



República de Chile



Organismo Internacional de Energía Atómica

Marco programático nacional

2026-2032

El presente marco programático nacional para Chile (2026-2032) ha sido firmado en nombre del Gobierno de Chile y del Organismo Internacional de Energía Atómica.

En nombre del Gobierno de Chile

En nombre del Organismo Internacional de
Energía Atómica

Sr. Richard González Zúñiga
Director Ejecutivo
Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN)

Sr. Hua Liu
Director General Adjunto
Jefe del Departamento de
Cooperación Técnica

13/3-2026

Fecha

17/3-2026

Fecha

ÍNDICE

Resumen ejecutivo	1
1. Introducción	2
2. Análisis de la situación	2
2.1. Análisis global de la situación	2
2.1.1. Prioridades nacionales	3
2.1.2. Prioridades del MCNUDES en Chile 2023-2026	3
2.1.3. Políticas, estrategias y planes nacionales de desarrollo	4
2.1.4. Cooperación técnica del OIEA. Principales esferas de apoyo y logros fundamentales de la CT anterior	4
2.1.5. Prioridades según el MPN 2026-2032	6
Esferas temáticas según el MPN 2026-2032	6
2.1.6. Gestión de los conocimientos nucleares	6
2.1.7. Vulnerabilidades del país debido al cambio climático	6
2.1.8. Situación en materia de género en Chile y compromisos conexos	7
2.1.9. Supuestos y riesgos	7
2.2. Marco jurídico	8
2.2.1. Avances en el período 2020-2025	10
2.2.2. Fortalecimiento de la infraestructura nacional de protección radiológica	11
2.2.3. Sistema de Gestión de la Información sobre Seguridad Radiológica (RASIMS) y Sistema de Gestión de la Información sobre Preparación y Respuesta para Casos de Emergencia (EPRIMS)	12
2.2.4. Misiones recientes del OIEA para evaluar la seguridad nuclear tecnológica y física y la seguridad radiológica en Chile	13
2.2.5. Iniciativas nacionales en desarrollo	14
2.2.6. Asociados y partes interesadas	15
2.2.7. Resultados prácticos previstos	16
2.3. Alimentación y agricultura	16
2.3.1. Control de plagas mediante la TIE	17
2.3.2. Optimización del uso de productos agroquímicos en la producción forestal y agrícola	17
2.3.3. Adaptación de las especies vegetales al cambio climático	17
2.3.4. Producción pecuaria y sanidad animal	18
2.3.5. Trazabilidad y autenticidad: fraude alimentario y origen	18
2.3.6. Inocuidad de los alimentos	19
2.3.7. Asociados y partes interesadas	19
2.3.8. Resultado práctico previsto	20
2.4. Salud y nutrición	20

2.4.1.- Diagnóstico y tratamiento del cáncer	21
2.4.2.- Evaluación y vigilancia nutricional	22
2.4.3.- Acceso equitativo a tejidos y células de calidad clínica	22
2.4.4.- Asociados y partes interesadas	23
2.4.5.- Resultado práctico previsto	23
2.5. Agua y medio ambiente	24
2.5.1.- Evaluación de la calidad del agua y gestión con enfoque de cuenca	26
2.5.2.- Evaluación de la calidad y medidas de mitigación en relación con los suelos contaminados	26
2.5.3.- Contaminación atmosférica	26
2.5.4.- Gestión de medios marinos y costeros	27
2.5.5.- Ecosistemas vulnerables	27
2.5.6.- Asociados y partes interesadas	27
2.5.7. Resultado práctico previsto	28
2.6. Energía	28
2.6.1. Planificación energética	28
2.6.2. Partes interesadas y beneficiarios	29
2.6.4. Litio: su aplicación en el almacenamiento y en la generación de energía del futuro	29
2.6.5. Partes interesadas y beneficiarios	30
2.6.7. Minería sostenible y caracterización avanzada con tecnologías nucleares	30
2.6.8. Asociados y partes interesadas	31
2.6.9. Resultado práctico previsto	31
2.7 Aplicaciones industriales	31
2.7.1. Conservación del patrimonio cultural	31
2.7.2. Gestión del riesgo de desastres	32
2.7.3 Asociados y partes interesadas	32
2.7.4 Resultado práctico previsto	32
3. Matriz de resultados	34
3.1. Cuadro recapitulativo de los recursos	55
4. Ejecución del programa y apoyo conexo	56
4.1 Coordinación del MPN	56
4.2 Examen futuro del MPN	56
4.3 Coordinación con los asociados	57
Anexo 1. Matriz de asociaciones	59
Anexo 2. Lista de instituciones participantes	64
Anexo 3. Marco jurídico y tratados relacionados con el OIEA	65

LISTA DE ABREVIACIONES

Sigla	Denominación
ARCAL	Acuerdo de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe
CCHEN	Comisión Chilena de Energía Nuclear
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CONSER	Comisión de Seguridad en Emergencias Radiológicas
CT	cooperación técnica
EA-IRMS	analizador elemental basado en el espectrómetro de masas de relaciones isotópicas
END	ensayo no destructivo
ENT	enfermedad no transmisible
EPREV	Examen de Medidas de Preparación para Emergencias
EPRIMS	Sistema de Gestión de la Información sobre Preparación y Respuesta para Casos de Emergencia
ETS	esfera temática de seguridad
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FCT	Fondo de Cooperación Técnica
GES	Garantías Explícitas en Salud
INSSP	plan integrado de apoyo a la seguridad física nuclear
IRRS	Servicio Integrado de Examen de la Situación Reglamentaria
ITER	Reactor Termonuclear Experimental Internacional
KMAV	Visita de Asistencia para la Gestión del Conocimiento
LANENT	Red Latinoamericana para la Educación y la Capacitación en Tecnología Nuclear
MCNUDS	Marco de Cooperación de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible
MPN	marco programático nacional
NUTEC Plastics	Tecnología Nuclear para el Control de la Contaminación por Plásticos
OAP	Oficial de Administración de Programas
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONE	Oficial Nacional de Enlace
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
ORPAS	Servicio de Evaluación de la Protección Radiológica Ocupacional

Sigla	Denominación
PET-TC	tomografía por emisión de positrones/tomografía computarizada
programa de CT	programa de cooperación técnica
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RASIMS	Sistema de Gestión de la Información sobre Seguridad Radiológica
RECH-1	Reactor Experimental Chileno N° 1
REMARCO	Red de Investigación de Estrés Marinos – Costeros en Latinoamérica y el Caribe
SEREMI	Secretaría Regional Ministerial
SINAPRED	Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres
SMR	reactor pequeño y mediano o modular
SPECT-TC	tomografía computarizada por emisión de fotón único/tomografía computarizada
TIE	técnica del insecto estéril
ZODIAC	Medidas Integradas contra las Enfermedades Zoonóticas

RESUMEN EJECUTIVO

El presente marco programático nacional (MPN) para 2026–2032 proporciona la orientación estratégica para la cooperación de Chile con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). En él se definen las prioridades nacionales de desarrollo en las que la ciencia y la tecnología nucleares pueden ofrecer soluciones de alto impacto basadas en datos empíricos y establece la base para la programación de actividades de cooperación técnica (CT) durante los próximos tres ciclos de CT.

Este marco, elaborado conjuntamente por el Gobierno de Chile y el OIEA, se ajusta al Marco de Cooperación de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (MCNUDS) 2023–2026 y la Agenda 2030. Se centra en seis esferas prioritarias en que la tecnología nuclear aporta un valor añadido específico:

- 1. Seguridad nuclear tecnológica y física:** fortalecimiento de la independencia de la función reguladora y de la preparación para emergencias.
- 2. Alimentación y agricultura:** mejora de la resiliencia climática, el control de plagas (técnica del insecto estéril (TIE)) y la autenticidad de los alimentos.
- 3. Salud y nutrición:** alineación con la iniciativa Rayos de Esperanza para ampliar la atención oncológica y la vigilancia nutricional.
- 4. Agua y medio ambiente:** utilización de técnicas isotópicas para la seguridad hídrica y la conservación de la Antártida (Tecnología Nuclear para el Control de la Contaminación por Plásticos (NUTEC Plastics)).
- 5. Energía e industria:** apoyo a la planificación energética, la sostenibilidad del litio y la trazabilidad de la minería.
- 6. Conservación del patrimonio y seguridad estructural:** apoyo a la cultura y la infraestructura.

Los resultados previstos contribuirán directamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2, 3, 5, 6, 7, 9, 13, 14, 15 y 17, con la igualdad de género integrada como una prioridad transversal.

Este MPN es un instrumento de programación flexible. Permite la incorporación de prioridades nacionales emergentes y nuevas iniciativas en cualquier etapa de su aplicación, asegurando una alineación constante con la agenda de desarrollo de Chile y las necesidades cambiantes de las instituciones beneficiarias.

1. INTRODUCCIÓN

El MPN 2026–2032 define las esferas prioritarias de cooperación de Chile con el OIEA y sirve como referencia estratégica para la planificación, la ejecución y el examen de las actividades de CT. Su finalidad es garantizar que los futuros programas se ajusten plenamente a las políticas nacionales de desarrollo, las estrategias sectoriales, el MCNUDES 2023–2026 y los compromisos que Chile ha contraído en el marco de la Agenda 2030.

El MPN fue elaborado conjuntamente por el Gobierno de Chile, bajo el liderazgo de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) y el OIEA. El proceso se basó en las enseñanzas extraídas del MPN correspondiente al ciclo 2020–2025 e incluyó consultas con autoridades nacionales, instituciones técnicas, centros de investigación, universidades y otras partes interesadas que contribuyeron a la definición de las esferas temáticas prioritarias y los resultados prácticos previstos. Se fomentó una participación con equilibrio de género a lo largo de todo el proceso, garantizando que los conocimientos especializados y las perspectivas institucionales fundamentarán la formulación del MPN.

Sobre la base de este enfoque colaborativo, se definieron seis esferas temáticas estratégicas como ámbitos prioritarios para el período 2026–2032: seguridad nuclear tecnológica y física y seguridad radiológica; alimentación y agricultura; salud y nutrición; agua y medio ambiente; energía e industria, y aplicaciones industriales. Estas esferas representan los puntos de encuentro en que convergen las necesidades nacionales, la capacidad científica y el potencial de las tecnologías nucleares para respaldar el desarrollo socioeconómico sostenible.

El MPN se basa en los logros de los ciclos de CT anteriores y proporciona un marco coherente para orientar la asistencia futura, promoviendo el uso pacífico, seguro y eficaz de la ciencia y la tecnología nucleares en beneficio nacional.

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

2.1. ANÁLISIS GLOBAL DE LA SITUACIÓN

El MPN 2026–2032 se basa en un análisis exhaustivo de la situación actual en Chile, con el objetivo de definir esferas prioritarias para el desarrollo en las que la CT del OIEA puede aportar una contribución sustancial y estratégica.

Estas prioridades se definieron mediante un proceso de análisis que consideró la intersección de varios marcos de referencia fundamentales: las políticas públicas y estrategias sectoriales que orientan el desarrollo nacional; el actual MCNUDES, que articula la labor del sistema de las Naciones Unidas en el país, y el compromiso de Chile con la Agenda 2030 y sus ODS. Este enfoque garantiza que el MPN no solo responda a las necesidades inmediatas, sino que también sirva como un instrumento alineado con la visión de desarrollo a largo plazo del país.



2.1.1. PRIORIDADES NACIONALES

A continuación se presentan los principales planes y prioridades de desarrollo nacionales que se tuvieron en cuenta para definir las prioridades de las actividades de CT con el OIEA en este MPN.

2.1.2. PRIORIDADES DEL MCNUDS EN CHILE 2023-2026

El MCNUDS¹ firmado por Chile en abril de 2023 define la cooperación que el sistema de las Naciones Unidas brindará al país en los próximos años para lograr el desarrollo sostenible, en el marco de la Agenda 2030², que propone 17 ODS para el período, con las cuatro prioridades estratégicas indicadas en el cuadro que figura a continuación.

Cuadro 1: Prioridades estratégicas del MCNUDS en Chile.

Prioridad estratégica	Concepto	ODS ³ conexos
PE1: Igualdad sustantiva en el acceso a los derechos económicos, sociales, culturales y ambientales	Chile avanza hacia un Estado de bienestar, centrado en la provisión y garantía de derechos sociales universales en ámbitos críticos, así como en la adopción de programas públicos orientados a reducir brechas y desigualdades.	ODS 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 16.
PE2: Fortalecimiento de las instituciones democráticas y de la seguridad para un nuevo contrato social inclusivo	Chile está fortaleciendo sus instituciones democráticas, con especial atención a los derechos humanos, la transparencia, la descentralización y la participación ciudadana, garantizando la seguridad, el acceso a la justicia y la representación efectiva de la diversidad del país.	ODS 5, 10, 11, 16, 17.
PE3: Un modelo de desarrollo sostenible, inclusivo y resiliente para abordar la crisis climática, la pérdida de biodiversidad y la contaminación	Chile promueve un nuevo modelo de desarrollo que responde a la crisis climática, fomenta la diversificación productiva, la innovación y la transición ecológica, con énfasis en los territorios, las microempresas y las pequeñas y medianas empresas y las cooperativas, integrando la sostenibilidad ambiental con la justicia social.	ODS 1, 2, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17.

¹ Marco de Cooperación de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible en Chile 2023-2026 https://chile.un.org/sites/default/files/2023-05/VERSI%C3%93N%20FINAL_MDC_2023-2026_web_23mayo.pdf

² Chile Agenda 2030 <http://www.chileagenda2030.gob.cl>

³ Objetivos de Desarrollo Sostenible - Agenda 2030 de las Naciones Unidas; 2015 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>

Prioridad estratégica	Concepto	ODS ³ conexos
PE4: Equilibrio de género	Chile avanza hacia una sociedad inclusiva, libre de violencia y discriminación contra las mujeres, y diversa, promoviendo la igualdad de género como una prioridad transversal del Estado, con un enfoque interseccional y coordinación entre las políticas, los programas y los presupuestos para garantizar los derechos y la autonomía.	ODS 5, 10, 16.

2.1.3. POLÍTICAS, ESTRATEGIAS Y PLANES NACIONALES DE DESARROLLO

Las prioridades nacionales de desarrollo de Chile se basan en marcos estratégicos fundamentales, como la Estrategia Climática de Largo Plazo al 2050, la Ley Marco de Cambio Climático, la Política Energética Nacional, la Política Nacional Minera 2050, la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos, la Estrategia Nacional de Seguridad y Soberanía Alimentaria, la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres y los principales planes del sector de la salud, como el Plan Nacional de Cáncer. Las políticas sectoriales adicionales en materia de igualdad de género, innovación, biodiversidad y patrimonio cultural también contribuyen a la planificación nacional.

2.1.4. COOPERACIÓN TÉCNICA DEL OIEA. PRINCIPALES ESFERAS DE APOYO Y LOGROS FUNDAMENTALES DE LA CT ANTERIOR

La CT del OIEA ha sido un pilar fundamental en el desarrollo de las capacidades nucleares y radiológicas de Chile. El programa de CT ha sido fundamental para la construcción de infraestructura física y el desarrollo de capital humano avanzado, así como para el apoyo al desarrollo científico y tecnológico del país. En los ciclos más recientes, y en respuesta a las prioridades nacionales y los desafíos mundiales.

Chile ha recibido un apoyo significativo del OIEA en materia de seguridad nuclear tecnológica y física y seguridad radiológica, inclusión hecha de la preparación y respuesta para casos de emergencia a fin de fortalecer su estructura nacional y desarrollar capacidades técnicas y humanas en organismos como la CCHEN, el Ministerio de Salud y el Instituto de Salud Pública. Se han mejorado los servicios de apoyo, incluidos los laboratorios, la radioquímica, la radiofarmacia hospitalaria y las capacidades de radiodiagnóstico, medicina nuclear y dosimetría médica y biológica. Cabe destacar la retirada satisfactoria y ulterior expedición a Alemania de 31 fuentes de cobalto 60 desechadas, hecho que la empresa de reciclaje Gamma Service Recycling describe como la mayor operación de este tipo.

Asimismo, se elaboró y aprobó el Plan Nacional de Emergencias Nucleares y Radiológicas, y se reforzaron las capacidades nacionales de preparación y respuesta para casos de emergencia de este tipo con el apoyo técnico del OIEA. En el ámbito de la agricultura, la CT se ha centrado en la aplicación de técnicas isotópicas y conexas en los estudios agrícolas, con el fin de mejorar la gestión del suelo frente a prácticas inadecuadas como la sobreexplotación, la escasez de agua y el uso excesivo de productos agroquímicos, que provocan erosión y contaminación. Gracias al Programa Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios, se recuperaron grandes extensiones de tierras degradadas, y el uso de metodologías nucleares mejoró el diagnóstico de la calidad del agua y del suelo, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles.

Por otro lado, mediante la CT del OIEA, se reforzó la red nacional de laboratorios de zoonosis en materia de bioseguridad y enfermedades transfronterizas, y se brindó apoyo a los pequeños agricultores en temas relacionados con contaminantes, buenas prácticas agrícolas y toxicología. En el sector alimentario, se han abordado la inocuidad, la calidad y la autenticidad de los alimentos,

aspectos fundamentales para la salud pública y las exportaciones. La tecnología de irradiación se ha utilizado para prolongar la vida útil de los alimentos y eliminar patógenos y plagas cuarentenarias. También se han logrado avances en un sistema nacional para verificar la autenticidad de los alimentos, utilizando un analizador elemental basado en el espectrómetro de masas de relaciones isotópicas (EA-IRMS) en la CCHEN para analizar productos como la miel, el vino y los alimentos de origen marino.

El apoyo del OIEA en el ámbito de la salud ha sido importante para fortalecer la producción de radiofármacos, garantizar su calidad conforme a las normas internacionales y consolidar las capacidades en medicina nuclear y protección radiológica en aplicaciones médicas. Se ha promovido la capacitación de profesionales en nuevas tecnologías de radioterapia para mejorar los tratamientos y reducir los efectos adversos en los pacientes. También cabe destacar la incorporación del equipo NephroCam a la Corporación Renal Infantil Mater, lo que ha fortalecido el diagnóstico precoz en niños y niñas, posicionando al país como un referente regional.

En lo que respecta al agua y al medio ambiente, el OIEA ha apoyado la aplicación de técnicas nucleares e isotópicas en la evaluación de la calidad del agua y la gestión sostenible de los recursos hídricos, incluido el estudio de contaminantes en aguas superficiales, subterráneas y marinas. Cabe destacar la participación en la Red Mundial sobre Isótopos en la Precipitación del OIEA y la Organización Meteorológica Mundial, que genera datos de precipitación para estudios hidrogeológicos y de cambio climático; el establecimiento de un laboratorio de genómica en Concepción para mejorar las especies forestales frente al cambio climático mediante técnicas nucleares, con resultados de interés en hormesis e inducción de mutaciones, y la consolidación de una red nacional de cooperación para el fitomejoramiento por mutagénesis, coordinando capacidades entre instituciones de investigación. También se han logrado avances en la caracterización de acuíferos, zonas de recarga y sostenibilidad de las aguas subterráneas. En lo que respecta a las zonas costeras, se han desarrollado capacidades para estudiar los microplásticos y las toxinas marinas, contribuyendo activamente a la Red de Investigación de Estresores Marinos – Costeros en Latinoamérica y el Caribe (REMARCO).

Además, en el marco del memorando de entendimiento firmado con el OIEA, se está llevando a cabo una importante iniciativa liderada por el Instituto Antártico Chileno para fortalecer la protección del medio ambiente de la Antártida. En el ámbito energético, a través de la CCHEN, Chile ha mantenido su compromiso de preservar las capacidades técnicas y los conocimientos actualizados en esta esfera, con el apoyo del OIEA. En el sector industrial, especialmente en la minería, se han fortalecido las capacidades en el uso de técnicas de radiotrazadores para optimizar los procesos hidrometalúrgicos, lo que convierte a Chile en un referente regional en esta aplicación.

Por otro lado, Chile solicitó el apoyo del OIEA con el fin de modernizar la instrumentación del reactor de investigación chileno RECH-1 mediante un sistema de cofinanciación para ampliar sus capacidades, incluido su uso en técnicas como la imagenología neutrónica, aplicadas a la inspección de estructuras internas en objetos industriales y patrimoniales.

Gracias a la consolidación de estas capacidades, la contribución del OIEA se ha diversificado e intensificado. Se han logrado avances significativos en esferas de interés nacional como la medicina nuclear, en la que se ha mejorado el diagnóstico y el tratamiento del cáncer; la agricultura, con la aplicación de técnicas para optimizar el uso de los recursos y controlar las plagas, y la industria, en la que se ha mejorado la competitividad de sectores como la minería. Al mismo tiempo, se ha reforzado sistemáticamente la estructura nacional de seguridad nuclear tecnológica y física, con avances en la modernización de la reglamentación, la capacitación de los organismos estatales y el fortalecimiento de la seguridad radiológica de las instalaciones médicas e industriales en todo el país.

2.1.5. PRIORIDADES SEGÚN EL MPN 2026-2032

ESFERAS TEMÁTICAS SEGÚN EL MPN 2026-2032

Las esferas temáticas adoptadas para el período 2026-2032 son las siguientes:

- **ET1:** Seguridad nuclear tecnológica y física y seguridad radiológica
- **ET2:** Alimentación y agricultura
- **ET3:** Salud y nutrición
- **ET4:** Agua y medio ambiente
- **ET5:** Energía e industria
- **ET6:** Aplicaciones de ensayos no destructivos

En relación con cada una de estas esferas temáticas, se llevó a cabo un análisis de la situación sobre la base de los planes y las prioridades nacionales de desarrollo y la experiencia adquirida con la CT del OIEA. Estos análisis, presentados en las secciones 2.2 a 2.7, concluyen con una breve exposición de los resultados y los productos correspondientes.

2.1.6. GESTIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS NUCLEARES

La gestión de los conocimientos nucleares es un pilar transversal, estratégico y facilitador para el desarrollo sostenible y seguro de todas las aplicaciones nucleares y radiológicas. La experiencia internacional confirma que, en un campo tan especializado y dinámico, la capacidad de crear, conservar, transferir y aplicar conocimientos de forma sistemática es esencial para la innovación, la seguridad y la continuidad operativa. Ante desafíos como el cambio generacional y la rápida evolución tecnológica, la gestión proactiva de los conocimientos se vuelve indispensable.

Desde el ciclo de 2014, Chile ha reconocido esta necesidad y ha estado llevando a cabo diversas iniciativas para desarrollar y salvaguardar su capital humano e intelectual en el ámbito nuclear, con el valioso apoyo de los programas de CT del OIEA. El país ha participado en proyectos como el proyecto RLA0057, “Mejora de la enseñanza, la capacitación, la divulgación y la gestión de conocimientos en la esfera nuclear”, y el proyecto RLA0065, “Fomento de la implantación de la gestión del conocimiento en las organizaciones nucleares y fortalecimiento de la enseñanza nuclear”. En este último caso, el OIEA apoyó, entre otras cosas, la celebración del Tercer Simposio Internacional sobre Educación, Capacitación, Divulgación y Gestión del Conocimiento Nuclear (julio de 2022), organizado por la Red Latinoamericana para la Educación y la Capacitación en Tecnología Nuclear (LANENT), de la cual el país es miembro. Además, el Curso Regional de Capacitación sobre Gestión de los Conocimientos Nucleares (América Latina) se celebró en paralelo con el simposio de la LANENT. Cabe destacar también que durante ese período tuvo lugar en el país una misión de expertos de la Visita de Asistencia para la Gestión de los Conocimientos (KMAV) (nivel 2) sobre gestión de los conocimientos y desarrollo de recursos humanos. Su finalidad era examinar las prácticas de gestión de los conocimientos en la institución y brindar asesoramiento para su mejora.

Para el período 2026-2032, este tema no se concibe como una esfera temática aislada, sino como un componente transversal y fundamental que garantiza la viabilidad a largo plazo de los proyectos y las capacidades desarrolladas en cada una de las seis esferas estratégicas de este MPN. La continuidad de los esfuerzos en materia de capacitación, creación de capacidad, mentoría y creación de redes de conocimiento será crucial para el éxito y la sostenibilidad de todo el programa de cooperación.

2.1.7. VULNERABILIDADES DEL PAÍS DEBIDO AL CAMBIO CLIMÁTICO

Chile cumple siete de los nueve criterios de vulnerabilidad de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. La “megasequía” estructural y los fenómenos meteorológicos

extremos hacen necesario el uso de técnicas nucleares para la gestión de los recursos hídricos, la agricultura climáticamente inteligente y la monitorización ambiental, lo que influye directamente en la priorización de las esferas temáticas 2 y 4.

2.1.8. SITUACIÓN EN MATERIA DE GÉNERO EN CHILE Y COMPROMISOS CONEXOS

Chile ha logrado progresos en materia de igualdad de género durante el último decenio, a raíz de distintos movimientos sociales y un creciente reconocimiento de la necesidad de cerrar las brechas estructurales.

Chile sigue avanzando en materia de igualdad de género, aunque persisten brechas en la participación en la fuerza de trabajo, las responsabilidades de los cuidados, la representación política y las carreras de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Estos retos se abordan mediante marcos nacionales como el Plan Nacional de Igualdad entre Mujeres y Hombres 2018-2030, la Política Nacional de Apoyos y Cuidados, el Programa Nacional de Salud de la Mujer y la Política Nacional de Igualdad de Género en Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Chile también mantiene sus compromisos internacionales en virtud de la Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra la Mujer, la Plataforma de Acción de Beijing y el ODS 5, y la igualdad de género sigue siendo una prioridad transversal del MCNUDES 2023-2026.

2.1.9 SUPUESTOS Y RIESGOS

Los resultados y productos previstos también están sujetos a factores internos y externos que escapan al control del equipo de dirección, lo que podría influir en los avances del programa planificado. A este respecto, el programa propuesto se elaboró sobre la base de una serie de supuestos que, en términos generales, se resumen a continuación:

- el diseño de este MPN parte de la base de que los actores clave involucrados en él continuarán participando en la medida necesaria para garantizar la aplicación efectiva de este instrumento;
- existe una disponibilidad suficiente de personal cualificado para la capacitación;
- se cuenta con un apoyo continuo del Gobierno, manteniéndose la jerarquización de las esferas definidas;
- el marco jurídico necesario ya está en vigor, y
- se dispone de los fondos necesarios.

En el MPN también se tienen en cuenta posibles factores que quedan fuera del control directo del equipo de gestión del programa, que podrían dar lugar a situaciones futuras que obstaculicen la obtención de los resultados previstos y productos. Entre esos factores, señalados como riesgos generales, cabe citar los siguientes:

- la modificación de las políticas o prioridades nacionales;
- la falta de participación de las partes interesadas (principalmente las instituciones gubernamentales);
- unos recursos financieros insuficientes;
- las interferencias debidas a emergencias o desastres naturales;
- las interferencias políticas que podrían distorsionar las prioridades;
- una coordinación insuficiente entre los principales actores, y
- la falta de suficiente personal cualificado para impartir capacitación.

2.2. MARCO JURÍDICO

Chile es parte de los principales instrumentos internacionales que rigen la seguridad nuclear tecnológica y física, a saber: la Convención sobre la Pronta Notificación de Accidentes Nucleares, la Convención sobre Asistencia en Caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica, la Convención sobre Seguridad Nuclear, la Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos, y la Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares y su Enmienda.

Chile ha manifestado su compromiso político respecto del Código de Conducta sobre la Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas, así como de sus dos documentos de orientación respecto a la importación y exportación de fuentes radiactivas, y ha notificado al OIEA su compromiso con la aplicación de las Orientaciones sobre la Gestión de las Fuentes Radiactivas en Desuso.

Se han creado dos organismos reguladores para el control reglamentario de las instalaciones y actividades. Por un lado, el Ministerio de Salud, a través de sus 16 secretarías regionales, es responsable de la autorización e inspección de las instalaciones que utilizan fuentes radiactivas de las categorías 2 y 3, según lo previsto en el artículo 7 del Decreto N° 133, y de las actividades relacionadas con ellas. Por otra parte, la CCHEN es responsable de la autorización e inspección de las instalaciones nucleares y las instalaciones que utilizan fuentes radiactivas de la categoría 1, según lo dispuesto en el artículo 7 del Decreto N° 133, y de las actividades relacionadas con ellas.

La CCHEN es la institución estatal responsable de la investigación, el desarrollo y la aplicación de la energía nuclear, así como de su regulación, control y supervisión, y presta servicios tecnológicos y de investigación y desarrollo a sectores fuera del país que contribuyen eficazmente al conocimiento científico y tecnológico, al bienestar y la seguridad de las personas y a la protección ambiental. El objetivo principal de la CCHEN es asesorar al Gobierno en todos los asuntos relacionados con el uso pacífico de la ciencia y la tecnología nucleares.

En materia de reglamentación, y de conformidad con la legislación nacional vigente (Ley N° 18302 de Seguridad Nuclear), la CCHEN es la autoridad competente respecto de las instalaciones nucleares y las instalaciones radiactivas de primera categoría. En consecuencia, la CCHEN —y el Ministerio de Energía, cuando proceda— es el organismo responsable de regular, supervisar, controlar y monitorizar las actividades relacionadas con los usos pacíficos de la energía nuclear y otras instalaciones, así como las sustancias nucleares y los materiales radiactivos utilizados en ellas, y su transporte. También es el organismo responsable de dictar normas relativas a las instalaciones radiactivas (artículo 67). No obstante lo anterior, la reglamentación sobre protección radiológica y las autorizaciones relativas a las instalaciones radiactivas deberán ser firmados conjuntamente por los Ministros de Energía y de Salud.

En lo que respecta a las autorizaciones, la CCHEN otorga licencias relativas a la ubicación, la construcción, la puesta en servicio, la explotación y el cierre definitivo, según corresponda, de instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas de primera categoría (según se definen en el Decreto Supremo N° 133 de 1984, del Ministerio de Salud), así como al personal que las opera; además, otorga autorizaciones para el transporte, el almacenamiento, la transferencia, la importación y la exportación de materiales y equipos radiactivos asociados con las instalaciones mencionadas.

El Ministerio de Salud es responsable del control de las instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría. La Ley de la Autoridad Sanitaria (Ley N° 19937, promulgada en 2004 y en vigor desde el 1 de enero de 2005) asigna el papel y las funciones de autoridad sanitaria regional a las Secretarías Regionales Ministeriales (SEREMI) del Ministerio de Salud. De este modo, las 16 SEREMI del Ministerio de Salud de todo el país tienen la condición de autoridad reguladora de las instalaciones o los equipos radiactivos de segunda y tercera categoría, así como facultad para autorizar la importación o exportación de fuentes radiactivas.

Según el artículo 4 de la Ley N° 18302, el Ministerio de Energía es responsable de autorizar, mediante decreto supremo, las centrales nucleares, las plantas de enriquecimiento, las plantas de procesamiento y las instalaciones de almacenamiento permanente de desechos radiactivos.

Chile no cuenta con una política ni una estrategia nacional de seguridad, ni tampoco con una política ni una estrategia nacionales para la clausura segura de instalaciones, la gestión y disposición final seguras de desechos radiactivos y la gestión segura del combustible gastado. El marco jurídico y reglamentario en materia de seguridad se basa en la Ley N° 18302 (Ley de Seguridad Nuclear), el Decreto con Fuerza de Ley N° 725 (Código Sanitario de Chile) y los siguientes decretos:

- Decreto N° 133 de 1984, del Ministerio de Salud, Reglamento sobre autorizaciones para instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiación ionizante, personal que se desempeña en ellas, u opere tales equipos y otras actividades afines.
- Decreto N° 3 de 1985, del Ministerio de Salud, Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radiactivas.
- Decreto N° 12, de 1985, del Ministerio de Salud, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos.
- Decreto N° 647 de 2015, del Ministerio del Interior, por el que se crea la Comisión de Seguridad en Emergencias Radiológicas.

En lo que respecta a las políticas y estrategias nacionales para el próximo período 2023-2026, la CCHEN tiene como objetivo promover el establecimiento de políticas y estrategias nacionales en las siguientes materias:

- la seguridad nuclear y la gestión de los riesgos asociados a las instalaciones y actividades, sobre la base de un enfoque graduado acorde con la realidad nacional, y
- la gestión segura del combustible gastado y los desechos radiactivos, teniendo en cuenta las características y el volumen de combustible y desechos generados en el país.

En lo que respecta a la preparación y respuesta ante emergencias radiológicas o nucleares, el país elaboró un Plan Nacional de Emergencias Nucleares y Radiológicas, con el apoyo del OIEA. El Plan fue aprobado en 2022. Su objetivo es garantizar una respuesta coordinada y eficaz ante situaciones de emergencia, minimizando los riesgos y los daños que puedan surgir, al tiempo que se da cumplimiento a los compromisos internacionales contraídos por Chile en esta materia. El Plan está alineado con los *Requisitos de Seguridad Generales N° GSR Part 7 del OIEA: Preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica*, y se basa en la Ley N° 21364, que establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SINAPRED).

En este contexto, el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres está operativo en el país desde 2023; sustituye a la antigua Oficina Nacional de Emergencias y constituye un nuevo marco institucional para la gestión de riesgos. Este servicio es responsable de la coordinación general de las emergencias, en estrecha colaboración con los organismos técnicos pertinentes. En caso de emergencia nuclear o radiológica, la responsabilidad técnica recae en la autoridad reguladora competente: la CCHEN para las instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas de primera categoría, y las SEREMI del Ministerio de Salud para las instalaciones que utilizan fuentes de las categorías 2 y 3.

Además, en 2024, el Protocolo de Emergencia para Eventos de Origen Nuclear y Radiológico entre el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres y la CCHEN fue aprobado mediante la Resolución Exenta N° 375. Su propósito es establecer mecanismos de coordinación, comunicación e intercambio de información entre ambas instituciones para garantizar una respuesta oportuna ante emergencias nucleares o radiológicas, facilitando acciones preventivas y de respuesta que protejan la vida, la salud, el medio ambiente y la propiedad pública y privada contra estas amenazas.

Por su parte, la Comisión de Seguridad en Emergencias Radiológicas (CONSER), creada por el Decreto N° 647/2015 del Ministerio del Interior, reanudó sus actividades en 2024 tras haber estado suspendidas desde la pandemia de COVID-19 en 2020. La CONSER es un órgano de asesoramiento técnico presidencial permanente, con representación interministerial e intersectorial, compuesto por 18 instituciones. Sus objetivos son proponer medidas a fin de fortalecer las capacidades nacionales para abordar conjuntamente las diferentes etapas de un suceso que represente una amenaza para la seguridad física, nuclear y radiológica; brindar asesoramiento para una adecuada coordinación intersectorial, y proponer medidas para la difusión de conocimientos y normas internacionales sobre seguridad nuclear y radiológica.

Recientemente, la CONSER ha centrado sus esfuerzos en reformar su reglamentación interna y actualizar los puntos de contacto de sus instituciones miembros. Como parte de este proceso, se están reforzando las actividades de capacitación para sus miembros en materia de preparación y respuesta para casos de emergencia, teniendo especialmente en cuenta la rotación de personal que ha afectado a muchas de las instituciones involucradas.

Chile se ha beneficiado de la asistencia legislativa del OIEA para elaborar una legislación nuclear exhaustiva. El OIEA, a través de su programa de asistencia legislativa, puede proporcionar asistencia adicional según sea necesario.

2.2.1. AVANCES EN EL PERÍODO 2020-2025

En el período 2020-2025, Chile siguió avanzando en las iniciativas presentadas en su MPN, como el inicio de las operaciones en una instalación centralizada de almacenamiento de desechos radiactivos de baja y media actividad generados en el país; la respuesta a emergencias radiológicas; la mejora del sistema de protección física para materiales nucleares y radiactivos e instalaciones conexas, y, en general, el fortalecimiento de la infraestructura de seguridad nuclear tecnológica y física a nivel nacional. La cooperación internacional ha desempeñado un papel fundamental en estos avances, al contribuir a proyectos, programas, sistemas, misiones de expertos, reuniones técnicas, actividades de capacitación y donaciones de equipos, entre otros. Los avances se han reflejado principalmente en las siguientes esferas:

1. el desarrollo de un marco regulador para la reglamentación y el control de instalaciones y actividades;
- a) La publicación de nueve resoluciones que aprueban disposiciones reguladoras:

Durante el período 2020-2025, Chile fortaleció su marco regulador mediante la publicación de nueve nuevos instrumentos de reglamentación. Estos instrumentos incluyeron requisitos actualizados para los procedimientos de autorización y las cualificaciones de los operadores, criterios de clasificación de las instalaciones nucleares y radiactivas, directrices de inspección para las instalaciones de alto riesgo y normas de seguridad para las radiografías, los laboratorios de medicina nuclear, las instalaciones de ciclotrón y las instalaciones operadas por la CCHEN, así como un protocolo para la notificación de sucesos anómalos. En conjunto, estas medidas modernizaron el sistema nacional de control reglamentario de las actividades que llevan aparejadas radiación ionizante.

b) Liderazgo y gestión en pro de la seguridad:

- Se han logrado avances en la reestructuración del órgano regulador, incorporando disposiciones en los procedimientos internos de la CCHEN para la no intervención en las decisiones reglamentarias propuestas por la División de Seguridad Nuclear y Radiológica.
- Los procesos documentados se han incorporado al Manual de Calidad de la División de Seguridad Nuclear y Radiológica, que incluye los procesos de inspección, evaluación de instalaciones, evaluación de personal, reglamentación, informe técnico de resultados, transparencia, servicio al cliente, tareas, resúmenes, compras y gestión interna. Este manual se encuentra en su fase final de revisión.
- Se actualizó la plataforma de gestión de los procesos reglamentarios. La nueva versión incluye la verificación de la coherencia del control reglamentario.
- Se lograron avances en el sistema de monitorización de riesgos de las instalaciones nucleares y radiactivas dentro de una instalación nuclear, centrándose en el desempeño de la función reguladora.
- Para promover una cultura de la seguridad, se han llevado a cabo proyectos para evaluar la cultura de la seguridad del explotador y del regulador, además de talleres de capacitación en cultura de la seguridad.
- Se han elaborado normas para las principales prácticas nucleares y radiactivas dentro de una instalación nuclear y para las prácticas de primera categoría (ETS1), que indican la obligación de garantizar el control de la exposición ocupacional. Se presentó la actualización de la norma 015/2019.
- Se incorporó a la reglamentación el requisito de capacitación mínima en prácticas de interés regulatorio.
- Se incorporó a la reglamentación el requisito de realizar evaluaciones de la seguridad y la concesión obligatoria de licencias para las modificaciones.

c) Reglamentación en elaboración:

Actualmente hay nueve propuestas reglamentarias en proceso de examen, a saber:

- un reglamento sobre producción y manipulación de radioisótopos;
- la Norma de Inspección de Carga;
- los criterios básicos de protección radiológica;
- el reglamento sobre los requisitos para la gestión de desechos radiactivos;
- un reglamento sobre restricciones en instalaciones de la categoría 1;
- contenido básico sobre seguridad nuclear;
- el contenido de los informes de seguridad de reactores;
- los criterios para la evaluación del envejecimiento de los reactores de investigación, y
- el contenido del plan de emergencia de los reactores de investigación.

2.2.2. FORTALECIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA NACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.

Se ha mantenido el marco regulador de la protección radiológica ocupacional, con responsabilidades asignadas al órgano regulador, los empleadores, las partes autorizadas y los trabajadores, y requisitos para la limitación de la dosis, inclusión hecha de la monitorización y el registro.

Las normas técnicas aprobadas para el período 2020-2025 incorporan las responsabilidades de los importadores, las empresas que prestan servicios de importación y exportación, las empresas de mantenimiento y los operadores y responsables de la protección radiológica. Estas normas también establecen la optimización de la exposición ocupacional, el contenido del informe de operaciones y la seguridad radiológica, con un análisis de los riesgos de la instalación.

Se mantiene una capacidad de servicio técnico para la dosimetría personal que satisface las necesidades nacionales. Estos servicios deben ser autorizados por el Ministerio de Salud tras un informe técnico favorable del Instituto de Salud Pública.

Se mantienen servicios nacionales de calibración de equipos técnicos, los cuales deben ser remitidos al instituto designado para radiaciones ionizantes de la Red Nacional de Metrología, bajo la responsabilidad de la CCHEN.

Las iniciativas nacionales en aplicaciones médicas de la radiación ionizante se rigen por el Plan Nacional de Cáncer 2018-2028 y los documentos actualizados: Plan Nacional de Cáncer 2022-2027, Plan de Acción de Cáncer en Personas Adultas 2022-2027 y Plan Nacional de Cáncer Infantil y Adolescente 2023-2028.

En el período 2020-2025, entró en vigor la siguiente reglamentación:

- Norma técnica de calidad para mamografía (2021).
- Orientaciones técnicas de calidad para equipos de medicina nuclear (2021).
- Orientación técnica para tomografía computarizada (2024).
- Bases técnicas del programa de evaluación de calidad en radioterapia (2021).
- Protocolo para la evaluación de puestos de trabajo con exposición a radiaciones ionizantes asociadas al uso de equipos de mamografía (2022).
- Guía de requisitos para equipamiento e infraestructura técnica en instalaciones de radioterapia (2023).

2.2.3. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE SEGURIDAD RADIOLÓGICA (RASIMS) Y SISTEMA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE PREPARACIÓN Y RESPUESTA PARA CASOS DE EMERGENCIA (EPRIMS)

Cada contraparte debe actualizar la información sobre el estado actual del país para cada esfera temática de seguridad (ETS) en RASIMS. En resumen, se puede destacar lo siguiente para cada ETS:

- ETS1 – Infraestructura de reglamentación: la esfera cuenta con un nivel de desarrollo apropiado en el país y en su sistema de gestión. Es necesario trabajar en la independencia efectiva del órgano regulador.
- ETS2 – Protección radiológica en la exposición ocupacional: también muestra un nivel satisfactorio de desarrollo en el país, con deficiencias en la capacitación y evaluación de las situaciones de exposición ocupacional, la protección de los trabajadores en situaciones de emergencia y en situaciones de exposición existentes.
- ETS3 – Protección radiológica en la exposición médica: si bien el sector de la salud aplica buenas prácticas hospitalarias, es necesario establecer requisitos explícitos para la cualificación del personal médico en materia de seguridad radiológica. También se incluyen normas para la justificación y optimización de la radiología de diagnóstico y de intervención.
- ETS4 – Protección radiológica del público y del medio ambiente: muestra un nivel satisfactorio, pero existen deficiencias en las situaciones de exposición, el almacenamiento y los criterios de aceptación de los desechos radiactivos.
- ETS6 – Enseñanza y capacitación en seguridad radiológica, transporte y gestión de desechos: muestra un bajo nivel de desarrollo; existen deficiencias en los requisitos para el personal que presta asesoramiento especializado en seguridad radiológica y protección radiológica, en la definición de los requisitos para el personal del órgano reguladores y en la verificación de los requisitos de enseñanza y capacitación en todas las instalaciones y actividades del país.

- ETS7 – Seguridad en el transporte: es necesario actualizar el reglamento de transporte y definir los requisitos para la autorización de las empresas de transporte.

En lo que respecta a la ETS5 (Preparación y respuesta para casos de emergencia) la información sobre la situación actual del país debe ser actualizada por la contraparte en el EPRIMS, de acuerdo con las recomendaciones del EPRIMS (válidas por cinco años).

Dentro del período de este MPN, se prevé completar la información sobre todas las ETS para que las observaciones del OIEA puedan utilizarse para mejorar el marco regulador (ETS1), así como las demás ETS. Además de lo anterior, Chile pretende aumentar el grado de aplicación de varios indicadores de ejecución del RASIMS y el EPRIMS, con el apoyo del programa de CT del OIEA, incluidos los siguientes:

- Dado que la CCHEN está incorporando la mayoría de las recomendaciones pertinentes de la misión del Servicio Integrado de Examen de la Situación Reglamentaria (IRRS), se prevé que aumente el grado de aplicación de los indicadores de ejecución del RASIMS asociados con la infraestructura de reglamentación (ETS1).
- Mediante la ejecución del proyecto CHI9024 (puesto en marcha en 2020), se prevé que aumente el nivel de aplicación de los indicadores de ejecución asociados con la protección radiológica ocupacional (ETS2), la protección radiológica en la exposición médica (ETS3) y la protección radiológica del público y el medio ambiente (ETS4).

Además, en consonancia con esta labor, Chile seguirá completando la información pertinente para mantenerse al día con el RASIMS del OIEA, como medio para registrar los logros y evaluar la eficacia de las acciones y los progresos realizados. Las contrapartes nacionales pertinentes actualizarán la información en el RASIMS y el coordinador nacional del RASIMS se encargará de su aprobación.

2.2.4. MISIONES RECIENTES DEL OIEA PARA EVALUAR LA SEGURIDAD NUCLEAR TECNOLÓGICA Y FÍSICA Y LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA EN CHILE

En el período 2020-2025, se ha continuado trabajando en las recomendaciones de las últimas misiones del OIEA:

- Servicio de Evaluación de la Protección Radiológica Ocupacional (ORPAS), realizada en noviembre de 2017.
- IRRS, realizada en enero de 2018.

Como resultado de estas misiones, Chile recibió observaciones, recomendaciones y sugerencias que indican en qué ámbitos son necesarias o deseables mejoras para seguir fortaleciendo su desempeño en materia de seguridad nuclear y radiológica. Las medidas de mejora correspondientes se están elaborando actualmente mediante la definición y ejecución de los planes de acción correspondientes.

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL (ORPAS)

Se lograron avances en el establecimiento de requisitos en la reglamentación vigente relativos a la presentación de un informe anual de seguridad de las instalaciones nucleares y radiactivas, al definirse el contenido mínimo. Se avanzará en la aplicación de las recomendaciones formuladas en relación con los siguientes aspectos:

- evaluación de las dosis ocupacionales en instalaciones médicas e industriales;
- evaluación de los 24 puntos que figuran en la publicación *GSR Part 4* para cada una de las instalaciones participantes, con miras a obtener resultados satisfactorios en los puntos más importantes relacionados con la protección radiológica, e

- identificación de las instalaciones, la gran mayoría de las cuales cuentan con programas de monitorización radiológica. Algunas de ellas también cuentan con evaluaciones de la seguridad; se hizo un llamamiento para trabajar en cuestiones relacionadas con la cultura de la seguridad radiológica.

SERVICIO INTEGRADO DE EXAMEN DE LA SITUACIÓN REGLAMENTARIA (IRRS)

El principal reto para el órgano regulador identificado por la misión sigue siendo la falta de independencia efectiva de las dos autoridades competentes.

Completar el marco regulador de la seguridad nuclear y radiológica, que ha avanzado anualmente, con proyectos en examen para su posterior publicación.

Se prevé que en el futuro se solicite una misión al OIEA para que examine los avances y las recomendaciones de la misión.

2.2.5. INICIATIVAS NACIONALES EN DESARROLLO

Durante el periodo 2020-2025, se han ejecutado tres proyectos nacionales —CHI9024, CHI9025 y CHI9026— con el objetivo general de reducir los riesgos tanto para el público como para las personas sometidas a exposición ocupacional, mediante el fortalecimiento de las capacidades técnicas, reglamentarias y operacionales del país en materia de seguridad radiológica y nuclear. Estos proyectos se han orientado a minimizar los riesgos inherentes al uso pacífico de la tecnología nuclear en Chile. Esta labor, desarrollado a lo largo de los diversos ciclos de CT y siempre en consonancia con las normas internacionales del OIEA, ha sido fundamental para proteger tanto al público como a las personas sometidas a exposición ocupacional. Su enfoque es integral y busca contribuir a la protección de pacientes y trabajadores, al fortalecimiento de los sistemas de gestión de la seguridad y al desarrollo de una cultura de la seguridad radiológica en el país.

Actualmente se está prestando apoyo para el fortalecimiento de los servicios de apoyo, la actualización de la reglamentación aplicable al sector de la salud, la recuperación de la Planta de Producción de Radioisótopos y la mejora de los protocolos relacionados con los requisitos legales y la gestión de la seguridad radiológica, incluidas las evaluaciones de la seguridad en instalaciones y servicios. También se están reforzando las capacidades en radiodiagnóstico y medicina nuclear. Se sigue prestando apoyo a la explotación segura y sostenible de las instalaciones nucleares, a la evaluación de los procesos radioquímicos, al fortalecimiento de la radiofarmacia hospitalaria y a la producción de radioisótopos en reactores. Se han recibido recomendaciones importantes y se han reforzado los recursos humanos mediante misiones de expertos y otras iniciativas en ámbitos como el análisis por activación neutrónica, las estrategias para la gestión de desechos radiactivos y diversas mejoras relacionadas con el reactor RECH-1, incluidos los modelos de análisis térmico y neutrónico, así como la evaluación, inspección y revisión de sistemas, entre otros. Además, se encuentra en fase de diseño un proyecto que contempla seguir avanzando en el fortalecimiento de la infraestructura nacional para la seguridad nuclear y radiológica, abordando aspectos reglamentarios y normativos, la protección radiológica ocupacional, las aplicaciones médicas, la protección del público y del medio ambiente, así como la prevención y respuesta en casos de emergencia radiológica y nuclear.

Para garantizar el uso seguro de las fuentes de radiación y la tecnología nuclear hace falta una fuerza de trabajo competente, desarrollada y mantenida de forma sostenible. Chile proseguirá con sus esfuerzos para elaborar una estrategia nacional de enseñanza y capacitación en materia de seguridad radiológica. Con respecto al establecimiento de políticas y estrategias nacionales para el periodo 2023-2026, la CCHEN se ha fijado los siguientes objetivos:

- promover el establecimiento de una política y estrategia nacional para la seguridad nuclear y radiológica y la gestión de los riesgos asociados a las instalaciones y actividades, sobre la base de un enfoque graduado acorde con la realidad nacional, y
- promover el establecimiento de una política y estrategia nacional para la gestión segura del combustible gastado y los desechos radiactivos, teniendo en cuenta las características y el volumen de combustible y desechos generados en el país.

En lo que respecta a la legislación pendiente, cabe mencionar los siguientes instrumentos:

- el Proyecto de ley que crea la Comisión de Comercio Estratégico y regula la exportación de materiales de doble uso y de defensa, y otros materiales que indica (Boletín 14773-02), y
- el Proyecto de ley que establece una ley marco sobre autorizaciones sectoriales e introduce modificaciones a los cuerpos legales que indica (Boletín 16566-03).

2.2.6. ASOCIADOS Y PARTES INTERESADAS

ASOCIADOS

- Departamento de Energía de los Estados Unidos.
- Ministerio de Desarrollo Social.
- Asociación Internacional de Protección Radiológica.
- Sociedades de protección radiológica.
- Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares.
- Red de Optimización de Protección Radiológica Ocupacional en Latinoamérica y el Caribe.
- Grupo Europeo de Dosimetría de las Radiaciones.
- CONSER.

PARTES INTERESADAS

- Ministerio de Salud, Ministerio del Medio Ambiente, CONSER, instalaciones radiológicas y nucleares de organizaciones de apoyo técnico y científico.
- Sociedad Chilena de Protección Radiológica.
- Instituto de Salud Pública de Chile.
- Laboratorios, hospitales.
- Organizaciones que trabajan en proyectos de desarrollo en este ámbito temático.

A partir del análisis realizado en esta sección, se han determinado las siguientes esferas clave de mejora:

- el marco jurídico y regulador para la seguridad nuclear y radiológica en el transporte y la gestión de desechos debe actualizarse de conformidad con las normas de seguridad más recientes del OIEA, reflejando los avances posteriores a la evaluación de 2020–2023;
- debería elaborarse y aplicarse un plan para el establecimiento de una autoridad reguladora nacional de carácter independiente;
- el programa de protección radiológica ocupacional en las instalaciones de los usuarios finales, junto con la capacidad de las organizaciones de servicios técnicos, requiere un mayor fortalecimiento;
- debería elaborarse y aplicarse gradualmente una política nacional sobre seguridad nuclear y radiológica y gestión de desechos;

- debería elaborarse un plan nacional para la gestión de riesgos en las instalaciones nucleares y radiactivas, que incluya la monitorización y el análisis sistemáticos;
- las iniciativas internas de creación de capacidad en el órgano regulador deberían reforzarse mediante un enfoque progresivo;
- los procesos institucionales requieren mejoras para fortalecer el suministro de conocimientos, tecnologías, productos y servicios a la sociedad;
- la seguridad nuclear tecnológica y física, incluida la preparación y respuesta para casos de emergencia, así como la adopción de nuevas tecnologías, deberían seguir desarrollándose;
- la infraestructura, los sistemas de inspección y la optimización de los procesos deben mejorarse mediante un enfoque por etapas, y
- debería establecerse y aplicarse un plan de trabajo integral en colaboración con las partes interesadas, las entidades reguladas, las instituciones académicas, los proveedores, los transportistas y los asociados internacionales.

2.2.7. RESULTADOS PRÁCTICOS PREVISTOS

Fortalecimiento de la infraestructura nacional de seguridad nuclear y radiológica, incluidas las funciones reguladoras, las capacidades técnicas y la preparación para emergencias, en todas las instituciones de Chile.

2.3. ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA

Los sectores de la agricultura y la alimentación de Chile son estratégicos para el abastecimiento nacional y la competitividad de las exportaciones, y siguen siendo sumamente vulnerables a la variabilidad del clima, la escasez de agua y las plagas. Los marcos nacionales, incluida la Estrategia 2023-2030 del Instituto de Desarrollo Agropecuario y el enfoque de seguridad y soberanía alimentaria, dan prioridad a la producción sostenible, la adaptación al clima, la inocuidad de los alimentos y la innovación. Estas prioridades crean puntos de entrada claros para las aplicaciones nucleares e isotópicas en el control de plagas, la gestión del suelo y el agua, la mejora de cultivos y la autenticidad de los alimentos.

El marco de políticas de Chile (que incluye la Estrategia de Seguridad y Soberanía Alimentaria, el Plan de Adaptación al Cambio Climático para el Sector Silvoagropecuario y la Política Nacional de Inocuidad y Calidad de los Alimentos) concede prioridad la producción resiliente al clima, la gestión del agua, la inocuidad de los alimentos y la innovación. Estos ámbitos coinciden con el apoyo del OIEA a la gestión del suelo y el agua basada en técnica nucleares, el fitomejoramiento por inducción de mutaciones, la TIE y la inocuidad y autenticidad de los alimentos.

La agricultura chilena se ve cada vez más afectada por la escasez de agua, la degradación del suelo, los cambios en los patrones de plagas y enfermedades y la menor resiliencia de los cultivos, factores vinculados al cambio climático. En este contexto, Chile está interesado en la CT relacionada con las técnicas nucleares e isotópicas, que ofrecen herramientas para respaldar una agricultura climáticamente inteligente mediante la mejora de la gestión del suelo y del agua, el aumento de la adaptabilidad de los cultivos, el fortalecimiento del control de plagas y el apoyo a los sistemas de inocuidad y autenticidad de los alimentos. Chile está aplicando de forma experimental un enfoque preventivo basado en la TIE contra la mosca del Mediterráneo en sus zonas libres de plagas. Esta tecnología permite una respuesta preventiva ante posibles brotes en las zonas libres de plagas, donde históricamente suelen producirse.

2.3.1. CONTROL DE PLAGAS MEDIANTE LA TIE

A diferencia del uso de insecticidas, la TIE es una solución ambientalmente sostenible, ya que no tiene efectos nocivos para la salud pública. En 2017, el Gobierno de Chile inauguró un nuevo irradiador de moscas de la fruta en Arica. Por aquel entonces, la Comisión de Protección contra las Radiaciones Ionizantes del Estado producía anualmente 1144 millones de pupas de insectos machos estériles, que se utilizaban principalmente en Arica y algunos municipios de la Región Metropolitana⁴. En el marco de la actual campaña contra la mosca de la fruta que lleva a cabo el Servicio Agrícola y Ganadero en Renca, Cerro Navia y Quinta Normal, el número de machos voladores estériles liberados en la Región Metropolitana aumentará a aproximadamente cinco millones, que se liberarán dos veces por semana⁵.

Actualmente, el OIEA sigue apoyando a Chile en el desarrollo de esta técnica para diversas aplicaciones. Por ejemplo, en un esfuerzo continuo por fortalecer el uso de la TIE, el proyecto RLA5092, titulado “Mejora de la capacidad regional para implantar la técnica del insecto estéril como componente de los programas de control de mosquitos” y desarrollado en el marco del Acuerdo de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe (ARCAL), busca reducir la incidencia de enfermedades causadas por el mosquito *Aedes aegypti*, incluida la TIE en el manejo integrado de plagas. Chile espera contar con la capacidad suficiente para dar prioridad a la aplicación continua de la TIE a especies y regiones específicas prioritarias que plantean el mayor riesgo, en el marco del objetivo general de reducir las plagas de alto impacto. Es importante que el OIEA, junto con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), continúe apoyando el uso de la TIE contra las plagas de la mosca de la fruta, el desarrollo de esta tecnología contra otras plagas de especies invasoras y su adopción para optimizar el manejo de las plagas de insectos.

2.3.2. OPTIMIZACIÓN DEL USO DE PRODUCTOS AGROQUÍMICOS EN LA PRODUCCIÓN FORESTAL Y AGRÍCOLA

Mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes y la fertilidad del suelo es una prioridad nacional debido a la escasez de agua y la necesidad de aumentar la producción sostenible. Las técnicas nucleares e isotópicas proporcionan herramientas únicas para evaluar la eficacia de los fertilizantes, optimizar la gestión de los nutrientes y apoyar una agricultura climáticamente inteligente. Chile solicita que el OIEA continúe brindándole apoyo para fortalecer la capacidad de los laboratorios y ampliar el uso de esas técnicas en cultivos prioritarios.

2.3.3. ADAPTACIÓN DE LAS ESPECIES VEGETALES AL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático está influyendo en la productividad de los cultivos y las especies forestales, lo que aumenta la demanda de variedades resilientes. Chile ha fortalecido sus capacidades de mejora por inducción de mutaciones, pero necesita apoyo continuo para ampliar las aplicaciones, mejorar los métodos de cribado y expandir las redes de colaboración. Las técnicas nucleares siguen siendo esenciales para el desarrollo de variedades de plantas resistentes a la sequía, la salinidad y las plagas.

⁴ <https://www.sag.gob.cl/noticias/ministro-de-agricultura-y-director-del-sag-inauguraron-nuevo-irradiador-para-mosca-de-la-fruta-en-arica>

⁵ <http://www.sag.cl/noticias/sag-comienza-liberacion-de-insecto-esteril-de-mosca-de-la-fruta-en-region-metropolitana>

2.3.4. PRODUCCIÓN PECUARIA Y SANIDAD ANIMAL

En Chile existen cuatro esferas de interés relacionadas con la producción pecuaria y la sanidad animal, a saber:

- i) Sanidad animal: Desarrollo y mejora de las capacidades en relación con la utilización de tecnologías nucleares y ligadas a la energía nuclear para la detección, la caracterización y la vigilancia de las enfermedades animales, las enfermedades zoonóticas y la resistencia a los antibióticos. Este componente debería abarcar el uso de instrumentos serológicos y moleculares para la detección de enfermedades, la promoción de métodos avanzados de detección y caracterización de patógenos, la aplicación de técnicas de irradiación para la producción de vacunas inocuas y eficaces contra patógenos de los animales, y el apoyo para la aplicación y el mantenimiento de las normas internacionales en el ámbito correspondiente (principalmente la norma ISO 17025). Los objetivos se centran en las enfermedades animales transfronterizas prioritarias del Estado Miembro, así como en las zoonosis.
- ii) Reproducción animal: Apoyo a los programas de establecimiento o actualización de tecnologías nucleares y ligadas a la energía nuclear para mejorar la producción pecuaria mediante el mejoramiento de la genética animal y la cría de animales (la prioridad es la inseminación artificial de animales).
- iii) Nutrición animal: Uso de tecnologías nucleares y ligadas a la energía nuclear para mejorar el aprovechamiento de los recursos disponibles a nivel local para una nutrición animal y una producción pecuaria sostenibles. La prioridad es evaluar recursos alimentarios no humanos alternativos y no convencionales para desarrollar estrategias sostenibles de alimentación del ganado que ofrezcan la posibilidad de emitir menos gases de efecto invernadero.
- iv) Genética animal: Uso de técnicas moleculares para mejorar la productividad del ganado local y, cuando sea factible, la resistencia genética frente a algunas enfermedades del ganado.

Las esferas ii) y iii) podrían abordarse en el contexto de unas estrategias sostenibles de reproducción y alimentación del ganado que optimicen la producción, mantengan la biodiversidad y mitiguen los efectos que tiene la cría de ganado en el cambio climático.

Estas cuatro esferas están alineadas con las Medidas Integradas contra las Enfermedades Zoonóticas (ZODIAC), que es la iniciativa emblemática del OIEA para abordar las enfermedades zoonóticas y salvaguardar la salud humana y la sanidad animal.

2.3.5. TRAZABILIDAD Y AUTENTICIDAD: FRAUDE ALIMENTARIO Y ORIGEN

Garantizar la autenticidad de los alimentos es una prioridad estratégica para la economía chilena, orientada a la exportación. Las técnicas isotópicas proporcionan herramientas fiables para verificar el origen y detectar la adulteración. Los proyectos nacionales de certificación técnica han establecido capacidades analíticas iniciales, pero se requiere un mayor fortalecimiento para consolidar un sistema nacional de autenticidad de los alimentos y ampliar las metodologías a través de matrices alimentarias prioritarias. En concreto, se han puesto en marcha dos iniciativas a nivel nacional. El primer proyecto, CHI5053, titulado “Sistema nacional de referencia para verificar la autenticidad y determinar el origen de los alimentos mediante el uso de técnicas nucleares isotópicas”, se ejecutó durante el ciclo 2022-2023. Asimismo, en el ciclo 2024-2025, se encuentra en marcha el proyecto CHI5056, “Fortalecimiento del sistema nacional de verificación de la autenticidad y determinación del origen de los alimentos”.

Debido al cambio climático y al consiguiente aumento de la adulteración de determinados alimentos, Chile necesita seguir aplicando un plan para reforzar las capacidades ya adquiridas a fin de avanzar hacia la consolidación del sistema nacional de autenticidad de los alimentos.

2.3.6. INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS

Chile está fortaleciendo su sistema nacional de inocuidad de los alimentos mediante nuevos marcos reguladores y políticas de calidad. Las técnicas nucleares e isotópicas facilitan la detección de contaminantes y residuos, lo que contribuye a los sistemas nacionales de monitorización. La participación continua en las iniciativas regionales del OIEA contribuirá a armonizar las normas, ampliar las capacidades analíticas y apoyar la aplicación de la nueva Política Nacional de Inocuidad y Calidad de los Alimentos.

En decenios recientes, el Gobierno de Chile ha promovido diversos programas alimentarios. En los últimos cinco años, el país ha introducido un conjunto integral de políticas que desempeñan un papel fundamental en la seguridad alimentaria y nutricional de la población. En el ámbito de la seguridad alimentaria, cabe citar la Ley N° 20.606 sobre la composición nutricional de los alimentos y su publicidad y la Política Nacional de Alimentación y Nutrición del Ministerio de Salud.⁶⁷

Entre los proyectos nuevos y en curso con el OIEA se incluyen el proyecto RLA5080, "Fortalecimiento de la colaboración regional entre laboratorios oficiales para hacer frente a nuevos desafíos relacionados con la inocuidad de los alimentos", y el proyecto RLA5081, "Mejora de las capacidades regionales de análisis y los programas de vigilancia de residuos/contaminantes en los alimentos mediante técnicas nucleares/isotópicas y complementarias"; el proyecto RLA5082, "Fortalecimiento de la seguridad alimentaria mediante planes eficaces de gestión de plagas que utilizan la técnica del insecto estéril como método de control", y el proyecto INT5154, "Mejora de la inocuidad de los alimentos con la creación de una red interregional que genere datos científicos fiables mediante técnicas nucleares e isotópicas".

2.3.7. ASOCIADOS Y PARTES INTERESADAS

- Ministerio de Agricultura
- Sociedad Nacional de Agricultura
- Servicio Agrícola y Ganadero
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
- Instituto de Desarrollo Agropecuario
- Instituto Forestal
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias
- Centro de Información de Recursos Naturales
- Universidades
- Productores (Red Apícola, ChileOliva)
- Ministerio de Salud
- Instituto de Salud Pública
- Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria
- Chilealimentos
- Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura
- Asociación Nacional de Productores de Semillas
- Centro de Estudios en Alimentos Procesados

⁶ Biblioteca del Congreso: Ley N° 21489 de promoción, protección y fomento de la apicultura.
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1182623>

⁷ Política Nacional de Inocuidad y Calidad de los Alimentos 2025-2035. Borrador para consulta pública.
<https://www.achipia.gob.cl/politica-de-inocuidad-y-calidad-de-los-alimentos/>

2.3.8. RESULTADO PRÁCTICO PREVISTO

Fortalecimiento de las capacidades nacionales en las instituciones agropecuarias, de inocuidad de los alimentos y de sanidad animal para aplicar técnicas nucleares y conexas para una producción resiliente al clima, mejorar los diagnósticos y reforzar la integridad de las cadenas de valor en todo Chile.

2.4. SALUD Y NUTRICIÓN

La importancia de la salud en los objetivos estratégicos nacionales se refleja en una serie de acciones, políticas públicas, estrategias y planes desarrollados por el país. En concreto, Estrategia Nacional de Salud 2021–2030, elaborada por el Ministerio de Salud para alcanzar los Objetivos Sanitarios al 2030, incluye la Ley Nacional del Cáncer, el Plan Nacional de Cáncer 2018–2028, las Garantías Explícitas en Salud y la Política Nacional de Alimentación y Nutrición 2018.

Las enfermedades no transmisibles (ENT) siguen siendo la principal causa de morbilidad y mortalidad en Chile, al representar alrededor del 60 % de todas las muertes. Las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, la diabetes y las afecciones respiratorias crónicas son cuestiones prioritarias en las estrategias de salud y los planes de salud pública de ámbito nacional, y seguirán impulsando la demanda de diagnóstico precoz, tratamiento de calidad y seguimiento a largo plazo. Este perfil epidemiológico subraya la importancia de fortalecer la medicina nuclear, la radioterapia y las aplicaciones conexas en la atención oncológica y el manejo de las ENT.

El cáncer es la segunda causa de muerte en Chile y la primera de mortalidad prematura. Actualmente, la incidencia del cáncer ronda los 60 000 pacientes al año, con una tasa de mortalidad cercana al 50 %. Se prevé que para 2045 se produzcan 110 000 casos nuevos al año, lo que representa un aumento del 83 % en la incidencia. Los principales tipos de cáncer —próstata (un 12,3 %), colorrectal (un 11,1 %) y mama (un 10,1 %)— son responsables de la mayoría de las muertes, seguidos del cáncer de vesícula biliar y estómago (un 9,7 %) y el cáncer de pulmón (un 7,3 %). En las mujeres, el cáncer cervicouterino y el cáncer de mama son responsables del mayor número de años de vida saludable perdidos (11,2 y 10,2, respectivamente). Las tasas de cáncer de pulmón y de próstata no han cambiado significativamente en el último decenio, y solo las tasas de cáncer colorrectal han aumentado de forma constante durante ese período.

El sobrepeso, la obesidad y las ENT relacionadas con la nutrición representan un importante desafío para Chile. Las encuestas nacionales muestran que una gran mayoría de adultos y una proporción creciente de niños viven con sobrepeso, con una mayor prevalencia entre los grupos de bajos ingresos y con menor nivel educativo. Estos patrones aumentan el riesgo de diabetes y otras ENT, y ejercen una presión adicional sobre el sistema de salud. La Política Nacional de Alimentación y Nutrición, junto con iniciativas reglamentarias e intersectoriales, tiene por objeto abordar la malnutrición en todas sus formas mediante la mejora de los entornos alimentarios y la promoción de dietas más saludables. Este marco proporciona una base favorable para la aplicación de técnicas nucleares e isotópicas con el fin de generar pruebas sólidas sobre la composición corporal, los hábitos alimentarios y la eficacia de las intervenciones nutricionales alineadas con los objetivos nacionales de salud para 2030.

La Política Nacional de Alimentación y Nutrición y los instrumentos conexas, incluida la Ley N° 20.606 sobre la composición nutricional de los alimentos y su publicidad, las medidas de nutrición en el ámbito escolar y las iniciativas intersectoriales como “Elige Vivir Sano”, tienen por objeto abordar la malnutrición en todas sus formas mediante la mejora de los entornos alimentarios y la promoción de dietas más saludables. Este marco de políticas proporciona una base favorable para la utilización de técnicas nucleares e isotópicas con el fin de generar datos sólidos sobre la composición corporal, los hábitos alimentarios y el impacto de las intervenciones nutricionales, en consonancia con los objetivos sanitarios nacionales para 2030.

Chile ha fortalecido progresivamente su marco jurídico e institucional para la donación y el trasplante de órganos, tejidos y células, inclusión hecha de la legislación de consentimiento presunto, las normas técnicas para la obtención y el procesamiento de tejidos, el establecimiento de un Banco Nacional de Tejidos y un modelo basado en redes para garantizar la disponibilidad de tejidos en todo el país. La Estrategia Nacional de Salud para 2030 tiene como objetivo aumentar el acceso seguro y equitativo a tejidos de calidad clínica, lo que genera una clara demanda de tecnologías de irradiación y procesos con garantía de calidad, respaldados por la CT del OIEA. Además, el desarrollo de biomateriales y de productos basados en tejidos y células para tratamientos médicos avanzados mediante procesos asistidos por radiación representa un ámbito de gran interés, puesto que las tecnologías de irradiación permiten la esterilización, la funcionalización y la garantía de la calidad requeridas para las aplicaciones clínicas.

En este contexto, las tecnologías nucleares y radiológicas pueden contribuir significativamente a los objetivos nacionales de salud, en particular al diagnóstico y tratamiento del cáncer, la evaluación y la vigilancia nutricional y el procesamiento seguro de tejidos humanos. En las siguientes subsecciones se resumen la situación del país y las recientes actividades de CT del OIEA en estos ámbitos.

2.4.1.- DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DEL CÁNCER

Los logros de los últimos años, fruto del programa de CT del OIEA en la aplicación de la tecnología nuclear a la salud, se han centrado en reforzar la garantía de la calidad y en mejorar y mantener las capacidades de producción de radiofármacos, medicina nuclear y protección radiológica médica, permitiendo su uso en escenarios sostenibles.

De hecho, el OIEA está desarrollando actualmente la misión IMPACT 2025, cuyo objetivo es evaluar la situación y las necesidades de Chile en materia de control integral del cáncer, desde la prevención hasta los cuidados paliativos. Se prevé que los resultados se faciliten a finales de 2025. Entre las principales iniciativas que han surgido durante el desarrollo de la misión cabe destacar:

- la expansión y descentralización de los servicios de radioterapia;
- el fortalecimiento de las técnicas de medicina nuclear y diagnóstico por imagen (tomografía por emisión de positrones / tomografía computarizada (PET-TC) y tomografía computarizada por emisión de fotón único / tomografía computarizada (SPECT-TC);
- el desarrollo de radiofarmacias nacionales y marcos reguladores;
- la creación de capacidad en seguridad radiológica y garantía de la calidad;
- la integración de técnicas nucleares en el diagnóstico y tratamiento del cáncer (por ejemplo, teranóstica), y
- el fortalecimiento de la integración y la coordinación con instituciones clave para el desarrollo de la medicina nuclear, a saber: CCHEN-Ministerio de Salud-Instituto de Salud Pública.

Para mantener la capacidad actual y futura de producción de radiofármacos, ha sido necesario establecer una reglamentación que asegure el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura. En los últimos ciclos, los proyectos regionales y nacionales han facilitado la aplicación de estos requisitos a través de cursos, talleres, capacitación profesional y asistencia de expertos.

La sostenibilidad del ciclotrón IBA de 18/9 MeV y el reactor nuclear de investigación RECH-1, ubicado en el Centro de Estudios Nucleares La Reina en Santiago, junto con un segundo ciclotrón operativo, también instalado en Santiago por una empresa privada, son fundamentales para mantener el suministro tecnológico de radiofármacos. Los proyectos nacionales de CT promovidos por el OIEA han permitido la modernización tecnológica de equipos y componentes críticos del ciclotrón y del RECH-1 en la CCHEN, sentando las bases para la producción segura, sostenible y fiable de radiofármacos en el país.

Con anterioridad, la CT del OIEA había contribuido a la adopción de técnicas avanzadas de radioterapia y medicina nuclear, y había fortalecido los recursos humanos en radiooncología, física médica y radiología. Las iniciativas de capacitación, incluidos los programas de posgrado especializados, han contribuido a mejorar la calidad y la seguridad de la radioterapia (por ejemplo, radioterapia de intensidad modulada, arcoterapia modulada, braquiterapia de alta tasa de dosis, radioterapia guiada por imágenes) y contribuyen a un tratamiento del cáncer más eficaz y menos tóxico en todo el país y la región.

Entre los últimos proyectos apoyados por el OIEA se encuentran el proyecto RLA6085, "Fortalecimiento de las capacidades de los centros de ciclotrones/tomografía por emisión de positrones de la región"; el proyecto RLA6090, "Refuerzo de la gestión de la radioterapia para el tratamiento del cáncer cervicouterino en América Latina y el Caribe"; el proyecto RLA6091, "Fortalecimiento de las actividades de creación de capacidad de físicos médicos para mejorar la calidad y la seguridad en las prácticas médicas"; el proyecto RLA6092, "Refuerzo del uso de técnicas avanzadas y esquemas de hipofraccionamiento de la radioterapia en los países de la región"; el proyecto RLA6093, "Fortalecimiento de las capacidades regionales de utilización de técnicas de medicina nuclear en un enfoque cardioncológico multimodal en pacientes con cáncer"; el proyecto RLA6082, "Fortalecimiento de las capacidades regionales para prestar servicios de calidad en radioterapia", y el proyecto CHI6022 "Fortalecimiento de las aplicaciones de la tomografía computarizada por emisión de fotón único / tomografía computarizada y de la tomografía por emisión de positrones / tomografía computarizada para el diagnóstico y tratamiento de pacientes"

También cabe destacar en este nuevo ciclo el proyecto para fortalecer las capacidades nacionales de fabricación de radiofármacos liofilizados, con el objetivo de mejorar la capacidad de producción, ampliar la gama de radiofármacos y facilitar la distribución nacional de kits radiofarmacéuticos, promoviendo así un acceso equitativo a las tecnologías de diagnóstico y tratamiento del cáncer.

2.4.2.- EVALUACIÓN Y VIGILANCIA NUTRICIONAL

Para definir y caracterizar mejor el crecimiento y la nutrición saludables, indicadores como la composición corporal proporcionan información esencial sobre las respuestas metabólicas a la desnutrición y el riesgo de obesidad y a las ENT relacionadas con la nutrición. Las técnicas de isótopos estables ofrecen métodos precisos y estandarizados para evaluar la composición corporal y la absorción de nutrientes en lactantes, niños y adultos.

Chile se enfrenta a una elevada carga de morbilidad atribuible a la malnutrición en todas sus formas, y entre los objetivos nacionales de salud para 2030 se incluyen la reducción de la obesidad en adultos y niños en edad escolar, así como la mejora de los hábitos alimentarios. Las técnicas nucleares e isotópicas pueden generar datos sólidos para orientar las políticas y los programas en materia de nutrición, perfeccionar la focalización de las intervenciones y monitorizar su impacto, lo que respalda la toma de decisiones basada en datos empíricos en ese ámbito. Chile solicita el apoyo del OIEA para seguir desarrollando estas capacidades.

2.4.3.- ACCESO EQUITATIVO A TEJIDOS Y CÉLULAS DE CALIDAD CLÍNICA

Las tecnologías de irradiación se utilizan ampliamente en bancos de tejidos y células para inactivar microorganismos patógenos y garantizar la bioseguridad y la calidad de los tejidos humanos para uso clínico. En consonancia con las estrategias internacionales sobre donación y trasplante (Estrategia mundial sobre donación y trasplante de órganos, tejidos y células, y Marco de Acción Global de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el Trasplante de Tejidos) y el ODS 3, Chile ha puesto en marcha su primer proyecto nacional sobre actividades de tejidos (CHI1020), destinado a fortalecer las capacidades para la generación y el uso de tejidos radioesterilizados de calidad clínica para el tratamiento de afecciones con alto impacto en la salud y la calidad de vida.

A nivel nacional, la Estrategia Nacional de Salud para 2030 reconoce explícitamente la necesidad de fortalecer el uso terapéutico de los tejidos humanos, destacando la importancia de aumentar la disponibilidad, la trazabilidad y la calidad de los tejidos procesados en el país. El objetivo para 2030 es aumentar la disponibilidad de tejidos y mejorar su uso seguro con fines terapéuticos, promoviendo un sistema regulado y coordinado a nivel nacional que contribuya a una red nacional más eficiente y fiable para el acceso a los tejidos. Esta prioridad en materia de salud refuerza la pertinencia del uso de tecnologías de irradiación como herramienta fundamental para garantizar la esterilidad, la bioseguridad y la trazabilidad en la obtención y el procesamiento de tejidos, lo que incrementa la eficiencia y fiabilidad de la red de bancos de tejidos en el país. Para aumentar la disponibilidad de tejidos de calidad clínica, la CT con el OIEA para el ciclo 2026-2032 en este ámbito se centrará en mejorar la normalización de los procedimientos y la garantía de la calidad en la generación de tejido humano, la mejora del proceso de irradiación y el fortalecimiento de las capacidades nacionales para el desarrollo de nuevos procesos y productos terapéuticos.

Además de su papel bien establecido en la garantía de la bioseguridad de productos biológicos como los tejidos humanos y los componentes sanguíneos utilizados en la medicina transfusional, las tecnologías de irradiación también permiten nuevos avances en la terapia celular, la medicina regenerativa y las aplicaciones de ingeniería tisular, como la generación de biomateriales funcionalizados, soportes personalizados y la preparación de células para tratamientos avanzados. Por lo tanto, es fundamental fortalecer las capacidades tecnológicas y de innovación nacionales en este campo para abordar los desafíos emergentes del sector público relacionados con la generación de tejidos funcionales y para promover un acceso equitativo a estrategias terapéuticas avanzadas.

2.4.4.- ASOCIADOS Y PARTES INTERESADAS

- Ministerio de Salud
- Sociedad Chilena de Cancerología
- Instituto Nacional del Cáncer
- Fundación Chile Sin Cáncer
- Instituto de Radiomedicina
- Hospitales, clínicas, centros de diagnóstico
- Instituto de Salud Pública
- Fondo Nacional de Salud
- Coordinadora Nacional de Procurement y Trasplante de Órganos y Tejidos
- Banco Nacional de Tejidos
- Sociedad Chilena de Hematología
- Sociedad Chilena de Medicina Transfusional
- Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos
- Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas
- Universidades u otros centros de investigación

A escala internacional:

- OIEA
- ARCAL

2.4.5.- RESULTADO PRÁCTICO PREVISTO

Fortalecimiento de las capacidades nacionales en las instituciones de salud, nutrición y bancos de tejidos para aplicar técnicas nucleares y conexas en la gestión del cáncer, la evaluación nutricional y el procesamiento seguro de tejidos en todo Chile.

2.5. AGUA Y MEDIO AMBIENTE

La gobernanza ambiental de Chile se ha fortalecido durante el último decenio, respaldada por el Ministerio del Medio Ambiente y la Ley Marco de Cambio Climático de 2022, que compromete al país a la neutralidad de gases de efecto invernadero para 2050 e introduce la planificación de los recursos hídricos en cuencas. La escasez persistente de agua, la vulnerabilidad de los ecosistemas y el estrés hidrológico impulsado por el cambio climático requieren una mejora de la monitorización de las aguas subterráneas, las aguas superficiales, los suelos, el aire, los sistemas marinos y los entornos de transición continente-oceano. Debido a su posición geográfica, de norte a sur, Chile presenta un gradiente de ecosistemas, incluidos el desierto de Atacama y los salares andinos, sistemas frágiles debido al estrés hídrico y al impacto antropógeno. El centro y el sur de Chile conservan ecosistemas terrestres y marinos únicos, debido a sus precipitaciones, vegetación y composición ambiental (suelos, aguas continentales y marinas y aire). En la parte más meridional del país se encuentra el ecosistema patagónico, de creciente relevancia, que, al igual que el sistema antártico, aún presenta una importante falta de información ambiental. Estas prioridades crean puntos de entrada claros para las técnicas nucleares e isotópicas en el rastreo de la contaminación, la identificación de fuentes de agua, la gestión de cuencas y el diagnóstico ambiental.

Chile se enfrenta a una de las sequías más severas y prolongadas de las que se tiene registro. Más de 12 años de precipitaciones por debajo del promedio han dejado al 76 % del territorio en situación de escasez hídrica, con un agotamiento significativo de los acuíferos y 110 cuencas en las que la demanda supera la recarga natural. Estas condiciones incrementan la dependencia de las aguas subterráneas y obligan a mejorar las herramientas para caracterizar las fuentes de agua, las zonas de recarga y las vías de contaminación, ámbitos en los que la hidrología isotópica aporta un valor fundamental.

El impacto mencionado en los acuíferos y pozos refleja el hecho de que Chile enfrentó la megasequía aumentando la explotación de las aguas subterráneas. Este hecho ha conllevado una mayor dependencia de los recursos hídricos subterráneos, lo que ha reducido el almacenamiento subterráneo y los manantiales naturales y, a su vez, ha afectado a diversos ecosistemas dependientes, como lagunas y humedales en todo el país.

Los desafíos hídricos de Chile se alinean con el ODS 6 sobre agua limpia y saneamiento, en particular en lo relativo a la calidad del agua, su uso eficiente y la protección de los ecosistemas relacionados con el agua. La Ley Marco de Cambio Climático⁸ también se refiere a los instrumentos de gestión del cambio climático en su título II, el cual, en relación con la meta de mitigación (artículo 4), establece que se alcanzará “la neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero al año 2050”. Este objetivo será evaluado cada cinco años por el Ministerio del Medio Ambiente, de conformidad con los instrumentos establecidos en esa ley. El título III también hace referencia a la emisión de gases de efecto invernadero, que se regulará con el tiempo mediante procesos normativos destinados a establecer los niveles máximos permitidos de estas variables. Uno de los objetivos en este ámbito es lograr cero emisiones para 2050 y, de este modo, avanzar en los pactos alcanzados en el Acuerdo de París de 2015.

Entre los procesos normativos actuales se encuentra el relativo a las fundiciones de cobre y las fuentes emisoras de arsénico, liderado por el Ministerio del Medio Ambiente desde 2013⁹, y el proceso actual para evaluar la calidad primaria del arsénico, iniciado en 2020¹⁰ y actualmente en revisión. Cabe señalar

⁸ Ley N° 21455. Ley Marco de Cambio Climático. Ministerio del Medio Ambiente

⁹ Decreto N° 28, 2013. Decreto N° 28, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico. Fecha de publicación en el Diario Oficial: 30 de julio de 2013. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1057059>

¹⁰ Resolución exenta N° 1136, 2020. Resolución Exenta N° 1136, del Ministerio del Medio Ambiente, que da inicio a la elaboración del anteproyecto de la norma primaria de calidad del aire para arsénico. Fecha de publicación en el Diario Oficial: 2 de noviembre del 2020. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://bcn.cl/2mi18>

que la primera norma de calidad del aire relativa al arsénico se promulgó en 2025. Establece un máximo de 2 ng/m³ como norma anual, lo que beneficia a varias ciudades del país donde operan fundiciones¹¹.

Además de lo anterior, existe el anteproyecto de plan de descarbonización¹², impulsado por el Ministerio de Energía, que consiste en la elaboración de un plan al 2030 para la descarbonización de la matriz energética del país y el retiro y la reconversión de las centrales termoeléctricas a carbón. El plan se divide en tres ejes principales: i) modernización de la red, del mercado eléctrico y de la infraestructura; ii) reconversión termoeléctrica y combustible de transición, y iii) transición energética justa y comunidades. Uno de los temas del segundo eje se refiere a las condiciones y los objetivos que favorecen esa reconversión, como la gestión climática y ambiental. En el tercer eje se abordan temas como las normas ambientales y sociales, la participación ciudadana, la justicia social y los beneficios compartidos.

Todo ello es coherente con el ODS 7,¹³ Energía asequible y no contaminante, cuyo objetivo es garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. En el marco de este ODS se proponen cinco metas, de las cuales la N° 7.a establece: “De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias”.

La contaminación del aire también se considera en el ODS 11¹⁴, Ciudades y comunidades sostenibles, cuyo objetivo es “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”. Las diez metas establecidas en relación con este ODS incluyen la número 11.6, que aborda el desafío de la contaminación del aire: “De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo”. La meta 11.a propone “apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional”.

Los suelos y ecosistemas de Chile se ven afectados tanto por la contaminación natural como por la de origen antropógeno, incluidos el arsénico, el cadmio y otros metales asociados con la minería, las formaciones geológicas y las prácticas agrícolas. Estos contaminantes afectan a los suelos, las aguas subterráneas, la inocuidad de los alimentos y la salud pública. Persisten importantes deficiencias en los datos de referencia ambientales y en la identificación de las fuentes de contaminación. Las técnicas nucleares e isotópicas ofrecen herramientas esenciales para rastrear contaminantes, caracterizar la dinámica del suelo y respaldar una reglamentación de base empírica.

Chile se enfrenta a una creciente contaminación por microplásticos que afecta a suelos, ríos y ambientes marinos en los diferentes ecosistemas que se encuentran de norte a sur y en el territorio austral. Los estudios nacionales actuales se limitan a la identificación de polímeros, lo que deja importantes lagunas en el rastreo de fuentes y la comprensión de los impactos ecológicos. Las técnicas nucleares e isotópicas (como la espectroscopia Raman y el análisis de relaciones isotópicas) permiten una atribución avanzada de fuentes y la monitorización, aportando un valor estratégico a los sistemas nacionales de vigilancia. Dado que las actividades mineras pueden tener repercusiones significativas en el medio ambiente, nos interesa el riesgo potencial que entrañan tanto el material radiactivo natural como el material radiactivo natural reforzado técnicamente. Se prevé que se desarrollen

¹¹ Decreto N° 9 (2024), que establece norma primaria de calidad del aire para arsénico. Ministerio del Medio Ambiente (2023). Anteproyecto de Norma primaria de calidad del aire para arsénico. Consultado el 8 de septiembre de 2024. <https://bcn.cl/3su4y>

¹² Plan de Descarbonización, Ministerio de Energía, <https://energia.gob.cl/panel/plan-de-descarbonizacion>

¹³ ODS 7: Energía asequible y no contaminante, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

¹⁴ ODS 11: Ciudades y comunidades Sostenibles, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

algunas actividades en el país para comprender la situación, complementadas con solicitudes de CT. Posteriormente, se puede llevar a cabo un examen del marco regulador correspondiente.

Las condiciones descritas anteriormente confieren especial importancia a las capacidades de la tecnología nuclear e isotópica, en las que el OIEA puede contribuir de manera significativa a mejorar dichas condiciones. Para ello se pueden aumentar los conocimientos respecto a la evaluación de la calidad y la disponibilidad de las aguas superficiales y subterráneas, la evaluación de la calidad ambiental de los suelos, el aire, los ambientes marinos y los ecosistemas en general, que constituyen los temas prioritarios de este MPN. En relación con cada uno de los temas señalados en este análisis, a continuación figuran algunas de las actividades actuales o recientes de CT del OIEA.

2.5.1.- EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y GESTIÓN CON ENFOQUE DE CUENCA

Chile enfrenta una presión creciente sobre los recursos de agua dulce debido a la variabilidad del clima, el agotamiento de las aguas subterráneas y el aumento de la contaminación derivada de las actividades agrícolas e industriales. Persisten importantes lagunas en la identificación de las zonas de recarga, la comprensión de la dinámica de las aguas subterráneas y el rastreo de las fuentes de contaminantes. Las instituciones nacionales (incluidas la Dirección General de Aguas, el Servicio Nacional de Geología y Minería y la CCHEN) necesitan reforzar sus capacidades en hidrología isotópica para respaldar las evaluaciones a escala de cuenca, la planificación de la sostenibilidad de los acuíferos y la reglamentación de base empírica.

Actualizar y aumentar los conocimientos sobre la calidad y disponibilidad de las fuentes de agua del país, en un contexto de cambio climático, es fundamental tanto para la vida de la población como para la economía nacional, debido al impacto del agua en diversos sectores productivos a lo largo de todo el país. Por esta razón, también es necesario establecer y evaluar distintos escenarios que permitan identificar las zonas de recarga hídrica y clasificar la calidad de las aguas y sus usos, y así priorizar su aprovechamiento. A ello se suma la contaminación de los acuíferos por la actividad agrícola, que se encuentran muy agotados, por lo que debe considerarse la recarga controlada como una posible solución. Teniendo en cuenta todo lo señalado hasta ahora, tanto para determinar el origen de determinados contaminantes como para delimitar las zonas de recarga, es necesaria la aplicación de isótopos ambientales y radioisótopos.

2.5.2.- EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN RELACIÓN CON LOS SUELOS CONTAMINADOS

Los suelos de Chile, en sus distintos ecosistemas, se ven afectados por la contaminación por metales pesados procedentes de la minería, la agricultura y formaciones geológicas naturalmente enriquecidas, con consecuencias para la inocuidad de los alimentos, la calidad de las aguas subterráneas y la salud pública. Persisten importantes lagunas en el establecimiento de valores de referencia de los suelos, la identificación de las fuentes de contaminantes y la evaluación de las vías de exposición. Las técnicas nucleares y conexas (como el análisis por activación neutrónica y el rastreo con radionucleidos) proporcionan una capacidad analítica esencial para la atribución de fuentes, la monitorización y el desarrollo de estrategias de remediación fundamentadas en datos y pruebas. Es necesario fortalecer las instituciones nacionales, incluidos el Servicio Nacional de Geología y Minería, las autoridades ambientales y los centros de investigación, para establecer una vigilancia sistemática del suelo y apoyar la toma de decisiones reglamentarias.

2.5.3.- CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Chile se enfrenta a importantes desafíos en materia de calidad del aire, especialmente en las regiones mineras, donde las partículas procedentes de las colas y las emisiones industriales afectan a las poblaciones urbanas y periurbanas. Las autoridades nacionales necesitan mejorar su capacidad para distinguir entre las fuentes de contaminación locales y regionales y las relacionadas con la minería. Las técnicas analíticas nucleares, como las marcas elementales e isotópicas, por ejemplo, proporcionan

herramientas fiables para la atribución de fuentes y para el apoyo a las políticas de gestión de la calidad del aire y de control de emisiones. El fortalecimiento de las capacidades institucionales en este ámbito permitiría una monitorización más precisa y estrategias de mitigación de base empírica.

2.5.4.- GESTIÓN DE MEDIOS MARINOS Y COSTEROS

Chile se enfrenta a una creciente contaminación por microplásticos en las aguas costeras, los sedimentos y los suelos; sin embargo, los estudios nacionales siguen limitándose a la identificación básica de polímeros y no abordan la atribución de fuentes ni las vías de contaminación. Estas deficiencias analíticas afectan a las autoridades ambientales y a los sectores económicos que dependen del medio marino. La CCHEN posee ventajas comparativas en la aplicación de técnicas nucleares e isotópicas que permiten el rastreo de fuentes y la monitorización avanzada, lo que proporciona una base fundamental para un futuro sistema nacional de vigilancia.

2.5.5.- ECOSISTEMAS VULNERABLES

Al margen de los entornos continentales y costeros, la agenda ambiental de Chile también incluye sus diversos ecosistemas vulnerables. En el extremo sur del país se encuentran los ecosistemas antártico y patagónico. A continuación, el sur y el centro de Chile. Finalmente, el norte del país abarca el desierto de Atacama y los salares, con una gran concentración de litio, entre otros ecosistemas frágiles, que experimentan una creciente presión por la actividad humana a pesar de su aislamiento geográfico. Todos estos ecosistemas se ven cada vez más afectados por la contaminación por plásticos, que amenaza la vida continental y marina, así como el equilibrio ecológico. Para afrontar este reto es necesario fortalecer las capacidades analíticas y técnicas, capacitar a los investigadores y mejorar la infraestructura mediante técnicas nucleares avanzadas que permitan una detección más precisa.

Diversos estudios ambientales realizados en el país, en todos sus ecosistemas, han puesto de manifiesto la existencia de niveles de contaminación por metales y metaloides, así como por contaminantes emergentes, como los microplásticos. Para seguir investigando en este ámbito se necesita un laboratorio especializado. En 2024, se firmaron el memorando de entendimiento en relación con NUTEC Plastics y el memorando de entendimiento para la cooperación en el ámbito de las aplicaciones de la tecnología nuclear en la minería sostenible y las aplicaciones energéticas del litio. Además, una serie de proyectos de CT con el OIEA relacionados con cuestiones ambientales tienen por objeto promover la cooperación científica en materia de contaminación por microplásticos.

2.5.6.- ASOCIADOS Y PARTES INTERESADAS

- Ministerio del Medio Ambiente
- Dirección General de Aguas
- Escenarios Hídricos 2030
- Comisión Nacional de Riego
- Consejo Nacional para la Sustentabilidad y el Cambio Climático
- Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura
- Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante
- Instituciones de investigación marina y costera
- Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de Chile
- Universidades, centros de enseñanza superior (Departamento de Química Ambiental de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, Departamento de Geología de la Universidad de Chile, Escuela de Geología de la Universidad Mayor) Doctorado en Ciencias Ambientales con mención en Recursos Hídricos (Universidad de Concepción)
- Servicio Nacional de Geología y Minería
- Instituto Antártico Chileno

2.5.7. RESULTADO PRÁCTICO PREVISTO

Fortalecimiento de las capacidades institucionales nacionales para aplicar técnicas nucleares e isotópicas en la monitorización ambiental, la atribución de fuentes de contaminación y la evaluación de ecosistemas en todo Chile.

2.6. ENERGÍA

Chile está impulsando una transición a largo plazo hacia un sistema energético fiable, asequible y con bajas emisiones, en consonancia con su Política Energética 2050 y los compromisos climáticos contraídos en el marco de la Agenda 2030. El rápido crecimiento de las energías renovables no convencionales, en particular las energías solar y eólica, ha incrementado la proporción de generación limpia, pero también ha introducido desafíos de intermitencia, estabilidad de la red y transmisión regional, lo que refuerza la necesidad de contar con opciones seguras y gestionables con bajas emisiones de carbono, así como con una planificación energética integrada.

Al mismo tiempo, la economía de Chile depende de sectores estratégicos con alto consumo energético, en particular la minería, y posee alrededor de un tercio de las reservas mundiales de litio, lo que posiciona al país como un actor clave en las cadenas de valor del almacenamiento de energía. Esta circunstancia genera tanto oportunidades económicas como presiones para mejorar la eficiencia de los procesos, el desempeño ambiental y la trazabilidad en las industrias del litio y del cobre, incluidas las etapas de mayor valor añadido como la purificación, la caracterización y la certificación de productos.

La ciencia y la tecnología nucleares pueden respaldar estas prioridades fortaleciendo las capacidades nacionales de análisis y modelización para la planificación energética integrada, la caracterización avanzada de materiales y productos de litio, la optimización de procesos y la monitorización ambiental en los sectores de energía y minería. Por lo tanto, esta esfera temática se centra en tres pilares interconectados: i) la planificación energética integrada, incluido el análisis del posible papel de la energía nuclear moderna en un sistema de bajas emisiones de carbono; ii) el desarrollo de una industria del litio sostenible y de alto valor, respaldada por técnicas analíticas nucleares, y iii) unos procesos mineros e industriales más sostenibles, facilitados por aplicaciones nucleares avanzadas.

2.6.1. PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA

El sistema energético de Chile está experimentando una rápida transformación, impulsada por la alta penetración de la generación solar y eólica, el aumento del estrés hídrico relacionado con el clima y la creciente variabilidad en el suministro eléctrico. Estas tendencias generan desafíos estructurales para la estabilidad de la red, la descarbonización a largo plazo y la seguridad energética, particularmente en un sistema donde la generación de energía renovable depende en gran medida de las condiciones climáticas. Las instituciones nacionales necesitan fortalecer sus capacidades analíticas, reguladoras y de recursos humanos para evaluar las tecnologías complementarias con bajas emisiones de carbono e integrarlas en los marcos de planificación a largo plazo. La ciencia nuclear y la CT del OIEA pueden apoyar a Chile en ámbitos como la modelización de sistemas, el desarrollo de reglamentación, la evaluación ambiental y la capacitación de la fuerza de trabajo.

VISIÓN Y OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

La política energética a largo plazo de Chile reconoce la necesidad de un sistema eléctrico diversificado y con bajas emisiones de carbono, capaz de mantener la estabilidad a pesar de la alta penetración de las energías renovables y el creciente estrés hídrico relacionado con el cambio climático. Las instituciones nacionales necesitan reforzar sus capacidades analíticas, técnicas y en materia de

reglamentación para evaluar el papel potencial de las tecnologías nucleares avanzadas en los marcos de planificación energética integrada. El apoyo del OIEA es pertinente para la modelización de sistemas, la preparación reglamentaria, la evaluación ambiental y el desarrollo de recursos humanos especializados. La transición energética de Chile enfrenta desafíos derivados de la alta variabilidad de la generación renovable, el estrés hídrico impulsado por el cambio climático que incide en la producción hidroeléctrica y el aumento de los vertimientos de energía. Las autoridades nacionales necesitan mayores capacidades analíticas, técnicas y en materia de reglamentación para evaluar opciones de generación de base con bajas emisiones de carbono, incluidas las tecnologías nucleares avanzadas, dentro de una planificación energética integrada a largo plazo.

Las instituciones existentes (en particular el Ministerio de Energía, la Comisión Nacional de Energía, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles y la CCHEN) necesitan capacidades reforzadas en relación con la modelización de sistemas, la evaluación reglamentaria, la evaluación ambiental y el desarrollo de recursos humanos para apoyar la adopción de decisiones fundamentadas en datos y pruebas. El apoyo del OIEA es pertinente para la creación de capacidad, la preparación reglamentaria y la evaluación de tecnologías nucleares emergentes.

2.6.2. PARTES INTERESADAS Y BENEFICIARIOS

La incorporación estratégica de la energía nuclear a la matriz energética de Chile requiere una amplia coordinación interinstitucional que involucre a múltiples actores de los ámbitos público, privado, académico, regulador e internacional.

En primer lugar, el Ministerio de Energía desempeña un papel central en la planificación energética del país y en la definición de políticas públicas que integren tecnologías de bajas emisiones, como la energía nuclear. La CCHEN es el principal organismo técnico nacional en el ámbito nuclear. Cuenta con una trayectoria de probada capacidad en materia de reglamentación, seguridad radiológica, capacitación de recursos humanos y cooperación internacional.

Por su parte, la Comisión Nacional de Energía y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles son responsables del diseño reglamentario y la supervisión del sector energético.

El sistema académico y científico también desempeña un papel fundamental. Distintas universidades y centros de investigación, como la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad de Chile y la Universidad Técnica Federico Santa María, entre otros, contribuyen a la capacitación de profesionales especializados en investigación aplicada.

Por último, la cooperación internacional con el OIEA fortalece la integración de Chile en las redes mundiales.

2.6.4. LITIO: SU APLICACIÓN EN EL ALMACENAMIENTO Y EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA DEL FUTURO

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Chile posee aproximadamente el 36 % de las reservas mundiales de litio, lo que le confiere una posición estratégica en la transición energética mundial. Este elemento es esencial tanto para el almacenamiento de energía, mediante baterías de iones de litio, como para el desarrollo de la energía de fusión nuclear, ámbito en que se utiliza para la producción de tritio.

Actualmente, la cadena de valor del litio chileno se concentra principalmente en la fase de extracción, y los esfuerzos para avanzar hacia etapas con mayor valor añadido, como la purificación, la transformación

y la certificación, aún están en sus inicios. La visión de futuro prevé una industria del litio trazable y ambientalmente sostenible, respaldada por las capacidades científicas y tecnológicas nacionales.

En este contexto, el programa de CT del OIEA puede desempeñar un papel decisivo en el fortalecimiento de nuevas metodologías para la purificación y obtención de sales de litio, así como en el apoyo al desarrollo de las capacidades analíticas del país mediante procesos más limpios y competitivos que empleen herramientas nucleares como la activación neutrónica, la espectrometría y los trazadores isotópicos.

TENDENCIAS, DATOS Y RIESGOS

Los métodos actuales de extracción en los salares plantean importantes problemas ambientales, en particular en lo que respecta al uso intensivo del agua y la alteración de los ecosistemas. Esta situación exige el desarrollo de tecnologías más limpias y una monitorización ambiental eficaz, contexto en que las herramientas nucleares podrían ser especialmente útiles para caracterizar, monitorizar y mejorar estos procesos.

LOGROS ANTERIORES E INSTITUCIONES CLAVE

La CCHEN ha establecido capacidades analíticas básicas relacionadas con la caracterización del litio, pero estas requieren un mayor fortalecimiento para apoyar las necesidades nacionales en materia de certificación, trazabilidad y monitorización ambiental, en consonancia con la estrategia emergente del litio en Chile.

2.6.5. PARTES INTERESADAS Y BENEFICIARIOS

Entre los principales actores nacionales se encuentran el Ministerio de Minería y la Corporación de Fomento de la Producción, responsables de coordinar la aplicación de la Estrategia Nacional del Litio y de promover el desarrollo de una cadena de valor tecnológica e industrial. Las productoras como SQM, Albemarle y CODELCO Litio también son actores clave.

A nivel internacional, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Banco Mundial son asociados estratégicos para la CT y la financiación de proyectos destinados a la valorización sostenible del litio.

INICIATIVAS Y ALIANZAS DE INTERÉS

Chile está impulsando la creación de un consorcio estatal del litio para agregar valor a la cadena de producción y garantizar la gobernanza pública de este recurso.

2.6.7. MINERÍA SOSTENIBLE Y CARACTERIZACIÓN AVANZADA CON TECNOLOGÍAS NUCLEARES

El sector minero de Chile se enfrenta a una presión creciente para mejorar la sostenibilidad, la trazabilidad y el desempeño ambiental. Las técnicas analíticas nucleares pueden respaldar la caracterización avanzada y la monitorización.

VISIÓN Y OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

El principal objetivo estratégico de esta esfera es contribuir a una transformación estructural de la minería chilena mediante la integración de herramientas nucleares para mejorar la trazabilidad de los materiales,

la eficiencia de los procesos y la certificación de normas ambientales y de calidad. También se aspira a fortalecer las capacidades nacionales en caracterización avanzada y monitorización ambiental.

Esta esfera temática está alineada con los siguientes ODS: el ODS 9, "Industria, innovación e infraestructura", el ODS 12, "Producción y consumo responsables", y el ODS 13, "Acción por el clima". Responde a políticas nacionales clave: la Estrategia Nacional del Litio y la Política Nacional Minera 2050.

TENDENCIAS, DATOS Y RIESGOS

La industria minera mundial se enfrenta a una creciente demanda de sostenibilidad ambiental, trazabilidad de materiales y eficiencia energética. Al mismo tiempo, la presión social para una minería más responsable y la competencia internacional por mercados de alto valor están impulsando la necesidad de incorporar tecnologías avanzadas.

Chile cuenta con experiencia en la aplicación de técnicas analíticas nucleares a la minería y la caracterización de materiales, pero las capacidades institucionales y de laboratorio requieren un mayor fortalecimiento para responder a las necesidades emergentes de trazabilidad, certificación y monitorización ambiental.

2.6.8. ASOCIADOS Y PARTES INTERESADAS

Entre los principales beneficiarios de esta esfera temática se encuentran el Ministerio de Minería, los servicios geológicos, las empresas mineras públicas y privadas, las universidades y los centros de investigación aplicada. Por otro lado, los laboratorios acreditados y los organismos de certificación pueden beneficiarse del desarrollo de capacidades analíticas avanzadas.

INICIATIVAS Y ASOCIACIONES DE INTERÉS

La coordinación con los programas nacionales de minería sostenible, monitorización ambiental e innovación industrial proporciona una base para la integración de herramientas analíticas de base nuclear. La colaboración con los mecanismos de cooperación regional y las plataformas nacionales público-privadas contribuirá al desarrollo de procesos mineros trazables, certificados y ambientalmente responsables.

2.6.9. RESULTADO PRÁCTICO PREVISTO

Fortalecimiento de las capacidades analíticas, técnicas e institucionales nacionales para aplicar técnicas nucleares y conexas en la planificación energética integrada, el desarrollo sostenible del litio y la mejora de la trazabilidad, la garantía de la calidad y la monitorización ambiental en los sectores energético y minero de Chile.

2.7 APLICACIONES INDUSTRIALES

Chile está desarrollando aplicaciones de ensayos no destructivos (END) para la conservación del patrimonio cultural y la gestión del riesgo de desastres, ámbitos en los que las capacidades nacionales siguen siendo limitadas, pero en los que las técnicas nucleares y basadas en radiaciones pueden aportar un valor añadido significativo.

2.7.1. CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

La conservación del patrimonio cultural requiere la participación de diversas disciplinas, según los problemas que se deban abordar. Se han identificado dos aspectos prioritarios para la conservación de la memoria material del país: por una parte, el control del biodeterioro, y en particular la gestión de plagas y, por otra, la conservación del patrimonio construido, que se encuentra en riesgo permanente en el contexto de un país con alta sismicidad.

El control del biodeterioro y la gestión de plagas constituyen un problema que afecta a un alto porcentaje de los bienes culturales nacionales. Mediante la aplicación de ciencia y tecnología de vanguardia, como la ionización, es posible combatir el biodeterioro y las plagas sin dejar residuos, garantizando la conservación de los bienes patrimoniales para las futuras generaciones. Esta técnica representa una técnica segura y eficaz que permite salvaguardar el patrimonio nacional y la memoria de un país, lo que representa un acto de cuidado y de responsabilidad social y cultural. Con este fin, el país ha puesto en marcha una línea de trabajo de gran relevancia, que implica el uso de END con tecnologías ionizantes en el patrimonio construido, así como la capacitación de equipos técnicos para el control del biodeterioro.

2.7.2. GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

En 2019, se creó en la CCHEN el Centro Subregional de Ensayos No Destructivos, orientado a la inspección de estructuras civiles e industriales para determinar su integridad estructural tras emergencias causadas por desastres. Este centro constituye una iniciativa subregional que utiliza técnicas no destructivas para caracterizar el estado y las propiedades físicas de las estructuras sin dañarlas, respaldando la evaluación estructural de edificios, puentes y otras infraestructuras, labor preventiva de especial relevancia en un país con alta sismicidad como el nuestro.

2.7.3 ASOCIADOS Y PARTES INTERESADAS

A escala nacional:

- Servicio Nacional del Patrimonio Cultural
- Centro Nacional de Conservación y Restauración
- Museos nacionales (Museo Nacional de Bellas Artes, Museo Nacional de Historia Natural)
- Museos locales
- Biblioteca Nacional
- Archivo Nacional
- Subdirección Nacional de Museos
- Direcciones Regionales del Servicio Nacional del Patrimonio Cultural
- Universidad de Chile (Facultad de Artes y Facultad de Ciencias Sociales)
- Universidad Finis Terrae
- Durability
- SI3
- Instituto Nacional de Normalización

A escala internacional:

- OIEA
- ARCAL

2.7.4 RESULTADO PRÁCTICO PREVISTO

Fortalecimiento de las capacidades nacionales para aplicar técnicas nucleares no destructivas en la conservación del patrimonio cultural y en la evaluación estructural preventiva y posterior a sucesos en la gestión del riesgo de desastres.

3. MATRIZ DE RESULTADOS

Esfera temática N° 1: Seguridad nuclear tecnológica y física y seguridad radiológica

Resultado práctico	Valor de referencia	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos y riesgos
Fortalecimiento de la infraestructura nacional de seguridad nuclear y radiológica, incluidas las funciones reguladoras, las capacidades técnicas y la preparación para emergencias, en todas las instituciones de Chile.	- No existe una autoridad reguladora nuclear independiente; las funciones reguladoras están divididas entre la CCHEN y el Ministerio de Salud. - La aplicación de las recomendaciones de las misiones IRRS (2018), ORPAS (2017) y del plan integrado de apoyo a la seguridad física nuclear (INSSP) (2019) es parcial; hay varias medidas todavía pendientes. - Los niveles de madurez en el RASIMS en varios ETS son incompletos; varios módulos de ETS no se han actualizado. - Las entradas en el EPRIMS indican una integración parcial de los acuerdos nacionales de preparación y respuesta para casos de emergencia con el SINAPRED. - Los servicios de asistencia técnica para dosimetría, calibración y protección radiológica ocupacional operan con capacidad limitada. - Todavía no se aplican de manera coherente la cultura de la seguridad y la evaluación interna sistemática en las instalaciones de los usuarios finales.	- Porcentaje de recomendaciones prioritarias de las misiones IRRS (2018), ORPAS (2017) e INSSP (2019) aplicadas en 2032. - Número de recomendaciones prioritarias de las misiones IRRS, ORPAS e INSSP que siguen abiertas - Porcentaje de módulos de las ETS completados y validados en el RASIMS por completo en 2032. - Porcentaje de los acuerdos nacionales de preparación y respuesta para casos de emergencia totalmente reflejados y actualizados en el EPRIMS en 2032. - Nivel de coordinación formal entre las disposiciones en materia de preparación y respuesta para casos de emergencia y el SINAPRED (no establecido/parcialmente establecido/totalmente establecido) en 2032. - Número de servicios de apoyo técnico (dosimetría, calibración, protección radiológica ocupacional) que cumplen con los requisitos operacionales referenciados por el OIEA en 2032. - Porcentaje de instalaciones de los usuarios finales abarcadas por servicios de apoyo técnico cualificado en 2032.	- Informes de misión e informes de seguimiento del OIEA (IRRS, ORPAS, INSSP, Examen de Medidas de Preparación para Emergencias (EPREV), misiones de asesoramiento). - Planes de acción nacionales elaborados en respuesta a las misiones del OIEA e informes oficiales sobre los progresos realizados respecto a su aplicación. - Actualizaciones de registros y niveles de madurez del RASIMS. - Entradas y actualizaciones del EPRIMS. - Documentos jurídicos y reglamentarios oficiales presentados al OIEA o revisados con su apoyo (proyectos de leyes, reglamentos, procedimientos reglamentarios). - Informes de los proyectos de CT del OIEA, incluidos los informes sobre los progresos realizados y los informes de finalización. - Registros de capacitación, listas de participantes e informes de evaluación posterior a la capacitación. - Planes nacionales de preparación y respuesta para casos de emergencia actualizados con la información técnica del OIEA. - Registros de ejercicios y simulacros nacionales realizados con el apoyo metodológico del OIEA. - Correspondencia oficial y avales del OIEA que confirman los hitos alcanzados (misiones completadas, planes validados, herramientas operacionales).	Supuestos: Compromiso sostenido del Gobierno para fortalecer la seguridad nuclear tecnológica y física y la seguridad radiológica, incluida la colaboración continua con el OIEA. Voluntad política para impulsar reformas legales e institucionales, inclusión hecha de avances hacia el establecimiento de una autoridad reguladora nuclear independiente. Cooperación y coordinación constantes entre la CCHEN, el Ministerio de Salud, las autoridades competentes en materia de emergencias y otras instituciones nacionales competentes. Disponibilidad de contrapartes nacionales cualificadas para absorber la asistencia técnica del OIEA y participar en misiones, capacitaciones y acciones de seguimiento. Acceso continuado a los recursos de CT, los servicios de asesoramiento y los

		• Porcentaje de instalaciones de los usuarios finales que aplicarán una cultura de la seguridad documentada y procesos internos de autoevaluación en 2032.	mecanismos de examen por homólogos del OIEA. Un sistema nacional de gestión de emergencias (SINAPRED) en funcionamiento, capaz de integrar las disposiciones de preparación nuclear y radiológica. Riesgos Retrasos o estancamiento en las reformas legislativas e institucionales que influyen en la independencia de la función reguladora. Falta de recursos financieros o humanos a nivel nacional para aplicar las recomendaciones y los planes de acción del OIEA. Capacidad institucional limitada para actualizar y mantener sistemáticamente la información del RASIMS y el EPRIMS. Escasa coordinación interinstitucional, en particular entre las autoridades reguladoras, de salud y de respuesta a emergencias. Elevada rotación de personal en las instituciones clave, lo que conlleva la pérdida de la memoria institucional y una menor sostenibilidad de la labor de creación de capacidad.
--	--	--	---

				Existencia de prioridades nacionales contrapuestas que pueden reducir la atención prestada a la seguridad nuclear y radiológica, así como a la preparación para emergencias. Retrasos en el seguimiento o aplazamiento de las misiones del OIEA debido a factores externos.		
Productos	Periodos de tiempo (ciclo futuro de CT)	Contrapartes nacionales pertinentes	Costo aproximado en euros (A)	Estimación de los recursos disponibles en euros (B)	Recursos que deben encontrarse/movilizarse en euros (A-B)	
Los instrumentos jurídicos y reglamentarios nacionales en materia de seguridad nuclear tecnológica y física y seguridad radiológica han sido revisados y actualizados de conformidad con las normas de seguridad y las recomendaciones de las misiones del OIEA.	2026-2032	CCHEN Ministerio de Salud	560 000	254 000	306 000	
Elaboración de un plan para establecer una autoridad reguladora nacional independiente en el país.	2026-2032	CCHEN Ministerio de Salud Ministerio de Energía	280 000	127 000	153 000	
Revisión y fortalecimiento de los programas y procedimientos nacionales de protección radiológica ocupacional, los servicios de apoyo	2026-2032	CCHEN Ministerio de Salud CONSER Instalaciones participantes en la misión ORPAS de 2017	1 120 000	508 000	612 000	

técnico y la preparación y respuesta para casos de emergencia.						
Fortalecimiento de la capacidad de preparación y respuesta para casos de emergencias nucleares y radiológicas.	2026-2032	CCHEN Ministerio de Salud CONSER Primeros actuantes SINAPRED	840 000	381 000	459 000	
			Total parcial			
			Costo aproximado en euros (A)	Estimación de los recursos disponibles en euros (B)	Recursos que deben encontrarse/movilizarse en euros (A-B)	
			2 800 000	1 270 000	1 530 000	

Esfera temática N° 2: Agricultura y alimentación

Resultado práctico	Valor de referencia	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos y riesgos
Fortalecimiento de las capacidades nacionales en las instituciones agropecuarias, de inocuidad de los alimentos y de sanidad animal para aplicar técnicas nucleares y conexas para una producción resiliente al clima, mejorar los diagnósticos y reforzar la integridad de las cadenas de valor en todo Chile.	- La aplicación de técnicas nucleares y conexas en los ámbitos de la agricultura, la inocuidad de los alimentos y la sanidad animal está fragmentada y se limita a determinados cultivos, regiones e instituciones, con una cobertura nacional desigual. - La TIE, la optimización de fertilizantes mediante isótopos, la mejora por inducción de mutaciones y las técnicas de autenticidad de los alimentos se aplican con carácter experimental o parcial, sin una integración sistemática en los sistemas nacionales de producción y control. - Los pequeños agricultores y los agricultores indígenas tienen un	- Porcentaje de los sistemas de producción agrícola y agroforestal prioritarios que aplican técnicas nucleares o conexas para el control de plagas, la fertilidad del suelo o la eficiencia en el uso del agua en 2032. - Número de instituciones nacionales de agricultura, inocuidad de los alimentos y sanidad animal que aplican técnicas nucleares o conexas, respaldadas por el OIEA, en 2032. - Porcentaje de productos alimenticios prioritarios monitorizados mediante técnicas nucleares o isotópicas para fines de inocuidad de los alimentos, autenticidad de los alimentos o control de residuos en 2032. - Número de especies prioritarias forestales y de cultivos integradas en programas nacionales de adaptación climática o mejoramiento genético mediante técnicas nucleares en 2032.	- Cifras correspondientes al rendimiento y la superficie cultivada con especies vegetales - Publicaciones (científicas y de divulgación) que informan sobre mejoras en la adaptabilidad de las especies - Evaluación de registros de origen - Metodologías y técnicas desarrolladas para la detección de fraude alimentario - Informes nacionales de vigilancia de plagas agrícolas y seguimiento de la TIE (Servicio Agrícola y Ganadero/Instituto de Investigaciones Agropecuarias) - Estadísticas oficiales de producción y rendimiento agrícola (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias/Instituto de Investigaciones Agropecuarias)	- Supuestos: Las instituciones nacionales de agricultura, inocuidad de los alimentos y sanidad animal continúan comprometidas con la aplicación de técnicas nucleares y conexas como parte de las políticas de adaptación al clima, inocuidad de los alimentos y productividad. - La coordinación interinstitucional entre el Ministerio de Agricultura, el

	acceso limitado a las tecnologías de base nuclear para la producción resiliente al cambio climático y la gestión de plagas, suelos y agua. - Existen capacidades nacionales en relación con la autenticidad de los alimentos, su trazabilidad, la detección de contaminantes en ellos y el análisis de residuos, pero aún no están adecuadamente armonizadas ni ampliadas para respaldar el control interno y los requisitos de exportación. - Las capacidades institucionales para el diagnóstico de la salud animal, el control de enfermedades zoonóticas y el aumento de la productividad utilizando técnicas nucleares están presentes, pero necesitan ser fortalecidas para abordar los riesgos relacionados con el clima y los riesgos emergentes a nivel nacional. - Hay que mejorar la inocuidad de los alimentos. Porcentaje de productos alimenticios y alimentos aprobados desde el punto de vista de su calidad y la ausencia de contaminantes en ellos, para todo el país.	- Número de laboratorios nacionales de sanidad animal que aplican técnicas de diagnóstico nucleares o conexas en 2032. - Número de pequeños agricultores y agricultores indígenas que reciben apoyo y se benefician de intervenciones basadas en técnicas nucleares ofrecidas a través de instituciones nacionales en 2032. - Incremento porcentual de productos alimenticios aprobados desde el punto de vista de la inocuidad y la ausencia de riesgos alimentarios, para todo el país, en 2032. - Incremento porcentual de productos alimenticios aprobados según las normas de exportación en 2032.	- Informes de los laboratorios nacionales sobre la aplicación de técnicas nucleares e isotópicas en la agricultura y la inocuidad de los alimentos - Registros de evaluación de la autenticidad y la trazabilidad de los alimentos (Agencia Chilena para la inocuidad y Calidad Alimentaria/ECHEM/laboratorios acreditados) - Informes nacionales de inspección de la inocuidad de los alimentos y control de contaminantes (Ministerio de Salud/Instituto de Salud Pública) - Informes de vigilancia y diagnóstico de enfermedades veterinarias (Servicio Agrícola y Ganadero/Instituto de Investigaciones Agropecuarias) - Informes sobre los progresos realizados y finalización de los proyectos de CT - Registros de monitorización de la inocuidad de los alimentos: - Según las especies y regiones de interés prioritario - Para producción nacional y exportación	Servicio Agrícola y Ganadero, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, el Ministerio de Salud, la Agencia Chilena para la inocuidad y Calidad Alimentaria y la ECHEM se mantiene durante todo el período del MPN. Los agricultores, los productores y los servicios veterinarios siguen participando en programas de vigilancia, diagnóstico y control que utilizan técnicas nucleares. Los marcos reguladores y de políticas siguen respaldando el uso de aplicaciones nucleares e isotópicas en la agricultura, la inocuidad de los alimentos y la sanidad animal. Riesgos: El aumento de la frecuencia y la gravedad de los fenómenos climáticos extremos (sequías, inundaciones, plagas) pueden reducir la eficacia de
--	---	--	---	--

				las intervenciones orientadas a la productividad. La limitada capacidad humana y de laboratorio a nivel nacional y subnacional puede restringir la adopción y el uso sostenido de técnicas nucleares. Los sistemas de datos fragmentados y la débil integración entre las instituciones de agricultura, inocuidad de los alimentos y sanidad animal pueden limitar la toma de decisiones sobre la base de datos y pruebas. Las limitaciones financieras o los cambios en las prioridades del presupuesto nacional pueden influir en la ejecución de las actividades convenientes. Las perturbaciones del mercado y del comercio pueden incidir en los incentivos para que los productores adopten medidas de autenticidad, trazabilidad e
--	--	--	--	--

			Inocuidad de los alimentos. Diferentes organizaciones que trabajan de forma coordinada para atender las necesidades nacionales.		
Productos	Periodos de tiempo (ciclo futuro de CT)	Contrapartes nacionales pertinentes	Costo aproximado en euros (A)	Estimación de los recursos disponibles en euros (B)	Recursos que deben encontrarse/ movilizarse en euros (A-B)
Fortalecimiento de la capacidad nacional para aplicar técnicas nucleares y conexas en la producción agrícola y forestal resiliente al clima (incluidas la gestión de plagas, la optimización de insumos y la mejora de variedades) en regiones prioritarias.	2026-2032	Ministerio de Agricultura (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Servicio Agrícola y Ganadero, Instituto de Desarrollo Agropecuario) CCHEN Sociedad Nacional de Agricultura Universidades	148 571	40 857	107 714
Fortalecimiento de la capacidad nacional para evaluar la autenticidad de los alimentos, la trazabilidad, los contaminantes y los residuos en productos alimentarios prioritarios mediante técnicas nucleares e isotópicas.	2026-2032	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias CCHEN Instituto de Desarrollo Agropecuario Instituto de Investigaciones Agropecuarias Servicio Agrícola y Ganadero Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria Universidades Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas Sociedad Nacional de Agricultura	148 571	40 857	107 714
Fortalecimiento de la capacidad veterinaria nacional para prevenir, detectar y controlar enfermedades animales y zoonóticas prioritarias (incluida la vigilancia relacionada con la resistencia a los antimicrobianos, cuando corresponda) mediante técnicas nucleares y conexas.	2026-2032	Instituto Forestal CCHEN Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro de Información de Recursos Naturales Universidades Centros regionales de investigación, desarrollo y transferencia tecnológica (Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura, Centro de Estudios en	148 571	40 857	107 714

Esfera temática N° 3: Salud y nutrición

Resultados prácticos	Valor de referencia	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos y riesgos
Fortalecimiento de las capacidades nacionales en las actividades de salud, nutrición y bancos de tejidos para aplicar técnicas nucleares y conexas en la gestión del cáncer, la evaluación nutricional, el procesamiento seguro de tejidos y el desarrollo de tratamientos avanzados en todo Chile.	- Las enfermedades no transmisibles, incluido el cáncer, siguen siendo la principal causa de morbilidad y mortalidad en Chile, representando alrededor del 60 % de todas las muertes y generando una demanda constante de diagnóstico precoz y tratamiento de calidad. - Existen capacidades nacionales en medicina nuclear, radioterapia y producción de radiofármacos, pero siguen estando distribuidas de manera desigual y requieren un mayor fortalecimiento para garantizar la calidad, la sostenibilidad y el acceso equitativo. - El sobrepeso, la obesidad y las ENT relacionadas con la nutrición afectan a una gran mayoría de la población, mientras que el uso sistemático de técnicas nucleares e isotópicas para la evaluación y la vigilancia nutricional sigue siendo limitado. - Existe un marco jurídico e institucional nacional para la donación de órganos, tejidos y células, pero es necesario seguir desarrollando las capacidades de procesamiento mediante irradiación y el suministro de tejidos de calidad clínica garantizada para cumplir con los objetivos nacionales. - Las afecciones relacionadas con enfermedades crónicas no transmisibles y lesiones graves	- Porcentaje de pacientes con cáncer diagnosticados en etapas tempranas utilizando técnicas de medicina nuclear en Chile en 2032. - Porcentaje de las instalaciones de radiología diagnóstica y radioterapia que operan con sistemas de garantía de la calidad alineados con las normas del OIEA en Chile en 2032. - Porcentaje de los tejidos humanos de calidad clínica procesados mediante tecnologías de irradiación en cumplimiento de las normas nacionales e internacionales en Chile en 2032. - Porcentaje de grupos de población prioritarios abarcados por programas de evaluación nutricional que utilizan técnicas de isótopos estables en Chile en 2032. - Número de pacientes tratados con tejidos radioesterilizados en Chile en 2032. - Número de laboratorios nacionales que aplican tecnologías de irradiación para el desarrollo de productos y biomateriales basados en tejidos/células en 2032. - Actualización de decretos, reglamentos y normas relacionados con la seguridad nuclear y radiológica. - Establecimiento de grupos de trabajo técnicos a nivel ministerial para la armonización y coordinación de la reglamentación aplicada a la medicina nuclear.	- Resultados de las encuestas sobre la calidad de la atención prestada a los pacientes. - Registros del sistema de garantía de calidad. - Registros de capacitación del OIEA. - Se dispone de los recursos humanos, financieros y de equipo necesarios. - Se mantiene el compromiso de las principales partes interesadas. - Existe consenso entre los actores involucrados para continuar con las actividades de acuerdo con el programa establecido. - El Gobierno sigue dando prioridad al diagnóstico y tratamiento del cáncer, al acceso equitativo y oportuno a células y tejidos bioseguros y a la nutrición. - Disponibilidad de fondos - Registros de las evaluaciones nutricionales realizadas a nivel nacional en los grupos de interés prioritario. - Informes sobre las recomendaciones aplicadas por los responsables de la toma de decisiones. - Registros de cáncer a nivel nacional e informes del Ministerio de Salud sobre la estadificación del cáncer en el momento del diagnóstico, incluidos los procedimientos de medicina nuclear.	- Supuestos: continúa priorización conjunta por parte del Gobierno del control del cáncer, la nutrición y el trasplante de tejidos en el marco de la Estrategia Nacional de Salud 2021-2030. - Compromiso institucional sostenido del Ministerio de Salud, el Instituto de Salud Pública, la CCHEN y los servicios nacionales de salud para aplicar técnicas nucleares y conexas. - Disponibilidad de recursos humanos y colaboración continua con la CT del OIEA. - Actualización de decretos, reglamentos y directrices técnicas mediante la creación de grupos de trabajo para la armonización y coordinación de los marcos reguladores. - Riesgos: Acceso regional desigual a la medicina nuclear, los servicios de radioterapia y los radiofármacos.

	● tienen un impacto sustancial en los segmentos vulnerables de la población, mientras que la capacidad nacional para aplicar tecnologías de irradiación en el desarrollo de productos de terapias avanzadas sigue siendo limitada. ● Es necesario armonizar, integrar y consensuar las normativas sanitarias y nucleares entre las instituciones competentes, a fin de fortalecer las capacidades de reglamentación.			● Informes de las misiones del OIEA (por ejemplo, auditorías de la radioterapia de intensidad modulada y Grupo de Garantía de Calidad en Radioncología), informes de las inspecciones reglamentarias nacionales y documentación de garantía de calidad de las instalaciones. ● El Banco Nacional de Tejidos almacena registros e informes regulatorios sobre los tejidos irradiados procesados de conformidad con las normas aprobadas. ● Informes oficiales de las encuestas nacionales sobre nutrición y salud, así como registros institucionales que documenten el uso de técnicas de isótopos estables para la evaluación nutricional. ● Registro de nueva reglamentación relacionada con el ámbito de actuación.	Deficiencias en las prácticas de garantía de la calidad y protección radiológica en los servicios de diagnóstico y terapéuticos. Capacidad humana y financiera limitada para ampliar y mantener los servicios de medicina nuclear, nutrición y bancos de tejidos en todo el país.
Productos	Periodos de tiempo (año futuro de CT)	Contrapartes nacionales pertinentes	Costo aproximado en euros (A)	Estimación de los recursos disponibles en euros (B)	Recursos que deben encontrarse/ movilizarse en euros (A-B)
Fortalecimiento de la capacidad nacional para el diagnóstico y tratamiento del cáncer mediante la aplicación de la medicina nuclear, la radioterapia y prácticas de garantía de la calidad.	2026-2032	Ministerio de Salud Instituto de Salud Pública CCHEN Sociedad Chilena de Cancerología Instituto Nacional del Cáncer Fundación Chile Sin Cáncer Instituto de Radiomedicina Hospitales, clínicas, centros de diagnóstico	173 333	47 667	125 667
Fortalecimiento de las capacidades de producción y suministro de	2026-2032	Ministerio de Salud Instituto de Salud Pública CCHEN	173 333	47 667	125 667

radiofármacos para apoyar el acceso equitativo a los servicios de medicina nuclear en todas las regiones.		Sociedad Chilena de Cancerología Instituto Nacional del Cáncer Fundación Chile Sin Cáncer Instituto de Radiomedicina Hospitales, clínicas			
Fortalecimiento de la capacidad nacional para la evaluación y vigilancia nutricional mediante el uso de técnicas de isótopos estables para respaldar políticas de nutrición fundamentadas en datos y pruebas.	2026-2032	Ministerio de Salud Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas CCHEN Universidades u otros centros de investigación	173 333	47 667	125 667
Fortalecimiento de la capacidad nacional para el procesamiento y uso seguros de tejidos humanos de calidad clínica mediante tecnologías de irradiación y procedimientos con garantía de la calidad.	2026-2032	Ministerio de Salud Banco Nacional de Tejidos Coordinadora Nacional de Procuremento y Trasplante de Órganos y Tejidos CCHEN Hospitales y clínicas	173 333	47 667	125 667
Fortalecimiento de la capacidad nacional para desarrollar productos de terapias avanzadas mediante la aplicación de tecnologías de irradiación.	2026-2032	CCHEN Ministerio de Salud Banco Nacional de Tejidos Coordinadora Nacional de Procuremento y Trasplante de Órganos y Tejidos Instituto de Salud Pública Universidades u otros centros de investigación	173 333	47 667	125 667
			Total parcial		
			Costo aproximado en euros (A)	Estimación de los recursos disponibles en euros (B)	Recursos que deben encontrarse/ movilizarse en euros (A-B)
			173 333	47 667	125 667

Esfera temática N° 4: Agua y medio ambiente

Resultados prácticos	Valor de referencia	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos y riesgos
Fortalecimiento de las capacidades institucionales nacionales para aplicar técnicas nucleares e isotópicas en la monitorización ambiental, la atribución de fuentes de contaminación y la evaluación de ecosistemas en todo Chile y en relación con el impacto de los entornos contaminados en la salud pública.	La hidrología isotópica aún no se utiliza de forma rutinaria ni en las evaluaciones de las cuencas hidrográficas ni en los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas. Persiste el estrés de las aguas subterráneas y superficiales, y la capacidad nacional para identificar zonas de recarga y vías de contaminación mediante isótopos sigue siendo limitada. Los datos de referencia sobre la contaminación del suelo y del aire, la atribución de las fuentes (metales/metaloideos, partículas en suspensión) y su impacto en la salud pública son incompletos y no están respaldados de forma sistemática por las técnicas analíticas nucleares. La monitorización de los microplásticos es limitada y la capacidad nacional para la atribución de fuentes y el análisis de las vías de contaminación sigue siendo insuficiente. La capacidad para monitorizar contaminantes en ecosistemas vulnerables (como la Antártida y los salares, entre otros) se encuentra en una etapa inicial y requiere capacidad de laboratorio especializada, personal capacitado y una coordinación sostenida.	Número de cuencas fluviales con evaluaciones de disponibilidad, calidad y fuentes de contaminación del agua realizadas mediante técnicas nucleares e isotópicas en 2032. Número de zonas críticas con datos de referencia sobre la calidad del suelo y del aire y su impacto en la salud pública establecidos mediante técnicas nucleares e isotópicas en 2032. Número de zonas costeras y marinas con evaluaciones de la calidad de los sedimentos, sus fuentes de contaminación y su impacto en la productividad local, realizadas mediante técnicas nucleares e isotópicas en 2032. Número de programas de monitorización de ecosistemas vulnerables (como la Antártida y los salares, entre otros) que aplican técnicas nucleares e isotópicas para el análisis de microplásticos y contaminantes en 2032.	Informes técnicos oficiales y bases de datos de evaluaciones hídricas a nivel de cuenca elaborados por la Dirección General de Aguas, el Ministerio del Medio Ambiente, la CCHEN y las instituciones asociadas que aplican técnicas nucleares e isotópicas. Datos de referencia validados sobre la calidad del suelo y del aire, así como sobre la población afectada, e informes sobre zonas críticas emitidos por autoridades ambientales e instituciones de investigación que utilizan métodos nucleares e isotópicos. Informes de evaluación o documentos técnicos oficiales publicados sobre la calidad de los sedimentos marinos y costeros, la atribución de las fuentes de contaminación y el impacto en la productividad, mediante técnicas nucleares e isotópicas. Informes de programas, registros de laboratorio y resultados científicos que documentan la aplicación de técnicas nucleares e isotópicas en la monitorización de microplásticos y contaminantes en ecosistemas vulnerables (como la Antártida y los salares, entre otros).	Supuestos: Priorización política continua de la protección ambiental, la seguridad hídrica y la adaptación al cambio climático a nivel nacional y de cuenca. Participación institucional sostenida del Ministerio del Medio Ambiente, la Dirección General de Aguas, la CCHEN y las autoridades sectoriales en los procesos de monitorización ambiental y de cuencas. Disponibilidad del personal técnico mínimo y de la capacidad institucional necesaria para asimilar las metodologías y la capacitación proporcionadas por el OIEA. Disposición de las instituciones nacionales a integrar las técnicas nucleares e isotópicas en los marcos de monitorización y planificación existentes.

				Riesgos: Cambios en las prioridades gubernamentales o retrasos en la aplicación de los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas. Mayor frecuencia de fenómenos climáticos extremos (sequías, inundaciones) que interrumpen las mediciones sobre el terreno y las actividades de monitorización. Financiamiento nacional insuficiente o tardío en detrimento de la continuidad de los programas de monitorización ambiental. Fragmentación regulatoria o institucional que limita el uso eficaz de los datos generados para la adopción de decisiones.
--	--	--	--	---

Esfera temática N° 5: Energía

Resultados prácticos	Valor de referencia	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos y riesgos
Fortalecimiento de las capacidades analíticas, técnicas e institucionales nacionales para aplicar técnicas nucleares y conexas en la planificación energética integrada, el desarrollo sostenible del litio y la mejora de la trazabilidad, la garantía de la calidad y la monitorización ambiental en los sectores energético y minero de Chile.	- La energía nuclear aún no está integrada en la planificación energética nacional y las capacidades institucionales para evaluar tecnologías nucleares avanzadas (por ejemplo, los reactores pequeños y medianos o modulares (SMR)) siguen siendo limitadas. - Las capacidades analíticas y tecnológicas nacionales para apoyar una cadena de valor del litio sostenible y de alto valor (incluidas la purificación, la caracterización y los estudios relacionados con isótopos) aún se encuentran en una etapa incipiente. - La aplicación de técnicas nucleares para la trazabilidad, el control de calidad y la monitorización ambiental en los procesos mineros e industriales es limitada en cuanto a su escala y cobertura. - El envejecimiento de la infraestructura del reactor de investigación RECH-1 limita la expansión de los servicios analíticos nucleares, la investigación aplicada y la capacitación de recursos humanos especializados para aplicaciones energéticas e industriales.	Porcentaje de los procesos de planificación energética nacional y de los análisis de viabilidad que integran aportes técnicos nucleares o conexos (incluidos los SMR) en 2032. Número de instituciones nacionales que aplican técnicas analíticas nucleares o conexas a los fines de la caracterización, la purificación o el análisis isotópico del litio en 2032. Número de laboratorios nacionales que prestan servicios analíticos nucleares acreditados a los fines de la trazabilidad y la garantía de la calidad de la minería y el litio en 2032. Porcentaje de procesos prioritarios de minería y producción de litio respaldados por técnicas nucleares a los fines de monitorización ambiental, trazabilidad o control de calidad en 2032.	- Informes aprobados de planificación energética nacional y estudios de viabilidad - Informes y registros técnicos oficiales de la CCHEN y de los laboratorios asociados - Documentación de acreditación y certificación de los servicios analíticos nucleares - Informes de monitorización ambiental y control de calidad de las operaciones mineras y de litio	Supuesto: Cooperación con el OIEA e inversión en I+D. Riesgo: Resistencia al cambio por parte de actores estratégicos y competencia de la industria internacional. Supuesto: Las asociaciones internacionales siguen activas. Riesgo: Baja prioridad dentro de los sistemas nacionales de financiación. Supuesto: Modernización con el apoyo del OIEA (proyecto ARCAL RLAT1012). Riesgo: Obsolescencia del RECH-1. Supuesto: Financiación asegurada. Supuestos: Compromiso continuo del Gobierno con la transición energética, la descarbonización y la minería sostenible en el marco de la Política Energética 2050 y la Política Nacional Minera 2050. Participación institucional sostenida de la CCHEN, las autoridades de energía y

				minería, las instituciones académicas y la industria. Continuación de la CT y el asesoramiento del OIEA. Disponibilidad de personal técnico cualificado para asimilar y aplicar técnicas analíticas nucleares. Riesgos: Consenso político o social limitado sobre el papel de las tecnologías nucleares en la transición energética. Financiación pública insuficiente o tardía para la mejora de las infraestructuras y la modernización de los laboratorios. Obsolescencia tecnológica de la infraestructura nuclear existente si se retrasa su modernización. Presiones de mercado o regulatorias en los sectores del litio y la minería que limitan la adopción de técnicas avanzadas de análisis y trazabilidad.
--	--	--	--	---

Productos	Periodos de tiempo (ciclo futuro de CT)	Contrapartes nacionales pertinentes	Costo aproximado en euros (A)	Estimación de los recursos disponibles en euros (B)	Recursos que deben encontrarse/ movilizarse en euros (A-B)
Fortalecimiento de las capacidades analíticas e instruccionales integradas para apoyar la planificación energética a largo plazo, incluida la evaluación de tecnologías nucleares avanzadas como opciones complementarias de bajas emisiones de carbono.	2026-2032	Ministerio de Energía, CCHEN, OIEA, universidades (Pontificia Universidad Católica, Universidad de Chile).	100 000	10 000	90 000
Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la producción sostenible y trazable de litio, mediante la aplicación de técnicas analíticas nucleares para la caracterización, la garantía de la calidad y la certificación.	2026-2032	Ministerio de Minería, Corporación de Fomento de la Producción, Ministerio de Hacienda, CCHEN	100 000	33 000	67 000
Fortalecimiento de las capacidades analíticas en relación con la minería sostenible y los procesos industriales, mediante el uso de técnicas nucleares para mejorar la trazabilidad de los materiales, la eficiencia de los procesos y la monitorización ambiental.	2026-2032	CCHEN, Reactor Termonuclear Experimental Internacional (ITER), Ministerio de Ciencia, OIEA	115 535	38 000	77 535
Fortalecimiento y utilización sostenible de la infraestructura nacional de investigación nuclear, incluido el reactor RECH-1, para apoyar los servicios analíticos, la capacitación y la I+D aplicada en energía e industria.	2026-2032	Ministerio de Ciencia, CCHEN, universidades, OIEA	115 535	15 000	100 535

Esfera temática N° 6: Aplicaciones de ensayos no destructivos

Resultados prácticos	Valor de referencia	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos y riesgos
Fortalecimiento de las capacidades nacionales para aplicar técnicas nucleares no destructivas respecto a la conservación del patrimonio cultural y a la evaluación estructural preventiva y posterior a sucesos en la gestión del riesgo de desastres.	Las capacidades existentes de END y de irradiación están concentradas en la CCHEN, con una cobertura geográfica limitada y sin un programa nacional formalizado para la conservación del patrimonio cultural y la gestión del riesgo de desastres.	Existencia y grado de implantación de un programa nacional para la aplicación de END y de técnicas de irradiación en la conservación del patrimonio cultural y la gestión del riesgo de desastres. Número de proyectos o actividades de capacitación realizadas por el Centro Subregional de Ensayos No Destructivos centrados en el patrimonio cultural o la gestión del riesgo de desastres.	Documentos oficiales del Gobierno o de la CCHEN que aprueben o establezcan un programa nacional para aplicaciones de END basados en técnicas nucleares. Directrices nacionales aprobadas, protocolos técnicos o procedimientos operativos normalizados publicados por la CCHEN, el Centro Nacional de Conservación y Restauración, el Servicio Nacional del Patrimonio Cultural u otras autoridades competentes.	Voluntad institucional y acceso a financiación sostenida Coordinación interinstitucional efectiva Disponibilidad de recursos técnicos y humanos Logística e infraestructuras regionales aseguradas
Establecer una red de cooperación nacional e internacional	Las aplicaciones de técnicas nucleares no destructivas en la conservación del patrimonio cultural siguen teniendo carácter ocasional, sin protocolos nacionales consolidados para el control del biodeterioro, la gestión de plagas o la evaluación del patrimonio construido. Las instituciones de gestión del riesgo de desastres carecen de acceso sistemático a herramientas de END basados en técnicas nucleares y a procedimientos estandarizados para la evaluación estructural preventiva y posterior a sucesos. Las capacidades de recursos humanos y la coordinación interinstitucional para las aplicaciones de END son incipientes y se basan principalmente en la cooperación por proyectos y en actividades de capacitación a corto plazo. Cooperación ocasional y no sistemática.	Existencia de un programa nacional formalizado para la aplicación de END basados en técnicas nucleares y de técnicas de irradiación en la conservación del patrimonio cultural y la gestión del riesgo de desastres en 2032 (sí/no). Número de protocolos aprobados a nivel nacional para la aplicación de END basados en técnicas nucleares y de técnicas de irradiación en la conservación del patrimonio cultural en 2032. Número de instituciones de gestión del riesgo de desastres con acceso asiduo a servicios de END basados en técnicas nucleares y a procedimientos estandarizados para la evaluación estructural preventiva y posterior a sucesos en 2032. Número de profesionales capacitados y de acuerdos formales de cooperación interinstitucional que respaldan la aplicación de END basados en técnicas nucleares en la	Acuerdos institucionales, registros de servicio e informes anuales de instituciones de gestión del riesgo de desastres y de la CCHEN que documenten el acceso a los servicios de END. Registros de capacitación, certificados, listas de participantes, acuerdos de cooperación firmados o memorandos de entendimiento entre las instituciones participantes.	Disponibilidad sostenida de la infraestructura técnica y del personal especializado de la CCHEN para servicios de END e irradiación. Cooperación continua con el OIEA y el ARCAL para apoyar la creación de capacidad, la capacitación y la transferencia de tecnología. Riesgos: Cambios en las prioridades institucionales o en el liderazgo que reduzcan la demanda de aplicaciones de END en patrimonio y gestión del riesgo de desastres.

		conservación del patrimonio cultural y la gestión del riesgo de desastres en 2032. Número de acuerdos y proyectos internacionales vigentes.		Obsolescencia o mantenimiento insuficiente de equipos especializados de END e irradiación. Limitaciones logísticas y operacionales que restringen el despliegue de equipos de END en regiones remotas o zonas afectadas por desastres. Voluntad política y continuidad en las alianzas estratégicas	
Productos	Periodos de tiempo (ciclo futuro de CT)	Contrapartes nacionales pertinentes	Costo aproximado en euros (A)	Estimación de los recursos disponibles en euros (B)	Recursos que deben encontrarse/ movilizarse en euros (A-B)
Establecimiento de protocolos nacionales normalizados y disposiciones operacionales para la aplicación de técnicas de END de base nuclear en la conservación del patrimonio cultural y la gestión del riesgo de desastres.	2026-2032	CCHEN, Centro Nacional de Conservación y Restauración, Ministerio de Obras Públicas, Instituto Nacional de Normalización, OIEA, ARCAL, Servicio Nacional del Patrimonio Cultural	150 000	50 000	100 000
Fortalecimiento de las capacidades institucionales y de recursos humanos de las autoridades de patrimonio cultural y de gestión del riesgo de desastres para el uso sistemático de técnicas de END de base nuclear.	2026-2032	CCHEN, Centro Nacional de Conservación y Restauración, Servicio Nacional del Patrimonio Cultural, Subdirección Nacional de Museos, Museo Histórico Nacional, Museo Nacional de Bellas Artes, Museo de Historia Natural de Valparaíso, Biblioteca Nacional, Archivo Nacional.	170 000	56 667	113 333
Consolidación de mecanismos de cooperación nacionales e internacionales para apoyar la aplicación sostenible de tecnologías de END de base nuclear en la conservación del patrimonio y la gestión del riesgo de desastres.	2026-2032	CCHEN, Centro Nacional de Conservación y Restauración, Servicio Nacional del Patrimonio Cultural, universidades (Universidad de Chile, Universidad Finis Terrae), Instituto Nacional de Normalización.	100 000	33 333	66 667

	2026-2032	Empresas públicas y privadas (Durability, SI3).	173 500	57 833	115 667
	2026-2032	CCHEN, Centro Nacional de Conservación y Restauración, Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, Servicio Nacional del Patrimonio Cultural.	250 000	83 333	166 667
	2026-2032	CCHEN, Ministerio de Relaciones Exteriores, Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, OIEA, ARCAL.	50 000	20 000	30 000
			Costo aproximado en euros (A)	Estimación de los recursos disponibles en euros (B)	Recursos que deben encontrarse/movilizarse en euros (A-B)
			893 500	301 167	592 333

3.1. CUADRO RECAPITULATIVO DE LOS RECURSOS

Esfera temática	Costo aproximado en euros (A)	Estimación de los recursos* disponibles en euros (B)	Recursos que deben encontrarse/movilizarse en euros (A-B)	
Esfera temática N° 1: Seguridad nuclear, tecnológica y física y seguridad radiológica	2 800 000	1 270 000	1 530 000	(+)
Esfera temática N° 2: Agricultura y alimentación	1 040 000	286 000	754 000	(+)
Esfera temática N° 3: Salud y nutrición	1 040 000	286 000	754 000	(+)
Esfera temática N° 4: Agua y medio ambiente	1 480 800	580 800	900 000	(+)
Esfera temática N° 5: Energía e industria	1 186 070	286 000	900 070	(+)
Esfera temática N° 6: Aplicaciones de ensayos no destructivos	893 500	301 167	592 330	
	Costo global estimado del MPN	Estimación total de los recursos* disponibles para el MPN	Total de recursos que se deberán encontrar/movilizar	
	8 440 370	3 009 967	5 430 400	(=)
	Estimación de la participación del Gobierno en los gastos (incluida en el total anterior de los recursos* disponibles - B)		20 000	
	Estimación de otras contribuciones, extrasupuestarias de donantes/asociados que han expresado interés (incluida en el total anterior de los recursos* disponibles - B)		0	
	Estimación de las contribuciones en especie del Gobierno y otros asociados/donantes que han expresado interés (incluida en el total anterior de los recursos* disponibles - B)		2000	

(*) - Las cifras que se muestran son indicativas. La firma del MPN no compromete ni al Estado Miembro ni al OIEA a financiar la ejecución del marco, ni presupone un mantenimiento de los niveles de financiación por parte del Organismo. El propósito principal es prestar asistencia para la planificación y priorización del MPN.

(**) - Esta estimación debería reflejar el valor total estimado (en euros) de las contribuciones en especie hechas por el Estado Miembro para ejecutar el programa planificado (ejemplos de contribuciones en especie: tiempo de trabajo, infraestructura, materiales, equipo, reparaciones, obras de construcción, costos de muestreo, costos de expedición, etc.)

4. EJECUCIÓN DEL PROGRAMA Y APOYO CONEXO

4.1 COORDINACIÓN DEL MPN

El proceso de preparación de este MPN estuvo coordinado y dirigido por la CCHEN, como institución anfitriona de la Oficina Nacional de Enlace (ONE), y el Oficial de Administración de Programas (OAP) de la División para América Latina y el Caribe del Departamento de Cooperación Técnica del OIEA. El proceso fue liderado por la Oficina de Alianzas Estratégicas y Relaciones Internacionales de la CCHEN.

Como primer paso, se conformó un grupo de trabajo interno de la CCHEN para cada una de las seis esferas temáticas y se designó un responsable para llevar a cabo la actualización de la información de cada esfera temática. Este equipo de profesionales elaboró un primer proyecto del documento, que fue presentado al OIEA para que formulara comentarios.

En una segunda etapa, se definieron los actores externos pertinentes del sector industrial, académico y público que podían aportar su visión sobre las diversas cuestiones prioritarias. Para recabar sus opiniones, se celebraron dos reuniones de contextualización a fin de explicar la pertinencia del MPN y lo que se les pedía para llevar a cabo el proceso de actualización de la información. Posteriormente, fueron asignados a diferentes equipos temáticos y se crearon espacios virtuales para el diálogo y la participación conjunta.

A lo largo de esta fase participativa, se incorporó activamente una perspectiva de género. Se solicitó orientación al Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género sobre cómo integrar este enfoque en todas las etapas del proceso. En consecuencia, se invitó a participar a asesoras de género de distintos ministerios y a especialistas del Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género en materias específicas, y se promovió activamente una participación equilibrada en cada instancia de diálogo.

Finalmente, se celebró un taller en el que todos los participantes se reunieron presencialmente para consolidar las aportaciones de cada esfera temática. Estas aportaciones se recopilaron y, junto con los comentarios recibidos del OIEA, se integraron en una segunda versión del documento, que posteriormente se presentó al OIEA para su evaluación final.

En nombre del OIEA, el OAP coordinó las contribuciones pertinentes de los departamentos técnicos del OIEA.

4.2 EXAMEN FUTURO DEL MPN

En caso necesario, se realizarán futuros exámenes de los progresos y el desarrollo de las actividades contempladas en este MPN antes de que finalice el siguiente ciclo de CT, es decir, a finales de 2027.

La experiencia adquirida a partir de estos exámenes servirá para brindar una mejor orientación con miras a la formulación de nuevas propuestas de proyectos para el próximo ciclo del programa de CT. En este sentido, en el examen se llevarán a cabo, entre otras acciones, las siguientes:

- evaluar el desempeño general de los proyectos con respecto al MPN. Definir los puntos fuertes y débiles de su aplicación;
- evaluar los resultados y las enseñanzas extraídas en la ejecución de los proyectos, como

referencia para otras iniciativas similares que el OIEA pueda considerar apoyar en el futuro;

- formular propuestas y recomendaciones sobre la futura ejecución de proyectos que se podrían incluir en el MPN y realizar ajustes al MPN para mejorar el logro de los objetivos que se pretenden alcanzar, y
- determinar las enseñanzas extraídas y las buenas prácticas, incluidas posibles actualizaciones en las esferas prioritarias para la programación futura.

En lo que respecta a los documentos que han sido utilizados como referencia para la elaboración de este MPN, si alguno de ellos quedara obsoleto antes de la finalización de este, sus ediciones posteriores serán revisadas e incorporadas, según corresponda, durante el proceso de examen del MPN.

Por otro lado, dado que el MPN está concebido como una herramienta flexible que se adapta a circunstancias cambiantes, podrá actualizarse según sea necesario, por ejemplo, para ajustarse a cambios en las prioridades nacionales, abordar problemas no previstos o incorporar las enseñanzas extraídas para la mejora del programa. También se tendrán en cuenta los cambios significativos (positivos o negativos) que hayan incidido en el programa.

El examen estará a cargo del OAP de la División para América Latina y el Caribe del Departamento de Cooperación Técnica del OEA y del ONE en la CCHEN. El examen final y la actualización del próximo MPN se llevarán a cabo a más tardar a comienzos de 2030, un año antes del vencimiento de este MPN.

4.3 COORDINACIÓN CON LOS ASOCIADOS

Chile es Estado Miembro de las Naciones Unidas desde 1945 y, en tal calidad, adoptó la Agenda 2030 con sus 17 ODS. Para llevar a la práctica esta Agenda, Chile creó el Consejo Nacional para la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible mediante el Decreto N° 49 del Ministerio de Relaciones Exteriores. Está integrado por el Ministerio de Relaciones Exteriores, que lo preside, el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, el Ministerio de Desarrollo Social y el Ministerio del Medio Ambiente. El Consejo ha establecido los siguientes seis ODS como prioridades para este año: ODS 4 (Educación de calidad), ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), ODS 10 (Reducción de las desigualdades), ODS 13 (Acción por el clima), ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas) y ODS 17 (Alianzas para lograr los objetivos).

La asociación entre Chile y las Naciones Unidas se rige por el MCNUDS, un instrumento estratégico nacional de planificación que reúne los acuerdos entre el sistema de las Naciones Unidas y el Gobierno de Chile. Su última versión se firmó en 2023.

Este MPN se ha elaborado sobre la base de las prioridades estratégicas nacionales, a las que el programa de CT del OEA puede aportar una contribución significativa. Además, se tuvieron en cuenta diversos marcos, políticas y acuerdos regionales, como el Perfil Estratégico Regional del ARCAL y acuerdos internacionales, por ejemplo, en el ámbito del cambio climático, con organismos de las Naciones Unidas como la FAO, la OMS o la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), entre otros. Por su parte, el OEA forma parte del equipo de las Naciones Unidas en el país como organismo no residente y ha trabajado con organizaciones de las Naciones Unidas en la ejecución de programas anteriores de CT.

En lo que respecta a los países donantes o a los organismos y asociados que apoyan a Chile en sus actividades de desarrollo pertinentes para la ejecución del programa de CT propuesto en este MPN, cabe mencionar el Departamento de Energía de los Estados Unidos, la Iniciativa Mundial de Lucha contra el Terrorismo Nuclear y el Centro Internacional de Física Teórica, entre otros. Se han definido los principales asociados clave para la ejecución del programa propuesto en el marco de este MPN. A escala nacional, se trata de los Ministerios de Salud, de Energía, de Agricultura y del Medio Ambiente.

A escala internacional, se trata de las organizaciones del sistema de las Naciones Unidas, los países donantes y los organismos. Los proyectos previstos se llevarán a cabo en universidades, centros tecnológicos, laboratorios e institutos.

Chile participa en ocho proyectos coordinados de Investigación del OIEA. El Instituto de Investigaciones Agropecuarias participa en un proyecto para analizar el enriquecimiento de isótopos de nitrógeno con el fin de estimar la eficiencia en el uso del nitrógeno por vacas lecheras en sistemas pastoriles templados, con miras a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. La Fundación para el Desarrollo Frutícola participa en un proyecto relacionado con la TIE y pupas postirradiadas para la cría *Lobesia botrana*, así como en otro proyecto relativo al control de *Drosophila suzukii* en plantaciones de cerezo; la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile participa en un proyecto para evaluar residuos de betalaclámicos en pollos de engorde; la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile participa en un proyecto sobre la absorción y la pérdida de hierro en condiciones de inflamación crónica de baja a moderada intensidad; la Universidad Andrés Bello participa en un proyecto sobre la caracterización y cuantificación de los recursos hídricos en la zona centro-norte de Chile; la Universidad de Maule participa en un proyecto sobre el despliegue de sistemas híbridos de energía nuclear y energías renovables para una descarbonización profunda de la matriz energética de Chile, y la CCHEN participa en un proyecto sobre la evaluación del impacto ambiental de la transferencia de radionucleidos desde el suelo a los cultivos en regiones áridas y semiáridas de Chile.

ANEXO 1 MATRIZ DE ASOCIACIONES

Esfera temática	Resultado práctico en el plan nacional o la estrategia sectorial.	Resultados prácticos en el MPPN	Vinculación con los ODS	Vinculación con los resultados previstos del MCNUDS	Asociados pertinentes
Seguridad nuclear tecnológica y física y seguridad radiológica	[Plan Nacional de Emergencias Nucleares y Radiológicas de 2022]: Garantiza una respuesta coordinada y eficaz ante situaciones de emergencia, minimizando los riesgos para la salud pública y el medio ambiente.	Fortalecimiento de la infraestructura nacional de seguridad nuclear y radiológica, incluidas las funciones reguladoras, las capacidades técnicas y la preparación para casos de emergencia en las instituciones de Chile.	ODS 3, 9, 16 y 17.	Prioridad estratégica 2: Fortalecimiento de las instituciones democráticas y de la seguridad para un nuevo contrato social inclusivo. Relacionada directamente con: Resultado práctico 2.1: Garantía de derechos civiles y políticos, transparencia e instituciones eficaces (con especial atención a la independencia de la función reguladora y la seguridad). Prioridad estratégica 1: Igualdad sustantiva en el acceso a los derechos (seguridad en salud)	A escala nacional: CCHEN Ministerio de Salud Ministerio de Energía Ministerio del Interior/ CONSER Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres Instituto de Salud Pública A escala internacional: OIEA Departamento de Energía de los Estados Unidos Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares Asociación Internacional de Protección Radiológica
Alimentación y agricultura	Ref. [2]: Promueve la adaptación para mitigar el impacto climático en el sector forestal y agrícola, en consonancia con [1].	Mayor disponibilidad de alimentos y mejor desarrollo de la capacidad agroforestal en el país en 2032.	ODS 2, 12, 13 y 15.	Prioridad estratégica 3: Modelo de desarrollo sostenible, inclusivo y resiliente para abordar la crisis climática, la pérdida de biodiversidad y la contaminación.	A escala nacional: Ministerio de Agricultura Sociedad Nacional de Agricultura Servicio Agrícola y Ganadero Oficina de Estudios y Políticas Agrarias

Esfera temática	Resultado práctico en el plan nacional o la estrategia sectorial	Resultados prácticos en el MPN	Vinculación con los ODS	Vinculación con los resultados previstos del MCNUDS	Asociados pertinentes
Salud y nutrición	Ref. [15]: Protege el patrimonio alimentario y promueve dietas saludables y la inocuidad de los alimentos.			Relacionada directamente con: Resultado práctico 3.1: Producción y consumo sostenibles, inclusivos y resilientes, con una transición socioecológica justa, trabajo decente, diversificación económica y financiación.	Instituto de Desarrollo Agropecuario Instituto Forestal Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro de Información de Recursos Naturales Universidades Productores (Red Apícola, ChileOliva) Ministerio de Salud Instituto de Salud Pública Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria Chilealimentos Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura Asociación Nacional de Productores de Semillas Centro de Estudios en Alimentos Procesados
	Ref. [16]: Fortalecer la agricultura a pequeña escala y la agricultura indígena, así como el sector rural.			Resultado práctico 3.2: Uso sostenible de los recursos naturales, restauración y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.	A escala internacional: FAO Banco Interamericano de Desarrollo
	Ref. [17]: La consolidación como herramienta eficaz para el control y la calidad de los alimentos. Ref. [35]: Busca garantizar la inocuidad de los alimentos.			Efecto 3.3: Adaptación y mitigación del cambio climático, resiliencia y gestión de desastres y emergencias.	
Salud y nutrición	Ref. [8]: Busca mejorar el acceso a los servicios de salud.			Prioridad estratégica 1: Igualdad sustantiva en el acceso y disfrute de los derechos económicos, sociales, culturales y ambientales.	A escala nacional: Ministerio de Salud Sociedad Chilena de Cancerología Instituto Nacional del Cáncer Fundación Chile Sin Cáncer Instituto de Radiomedicina Hospitales, clínicas, centros de diagnóstico Instituto de Salud Pública Fondo Nacional de Salud Coordinadora Nacional de Procuramiento y Trasplante de Órganos y Tejidos Banco Nacional de Tejidos Sociedad Chilena de Hematología Sociedad Chilena de Medicina Transfusional Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas
	Ref. [13]: Guía la política de salud, incluidos los Planes Nacionales de Cáncer (2022-2027 y 2018-2028)	Mejora de la salud y la nutrición de la población en 2032.	ODS 2 y 3	Relacionada directamente con: Efecto 1.4: Sistemas públicos de enseñanza, alimentación y salud de alta calidad, sostenibles y resilientes.	
	Ref. [14]: Promueve la salud integral de la mujer. Ref. [17]: Establece principios para una nutrición adecuada y segura.				

Esfera temática	Resultado práctico en el plan nacional o la estrategia sectorial.	Resultados prácticos en el MPN	Vinculación con los ODS	Vinculación con los resultados previstos del MCNUDS	Asociados pertinentes
	Ref. [18]: Aborda la salud y la nutrición infantil. Ref. [20]: Fortalece el sistema de atención y el acceso al apoyo.				Universidades u otros centros de investigación Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación <u>A escala internacional:</u> OIEA OMS Organización Panamericana de la Salud FAO
Agua y medio ambiente	Ref. [1]: Orienta la acción climática a largo plazo. Ref. [2]: Busca la neutralidad en gases de efecto invernadero para 2050 y la adaptación al clima, proponiendo planes estratégicos de recursos hídricos. Ref. [6]: Proporciona la infraestructura necesaria para afrontar los problemas relacionados con el agua y satisfacer la demanda. Ref. [7]: Fortalece la gestión del riesgo ambiental. Ref. [30]: Protege y gestiona la biodiversidad. Ref. [33]: Aborda la contaminación marina.	Para 2032, aumentar la generación de conocimientos sobre la disponibilidad, la gestión y el uso de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, utilizando un enfoque de cuenca, así como aumentar el conocimiento sobre la calidad del suelo, la calidad del aire, los medios marino y costero y el impacto de los entornos contaminados en la salud pública.	ODS 3, 6, 7, 11, 12, 14 y 15.	Prioridad estratégica 3: Modelo de desarrollo sostenible, inclusivo y resiliente para abordar la crisis climática, la pérdida de biodiversidad y la contaminación. Relacionada directamente con: Efecto 3.1: Producción y consumo sostenibles, inclusivos y resilientes, con una transición socioecológica justa, trabajo decente, diversificación económica y financiación. Resultado práctico 3.2: Uso sostenible de los recursos naturales, restauración y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. Efecto 3.3: Adaptación y mitigación del cambio climático, resiliencia y gestión de desastres y emergencias.	<u>A escala nacional:</u> Ministerio del Medio Ambiente Dirección General de Aguas Escenarios Hídricos 2030 Comisión Nacional de Riego Consejo Nacional para la Sustentabilidad y el Cambio Climático Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante Instituciones de investigación marina y costera Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de Chile Universidades, centros de enseñanza superior Servicio Nacional de Geología y Minería Instituto de Fomento Pesquero Instituto Milenio de Oceanografía, con sede en la Universidad de Concepción Facultad de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Estrategia temática	Resultado práctico en el plan nacional o la estrategia sectorial.	Resultados prácticos en el IMPN	Vinculación con los ODS	Vinculación con los resultados previstos del MCNUDS	Asociados pertinentes
Energía	Ref. [3]: Promueve el desarrollo de fuentes de energía limpias. Ref. [4]: Orienta la reducción de emisiones en la matriz energética. Ref. [21]: Establece el marco para el desarrollo nuclear en el país. Ref. [24]: Busca un sector energético fiable, inclusivo, competitivo y sostenible. Ref. [25]: Promueve la eficiencia, la investigación y la innovación tecnológica, y la trazabilidad ambiental en la minería. Ref. [27]: Promueve la I+D en el sector.	Diversificación de la matriz energética con energía nuclear y energías renovables no convencionales. Procesos sostenibles para la extracción de litio. Técnicas nucleares en la minería. Modernización del reactor RECH-1.	ODS 7, 9, 12 y 13.	Prioridad estratégica 3: Modelo de desarrollo sostenible, inclusivo y resiliente para abordar la crisis climática, la pérdida de biodiversidad y la contaminación. Relacionada directamente con: Resultado práctico 3.1: Producción y consumo sostenibles, inclusivos y resilientes, con una transición socioecológica justa, trabajo decente, diversificación económica y financiación. Resultado práctico 3.2: Uso sostenible de los recursos naturales, restauración y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. Efecto 3.3: Adaptación y mitigación del cambio climático, resiliencia y gestión de desastres y emergencias.	A escala nacional: Ministerio de Energía CCHEN Coordinador Eléctrico Nacional Comisión Nacional de Energía Superintendencia de Electricidad y Combustibles Ministerio de Minería Corporación de Fomento de la Producción Instituto Nacional de Normalización Servicio Nacional de Aduanas SQM Albermarle CODELCO Litio Universidades y centros de investigación Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile Sector energético privado A escala internacional: Agencia Internacional de Energía Organización Latinoamericana de Energía CEPAL ONUDI Banco Mundial ITER
Aplicaciones industriales	Refuerza la gestión del riesgo de desastres, priorizando la inspección de estructuras civiles e	Establecimiento de capacidades en la aplicación de técnicas de END en la conservación	ODS 9, 11, 13 y 17.	Prioridad estratégica 2: Fortalecimiento de las instituciones democráticas y de la seguridad para un nuevo contrato social inclusivo.	A escala nacional: CCHEN Centro Nacional de Conservación y Restauración

Esfera temática	Resultado práctico en el plan nacional o la estrategia sectorial.	Resultados prácticos en el MPN	Vinculación con los ODS	Vinculación con los resultados previstos del MCNUIDS	Asociados pertinentes
	Industriales para evaluar su integridad estructural. Refuerza el desarrollo integral de las medidas de investigación, protección y conservación del patrimonio cultural y natural. Busca la coordinación y articulación de las iniciativas estatales relacionadas con la gestión del patrimonio cultural, reconociéndolo como un bien público.	del patrimonio cultural y en la aplicación de protocolos preventivos para la gestión del riesgo de desastres.		Relacionada directamente con: Efecto 2.1: Garantía de los derechos civiles y políticos y fortalecimiento de los mecanismos de diálogo y participación. Prioridad estratégica 3: Modelo de desarrollo sostenible, inclusivo y resiliente para abordar la crisis climática, la pérdida de biodiversidad y la contaminación. Relacionada directamente con: Efecto 3.3: Adaptación al cambio climático y mitigación de este, resiliencia y gestión de desastres y emergencias.	Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres Servicio Nacional del Patrimonio Cultural Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio Museos nacionales (Museo Nacional de Bellas Artes, Museo Nacional de Historia Natural) Museos locales Biblioteca Nacional Archivo Nacional Universidades (Universidad de Chile, Universidad Finis Terrae) Instituto Nacional de Normalización Durability SIS <u>A escala Internacional:</u> OIEA ARCAL

ANEXO 2 LISTA DE INSTITUCIONES PARTICIPANTES

Instituciones		Funciones y responsabilidades en el ámbito nuclear y radiológico
en el país:	Instalaciones nucleares y radiactivas	Explotación de aplicaciones de radiación ionizante en el ámbito de la salud o la industria. Cumplimiento con los requisitos de la autoridad competente (CCHEN o Ministerio de Salud).
	Organismos estatales que desempeñan un papel en los organismos del Sistema Nacional de Protección Civil y del Sistema de Inteligencia del Estado: CONSER	Participación en la prevención, la preparación y la respuesta para casos de emergencias nucleares y radiológicas, así como de incidentes relacionados con la seguridad física. Coordinación a través de CONSER u otros organismos.
Organismos sectoriales estatales:		Supervisan y controlan la legislación y la reglamentación aplicables a diferentes esferas temáticas.
Organismos reguladores: CCHEN, Ministerio de Salud, Servicio Agrícola y Ganadero, Instituto de Salud Pública, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Dirección General de Aguas, Superintendencia de Electricidad y Combustibles, Comisión Nacional de Energía, Servicio Nacional de Geología y Minería, entre otros.		
Organismos sectoriales estatales:		Lideran el desarrollo sostenible y la creación de políticas públicas. Generan información básica para la toma de decisiones y la ejecución de acciones en el ámbito de sus competencias sectoriales.
Ministerio de Desarrollo Social y Familia, Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo		Posibles fuentes de financiación nacional para proyectos de creación de capacidad.
Universidades, institutos tecnológicos y centros de estudio		Participación en proyectos de investigación, desarrollo y aplicación de tecnologías nucleares y conexas. Reflejo del impacto en la difusión y transferencia de información y tecnología.
Centros de salud y centros educativos relacionados con la física médica		Establecimiento de vínculos entre la formación académica y la formación clínica en especialidades de física médica (radiología diagnóstica, medicina nuclear, radioterapia).
Hospitales, clínicas y otros centros de salud		Aplican técnicas nucleares en la atención de la salud. Aplican políticas de salud pública y facilitan el acceso a los servicios.
Sociedades, fundaciones, cooperativas y consultores: Sociedad Chilena de Cancerología, Fundación Chile Sin Cáncer, Sociedad Nacional de Agricultura, entre otros.		Aplicación de los resultados de los proyectos de CT en los ámbitos de desarrollo de las esferas temáticas.
Organismos internacionales: FAO, OMS, CEPAL, entre otros.		Establecen vínculos de cooperación con organizaciones para llevar a cabo programas específicos e impulsar acciones y desafíos en esferas temáticas.

ANEXO 3 MARCO JURÍDICO Y TRATADOS RELACIONADOS

CON EL OIEA

LEYES – DECRETOS

El marco jurídico nacional que regula las actividades nucleares en Chile se basa en la Ley de Seguridad Nuclear (N° 18.302) y en las leyes orgánicas que establecen la CCHEN y el Ministerio de Energía. Este marco legislativo se aplica mediante un conjunto integral de decretos supremos que establecen reglamentación específica en materia de protección radiológica, seguridad física y transporte seguro de material radiactivo, definiendo las competencias regulatorias de las autoridades competentes, como se detalla a continuación.

Ley N° 16319: crea la CCHEN.
Decreto Ley N° 1557: modifica Ley Orgánica de la Comisión Chilena de Energía Nuclear y dicta normas sobre contratos de operación
Ley N° 18302 (modificada por las Leyes N° 18730, N° 19825 y N° 20402): Ley de Seguridad Nuclear
Decreto Supremo N° 133: aprueba reglamento sobre autorizaciones para instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes, personal que se desempeña en ellas, u opere tales equipos y otras actividades afines.
Decreto Supremo N° 87: aprueba el reglamento de protección física de las instalaciones y de los materiales nucleares.
Decreto Supremo N° 3: aprueba reglamento sobre protección radiológica para instalaciones radiactivas.
Decreto Supremo N° 12: aprueba reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos.
Decreto N° 82: aprueba reglamento de protección física de materiales radiactivos en instalaciones radiactivas de primera categoría.
Ley N° 19937: Ley de Autoridad Sanitaria
Ley N° 20402, fecha de promulgación: 25 de noviembre de 2009, fecha de publicación: 3 de diciembre de 2009. Crea el Ministerio de Energía, estableciendo modificaciones al Decreto Ley N° 2.224, de 1978 y a otros cuerpos legales.
Las modificaciones “a otros cuerpos legales” que afectan a la CCHEN se encuentran en los siguientes instrumentos:
Artículo 4 de la Ley N° 16319, Ley Orgánica de la Comisión de Energía Nuclear de Chile, que se modifica de la siguiente manera:
1. En el tercer párrafo del artículo 1, la palabra “Minería” se sustituye por “Energía”.
2. En el apartado b) de la tercera sección del artículo 9, se sustituye la palabra “Minería” por “Energía”.
Artículo 5. En la Ley N° 18302 (Ley de Seguridad Nuclear) se sustituye la palabra “Minería” por “Energía” en todas las disposiciones donde aparece.

TRATADOS BAJO LOS AUSPICIOS DEL OIEA

Acronimo OIEA	Título	Entrada en vigor	Estado
PI	Acuerdo sobre Privilegios e Inmunidades del OIEA	8 de diciembre de 1987	Aceptación: 8 de diciembre de 1987
CV	Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares	23 de febrero de 1990	Firmado: 18 de agosto de 1988 Ratificación: 23 de noviembre de 1989
CV/PF	Protocolo Facultativo sobre Jurisdicción Obligatoria para la Solución de Controversias		No es parte
CPFMN	Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares	27 de mayo de 1994	Adhesión: 27 de abril de 1994
CPFMN/E	Enmienda de la Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares	8 de mayo de 2016	Aceptación: 12 de marzo de 2009
CPNAN	Convención sobre la Pronta Notificación de Accidentes Nucleares	15 de diciembre de 2005	Firmado: 26 de septiembre de 1986 Ratificado: 15 de noviembre de 2005
CAANER	Convención sobre Asistencia en caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica	23 de octubre de 2004	Firmado: 26 de septiembre de 1986 Ratificación: 22 de septiembre de 2004
PC	Protocolo común relativo a la aplicación de la Convención de Viena y del Convenio de París	27 de abril de 1992	Firmado: 21 de septiembre de 1988 Ratificación: 23 de noviembre de 1989
CSN	Convención sobre Seguridad Nuclear	20 de marzo de 1997	Firmado: 20 de septiembre de 1994 Ratificado: 20 de diciembre de 1996
CC	Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos	25 de diciembre de 2011	Adhesión: 26 de septiembre de 2011
PVC	Protocolo de Enmienda de la Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares		No es parte
CINSUP	Convención sobre Indemnización Suplementaria por Daños Nucleares		No es parte

ACUERDOS DE COOPERACIÓN TÉCNICA

Acronimo OIEA	Título	Entrada en vigor	Estado
ASR	Acuerdo Suplementario Revisado sobre la Prestación de Asistencia Técnica por el OIEA	29 de agosto de 1980	Firmado: 29 de agosto de 1980
ACR	Acuerdo de Cooperación Regional para la Investigación, el Desarrollo y la Capacitación en materia de Ciencias y Tecnología Nucleares, 2017		No es parte
AFRA	Acuerdo de Cooperación Regional en África para la Investigación, el Desarrollo y la Capacitación en materia de Ciencias y Tecnología Nucleares – Quinta prórroga		No es parte
ARCAL	Acuerdo para volver a prorrogar el Acuerdo de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe	5 de septiembre de 2020	Aceptación: 11 de agosto de 2020
ARASIA	Acuerdo de Cooperación en los Estados Árabes de Asia para la Investigación, el Desarrollo y la Capacitación en materia de Ciencias y Tecnología Nucleares - Primera prórroga		No es parte

ACUERDOS DE SALVAGUARDIAS

Nº reg.	Título	Entrada en vigor	Estado
1661	Acuerdo entre la República de Chile y el OIEA para la aplicación de salvaguardias en relación con el Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe (Tratado de Tlatelolco)	5 de abril de 1995	Firmado: 5 de abril de 1995
1762	Protocolo Adicional al Acuerdo entre la República de Chile y el OIEA para la aplicación de salvaguardias en relación con el Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe	3 de noviembre de 2003	Firmado: 19 de septiembre de 2002

MEMORANDOS DE ENTENDIMIENTO

Fecha	Instrumento	Objetivo
Abril de 2024	Memorando de entendimiento entre el Organismo Internacional de Energía Atómica y la República de Chile sobre cooperación en el ámbito de la Tecnología Nuclear para el Control de la Contaminación por Plásticos (NUTEC Plásticos).	El objetivo del presente Memorando es establecer el marco de la cooperación no exclusiva entre las Partes en el ámbito de la Tecnología Nuclear para el Control de la Contaminación por Plásticos (NUTEC Plásticos). Las Partes han determinado las actividades siguientes como aquellas en las que se podrá cooperar, con sujeción a sus respectivos mandatos, reglamentos, normas, políticas y procedimientos vigentes: 1. Colaboración técnica mediante la organización de misiones de expertos a Chile y actividades de enseñanza y capacitación necesarias para tomar muestras, realizar análisis y generar los conocimientos y datos necesarios sobre la situación de los micropásticos en la Antártida. 2. Colaboración en la organización de los arreglos logísticos especiales necesarios para facilitar el acceso de expertos científicos a lugares remotos de la Antártida. 3. Transferencia de asistencia técnica, equipo y tecnología nuclear, en el entendimiento de que el Gobierno de Chile puede nombrar instituciones receptoras. 4. Intercambio y promoción de información, incluidas publicaciones y prácticas óptimas en el ámbito de la cooperación, de conformidad con las normas y el marco jurídico de cada una de las Partes.
Abril de 2024	Disposiciones prácticas entre el Organismo Internacional de Energía Atómica y la Comisión Chilena de Energía Nuclear sobre cooperación en el ámbito de las aplicaciones de la tecnología nuclear en la minería sostenible y las aplicaciones del litio en la energía nuclear.	El objetivo de las presentes disposiciones prácticas es establecer el marco para la cooperación no exclusiva entre las Partes en el ámbito de las aplicaciones de la tecnología nuclear en la minería sostenible y las aplicaciones del litio en la energía nuclear. Las Partes han determinado las actividades siguientes como aquellas en las que se podrá cooperar, con sujeción a sus respectivos mandatos, reglamentos, normas, políticas y procedimientos vigentes: 1. Colaboración técnica en la investigación de las aplicaciones del litio en la energía nuclear.

		2. Transferencia de asistencia técnica, equipo y tecnología nuclear, con miras a fortalecer las capacidades de Chile en la minería sostenible. 3. Intercambio y difusión de información no clasificada, incluidas publicaciones y prácticas óptimas, con el fin de promover la cooperación regional.
--	--	--

ANEXO 4 INFORMACIÓN SOBRE LOS LOGROS DE ANTERIORES PROGRAMAS DE CT

Chile firmó el Acuerdo Suplementario Revisado sobre la Prestación de Asistencia Técnica por el OIEA en 1980. En los primeros años y hasta comienzos de la década de 1990, la asistencia recibida permitió establecer infraestructura y capacitar recursos humanos en el ámbito nuclear en el país. Desde 1980, diversas instituciones nacionales han participado en proyectos de CT. En sus primeros años, la asistencia técnica del OIEA se centró en el desarrollo de infraestructura, tanto físicas como de recursos humanos, en universidades y centros de investigación, incluida la CCHEN. Esta labor generó la capacidad de adquirir tecnologías competitivas, lo que constituyó el eje de la segunda fase de lo que se denominó el programa de CT del OIEA.

En consonancia con las estrategias posteriores establecidas para la CT, Chile abordó problemas con un impacto económico y social significativo en sectores relevantes para su desarrollo, como la salud (control de calidad en diagnóstico por imagen y mamografía), la agricultura (fertilizantes, plaguicidas), la industria, la minería (minería del cobre), la pesca (marea roja, exportación de productos), los recursos hídricos y el medio ambiente. En los últimos años, se ha puesto énfasis en los ODS, en los que la ciencia y la tecnología nucleares pueden desempeñar un papel importante, por ejemplo, en la mitigación del cambio climático y la adaptación a este, la salud humana y los recursos hídricos, entre otros.

La CCHEN ha impulsado una serie de proyectos fundamentales destinados a fortalecer las capacidades nacionales en ámbitos esenciales de la ciencia y la tecnología nucleares. Estos proyectos se han desarrollado en distintos ciclos, cada uno con un enfoque específico, en la mejora de la infraestructura, la capacitación de recursos humanos y la implantación de tecnologías avanzadas en Chile. Actualmente se están ejecutando cuatro líneas de trabajo: contribuir al fortalecimiento de los planes estratégicos de gestión de los recursos hídricos para acuíferos; fortalecer las capacidades para establecer métodos armonizados a nivel internacional a fin de determinar la trazabilidad del origen y confirmar la identificación de micropílasticos mediante técnicas nucleares; contribuir a mejorar el valor de los productos agrícolas orgánicos producidos por pequeños y medianos productores, y fortalecer las capacidades nacionales en el marco del memorando de entendimiento en relación con NUTEC Plásticos suscrito entre Chile y el OIEA, que se centra en la investigación y la monitorización de micropílasticos en la Antártida.

Cabe destacar que la asistencia recibida del OIEA, paralelamente a los proyectos de CT, se materializó en el contexto de la pandemia de COVID-19 mediante la entrega de cuatro (4) kits completos de diagnóstico a laboratorios chilenos. Las instituciones beneficiarias fueron las siguientes: 1. - Hospital Claudio Vicuña de Valparaíso; 2. - Hospital Dr. Augusto Riffart de Castro; 3. - Hospital de Santa Cruz en Santa Cruz; 4. - Laboratorio Veterinario del Servicio Agrícola y Ganadero. El costo final estimado del equipo suministrado es de 540 000 euros (incluidos el equipo, los kits y el envío). Los fondos extrapresupuestarios proceden de los Estados Unidos (1) y Takeda (3). Por otro lado, los laboratorios nacionales participaron activamente en la serie de seminarios web ofrecidos por el OIEA para apoyar a los laboratorios en el diagnóstico de la COVID-19.

En 2023, mediante proyectos nacionales, el OIEA apoyó la adquisición de equipos importantes, tales como equipos de genotipado, cromatógrafos de gases y periféricos del analizador de espacio libre superior del espectrómetro de masas para la autenticidad de los alimentos, así como un sistema microbeta para el fortalecimiento de las capacidades de detección de toxinas marinas. Además de lo anterior, cabe destacar la modernización del reactor de investigación RECH-1, que permitirá ampliar sus capacidades, con un costo de 1 000 000 euros, de los cuales Chile aporta 260 000 euros en el marco de un esquema de cofinanciación gubernamental.

Además de los fondos asignados al programa de CT, el OIEA proporcionó apoyo extraordinario para lo siguiente:

- Un sistema de monitorización radiológica, por valor de 56 000 euros, a fin de fortalecer los aspectos tecnológicos y físicos relevantes para la operación segura del reactor de investigación RECH-1.
- Equipos para el suministro de nitrógeno líquido, valorados en 156 600 euros, esenciales para la continuidad operacional de los servicios de protección radiológica.
- Un sistema de dosimetría para el programa de auditoría postal, por valor de 40 000 euros. Por otro lado, se está proporcionando apoyo adicional extraordinario para la adquisición de un microscopio, por valor de 300 000 euros, que respaldará diversos ámbitos de la CCHEN, incluidas la caracterización de materiales, la química orgánica, la biología y la microbiología, así como el estudio de los microplásticos.

En general, entre las esferas del programa de CT que han tenido mayor impacto en el país se encuentran las siguientes:

Esfera temática	Resultados de actividades anteriores de cooperación técnica	Principales asociados y contrapartes
Seguridad nuclear, tecnología y física	El programa nacional de CT incluye de manera permanente proyectos orientados al fortalecimiento de la infraestructura nacional de seguridad nuclear y radiológica, que se centran en minimizar los riesgos inherentes a las actividades relacionadas con el ámbito radiológico y nuclear en Chile. Este esfuerzo se ha desarrollado a lo largo de los distintos ciclos de CT, siempre en consonancia con las normas internacionales del OIEA, y ha sido fundamental para la protección tanto del público como de los trabajadores ocupacionalmente expuestos. En el ámbito de la seguridad nuclear tecnológica y física y la seguridad radiológica, el programa nacional de CT ha apoyado el fortalecimiento de la arquitectura nacional, desarrollando capacidades para la operación segura de instalaciones médicas e industriales, avanzando en la reglamentación y capacitando recursos humanos en los organismos estatales pertinentes. En el ámbito de la protección radiológica, se ha fortalecido un número considerable de recursos humanos y se han incorporado equipos especializados relevantes para la seguridad radiológica en el país, principalmente en la CCHEN, el Ministerio de Salud y el Instituto de Salud Pública. Entre los aspectos más destacados del último período se incluyen la actualización de la reglamentación de protección radiológica, el fortalecimiento de los servicios de apoyo, de los laboratorios de calibración de dosimetría y de las capacidades en radiodiagnóstico, medicina nuclear y dosimetría médica y biológica, la evaluación de procesos radioquímicos y el fortalecimiento de la radiofarmacia hospitalaria. En 2023 se completó con éxito la operación de retirada de 31 fuentes de cobalto 60 desechadas, en el marco del proyecto del OIEA "Mejora de la seguridad física nuclear mediante la gestión sostenible de las fuentes radiactivas selladas en desuso". El proceso incluyó dos campañas, coordinadas con otros organismos gubernamentales para garantizar la seguridad nuclear tecnológica y física del país. En 2022 se enviaron 17 fuentes, el resto, en 2023. Cada campaña implicó la preparación de los bultos, su transporte y envío a Alemania a la empresa Gamma Service Recycling, especializada en reciclaje, la cual calificó esta operación como el mayor proyecto realizado hasta la fecha en este ámbito.	A escala nacional: Miembros de CONSER Ministerio del Interior y Seguridad Pública Carabineros de Chile Policía de Investigaciones de Chile Oficina Nacional de Emergencia Agencia Nacional de Inteligencia Servicio Nacional de Aduanas Ministerio de Defensa Nacional Ministerio de Relaciones Exteriores Servicio Médico Legal CCHEN Ministerio de Salud, Telecomunicaciones y Transportes Dirección General de Aeronáutica Civil Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante Dirección General de Movilización Nacional Ministerio del Medio Ambiente Ejército de Chile Sociedad Chilena de Protección Radiológica Ministerio de Energía A escala internacional: Asociación Internacional de Protección Radiológica Foro Iberoamericano de

Principales asociados y contrapartes	Resultados de actividades anteriores de cooperación técnica	Esfera temática
Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares Iniciativa Mundial de Lucha contra el Terrorismo Nuclear	En el ámbito de la preparación y respuesta para casos de emergencias radiológicas, con el apoyo del OIEA, el país elaboró un Plan Nacional de Emergencias Nucleares y Radiológicas, aprobado en 2022, en consonancia con los <i>Requisitos de Seguridad Generales N° GSR Part 7: Preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica</i>. Además, desde 2023, el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres se encuentra operativo, constituyéndose como el nuevo marco institucional en reemplazo de la Oficina Nacional de Emergencia. En caso de emergencia nuclear o radiológica, el mando técnico es responsabilidad de la autoridad reguladora competente. Es decir, la CCHEN para las instalaciones nucleares y radiativas de primera categoría, y el Ministerio de Salud para otras instalaciones radiactivas, como se indica en el anexo 3. La CONSER, comisión interministerial que asesora al Presidente en materia de seguridad nuclear tecnológica y física y seguridad radiológica, reúne a autoridades del Estado en estos ámbitos para proponer medidas destinadas a fortalecer las capacidades, mejorar la coordinación intersectorial y difundir las mejores prácticas internacionales. En este ámbito, el apoyo prestado por el programa de CT del OIEA ha sido muy importante para fortalecer las capacidades de sus miembros.	Alimentación y agricultura
A escala nacional: Ministerio de Agricultura Servicio Agrícola y Ganadero Instituto Forestal Oficina de Estudios y Políticas Agrarias Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria Instituto de Desarrollo Agropecuario Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro de Información de Recursos Naturales CCHEN Sociedad Nacional de Agricultura Fundación para el Desarrollo Frutícola Universidades Institutos tecnológicos Asociaciones agrícolas Productores agrícolas y	En el período 2020-2025 se registraron avances en el ámbito del fraude alimentario al establecerse un sistema nacional de referencia para verificar la autenticidad y determinar el origen de los alimentos, incluida la adquisición de un EA-RIMS para la CCHEN, destinado a medir la firma isotópica de distintas matrices alimentarias, como la miel, el vino, los alimentos de origen marino y las bebidas, a fin de confirmar su autenticidad, con un costo de 200 000 euros. Otro ámbito abordado junto con el Servicio Agrícola y Ganadero ha sido el fortalecimiento del Laboratorio Nacional de Zoonosis en materia de bioseguridad para el control y la prevención de enfermedades zoonóticas. A tal fin, se llevará a cabo un diagnóstico de las deficiencias actuales de capacidad del laboratorio, mediante un informe técnico, y se capacitarán recursos humanos en enfermedades zoonóticas. La producción agrícola orgánica de pequeños y medianos productores también se ha fortalecido mediante la capacitación de equipos técnicos que brindan asistencia a estos agricultores. Se abordaron cuestiones como la toxicología, los contaminantes en la agricultura, la inocuidad de los alimentos y las buenas prácticas agrícolas, con el fin de apoyar a los pequeños productores en la respuesta a los desafíos ambientales, y se promovieron asociaciones internacionales para fortalecer las capacidades locales.	

Esfera temática	Resultados de actividades anteriores de cooperación técnica	Principales asociados y contrapartes
forestales Empresas productoras Asociación Internacional: FAO Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Unidad de Investigación en Entomología del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal (California, Estados Unidos)	Los logros recientes en la aplicación de la tecnología nuclear en el ámbito de la salud, derivados del programa de CT del OIEA, se han centrado en el fortalecimiento de la garantía de la calidad, la mejora y el mantenimiento de las capacidades para la producción de radiofármacos, la medicina nuclear y la protección radiológica para uso médico, permitiendo su utilización en escenarios sostenibles. En el período 2020-2025, un hito importante es la puesta en servicio del equipo NephroCam en el centro de diagnóstico que la Corporación Renal Infantil Mater tiene en la comuna de San Miguel. Este equipo proporciona información única que a menudo no es posible obtener mediante otros procedimientos de diagnóstico por imagen. Su costo aproximado asciende a 120 000 euros. La mejora en el diagnóstico precoz que esta corporación sin fines de lucro proporciona a niños de bajos ingresos en todo Chile constituye un logro que posiciona al país como un referente en el continente en medicina nuclear e investigación renal, lo que representa una contribución significativa para el país. En otra línea de trabajo, se está abordando el desafío de contribuir a un acceso equitativo, oportuno y seguro a tejidos biológicos para el tratamiento de lesiones y enfermedades para la irradiación de tejidos, la aplicación de buenas prácticas y el cumplimiento de normas internacionales de calidad aplicables a la producción clínica. La CCHEN, el Banco Nacional de Tejidos y la Coordinadora Nacional de Procuramiento y Traspasante de Órganos y Tejidos del Ministerio de Salud participan en la iniciativa. Entre los beneficiarios se incluyen pacientes con Garantías Explícitas en Salud (GES) y pacientes no GES, así como profesionales de la salud. En 2024, la CCHEN inauguró el Banco Nacional de Tejidos, que permitirá al país proporcionar tejidos radioesterilizados de calidad clínica para el tratamiento de patologías. En 2022, se puso en marcha un laboratorio de genómica para mejorar especies forestales resilientes al clima mediante mutagénesis en la sede de Concepción del Instituto Forestal, dependiente del Ministerio de Agricultura. La iniciativa se desarrolló en el marco del proyecto "Utilización de técnicas nucleares para mejorar la adaptación y la productividad de las especies forestales que se enfrentan al cambio climático", cuyo objetivo fue mejorar la productividad y la adaptación de especies.	Salud y nutrición Ministerio de Salud Instituto de Salud Pública CCHEN Sociedad Chilena de Oncología Instituto Nacional del Cáncer Fundación Chile Sin Cáncer Instituto de Radiomedicina Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas Hospitales, clínicas Universidades u otros centros de investigación OMS OPS Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Agua y medio ambiente	En 2024, la CCHEN inauguró el Banco Nacional de Tejidos, que permitirá al país proporcionar tejidos radioesterilizados de calidad clínica para el tratamiento de patologías. En 2022, se puso en marcha un laboratorio de genómica para mejorar especies forestales resilientes al clima mediante mutagénesis en la sede de Concepción del Instituto Forestal, dependiente del Ministerio de Agricultura. La iniciativa se desarrolló en el marco del proyecto "Utilización de técnicas nucleares para mejorar la adaptación y la productividad de las especies forestales que se enfrentan al cambio climático", cuyo objetivo fue mejorar la productividad y la adaptación de especies.	Dirección General de Aguas CCHEN Universidades, centros de enseñanza superior Institutos de investigación competentes Universidades Organización Meteorológica

Esfera temática	Resultados de actividades anteriores de cooperación técnica	Aplicaciones de ensayos no destructivos
	forestales al cambio climático mediante técnicas de monitoreo y evaluación. Se realizaron ensayos de irradiación, obteniéndose resultados significativos en hormesis e inducción de mutaciones, y se llevaron a cabo actividades de divulgación con amplia participación de las partes interesadas. En la misma línea, tuvo continuidad un proyecto orientado al fortalecimiento de la red nacional de cooperación para el uso de técnicas nucleares en programas de fitomejoramiento, cuyo principal logro fue consolidar una red nacional de cooperación entre instituciones de investigación, facilitando la coordinación de capacidades, el intercambio de experiencias y la articulación de actividades relacionadas con el fitomejoramiento por mutagénesis. Dicha red ha sido clave para fortalecer el conocimiento nacional en esta esfera estratégica. En otra línea de trabajo, también se han registrado avances en la aplicación de técnicas isotópicas para caracterizar zonas de recarga en acuíferos, identificar fuentes de contaminación, estimar caudales y dinámicas de flujo, y calcular balances de masa, así como en el muestreo de pozos de distintas profundidades, con énfasis en la evaluación de la edad y la sostenibilidad de las aguas subterráneas. Por otro lado, se fortaleció la colaboración científica con expertos de la Argentina, Suiza y redes internacionales. En lo que respecta a la contaminación costera en Chile, se reforzaron las capacidades para cuantificar los microplásticos, evaluar las toxinas marinas emergentes y promover la participación de las comunidades. Se instalaron nuevos equipos, en relación con los cuales se impartió capacitación técnica, se generó información sobre microplásticos y toxinas en playas, y se establecieron vínculos con comunidades locales, autoridades municipales y personal naval. Además, el proyecto fue presentado al OIEA, destacándose su contribución a la plataforma regional REMARCO, la cual se utiliza como referencia para su programa sobre contaminación por plásticos. Otra línea de acción que cabe destacar es la protección del medio antártico, abordada mediante el proyecto de creación de capacidad, con perspectivas de desarrollar un proyecto nacional en el próximo período. Esta iniciativa forma parte del memorando de entendimiento firmado en abril de 2024 con el OIEA e incluye capacitación para el personal del Instituto Antártico Chileno y equipo para este.	Energía e Industria Chile solicitó asistencia al OIEA para modernizar la instrumentación del reactor de investigación RECH-1 con el fin de ampliar sus capacidades. Esta mejora está valorada en 1 000 000 euros, de los cuales Chile aportó 260 000 euros en el marco de un programa de cofinanciación gubernamental. Entre los usos ampliados se encuentra la mejora de la imagenología neutrónica, técnica similar a la radiografía de rayos X, que permite identificar la estructura interna de objetos manufacturados, como bienes del patrimonio cultural. Ministerio de Energía Subsecretaría de Energía Coordinador Eléctrico Nacional Comisión Nacional de Energía CCHEN Asociaciones industriales Universidades e Instituciones de enseñanza CCHEN Universidades, CODELCO, Empresas mineras
Principales asociados y contrapartes	Mundial Instituto Nacional de Estadísticas Laboratorios de isótopos Ambientales Empresas de salud y minería	Nueva esfera temática Nueva esfera temática

Un aspecto relevante del programa de CT es el fortalecimiento de capacidades mediante becas, visitas científicas, talleres, cursos de capacitación y misiones de expertos, que han beneficiado al país. A su vez, las capacidades del país han sido reconocidas por el OIEA y en la región por el creciente número de becarios extranjeros y de vistas científicas a Chile, así como por las misiones de expertos chilenos, especialmente hacia países de la región.

Asimismo, Chile ha participado activamente en proyectos regionales que forman parte de los ciclos de CT del ARCAL, que basa sus acciones en el apoyo recibido del OIEA, así como en la cooperación Sur-Sur entre los países miembros.

La contribución del OIEA a las actividades de CT ha permitido al país ejecutar diversos proyectos de interés para su desarrollo. En los siguientes cuadros figuran las contribuciones recibidas por Chile para el período comprendido entre enero de 2020 y diciembre de 2024.

Contribuciones para actividades de CT de enero de 2020 a diciembre de 2024

Año	Contribución	Compromiso	Cantidad	Cuota	Compromiso	Cantidad
	(en pesos)	(en pesos)	(en pesos)	(en euros)	(en euros)	(en euros)
2015	0	0	0	224 048	231 010	231 010
2016	0	0	0	271 104	280 244	279 994
2017	0	0	0	326 074	326 074	326 074
2018	0	0	0	328 954	328 954	328 954
2019	0	0	0	330 874	0	330 874
2020				345 199		345 199
						(pago en 2022)
2021				351 067		0
2022				357 014		0
2023				378 491		0
2024				387 840		0
2025				395 920		0
Total	0	0	0	1 481 054	1 166 282	1 166 032

De 2011 a 2013, el 50 % de la cuota objetivo del FCT se facturó en euros y el otro 50 %, en dólares de los Estados Unidos. * A partir de 2014, la cuota objetivo del FCT se facturó exclusivamente en euros.

En cuanto a los proyectos de CI aprobados para el país durante el mismo período, su financiación se puede consultar en el siguiente cuadro:

Asistencia aprobada y otorgada	
--------------------------------	--

Año (en pesos)	Fondos extrapresupuestarios (en pesos)	Costo compartido por el Gobierno (en pesos)	Fondos extra- presupuestarios (en euros)	Costo compartido por el Gobierno (en euros)	Apoyo en especie (en euros)
2015			9 040	27 211	16 600
2016			14 548		5 800
2017			8 610		3 000
2018			8 640		4 800
2019	-	-	-	-	-
2020					
2021					
2022					
2023					
2024					
2025					
Total	0	0	40 838	27 211	30 200

En cuanto a los proyectos de CT aprobados para el país durante el mismo período, su financiación se puede consultar en el siguiente cuadro:

Asistencia aprobada y otorgada	
--------------------------------	--

Año	Asistencia aprobada del FCT**		Asistencia concedida de todas las fuentes			
	Monto (en euros)	Porcentaje de la región	FCT (en euros)	Fondos extrapresupuestarios (en euros)	PNUD (en euros)	En especie (en euros)
2015	333 500	1,0 %	280 441			280 441
2016	372 900	0,8 %	659 929			659 929
2017	427 880	1,0 %	419 454			419 454
2018	642 966	1,3 %	422 650			422 650
2019						
2020						
2021						
2022						
2023						
2024						
2025						
Total						

** Tal como se informa en relación con los proyectos nacionales en el documento de la junta.