendo metas, objetivos y lineamientos de largo plazo reflejados en acciones de mitigación y adaptación.

Algunos de los objetivos centrales de la ECLP son: disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero; aumentar y mantener los sumideros de carbono, entendidos como depósitos que capturan, absorben y almacenan más dióxido de carbono del que emiten; impulsar una transición justa hacia un desarrollo bajo en carbono; y fortalecer la resiliencia frente a los impactos climáticos en sistemas humanos y naturales. Los sumideros de carbono naturales —bosques, suelos y océanos— captan dióxido de carbono atmosférico mediante procesos biológicos como la fotosíntesis, lo transforman en carbono particulado y lo almacenan.

En el contexto comunal, la conservación de bosques nativos, la reforestación de riberas, la promoción de prácticas agroecológicas y la valorización de los suelos agrícolas como reservorios de carbono son contribuciones directas de San Rafael a las metas de la ECLP.

1.7 Objetivos de Desarrollo Sostenible y ODS 13

La Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible fue aprobada en septiembre de 2015 por la Organización de Naciones Unidas, con metas a cumplir hasta 2030. Consta de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas. Chile, como uno de los 193 países miembros, comprometió el cumplimiento de este nuevo programa de desarrollo. El ODS 13 — Acción por el Clima abarca aspectos que buscan incorporar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en planes, programas y estrategias a nivel nacional, regional y local.

El presente PACCC contribuye especialmente a las metas del ODS 13 (Acción por el Clima), ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento), ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles), ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres) y ODS 7 (Energía Asequible y No Contaminante), conforme se detalla en las fichas de las medidas del Capítulo 5.



1.8 Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Las alteraciones del cambio climático se producen, en buena medida, por actividades humanas que liberan grandes cantidades de gases en la atmósfera. Los gases de efecto invernadero alteran el equilibrio natural del planeta: cubren la Tierra atrapando el calor del sol, conduciendo al calentamiento global y al cambio climático. El problema se origina cuando la cantidad de estos gases aumenta más allá del equilibrio natural, modificando el comportamiento del clima.

Los principales gases de efecto invernadero son el vapor de agua (H_2O); el dióxido de carbono (CO_2); el metano (CH_4); los óxidos de nitrógeno (NOx) y particularmente el óxido nitroso (N_2O); el ozono (O_3); el trifluorometano (CHF_3); el hexafluoroetano (C_2F_6); el hexafluoruro de azufre (SF_6) y compuestos clorofluorocarbonados como el triclorofluorometano (CFC-11). Los gases naturales —vapor de agua, CO_2, CH_4, N_2O y O_3— son parte de la composición atmosférica y son indispensables para la vida; el problema surge con la concentración derivada de la actividad humana.

La Ley Marco de Cambio Climático N° 21.455, en su artículo 1, señala que la ley tiene por objeto hacer frente a los desafíos que presenta el cambio climático, transitar hacia un desarrollo bajo en emisiones de gases de efecto invernadero y otros forzantes climáticos, hasta alcanzar y mantener la neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero al año 2050, adaptarse al cambio climático, reduciendo la

vulnerabilidad y aumentando la resiliencia a los efectos adversos del cambio climático, y dar cumplimiento a los compromisos internacionales asumidos por el Estado de Chile en la materia.

En Chile, las principales fuentes de emisión provienen del sector Energía, debido a la quema de combustibles fósiles para generación eléctrica, transporte y calefacción residencial; del sector Agricultura (metano entérico, fertilización nitrogenada); del sector Industria (procesos industriales); del sector Residuos (rellenos sanitarios y aguas servidas); y de Uso de la Tierra y Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) *(Ministerio del Medio Ambiente [MMA], 2024)* Esta misma estructura sectorial se reproduce, en forma simplificada, en el inventario comunal de San Rafael presentado en el Capítulo 3.

1.9 Riesgo climático: amenaza, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa

Conforme al marco analítico del IPCC, el riesgo climático (R) de un sistema o territorio se entiende como la combinación de tres factores: la amenaza climática (A) propiamente tal —por ejemplo, una sequía, una ola de calor o un incendio—; la exposición (E) de personas, infraestructura y ecosistemas a esa amenaza; y la vulnerabilidad (V), determinada a su vez por la sensibilidad (S) del sistema y por su capacidad adaptativa (CA). Esquemáticamente: $R = A \times E \times (S \div CA)$.

Este marco constituye la base del análisis diagnóstico del Capítulo 4 del presente PACCC y permite jerarquizar los sistemas comunales más críticos en función de información objetiva (proyecciones ARClim, datos territoriales propios) y subjetiva (percepción comunitaria, memoria histórica del clima).

Definiciones clave aplicadas

Concepto	Definición operativa aplicada en este PACCC
Amenaza climática	Manifestación del clima que puede causar daño: sequía prolongada, ola de calor, helada extemporánea, precipitación intensa concentrada, incendio forestal
Exposición	Presencia de personas, viviendas, infraestructura, cultivos o ecosistemas en zonas susceptibles a la amenaza (por ejemplo, viviendas cercanas a canales en Pangue Arriba, predios AFC dependientes del río Claro)
Sensibilidad	Grado en el cual el sistema sufre daño cuando la amenaza efectivamente ocurre (por ejemplo, dependencia exclusiva de un SSR sin fuente alternativa eleva la sensibilidad)
Capacidad adaptativa	Capacidad del sistema o de la comunidad para anticipar, ajustarse o recuperarse de los impactos (acceso a programas como PRODESAL, organización vecinal, formación, recursos)
Riesgo climático	Resultado de combinar los anteriores; clasificado en cuatro niveles: BAJO, MEDIO, ALTO, MUY ALTO. Determina la prioridad de medidas en este Plan

Mitigación	Acciones para reducir las emisiones de GEI o aumentar las capturas de carbono (eficiencia energética, transporte limpio, gestión de residuos, conservación de sumideros)
Adaptación	Ajustes de los sistemas humanos y naturales frente a los efectos actuales o esperados del cambio climático para reducir daños o aprovechar oportunidades

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Antecedentes y enfoque

El presente PACCC se ha elaborado siguiendo la Guía Metodológica para la Elaboración de Planes de Acción Comunal de Cambio Climático (PNUD/MMA, 2023), que estructura el proceso en cinco fases secuenciales y articuladas. El enfoque metodológico adoptado por la Ilustre Municipalidad de San Rafael combina cuatro principios orientadores que se aplican de modo transversal a todas las fases:

- Enfoque territorial: el plan parte del reconocimiento de las particularidades de San Rafael —su ruralidad, su base productiva en AFC, sus seis comités de SSR, su conflicto socioambiental con el relleno El Retamo y el conjunto de localidades dispersas que conforman el territorio comunal— y construye sobre estas particularidades en lugar de aplicar fórmulas genéricas.
- Enfoque participativo: la Mesa Técnica Comunal y los espacios de participación ciudadana (cabildos, grupos focales, encuestas a niños y niñas) operan como fuentes de información y como espacios de validación social del plan.
- Enfoque basado en evidencia: las proyecciones climáticas se obtienen de fuentes oficiales (ARClim del MMA/CR2; PARCC Maule; Base Digital del Clima Comunal de Chile; INE; Modelación Hidroeconómica Cuenca del Río Maule). Se evita el uso de datos no verificables y se documenta la procedencia de cada cifra mediante codificación de fuentes.
- Enfoque de género e inclusión: en todas las instancias participativas se ha procurado el equilibrio de género y la incorporación específica de adultos mayores, mujeres rurales, niñas y niños, y dirigentes vecinales, considerando que el cambio climático impacta diferencialmente a estos grupos.

2.2 Proceso metodológico en cinco fases

El proceso de elaboración del PACCC, conforme a la Guía PNUD/MMA 2023 y adaptado a la realidad institucional de San Rafael, se ha estructurado en cinco fases:

Fase	Nombre	Productos / Actividades	Estado en San Rafael
1	**Preparación**	Conformación de la Mesa Técnica Comunal; identificación de actores; revisión de instrumentos vigentes	**COMPLETADA. Equipo Técnico Municipal conformado; Mesa Técnica con servicios sectoriales operativa**
2	**Diagnóstico**	Caracterización territorial; antecedentes climáticos (línea base); proyecciones (ARClim/PARCC); inventario	**COMPLETADA. Documento diagnóstico integrado; instrumentos**

		simplificado de GEI; análisis de amenazas, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa; cuestionarios y grupos focales.	**participativos elaborados y aplicados**
3	**Diseño del plan**	Definición de visión, ejes estratégicos y medidas; codificación de medidas (SR-Ax, SR-Mx, SR-Tx); fichas técnico-sociales; identificación de fuentes de financiamiento y responsables; sistema MRV	**COMPLETADA. Catorce medidas codificadas con ficha resumen; segunda sesión de Mesa Técnica realizada**
4	**Implementación**	Aprobación por Concejo Municipal; promulgación por Decreto Alcaldicio; ejecución de medidas; postulaciones a financiamiento; coordinación con servicios públicos	**PACCC presentado al H. Concejo Municipal**
5	**Monitoreo, Reporte y Verificación**	Reportes anuales al H. Concejo; revisión y actualización quinquenal; reporte al MMA y al GORE Maule; ajustes de medidas según resultados	**PLANIFICADA. Sistema MRV diseñado en el Capítulo 8 del presente Plan**

Detalle de la Fase 1 — Preparación

Esta fase inicial tuvo por objetivo asegurar las condiciones institucionales mínimas para la elaboración del PACCC. Las actividades realizadas comprenden la designación formal del Encargado de Medio Ambiente como contraparte técnica del proceso; la conformación del Equipo Técnico Municipal con representación de SECPLAN, DIDECO, DAEM, Departamento Agropecuario y Dirección de Obras Municipales; la convocatoria a los actores institucionales con presencia en el territorio (CONAF, INDAP, PRODESAL, MOP/DOH, SENAPRED, DGA, SEREMI Energía Maule, SEREMI Agricultura) para integrar la Mesa Técnica Comunal; la revisión de los instrumentos territoriales vigentes (PLADECO, Plan Regulador en aprobación, ordenanzas ambientales municipales); y la articulación con la SEREMI MMA Maule en torno a las directrices del PARCC Maule en formulación durante el periodo de elaboración del PACCC.

Detalle de la Fase 2 — Diagnóstico

La fase de diagnóstico se desarrolló bajo cuatro líneas de trabajo paralelas y complementarias:

1. Caracterización territorial y socioeconómica con base en Censo 2017, Encuesta CASEN 2017, registros del INE, datos del PLADECO comunal y del PRC en aprobación. Esta línea aportó la

información de población, distribución urbana/rural, migración, pobreza, base económica y red de equipamientos e infraestructura.

2. Caracterización climática y proyecciones, integrando la línea base 1980–2010 (Climatedata.org; CIREN; Base Digital del Clima Comunal de Chile) con proyecciones al 2050 (ARClim, MMA/CR2, escenario RCP8.5; anteproyecto PARCC Maule 2025; Modelación Hidroeconómica Cuenca Río Maule 2020). Los resultados de esta línea constituyen la sección 3.5 del presente plan.
3. Inventario simplificado de Gases de Efecto Invernadero (GEI) versión 2, elaborado bajo metodología IPCC Tier 1 con identificación explícita de la procedencia de los datos: verificados localmente, estimados por factores de emisión IPCC, o pendientes de validación con fuentes oficiales (SEC, MTT, ODEPA, INDAP, MINAGRI). Este inventario se presenta en la sección 3.7.
4. Diagnóstico participativo, mediante cuatro instrumentos: (a) cuestionario de percepción ciudadana sobre cambio climático (incluido en Anexo 1); (b) pauta de grupo focal o entrevista grupal para validación con dirigentes y agricultores (Anexo 2); (c) encuesta para niñas y niños de las tres escuelas de la comuna (Anexo 3), con foco en percepción del clima y propuestas; (d) cartografía participativa para la identificación territorializada de zonas de riesgo y microbasurales.

Detalle de la Fase 3 — Diseño del plan

Sobre la base del diagnóstico, el Equipo Técnico Municipal formuló la visión del plan, los tres ejes estratégicos y las catorce medidas codificadas que constituyen el cuerpo del Capítulo 5. Cada medida fue desarrollada en dos formatos complementarios: una descripción técnica y social en prosa, y una ficha resumen tabulada con los siguientes campos: código, nombre, eje, objetivo específico, descripción, responsable, actores asociados, ámbito territorial, beneficiarios, indicadores con línea base y meta, hitos 2027 y 2031, fuentes de financiamiento posibles, ODS asociados, y beneficios sociales y ambientales. La codificación adoptada (SR-A1 a SR-A7 para Adaptación, SR-M1 a SR-M3 para Mitigación, SR-T1 a SR-T4 para Transversal) facilita el seguimiento, la postulación a financiamiento y la articulación con el PARCC Maule.

Detalle de la Fase 4 — Implementación

La fase de implementación se inicia con la presentación del PACCC al Honorable Concejo Municipal mediante el Informe Técnico N° 01-2025/PACCC, que propone un acuerdo de cuatro cláusulas: (i) toma de conocimiento del documento; (ii) aprobación del PACCC como instrumento de planificación local; (iii) instrucción al Sr. Alcalde para que lo promulgue mediante Decreto Alcaldicio; y (iv) compromiso de reporte anual al Concejo Municipal sobre los avances en la implementación. Tras la promulgación, las

medidas pasan a la fase operativa según los responsables designados, con coordinación general del Encargado de Medio Ambiente.

Detalle de la Fase 5 — Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)

El sistema MRV se desarrolla en detalle en el Capítulo 8 del presente plan. En síntesis, contempla: (a) seguimiento trimestral interno por parte del Equipo Técnico Municipal; (b) reporte anual al Honorable Concejo Municipal en sesión ordinaria; (c) reporte al Ministerio del Medio Ambiente y al Gobierno Regional del Maule en los plazos que disponga la normativa; (d) revisión y actualización integral cada cinco años, conforme al artículo 12 de la Ley 21.455. Los indicadores adoptados son comunes con el PARCC Maule cuando ello es procedente, para permitir agregación regional, y específicos cuando responden a particularidades comunales.

2.3 Mesa Técnica Comunal y participación ciudadana

La Mesa Técnica Comunal de Cambio Climático constituye la estructura permanente de gobernanza del PACCC. Su composición está orientada a articular los actores institucionales y comunitarios que tienen presencia en el territorio o competencias relevantes para la acción climática local.

Composición institucional de la Mesa Técnica Comunal

Actor	Rol en la Mesa Técnica
Encargado de Medio Ambiente, Aseo y Ornato — IM San Rafael	Coordinación general; secretaría técnica; redacción de actas; seguimiento de acuerdos; gestión de residuos; mantención de áreas verdes y arbolado urbano.
SECPLAN — IM San Rafael	Articulación con instrumentos de planificación comunal; postulaciones a FNDR, PMU y otros fondos sectoriales.
DIDECO — IM San Rafael	Vínculo con organizaciones comunitarias; participación ciudadana; protocolos de emergencia social ante eventos climáticos.
DAEM — IM San Rafael	Educación ambiental; certificación SNCAE de las escuelas; huertos y reciclaje escolar; encuestas a NNA.
Departamento Agropecuario — IM San Rafael	Vínculo con agricultura familiar campesina; banco de semillas; charlas; convenios de reciclaje de aceite.
DOM— IM San Rafael	Eficiencia energética en edificios municipales.
PRODESAL — IM San Rafael / INDAP	Asesoría técnica directa a usuarios AFC; tecnificación de riego; agroecología; seguros agrícolas

CESFAM San Rafael (Salud Municipal)	Protocolos ola de calor; salud rural; seguimiento de adultos mayores y NNA en emergencia climática
SEREMI MMA Maule	Asesoría técnica en normativa climática; coherencia con PARCC; postulaciones FPA-MMA
Juntas de Vecinos y organizaciones funcionales	Validación social del Plan; participación territorial.

La Mesa Técnica sesiona ordinariamente con frecuencia semestral y extraordinariamente cuando lo amerite la implementación de medidas o la ocurrencia de eventos climáticos relevantes en el territorio. Las decisiones se adoptan por consenso técnico; las cuestiones que excedan competencias técnicas se elevan al Sr. Alcalde y, cuando corresponda, al Honorable Concejo Municipal.

2.4 Cabildos

Con la finalidad de recopilar información sobre amenazas y riesgos climáticos directamente desde la experiencia de la comunidad, se aplicaron cuatro instrumentos participativos cuyos formatos se reproducen íntegramente en los Anexos del presente plan. Estos instrumentos buscan la incorporación activa y consciente de los actores sociales claves vinculados al territorio, para que su experiencia sirva como insumo de análisis.

Instrumentos participativos aplicados

Instrumento	Población objetivo	Objetivo específico	Anexo del plan
Cuestionario de percepción ciudadana	Habitantes adultos de la comuna (urbano y rural)	Percepción de cambios climáticos; identificación de los tres eventos de mayor impacto familiar; priorización de medidas	**Anexo 1**
Pauta de grupo focal / entrevista grupal	5 a 12 dirigentes, agricultores y vecinos por grupo	Memoria histórica del clima; impactos en AFC y salud; capacidad adaptativa; propuestas; visión 2035	**Anexo 2**
Encuesta para niñas y niños	Estudiantes de Escuela San Rafael, Escuela Alto Pangue y Escuela Pangue Arriba	Percepción del clima desde la infancia; preocupaciones ambientales del entorno escolar;	**Anexo 3**

		propuestas como Alcalde/sa por un día	
Cartografía participativa	Plenario de la Mesa Técnica + comunidad	Identificación territorializada de microbasurales, zonas inundables, sectores secos, esteros contaminados	**Insumo para Cap. 4**

Lineamientos de aplicación de los instrumentos

Conforme a las recomendaciones del Anexo 4 de la Guía PNUD/MMA 2023, la aplicación de los instrumentos participativos en San Rafael se rigió por los siguientes lineamientos:

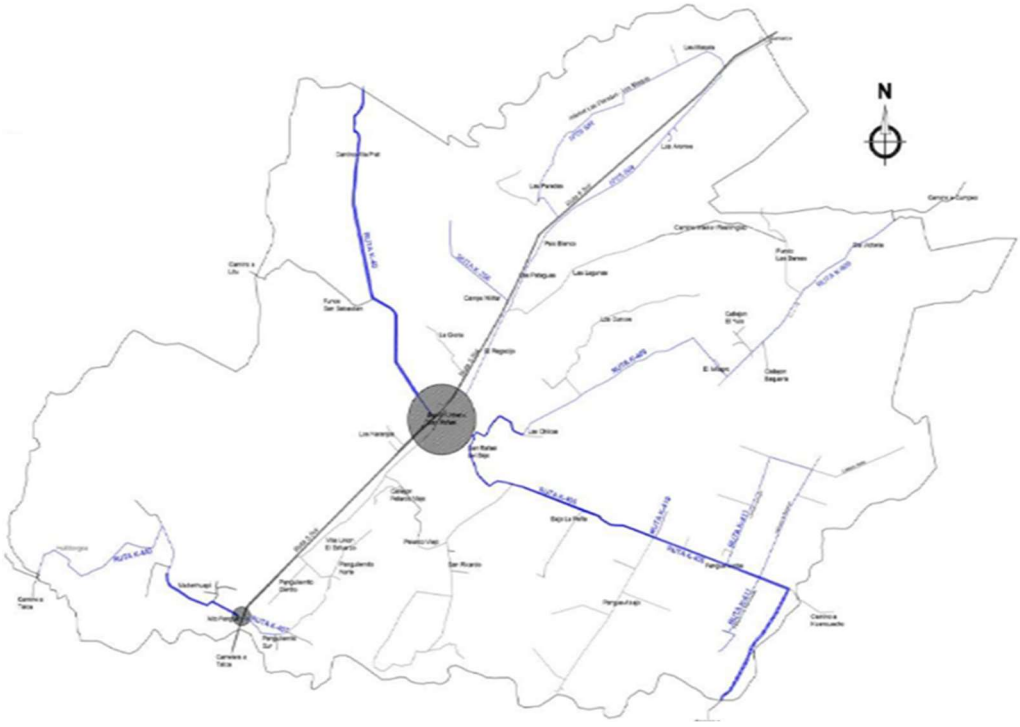
- Registro fiel: en cada grupo focal, una persona del equipo técnico tomó nota de las frases textuales, especialmente aquellas referidas a las quejas sobre el relleno sanitario, la falta de agua y los impactos en AFC, ya que constituyen insumos directos para la matriz de riesgo.
- Inclusión activa: se procuró dar la palabra a mujeres rurales y adultos mayores, quienes suelen tener un conocimiento profundo sobre el agua, los ciclos productivos y la salud familiar.
- Adecuación lingüística: las preguntas se formularon en lenguaje sencillo y vinculado a la cotidianidad rural, evitando tecnicismos innecesarios. La encuesta a niños y niñas utilizó íconos, lenguaje lúdico.

CAPÍTULO 3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.1 Contexto territorial

La comuna de San Rafael se ubica en el centro geográfico de la Región del Maule, a 237,45 km al sur de Santiago, capital de Chile, y a 18,5 km al norte de la ciudad de Talca, capital regional. Administrativamente forma parte, junto a otras nueve comunas, de la Provincia de Talca, una de las cuatro provincias que constituyen la Región del Maule. Limita al norte con las comunas de Sagrada Familia y Molina, ambas en la Provincia de Curicó; al sur con las comunas de Pelarco y Talca; al oeste con la comuna de Pencahue; y al este con la comuna de Río Claro.

La superficie del territorio comunal alcanza los 263,5 km², que representa apenas el 0,87% del territorio regional, siendo esta una de las cinco comunas de menor superficie en la Región del Maule, junto a Villa Alegre (189,8 km²), Talca (231,5 km²), Maule (238,2 km²) y Yerbas Buenas (262,1 km²). Dentro del ámbito provincial San Rafael ocupa el puesto número ocho entre las diez comunas que forman parte de la Provincia de Talca.



Dada su posición geográfica en la parte central de la Región del Maule, la comuna de San Rafael presenta un relieve constituido por una unidad morfológica principal —la Depresión Intermedia— y una unidad secundaria, dada por su relación de proximidad y límite oeste, que es la Cordillera de la Costa, la cual

actúa como condicionante territorial. Actualmente, el municipio se encuentra en proceso de aprobación del diseño Plan Regulador, Comuna San Rafael.

La comuna se ubica dentro del dominio climático templado mediterráneo, característico de la zona central del país (entre las regiones V y VIII), donde los inviernos son fríos o templados y los veranos secos y frescos. Dada su ubicación latitudinal, en esta zona del Maule la estación seca dura entre 4 y 5 meses y las precipitaciones son casi exclusivamente de origen frontal, cayendo la mayor parte de ellas en invierno o en estaciones intermedias. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, San Rafael se encuentra clasificado dentro de la categoría Templado Cálido con Lluvias Invernales (Csb).

En relación con los recursos hídricos, el territorio comunal de San Rafael se emplaza dentro de la gran cuenca del río Maule, específicamente en su límite norte a nivel de la depresión intermedia. Este sector es drenado por el río Claro, principal curso hídrico de la comuna, cuyo curso superior corre paralelo al río Lontué, afluente del Mataquito, del cual le separan apenas 8 km.

En relación con la gestión hídrica, según el Informe Anual de Medio Ambiente 2020 (INE), la zona central del país lleva al menos 14 años con escasez de agua. Desde el 2007, la región del Maule enfrenta una mega sequía producto del cambio climático, entre otros factores. Para el año 2021, la Región del Maule presentaba un déficit de precipitaciones del 55% respecto de su media histórica.

Cobertura de Servicios Sanitarios Rurales (SSR)

El abastecimiento de agua potable se realiza mediante el servicio concesionado de Nuevo Sur en gran parte de los sectores urbanizados de la comuna. No obstante, existen también diferentes sectores en los cuales el abastecimiento se realiza por medio de Comités o Cooperativas de Agua Potable Rural. Estos seis sistemas SSR son piezas críticas de la infraestructura comunal y elementos centrales del PACCC, dado el escenario de reducción de caudales proyectado al 2050.

Servicios Sanitarios Rurales (SSR)	Tipo / Localización referencial
SSR Los Maquis	sector los maquis
SSR Palo Blanco	sector Palo Blanco
SSR El Milagro Santa Victoria	sector Santa Milagro
SSR Pangue Arriba — Pangue Abajo	sectores Pangue Arriba y Pangue Abajo
SSR San Luis de Villa El Esfuerzo	sector Villa El Esfuerzo
SSR Alto Pangue	sector Alto Pangue

Cabe destacar que aún existen varios sectores rurales desprovistos de este servicio, lo que aumenta la vulnerabilidad climática diferencial al interior del territorio comunal.

Conectividad y red vial

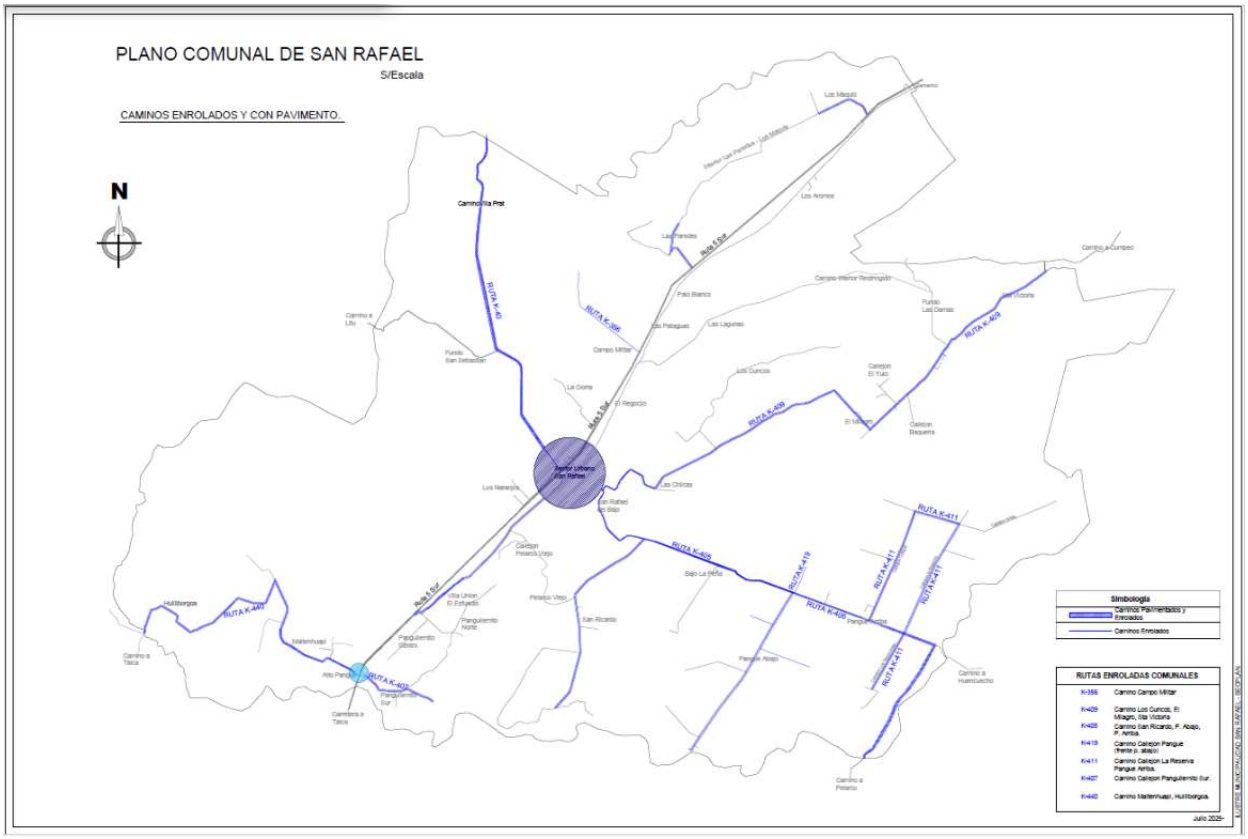
En cuanto a la red vial, San Rafael se encuentra interceptada por la Carretera 5 Sur, que recorre la comuna desde Alto Pangue por el sur hasta Los Maquis por el norte. Las principales vías estructurantes están conformadas por la ruta K-405, que une la Carretera 5 Sur por el sector oriente con la zona de servicios públicos —Plaza de Armas, Municipalidad, Juzgado de Policía Local, Registro Civil, Centro de Salud Familiar, DAEM—, conectando además con los sectores Pangue Abajo, Pangue Arriba y la comuna de Pelarco. La ruta K-40 une la Carretera 5 Sur por el sector poniente con el camino a Villa Prat y con el sector costero de la región.

Las vías que dan estructura a la comuna interconectando las localidades rurales con la capital comunal, de manera radial, son las siguientes:

Ruta	Descripción
Ruta K-40	Conecta la capital comunal con la localidad de La Huerta de Licantén y Villa Prat en la vecina comuna de Sagrada Familia. Toda la ruta se encuentra pavimentada con asfalto.
Ruta K-410	Desprendiéndose de la Ruta K-40 en el km 3,5, conecta la capital comunal con la comuna de Pencahue. Es camino de tierra y presenta tramos en mal estado de conservación.
Ruta K-405	Conecta la capital comunal con la comuna y localidad de Pelarco. Ruta con pavimento asfáltico.
Ruta K-409	Conecta la capital comunal con la vecina comuna de Río Claro. Ruta angosta en algunos tramos, con pavimento asfáltico.
Ruta K-440	Conecta la localidad de Alto Pangue con la comuna de Talca, empalmando con la Ruta K-514. Pavimento asfáltico, con varios sectores angostos.

Aparte de las rutas indicadas, los demás caminos comunales presentan problemáticas de discontinuidad y mal estado, particularmente en los caminos de acceso a los sectores rurales (San Ricardo, Bajo la Peña, Pangue Abajo, Callejón Los Sepúlveda K-411, Callejón de la Escuela K-411, Callejón La Reserva, antiguo longitudinal norte sector Palo Blanco-Los Aromos, Las Lagunas Santa Victoria, Las Paredes-Los Maquis, Campo Militar K-362, La Gloria, Villa El Esfuerzo, Panguilemito Norte K-405 y Panguilemito Sur K-407). La situación de los caminos es de gran relevancia para la acción climática, dado que más de la mitad de la población habita en el sector rural en asentamientos dispersos y longitudinales, lo que hace que la

conectividad vial sea condición habilitante para la respuesta ante emergencias climáticas (incendios, inundaciones, olas de calor).



Fuente: PLADECO2025

Suministro eléctrico

En términos de energía eléctrica, la comuna está conectada al Sistema Interconectado Central (SIC), el principal del país. En esta materia se destaca la existencia de sectores en donde se están conformando estaciones de producción de Energías Renovables No Convencionales (ERNC), tendencia que el presente PACCC busca acelerar mediante la medida SR-M2 (Eficiencia Energética y Energías Renovables).

3.2 Antecedentes sociodemográficos

Evolución demográfica

Según los datos del Censo 2017, la comuna de San Rafael registró una población total de 9.191 habitantes, equivalentes al 2,2% de la población provincial y al 0,9% de la población regional. Con relación al Censo 2002, la población comunal presentó un aumento de 1.517 habitantes, registrando una tasa de

crecimiento anual del 1,32%, superior a la de la Provincia y la Región en el mismo período, aunque sobre un tamaño poblacional menor.

Territorio	Año 2002	Año 2017	Variación intercensal (%)	Tasa anual (%)
Comuna San Rafael	7.674	9.191	19,8	1,3
Provincia de Talca	352.966	412.769	16,9	1,1
Región del Maule	908.097	1.044.950	15,1	0,9

Fuente: Elaboración propia con base en Censos INE.

De acuerdo con las Estimaciones y Proyecciones del INE, ajustadas según el Censo 2017 y proyectadas tendencialmente, en el año 2020 la comuna contaba con 9.581 habitantes, los cuales aumentarán a 11.338 hacia el año 2040. Para el periodo 2020–2040 se prevé un crecimiento poblacional del 18,3%, con una reducción significativa en la tasa anual respecto del periodo intercensal 2002–2017.

Distribución urbana / rural

La localidad de San Rafael se constituyó como pueblo en torno a la actividad ferroviaria ligada al transporte de productos agrícolas, traslado de carga y de pasajeros, y al desarrollo del comercio establecido. Sin embargo, la ruralidad es una de las características más relevantes de la comuna en cuanto a su conformación poblacional. De acuerdo con la división político-administrativa y censal del INE (2017), las entidades pobladas comprenden el pueblo de San Rafael como única entidad urbana, más el caserío Pangue Arriba y la aldea Alto Pangue como localidades pobladas rurales.

Territorio	Total	Urbana	%	Rural	%
Región del Maule	1.044.950	765.131	73,2	279.819	26,8
Provincia de Talca	398.658	319.391	80,2	79.267	19,9
Comuna San Rafael	**9.191**	**4.968**	**54,2**	**4.223**	**45,9**
San Rafael (urbano)	6.918	4.960	71,7	1.958	28,3
Pangue (rural)	2.265	0	0	2.265	100

Fuente: INE y Diagnóstico PRIT.

Los registros del Censo 2017 indican que la comuna mantiene una fuerte incidencia rural, con un 45,9% de población rural, en comparación con los registros provincial (19,9%) y regional (26,8%). El entorno urbano alberga el 54,2% de la población comunal, concentrada en su totalidad en el pueblo de San Rafael,

dado que el INE no reconoce otra entidad urbana en la comuna. Las proyecciones para 2040 apuntan a un aumento de la población urbana al 60,8%, con una correlativa disminución de la población rural al 39,2%, manteniendo el carácter mixto urbano-rural de la comuna.

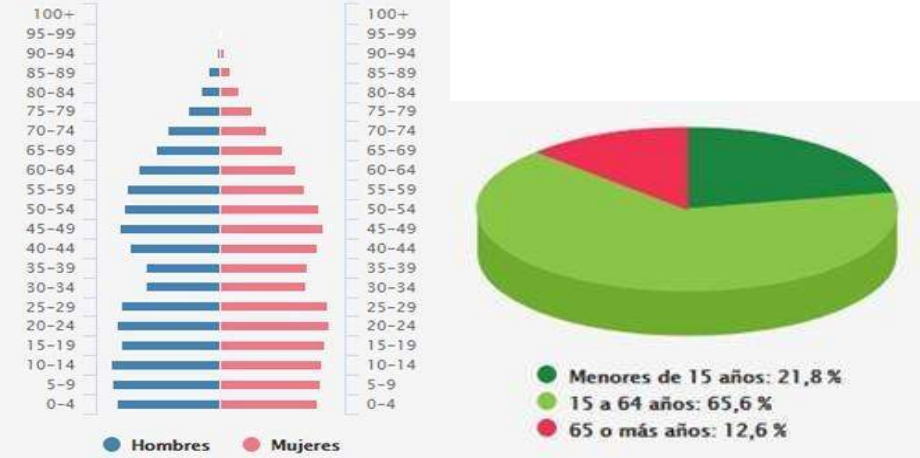
Migración permanente y estacional

La migración permanente se caracteriza según el lugar de residencia cinco años antes de la medición censal. Conforme al documento Migración Interna en la Región del Maule (INE, 2020), el principal lugar de origen de los inmigrantes a San Rafael es la Región Metropolitana (37,1%), seguido por la comuna de Talca (24,25%) y la comuna de Pelarco (3,7%). La comuna presenta una tasa de migración neta de 18,5 personas por cada mil habitantes, una de las más altas de la región. La inmigración duplica a la emigración, lo que configura a San Rafael como una comuna receptora de población. Esta dinámica refuerza la presión sobre los servicios básicos y la infraestructura, e introduce una dimensión adicional al desafío climático: las nuevas familias que llegan al territorio deben ser incorporadas a las redes de información y respuesta climática.

La migración estacional, aunque solo medida por el Censo 2002, revela que San Rafael presenta una predominancia de movimientos dentro de la misma comuna (66,7%), seguido por flujos hacia Talca (24,9%). Cerca del 25% de la población trabaja o estudia en Talca, lo que parcialmente convierte a San Rafael —y particularmente su cabecera comunal— en una ciudad dormitorio. Esta dinámica funcional tiene implicancias para el diseño de medidas de mitigación en transporte y movilidad.

Caracterización de la población

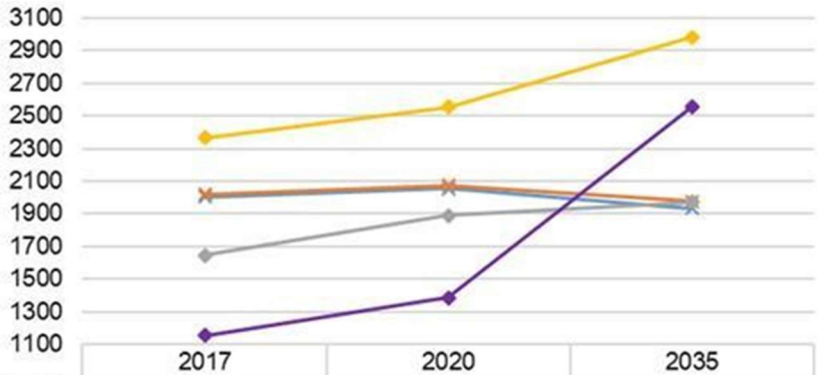
En las entidades rurales el índice de masculinidad tiende a un leve predominio de hombres, especialmente en el caserío de Pangue Arriba y en el resto de las localidades rurales, lo que ratifica la preponderancia de la población masculina en zonas rurales. La pirámide poblacional revela un proceso demográfico con baja natalidad, aunque con un promedio de hijos por mujeres en edad fértil mayor a la media regional y nacional. Se observa una marcada muestra en el estrato de 30–39 años, explicable por flujos migratorios que inciden sobre la población adulta joven, asociada a oportunidades laborales fuera de la comuna. En la cumbre se registra un número significativo de adultos mayores y se asoma un progresivo envejecimiento de la población, expresado en una edad promedio de 36,5 años, ligeramente mayor al promedio nacional.



Fuente: INE.2017

Se evidencia un nivel significativo de dependencia demográfica (relación entre la población económicamente dependiente —niños y adultos mayores— y la población en edad de trabajar) que, con un índice de 52,35, supera ampliamente el promedio país (45,88). Estas características demográficas deben ser consideradas al diseñar medidas climáticas: los adultos mayores son uno de los grupos más sensibles a olas de calor y a contaminación por humo de leña, mientras que los niños y niñas son objeto privilegiado de las medidas de educación ambiental y de los protocolos de seguridad escolar ante eventos extremos.

Estimaciones y proyecciones por grupos etarios, 2020 y 2035



	2017	2020	2035
0 a 14	2003	2056	1933
15 a 29	2019	2073	1975
30 a 44	1648	1888	1972
45 a 64	2366	2554	2981
65+	1155	1388	2560

Fuente: Elaboración propia con base en Estimaciones y Proyecciones INE

Pueblos originarios

Conforme al Censo 2017, el 95% de la población comunal manifestó no sentirse identificada con ningún pueblo originario; solo el 5% manifestó pertenencia a algún pueblo originario, siendo la etnia Mapuche la opción casi absoluta tanto en zonas urbanas como rurales. En total se registraron 441 personas Mapuche en la comuna (228 en San Rafael, 12 en Pangue Arriba, 15 en Alto Pangue y 186 en el resto de las localidades), 6 personas Aymara, 2 Rapa Nui, 1 Quechua y 41 de otros pueblos.

Pueblos Originarios 2017



Fuente: INE

Pobreza por ingresos y multidimensional

De acuerdo con la Encuesta CASEN 2017, el 6,98% de la población de San Rafael se encontraba en situación de pobreza por ingresos (alrededor de 641 personas), con ingresos insuficientes para la satisfacción de necesidades básicas. Este nivel de pobreza por ingresos es significativamente menor que el regional (12,7%) e incluso que el nacional (8,6%). Sin embargo, el panorama de la pobreza multidimensional es menos favorable: el 23,46% de la población comunal se encontraba en situación de pobreza multidimensional, levemente superior al promedio regional (22,5%) y al nacional (20,7%), e incrementándose desde 2015 (22,8%).

La medida de pobreza multidimensional considera cinco dimensiones: educación; salud; trabajo y seguridad social; vivienda y entorno; redes y cohesión social. En la Región del Maule, las dimensiones que más contribuyen a la pobreza multidimensional son trabajo y seguridad social (32%), educación (28%) y vivienda y entorno (24%). En términos de hogares carentes por cada indicador, quienes residen en zonas rurales presentan mayores carencias que quienes habitan en zonas urbanas, lo que tiene relevancia directa para la planificación climática: la zona rural concentra mayor sensibilidad y menor capacidad adaptativa autónoma frente a eventos extremos.

En cuanto a ingresos, los hogares de la región del Maule, según CASEN 2017, obtuvieron un ingreso autónomo promedio de $624 mil pesos mensuales, casi un tercio inferior al promedio del país ($915 mil). El ingreso monetario promedio comunal fue de $666 mil pesos mensuales, también con diferencia

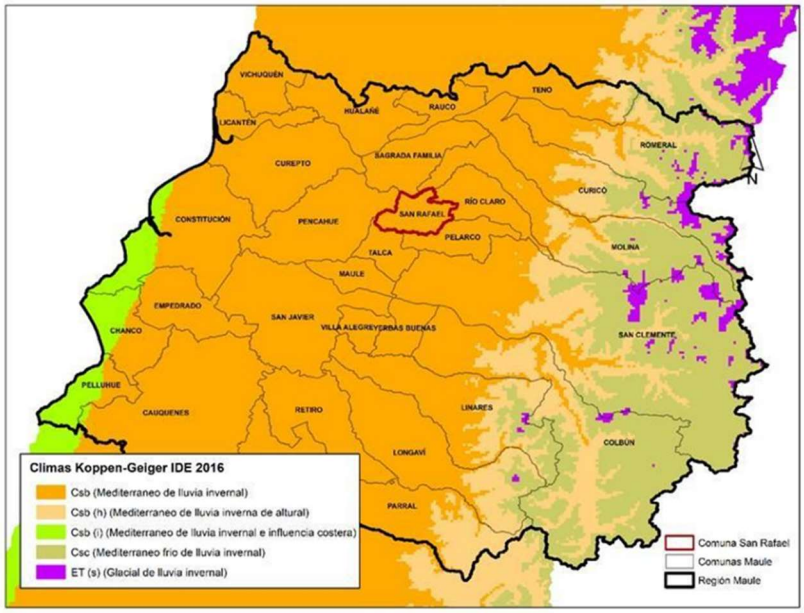
significativa con el nivel nacional. Por concepto de subsidios monetarios, los hogares de la región reciben en promedio $42.091, superior al valor nacional ($31.113).

3.3 Antecedentes climáticos línea base

Clasificación climática

Según la clasificación climática de Köppen-Geiger, San Rafael posee un clima mediterráneo de lluvia invernal (Csb), el cual se emplaza sobre toda la Depresión Intermedia de la región y la Cordillera de la Costa, abarcando casi el 60% de la superficie intercomunal. Esta clasificación indica un clima templado cálido con precipitaciones concentradas en invierno, promediando anualmente 11°C y 700 mm con la Cordillera de la Costa actuando como biombo climático que genera inviernos fríos o templados y veranos secos y frescos.

Climas de Köppen en el Maule

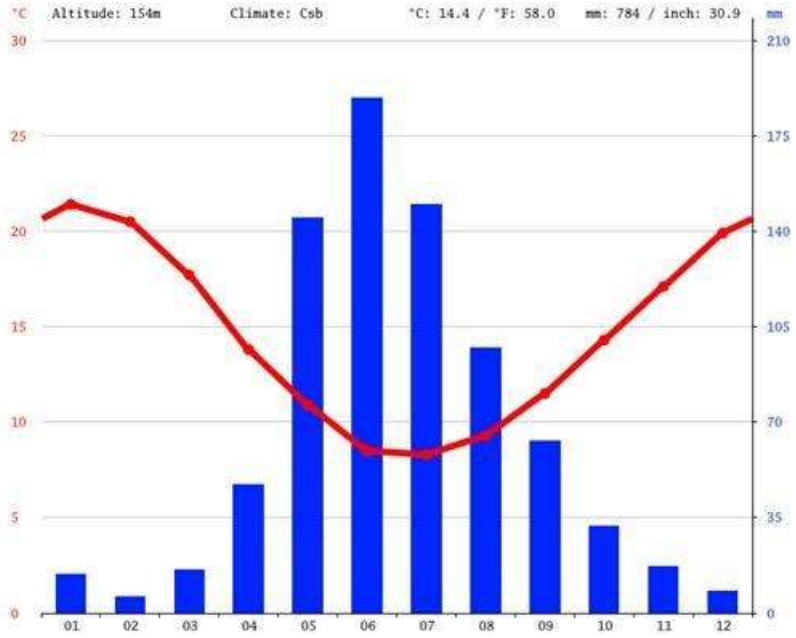


Fuente: Estudio PRC

Precipitaciones — línea base 1980–2010

De acuerdo con los registros del último periodo monitoreado, el mes más seco fue febrero, con 6 mm de lluvia, y la mayor cantidad de precipitación se registra en el mes de junio, con 189 mm; esto genera una diferencia de 183 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. La precipitación media anual es de 733 mm, considerando los registros de precipitaciones entre 1980 y 2010.

Climograma comuna de San Rafael, 2020



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Precipitación (mm)	14	6	16	47	145	189	150	97	63	32	17	8

Fuente: Climatedata.org

El comportamiento de las precipitaciones evidencia un ambiente húmedo desde mayo hasta agosto, concentrando el 74% del total anual de lluvias. Esta característica de concentración estacional genera procesos de erosión en áreas urbanas sin vegetación, en pasajes secundarios no pavimentados y en taludes sin defensas, donde la lluvia remueve el material superficial y deteriora el sistema vial.

El informe Elaboración de una base digital del clima comunal de Chile: Línea base 1980–2010 y proyecciones al año 2050 expone antecedentes relevantes respecto del cambio de las condiciones climáticas a escala nacional y permite un acercamiento a escala comunal proyectando datos al escenario futuro de 2050. En la comuna de San Rafael, los datos no escapan de la tendencia nacional: se evidencia una clara disminución de las precipitaciones, proyectándose 616 mm para el año 2050, con impactos sobre el déficit hídrico y la actividad agrícola.

Temperaturas — línea base 1980–2010 y observación reciente

De acuerdo con el informe de la Base Digital del Clima Comunal de Chile, San Rafael presenta una temperatura media estival de 19,9°C e invernal de 8,6°C. Enero es el mes más cálido del año, alcanzando temperaturas máximas de 30,5°C. Las temperaturas más bajas del año se producen en julio, registrando valores mínimos de 3,4°C.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Fuente
19,6	18,8	16,6	13,6	10,6	8,4	7,6	8,2	10,1	13,1	16,3	18,7	**CIREN**
21,4	20,5	17,7	13,8	10,9	8,5	8,3	9,3	11,5	14,3	17,1	19,9	**Climatedata**

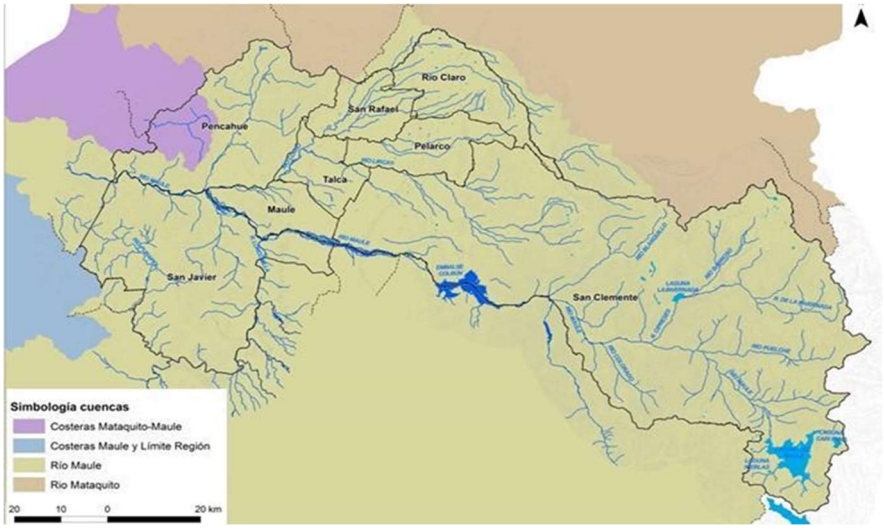
Fuente: Elaboración propia con base en CIREN y Climatedata.org. Temperatura Media Comunal (°C), 2010–2015.

Al comparar los registros mínimos y máximos del último año con la información de temperatura media del periodo 2010–2015 proporcionada por el Atlas Agroclimático de la CIREN, se evidencia un aumento de temperaturas medias en la totalidad de los meses; enero y febrero presentan la diferencia más alta, aumentando en 1,8°C la temperatura media mensual. Esta situación se condice con la tendencia que marca la proyección al 2050 de la Base Digital del Clima Comunal de Chile, la cual registra un aumento de la temperatura media estival a 22°C y media invernal a 10,1°C —es decir, aumentos de 2,1°C y 1,5°C respectivamente.

3.4 Aspectos hidrológicos

La Región del Maule cuenta con dos sistemas hidrológicos principales: hacia el norte, la cuenca del río Mataquito; y hacia el centro-sur, la cuenca del río Maule, que nace en el extremo norponiente de la laguna del Maule, en la unión de los ríos Puelche y Melado. A 90 km de su origen el río Maule entra en la llanura aluvial central, hasta penetrar la Cordillera de la Costa, donde se le une el río Claro, uno de sus tributarios más importantes, el cual drena el sector norte de la hoya del Maule (estero Pangue y su afluente principal el río Lircay). Posteriormente se mezcla con el río Loncomilla para desembocar en Constitución (DGA, 2005).

Red Hídrica cuenca rio Maule

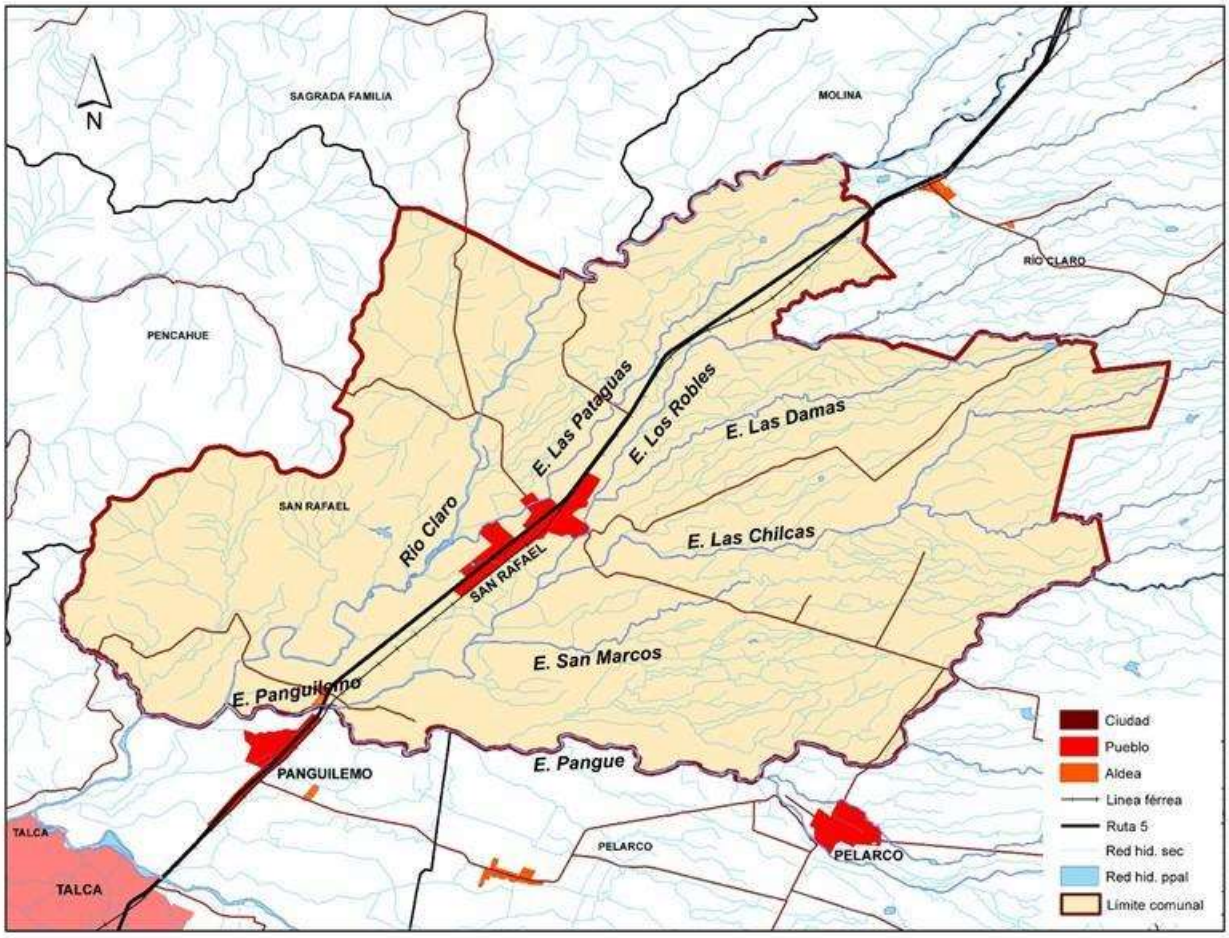


Fuente: Urbe, Diagnóstico PRIT 2019

En el límite norte de la cuenca del río Maule, a nivel de la depresión intermedia, se emplaza la comuna de San Rafael, tomando el río Claro como principal recurso hídrico. Este río recibe las aguas de los esteros Pangue- Panguilemo, Pataguas y Robles, que recorren longitudinalmente los centros poblados de San Rafael y Alto Pangue y se emplazan como elementos potenciales por su alto valor ambiental. El estero Pataguas recorre el costado poniente del área urbana de San Rafael, mientras que por el oriente se encuentra el estero Robles; ambos sirven como límite físico para el crecimiento expansivo propuesto por el PRI para la capital comunal. Por su parte, la localidad de Alto Pangue es limitada por su lado sur por el estero Pangue-Panguilemo, el cual converge en el río Claro dos kilómetros más adelante.

Estos recursos hídricos reciben vertimientos de residuos que provocan contaminación del estero y de toda la red hídrica, principalmente relacionada con presiones significativas de factores antrópicos como aguas servidas, plaguicidas, fertilizantes y residuos industriales —principalmente por producción vitivinícola y de aceite de oliva— que de manera recurrente contaminan estos cursos de aguas menores, llegando hasta el afluente principal río Claro.

El río Claro nace en las laderas del volcán Descabezado Grande, atraviesa el Parque Nacional Siete Tazas y pasa por diferentes comunas de la región (Molina, Río Claro, Sagrada Familia, San Rafael y Talca), bordeando el pie oriental de la Cordillera de la Costa hasta desembocar en el río Maule. La contaminación por microbasurales en la ribera del río Claro suma a la problemática de la red hídrica comunal.



Fuente: Red hídrica comunal PRC

Caracterización de los cursos hídricos comunales

Curso hídrico	Caracterización
Río Maule	Cauce principal de la cuenca del mismo nombre. Nace en la Cordillera de Los Andes, en el extremo norponiente de la Laguna del Maule, y recorre 240 km hasta su desembocadura en el mar. En su travesía por la Cordillera de la Costa recibe escasos afluentes, con aguas principalmente invernales
Río Claro	Principal recurso hídrico de la comuna. Régimen hidrológico pluvial, drena el valle central de la intercomuna. Tributario del Maule. Bordea el pie oriental de la Cordillera de la Costa hasta su confluencia. Caudales medios entre 53 m^3/s y 63 m^3/s al norte de Talca
Río Lircay	Cauce natural, afluente del río Claro. Régimen pluvial; experimenta sus mayores crecidas en julio y agosto. Drena principalmente la Depresión Intermedia de la intercomuna
Estero Pangue-Panguilemo	Curso menor que limita la localidad de Alto Pangue por su costado sur y converge al río Claro 2 km más adelante. Sometido a presiones de contaminación

Estero Pataguas	Recorre el costado poniente del área urbana de San Rafael; opera como límite físico al crecimiento expansivo del PRI
Estero Los Robles	Recorre el costado oriente del área urbana de San Rafael; opera como límite físico al crecimiento expansivo del PRI

La subcuenca del Claro presenta un régimen hidrológico pluvial, característico de la zona baja de la cuenca del río Maule. Las curvas de variación estacional del río Claro evidencian la presencia de crecidas en los meses invernales —especialmente entre junio y julio— por los importantes aportes pluviales existentes en la zona, mientras que el periodo de bajos caudales se da entre enero y marzo.

Es importante destacar que se prevé la ampliación de los periodos secos en esta cuenca, considerando los efectos del cambio climático. La disminución en las precipitaciones y el aumento de las temperaturas afectarán los caudales superficiales disponibles en un rango entre 10% y 40%, según el estudio de Modelación Hidro económica de la Cuenca del Río Maule (2020). Esta proyección constituye uno de los antecedentes técnicos más relevantes para el diseño del PACCC, dado que el río Claro es la principal fuente de agua de riego para la AFC y de recarga de pozos para los SSR comunales.

3.5 Proyecciones climáticas al 2050 — Perfil ARClim de San Rafael

Esta sección incorpora las proyecciones climáticas provenientes del Atlas de Riesgos Climáticos de Chile (ARClim, MMA/CR2/CCG-UC, escenario RCP8.5, periodo 2035–2065) y del Anteproyecto del Plan de Acción Regional de Cambio Climático del Maule (PARCC Maule, GORE Maule/FAO/IDOM, aprobado 2025), complementadas con los datos de línea base ya presentes en el PACCC. Su propósito es conectar las tendencias globales y regionales con los impactos específicos del territorio comunal de San Rafael.

> *Marco metodológico ARClim: las proyecciones corresponden al escenario de altas emisiones (RCP8.5), considerado el de mayor relevancia para planificación de adaptación. El periodo futuro de referencia es 2035–2065 (centrado en 2050). La plataforma disponible en arclim.mma.gob.cl entrega datos a resolución comunal. Los datos marcados PARCC Maule 2025 corresponden al anteproyecto aprobado unánimemente por el Comité Regional de Cambio Climático del Maule (noviembre 2025). Los datos marcados ARClim corresponden a publicaciones del CR2 y MMA. Ninguna cifra es supuesto propio del equipo redactor.*

3.5.1 Variables climáticas: línea base versus proyección 2035–2065

Variable climática	Línea base 1980–2010	Proyección 2035–2065 (RCP8.5)	Δ Cambio	Fuente	Impacto específico San Rafael
TEMPERATURA					
Temperatura media anual	≈14°C (Tmáx est. 19,9°C; Tmín 8,6°C)	+1,2°C a +1,4°C sobre histórico	**+1,2 a 1,4°C**	PARCC Maule 2025	Mayor estrés hídrico en cultivos de verano; riesgo para adultos mayores y trabajadores rurales
T° máx estival (enero)	30,5°C máx. mensual	≥32–33°C proyectado	**+2 a 3°C**	PACCC base CIREN/Climatedata + tendencia PARCC	Aumento golpes de calor; mayor demanda de riego; presión sobre CESFAM
Días con T° máx >30°C al año	Sin dato local	≥20 días adicionales en Valle Central del Maule	**+20 días/año (mín.)**	ARClim (MMA/CR2)	Riesgo olas de calor para población rural sin acceso a climatización
T° media invernal (julio)	7,6°C mín. mensual	~10,1°C media invernal proyectada al 2050	**+1,5°C**	Base Digital Clima Comunal Chile	Menor acumulación de nieve en cuencas altas; reducción de recarga primaveral
PRECIPITACIONES					
Precipitación media anual	733 mm/año (1980–2010)	~616 mm/año al 2050 (−15 a −20%)	**−117 mm (−16%)**	PACCC + PARCC Maule	Profundiza el déficit hídrico ya presente; riesgo crítico para SSR y riego AFC
Déficit observado (mega sequía)	Normal histórico 733 mm	2021: déficit 55%; proyección déficit crónico	**−55% (2021, obs.)**	PACCC; INE 2020	14+ años consecutivos de sequía en el Maule —

					tendencia que se profundiza
Frecuencia de sequías	Frecuencia histórica de referencia	Maule: +20% frecuencia futura (entre las 122 comunas con mayor aumento)	**+20% frecuencia**	ARClim (MMA/CR2)	San Rafael: alta vulnerabilidad por dependencia agrícola y SSR sin backup
RECURSOS HÍDRICOS — Cuenca Río Claro / Río Maule					
Caudal cuenca río Maule (incluye Río Claro)	243,4 m³/s caudal medio (INH 2016)	Reducción 10–40% caudales superficiales al 2050	**−10 a −40%**	Modelación Hidroeconómica Cuenca Río Maule, 2020	Impacto directo en canales de riego AFC y recarga de pozos
Nieve acumulada cuencas altas	Aporte nival histórico	Disminución >50% en cuencas cordilleranas O'Higgins–Maule al 2050	**−50% cuencas cord.**	ARClim (MMA/CR2)	Menor recarga primaveral del río Claro; reducción caudales diciembre–marzo
AMENAZAS EXTREMAS					
Olas de calor (T° máx >35°C)	En ascenso desde 2007	Mayor ocurrencia centro-Maule; duplicación duración últimos 20 años (observado)	**Aumento significativo**	ARClim; DMC Chile (Villarroel 2022); PARCC	Riesgo salud para adultos mayores rurales; producción agrícola estival
Incendios forestales	Riesgo histórico elevado (Maule más afectada 2017)	Mayor ocurrencia por aridez y temperatura; vegetación más inflamable	**Aumento frecuencia**	ARClim; CONAF	Plantaciones forestales y bordes rurales en zona de riesgo
Precipitaciones intensas	Eventos registrados	Menor lluvia total pero mayor concentración;	**Cambio en patrón**	PARCC Maule; IPCC AR6	Riesgo Bicentenario IIC, canales Pangue, Dino

		riesgo inundación localizada			Balboni (PACCC)

Fuentes principales: ARClim (arclim.mma.gob.cl) — MMA/CR2/CCG-UC, escenario RCP8.5; PARCC Maule Anteproyecto 2025 — GORE Maule/FAO/IDOM; PACCC San Rafael (sección Antecedentes Climáticos); Base Digital del Clima Comunal de Chile (2016); Modelación Hidro económica Cuenca Río Maule (2020).

3.5.2 Síntesis del perfil climático proyectado para San Rafael

El conjunto de proyecciones disponibles configura un escenario de transformación climática estructural para San Rafael, con cuatro tendencias dominantes que se refuerzan mutuamente:

- Mayor calor y más duradero: aumento de 1,2°C a 1,4°C en temperatura media regional, con alzas de hasta 2–3°C en máximas estivales y al menos 20 días adicionales por año con temperatura superior a 30°C. Esto implica una extensión de la temporada de riesgo para cultivos, salud y recursos hídricos.
- Menos agua y peor distribuida: disminución de 15–16% en precipitaciones anuales (de 733 a aproximadamente 616 mm), con mayor concentración de los eventos disponibles (lluvias torrenciales breves). El río Claro, principal fuente hídrica comunal, enfrentará una reducción de caudal de entre 10% y 40%.
- Sequía crónica estructural: la mega sequía iniciada en 2007 no es un evento transitorio. La frecuencia de períodos secos aumentará más de un 20% en la región del Maule, ubicándola entre las 122 comunas del país con mayor incremento de sequía futura, según ARClim.
- Agravamiento de amenazas extremas: mayor riesgo de incendios forestales por aridez y temperatura, y persistencia del riesgo de inundaciones localizadas por precipitaciones intensas concentradas, especialmente en sectores ya identificados como vulnerables (Bicentenario II C, canales Pangue, sector Bajo la Peña).

La particularidad de San Rafael frente a este escenario es la combinación de tres factores de vulnerabilidad simultáneos: (a) economía basada en agricultura de riego dependiente del río Claro; (b) abastecimiento de agua potable rural mediante SSR sin fuentes alternativas; y (c) población rural dispersa con baja capacidad adaptativa autónoma. Esta triple exposición eleva el nivel de riesgo del territorio por encima de la media regional.

3.5.3 Matriz de riesgo climático por sistema afectado

A partir de las proyecciones anteriores y siguiendo el marco IPCC (Amenaza × Exposición × Sensibilidad ÷ Capacidad Adaptativa), la siguiente matriz identifica los sistemas comunales más vulnerables y las medidas prioritarias asociadas:

Sistema afectado	Amenaza climática principal	Exposición	Sensibilidad	Nivel de riesgo y medidas prioritarias
Agricultura Familiar Campesina (AFC)	Sequía prolongada + déficit hídrico crónico + heladas fuera de temporada	ALTA — 100% actividad económica local depende de riego	MUY ALTA — sin agua = pérdida total de cosecha	**MUY ALTO** Tecnificación riego (CNR); acumuladores intraprediales; guardadores de semillas; PRODESAL programa adaptación
SSR (Servicio sanitario rural ex Agua Potable Rural)	Reducción caudales río Claro y pozos — sequía crónica	ALTA — 6 comités SSR; ~45% población rural depende	ALTA — sin alternativa de red concesionada en sectores rurales	**MUY ALTO** Recarga y protección de SSRs; inversión MOP/DOH; gestión DGA
Salud humana (adultos mayores y NNA)	Olas de calor (+20 días >30°C) + contaminación leña + humo incendios	ALTA — población rural dispersa; 3 escuelas; adultos mayores solos	ALTA — escasa climatización; baja capacidad adaptativa	**ALTO** Protocolo ola de calor (CESFAM/SENAPRED); arbolado urbano; sombrío escuelas
Infraestructura urbana y vial	Precipitaciones intensas concentradas + inundaciones localizadas	MEDIA — Bicentenario IIC, canales Pangue, calle Dino Balboni	MEDIA — caminos en tierra; alcantarillado insuficiente	**MEDIO** Cartografía zonas inundables (DGA+municipio); mantención canales; FNDR
Biodiversidad / bosque nativo / riberas	Sequía + incendios + menor vigor vegetal	MEDIA — superficie forestal 17%; esteros Pataguas y Robles	ALTA — vegetación nativa mínima; sin sitios prioritarios actuales	**ALTO** Reforestación riberas río Claro y esteros; CONAF cortafuegos; vivero municipal nativas
Residuos sólidos (Relleno sanitario/ microbasurales)	Aumento Tº → mayor lixiviado y olores; sequía → mayor polvo de camiones	ALTA — 500 hogares Alto Pangue; ruta diaria de camiones	ALTA — impacto en salud, calidad de vida, conflicto activo	**ALTO** Gestión relleno sanitario (medida crítica); compostaje; ampliación puntos verdes

Metodología: niveles de riesgo estimados cualitativamente con base en ARClim, PARCC Maule 2025 y datos territoriales del PACCC. La plataforma arclim.mma.gob.cl permite obtener índices cuantitativos comunales específicos para cada cadena de impacto sectorial.

3.5.4 Implicancias para las medidas del plan

Las proyecciones climáticas al 2050 ratifican y jerarquizan las medidas del Capítulo 5 del PACCC. Los sistemas con riesgo MUY ALTO determinan las medidas de adaptación de máxima prioridad:

5. Recarga y protección de SSRs rurales — fundamentada en la reducción de caudal del río Claro (−10% a −40%) y en el déficit hídrico crónico. Fuentes de financiamiento: MOP/DOH; DGA. Urgencia: inmediata.
6. Tecnificación de riego y acumuladores intraprediales para AFC — derivada del escenario de sequía estructural y menor disponibilidad hídrica estival. Fuentes: CNR; INDAP; FNDR. Urgencia: corto plazo.
7. Protocolo comunal de ola de calor para adultos mayores y NNA — justificado por +20 días/año >30°C proyectados. Actores: CESFAM; SENAPRED; DIDECO. Urgencia: corto plazo.
8. Plan de gestión de incendios en zonas de interfaz urbano-forestal — fundamentado en aumento de aridez y mayor inflamabilidad. Actores: CONAF; Bomberos; municipio. Urgencia: mediano plazo.

Las proyecciones de ARClim también constituyen la base técnica requerida para la postulación a financiamiento climático (FNDR componente ambiental, FPA-MMA, GCF). Citar expresamente las proyecciones comunales de ARClim en los formularios de postulación fortalece la justificación técnica de los proyectos comunales.

3.6 Áreas verdes y biodiversidad

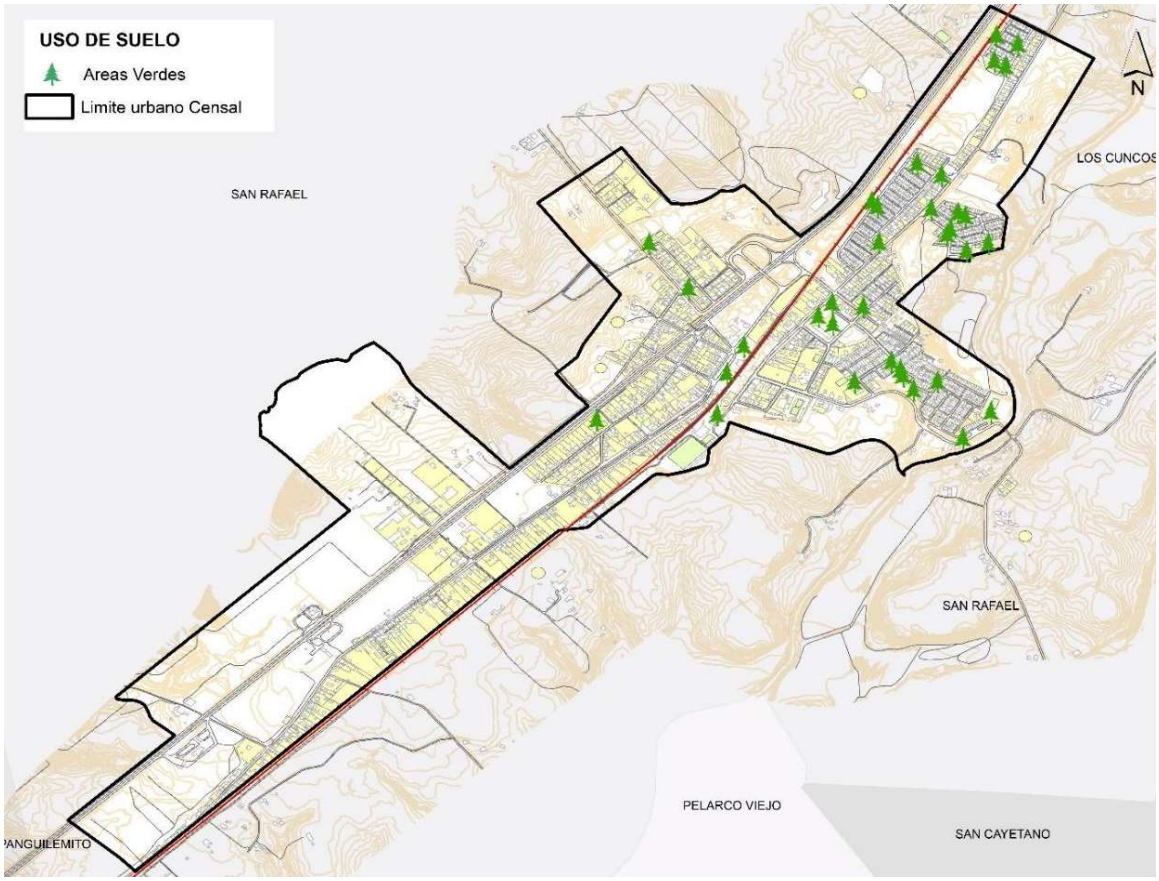
Áreas verdes urbanas

En cuanto a las áreas verdes de la comuna, se encuentran distribuidas principalmente en la parte urbana de San Rafael, lo cual constituye un punto negativo desde la perspectiva ambiental, ya que su concentración limita la posibilidad de acceso del usuario a la naturaleza desde otros sectores de la comuna. La comuna cuenta con algunas canchas deportivas que entregan salud y bienestar al usuario; sin embargo, en términos medioambientales asociados al cambio climático, esto puede ser un aspecto negativo dado que, en comparación con otras especies de vegetación, la extensión de césped utilizado para cumplir el objetivo de cancha implica un mayor gasto hídrico. Si se traslada esta información al ámbito de la biodiversidad, la gran extensión de césped utilizada significa tener un espacio desprovisto de

floración y, por ende, también desprovisto de insectos benéficos y polinizadores, generando una disminución en la biodiversidad local.

La principal área verde de la comuna corresponde a la Plaza de Armas, ubicada frente a la Municipalidad de San Rafael, entre las calles Arturo Prat, Ignacio Bascuñán Pacheco y la Avenida Bernardo O'Higgins. Está conformada por dos edificaciones de arquitectura contemporánea —el edificio del municipio y el CESFAM— y presenta dos áreas claramente definidas: un área de características escultóricas y un área recreativa con una importante masa arbórea. Tiene una superficie aproximada de 8.600 m² que abarca también la Plaza Gunther Wettke. Existe además un conjunto de áreas verdes de escala barrial que se distribuyen principalmente en los nuevos desarrollos de vivienda secuencial hacia el costado nororiente, en sectores como Villa Nueva Vida, Don Sebastián, Bicentenario y San Eduardo.

Áreas verdes San Rafael



Fuente: Levantamiento propio e información PLADECO

En total, a nivel urbano de San Rafael y Alto Pangue se identifican en el catastro 54.197,48 m² de área verde, en su mayoría de escala barrial, distribuidos mayormente al costado oriente. Teniendo en cuenta la proyección poblacional urbana para el año 2020 (5.407 habitantes), la cantidad de metros cuadrados

de área verde por habitante se aproxima a 5,2 m². En circunstancias referidas como ideales por la Organización Mundial de la Salud (OMS), este valor debería aproximarse como mínimo a los 9 m²/hab.

En la localidad de Alto Pangue se identifica solamente un área verde con extensión de 3.152 m², localizada en las inmediaciones de la Ruta 5 Sur, en cercanías de la Escuela Alto Pangue. Este parque cuenta con una gran masa arbórea. Considerando la población de la aldea registrada por el INE 2017 (320 habitantes), este centro cuenta con 9,8 m² de área verde por habitante, cumpliendo el estándar OMS al menos en el análisis cuantitativo.

Áreas verdes Alto Pangue.



Fuente: Levantamiento propio e información PLADECO

Inventario de áreas verdes por loteo o subdivisión

Sobre la base del catastro municipal y de los planos de loteo aprobados, las áreas verdes formalmente reconocidas en San Rafael son las siguientes:

Loteo / subdivisión	Ubicación referencial	Superficie total
Subdivisión Predial Resto Reserva CORA n°4	Plaza de Armas (Calle Arturo Prat, B. O'Higgins, Plaza Gunter)	8.361,7 m²
Loteo Don Sebastián I	Calles 2 y 3, pasaje 5 — sector residencial	2.768,0 m²
Loteo Don Sebastián II	Calles 3 y 5, pasaje 12 — sector residencial	3.482,0 m²
Loteo Las Lomas	Calle 1 con pasajes 3 (Javiera Carrera) y 5 (Camilo Henríquez)	1.072,0 m²
Loteo Bicentenario I	Calles 1, 6, 7 y 8 — pasajes 1 y 3	2.820,9 m²
Loteo Bicentenario II-A (153 viv.)	Calle Los Álamos Norte, calles 1, 6, 8 y Av. Estero Los Robles	8.777,0 m²

Loteo Bicentenario II-B (138 viv.)	Calles Lago Ranco, Lago Villarrica y Av. Los Arrayanes	6.687,8 m²
Loteo Villa San Rafael	Calle Con Con	2.981,5 m²
Loteo Población San Rafael	Avenida Villa Prat (restricción línea de alta tensión)	2.400,0 m²
Placilla San Rafael	Avenida Poniente	1.350,0 m²
Placilla Manuel Correa	Pasaje Padre Alberto Hurtado	992,0 m²
Placilla Alto Pangue	Pasaje Fernando Uribe	2.556,0 m²
Otras áreas verdes (varios loteos)	Subdivisiones y loteos menores	≈9.949 m²
TOTAL	Áreas verdes urbanas catastradas	**54.197,48 m²**

Biodiversidad comunal

En cuanto a su biodiversidad, la comuna de San Rafael cuenta con pocos atributos naturales conservados. Los balnearios o bordes de ríos y esteros no han sido considerados como sitios prioritarios para la conservación. Dentro de las áreas verdes que presenta la comuna, en su mayoría se contempla a las plazas, bandejones y arboledas. La superficie comunal se encuentra mayoritariamente con plantaciones de policultivos frutales, seguidos por una pequeña parte de vegetación de lomas. En relación con la superficie de cultivos: los frutales ocupan un 31% (con 8.179 hectáreas), las plantaciones forestales un 17%, los cereales 16%, las plantas forrajeras 14%, las viñas un 10%; el 8% corresponde a hortalizas (tomates, choclo, lechugas, repollo, brócoli, zanahoria, zapallo, apio); 2% semilleros; y 1% cultivos industriales (remolacha), leguminosas (porotos, arvejas, lentejas) y tubérculos (papa, rábanos).

Esta caracterización es relevante para la planificación climática por dos razones: (a) la dependencia económica comunal de cultivos sensibles a estrés hídrico —frutales, viñas, hortalizas— sitúa a la AFC en el centro de la prioridad de adaptación; (b) la baja superficie de vegetación nativa y la ausencia de sitios prioritarios para conservación abren oportunidad para la creación de un vivero municipal y la reforestación de riberas con especies nativas, contribución directa a sumideros de carbono y a la regulación hídrica de cuenca.

Repercusiones climáticas en el territorio

San Rafael presenta una crisis hídrica muy agresiva, donde se ve perjudicada principalmente la Agricultura Familiar Campesina, ya que no le permite regar los cultivos que son de consumo diario en el hogar. A ello se suman las heladas en fechas perjudiciales y el exceso de calor que cada vez se extiende por más meses

del año. Estos efectos confirman las proyecciones ARClim presentadas en la sección 3.5 y configuran la base empírica del diagnóstico participativo del Capítulo 4.

3.7 Inventario simplificado de Gases de Efecto Invernadero (GEI), versión 2

El inventario simplificado comunal de GEI se elabora bajo la metodología IPCC Tier 1, considerando los principales sectores definidos en las Directrices del IPCC (2006) y la guía nacional vigente. Su propósito es entregar una estimación inicial trazable de las emisiones comunales para orientar las medidas de mitigación, sin pretender reemplazar los inventarios oficiales que el Ministerio del Medio Ambiente publica regularmente a escala nacional y regional.

Codificación de la procedencia de los datos

Conforme al principio de transparencia adoptado por la Mesa Técnica Comunal, cada dato del inventario está codificado según su procedencia, distinguiendo tres categorías:

Código de procedencia	Significado
V — Verificado local	Datos provenientes de registros municipales, convenios vigentes, censo o estadísticas oficiales con desagregación comunal
E — Estimación IPCC Tier 1	Cifra calculada aplicando factores de emisión IPCC 2006 sobre datos de actividad obtenidos por proxy (población, parque vehicular regional escalado, hectáreas cultivadas, etc.)
P — Pendiente de verificación	Cifra preliminar que requiere confirmación con fuentes oficiales (SEC, MTT, ODEPA, INDAP, MINAGRI, SISS) — declarada como tal hasta su validación

Estimación sectorial de emisiones GEI.

La siguiente tabla presenta la estimación preliminar de emisiones GEI para la comuna de San Rafael, en toneladas de CO_2 equivalente (tCO_2e), correspondiente al año de referencia más reciente con datos disponibles:

Sector / categoría	Fuentes principales	Estimación tCO_2e/año	% del total	Procedencia
ENERGÍA — Residencial y comercial	Leña para calefacción y cocción; gas licuado; consumo eléctrico residencial conectado al SIC	**≈4.500–5.500**	≈30%	**E + P**
ENERGÍA — Edificios públicos municipales	Consumo eléctrico y combustibles del edificio consistorial, CESFAM, escuelas municipales y dependencias	**≈250–400**	≈2%	**V (parcial)**
TRANSPORTE	Parque vehicular comunal; transporte interurbano por Ruta 5 Sur (no atribuible íntegramente a la comuna); transporte público y de carga local	**≈3.000–4.500**	≈22%	**E + P**
AGRICULTURA — Fermentación entérica y manejo de estiércol	Ganado bovino y otras especies; manejo de estiércol en predios AFC	**≈2.500–3.500**	≈18%	**E**
AGRICULTURA — Suelos y fertilización	Aplicación de fertilizantes nitrogenados (frutales, cereales, viñas, hortalizas)	**≈1.200–1.800**	≈9%	**E**
RESIDUOS — Sólidos domiciliarios	Disposición en relleno sanitario El Retamo (con metano de descomposición); microbasurales	**≈1.500–2.200**	≈11%	**E**
RESIDUOS — Aguas servidas	Tratamiento (zona urbana) y descargas sin tratamiento (zona rural)	**≈300–500**	≈3%	**P**
UTCUTS (Uso de la Tierra)	Plantaciones forestales (sumidero); bosque nativo (sumidero limitado); suelos agrícolas	**≈ −600 a −1.200 (sumidero neto estimado)**	Capturas	**E**
EMISIONES NETAS COMUNALES (estimación 2025)	Suma de los sectores anteriores (con sumidero UTCUTS)	**≈14.000–18.000**	**100%**	**Mixto**

Nota técnica: el inventario corresponde a una estimación preliminar bajo metodología simplificada IPCC Tier 1. Los rangos amplios reflejan la incertidumbre derivada del uso de proxies y la ausencia de datos comunales desagregados en algunos sectores. El presente inventario será actualizado anualmente por el Equipo Técnico Municipal en el marco del sistema MRV (Capítulo 8),

incorporando progresivamente datos verificados a medida que las solicitudes formales a SEC (consumo eléctrico residencial), MTT (parque vehicular comunal), INDAP/ODEPA (datos AFC) y SISS (aguas servidas) sean respondidas. Fuente Plan Local de Cambio Climático (PLCC) municipal en Chile, basado en la Ley N° 21.455

Lectura sectorial: tres focos prioritarios para la mitigación

La estructura del inventario comunal preliminar revela tres focos prioritarios para las medidas de mitigación del PACCC, que se traducen en las medidas codificadas SR-M1, SR-M2 y SR-M3 del Capítulo 5:

9. Energía residencial y combustión de leña: representa la mayor proporción de las emisiones comunales y, además, está directamente vinculada con la salud (contaminación intradomiciliaria por humo). Las medidas asociadas son la eficiencia energética en viviendas, sustitución de calefactores y educación energética, articuladas con el Programa Gestiona Energía Local de AgenciaSE.
10. Transporte: emisiones derivadas del parque vehicular y de la movilidad asociada al carácter de ciudad dormitorio respecto de Talca. La medida apuesta por movilidad activa (ciclovías y senderos peatonales) y por avanzar en electromovilidad pública en coordinación con las medidas regionales del PARCC Maule (M1.1, M1.2, M1.3).
11. Residuos sólidos: emisiones de metano del relleno El Retamo y de microbasurales. Las medidas asociadas combinan compostaje domiciliario, ampliación de puntos verdes, formalización de un plan comunal de gestión de residuos y fortalecimiento del rol fiscalizador municipal en el conflicto socioambiental con el relleno sanitario.

CAPÍTULO 4. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS PARTICIPATIVO

Este capítulo integra los antecedentes técnicos del Capítulo 3 con la información levantada mediante los instrumentos participativos descritos en la sección 2.4, configurando un diagnóstico territorializado y socialmente validado de la situación climática de la comuna de San Rafael. Su propósito es constituir la base empírica que justifica la jerarquización de medidas presentada en el Capítulo 5.

4.1 Análisis de amenazas locales

A partir de la información territorial, los registros climáticos y los aportes del proceso participativo, se han identificado las principales amenazas climáticas que afectan a la comuna de San Rafael. La siguiente tabla sistematiza, para cada amenaza, los riesgos asociados, los sectores expuestos y los impactos observados o esperados:

Amenaza climática	Riesgos asociados	Sectores y territorios expuestos	Impactos observados o esperados
Precipitaciones intensas concentradas	Inundaciones localizadas; anegamiento de calles y viviendas; daños en alcantarillado	Bicentenario IIC; canales del sector Pangue; calle Dino Balboni; sectores con calles no pavimentadas	Daños materiales a viviendas; cortes temporales de tránsito; sobrecarga puntual de drenajes urbanos
Desbordamiento de canales y esteros	Inundación de predios agrícolas; arrastre de residuos; daño a infraestructura de riego	Estero Pangue-Panguilemo; estero Pataguas; estero Los Robles; canales del río Claro	Pérdidas en cultivos AFC; contaminación de agua de riego; emergencia en Alto Pangue
Drenajes urbanos insuficientes	Anegamiento por sobrecarga; erosión en pasajes secundarios; deterioro vial	Pasajes secundarios sin pavimento; loteos nuevos del sector oriente sin obras pluviales completas	Reclamos vecinales recurrentes; gasto municipal en mantención correctiva; ralentización urbana
Temperaturas altas extremas / olas de calor	Golpes de calor; agravamiento de enfermedades cardiopulmonares; estrés hídrico de cultivos	Adultos mayores rurales sin red de apoyo; trabajadores AFC; estudiantes en escuelas rurales	Aumento de consultas en CESFAM; pérdida de productividad laboral; pérdida de cosecha por estrés térmico
Temperaturas bajas extremas / heladas	Pérdida de floración en frutales; daño a cultivos hortícolas; aumento de uso de leña en calefacción	Predios frutales y vitivinícolas; hortaliceros AFC; viviendas vulnerables sin aislación térmica	Pérdida de cosechas en años con heladas tardías de septiembre/octubre; mayor consumo de leña con

			impactos en salud y emisiones
Microbasurales y residuos no gestionados	Contaminación de cursos de agua; vectores sanitarios; emisiones de metano por descomposición	Riberas del río Claro; bordes de caminos rurales; sectores periurbanos; entorno de relleno sanitario en Alto Pangue, sectores rurales aumento de microbasurales	Conflicto socioambiental afectación de salud y calidad de vida; degradación paisajística
Condiciones secas prolongadas	Mayor inflamabilidad vegetal; reducción de caudales; aumento de polvo en suspensión por tránsito	Plantaciones forestales (17% del territorio); bordes rurales; ruta El Retamo (camiones)	Riesgo elevado de incendios forestales; pozos secos en sectores rurales sin SSR; reclamos por polvo
Malas prácticas agrícolas y forestales	Erosión de suelos; pérdida de materia orgánica; contaminación por agroquímicos en napas y cauces	Predios con monocultivo intensivo; suelos en clases V a VIII expuestos a degradación	Pérdida de productividad de largo plazo; contaminación de esteros; reducción de biodiversidad útil (polinizadores)
Factores ecológicos: pérdida de vegetación nativa	Reducción de sumideros de carbono; pérdida de regulación hídrica; mayor erosión	Riberas del río Claro y esteros; lomas costeras; quebradas rurales	Pocos atributos naturales conservados; ausencia de sitios prioritarios para conservación; oportunidad para reforestación
Bajas precipitaciones / mega sequía estructural	Déficit hídrico crónico; reducción de caudales; pozos secos; pérdida de cosechas	AFC; 6 sistemas SSR; río Claro y esteros; sectores rurales sin red de agua potable	Mega sequía iniciada en 2007; déficit observado del 55% en 2021; afectación generalizada al modo de vida rural

Esta caracterización de amenazas se construye sobre los antecedentes climáticos de la sección 3.3, las proyecciones ARClim de la sección 3.5 y las observaciones recogidas durante el proceso participativo. Cada una de las amenazas identificadas tiene correspondencia con al menos una medida del Capítulo 5, asegurando trazabilidad entre el diagnóstico y las acciones del plan.

4.2 Matriz de riesgo climático por sistema afectado

La matriz de riesgo climático integral por sistema, elaborada conforme al marco IPCC (R = A × E × S ÷ CA), se ha presentado en la sección 3.5.3 del Capítulo 3. En síntesis, los sistemas con riesgo MUY ALTO son la Agricultura Familiar Campesina (AFC) y los seis sistemas de Agua Potable Rural (APR); en riesgo ALTO se sitúan la salud humana —especialmente adultos mayores y niños—, la biodiversidad y bosque nativo

asociado a riberas, y la gestión de residuos sólidos en su dimensión climática (metano del relleno y polvo de transporte). En riesgo MEDIO se encuentra la infraestructura urbana y vial expuesta a precipitaciones intensas localizadas.

Esta jerarquización es la base directa para la priorización de medidas en el Capítulo 5. Las cuatro medidas de mayor urgencia derivadas de la matriz son: (i) recarga y protección de SSRs rurales; (ii) tecnificación de riego y acumuladores intraprediales para AFC; (iii) protocolo comunal de ola de calor para población vulnerable; y (iv) plan de gestión de incendios en zonas de interfaz urbano-forestal.

4.3 Resultados del proceso participativo

Los instrumentos participativos descritos en la sección 2.4 (cuestionario de percepción ciudadana, pauta de grupo focal, encuesta para niñas y niños, cartografía participativa) han sido aplicados en distintos espacios y momentos del proceso de elaboración del PACCC. La presente sección sintetiza los principales hallazgos cualitativos sin pretender exhaustividad estadística, dado el carácter cualitativo de los instrumentos.

4.3.1 Cuestionario de percepción ciudadana

La aplicación del cuestionario, dirigido a habitantes adultos de la comuna en sectores urbanos y rurales, levantó las siguientes percepciones predominantes:

Figura D-1. Caracterización sociodemográfica de la muestra

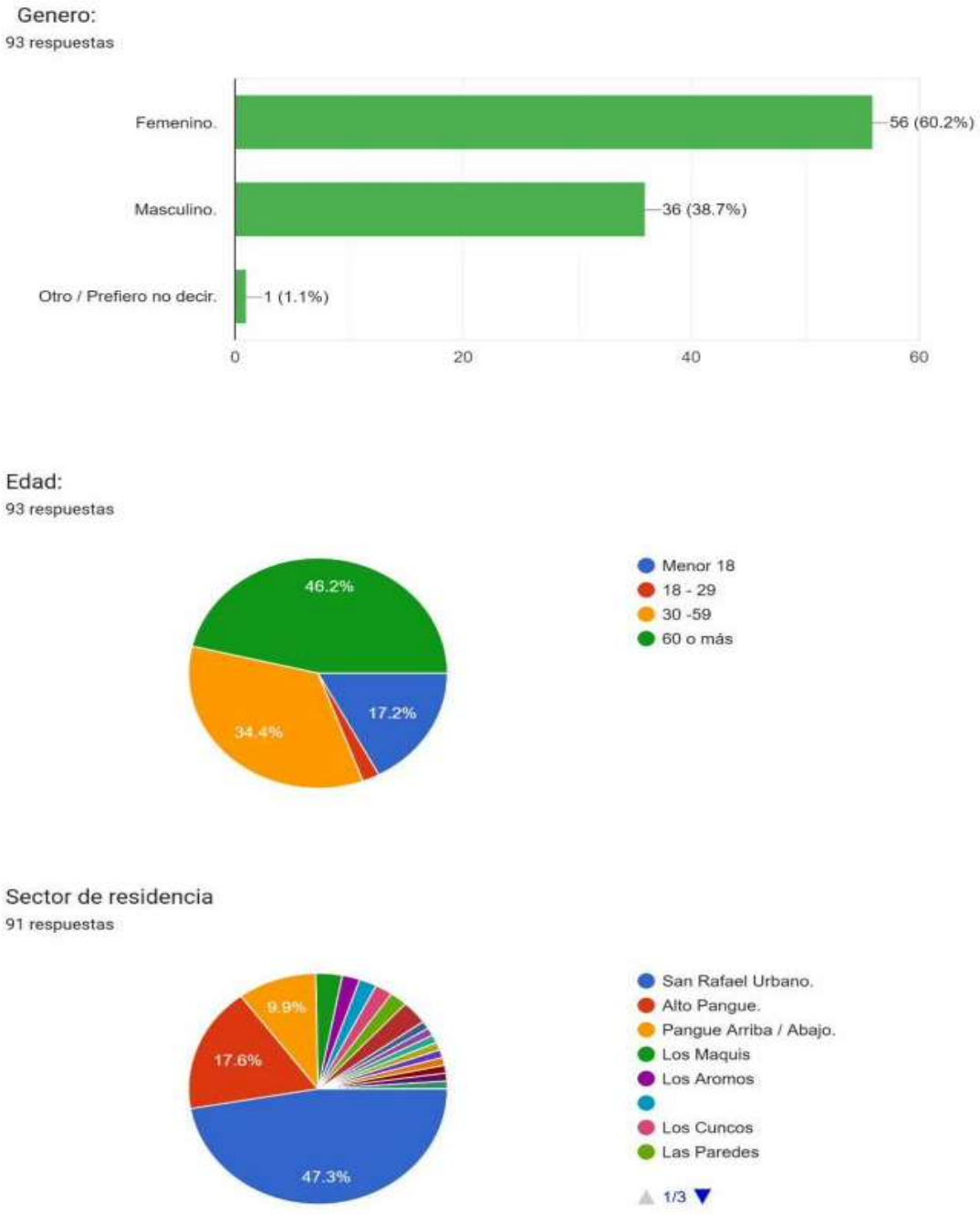


Figura D-1: Distribución de encuestados según género, grupo etario y sector de residencia (n=93). Fuente: Encuesta Ciudadana PACCC San Rafael, 2025.

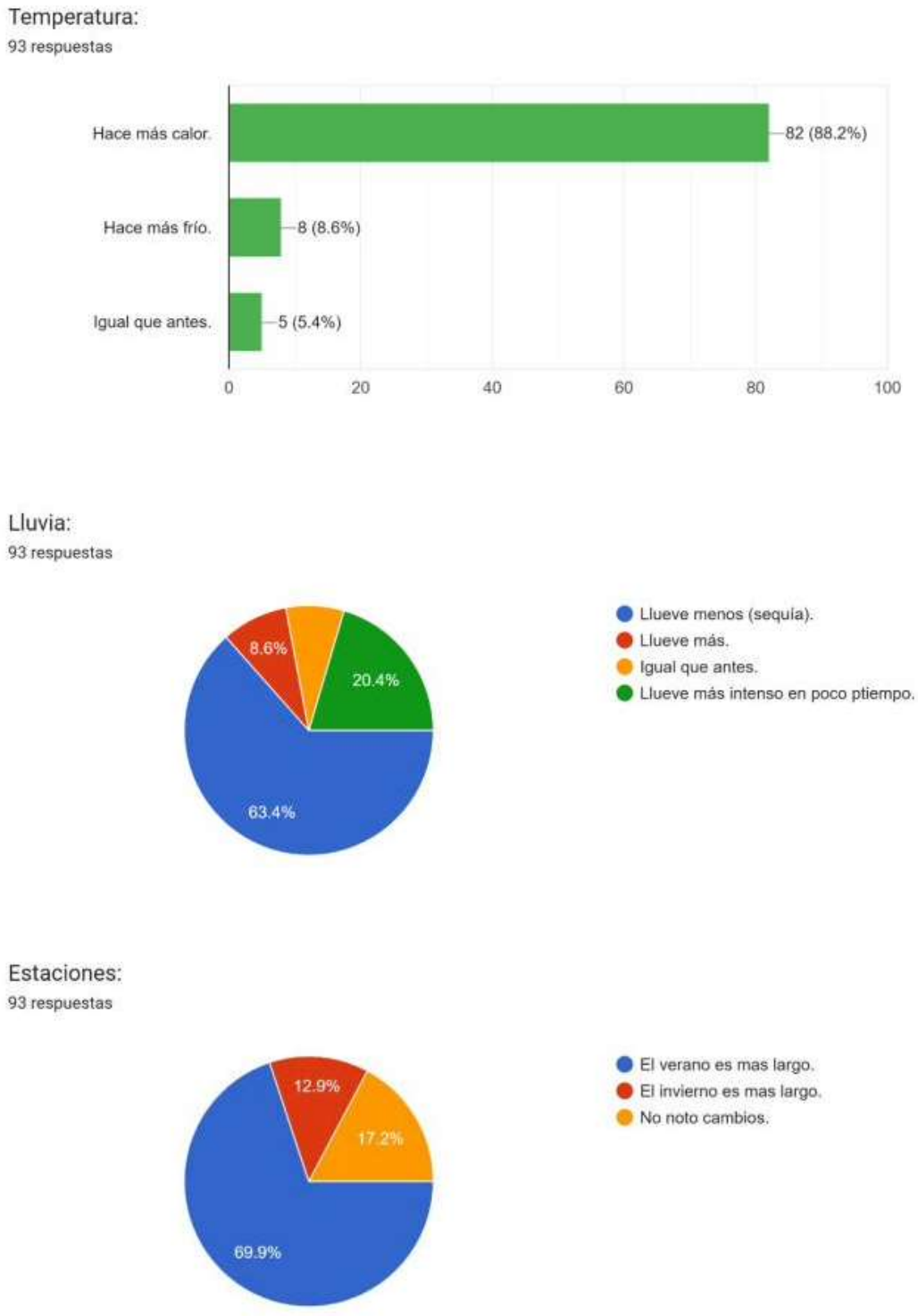


Figura D-2: Percepción de cambios en temperatura, régimen de lluvias y comportamiento estacional (n=93). Fuente: Encuesta Ciudadana PACCC San Rafael, 2026.

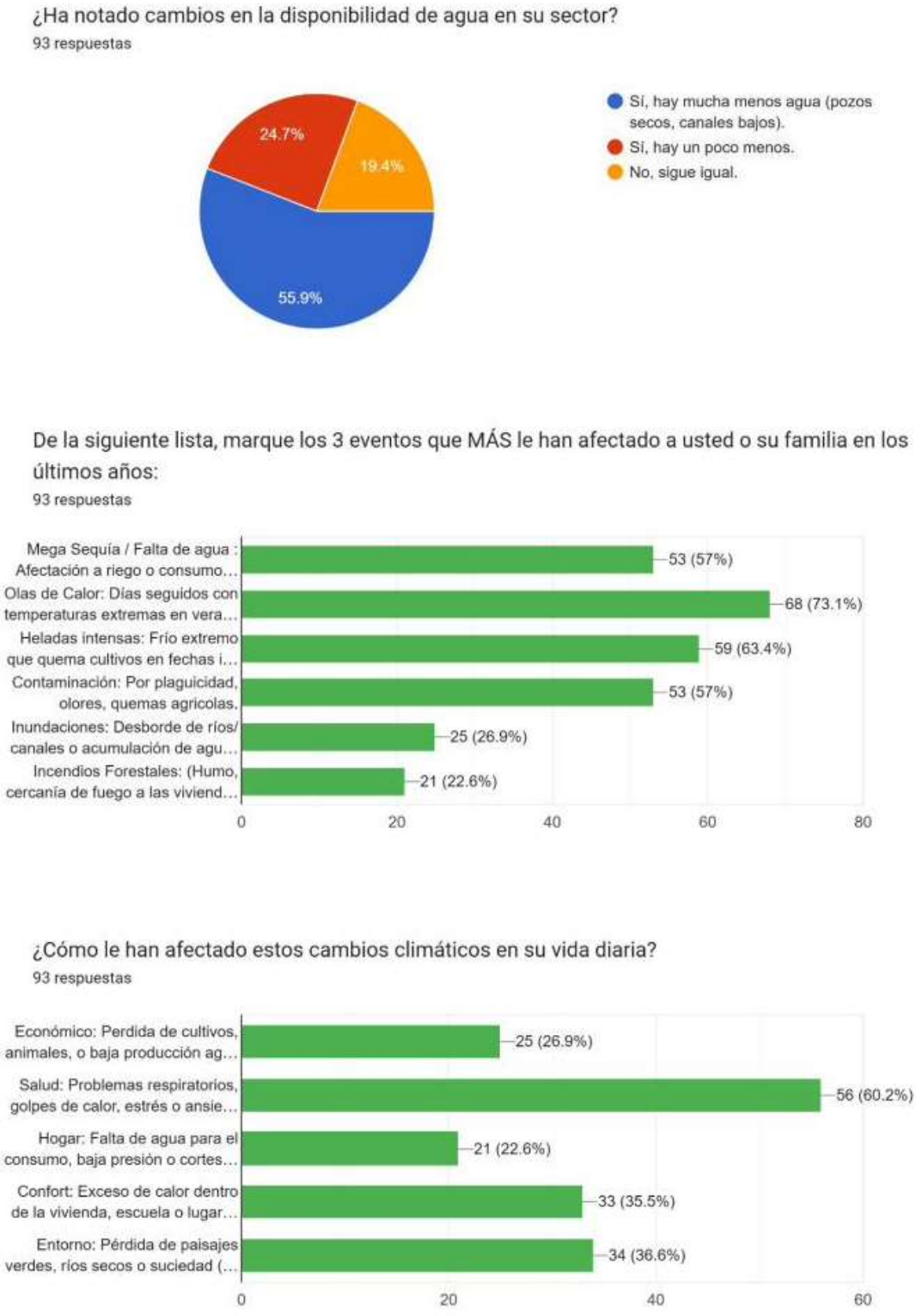


Figura D-3: Disponibilidad de agua, eventos climáticos extremos de mayor impacto e impactos en la vida diaria (n=93). Fuente: Encuesta Ciudadana PACCC San Rafael, 2026.

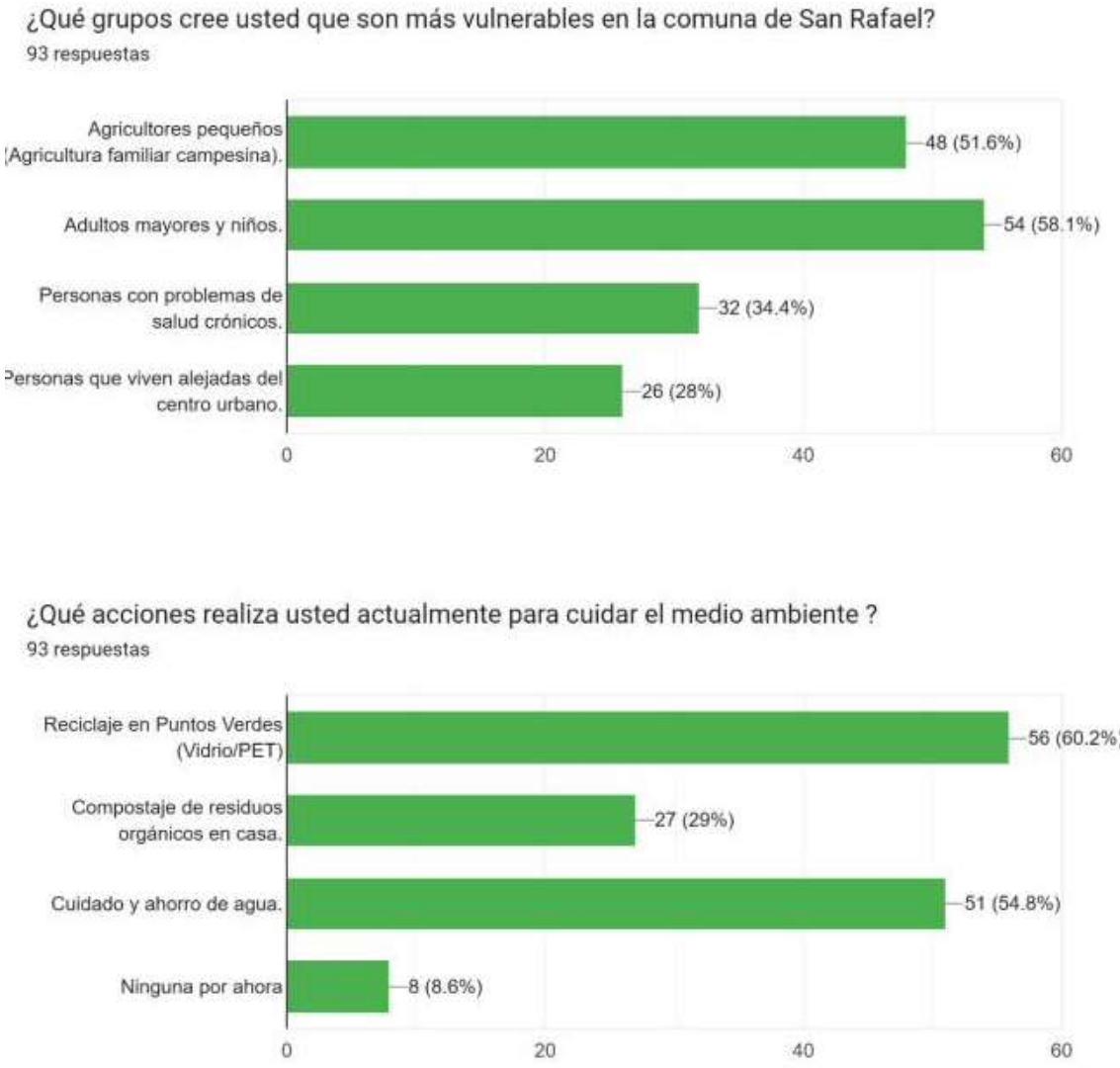


Figura D-4: Grupos considerados más vulnerables y acciones ambientales que realiza la comunidad actualmente (n=93). Fuente: Encuesta Ciudadana PACCC San Rafael, 2026.

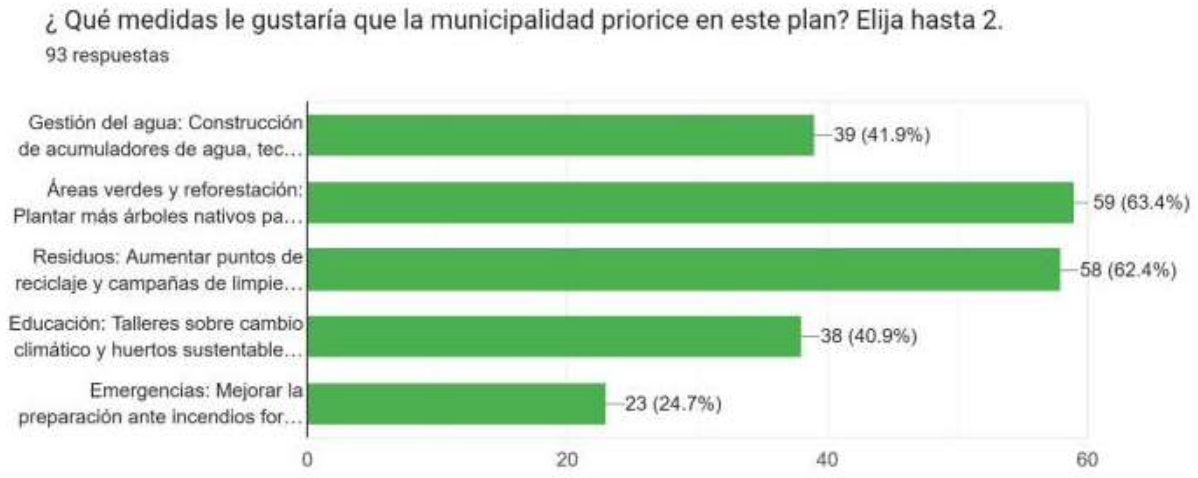


Figura D-5: Medidas prioritarias para el PACCC según preferencia ciudadana (n=93). Fuente: Encuesta Ciudadana PACCC San Rafael, 2026.

- Existe alta conciencia comunitaria respecto a la disminución del agua en pozos, canales y esteros. Los participantes mayoritariamente identifican la sequía estructural como la transformación climática más visible y dolorosa de las últimas dos décadas. Frases recurrentes en las respuestas abiertas refieren a que antes los pozos no se secaban en verano y que el río Claro hoy lleva mucha menos agua.
- La percepción del aumento de calor estival es generalizada, especialmente entre quienes habitan en viviendas rurales sin climatización. Los participantes asocian directamente este fenómeno con dificultades para dormir, agotamiento durante labores agrícolas y preocupación por adultos mayores en el hogar.
- Las heladas tardías —en septiembre y octubre— son señaladas por agricultores como una amenaza creciente, particularmente para frutales en floración y para hortalizas tempranas, con pérdidas económicas concretas en años recientes.
- El conflicto socioambiental con el relleno sanitario El Retamo aparece de manera transversal y vehemente en las respuestas de habitantes de Alto Pangue. Polvo, olores, percolados y deterioro de caminos por el tránsito de camiones son las quejas más reiteradas.
- Entre las medidas más demandadas por la ciudadanía figuran: protección de los SSRs y mayor inversión hídrica rural; arbolado nativo en plazas, escuelas y bandejones viales; ampliación de puntos verdes y fiscalización de microbasurales; programas de eficiencia energética e incentivos para reemplazo de calefactores.

4.3.2 Encuesta a niñas y niños de las escuelas comunales

La encuesta aplicada a estudiantes de la Escuela San Rafael, la Escuela Alto Pangue y la Escuela Pangue Arriba ha permitido capturar la percepción climática desde la mirada infantil. Los hallazgos más significativos incluyen:

- Niñas y niños identifican con claridad cuestiones ambientales del entorno escolar: la basura en patios y bordes de calles, la falta de árboles en zonas de juego, el calor sofocante en aulas durante la primavera y verano, y la presencia de moscas y olores en sectores cercanos al relleno El Retamo.
- Las propuestas formuladas como Alcalde/sa por un día reflejan creatividad y sensibilidad: plantar árboles frutales y nativos en las escuelas, instalar puntos limpios infantiles, eliminar microbasurales, sancionar a quienes ensucian, instalar paneles solares en las escuelas, y crear espacios de juego con sombra natural.
- La encuesta confirma que los y las estudiantes son interlocutores válidos del PACCC y que las medidas educativas (medida SR-A7 y SR-T2) deben articularse con las escuelas como espacios privilegiados de educación ambiental, con apoyo del Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educacionales (SNCAE).



Presentación Escuela Alto Pangue



Presentación Escuela Alto Pangue



Presentación Escuela San Rafael



Presentación Escuela Pangue Arriba



Presentación Organizaciones Comunitarias



Mesa Técnica Comunal PACCC San Rafael

4.4 Perfil climático de la comuna y crisis socioambiental

El cruce de los antecedentes técnicos, las proyecciones ARClim/PARCC y los hallazgos del proceso participativo permite definir un perfil climático de la comuna de San Rafael caracterizado por seis elementos estructurantes:

1. Una mega sequía instalada desde 2007 que ha modificado los modos de vida rurales y la viabilidad económica de la Agricultura Familiar Campesina, con un déficit observado del 55% respecto del promedio histórico en años recientes.
2. Una proyección de reducción de precipitaciones del orden del 16% al 2050 (de 733 a 616 mm anuales) y de caudales del río Claro de entre 10% y 40%, que profundiza el escenario de estrés hídrico estructural.
3. Una alta dependencia de la población rural respecto de seis comités y cooperativas de Agua Potable Rural, sin alternativa de red concesionada, lo que sitúa a estos sistemas en la categoría de infraestructura crítica del territorio.
4. Un aumento proyectado de la temperatura media de 1,2 a 1,4°C y de al menos 20 días por año con temperaturas superiores a 30°C, con impactos diferenciados sobre adultos mayores, niños, niñas y trabajadores rurales.

5. Una baja cobertura de áreas verdes per cápita (5,2 m²/hab, frente a los 9 m²/hab recomendados por la OMS) y una marcada concentración urbana de estos espacios, con escasa presencia de vegetación nativa y ausencia de sitios prioritarios formales para conservación.
6. Una crisis socioambiental activa en torno al funcionamiento del relleno sanitario El Retamo, ubicado en el sector Alto Pangue, que constituye un foco de tensión social y de demanda explícita de la comunidad por una respuesta institucional más decidida.

Caso testigo: el relleno sanitario

El relleno sanitario El Retamo opera en el sector Alto Pangue de la comuna y recibe diariamente residuos provenientes de comunas vecinas. La operación involucra el tránsito de aproximadamente 100 camiones diarios por caminos rurales no diseñados para esa carga, lo que ha generado un deterioro vial sostenido, presencia constante de polvo en suspensión y tránsito permanente de vehículos pesados frente a viviendas habitadas.

La población residente en Alto Pangue —del orden de 500 hogares afectados— ha presentado denuncias formales y movilizaciones públicas. Una denuncia ciudadana respaldada por más de 300 firmas fue ingresada a las autoridades pertinentes, exigiendo la fiscalización del cumplimiento de la resolución de calificación ambiental, la mitigación efectiva de impactos por polvo y olores, y la habilitación de mecanismos de compensación territorial. Dirigentes locales han hecho declaraciones públicas reiteradas que sintetizan el malestar de la comunidad ante la falta de respuesta proporcional a la magnitud del problema.

Si bien el funcionamiento del relleno sanitario excede en sentido estricto las competencias municipales —al estar regulado por instancias nacionales y regionales del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental—, la Ilustre Municipalidad de San Rafael asume, mediante este PACCC, un rol activo en tres dimensiones: (a) acompañamiento técnico y legal a la comunidad afectada en sus gestiones ante la autoridad ambiental; (b) seguimiento permanente de las condiciones operacionales del relleno y sus impactos territoriales; (c) impulso de medidas comunales de reducción de generación de residuos en origen (compostaje, reciclaje, economía circular) que, en el largo plazo, alivien la presión sobre el relleno y los pasivos ambientales asociados. Estas líneas de acción se concretan en las medidas SR-M1 (Gestión de Residuos y Economía Circular) y SR-T1 (Gobernanza) del Capítulo 5.

Síntesis del diagnóstico

El diagnóstico integrado ratifica la hipótesis de partida del PACCC de San Rafael: la comuna enfrenta un escenario climático estructuralmente adverso, en el que los riesgos ya manifiestos —sequía, pérdida de cosechas, presión sobre SSRs, conflicto socioambiental por residuos— se profundizarán hacia 2050 si no

se adoptan medidas de adaptación y mitigación coordinadas. La buena noticia derivada del proceso participativo es que existe una conciencia ciudadana clara, una memoria climática viva y una disposición concreta a participar en propuestas de acción. El Capítulo 5 traduce este diagnóstico en catorce medidas codificadas que organizan la respuesta comunal para el periodo 2026–2031.

CAPÍTULO 5. PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA

5.1 Visión, misión y principios orientadores

Visión 2031

> *San Rafael será, hacia el año 2031, una comuna rural resiliente al cambio climático, con sistemas productivos agrícolas familiares fortalecidos en su capacidad adaptativa, con seguridad hídrica garantizada para sus habitantes rurales y urbanos, con un territorio que conserva y restaura su biodiversidad asociada a riberas y esteros, y con una gestión municipal climáticamente activa, transparente y articulada con los instrumentos regionales y nacionales del país.*

Misión institucional

La Ilustre Municipalidad de San Rafael, a través de su Equipo Técnico Municipal y de la Mesa Técnica Comunal de Cambio Climático, asume la misión de coordinar, ejecutar y evaluar las medidas del presente PACCC, en estrecha colaboración con los servicios públicos sectoriales, las organizaciones territoriales y las comunidades educativas, garantizando que las decisiones e inversiones de la administración local incorporen criterios climáticos en su diseño, ejecución y evaluación.

Principios orientadores del Plan

Las medidas de este PACCC se diseñan, implementan y evalúan conforme a los siguientes principios:

- Principio precautorio: ante incertidumbre sobre la magnitud o irreversibilidad de un impacto climático, la falta de certeza absoluta no será causa para postergar la adopción de medidas de adaptación o mitigación.
- Principio de equidad territorial: las medidas atenderán las diferencias entre zona urbana y zona rural, y darán prioridad a sectores con mayor vulnerabilidad social y ambiental, especialmente Alto Pangue, Pangue Arriba y los seis sistemas SSR.
- Principio de transparencia: los datos, indicadores y resultados del PACCC se reportarán anualmente al Honorable Concejo Municipal y se difundirán en formatos accesibles a la ciudadanía.
- Principio de coherencia con instrumentos superiores: las medidas comunales tributarán explícitamente a las metas de la NDC 2025, la ECLP y el PARCC Maule, y dialogarán con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- Principio de participación: cada medida considera espacios formales para la incorporación de la comunidad en su diseño detallado, ejecución y evaluación.
- Principio de género e inclusión: el plan reconoce los impactos diferenciales del cambio climático sobre mujeres rurales, adultos mayores, niños y niñas, y personas con discapacidad, e incorpora respuestas específicas en las medidas pertinentes.

5.2 Ejes estratégicos y catorce medidas codificadas

Las 14 medidas están organizadas en tres ejes estratégicos: Adaptación (SR-A1 a SR-A7), Mitigación (SR-M1 a SR-M3) y Transversal (SR-T1 a SR-T4). Cada medida se presenta con una fundamentación técnica detallada, un análisis de su pertinencia en el contexto específico de San Rafael, los actores involucrados, los indicadores de seguimiento y las fuentes de financiamiento identificadas.

5.3 Fichas de medidas SR-A1 A SR-A7(Adaptación)

Las medidas de adaptación tienen por finalidad reducir la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales de San Rafael ante las amenazas climáticas proyectadas, aumentando su resiliencia. En el contexto de la comuna, la adaptación se centra en los ámbitos de seguridad hídrica, gestión del riesgo de desastres, protección de ecosistemas ribereños y reducción de la exposición al calor extremo.

MEDIDA SR-A1: Tecnificación del riego y acumuladores de agua intraprediales para la Agricultura Familiar Campesina

La Agricultura Familiar Campesina (AFC) de San Rafael constituye el sistema económico y alimentario central de una parte significativa de la población rural de la comuna. Los pequeños agricultores producen principalmente cultivos de consumo directo en el hogar —hortalizas, leguminosas, tubérculos, frutas— y sus actividades dependen de manera casi absoluta del agua de riego proveniente de los canales que se nutren del Río Claro y sus esteros afluentes. Este sistema productivo, que ya operaba bajo presión hídrica antes de la megasequía, enfrenta hoy una amenaza existencial: la reducción proyectada de entre un 10% y un 40% de los caudales disponibles en la cuenca del Río Maule al año 2050 compromete de manera directa la viabilidad de la producción agropecuaria de subsistencia.

El diagnóstico territorial realizado en el marco del PACCC identifica que un área significativa de los suelos de riego del territorio comunal ya perdió su aptitud agrícola para cultivos de alta demanda hídrica como el arroz, debido a que los canales que provienen del oriente traen un 50% menos de agua que en décadas anteriores. Este deterioro progresivo no es coyuntural: responde a una tendencia estructural confirmada por las proyecciones de ARClim y del PARCC Maule, que establecen que el déficit hídrico se profundizará a lo largo de todo el horizonte del plan (2026–2031) y más allá.

La medida propone dos líneas de acción complementarias. La primera es la tecnificación del riego, es decir, la sustitución de los sistemas de riego gravitacional por sistemas de riego presurizado —goteo o microaspersión— que pueden reducir el consumo de agua entre un 30% y un 50% manteniendo o incrementando los rendimientos productivos. Esta transición es apoyada técnica y financieramente por la Comisión Nacional de Riego (CNR) a través del Programa de Apoyo al Riego y Drenaje, y por INDAP mediante sus programas de inversión para la AFC. La Municipalidad, a través de PRODESAL, ejerce un rol articulador clave al identificar a los agricultores prioritarios y apoyar la formulación de los proyectos de postulación.

La segunda línea es la instalación de acumuladores o cosechadores de agua intraprediales, infraestructuras de pequeña escala —tranques, estanques subterráneos, sistemas de captación de agua de lluvia— que permiten almacenar agua durante los períodos de disponibilidad para utilizarla en los períodos de estiaje. En el contexto de San Rafael, donde las lluvias se concentran entre mayo y agosto y la demanda agrícola es mayor entre diciembre y marzo, esta complementariedad temporal puede

representar la diferencia entre sostener o perder la producción. Estas estructuras son elegibles para financiamiento mediante el Bono de Fomento de Inversión de INDAP y los instrumentos de apoyo del CNR. Desde una perspectiva de justicia climática, esta medida es prioritaria porque los agricultores de AFC son el grupo que tiene menor capacidad adaptativa autónoma ante la escasez hídrica: no disponen de capital para invertir en tecnología de riego sin apoyo institucional, no tienen diversificación de ingresos que les permita absorber pérdidas de cosecha, y su producción cumple una función social de seguridad alimentaria local que trasciende el ámbito económico individual.

SR-A1	**Eje: Adaptación**	**Prioridad: ALTA**
Institución responsable	Municipalidad (PRODESAL), Comisión Nacional de Riego (CNR), INDAP	
Plazo de ejecución	2026–2028 (fase de levantamiento y focalización: 2026; primeras implementaciones: 2026–2028)	
Indicadores SMART	N° de agricultores AFC con sistemas de riego tecnificado implementados; m³ de capacidad de acumulación instalada por predio; % de reducción en consumo hídrico de predios intervenidos respecto a línea base.	
Vinculación normativa	PARCC Maule A5.3 | Ley 21.455 Art. 12 | NDC 2025 (adaptación agricultura) | ECLP (seguridad hídrica)	

MEDIDA SR-A2: Reforestación de riberas del Río Claro, esteros y quebradas con especies nativas y creación de vivero municipal

Los cuerpos de agua de la comuna de San Rafael —el Río Claro, el estero Pataguas, el estero Robles y el estero Pangue-Panguilemo— constituyen el sistema hídrico y ecológico que articula el territorio comunal. Sin embargo, el diagnóstico territorial revela que estos cauces están sometidos a una presión ambiental múltiple: contaminación por aguas servidas y plaguicidas, extracción de áridos, microbasurales en las riberas, y la pérdida progresiva de la vegetación riparia nativa que otrora protegía sus márgenes. Esta degradación es a la vez causa y consecuencia del cambio climático: la megasequía reduce los caudales y concentra los contaminantes, mientras que la pérdida de vegetación ribereña acelera la erosión de los suelos y disminuye la recarga de las napas subterráneas que alimentan a los SSR.

La vegetación ribereña nativa —constituida principalmente por especies como sauce, álamo, quillay, boldo y peumo en este tramo latitudinal— cumple funciones ecosistémicas críticas que son invisibles hasta que se pierden: fija los márgenes del cauce impidiendo la erosión, filtra los contaminantes antes de que lleguen al agua, provee sombra que reduce la temperatura del agua y el estrés de los organismos acuáticos, actúa como corredor biológico para la fauna silvestre, y captura carbono tanto en su biomasa aérea como en el suelo orgánico que genera. En el contexto del cambio climático, cada hectárea de ribera reforestada es una inversión en resiliencia hídrica.

La medida contempla la reforestación progresiva de los márgenes del Río Claro en el tramo comunal, así como de los esteros Pataguas, Robles y Pangue-Panguilemo, priorizando los sectores con mayor exposición a la erosión y los tramos adyacentes a zonas agrícolas donde la pérdida de suelo tiene consecuencias productivas directas. La selección de especies seguirá los criterios técnicos de CONAF y privilegiará las especies nativas de la zona mediterránea semiárida, que tienen mayor adaptación a las condiciones de sequía proyectadas.

La creación del vivero municipal representa la dimensión institucional y pedagógica de esta medida. Un vivero operativo en la Municipalidad permite producir plantas nativas de manera autónoma y a bajo costo, abasteciendo tanto las acciones de reforestación del plan como las iniciativas de arborización urbana, plantación en plazas y escuelas, y distribución a particulares. Al mismo tiempo, el vivero se convierte en un espacio de educación ambiental, de capacitación de la AFC en técnicas agroforestales y silvopastoriles, y de conservación de germoplasma local. Su operación puede articularse con los establecimientos educacionales de la comuna y con el programa de guardadores de semillas (medida SR-T3), creando sinergias que fortalecen el tejido socioambiental de la comunidad.

Las fuentes de financiamiento para esta medida incluyen el Fondo de Protección Ambiental del MMA, los programas de restauración ecosistémica de CONAF, el FNDR componente ambiental, y los recursos del Programa de Desarrollo Rural (PDR) del GORE Maule.

SR-A2	Eje: Adaptación	Prioridad: ALTA
Institución responsable	Municipalidad de San Rafael (SECPLA, Depto. Agropecuario), CONAF, GORE Maule	
Plazo de ejecución	2026–2029 (diseño técnico y habilitación vivero: 2027; primeras plantaciones: 2027; consolidación: 2028–2029)	
Indicadores SMART	Hectáreas de ribera reforestada con especies nativas (meta: mínimo 10 ha al año 2028); % de operatividad del vivero municipal; N° de plantas nativas producidas anualmente; N° de instituciones y predios abastecidos.	
Vinculación normativa	PARCC Maule A4.1 | ARClim (amenaza sequía e incendios) | ECLP (conservación de sumideros) | Ley 21.455	

MEDIDA SR-A3: Elaboración de cartografía de riesgo climático comunal (inundaciones, incendios forestales, sequía hídrica)

La gestión eficaz del riesgo climático requiere como condición previa el conocimiento preciso de dónde están los riesgos, quiénes están expuestos a ellos y con qué intensidad. En San Rafael, si bien el diagnóstico del PACCC ha identificado las amenazas principales a nivel cualitativo, el municipio no dispone hoy de cartografía de riesgo climático actualizada y de escala comunal que permita tomar decisiones de planificación territorial, ordenamiento del uso del suelo, inversión en infraestructura de protección y activación de protocolos de emergencia con la precisión necesaria.

La plataforma ARClim del Ministerio del Medio Ambiente provee proyecciones climáticas e índices de riesgo a escala comunal, pero su resolución espacial no permite identificar los sectores intraurbanos y rurales específicos con mayor exposición. Para ello es necesario complementar los datos de ARClim con información local: el trazado de los cauces y cotas de inundación, la distribución de las plantaciones forestales y la inflamabilidad de la vegetación, la localización de los pozos APR y su relación con los niveles freáticos, y la distribución de la población en los sectores de mayor vulnerabilidad.

Los tres riesgos que la cartografía debe mapear con mayor profundidad son los siguientes. En primer lugar, las inundaciones: el diagnóstico del PACCC ya identificó sectores de alto riesgo —Bicentenario IIC, canales de Pangue Arriba y Pangue Abajo, calle Dino Balboni, sector Bajo la Peña— que requieren ser delimitados cartográficamente con una definición suficiente para orientar obras de mitigación y restricciones de uso

de suelo en el proceso de aprobación del Plan Regulador Comunal, que se encuentra actualmente en tramitación. En segundo lugar, los incendios forestales: es necesario identificar las zonas de interfaz urbano-forestal donde la proximidad entre plantaciones forestales y viviendas rurales genera riesgo de vida y pérdidas materiales, clasificando el riesgo por sectores para orientar las acciones de CONAF y Bomberos. En tercer lugar, la sequía y el riesgo hídrico: la cartografía debe identificar las captaciones de agua de cada APR, sus zonas de recarga y la vulnerabilidad de cada sistema ante la reducción de caudales proyectada.

Esta medida tiene además un valor estratégico para la gestión presupuestaria del municipio: una cartografía de riesgo validada es un instrumento reconocido por el Sistema Nacional de Inversiones (SNI) que fortalece la fundamentación técnica de los proyectos de infraestructura que se postulen al FNDR, al PMU y a otros fondos, aumentando la probabilidad de aprobación y financiamiento. La elaboración puede realizarse en convenio con el Ministerio del Medio Ambiente a través de ARClim, con la Dirección General de Aguas (DGA), con SENAPRED y con universidades regionales con capacidad de análisis geoespacial.

SR-A3	Eje: Adaptación	Prioridad: ALTA
Institución responsable	Municipalidad de San Rafael (SECPLA), MMA (plataforma ARClim), SENAPRED, DGA	
Plazo de ejecución	2026–2028 (elaboración y validación técnica del mapa comunal de riesgo climático)	
Indicadores SMART	Mapa de riesgo climático comunal elaborado, validado y disponible en plataforma SIG municipal; N° de sectores priorizados por tipo de riesgo (inundación / incendio / sequía hídrica); integración al expediente del Plan Regulador Comunal.	
Vinculación normativa	PARCC Maule A1.1 | ARClim (MMA/CR2) | Ley 21.455 | SENAPRED (Ley N° 21.364)	

MEDIDA SR-A4: Fortalecimiento de la gestión y prevención del riesgo de incendios forestales en zonas de interfaz rural-forestal

San Rafael es una comuna de alta exposición al riesgo de incendios forestales. El 17% de la superficie comunal está cubierto por plantaciones forestales —principalmente pino y eucalipto— cuya distribución genera zonas de interfaz entre la vegetación inflamable y las viviendas rurales, las bodegas de almacenamiento agrícola, los cultivos de verano y los corredores viales. Este riesgo no es nuevo, pero las proyecciones climáticas lo agravan de manera inequívoca: el aumento de las temperaturas máximas estivales, la reducción de la humedad del suelo por efecto de la megasequía y la mayor frecuencia de vientos de origen andino en verano crean condiciones de propagación más rápida e intensa de los incendios.

Desde una perspectiva de gestión del riesgo, la bibliografía especializada y la experiencia de los grandes incendios que afectaron la región del Maule en 2017 demuestran que las pérdidas humanas y materiales se concentran en las zonas de interfaz donde la planificación territorial no ha incorporado distancias de seguridad ni cortafuegos, y donde las comunidades no han recibido capacitación en protocolos de evacuación. San Rafael no cuenta hoy con un plan comunal específico de prevención de incendios forestales articulado con CONAF y Bomberos.

La medida propone tres componentes interrelacionados. El primero es el mapeo y clasificación de las zonas de interfaz en el territorio comunal, identificando los sectores rurales con mayor riesgo de exposición y estableciendo prioridades de intervención. Este componente se articula directamente con la medida SR-A3 de cartografía de riesgo. El segundo componente es el establecimiento de un programa de manejo preventivo del combustible forestal, que incluye la habilitación y mantención de cortafuegos, la limpieza de vegetación seca en los bordes de predios forestales próximos a viviendas, y el fomento de acuerdos voluntarios con los propietarios forestales privados. El tercer componente es la capacitación de la comunidad en evacuación y respuesta ante incendios, incluyendo simulacros con la participación de Bomberos, CONAF y SENAPRED, y la activación de protocolos de alerta temprana vinculados al sistema SATM regional.

La CONAF es el actor institucional central para esta medida, a través de su Programa de Prevención y Control de Incendios Forestales. La Municipalidad actúa como articulador y co-ejecutor, aportando la información territorial, la coordinación con las juntas de vecinos rurales y la gestión de los recursos del FNDR o PMU para las obras de infraestructura preventiva menores.

SR-A4	Eje: Adaptación	Prioridad: MEDIA
Institución responsable	Municipalidad de San Rafael, CONAF (Región del Maule), SENAPRED, Cuerpo de Bomberos	
Plazo de ejecución	2026–2028 (diseño del plan comunal de prevención: 2026; implementación de obras y capacitaciones: 2027–2028)	
Indicadores SMART	N° de brigadistas comunitarios capacitados; N° de km de cortafuegos habilitados o mantenidos; N° de simulacros de evacuación realizados; N° de predios de interfaz con manejo preventivo de combustible implementado.	
Vinculación normativa	PARCC Maule A4.3 | Ley N° 21.364 (SENAPRED) | ARClim (amenaza incendios) | Ley 21.455	

MEDIDA SR-A5: Programa de fortalecimiento de los servicios sanitario rural ex Comités de Agua Potable Rural (APR) ante la escasez hídrica

El abastecimiento de agua potable en los sectores rurales de San Rafael descansa sobre seis Comités y Cooperativas de Agua Potable Rural: Comité APR Los Maquis, Comité APR Palo Blanco, Comité APR El Milagro Santa Victoria, Comité APR Pangue Arriba-Pangue Abajo, Comité APR San Luis de Villa el Esfuerzo y Cooperativa APR Alto Pangue. Estos sistemas abastecen al 45,9% de la población comunal —los 4.223 habitantes rurales registrados en el Censo 2017, cifra que en proyección al año 2025 puede estimarse en torno a las 4.500 personas— que no tienen acceso a la red concesionada de Aguas Nuevo Sur. Todos estos sistemas utilizan fuentes superficiales o pozos someros que dependen directamente de la recarga hídrica del Río Claro y sus tributarios.

La reducción proyectada de caudales de entre 10% y 40% en la cuenca al año 2050 representa una amenaza directa a la continuidad del servicio de agua potable para casi la mitad de la población comunal. Esta amenaza es especialmente grave porque los APR rurales no tienen fuentes alternativas de abastecimiento: si la fuente principal se agota, no existe una red de respaldo. El derecho humano al agua, reconocido por Chile en la reforma constitucional de 2021 y reafirmado en la Ley Marco de Cambio Climático, obliga al municipio a adoptar medidas preventivas ante este riesgo.

La evidencia del proceso participativo del PACCC recoge testimonios de vecinos que ya experimentan escasez o cortes en el suministro durante los períodos de estiaje, especialmente en los sectores más alejados de la zona urbana. El cuestionario de percepción ciudadana aplicado durante el diagnóstico muestra que la falta de agua para consumo humano es una de las afectaciones más reportadas por los hogares de San Rafael, lo que confirma que la amenaza hídrica sobre los APR no es una proyección futura sino una realidad presente que se agravará.

La medida propone un programa estructurado que opera en tres niveles. A nivel diagnóstico, se propone realizar estudios hidrogeológicos básicos de las fuentes de cada APR para caracterizar su vulnerabilidad ante la sequía, identificar posibles fuentes alternativas o complementarias, y proyectar la demanda futura considerando el crecimiento poblacional. A nivel de planificación, se propone elaborar un Plan de Contingencia Hídrica para cada APR, definiendo los umbrales de alerta, las medidas de reducción de consumo y los protocolos de abastecimiento de emergencia. A nivel de inversión, se propone postular a los programas del MOP/DOH y de la DGA para la habilitación de pozos de respaldo, la mejora de la infraestructura de captación y el fortalecimiento de los comités en términos de capacidad técnica y financiera. DIDECO ejerce un rol articulador entre el municipio y las organizaciones comunitarias de los APR.

SR-A5	Eje: Adaptación	Prioridad: ALTA
Institución responsable	Municipalidad de San Rafael (DIDECO, SECPLAN), DGA, MOP/DOH, 6 Comités APR	
Plazo de ejecución	2026–2031 (diagnóstico y planes de contingencia: 2025–2026; inversiones en infraestructura: 2026–2031)	
Indicadores SMART	N° de APR con estudio hidrogeológico de fuente realizado; N° de APR con Plan de Contingencia Hídrica elaborado y aprobado; N° de familias rurales con continuidad de suministro garantizada durante el estiaje.	
Vinculación normativa	PARCC Maule A7.1 | Ley 21.455 Art. 12 | Código de Aguas (reforma 2022) | NDC 2025 (adaptación recursos hídricos)	

MEDIDA SR-A6: Mejora de infraestructura de confort térmico en establecimientos educacionales frente a olas de calor

Las tres escuelas de la comuna —Escuela San Rafael, Escuela Alto Pangue y Escuela Pangue Arriba— acogen a la totalidad de la población escolar comunal en un contexto de exposición creciente a las olas de calor. Las proyecciones de ARClim indican que San Rafael experimentará al menos 20 días adicionales por año con temperaturas superiores a 30°C en el período 2035–2065, y que las temperaturas máximas estivales alcanzarán entre 32°C y 33°C. Si bien estos valores pueden parecer moderados en términos absolutos, su impacto sobre la salud y el rendimiento cognitivo de niñas, niños y adolescentes es significativo, especialmente en edificaciones construidas sin criterios de confort térmico bioclimático.

La investigación en salud ambiental escolar demuestra que las temperaturas interiores superiores a 26°C reducen el rendimiento cognitivo de los estudiantes en más de un 10% y aumentan el ausentismo escolar por golpes de calor y deshidratación. Los establecimientos de zonas rurales, donde la infraestructura de climatización activa —sistemas de aire acondicionado— es inexistente o muy limitada, son especialmente

vulnerables. El enfoque de esta medida es la adaptación pasiva, es decir, la modificación de la infraestructura y el entorno para reducir la ganancia térmica sin necesidad de consumo energético adicional.

Las intervenciones propuestas incluyen: la instalación de sombreaderos en los patios y accesos de los tres establecimientos, utilizando estructuras ligeras con cubiertas vegetales o de polisombra; el desarrollo de arborización con especies nativas de crecimiento rápido y copa frondosa en los perímetros de los patios, especialmente en las orientaciones de mayor incidencia solar (norte y poniente); la aplicación de pinturas de alta reflectividad térmica en las cubiertas de las edificaciones escolares; y la instalación de cortinados interiores y toldos en las ventanas de las salas de mayor exposición solar. Estas intervenciones son de bajo costo relativo, con plazos de ejecución cortos, y tienen impacto inmediato en las condiciones de aprendizaje.

Desde la perspectiva de la política educacional, estas intervenciones se articulan con los programas del Ministerio de Educación para el mejoramiento de la infraestructura escolar, específicamente la línea de eficiencia energética y confort térmico, que entrega financiamiento a los Departamentos de Administración de Educación Municipal (DAEM). La Municipalidad, a través del DAEM, gestiona directamente los recursos y ejecuta las obras en coordinación con los directores de cada establecimiento.

SR-A6	Eje: Adaptación	Prioridad: MEDIA
Institución responsable	Municipalidad de San Rafael (DAEM), MINEDUC (Programa de Infraestructura Escolar)	
Plazo de ejecución	2026–2031 (diseño de intervenciones y postulación: 2026-2028; ejecución de obras: 2027–2031)	
Indicadores SMART	N° de establecimientos con infraestructura de sombra implementada (meta: 3/3); m² de cobertura vegetal o de sombra creada en patios escolares; temperatura interior promedio durante días de calor extremo (medición antes/después).	
Vinculación normativa	PARCC Maule A1.2 | ARClim (amenaza calor extremo) | ECLP (adaptación sector salud y educación) | Ley 21.455	

MEDIDA SR-A7: Gestión de los impactos del relleno sanitario sobre la comunidad de Alto Pangue en el contexto del cambio climático

El relleno sanitario El Retamo, ubicado en el sector Alto Pangue de la comuna, constituye el conflicto socioambiental más grave y persistente de San Rafael. Alrededor de 500 hogares de la localidad de Alto Pangue conviven diariamente con el tránsito de aproximadamente 200 camiones recolectores de residuos, que provienen de diversas ciudades de la región y depositan sus cargas en el relleno. Este tráfico genera polvo en suspensión, derrame de líquidos percolados y malos olores en las calles de un sector que alberga una escuela, una sala cuna y residencias con adultos mayores y niños. Los vecinos de Alto Pangue llevan más de una década denunciando esta situación sin obtener soluciones estructurales.

La pertinencia de esta medida en el PACCC no solo se justifica por su carácter socioambiental, sino específicamente por la dimensión climática del problema. El aumento proyectado de las temperaturas estivales agravará de manera directa y proporcional los impactos del relleno sanitario: las temperaturas más altas aceleran los procesos de descomposición de los residuos orgánicos, aumentando la generación

de gases de vertedero —principalmente metano y compuestos orgánicos volátiles— que causan los malos olores; incrementan la evaporación del lixiviado, cuyas partículas son transportadas por el viento hacia las viviendas y la escuela; y reducen la capacidad olfativa de tolerancia de la población, intensificando la percepción del problema. Adicionalmente, las mayores temperaturas en el sector de los camiones en tránsito aumentan la volatilización de los lixiviados derramados en la ruta, agravando la contaminación del espacio público.

Desde las ciencias sociales, la situación de Alto Pangue es un caso de injusticia ambiental: una comunidad de bajos ingresos, sin poder de negociación frente a las empresas operadoras, carga desproporcionadamente con los costos ambientales de la gestión de residuos de otras ciudades. El cambio climático es, en este sentido, un amplificador de una inequidad preexistente. El PACCC tiene la obligación ética y técnica de incorporar este conflicto como una medida de acción climática.

La medida propone cuatro líneas de acción concretas que el municipio puede ejecutar con sus atribuciones actuales. Primera: formalización y seguimiento sistemático de denuncias ante la Seremi de Salud del Maule respecto al incumplimiento de las condiciones de operación del relleno, especialmente el derrame de lixiviados. Segunda: negociación con la empresa operadora para la implementación de medidas correctivas de mitigación de olores y polvo, incluyendo la instalación de sistemas de captación y tratamiento del lixiviado y el uso de materiales de cobertura diaria de los frentes activos del relleno. Tercera: coordinación con SENAPRED para el diseño de un protocolo de alerta temprana ante episodios críticos de contaminación durante olas de calor, que permita al municipio tomar medidas de protección de la población escolar. Cuarta: levantamiento participativo con la Junta de Vecinos de Alto Pangue para documentar los impactos en salud y calidad de vida, generando insumos para el proceso regulatorio ante la autoridad sanitaria y el Ministerio del Medio Ambiente.

SR-A7	**Eje: Adaptación**	**Prioridad: MEDIA**
Institución responsable	Municipalidad de San Rafael (Alcaldía, DIDECO), Seremi de Salud del Maule, empresa operadora del relleno sanitario, Junta de Vecinos Alto Pangue	
Plazo de ejecución	2026–2027 (gestión normativa e institucional permanente; medidas correctivas operativas: 2026–2027; protocolo de alerta: 2027)	
Indicadores SMART	N° de denuncias formales ingresadas ante la Seremi de Salud con seguimiento documentado; N° de medidas correctivas implementadas por la empresa operadora; % de días del año con registro de olores tolerables en la zona escolar; elaboración del protocolo comunal de alerta ante episodios críticos.	
Vinculación normativa	PACCC San Rafael Cap. 4 (diagnóstico socioambiental) | Código Sanitario | Ley 19.300 (LBGMA) | Ley 21.455 (vulnerabilidad e impacto diferenciado)	

5.4 Fichas de medidas SR-M1 A SR-M3(Mitigación)

Las medidas de mitigación tienen por finalidad reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas en el territorio comunal, contribuyendo a las metas nacionales de descarbonización establecidas en la Ley N° 21.455. En San Rafael, los sectores con mayor potencial de reducción de emisiones son la gestión de residuos sólidos, la producción de residuos orgánicos y el consumo energético de las dependencias municipales.

MEDIDA SR-M1: Ampliación de la red de Puntos Verdes y formalización de convenios de reciclaje

La gestión de los residuos sólidos domiciliarios constituye una de las principales fuentes de emisiones de metano (CH4) a nivel comunal, un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento 28 veces superior al del CO2 en un horizonte de 100 años. Cada tonelada de residuos orgánicos que llega a un relleno sanitario sin tratamiento previo produce durante su descomposición anaerobia emisiones que contribuyen al calentamiento global y, en el caso específico de San Rafael, al conflicto socioambiental del Retamo en Alto Pangue. La reducción en la cantidad de residuos que llegan al relleno es, por tanto, simultáneamente una medida de mitigación climática y una medida de justicia ambiental para la comunidad de Alto Pangue.

San Rafael cuenta actualmente con tres puntos verdes de reciclaje: uno en la Municipalidad (con contenedores de vidrio y PET en convenio con Cristalerías Toro SpA y Desechos Ciro Vergara Blanco EIRL), uno en la sede vecinal de Alto Pangue y uno en el sector Las Paredes, ambos con jaulas para PET1 y PET2. Adicionalmente, el sector de Pangue Arriba cuenta con un contenedor de vidrio. Existe un convenio con Aguas Nuevo Sur para la recolección de aceite vegetal usado en el Colegio Santa Madre de Dios, Escuela San Rafael, Pangue Arriba, Alto Pangue y el Departamento Agropecuario. También se realiza un operativo de reciclaje de pilas con contenedores en tres ferreterías de la comuna.

Esta infraestructura de reciclaje, si bien es un avance real que reconoce el esfuerzo institucional previo, es insuficiente para la escala territorial y demográfica de la comuna. La cobertura es principalmente urbana y no llega a los sectores rurales dispersos donde reside casi el 46% de la población. La medida propone ampliar la red de puntos verdes a un mínimo de seis puntos distribuidos en los sectores rurales con mayor concentración de población —Pangue Arriba, Pangue Abajo, Palo Blanco, Los Maquis y la zona sur del área urbana— y formalizar los convenios existentes mediante contratos con cláusulas de trazabilidad y certificación de los residuos recibidos.

Desde la perspectiva de la economía circular, cada kilogramo de material reciclado que no llega al relleno representa un ahorro en costos de disposición final para el municipio y una reducción de emisiones cuantificable. Los certificados de reciclaje emitidos por las empresas en convenio (Cristoro, JC Reciclaje) son, al mismo tiempo, los verificadores del indicador de esta medida y los instrumentos que documentan la contribución comunal a las metas de la NDC.

SR-M1	Eje: Mitigación	Prioridad: ALTA
Institución responsable	Municipalidad de San Rafael (Encargado Medio Ambiente), Cristalerías Toro SpA, JC Reciclaje, Aguas Nuevo Sur	
Plazo de ejecución	2026–2031(ampliación de red y formalización de convenios; operación continua 202–2031)	

Indicadores SMART	N° de puntos verdes operativos en la comuna (meta: 6 al año 2026); kg de residuos reciclados por material (vidrio/PET/aceite/pilas) anualmente, verificados con certificados de las empresas en convenio; % de población rural con acceso a punto verde a menos de 5 km.
Vinculación normativa	PARCC Maule M4.1 | NDC 2025 (reducción emisiones sector residuos) | ECLP (economía circular) | Ley 21.455

MEDIDA SR-M2: Programa de compostaje domiciliario y comunitario para la reducción de residuos orgánicos

Los residuos orgánicos —restos de alimentos, restos de cosecha, estiércol animal— representan en promedio entre el 50% y el 60% del total de los residuos sólidos domiciliarios generados en comunas rurales de Chile. En el contexto de San Rafael, donde una parte significativa de los hogares rurales realiza actividades agrícolas y pecuarias de subsistencia, la fracción orgánica de los residuos es probablemente superior a este promedio. Esta fracción, cuando se dispone en el relleno sanitario, se convierte en una fuente de metano. Cuando se convierte en compost, se transforma en un recurso productivo que mejora la fertilidad del suelo, reduce la necesidad de fertilizantes sintéticos —cuya producción es también una fuente de GEI— y aumenta la capacidad de retención hídrica de los suelos agrícolas, un co-beneficio especialmente relevante en el contexto de la megasequía.

El programa de compostaje propuesto opera en dos escalas complementarias. A escala domiciliaria, la medida contempla la distribución de composteras individuales a los hogares rurales con mayor generación de residuos orgánicos, acompañada de capacitaciones prácticas en técnicas de compostaje, realizadas por PRODESAL en el marco de sus visitas regulares a los predios de la AFC. A escala comunitaria, el programa propone la instalación de composteras colectivas en los establecimientos escolares —integrando el proceso al currículo de educación ambiental de la medida SR-T1— y en las juntas de vecinos de los sectores rurales con mayor densidad de población.

La NDC 2025 de Chile incluye explícitamente el compromiso de reducir la cantidad de residuos generados por pérdida y desperdicio de alimentos como una meta de mitigación. El compostaje es la respuesta operativa a este compromiso a escala comunal. Los co-beneficios de esta medida son múltiples: menos residuos en el relleno, suelos agrícolas más resilientes, educación ambiental práctica, reducción de costos de recolección y disposición final, y fortalecimiento de la economía local a través de la producción de enmienda orgánica para los predios de la AFC.

SR-M2	**Eje: Mitigación**	**Prioridad: MEDIA**
Institución responsable	Municipalidad de San Rafael (DIDECO, Depto. Agropecuario), PRODESAL, Escuelas comunales	
Plazo de ejecución	2026–2028 (diseño del programa y adquisición de composteras: 2026; implementación piloto: 2027; escalamiento: 2028)	
Indicadores SMART	N° de composteras domiciliarias distribuidas y operativas; toneladas de residuos orgánicos compostadas anualmente; N° de talleres de capacitación realizados; N° de escuelas con compostera comunitaria operativa.	

Vinculación normativa	NDC 2025 (reducción pérdida y desperdicio de alimentos) | PARCC Maule (gestión residuos) | ECLP | Ley 21.455

MEDIDA SR-M3: Auditoría energética de dependencias municipales y plan de eficiencia con incorporación de ERNC

El municipio de San Rafael opera un conjunto de dependencias con consumo energético regular: el edificio consistorial, el Centro de Salud Familiar (CESFAM), los tres establecimientos educacionales (Escuela San Rafael, Escuela Alto Pangue, Escuela Pangue Arriba), el alumbrado público y las instalaciones deportivas. El consumo eléctrico agregado de estas dependencias representa una fuente de emisiones de GEI atribuibles al municipio como institución, y a la vez un costo operacional recurrente que, a medida que aumentan las tarifas eléctricas, pesa creciente en el presupuesto municipal. Sin embargo, el municipio no cuenta hoy con un diagnóstico sistemático de cuánta energía consume, en qué la consume, cuánto de ese consumo es evitable mediante medidas de eficiencia, y cuánto podría autoabastecerse a través de energías renovables no convencionales (ERNC).

La auditoría energética es el instrumento técnico que permite responder estas preguntas. Consiste en un levantamiento sistemático del consumo energético de cada dependencia, la identificación de los equipos e instalaciones de mayor consumo, el diagnóstico del estado del aislamiento térmico de los edificios, la evaluación del potencial solar fotovoltaico en los techos disponibles, y la elaboración de un plan de inversiones priorizadas por rentabilidad, plazo de recuperación y reducción de emisiones. En el contexto chileno, la Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE) ofrece instrumentos de apoyo técnico y financiero específicos para municipios a través de su Programa de Eficiencia Energética Municipal.

La instalación de paneles solares fotovoltaicos en los techos del edificio consistorial y del CESFAM representa una inversión con retorno probado en el contexto chileno: la irradiación solar en la Región del Maule —superior a 1.800 kWh/m²/año— es una de las más altas del mundo, y las instalaciones fotovoltaicas a escala edificio con inyección a la red (net billing) tienen períodos de recuperación de la inversión de 6 a 10 años. Adicionalmente, el municipio ya está conectado al Sistema Eléctrico Nacional (antiguo SIC), lo que facilita la implementación del net billing. La Ley de Generación Distribuida (Ley N° 20.936 y sus modificaciones) crea el marco jurídico que hace posible y rentable esta transición.

Desde la perspectiva del ejemplo institucional, esta medida tiene un valor simbólico y pedagógico que trasciende la reducción de emisiones cuantificable: un municipio que instala paneles solares en su edificio consistorial y reduce su consumo eléctrico envía una señal clara a la comunidad sobre el compromiso real del gobierno local con el cambio climático, y abre la posibilidad de que la experiencia institucional sea replicada por privados, escuelas y organizaciones comunitarias de la comuna. Este efecto demostrativo es consistente con los objetivos de educación ambiental y cambio cultural que atraviesan transversalmente el PACCC.

La medida se articula directamente con las medidas M2.1 y M2.2 del PARCC Maule, lo que abre la posibilidad de cofinanciamiento regional a través del FNDR con componente ambiental y del programa de eficiencia energética de la SEREMI de Energía del Maule. La ejecución se plantea en dos fases: la auditoría como fase diagnóstica (2026–2027), y la implementación de las medidas identificadas como fase de inversión (2026–2031).

SR-M3	Eje: Mitigación	Prioridad: MEDIA
Institución responsable	Municipalidad de San Rafael (SECPLA), SEREMI de Energía del Maule, Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE), SEC, MINEDUC	
Plazo de ejecución	2026–2031 (auditoría y diseño del plan de eficiencia) | 2026–2031 (implementación de medidas priorizadas)	
Indicadores SMART	Informe de auditoría energética municipal elaborado (documento con línea base de consumo por dependencia); % de reducción del consumo eléctrico municipal respecto a línea base (meta: -20% al año 2028); N° de dependencias con medidas de eficiencia implementadas; kWh/año generados por ERNC instaladas en dependencias municipales.	
Vinculación normativa	PARCC Maule M2.1 / M2.2 | ECLP (descarbonización sector público) | Ley N° 20.936 (Generación Distribuida) | Ley 21.455 Art. 12 | NDC 2025	

5.5 Fichas técnicas de medidas SR-T1 A SR-T4(Transversal)

Las medidas transversales son aquellas cuya naturaleza abarca simultáneamente los ejes de adaptación y mitigación, y cuyo impacto principal se materializa en el fortalecimiento de las capacidades institucionales, sociales y culturales de la comunidad para enfrentar el cambio climático. Son la infraestructura blanda del PACCC: sin ellas, las medidas técnicas carecen de la base social y político-institucional necesaria para sostenerse en el tiempo.

MEDIDA SR-T1: Programa comunal de educación ambiental y cambio climático en escuelas y organizaciones territoriales

La transformación de los comportamientos individuales y colectivos que contribuyen al cambio climático, y el fortalecimiento de la capacidad de la comunidad para adaptarse a sus efectos, requieren de una base de conocimiento, conciencia y compromiso que solo puede construirse a través de la educación. Esta convicción no es voluntarista: la evidencia empírica de la psicología ambiental y la sociología del cambio climático demuestra consistentemente que el conocimiento sobre las causas y consecuencias del cambio climático es una condición necesaria —aunque no suficiente— para la adopción de comportamientos proambientales y para la participación activa en procesos de planificación como el PACCC.

En San Rafael, el proceso participativo del PACCC ha revelado que la comunidad tiene una percepción clara y directa de los efectos del cambio climático —la megasequía, el calor extremo, las heladas fuera de temporada— pero con frecuencia no dispone del marco conceptual para relacionar estas experiencias con sus causas sistémicas ni con las respuestas institucionales y personales disponibles. Los cuestionarios de percepción ciudadana y la encuesta de niños y niñas aplicados durante el diagnóstico muestran que los estudiantes de las tres escuelas comunales identifican los problemas ambientales de su entorno inmediato con notable precisión, y que tienen una disposición activa hacia acciones de cuidado ambiental. Esta energía social es un activo que el PACCC debe canalizar.

El programa propuesto opera en tres ámbitos complementarios. En el ámbito escolar, el programa plantea la incorporación transversal del cambio climático en el currículum de las tres escuelas comunales a través

de talleres prácticos —construcción de composteras escolares, instalación de estaciones meteorológicas simples, diseño de jardines de polinizadores con plantas nativas— que conecten los contenidos del Ministerio de Educación sobre ciencias naturales y educación ambiental con la realidad local de San Rafael. El DAEM coordina la implementación con los directores y docentes de cada establecimiento. En el ámbito comunitario, el programa contempla talleres de educación ambiental en juntas de vecinos, especialmente en los sectores rurales de Pangue Arriba, Alto Pangue y Los Maquis, abordando temas como el cuidado del agua, el reciclaje, el manejo de residuos orgánicos y la prevención de incendios. En el ámbito institucional, el programa incluye la capacitación del personal municipal en los conceptos y herramientas del PACCC, para que cada departamento pueda integrar la perspectiva climática en su trabajo cotidiano.

SR-T1	Eje: Transversal	Prioridad: BAJA
Institución responsable	Municipalidad de San Rafael (DIDECO, DAEM), Establecimientos educacionales (Escuela San Rafael, Alto Pangue, Pangue Arriba), Juntas de Vecinos	
Plazo de ejecución	2027–2031 (inicio de actividades en escuelas: primer semestre 2027; talleres comunitarios: segundo semestre 2027 en adelante)	
Indicadores SMART	N° de talleres realizados anualmente (meta: mínimo 6 por año); N° de personas capacitadas por año (desagregado por escuelas / organizaciones comunitarias / personal municipal); N° de establecimientos con programa ambiental curricular activo; N° de proyectos ambientales escolares presentados al FPA-MMA.	
Vinculación normativa	PARCC Maule A3.1 | ECLP (fortalecimiento de capacidades) | Ley 21.455 (participación ciudadana en acción climática) | NDC 2025	

MEDIDA SR-T2: Campaña de limpieza y erradicación de microbasurales en zonas rurales y riberas hídricas

Los microbasurales son acumulaciones no autorizadas de residuos sólidos en espacios públicos, orillas de ríos y esteros, cunetas de caminos rurales y sitios eriazos. En San Rafael, el diagnóstico territorial y el proceso participativo del PACCC han identificado una presencia extendida de microbasurales en las riberas del Río Claro, en las márgenes de los canales de riego y en los accesos a los sectores rurales más alejados del área urbana. Este problema no es solo estético: los microbasurales son fuentes de contaminación de las aguas superficiales —con consecuencias directas sobre los APR y el riego agrícola—, factores de riesgo de incendio durante la temporada seca —especialmente cuando contienen materiales plásticos y orgánicos secos— y focos de proliferación de vectores de enfermedades que se agravan con el aumento de las temperaturas.

La relación entre los microbasurales y el cambio climático es bidireccional. Por un lado, el cambio climático los agrava: las temperaturas más altas aceleran la degradación de los residuos orgánicos, generando más olores y lixiviados; las lluvias más concentradas movilizan los residuos hacia los cauces hídricos; y la sequía aumenta el tiempo en que los residuos permanecen expuestos al sol y al viento, elevando el riesgo de incendio. Por otro lado, los microbasurales contribuyen al cambio climático: la descomposición de los residuos orgánicos en condiciones aeróbicas genera CO2, y en condiciones anaeróbicas genera metano, ambos GEI relevantes.

La erradicación de los microbasurales existentes y la prevención de la formación de nuevos requiere de una estrategia que combine la acción directa de limpieza con la educación comunitaria y el fortalecimiento de la infraestructura de recolección. La medida propone campañas de limpieza bimensuales, organizadas como trabajo conjunto entre el departamento de Aseo y Ornato del municipio, las juntas de vecinos y los establecimientos educacionales, con registro fotográfico de antes y después para documentar el impacto y generar material de comunicación. En paralelo, se propone el mejoramiento de la cobertura territorial del servicio de recolección de residuos, identificando los sectores rurales que actualmente quedan fuera del circuito regular y coordinando soluciones con el operador del servicio o con los propios residentes.

SR-T2	**Eje: Transversal**	**Prioridad: ALTA**
Institución responsable	Municipalidad de San Rafael (Departamento de Aseo y Ornato, DIDECO), Juntas de Vecinos, Establecimientos educacionales	
Plazo de ejecución	2026–2031 (inicio de campañas: segundo semestre 2026; operación permanente)	
Indicadores SMART	N° de sitios de microbasural erradicados y verificados (registro fotográfico georreferenciado); toneladas de residuos retirados por campaña; N° de campañas realizadas por año; N° de sectores rurales incorporados al circuito regular de recolección.	
Vinculación normativa	PARCC Maule A4.4 | Ley 19.300 (protección recursos hídricos) | Ley 21.455 | Ordenanza de Aseo y Ornato Municipal	

MEDIDA SR-T3: Programa de guardadores de semillas tradicionales y soberanía alimentaria frente al cambio climático

La pérdida de biodiversidad agrícola es una de las consecuencias menos visibles pero más profundas del cambio climático y de la homogenización del sistema agroalimentario global. Las variedades de semillas tradicionales —desarrolladas y seleccionadas por generaciones de agricultores en función de las condiciones climáticas y los gustos locales— representan siglos de adaptación a los entornos específicos donde se cultivan. Son, en sentido estricto, tecnología climática: las variedades locales de frejoles, maíces, papas, tomates y cucurbitáceas que los agricultores de San Rafael han cultivado durante generaciones están adaptadas a los rangos de temperatura, humedad y ciclos de lluvia característicos del Valle del Maule central. Son, por tanto, una base genética de valor incalculable para la adaptación al cambio climático, ya sea directamente o como material para el desarrollo de nuevas variedades con mayor tolerancia a la sequía y al calor.

El municipio de San Rafael ya ha dado un primer paso relevante en esta dirección: la selección de un grupo de agricultores locales como "guardadores de semillas tradicionales", quienes siembran estas variedades, realizan el proceso de guardado y las comparten entre la comunidad. Esta iniciativa, que nació desde el Departamento Agropecuario Municipal, es un activo institucional que el PACCC debe reconocer formalmente, sistematizar y escalar. La formalización de este programa en el marco del PACCC le otorga continuidad más allá de los cambios de autoridad y de personal municipal, lo que es un requisito esencial para su efectividad en el largo plazo.

Desde las ciencias sociales, el programa de guardadores de semillas es también una medida de fortalecimiento del tejido comunitario rural y de preservación de la identidad cultural campesina de San Rafael. Los intercambios de semillas entre agricultores generan redes de reciprocidad y confianza que tienen un valor social que trasciende lo agrícola, constituyendo la base sobre la cual pueden construirse otras formas de organización comunitaria frente al cambio climático. La articulación con PRODESAL e INDAP permite que el programa se inserte en la oferta de servicios de extensión agrícola ya existente, sin requerir estructuras institucionales nuevas.

SR-T3	Eje: Transversal	Prioridad: MEDIA
Institución responsable	Municipalidad de San Rafael (Departamento Agropecuario), PRODESAL, INDAP, Red de guardadores de semillas locales	
Plazo de ejecución	2026–2031 (formalización del programa y registro de participantes: 2026; operación anual continua)	
Indicadores SMART	N° de agricultores participantes como guardadores de semillas activos; N° de variedades tradicionales conservadas en el banco de semillas local; N° de intercambios de semillas realizados anualmente; N° de predios incorporados al programa.	
Vinculación normativa	PARCC Maule A5.1 / A5.2 | Convenio de Diversidad Biológica (CDB) | Ley 21.455 | NDC 2025 (adaptación en agricultura y biodiversidad)	

MEDIDA SR-T4: Seguimiento, reporte anual del PACCC e integración en la Cuenta Pública Municipal

Un plan de acción climática que no tiene sistema de seguimiento no es un plan: es una declaración de intenciones. La Ley Marco de Cambio Climático N° 21.455 es explícita en cuanto a la necesidad de establecer mecanismos de monitoreo, reporte y verificación de las medidas de mitigación y adaptación adoptadas por los municipios. Esta medida tiene por objeto precisamente dotar al PACCC de San Rafael de la arquitectura institucional de seguimiento que garantice su implementación efectiva, su corrección oportuna cuando sea necesario y su transparencia ante la ciudadanía y el Concejo Municipal.

El modelo de seguimiento propuesto se basa en tres principios operativos. El primero es la simplicidad: los indicadores de cada medida han sido diseñados para ser verificables con los recursos y capacidades técnicas del municipio de San Rafael, sin requerir sistemas de información complejos ni contrataciones especializadas. El segundo es la trazabilidad: cada indicador está asociado a un medio de verificación concreto y pre-identificado —certificados de empresas de reciclaje, registros fotográficos, padrones de agricultores de PRODESAL, boletas de consumo eléctrico— que puede ser consultado y auditado por el Concejo Municipal o por cualquier ciudadano. El tercero es la rendición de cuentas: el mecanismo de reporte no es un informe técnico de circulación interna, sino un punto específico de la Cuenta Pública Anual del Alcalde/sa, lo que le otorga visibilidad política, presión institucional para el cumplimiento y continuidad democrática más allá de los períodos de gestión.

La medida propone la designación formal de un responsable del seguimiento del PACCC en la estructura del municipio —que puede ser el encargado de medio ambiente o un profesional de SECPLA—, la elaboración de un informe de avance anual con los indicadores actualizados de cada medida, y la

presentación de dicho informe al Concejo Municipal en sesión ordinaria, con la posibilidad de que cualquier concejal/a solicite información adicional sobre el cumplimiento de medidas específicas. Esta arquitectura de gobernanza climática local es consistente con los estándares de los marcos internacionales de transparencia climática y con las recomendaciones de la Guía Metodológica PACCC del MMA (PNUD/MMA, 2023).

SR-T4	Eje: Transversal	Prioridad: BAJA
Institución responsable	Alcaldía, SECPLA, Encargado/a de Medio Ambiente Municipal, Honorable Concejo Municipal	
Plazo de ejecución	2026–2031 (primer informe de avance: diciembre 2026; reporte anual en Cuenta Pública: desde 2027)	
Indicadores SMART	N° de informes anuales de avance del PACCC elaborados y presentados al Concejo Municipal; % de medidas del PACCC con indicadores actualizados en el informe; inclusión del PACCC como punto de agenda en la Cuenta Pública Anual del Alcalde.	
Vinculación normativa	Ley 21.455 Art. 12 (obligación municipal) | ECLP (transparencia climática) | Guía Metodológica PACCC (MMA/PNUD, 2023) | Ley N° 18.695 (LOCM, Art. 67 Cuenta Pública)	

5.6 Tabla consolidada de medidas y financiamiento

La siguiente tabla resume las 14 medidas propuestas con sus principales atributos, organizadas por eje estratégico y prioridad de implementación. Las fuentes de financiamiento indicadas corresponden a los instrumentos identificados durante la elaboración del PACCC como los más pertinentes para cada medida.

Código	Medida	Eje	Plazo	Fuentes Financiamiento
SR-A1	Tecnificación del riego y acumuladores AFC	**Adaptación**	2026–2028	CNR; INDAP; FNDR Ambiental
SR-A2	Reforestación riberas y vivero municipal	**Adaptación**	2026–2029	CONAF; FPA-MMA; FNDR; PDR GORE
SR-A3	Cartografía de riesgo climático comunal	**Adaptación**	2026–2028	MMA (ARClim); SENAPRED; DGA
SR-A4	Prevención incendios forestales interfaz	**Adaptación**	2026–2028	CONAF; PMU; FNDR
SR-A5	Fortalecimiento SSR ante escasez hídrica	**Adaptación**	2026–2031	MOP/DOH; DGA; FNDR
SR-A6	Confort térmico establecimientos escolares	**Adaptación**	2026–2031	MINEDUC; PMU
SR-A7	Gestión impactos relleno El Retamo / Alto Pangue	**Adaptación**	2026–2027	Recursos propios + Seremi Salud
SR-M1	Ampliación Puntos Verdes y convenios reciclaje	**Mitigación**	2026–2027	FPA-MMA; recursos municipales
SR-M2	Compostaje domiciliario y comunitario	**Mitigación**	2027–2028	PRODESAL; FPA-MMA; PMU

SR-M3	Auditoría energética municipal y plan ERNC	**Mitigación**	2026–2031	AgenciaSE; SEREMI Energía; FNDR
SR-T1	Educación ambiental escuelas y comunidades	**Transversal**	2026–2031	FPA-MMA; MINEDUC; PMU
SR-T2	Erradicación microbasurales y riberas	**Transversal**	2026–2028	PMU; recursos municipales
SR-T3	Guardadores de semillas y soberanía alimentaria	**Transversal**	2026–2031	INDAP; PRODESAL; recursos propios
SR-T4	Seguimiento, reporte y Cuenta Pública PACCC	**Transversal**	2026–2031	Recursos municipales (gestión interna)

CAPÍTULO 6. ARTICULACIÓN CON INSTRUMENTOS REGIONALES Y COMUNALES

6.1 Coherencia con el PARCC Maule (anteproyecto 2025)

El Plan de Acción Regional de Cambio Climático del Maule (PARCC Maule) constituye, conforme al artículo 11 de la Ley 21.455, el instrumento de planificación climática del nivel regional bajo cuyas directrices generales debe ser consistente el presente PACCC. El anteproyecto del PARCC Maule, elaborado por el Gobierno Regional del Maule con apoyo técnico de FAO e IDOM y aprobado unánimemente por el Comité Regional de Cambio Climático en noviembre de 2025, establece 22 medidas regionales organizadas en ejes de adaptación y mitigación.

La siguiente tabla presenta las 22 medidas del PARCC Maule, indicando para cada una su correspondencia con las medidas del PACCC San Rafael. Esta tabla constituye la matriz de articulación regional-comunal del plan y permite, además, fundamentar técnicamente las postulaciones a financiamiento sectorial mediante la cita explícita de las medidas regionales en cuyos objetivos tributa cada proyecto comunal.

Matriz de articulación PARCC Maule — PACCC San Rafael

Código	Medida regional (síntesis)	Eje	Inst. responsable	Vínculo PACCC SR
MITIGACIÓN — PARCC Maule				
M1.1	Renovación de flotas vehiculares del transporte público con tecnologías de bajo carbono	Mitigación	SEREMI MTT	**SR-M2**
M1.2	Habilitar infraestructura peatonal y de ciclovías para impulsar movilidad sustentable	Mitigación	SEREMI MTT	**SR-M2**
M1.3	Incorporar buses con tecnologías de bajo carbono al sistema de transporte regional	Mitigación	SEREMI MTT	**SR-M2**
M2.1	Implementar la Política Integral de Eficiencia Energética Regional	Mitigación	SEREMI Energía	**SR-M3**
M2.2	Generar energía eléctrica mediante el	Mitigación	SEREMI Energía	**SR-M2 / SR-M3**

	aprovechamiento de ERNC			
M3.1	Fomentar prácticas agroforestales y/o silvopastoriles integradas	Mitigación	SEREMI Agricultura	**SR-A2 / SR-A5**
M4.1	Reducir la huella de carbono del sector industrial regional	Mitigación	SEREMI MMA	**Articulación SR-T1**
ADAPTACIÓN — PARCC Maule				
A1.1	Complementar el Sistema de Alerta Temprana Multirriesgo (SAT-M)	Adaptación	SENAPRED	**SR-A3 / SR-A4**
A1.2	Construcción de metodologías para diseño y construcción climáticamente resilientes	Adaptación	MINVU/SEREMI	**SR-A6**
A2.1	Reducir la vulnerabilidad de la población por enfermedades climáticas	Adaptación	GORE Maule	**SR-A3**
A3.1	Fortalecer las capacidades técnicas de los servicios públicos en cambio climático	Adaptación	SEREMI MMA	**SR-T1 / SR-T3**
A4.1	Soluciones Basadas en la Naturaleza en restauración de ecosistemas	Adaptación	SEREMI MMA	**SR-A5**
A4.2	Aumentar superficie de áreas protegidas terrestres (control invasoras)	Adaptación	MMA / SEREMI MMA	**SR-A5**
A4.3	Fortalecer la prevención y gestión del riesgo de incendios forestales	Adaptación	CONAF	**SR-A4**

A4.4	Implementar acciones para combate de la desertificación	Adaptación	MINAGRI	**SR-A2 / SR-A5**
A5.1	Fomentar buenas prácticas en la producción silvoagropecuaria	Adaptación	SEREMI Agricultura	**SR-A2**
A5.2	Incorporar diseño aplicado e implementar la agroecología	Adaptación	SEREMI Agricultura	**SR-A2**
A5.3	Promover sistemas y prácticas de riego eficiente	Adaptación	CNR	**SR-A2**
A6.1	Pesca, acuicultura y maricultura sustentable	Adaptación	SUBPESCA	*Sin aplicación local directa*
A7.1	Favorecer el acceso al agua en cantidad y calidad ante condiciones adversas	Adaptación	DGA	**SR-A1**
A8.1	Fomentar el turismo sustentable en la región	Adaptación	SERNATUR	*Articulación SR-A5 / SR-T2*

Esta matriz evidencia que la mayoría de las medidas regionales del PARCC Maule encuentran correspondencia con al menos una medida del PACCC San Rafael. La excepción a esta correlación es la medida regional A6.1 (Pesca, acuicultura y maricultura sustentable), cuya aplicación territorial directa en la comuna no es significativa por las características del territorio. Esta articulación posiciona a San Rafael como una comuna activa en la implementación territorial de las metas regionales.

6.2 Articulación con instrumentos comunales (PLADECO y PRC)

El presente PACCC se articula con los demás instrumentos de planificación territorial vigentes o en elaboración en la comuna:

- PLADECO comunal: las medidas del PACCC tributan a los lineamientos de desarrollo sustentable, calidad de vida y desarrollo rural del Plan de Desarrollo Comunal de San Rafael, en sus dimensiones ambiental, social y territorial.

- Plan Regulador Comunal en aprobación: el PACCC entrega insumos para que las definiciones normativas urbanas (zonificación, áreas verdes, restricciones por riesgo) integren los criterios climáticos identificados, en particular las cartografías de zonas inundables, áreas de interfaz forestal y restricciones por cursos de agua.
- Ordenanzas ambientales municipales: el PACCC orienta la actualización de las ordenanzas vigentes en materia de gestión de residuos, áreas verdes, arbolado urbano, tenencia responsable y plagas, alineando estas regulaciones con las medidas del plan.
- Convenios sectoriales vigentes: con Cristoro y JC Reciclaje (para reciclaje), con CONAF (para protección forestal), con AgenciaSE (para eficiencia energética), todos los cuales se mantienen y se fortalecen como herramientas operativas para la ejecución de medidas específicas.

CAPÍTULO 7. FINANCIAMIENTO Y MEDIOS DE IMPLEMENTACIÓN

7.1 Mapa de fuentes de financiamiento

La implementación efectiva de las catorce medidas del PACCC requiere movilizar recursos provenientes de múltiples fuentes complementarias. La estrategia financiera del plan combina fondos municipales propios con apalancamiento de recursos sectoriales, regionales, nacionales e internacionales. La medida transversal SR-T3 (Financiamiento climático y postulaciones) opera como motor permanente de gestión de estos recursos.

Mapa de las principales fuentes disponibles

Fuente	Tipo de financiamiento	Aplicación principal en PACCC SR
FNDR — Fondo Nacional de Desarrollo Regional	Inversión regional con asignación por GORE Maule	Inversiones en SSRs, infraestructura resiliente, mitigación de riesgos, equipamiento
PMU — Programa de Mejoramiento Urbano (SUBDERE)	Inversión menor con ejecución municipal	Áreas verdes, pavimentos, infraestructura urbana de baja escala, puntos verdes
FPA — Fondo de Protección Ambiental (MMA)	Concurso anual a organizaciones con apoyo municipal	Educación ambiental, biodiversidad, gestión local de cambio climático, residuos comunitarios
MOP / DOH — Subsecretaría de Servicios Sanitarios	Inversión sectorial en infraestructura hídrica rural	SSRs nuevos, ampliaciones, recarga de pozos, telemetría
DGA — Dirección General de Aguas	Estudios y monitoreo hídrico	Cartografía de zonas inundables, monitoreo de caudales, gestión de derechos
CNR — Comisión Nacional de Riego (Ley 18.450)	Bonificación de proyectos de riego intra y extraprediales	Tecnificación de riego AFC; acumuladores intraprediales; obras menores de riego
INDAP — Programas de fomento	Bonos, programas de adaptación, PRODESAL, PIRDT	Apoyo a AFC; bonos de adaptación; capacitación; semillas
CONAF — Programas forestales	Programa de arborización; prevención de incendios	Reforestación nativa; vivero; cortafuegos; brigadas; capacitación
AgenciaSE — Agencia de Sostenibilidad Energética	Programa Gestiona Energía Local; cofinanciamiento eficiencia	Auditoría energética municipal (MIT-EE-01); recambio luminarias; ESCO

Contratos ESCO	Mecanismo privado de financiamiento por ahorros	Eficiencia energética en edificios municipales (SR-M3)
MMA — Programas sectoriales (Recambio calefactores, Casa Solar)	Subsidios y cofinanciamiento residencial	Recambio de calefactores; Casa Solar residencial; mejoramiento térmico
MINVU / SERVIU	Programa de Mejoramiento Térmico; ciclovías; pavimentos	Mejoramiento térmico de viviendas; ciclovías; pavimentos resilientes
Ley REP — Responsabilidad Extendida del Productor	Financiamiento privado por sistema de gestión	Puntos verdes; gestión de residuos prioritarios (SR-M1)
Cooperación internacional (GCF, AECID, GIZ, FAO, ONU)	Donaciones, asistencia técnica, cofinanciamiento	Proyectos de mediana y gran escala con coordinación regional/nacional
Presupuesto municipal propio	Recursos de gestión municipal	Cofinanciamiento; gastos de coordinación; mantención; gestión operativa de medidas

7.2 Tabla resumen de financiamiento por medida

La siguiente tabla resume las fuentes de financiamiento previstas para cada medida codificada del plan, ordenadas por prioridad y estimando cualitativamente el nivel de inversión esperada. Esta priorización orienta la cartera anual climática gestionada por SECPLAN.

Medida	Fuentes prioritarias	Nivel de inversión	Horizonte
SR-A1	MOP/DOH; SSS; FNDR; DGA; cooperación internacional (GCF)	Alto (decisivo para viabilidad rural)	Plurianual 2026–2028
SR-A2	INDAP; CNR (Ley 18.450); FIA; PRODESAL; FNDR	Alto	Plurianual 2026–2029
SR-A3	Salud Municipal; SEREMI Salud; SENAPRED; FNDR; FPA-MMA	Alto	2026–2028 (instalación) y permanente
SR-A4	CONAF; FNDR; SENAPRED; presupuesto Bomberos	Medio	Plurianual 2026–2028
SR-A5	FPA-MMA; CONAF; FNDR; SUBDERE-PMU; convenios privados	Alto (alto en beneficios)	Plurianual 2026–2031
SR-A6	FNDR; PMU/SUBDERE; MOP/DOH (gestión pluvial); presupuesto municipal	Medio	Plurianual 2026–2031

SR-A7	FPA-MMA; DAEM; MINEDUC; CONAF; SNCAE	Bajo-medio	Plurianual 2026-2027
SR-M1	Ley REP; FPA-MMA; FNDR; PMU; convenios privados (Cristoro, JC)	Alta	Plurianual 2026–2031
SR-M2	AgenciaSE; SEREMI Energía; FNDR; PMU; SERVIU; Casa Solar (MMA)	Medio	Plurianual 2026–2028
SR-M3	AgenciaSE (Gestiona Energía); contratos ESCO; FNDR; MMA recambio calefactores; MINVU térmico	Medio (con repago vía ahorros)	Plurianual 2026–2031
SR-T1	Presupuesto municipal; SUBDERE; MMA (fortalecimiento institucional)	Bajo	Permanente
SR-T2	FPA-MMA; presupuesto DIDECO; SEREMI MMA; SUBDERE participación	Alta	Anual permanente
SR-T3	Presupuesto municipal; SUBDERE; cooperación AECID/GIZ/FAO	Medio (con alto multiplicador)	Permanente
SR-T4	Presupuesto municipal; cooperación PNUD/MMA; SUBDERE	Bajo	Permanente

CAPÍTULO 8. SISTEMA DE MONITOREO, REPORTE Y VERIFICACIÓN (MRV)

8.1 Indicadores y línea de base

El sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) del PACCC San Rafael se construye sobre tres niveles de indicadores: (i) indicadores de proceso, que monitorean el avance institucional de cada medida (cumplimiento de hitos, sesiones realizadas, planes elaborados); (ii) indicadores de producto, que cuantifican los resultados directos (hectáreas reforestadas, hogares con compostera, calefactores recambiados, m² de áreas verdes); (iii) indicadores de impacto, que estiman los efectos finales sobre el sistema climático local (emisiones evitadas, capacidad adaptativa fortalecida, vulnerabilidad reducida).

La línea de base 2025 se establece en este Plan a partir de los datos de las fichas técnicas del Capítulo 5 y los antecedentes territoriales del Capítulo 3. Cada indicador queda asociado a un responsable técnico institucional y a una fuente de verificación documental.

Tablero de indicadores comunales — síntesis

Medida	Indicador clave	Línea base 2025	Hito 2027	Hito 2031
SR-A1	SSRs con catastro técnico actualizado	Catastros parciales	100% APRs con catastro	Al menos 4 obras ejecutadas
SR-A2	Acumuladores intraprediales instalados	Cobertura limitada	≥50 acumuladores	≥100 predios tecnificados
SR-A3	Protocolo comunal de ola de calor	No formalizado	Decreto Alcaldicio firmado	Red en al menos 5 sectores
SR-A4	Cartografía de interfaz; convenios CONAF	Coordinación informal	Cartografía publicada; convenio anual	2 brigadas voluntarias formadas
SR-A5	Hectáreas reforestadas en riberas	Reforestación limitada	≥5 ha + vivero operativo	≥15 ha reforestadas
SR-A6	Cartografía de zonas inundables; criterios climáticos en bases	No estandarizado	Cartografía publicada; bases tipo modificadas	≥3 proyectos verde-azul ejecutados
SR-A7	Escuelas certificadas SNCAE	1 escuelas certificadas	3 con plan en curso	3 escuelas certificadas
SR-M1	Puntos verdes operativos	Cobertura limitada	Duplicar línea base	Plan Comunal aprobado

SR-M2	Km de ciclovías; ERNC en edificios municipales	0 km; iniciativas incipientes	≥1 tramo + 2 edificios FV	Conectividad mín. cabecera–Alto Pangue
SR-M3	% reducción consumo energético en edificios auditados	Línea base previa a auditoría	Auditoría completada; 2 mejoras	Postular proyecto para reducción de consumo
SR-T1	Mesa Técnica formalizada por Decreto	Operativa de hecho	Decreto Alcaldicio	Sistema consolidado
SR-T2	Cabildo anual PACCC; actividades educativas	Sin cabildo anual formal	Cabildo institucionalizado; ≥6 actividades	≥20 organizaciones activas
SR-T3	Cartera anual climática; postulaciones	Sin estrategia integrada	Cartera anual operativa; ≥3 postulaciones/año	Aumento sostenido del monto adjudicado
SR-T4	Tablero MRV; reportes anuales	Sin sistema MRV	Tablero operativo; primer reporte anual	5 reportes acumulados; actualización integral 2031–35

8.2 Hitos 2027 y 2031

El plan establece dos hitos de cumplimiento intermedios y un horizonte final, conforme a la planificación quinquenal estipulada por la Ley 21.455:

- Hito 2027 (intermedio): cumplimiento de los compromisos de instalación, formalización institucional y cobertura inicial. Constituye el corte de evaluación al medio término del plan, con énfasis en condiciones habilitantes (gobernanza, cartografías, planes, decretos, capacitaciones, coberturas iniciales).
- Hito 2031 (final del periodo): cumplimiento de las metas de cobertura definitiva, ejecución de inversiones decisivas y consolidación operativa. Constituye el corte de evaluación al cierre del plan y la base para la actualización integral del PACCC para el periodo 2032–2037.

Adicionalmente a estos hitos institucionales, la sección 5.5 establece la meta convergente con la NDC nacional 2025: reducción del 25% del consumo energético en los edificios municipales más demandantes hacia 2031 (medida SR-M3). Esta meta es la primera contribución cuantitativa explícita de San Rafael a las metas nacionales de mitigación.

8.3 Reporte anual al Concejo Municipal

Cada año, el Encargado de Medio Ambiente presentará al Honorable Concejo Municipal de San Rafael un Reporte Anual del PACCC, con la siguiente estructura mínima:

1. Estado de avance por medida (semáforo verde / amarillo / rojo según cumplimiento de hitos anuales).
2. Resultados cuantitativos del tablero de indicadores comunales.
3. Inversiones ejecutadas y postuladas durante el año, identificando fuente, monto y resultado.
4. Eventos climáticos relevantes ocurridos durante el año y respuestas activadas.
5. Coordinación con SEREMI MMA Maule, GORE Maule y servicios sectoriales.
6. Síntesis de la participación ciudadana y de los cabildos realizados.
7. Identificación de brechas, dificultades y propuestas de ajuste para el ciclo siguiente.

Este reporte tendrá carácter público, será difundido en los canales municipales (sitio web, redes sociales) y será insumo para los reportes de la municipalidad al MMA y al GORE Maule en los plazos que establezca la normativa vigente. La entrega del Reporte Anual cumple con el compromiso institucional asumido por la Ilustre Municipalidad de San Rafael en el acuerdo del Concejo Municipal que aprueba el presente PACCC.

CAPÍTULO 9. GOBERNANZA Y APROBACIÓN INSTITUCIONAL

9.1 Estructura de gobernanza local

La gobernanza del PACCC de San Rafael se organiza en cinco niveles complementarios, cada uno con un rol específico que garantiza la legitimidad democrática, la operatividad técnica y la efectividad institucional del plan:

Nivel	Rol
Honorable Concejo Municipal	Aprobación del PACCC mediante acuerdo formal; recepción del reporte anual; aprobación de eventuales ajustes mayores; rol de fiscalización democrática
Sr. Alcalde	Promulgación del PACCC mediante Decreto Alcaldicio; representación institucional del plan; decisiones ejecutivas estratégicas; presentación pública del plan
Equipo Técnico Municipal	Engranaje operativo del plan; coordinación entre direcciones municipales; ejecución y seguimiento de medidas; preparación de reportes; gestión cotidiana
Mesa Técnica Comunal de Cambio Climático	Articulación intersectorial de los servicios públicos con presencia territorial; validación técnica de medidas; coordinación de inversiones sectoriales; reporte mutuo de avances
Comunidad organizada (juntas de vecinos, comités APR, organizaciones funcionales, comunidad educativa)	Participación en cabildos y procesos consultivos; vocería territorial; vigilancia ciudadana; identificación de prioridades; legitimación social del plan

9.2 Acuerdo del Concejo Municipal y Decreto Alcaldicio

El presente PACCC ha sido presentado al Honorable Concejo Municipal de San Rafael mediante el Informe Técnico N° 01-2025/PACCC, que propone un acuerdo institucional con cuatro cláusulas fundamentales para la formalización del plan como instrumento rector de la acción climática comunal:

Cláusula	Texto sintético del acuerdo propuesto
Primera	El Honorable Concejo Municipal toma conocimiento del Plan de Acción Comunal de Cambio Climático (PACCC) de la comuna de San Rafael, periodo 2026–2031, elaborado por el Equipo Técnico Municipal en cumplimiento del artículo 12 de la Ley N° 21.455 Marco de Cambio Climático.
Segunda	El Honorable Concejo Municipal aprueba el PACCC como instrumento de planificación local de la comuna de San Rafael en materia de cambio climático para el periodo 2026–2031.

Tercera	El Honorable Concejo Municipal instruye al Sr. Alcalde para que promulgue el PACCC mediante Decreto Alcaldicio, en los plazos que defina la normativa, y disponga las medidas administrativas necesarias para iniciar su implementación efectiva.
Cuarta	La Ilustre Municipalidad de San Rafael, a través del Encargado de Medio Ambiente, se compromete a presentar al Honorable Concejo Municipal un reporte anual sobre el avance en la implementación del PACCC y a someter el plan a una revisión y actualización integral cada cinco años, conforme a la Ley N° 21.455.

Una vez aprobado por acuerdo del Honorable Concejo Municipal, el PACCC se promulgará mediante Decreto Alcaldicio, que dispondrá su publicación en el sitio web oficial de la municipalidad, su difusión a través de los canales comunicacionales municipales, y su comunicación formal al Ministerio del Medio Ambiente, al Gobierno Regional del Maule y a los servicios sectoriales que conforman la Mesa Técnica Comunal.

Con esta formalización, el PACCC de San Rafael se consolida como el instrumento rector de la política comunal de cambio climático para el periodo 2026–2031, dando cumplimiento al mandato del artículo 12 de la Ley N° 21.455 e iniciando la fase efectiva de implementación de sus catorce medidas codificadas, monitoreo de su avance y rendición de cuentas anual ante la ciudadanía y las instituciones competentes.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

Marco normativo y documentos institucionales nacionales

- Ley N° 21.455 Marco de Cambio Climático. Diario Oficial, 13 de junio de 2022.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y PNUD Chile. Guía Metodológica para la Elaboración de Planes de Acción Comunal de Cambio Climático (PACCC). Santiago, 2023.
- Ministerio del Medio Ambiente. Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP). Santiago, 2021.
- Gobierno de Chile. Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), actualización 2025. Santiago.
- Ministerio del Medio Ambiente. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), 2017.
- CMNUCC. Acuerdo de París. París, 2015.
- Naciones Unidas. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Nueva York, 2015.
- IPCC. Sexto Informe de Evaluación (AR6). 2021–2023.

Fuentes climáticas y proyecciones

- Atlas de Riesgos Climáticos de Chile (ARClim). MMA / Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) / Centro de Cambio Global UC. Disponible en https://arclim.mma.gob.cl/
- Gobierno Regional del Maule, FAO e IDOM. Plan de Acción Regional de Cambio Climático del Maule (PARCC Maule). Anteproyecto aprobado, 2025.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) y Climatedata.org. Datos agroclimáticos de la comuna de San Rafael, periodo 2010–2015.
- Universidad de Chile. Elaboración de una base digital del clima comunal de Chile: Línea base 1980–2010 y proyecciones al año 2050. Santiago, 2016.
- Modelación Hidroeconómica de la Cuenca del Río Maule. 2020.
- Dirección General de Aguas (DGA). Atlas del agua: Chile 2016. MOP, 2016.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Informe Anual de Medio Ambiente, 2020.
- Villarroel, C. (2022). Análisis de tendencias térmicas en Chile central. Dirección Meteorológica de Chile.

Fuentes territoriales y socioeconómicas comunales

- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Censo de Población y Vivienda, 2002 y 2017.
- Ministerio de Desarrollo Social. Encuesta CASEN 2017. Santiago.
- INE. Migración Interna en la Región del Maule. 2020.
- Ilustre Municipalidad de San Rafael. Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) vigente.

- Ilustre Municipalidad de San Rafael. Diagnóstico Plan Regulador Comunal (en aprobación).
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Sistema de Información Territorial Rural (SITRURAL), 2021.

Antecedentes regionales y otros instrumentos

- Gobierno Regional del Maule. Estrategia Regional de Desarrollo. Talca.
- Beltrán, P. (2023). Cobertura de medios sobre el conflicto El Retamo. AM Noticias del Maule.
- Cristal Chile. Programa de reciclaje en alianza con municipios del Maule. 2023.
- Corporación Industria Chile. Reportes sectoriales de eficiencia y sustentabilidad. 2020.
- Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Reciclaje de plásticos en agricultura del Maule. 2022.
- Inventario Nacional de GEI de Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Última actualización.

Plataformas y bases de datos consultadas

- ARClim — https://arclim.mma.gob.cl/
- Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) — https://sinia.mma.gob.cl/
- Observatorio del Cambio Global (CR2) — https://www.cr2.cl/
- Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) — https://seia.sea.gob.cl/
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN) — https://www.bcn.cl/
- Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educacionales (SNCAE) — https://educacion.mma.gob.cl/

ANEXOS

La presente sección reproduce íntegramente los instrumentos participativos aplicados durante la fase de diagnóstico del PACCC, así como referencias técnicas complementarias y un glosario común.

Anexo 1. Cuestionario de percepción ciudadana sobre cambio climático

Comuna de San Rafael

Objetivo: Recoger la experiencia y conocimientos de los habitantes de San Rafael para la elaboración del Plan de Acción Comunal de Cambio Climático (PACCC), conforme a lo estipulado en la Ley Marco de Cambio Climático.

I. Perfil del habitante

Género: ( ) Femenino ( ) Masculino ( ) Otro / Prefiero no decir

Edad: ( ) 18–29 ( ) 30–59 ( ) 60 o más

Sector de residencia: ( ) San Rafael Urbano ( ) Alto Pangue ( ) Pangue Arriba/Abajo ( ) Otro sector rural: _____

Actividad principal: ( ) Agricultura/Ganadería ( ) Estudiante ( ) Dueña/o de casa ( ) Comercio/Servicios ( ) Otro

II. Percepción de cambios en el clima

¿Cómo cree que ha cambiado el clima en San Rafael en los últimos 10 o 20 años?

Temperatura: ( ) Hace más calor ( ) Hace más frío ( ) Igual que antes

Lluvia: ( ) Llueve menos (Sequía) ( ) Llueve más ( ) Llueve más intenso en poco tiempo

Estaciones: ( ) El verano es más largo ( ) El invierno es más largo ( ) No noto cambios

¿Ha notado cambios en la disponibilidad de agua en su sector?

( ) Sí, hay mucha menos agua (pozos secos, canales bajos)

( ) Sí, hay un poco menos

( ) No, sigue igual

III. Amenazas y eventos extremos en San Rafael

De la siguiente lista, marque los 3 eventos que MÁS le han afectado a usted o a su familia en los últimos años:

- ( ) Mega Sequía / Falta de agua (afectación a riego o consumo humano).

- ( ) Olas de Calor (días seguidos con temperaturas extremas en verano).
- ( ) Heladas intensas (frío extremo que quema cultivos en fechas inusuales).
- ( ) Incendios Forestales (humo, cercanía de fuego a viviendas o cultivos).
- ( ) Contaminación (por plaguicidas, olores o quemas agrícolas).
- ( ) Inundaciones (desborde de canales o acumulación de agua lluvia).

IV. Impacto en la calidad de vida

¿Cómo le han afectado estos cambios climáticos en su vida diaria? (puede marcar más de una)

- ( ) Económico: pérdida de cultivos, animales o baja en la producción agrícola.
- ( ) Salud: golpes de calor, alergias por polvo/humo, problemas respiratorios.
- ( ) Social: conflictos por uso del agua, dificultades para trabajar al aire libre.
- ( ) Servicios: cortes de agua, problemas eléctricos por temperaturas extremas.
- ( ) Vivienda: deterioro por humedad, calor o necesidad de mayor calefacción.

V. Propuestas y prioridades

¿Cuáles considera las medidas más urgentes que debe tomar la municipalidad ante el cambio climático? (priorice las 3 más importantes para usted)

- ( ) Proteger el agua (más APRs, más pozos, recarga de acuíferos).
- ( ) Reforestar las riberas del río Claro y los esteros.
- ( ) Apoyo técnico y financiero a la AFC para tecnificar riego.
- ( ) Eliminar microbasurales y mejorar el reciclaje.
- ( ) Proteger a adultos mayores y niños en olas de calor.
- ( ) Más áreas verdes, arbolado y sombras en plazas y escuelas.
- ( ) Energía solar y eficiencia energética en viviendas y edificios.
- ( ) Mejorar caminos, alcantarillas y drenaje urbano.
- ( ) Educación ambiental en escuelas y barrios.
- ( ) Otra: _____

Anexo 2. Encuesta para niñas y niños de las escuelas

Aplicación: Escuela San Rafael, Escuela Alto Pangue, Escuela Pangue Arriba.

Mis datos (para saber de dónde nos escribes):

Mi edad es: ____ años. Soy: ( ) Niña ( ) Niño

Mi escuela es: ( ) Escuela San Rafael ( ) Escuela Alto Pangue ( ) Escuela Pangue Arriba

Bloque 1: ¿Cómo sientes el clima en San Rafael?

1. En el verano, cuando estás de vacaciones o jugando, ¿cómo sientes el calor?

a) Siento que hace demasiado calor, a veces me canso o me duele la cabeza.

b) Hace calor, pero es normal, igual que siempre.

c) Siento que los veranos son frescos.

2. ¿Qué has notado sobre la lluvia durante el invierno en San Rafael?

a) Llueve muy poquito y los ríos o canales tienen poca agua.

b) Llueve igual que cuando era más pequeño/a.

c) Llueve demasiado y a veces se inunda la calle.

Bloque 2: Los problemas de nuestro entorno (amenazas)

3. En tu sector o camino a la escuela, ¿qué problema de la naturaleza te preocupa más? (elige 2)

a) Que se seque el agua de los pozos, esteros o del río Claro.

b) Los incendios en los bosques o campos cercanos.

c) La basura tirada en las calles, ríos o sitios eriazos (microbasurales).

d) Los malos olores o la basura que botan los camiones gigantes al pasar.

4. ¿Alguna vez tú o tu familia han tenido problemas por el clima?

a) Sí, a veces nos quedamos sin agua en la casa o sale muy poca.

b) Sí, hemos respirado mucho humo por incendios forestales cerca.

c) Sí, hemos sufrido inundaciones por lluvias muy fuertes.

d) No, nunca hemos tenido problemas.

Bloque 3: ¡Manos a la obra! (medidas y propuestas)

5. En tu escuela, ¿qué actividad te gusta más para cuidar el planeta?

a) Trabajar en el huerto escolar o plantar semillas.

b) Juntar botellas o plásticos para llevar a los puntos verdes o jaulas de reciclaje.

c) Aprender a cuidar el agua y apagar las luces.

d) En mi escuela todavía no hacemos mucho de esto.

6. Imagina que por un día eres el ALCALDE o ALCALDESA de San Rafael. ¿Qué sería lo primero que harías para cuidar tu comuna del cambio climático?

a) Plantaría muchos árboles nativos en las plazas, escuelas y orillas del río para tener sombra.

b) Pondría multas a los que botan basura en los caminos y limpiaría los canales.

c) Ayudaría a los agricultores y a las casas para que puedan juntar agua de lluvia.

d) Haría más ciclovías y enseñaría a todos a reciclar.

7. Dibuja o escribe cortito: ¿Cuál es tu rincón natural favorito de San Rafael que te gustaría proteger? (un río, una plaza, tu patio, etc.)

Anexo 4. Tabla extendida de medidas regionales del Maule

La siguiente tabla resume los 22 instrumentos del PARCC Maule (anteproyecto 2025) que constituyen el insumo regional con el cual se articulan las medidas comunales del PACCC San Rafael. La tabla complementa el Capítulo 6 con el detalle de costos estimados (donde están disponibles), institución responsable y potencial de mitigación cuantificado por el PARCC.

Cód.	Nombre de la medida (síntesis)	Eje	Responsable	$ktCO_2e$
M1.1	Renovación de flotas vehiculares de transporte público con tecnologías de bajo carbono	Mitigación	SEREMI MTT	26.574
M1.2	Habilitar infraestructura peatonal y de ciclovías para movilidad sustentable	Mitigación	SEREMI MTT	11.522

M1.3	Incorporar buses con tecnologías de bajo carbono al sistema de transporte regional	Mitigación	SEREMI MTT	33.200
M2.1	Implementar la Política Integral de Eficiencia Energética Regional	Mitigación	SEREMI Energía	s/d
M2.2	Generar energía eléctrica mediante el aprovechamiento de ERNC	Mitigación	SEREMI Energía	s/d
M3.1	Fomentar prácticas agroforestales y/o silvopastoriles integradas	Mitigación	SEREMI Agricultura	s/d
M4.1	Reducir la huella de carbono del sector industrial regional	Mitigación	SEREMI MMA	s/d
A1.1	Complementar el Sistema de Alerta Temprana Multirriesgo (SAT-M)	Adaptación	SENAPRED	s/d
A1.2	Metodologías para diseño y construcción climáticamente resilientes	Adaptación	MINVU	s/d
A2.1	Reducir la vulnerabilidad de la población por enfermedades climáticas	Adaptación	GORE Maule	s/d
A3.1	Fortalecer capacidades técnicas de servicios públicos en cambio climático	Adaptación	SEREMI MMA	s/d
A4.1	Soluciones Basadas en la Naturaleza para restauración de ecosistemas	Adaptación	SEREMI MMA	s/d
A4.2	Aumentar la superficie de áreas protegidas terrestres	Adaptación	MMA	s/d
A4.3	Fortalecer prevención y gestión del riesgo de incendios forestales	Adaptación	CONAF	s/d
A4.4	Acciones contra la desertificación de los ecosistemas	Adaptación	MINAGRI	s/d
A5.1	Fomentar buenas prácticas en la producción silvoagropecuaria	Adaptación	SEREMI Agricultura	s/d
A5.2	Incorporar diseño aplicado e implementar la agroecología	Adaptación	SEREMI Agricultura	s/d
A5.3	Promover sistemas y prácticas de riego eficiente	Adaptación	CNR	s/d
A6.1	Pesca, acuicultura y maricultura sustentable	Adaptación	SUBPESCA	s/d
A7.1	Acceso al agua en cantidad y calidad ante condiciones adversas	Adaptación	DGA	s/d

A8.1	Fomentar el turismo sustentable en la región	Adaptación	SERNATUR	s/d

Fuente: Anteproyecto Plan de Acción Regional de Cambio Climático del Maule (PARCC Maule), GORE Maule / FAO / IDOM, 2025. Tabla complementada con medidas locales propuestas por la Ilustre Municipalidad de San Rafael (reciclaje y aceite vegetal, mapas de riesgo, reforestación de riberas, talleres de educación ambiental y guardadores de semillas, campaña de eliminación de microbasurales).

Anexo 5. Glosario y siglario

Conceptos técnicos

Concepto	Definición operativa
Adaptación	Ajuste de los sistemas humanos o naturales en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, que reduce daños o aprovecha oportunidades
Mitigación	Acciones que reducen las emisiones de GEI o aumentan las capturas (sumideros)
Vulnerabilidad climática	Predisposición de un sistema a verse afectado adversamente por el cambio climático; combina exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa
Riesgo climático	Probabilidad y severidad esperada del daño climático; resulta de combinar amenaza, exposición y vulnerabilidad
Resiliencia	Capacidad de un sistema para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos de una amenaza
Sumidero de carbono	Reservorio natural o artificial que absorbe y retiene CO_2 atmosférico (bosques, suelos, océanos)
Neutralidad de emisiones	Estado en que las emisiones de GEI son iguales a las absorciones (objetivo nacional de Chile a 2050)
Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN)	Acciones que protegen, gestionan y restauran ecosistemas naturales o modificados, con cobeneficios para la biodiversidad y el bienestar humano
Tier 1 (IPCC)	Nivel metodológico básico para estimar emisiones de GEI usando factores por defecto del IPCC
Cobeneficios	Efectos positivos secundarios (en salud, empleo, equidad) generados por una medida cuyo objetivo principal es climático

Siglario

Sigla	Significado
AFC	Agricultura Familiar Campesina
AgenciaSE	Agencia de Sostenibilidad Energética (Chile)
ARClim	Atlas de Riesgos Climáticos (MMA / CR2 / CCG-UC)
CASEN	Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional
CESFAM	Centro de Salud Familiar
CIREN	Centro de Información de Recursos Naturales
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNR	Comisión Nacional de Riego
CONAF	Corporación Nacional Forestal
CR2	Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia
DAEM	Departamento de Administración de Educación Municipal
DGA	Dirección General de Aguas (MOP)
DIDECO	Dirección de Desarrollo Comunitario
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas (MOP)
DOM	Dirección de Obras Municipales
ECLP	Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile
ERNC	Energías Renovables No Convencionales
ESCO	Empresa de Servicios Energéticos (Energy Service Company)
FNDR	Fondo Nacional de Desarrollo Regional
FPA	Fondo de Protección Ambiental (MMA)
GCF	Green Climate Fund / Fondo Verde para el Clima

GEI	Gases de Efecto Invernadero
INDAP	Instituto de Desarrollo Agropecuario
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
Ley REP	Ley N° 20.920 de Responsabilidad Extendida del Productor
MINEDUC	Ministerio de Educación
MINSAL	Ministerio de Salud
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MOP	Ministerio de Obras Públicas
MRV	Monitoreo, Reporte y Verificación
MTT	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
NDC	Nationally Determined Contribution / Contribución Determinada a Nivel Nacional
NNA	Niños, Niñas y Adolescentes
ODEPA	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (MINAGRI)
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible (Agenda 2030 ONU)
PACCC	Plan de Acción Comunal de Cambio Climático
PARCC	Plan de Acción Regional de Cambio Climático
PLADECO	Plan de Desarrollo Comunal
PMU	Programa de Mejoramiento Urbano (SUBDERE)
PNACC	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PRC	Plan Regulador Comunal
PRODESAL	Programa de Desarrollo Local de INDAP
RCP	Representative Concentration Pathway (escenario climático IPCC)
SAT-M	Sistema de Alerta Temprana Multirriesgo (SENAPRED)
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
SECPLAN	Secretaría Comunal de Planificación

SENAPRED	Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres
SERVIU	Servicio de Vivienda y Urbanización
SSR	Servicio sanitario rural ex Agua Potable Rural
SIC	Sistema Interconectado Central (eléctrico)
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SNCAE	Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educacionales
SUBDERE	Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo
SUBPESCA	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura

Plan de Acción Comunal de Cambio Climático (PACCC)

Ilustre Municipalidad de San Rafael — Periodo 2026–2031

Equipo Técnico Municipal — Encargado de Medio Ambiente — Mesa Técnica Comunal

San Rafael, Región del Maule, Chile — 2026