

# IAEA TECDOC SERIES

---

IAEA-TECDOC-2028

## **AGENDA ARCAL 2030**

Perfil Estratégico Regional  
para América Latina y el Caribe  
2022–2029



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica



# AGENDA ARCAL 2030



Los siguientes Estados son Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica:

ALBANIA	FINLANDIA	PAKISTÁN
ALEMANIA	FRANCIA	PALAU
ANGOLA	GABÓN	PANAMÁ
ANTIGUA Y BARBUDA	GAMBIA	PAPUA NUEVA GUINEA
ARABIA SAUDITA	GEORGIA	PARAGUAY
ARGELIA	GHANA	PERÚ
ARGENTINA	GRANADA	POLONIA
ARMENIA	GRECIA	PORTUGAL
AUSTRALIA	GUATEMALA	QATAR
AUSTRIA	GUINEA	REINO UNIDO DE GRAN BRETAÑA E IRLANDA DEL NORTE
AZERBAIYÁN	GUYANA	REPÚBLICA ÁRABE SIRIA
BAHAMAS	HAITÍ	REPÚBLICA CENTROAFRICANA
BAHREIN	HONDURAS	REPÚBLICA CHECA
BANGLADESH	HUNGRÍA	REPÚBLICA DE MOLDOVA
BARBADOS	INDIA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO
BELARÚS	INDONESIA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA POPULAR LAO
BÉLGICA	IRÁN, REPÚBLICA ISLÁMICA DEL	REPÚBLICA DOMINICANA
BELICE	IRAQ	REPÚBLICA UNIDA DE TANZANÍA
BENIN	IRLANDA	RUMANIA
BOLIVIA, ESTADO PLURINACIONAL DE	ISLANDIA	RWANDA
BOSNIA Y HERZEGOVINA	ISLAS MARSHALL	SAINT KITTS Y NEVIS
BOTSWANA	ISRAEL	SAMOA
BRASIL	ITALIA	SAN MARINO
BRUNEI DARUSSALAM	JAMAICA	SAN VICENTE Y LAS GRANADINAS
BULGARIA	JAPÓN	SANTA LUCÍA
BURKINA FASO	JORDANIA	SANTA SEDE
BURUNDI	KAZAJSTÁN	SENEGAL
CABO VERDE	KENYA	SERBIA
CAMBOYA	KIRGUISTÁN	SEYCHELLES
CAMERÚN	KUWAIT	SIERRA LEONA
CANADÁ	LESOTHO	SINGAPUR
COLOMBIA	LETONIA	SRI LANKA
COMORAS	LÍBANO	SUDÁFRICA
CONGO	LIBERIA	SUDÁN
COREA, REPÚBLICA DE	LIBIA	SUECIA
COSTA RICA	LIECHTENSTEIN	SUIZA
CÔTE D'IVOIRE	LITUANIA	TAILANDIA
CROACIA	LUXEMBURGO	TAYIKISTÁN
CUBA	MACEDONIA DEL NORTE	TOGO
CHAD	MADAGASCAR	TONGA
CHILE	MALASIA	TRINIDAD Y TABAGO
CHINA	MALAWI	TÚNEZ
CHIPRE	MALÍ	TURKMENISTÁN
DINAMARCA	MALTA	TÜRKIYE
DJIBOUTI	MARRUECOS	UCRANIA
DOMINICA	MAURICIO	UGANDA
ECUADOR	MAURITANIA	URUGUAY
EGIPTO	MÉXICO	UZBEKISTÁN
EL SALVADOR	MÓNACO	VANUATU
EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	MONGOLIA	VENEZUELA, REPÚBLICA BOLIVARIANA DE
ERITREA	MONTENEGRO	VIET NAM
ESLOVAQUIA	MOZAMBIQUE	YEMEN
ESLOVENIA	MYANMAR	ZAMBIA
ESPAÑA	NAMIBIA	ZIMBABWE
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	NEPAL	
ESTONIA	NICARAGUA	
ESWATINI	NÍGER	
ETIOPÍA	NIGERIA	
FEDERACIÓN DE RUSIA	NORUEGA	
FIJI	NUEVA ZELANDIA	
FILIPINAS	OMÁN	
	PAÍSES BAJOS, REINO DE LOS	

El Estatuto del Organismo fue aprobado el 23 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA celebrada en la Sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 29 de julio de 1957. El Organismo tiene la Sede en Viena. Su principal objetivo es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”.



IAEA-TECDOC-2028

AGENDA ARCAL 2030  
PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL PARA  
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE  
2022–2029

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA  
VIENA, 2024

## DERECHOS DE AUTOR

Todas las publicaciones científicas y técnicas del OIEA están protegidas en virtud de la Convención Universal sobre Derecho de Autor aprobada en 1952 (Berna) y revisada en 1972 (París). Desde entonces, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Ginebra) ha ampliado la cobertura de los derechos de autor, que ahora incluyen la propiedad intelectual de obras electrónicas y virtuales. Para la utilización de textos completos, o parte de ellos, que figuren en publicaciones del OIEA, impresas o en formato electrónico, deberá obtenerse la correspondiente autorización y, por lo general, dicha utilización estará sujeta a un acuerdo de pago de regalías. Se aceptan propuestas relativas a la reproducción y traducción sin fines comerciales, que se examinarán individualmente. Las solicitudes de información deben dirigirse a la Sección Editorial del OIEA:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta  
Sección Editorial  
Organismo Internacional de Energía Atómica  
Vienna International Centre  
PO Box 100  
1400 Viena (Austria)  
fax: +43 1 26007 22529  
tel.: +43 1 2600 22417  
correo electrónico: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<https://www.iaea.org/es/publicaciones>

Para obtener más información sobre esta publicación, diríjase a:

Sección de América Latina y el Caribe I  
Organismo Internacional de Energía Atómica  
Vienna International Centre  
PO Box 100  
1400 Viena (Austria)  
Correo electrónico: [Official.Mail@iaea.org](mailto:Official.Mail@iaea.org)

© IAEA, 2024  
Impreso por el OIEA en Austria  
Abril 2024

ISBN 978-92-0-315224-2 (papel)  
ISBN 978-92-0-315324-9 (PDF)  
ISSN 2414-4223



## PREFACIO

Esta publicación presenta la “AGENDA ARCAL 2030”, título dado al Perfil Estratégico Regional (PER) para América Latina y el Caribe (ALyC) que cubrirá el período entre 2022 y 2029. Esta publicación constituye una referencia programática clave para la formulación de los proyectos regionales de cooperación técnica.

Tal como ocurrió con las ediciones anteriores del PER, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), el Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe (ARCAL) y los respectivos representantes de los Estados Miembros, colaboraron estrechamente en la preparación de este nuevo marco estratégico de programación, que tiene como objetivo solucionar las necesidades o problemas prioritarios de la región a las cuales la tecnología nuclear puede contribuir de manera efectiva y tangible.

Los aspectos que han sido considerados en la elaboración de la AGENDA ARCAL 2030 fueron: la evaluación de los resultados obtenidos durante los ciclos de proyectos del período anterior, la identificación de ajustes conceptuales y metodológicos necesarios para mejorar el proceso de elaboración del Perfil Estratégico Regional, la movilización de las instituciones involucradas y su grado de participación en los proyectos y la comunicación de los resultados de los proyectos y sus beneficios para la región. La AGENDA ARCAL 2030 también llevó en consideración los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas para los cuales la tecnología nuclear puede contribuir de manera directa.

La AGENDA ARCAL 2030 incluye los proyectos del bienio 2020-2021, que corresponde al último bienio del PER-2016-2021, abarca los proyectos del bienio subsecuente, 2022-2023, elegidos con base en la evaluación de los resultados de los ciclos de proyectos del PER-2016-2021 y se extiende hasta el bienio 2028-2029.

Al final de este período de 10 años se hará una nueva evaluación de los resultados e impactos regionales alcanzados, cuando se iniciará el nuevo período de programación, a partir de 2030.

Con la AGENDA ARCAL 2030 se espera que el Acuerdo regional pueda ampliar la cooperación con socios estratégicos, dentro y fuera de la región, para abordar proyectos con mayor beneficio e impacto regional.

El proceso de elaboración de la AGENDA se finalizó en el 2019, año en el cual el Acuerdo cumplía su 35° aniversario, promocionando una implementación exitosa de proyectos de cooperación técnica regional y una cooperación provechosa con el OIEA.

## *NOTA EDITORIAL*

*Esta publicación se ha preparado a partir del material original aportado por los colaboradores y no ha sido editada por el personal de los servicios editoriales del OIEA. Las opiniones expresadas son las de los colaboradores y no representan necesariamente las opiniones del OIEA o de sus Estados Miembros.*

*Las orientaciones que aquí se ofrecen, en las que se describen buenas prácticas, representan la opinión de los expertos, pero no constituyen recomendaciones formuladas sobre la base de un consenso entre los Estados Miembros.*

*Ni el OIEA ni sus Estados Miembros asumen responsabilidad alguna por las consecuencias que puedan derivarse del uso de esta publicación. Esta publicación no aborda cuestiones de responsabilidad, jurídica o de otra índole, por actos u omisiones por parte de persona alguna.*

*El uso de determinadas denominaciones de países o territorios no implica juicio alguno por parte de la entidad editora, el OIEA, sobre la situación jurídica de esos países o territorios, sus autoridades e instituciones o la delimitación de sus fronteras.*

*La mención de nombres de empresas o productos específicos (se indiquen o no como registrados) no implica ninguna intención de violar derechos de propiedad ni debe interpretarse como una aprobación o recomendación por parte del OIEA.*

*El OIEA no es responsable de la continuidad o exactitud de las URL de los sitios web externos o de terceros en Internet a que se hace referencia en este libro y no garantiza que el contenido de dichos sitios web sea o siga siendo preciso o adecuado.*

## CONTENIDO

1.	RESUMEN EJECUTIVO .....	1
1.1.	ANTECEDENTES .....	1
1.2.	AREAS TEMATICAS .....	1
1.2.1.	ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA .....	1
1.2.2.	SALUD HUMANA .....	2
1.2.3.	AMBIENTE .....	4
1.2.4.	ENERGÍA .....	5
1.2.5.	SEGURIDAD RADIOLÓGICA .....	6
1.2.6.	TECNOLOGIAS CON RADIACIÓN .....	8
2.	INTRODUCCIÓN DE LA AGENDA ARCAL 2030.....	10
2.1.	ANTECEDENTES .....	10
2.2.	OBJETIVO DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL .....	11
2.3.	ALCANCE DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL .....	11
2.4.	ESTRUCTURA DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL .....	11
2.5.	METODOLOGÍA PARA LA PREPARACIÓN DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL .....	12
2.6.	ÁREAS TEMÁTICAS .....	14
2.6.1.	Alimentación y Agricultura .....	14
2.6.2.	Salud Humana.....	14
2.6.3.	Ambiente .....	15
2.6.4.	Energía.....	15
2.6.5.	Seguridad Radiológica.....	15
2.6.6.	Tecnologías con Radiación .....	16
2.6.7.	Equidad de Género .....	17
2.7.	GUÍA PARA IMPLEMENTACIÓN DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL.....	17
2.8.	PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL.....	17
3.	ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA .....	21
3.1.	ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL .....	21
3.2.	ANÁLISIS DAFO .....	25
3.2.1.	Fortalezas.....	25
3.2.2.	Debilidades .....	26
3.2.3.	Amenazas.....	26
3.2.4.	Oportunidades.....	27
3.3.	NECESIDADES Y PROBLEMAS .....	27
3.4.	PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS.....	37
4.	SALUD HUMANA .....	45
4.1.	ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL .....	45
4.1.1.	Epidemiología.....	45
4.1.2.	Tecnología y recursos humanos existentes.....	46
4.2.	ANÁLISIS DAFO .....	47
4.2.1.	Fortalezas.....	47
4.2.2.	Debilidades .....	48

4.2.3.	Amenazas.....	49
4.2.4.	Oportunidades.....	50
4.3.	NECESIDADES Y PROBLEMAS.....	50
4.4.	PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS.....	53
5.	MEDIO AMBIENTE .....	63
5.1.	ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL .....	63
5.2.	ANÁLISIS DAFO .....	69
5.2.1.	Fortalezas.....	69
5.2.2.	Debilidades .....	70
5.2.3.	Amenazas.....	70
5.2.4.	Oportunidades.....	71
5.3.	NECESIDADES Y PROBLEMAS.....	71
5.4.	PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS.....	73
6.	ENERGÍA.....	83
6.1.	ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL .....	83
6.1.1.	Síntesis de la situación actual relacionada con la Energía Nuclear en la región. ....	83
6.1.2.	Síntesis de la situación actual relacionada con los reactores de investigación en la región .....	84
6.2.	ANÁLISIS DAFO .....	88
6.2.1.	Fortalezas.....	88
6.2.2.	Debilidades .....	88
6.2.3.	Amenazas.....	89
6.2.4.	Oportunidades.....	89
6.3.	NECESIDADES Y PROBLEMAS.....	90
6.4.	PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS.....	92
7.	SEGURIDAD RADIOLÓGICA .....	99
7.1.	ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL .....	99
7.1.1.	Infraestructura Regulatoria .....	101
7.1.2.	Protección radiológica en exposición ocupacional en usuarios finales.	102
7.1.3.	Servicios científicos y técnicos de apoyo a la infraestructura de seguridad radiológica.....	102
7.1.4.	Protección radiológica en medicina.....	103
7.1.5.	Protección radiológica del público, del ambiente y en la gestión de desechos radiactivos. ....	103
7.1.6.	Preparación y respuesta a emergencias .....	104
7.1.7.	Educación y capacitación en seguridad radiológica. ....	104
7.1.8.	Seguridad en el transporte de material radiactivo .....	104
7.1.9.	Seguridad de reactores nucleares.....	104
7.2.	ANÁLISIS DAFO .....	105
7.2.1.	Fortalezas.....	105
7.2.2.	Debilidades .....	105
7.2.3.	Amenazas.....	107
7.2.4.	Oportunidades.....	108
7.3.	NECESIDADES Y PROBLEMAS.....	108
7.4.	PRIORIZACIÓN DE LA NECESIDADES Y PROBLEMAS.....	114

8.	TECNOLOGÍAS CON RADIACIÓN .....	123
8.1.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN REGIONAL .....	123
8.2.	ANÁLISIS DAFO .....	132
8.2.1.	Fortalezas .....	132
8.2.2.	Debilidades .....	133
8.2.3.	Amenazas.....	135
8.2.4.	Oportunidades.....	135
8.3.	NECESIDADES Y PROBLEMAS.....	137
8.4.	PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS.....	140
9.	EQUIDAD DE GÉNERO .....	147
	COMENTARIOS FINALES .....	149
	REFERENCIAS.....	151
	ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA .....	151
	SALUD HUMANA.....	155
	AMBIENTE.....	156
	ENERGÍA.....	158
	SEGURIDAD RADIOLÓGICA .....	159
	TECNOLOGÍA RADIOLÓGICA.....	160
	IGUALDAD DE GÉNERO.....	161
	BIBLIOGRAFÍA .....	163
	ANEXO PER 2022–2029 .....	165
	GLOSARIO .....	171
	ABREVIACIONES .....	177
	LISTA DE AUTORES Y REVISORES.....	181



## **1. RESUMEN EJECUTIVO**

### **1.1. ANTECEDENTES**

El OIEA y el ARCAL han colaborado estrechamente en la preparación de un nuevo marco de programación estratégico, en el que se identifican y priorizan los problemas o necesidades más apremiantes en el contexto regional que pueden ser tratadas mediante el uso de tecnologías nucleares, en un horizonte temporal que alcanza el período 2020–2030.

El nuevo marco se formuló a partir del diagnóstico sectorial mediante un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO), lo que permitió no sólo identificar las necesidades y problemas más acuciantes en el contexto regional, sino caracterizar las mismas a partir de sus líneas de base, realizar su priorización, identificar los objetivos y metas a alcanzar y los indicadores para su medición.

Las necesidades y problemas identificados, 44 en total, se han clasificado en seis áreas temáticas que representan los sectores prioritarios dentro del alcance del nuevo PER: Alimentación y Agricultura, Salud Humana, Ambiente, Energía, Seguridad Radiológica y Tecnologías con Radiación. Asimismo, se han identificado 15 ODS que tienen una estrecha relación con las necesidades y problemas identificados. En la presente publicación también se tiene en cuenta la importancia de la igualdad de género como aspecto transversal.

La AGENDA ARCAL 2030 se actualizará periódicamente conforme se progrese en el cumplimiento de los objetivos y metas establecidas para el período.

Además de ser una referencia programática de primera magnitud para la preparación de propuestas de programas y proyectos, tanto para ARCAL como para el OIEA, se espera que la AGENDA contribuya a atraer socios estratégicos, tanto de la región como de fuera de ella, para abordar proyectos de mayor alcance, beneficio e impacto. Todos los datos presentados en la presente sección son objeto de referencia en el documento en su conjunto y aparecen organizados en función de cada área temática.

### **1.2. ÁREAS TEMÁTICAS**

#### **1.2.1. ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA**

En lo que respecta al sector Alimentación y Agricultura, muchas de las características de la Matriz DAFO analizadas en el PER anterior todavía prevalecen en la región, pero nuevas oportunidades importantes han aparecido, asociadas a la gran diversidad climática, biológica y de recursos naturales (disponibilidad de tierras, agua, etc.) que posee la región, estos factores tendrán un reflejo en el potencial aumento de la producción de alimentos de calidad. Se partió del principio de definir las necesidades y problemas de manera independiente de la aplicación de las técnicas nucleares y luego, después de un análisis sobre las posibilidades de solución a esas Necesidades y Problemas, se encontró que, en muchas de ellas, las técnicas nucleares son herramientas de gran valor.

La región de ALyC produce el 14 % del total mundial de los alimentos y contribuye al 23 % de las exportaciones mundiales de productos básicos agrícolas y pesqueros. Para la próxima década se espera un crecimiento de 22 % en la producción agrícola (60 % debido al rendimiento y 40 % debido a la expansión del área agrícola), el triple de la media mundial de 7 %. En el sector ganadero se espera un aumento de 16 %, ocho veces mayor que la media mundial de 2 %. El consumo regional de carnes

aumentará en cerca de 8 millones de toneladas (Mt) (17 %). La producción regional de carne será más orientada a las exportaciones.

En la región, el cambio tecnológico todavía es insuficiente para atender exitosamente la creciente demanda de alimentos para los mercados internos y aprovechar las oportunidades ofrecidas por la apertura comercial internacional. En este contexto, se asume también conseguir un desarrollo agrícola sostenible basado en el aumento de la producción y la exportación de productos agropecuarios, sin efectos colaterales para la salud humana y daño al medio ambiente.

El vacío de cambios tecnológicos existente en los cuales la tecnología nuclear puede coadyuvar, se presenta en los temas de desarrollo de buenas prácticas:

- en el uso y manejo de los recursos suelo y agua;
- mejoramiento genético de especies agrícolas y pecuarias, tradicionales y no tradicionales;
- prevención, supresión o erradicación de plagas y enfermedades agrícolas y pecuarias transfronterizas;
- manejo de las limitantes sanitarias y genéticas en el cultivo de especies pecuarias y organismos acuáticos cautivos;
- el diagnóstico oportuno de enfermedades animales;
- el control y monitoreo de la presencia de sustancias tóxicas para la salud en los alimentos;
- prevención de residuos de riesgo a la salud humana en alimentos;
- fortalecimiento de las redes y capacidad para soporte de servicios analíticos.

Los principales retos por abordar en el marco de la cooperación regional en el sector ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA han sido identificados en la AGENDA ARCAL 2030 mediante la formulación de 8 Necesidades y Problemas, que se presentan a continuación:

- A1. Mejoramiento de prácticas de manejo de agua, suelo, agroquímicos y biofertilizantes, incluido la fijación biológica de nitrógeno.*
- A2. Mejoramiento de cultivos alimenticios y de importancia económica para diversas condiciones de estrés bióticos y abióticos.*
- A3. Mejoramiento de animales de reconocida importancia económica y apoyo a iniciativas para mejorar el rendimiento/producción y el potencial comercial de animales de la biodiversidad regional.*
- A4. Ocurrencia de enfermedades de carácter transfronterizo y de declaración obligatoria, incluyendo aquellas que tienen repercusiones zoonóticas.*
- A5. Disponibilidad de alimentos de origen animal (incluyendo los productos derivados de la acuicultura) y vegetal que cumplan con los estándares de seguridad y calidad.*
- A6. Daño causado por las plagas en alimentos animales y vegetales*
- A7. Apoyar iniciativas para el desarrollo de la acuicultura en la región.*
- A8. Fortalecimiento de las estrategias de control de mosquitos.*

### **1.2.2. SALUD HUMANA**

El mundo actual está experimentando un impresionante cambio demográfico. Desde comienzos del siglo pasado hasta la actualidad, la población mundial ha aumentado de 2 000 millones de personas a más de 7 000 millones. Se espera que esa cifra alcance los 10 000 millones a finales del presente siglo. Además, otros cambios sustanciales en la población tienen que ver con nuevos y diversos patrones de fecundidad (incluida la maternidad en la adolescencia), la mortalidad, la migración, la urbanización y el envejecimiento.



En 2019 la situación general de salud en la región fue analizada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en la publicación “Tendencias de la salud en las Américas”. La población total de las Américas era de 1010 millones de habitantes. (13,5 % del total mundial). En términos de subregión, la población de ALyC representa más del 60 % de los habitantes del continente americano.

Debido a los cambios demográficos, la evolución del modo de vida, los factores ambientales, conductuales y económicos, han conducido a que las enfermedades no transmisibles reemplacen o, en algunos casos coexistan, con la carga de las enfermedades transmisibles en ALyC. Esta transición epidemiológica explica el comportamiento heterogéneo de la mortalidad en la región, donde la doble carga de las enfermedades transmisibles y no transmisibles es común y representa un extraordinario costo para el sistema de salud.

Se puede decir que en la región persisten la heterogeneidad en la distribución de la tecnología y la desigualdad en el acceso a la salud, asimismo como la necesidad de ampliar los programas nacionales de enfermedades no transmisibles y de actualización tecnológica. También es importante continuar con la formación de los profesionales involucrados en el uso de las tecnologías avanzadas con radiaciones, con énfasis en la capacitación de los tecnólogos, la formación clínica de los físicos médicos y la pediatría en medicina nuclear y radioterapia.

De igual forma es necesario considerar el desarrollo de nuevas tecnologías tales como la teranóstica con emisores alfa, beta y gamma, la nanomedicina y la inteligencia artificial.

Los principales retos por abordar en el marco de la cooperación regional en el sector SALUD HUMANA han sido identificados en la AGENDA ARCAL 2030 mediante la formulación de ocho Necesidades y Problemas, que se presentan a continuación:

- S1. Insuficiente número de profesionales capacitados y guías clínicas armonizadas para el uso de las nuevas tecnologías en el marco de la multimodalidad de imágenes para el diagnóstico, estratificación de riesgo, así como guías para un tratamiento adecuado de las enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares.*
- S2. Insuficiente número de profesionales capacitados y guías clínicas armonizadas, para la utilización y desarrollo de radiofármacos y dosimetría para diagnóstico y tratamiento con teranósticos.*
- S3. Insuficiente número de profesionales capacitados y guías clínicas armonizadas para el uso de las nuevas tecnologías en medicina nuclear e imágenes diagnósticas, principalmente equipos híbridos y mejoramiento del equipamiento existente.*
- S4. Insuficiencia de recurso humano calificado en física médica en la región.*
- S5. Falta de servicios de radioterapia que dispongan de la tecnología adecuada, del recurso humano calificado y que utilice al máximo y de forma segura la tecnología disponible.*
- S6. Necesidad de adecuación tecnológica con aumento del número de unidades de braquiterapia y formación del recurso humano correspondiente.*
- S7. Necesidad de fortalecer los sistemas de gestión de la calidad en medicina de las radiaciones en la región.*
- S8. Insuficiente capacidad para realizar las intervenciones necesarias para mejorar el estado nutricional de la población.*

### 1.2.3. AMBIENTE

El área temática Ambiente de la Agenda ARCAL 2030 es caracterizada y descrita a partir de un enfoque estructural e integral del suelo, aire y agua, como variables esenciales para el desarrollo de la región de ALyC. En vista de que los problemas y dificultades ambientales no están circunscritos por las fronteras nacionales, el enfoque de cooperación internacional puede contribuir a abordar, gestionar y vigilar los tres componentes ambientales.

En este sentido, el propio Informe ODSs 2019, identifica una diversidad de temas que necesitan una atención colectiva urgente, dado que el medio ambiente natural se está deteriorando a un ritmo alarmante: está subiendo el nivel del mar, se está acelerando la acidificación de los océanos, está aumentando la contaminación atmosférica, los últimos cuatro años han sido los más calurosos registrados, un millón de especies de plantas y animales están en peligro de extinción y los suelos continúan degradándose de manera descontrolada.

Muchas de las economías de la región de ALyC hacen uso intensivo de recursos materiales y naturales, lo cual conlleva un importante interrogante sobre dinámicas insostenibles, implicando altas emisiones de carbono y agotamiento de dichos recursos, sumado a la creciente importancia del compromiso mundial de combatir el cambio climático.

La región requiere de esfuerzos concertados para garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades de acuerdo con el ODS 3 (Salud y bienestar). Se debe trabajar mancomunadamente a partir de una cobertura sanitaria universal, la financiación sostenible de la salud y el abordaje de factores ambientales como la contaminación del aire y la falta de agua y saneamiento, que contribuyen a una salud deficiente.

ALyC, con una población de más de 641 millones de personas en 2021, presenta a más del 81 % del total de su población concentrada en ciudades, con una tendencia que va en aumento hacia el 2030. Las ciudades y las áreas metropolitanas de todo el mundo presentan considerables emisiones de carbono derivados de combustibles fósiles utilizados con fines de consumo de electricidad, transporte por tierra, edificios residenciales y comerciales y actividades industriales. Las emisiones de carbono a escala mundial relacionadas con la energía urbana van del 53 % al 87 % del total de las emisiones de carbono derivadas del uso final de energía a nivel mundial. Infraestructuras y servicios inadecuados y sobrecargados (tales como la recolección de desechos, los sistemas de agua y saneamiento, las carreteras y el transporte), serán un claro desafío para las políticas medioambientales en la región, poniéndose el foco en la contaminación atmosférica dada la expansión urbana no planificada.

Es sabido que, a nivel global, deben adoptarse urgentemente medidas para combatir el cambio climático y sus efectos según lo establece el ODS 13 (Acción por el clima), y lo reconoce la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, principal foro internacional e intergubernamental para negociar una respuesta mundial concreta al fenómeno de cambio climático. Los efectos del cambio climático son imprevisibles y devastadores, entre ellos el aumento de los desastres naturales, la morbilidad y la mortalidad, particularmente en pobres, jóvenes y mujeres en general.

Por ejemplo, durante 2016, en ALyC se generaron 231 millones de toneladas de basura, con un promedio de 0,99 kg per cápita por día, siendo algunos estados isleños con economías turísticas activas, muchos de los mayores generadores. Aproximadamente un 69 % de los desechos son depositados en algún tipo de vertedero y más del 50 % es dispuesto en rellenos sanitarios con controles ambientales, sin embargo, una cantidad importante es depositada en basureros abiertos (27 %), quemada o empleada como alimento para animales. En la región están aumentando los programas y prácticas de reciclado,

así como de compostaje, pero su implementación varía de país en país. Los residuos sólidos están compuestos por materiales orgánicos, desechos reciclables, materiales domésticos peligrosos, desechos médicos e industriales y escombros de construcción. Los efectos se evidencian en la salud de las poblaciones, por favorecimiento de la aparición de ciertas enfermedades, de la contaminación de suelos, aguas, aire, flora y fauna, además de desastres tales como inundaciones.

Como consecuencia de una actuación ambiental llevada a cabo conjuntamente por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), se destacó la necesidad de que los países posean planes de ordenamiento territorial, donde hagan uso de la zonificación ecológica económica y eventualmente, realicen evaluaciones ambientales estratégicas. Asimismo, es necesario desarrollar sistemas de información ambiental y establecer registros de emisiones y de transferencia de contaminantes que permitan diseñar e implementar políticas públicas con los sistemas de evaluación de impacto ambiental correspondientes.

Los principales retos por abordar en el marco de la cooperación regional en el sector AMBIENTE han sido identificados en la AGENDA ARCAL 2030 mediante la formulación de cinco Necesidades y Problemas, que se presentan a continuación:

- M1. Insuficiente conocimiento de la disponibilidad e inadecuada gestión de los recursos hídricos.*
- M2. Insuficiente conocimiento sobre la calidad de agua y de las posibles fuentes que contribuyen a su contaminación.*
- M3. Insuficiente conocimiento de los principales procesos que afectan las zonas costeras, océanos y los recursos marinos.*
- M4. Insuficiente conocimiento de los niveles de concentración de partículas y aerosoles atmosféricos, su composición e impacto en la salud humana.*
- M5. Insuficiente evaluación de la degradación y contaminación del suelo y su impacto en la salud humana.*

#### **1.2.4. ENERGÍA**

La región de ALyC está compuesta por 45 países, en un territorio que abarca 20,4 millones de kilómetros cuadrados. La población crece a un ritmo anual de un 0,7 %, y en 2021 llegó a los 655 millones de habitantes. En 2021 el producto interno bruto de la región fue de 5,45 billones de USD a precios constantes, y el ingreso per cápita anual fue de 8 327 USD. En 2020 la esperanza de vida al nacer era de 73 años y la tasa de alfabetización de la población adulta total (porcentaje de personas de 15 años y más) era de 94 %.

Se proyecta que la población en la región ascenderá en el año 2030 a unos 720 millones de habitantes, lo cual impone un enorme reto para el establecimiento de las condiciones necesarias para satisfacer las demandas de bienestar de semejante volumen poblacional y se estima que la demanda de electricidad, en un escenario donde se mantengan las políticas actuales, tendrá un crecimiento promedio de un 2,7 % en la región.

América Latina tiene una experiencia de más de 47 años en la generación de energía nucleoelectrónica. La capacidad nuclear instalada ascendió a una capacidad neta total de 5 077 megavatios (MW) en el año 2020 (Argentina: 1 641 MW y una generación de 10 011 gigavatios por hora (GWh), lo que representa el 7,54 %, Brasil: 1 844 MW y una generación de 14 053 GWh, lo que representa el 2,1 %, y México: 1 552 MW y una generación de 10 864 GWh, lo que representa el 4,95 %, distribuidos entre siete unidades en 3 países. La generación eléctrica nuclear en suma ascendió en estos países en el 2020 a 34 928 GWh. Están en construcción en la región dos nuevos reactores, uno en Brasil

(ANGRA 3) con capacidad de 1 245 MW y otro en Argentina (CAREM SMR) de 32 MW, que alcanzan 1 277 MW de nueva capacidad instalada.

Las decisiones tomadas en el marco de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), derivadas del régimen climático adoptado en el año 2015 para su implementación a partir del 2020, refuerzan los compromisos de todos los países con la mitigación y reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Los reactores nucleares de potencia de la región están llegando al término de su vida útil planificada, por lo que se requiere realizar análisis y evaluación de extensión de su vida útil. Estos son factores que aceleran la necesidad de evaluar la opción nuclear de una manera integral, dentro de los sistemas energéticos para definir su posible rol en el desarrollo de ALyC.

En cuanto a los reactores de investigación, en la región de ALyC existen 7 países que poseen reactores experimentales de distinto tipo y potencia. El objetivo de estos reactores está orientado a la provisión de fuente de neutrones para investigación, experimentación, capacitación de recursos humanos, educación a nivel académico de grado y posgrado y para la producción de radioisótopos.

Ha habido variados proyectos y actividades de cooperación entre los reactores de distintos países en ámbitos de física de reactores, producción de radioisótopos, cursos de entrenamiento, puesta en marcha de reactores. Estas iniciativas han sido ejecutadas como proyectos regionales y nacionales con el apoyo del OIEA, así como de forma bilateral. En el ámbito de ARCAL también se han llevado a cabo un par de proyectos.

Los principales retos por abordar en el marco de la cooperación regional en el sector ENERGÍA han sido identificados en la AGENDA ARCAL 2030 mediante la formulación de 5 Necesidades y Problemas, que se presentan a continuación:

- E1. Incorporación del tema sistemas energéticos en los programas educativos, en los diferentes niveles de educación desde escolar a grado universitario en la región.*
- E2. Consolidación de una red para el intercambio de información y coordinación de estrategias desde los operadores de los reactores de investigación hasta el usuario final de los radioisótopos.*
- E3. Disponer de planes energéticos nacionales, subregionales y/o regionales contemplando los objetivos de desarrollo sostenible 7 (Energía asequible y no contaminante) y 13 (Acción por el Clima).*
- E4. Incorporar en los foros de discusión de planificación energética en la región el concepto CLEW (clima, tierra, energía y agua).*
- E5. Extensión de vida útil de las centrales nucleares.*

### **1.2.5. SEGURIDAD RADIOLÓGICA**

La aceptación en la sociedad de los riesgos derivados de la radiación se condiciona al beneficio neto de sus múltiples aplicaciones. La seguridad radiológica pretende la protección de los trabajadores, el público, los pacientes y el medio ambiente, contra los efectos dañinos de las radiaciones ionizantes y con ello asegurar una adecuada protección de las generaciones presentes y futuras de toda actividad que implique exposición a dichas radiaciones.

Para realizar un diagnóstico de la región se utilizó, primordialmente, la información existente en la base de datos del OIEA “Radiation Safety Information Management System” (RASIMS), así como el asesoramiento técnico brindado por los TOs del OIEA encargados de las diferentes áreas.

De este análisis, se concluyó que en la región de América Latina se han realizado avances sustanciales en lo referente al establecimiento de los programas e infraestructuras regulatorias en los últimos 25 años. Esto ha sido producto del esfuerzo y la cooperación técnica entre el OIEA y sus Estados Miembros. No obstante, se requiere un esfuerzo decisivo por todas las partes para consolidar a nivel de buenas prácticas internacionales de seguridad los logros obtenidos.

La evaluación reconoce los logros de los proyectos nacionales, regionales anteriores y en ejecución en todos los aspectos de la creación y/o mejora de la infraestructura de seguridad radiológica.

Los principales retos por abordar en el marco de la cooperación regional en el sector SEGURIDAD RADIOLÓGICA han sido identificados en la AGENDA ARCAL 2030 mediante la formulación de diez Necesidades y Problemas, que se presentan a continuación:

- R1. *Limitaciones de algunos reguladores en el control de instalaciones y actividades (rayos X de uso médico, nuevas tecnologías, etc.) y de algunos gobiernos para establecer y mantener un apropiado marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad.*
- R2. *Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de seguridad para el control de la exposición ocupacional, con énfasis en dosimetría de extremidades y cristalino, dosimetría interna, monitorización de puestos de trabajo, sistemas de calidad de los laboratorios y registros nacionales de dosis.*
- R3. *Limitaciones en las capacidades de calibración en protección radiológica, radiodiagnóstico y radioterapia, por parte de los Laboratorios de Calibración Dosimétrica de la región.*
- R4. *Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de seguridad y de las 10 acciones de la “Convocatoria de Bonn” para el control de la exposición médica, con énfasis en tecnologías avanzadas en radioterapia, procedimientos intervencionistas y fluoroscópicos, radiología digital, tomosíntesis, Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) odontológica, tomografía computarizada multicortes y sistemas híbridos de Tomografía por Emisión de Fotón Simple y Tomografía por Emisión de Positrones (SPECT/CT y PET/CT).*
- R5. *Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de seguridad para la protección radiológica del público, del ambiente y en la gestión de desechos radiactivos. En particular, debe hacerse hincapié en políticas y estrategias nacionales, gestión de fuentes radiactivas en desuso e identificación y solución de situaciones radiológicas debido a presencia de material radiactivo natural.*
- R6. *Limitadas capacidades de planificación, notificación y respuesta a emergencias radiológica de los países, incluido el análisis sistemático de los accidentes y la diseminación de la información.*
- R7. *Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de educación y capacitación en seguridad radiológica, del transporte y de los desechos para todo el personal involucrado, con énfasis en estrategias nacionales.*
- R8. *Insuficiente control regulatorio del material radiactivo cuando se encuentra en el dominio público, esto es durante el transporte.*
- R9. *Insuficiente implementación de los requisitos internacionales de liderazgo y gestión para la seguridad en usuarios finales, servicios de apoyo científico-técnicos y reguladores.*

*R10. Limitada capacidad para la evaluación de seguridad de instalaciones y actividades, con énfasis en reactores, ciclotrones, radiofarmacia y en situaciones de exposiciones existentes.*

## **1.2.6. TECNOLOGÍAS CON RADIACIÓN**

El uso de las tecnologías con radiación para mejorar la calidad de vida tiene numerosas aplicaciones en diferentes campos y se puede abordar una amplia gama de problemas de desarrollo en los ámbitos del agua, ambiente, ingeniería costera, medicina, patrimonio cultural, procesos y producción industrial, procesamiento de materiales avanzados, recursos naturales, tecnologías de inspección, entre otros.

La región está compuesta por países con diferentes grados de desarrollo, sin embargo, se considera que todos los países requieren en algún grado la difusión del conocimiento y el desarrollo de estas aplicaciones para mejorar su competitividad.

Las aplicaciones de las tecnologías con radiación están en aumento constante y evolucionando a áreas como la exploración y el uso eficiente de los recursos naturales, la minería, la industria de procesamiento de minerales, la metalurgia, el desarrollo de materiales avanzados, la caracterización y preservación del patrimonio cultural y del medio ambiente, así como la protección costera contra la erosión.

La región detiene un consistente conocimiento y una reconocida experiencia en las aplicaciones de las tecnologías con radiación en relación, por ejemplo, con el uso de radiotrazadores en el diagnóstico de procesos y la producción en la industria; radiotrazadores en el ambiente, en campos de petróleo, en el transporte de sedimentos; sistemas de control nucleónico, en control de calidad industrial y en la exploración de recursos minerales y el medio ambiente; en ensayos no destructivos e en la utilización de irradiadores gamma y aceleradores de haces electrones.

Con el aumento de la experiencia y la confianza en la tecnología, el uso de tecnologías con radiación se encuentra en el umbral para la mejora considerable de la región en prácticamente todos los países y para emerger como un importante contribuyente a las economías nacionales.

Los principales retos por abordar en el marco de la cooperación regional en el sector TECNOLOGÍAS CON RADIACIÓN han sido identificados en la AGENDA ARCAL 2030 mediante la formulación de ocho Necesidades y Problemas, que se presentan a continuación:

- T1. Tratamiento de aguas residuales domésticas, industriales y farmacéuticas por procesamiento de radiación (fármacos, compuestos orgánicos, contaminación biológica, micro plásticos, etc.).*
- T2. Tratamiento fitosanitario de alimentos frescos, congelados, deshidratados y procesados por radiación ionizante.*
- T3. Armonización de sistemas de control y garantía de la calidad en irradiadores (QA/QC) e intercomparaciones dosimétricas.*
- T4. Desarrollo de materiales innovadores, competitivos y amigables con el medio ambiente con tecnologías con radiación para la salud, agricultura e industria (nanotecnología, materiales compuestos, nuevas fórmulas curables, etc.).*
- T5. Aumento de la competitividad de la industria por medio de la optimización de procesos y disminución del impacto ambiental, utilizando tecnologías con radiación tales como radiotrazadores, aplicaciones de fuentes radioactivas selladas, entre otras.*

- T6. Caracterización y preservación de objetos tangibles de patrimonio cultural y materiales archivados, aplicando técnicas nucleares.*
- T7. Armonizar metodologías y capacitar personal de acuerdo con estándares y esquemas de certificación para técnicas avanzadas de ensayos no destructivos.*
- T8. Transformación sustentable de recursos naturales no tóxicos renovables de la región (polímeros naturales) para el incremento de la producción agrícola y disminución de los residuos y la contaminación.*

## 2. INTRODUCCIÓN DE LA AGENDA ARCAL 2030

### 2.1. ANTECEDENTES

El PER para ALyC vigente cubre el periodo 2016–2021, por lo que necesita ser actualizado y renovado, teniendo en consideración tanto el grado de cumplimiento alcanzado de los objetivos estratégicos que se fijaron en su momento, como las perspectivas de utilización de la tecnología nuclear en la región en los próximos años.

La actualización y renovación del PER cubrirá el periodo 2022–2029, debiendo servir de referencia para la promoción y el desarrollo de actividades de cooperación entre los países de la región y para facilitar la programación de proyectos de carácter regional, dando continuidad al proceso de planificación que se hizo sobre la base del PER 2016–2021. Los Coordinadores Nacionales de ARCAL han acordado que este nuevo PER será titulado “Agenda ARCAL 2030”, para facilitar la diseminación del mismo y la coordinación de las actividades llevadas a cabo con la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. La planificación estratégica de los proyectos cubrirá el período 2022–2029, de acuerdo con los ciclos de Cooperación Técnica y la evaluación de los resultados de este marco estratégico será realizada en el año 2030.

Tal como ocurrió con la preparación del PER 2016–2021, el OIEA y el ARCAL colaboraron estrechamente en la preparación de un marco de programación sólido, encaminado a satisfacer las necesidades prioritarias de la región identificadas durante el proceso de su elaboración. En este proceso se consideraron las importantes ventajas que aporta ARCAL como acuerdo gubernamental, en la selección de proyectos, la movilización de medios y recursos para facilitar el desarrollo de los proyectos, así como, en la evaluación de los proyectos de cooperación técnica regional, ejecutados en el marco del PER.

Los aspectos que han sido considerados en la elaboración del PER 2022–2029 son: la evaluación de los resultados obtenidos durante los ciclos de proyectos incluidos en el PER 2016–2021, la identificación de ajustes conceptuales y metodológicos necesarios para mejorar el proceso de su elaboración, instituciones involucradas y su grado de participación en los proyectos, la comunicación de los resultados de los proyectos y sus beneficios para la región.

En el presente PER, el primer ciclo de proyectos corresponde al bienio 2022–2023 y la convocatoria para dicho ciclo se basó en la evaluación del PER-2016-2021, realizada en la reunión del Grupo de Seguimiento y Evaluación (Grupo de S y E) del PER, que se llevó a cabo en Viena, del 1 al 5 de abril de 2019. En esta reunión, el Grupo de S y E del PER con el apoyo de los Expertos Temáticos (TE), de los Oficiales Técnicos (TO) y de los Oficiales de Administración de Programas (PMO) del Organismo Internacional de Energía Atómica, identificaron las necesidades y problemas (N/P) del PER vigentes, que se debían considerar para el ciclo 2022-2023.

Además de la indicación de las N/P para el ciclo 2022/2023, el Grupo de S y E presentó propuestas de temas y orientaciones para la elaboración del PER 2022-2029 que están plasmadas en la publicación de la reunión del Grupo y constituye uno de los documentos de referencia que se consideró en la reunión de trabajo, que se llevó a cabo del 04 al 08 de noviembre de 2019, en Viena.



## 2.2. OBJETIVO DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL

El objetivo del PER 2022–2029 es establecer un marco de cooperación estratégico para los países de la región de ALyC, basado en el análisis descriptivo de los problemas o necesidades más apremiantes en el contexto regional, que pueden atenderse mediante el uso y aplicaciones de la tecnología nuclear.

El marco de cooperación del PER 2022–2029 deberá ser una referencia programática de primera magnitud, para la preparación de propuestas de programas y proyectos, tanto para ARCAL como para el Organismo Internacional de Energía Atómica, en lo que respecta a su Programa de Cooperación Técnica para la región.

El presente PER servirá también para mejorar la cooperación regional, mediante una adecuada comunicación y difusión de los impactos alcanzados con los proyectos de cooperación técnica, que pueda servir para atraer socios estratégicos, tanto de la región como de fuera de ella, con la idea de contar con proyectos con mayor beneficio e impacto.

Es importante considerar que el PER 2022–2029 representa un marco estratégico dinámico, es decir, que considerando las condiciones, necesidades y problemática que la región presente en un momento determinado, podrán proponerse propuestas de proyectos que no hubieren estado cubiertos en esta publicación, siempre que estén en concordancia con los principios, normas y criterios de calidad del Programa de Cooperación Técnica (PCT) del Organismo.

## 2.3. ALCANCE DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL

El presente PER incluye los siguientes sectores prioritarios de aplicación de las técnicas nucleares:

1. Alimentación y Agricultura: seguridad alimentaria, agricultura, alimentación, veterinaria e industrialización;
2. Salud Humana: medicina nuclear, radioterapia, física médica, radio-farmacia y nutrición;
3. Ambiente: atmósfera, mar, recursos hídricos y suelos;
4. Energía: generación de energía eléctrica y reactores de investigación;
5. Seguridad Radiológica: aspectos regulatorios y protección radiológica, incluyendo los trabajadores, paciente, público y ambiente;
6. Tecnología con Radiación: procesos industriales, tratamiento por radiación, materiales avanzados, patrimonio cultural y tecnologías de inspección.

Además de estos seis grupos, se tiene en cuenta la igualdad de género como aspecto transversal del PER.

## 2.4. ESTRUCTURA DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL

La presente publicación establece un perfil analítico descriptivo de las necesidades o problemas<sup>1</sup> más apremiantes de la región y también establece, la prioridad con la que pueden ser afrontadas, mediante el uso de las tecnologías nucleares disponibles.

---

<sup>1</sup> Para el proceso de formulación de las necesidades o problemas se consideró que:

- Una necesidad comprende todo aquello que se desea y comprende una situación de insatisfacción o carencia;
- Un problema es una situación por resolver.

Para ello, se invitaron a profesionales de diferentes grupos temáticos, con el objeto de efectuar un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO).

Para definir la priorización, se otorgaron atributos específicos a las necesidades o problemas relativos en función de su gravedad, tiempo, extensión, relevancia y nivel de dificultad. Los valores resultantes posibilitan una comparación cuantitativa entre ellos, tomándose en cuenta, también, los diferentes niveles de desarrollo de cada país en las áreas temáticas. La metodología para priorización se describe en el Anexo PER 2022-2029.

La caracterización de la necesidad o problema consideró los siguientes elementos:

- Una justificación de la necesidad o problema que describe claramente la situación que se va a abordar. En esta justificación se establecen las líneas base, cualitativas y cuantitativas, de la situación diagnosticada;
- Un objetivo en el nivel estratégico, factible de ser alcanzado, considerando que tanto ARCAL como el PCT del Organismo operan con ciclos de 2 años, de acuerdo con su vigencia de 2022 a 2029, así como la limitación de recursos financieros disponibles;
- Un indicador de resultado para el objetivo que permita verificar su cumplimiento.
- Una expectativa de su posible impacto en la región.

## 2.5. METODOLOGÍA PARA LA PREPARACIÓN DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL

El PER 2022-2029 se preparó a partir de un análisis sectorial regional y de la identificación de las necesidades y problemas priorizados y sus respectivos objetivos estratégicos e indicadores tomando en cuenta los ODS de las Naciones Unidas para los cuales la tecnología nuclear puede contribuir.

Los abarcados por el PER son:

- ODS 1- FIN DE LA POBREZA;  
Objetivo 1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
- ODS 2- HAMBRE CERO;  
Objetivo 2: Poner fin al hambre.
- ODS 3- SALUD Y BIENESTAR;  
Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
- ODS 4- EDUCACIÓN DE CALIDAD;  
Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- ODS 6- AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO;  
Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
- ODS 7- ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE;  
Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.
- ODS 8- TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO;  
Objetivo 8: Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.
- ODS 9- INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURAS;  
Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.
- ODS 11- CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES;  
Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.
- ODS 12- PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES;

- Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- ODS 13- ACCIÓN POR EL CLIMA;  
Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- ODS 14- VIDA SUBMARINA;  
Objetivo 14: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos.
- ODS 15- VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES;  
Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad.
- ODS 17- ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS.  
Objetivo 17: Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Asimismo, la presente publicación considera la relevancia del aspecto transversal de igualdad de género en relación con el ODS 5: IGUALDAD DE GÉNERO - Alcanzar la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas.

La preparación de este PER estuvo coordinada por el Grupo de S y E, compuesto por siete Coordinadores Nacionales de ARCAL y por un representante del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas de España, socio estratégico del ARCAL.

Para la coordinación del proceso de preparación del PER, el Grupo de S y E contó con el apoyo de los siguientes participantes:

1. Un Experto en Planificación;
2. Un funcionario del Organismo designado por el Director de la División para América Latina.

El Grupo de S y E mantuvo una comunicación estrecha con el Grupo Directivo de ARCAL a los efectos de informar sobre los trabajos en curso y recibir retroalimentación.

Para la elaboración del PER, en cada una de las Áreas Temáticas se conformó un Grupo de Trabajo integrado por:

1. Un Coordinador de Área Temática (CAT);
2. Personal del Organismo Internacional de Energía Atómica: un Oficial Gerente de Programas (PMO) designado por el Director de la División para América Latina, para prestar asistencia en materia de gestión de proyectos a cada uno de los sectores temáticos y Oficiales Técnicos (TO) designados a tal efecto por los Departamentos Técnicos del Organismo;
3. Dos o tres expertos en el sector de referencia que proporcionan un balance de especialidades técnicas dentro de una misma temática:
  - 3.1 Expertos de la región nominados a través de sus Coordinadores Nacionales de ARCAL, con la función de ser líderes de grupo;
  - 3.2. Los expertos indicados por los organismos regionales y/o de Naciones Unidas, invitados a participar en el proceso de formulación del nuevo PER;
  - 3.3. Expertos del Organismo Internacional de Energía Atómica, nominados por la Secretaría para participar en los grupos de trabajo temáticos.

## 2.6. ÁREAS TEMÁTICAS

En el PER 2022–2029, un total de 44 necesidades y problemas fueron identificadas por los 6 Grupos Temáticos. El análisis específico, conforme a la metodología aplicada, se encuentra en cada una de las secciones de esta publicación. A continuación, se presentan estas necesidades o problemas:

### 2.6.1. Alimentación y Agricultura

- A1. Mejoramiento de prácticas de manejo de agua, suelo, agroquímicos y biofertilizantes, incluido la fijación biológica de nitrógeno.
- A2. Mejoramiento de cultivos alimenticios y de importancia económica para diversas condiciones de estrés bióticos y abióticos.
- A3. Mejoramiento de animales de reconocida importancia económica y apoyo a iniciativas para mejorar el rendimiento o producción y potencial comercial de animales de la biodiversidad regional.
- A4. Ocurrencia de enfermedades de carácter transfronterizo, incluyendo aquellas que tienen repercusiones zoonóticas, y de las declaraciones obligatorias
- A5. Disponibilidad de alimentos de origen animal (incluyendo los productos derivados de la acuicultura) y vegetal que cumplan con los estándares de seguridad y calidad.
- A6. Daño causado por las plagas en alimentos animales y vegetales.
- A7. Apoyar iniciativas para el desarrollo de la acuicultura en la región.
- A8. Fortalecimiento de las estrategias de control de mosquitos

### 2.6.2. Salud Humana

- S1. Insuficiente número de profesionales capacitados y guías clínicas armonizadas para el uso de las nuevas tecnologías en el marco de la multimodalidad de imágenes para el diagnóstico, estratificación de riesgo, así como guías para un tratamiento adecuado de las enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares.
- S2. Insuficiente número de profesionales capacitados y guías clínicas armonizadas, para la utilización y desarrollo de radiofármacos y dosimetría para diagnóstico y tratamiento con teranósticos.
- S3. Insuficiente número de profesionales capacitados y guías clínicas armonizadas para el uso de las nuevas tecnologías en medicina nuclear e imágenes diagnósticas, principalmente equipos híbridos y mejoramiento del equipamiento existente.
- S4. Insuficiencia de recurso humano calificado en física médica en la región.
- S5. Falta de servicios de radioterapia que dispongan de la tecnología adecuada, del recurso humano calificado y que utilice al máximo y de forma segura la tecnología disponible.
- S6. Necesidad de adecuación tecnológica con aumento del número de unidades de braquiterapia y formación del recurso humano correspondiente.

- S7. Necesidad de fortalecer los sistemas de gestión de la calidad en medicina de las radiaciones en la región.
- S8. Insuficiente capacidad para realizar las intervenciones necesarias para mejorar el estado nutricional de la población.

### **2.6.3. Ambiente**

- M1. Insuficiente conocimiento de la disponibilidad e inadecuada gestión de los Recursos Hídricos.
- M2. Insuficiente conocimiento sobre la calidad de agua y de las posibles fuentes que contribuyen a su contaminación.
- M3. Insuficiente conocimiento de los principales procesos que afectan las zonas costeras, océanos y los recursos marinos.
- M4. Insuficiente conocimiento de los niveles de concentración de partículas y aerosoles atmosféricos, su composición e impacto en la salud humana.
- M5. Insuficiente evaluación de la degradación y contaminación del suelo y su impacto en la salud humana.

### **2.6.4. Energía**

- E1. Incorporación del tema sistemas energéticos en los programas educativos, en los diferentes niveles de educación desde escolar a grado universitario en la región.
- E2. Consolidación de una red para el intercambio de información y coordinación de estrategias desde los operadores de los reactores de investigación hasta el usuario final de los radioisótopos.
- E3. Disponer de planes energéticos nacionales, subregionales y/o regionales contemplando los ODS 7 y 13.
- E4. Incorporar en los foros de discusión de planificación energética en la región el concepto de CLEW.
- E5. Extensión de vida útil de las centrales nucleares.

### **2.6.5. Seguridad Radiológica**

- R1. Limitaciones de algunos reguladores en el control de instalaciones y actividades (rayos X de uso médico, nuevas tecnologías, etc.) y de algunos gobiernos para establecer y mantener un apropiado marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad.
- R2. Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de seguridad para el control de la exposición ocupacional, con énfasis en dosimetría de extremidades y cristalino, dosimetría interna, monitorización de puestos de trabajo, sistemas de calidad de los laboratorios y registros nacionales de dosis.

- R3. Limitaciones en las capacidades de calibración en protección radiológica, radiodiagnóstico y radioterapia, por parte de los Laboratorios de Calibración Dosimétrica de la región.
- R4. Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de seguridad y de las 10 acciones de la “Convocatoria de Bonn” para el control de la exposición médica, con énfasis en tecnologías avanzadas en radioterapia, procedimientos intervencionistas y fluoroscópicos, radiología digital, tomosíntesis, CBCT odontológica, tomografía computarizada multicortes y sistemas híbridos de Tomografía por Emisión de Fotón Simple y SPECT/CT y PET/CT.
- R5. Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de seguridad para la protección radiológica del público, del ambiente y en la gestión de desechos radiactivos. En particular, la labor debe hacer hincapié en políticas y estrategias nacionales, gestión de fuentes radiactivas en desuso e identificación y solución de situaciones radiológicas debido a presencia de Materiales o residuos que contiene Radionucleidos de Origen Natural conocidos como material radiactivo natural (NORM).
- R6. Limitadas capacidades de planificación, notificación y respuesta a emergencias radiológicas de los países, incluido el análisis sistemático de los accidentes y la diseminación de la información.
- R7. Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de educación y capacitación en seguridad radiológica, del transporte y de los desechos para todo el personal involucrado, con énfasis en estrategias nacionales.
- R8. Insuficiente control regulatorio del material radiactivo cuando se encuentra en el dominio público, esto es durante el transporte.
- R9. Insuficiente implementación de los requisitos internacionales de liderazgo y gestión para la seguridad en usuarios finales, servicios de apoyo científico-técnicos y reguladores.
- R10. Limitada capacidad para la evaluación de seguridad de instalaciones y actividades, con énfasis en reactores, ciclotrones, radiofarmacia y en situaciones de exposiciones existentes.

#### **2.6.6. Tecnologías con Radiación**

- T1. Tratamiento de aguas residuales domésticas, industriales y farmacéuticas (fármacos, compuestos orgánicos, contaminación biológica, micro plásticos, etc.) por procesamiento de radiación.
- T2. Tratamiento fitosanitario de alimentos frescos, congelados, deshidratados y procesados por radiación ionizante.
- T3. Armonización de sistemas de Control y Gestión de Calidad (QA/QC) en irradiadores e intercomparaciones dosimétricas.
- T4. Desarrollo de materiales innovadores, competitivos y amigables con el medio ambiente para la salud, agricultura e industria mediante tecnologías con radiación (nanotecnología, materiales compuestos, nuevas fórmulas curables, etc.).

- T5. Aumento de la competitividad de la industria por medio de la optimización de procesos y disminución del impacto ambiental, utilizando tecnologías con radiación tales como radiotrazadores, aplicaciones de fuentes radiactivas selladas, entre otras.
- T6. Caracterización y preservación de objetos tangibles de patrimonio cultural y materiales archivados, aplicando técnicas nucleares.
- T7. Armonizar metodologías y capacitar personal de acuerdo con estándares y esquemas de certificación para técnicas avanzadas de ensayos no destructivos.
- T8. Transformación sustentable de recursos naturales no tóxicos renovables de la región (polímeros naturales) para el incremento de la producción agrícola y disminución de los residuos y la contaminación.

### **2.6.7. Equidad de Género**

Además de estos 6 grupos temáticos, se consideran las siguientes directrices relacionadas con la equidad de género como eje transversal:

- Promover una participación plena y equitativa de las mujeres en áreas relacionadas con las ciencias y tecnologías nucleares, especialmente en los procesos de toma de decisiones;
- Afrontar la insuficiencia de herramientas para el logro del empoderamiento de las mujeres y niñas en dichas áreas, especialmente en términos de formación, acceso a puestos de liderazgo, conformación de redes y visibilización de su labor;
- Solucionar la escasez de datos estadísticos sobre la participación de las mujeres en dichas áreas para el diagnóstico y la promoción de políticas de equidad de género.

## **2.7. GUÍA PARA IMPLEMENTACIÓN DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL**

Para alcanzar los resultados de largo plazo planteados en el PER 2022–2029, se requiere de la formulación de objetivos específicos y de indicadores precisos, a partir de líneas de base actualizadas y que posibilitan la formulación de metas que se deben alcanzar a través de los programas de cooperación técnica.

Bajo este concepto se identificó la necesidad de establecer una estrategia de implementación del PER 2022–2029, a partir de la formulación y la priorización de las necesidades o problemas identificados para cada sector. Esta estrategia será presentada en un documento complementario denominado “Guía para la Implementación del PER 2022–2029”, una vez que sea revisado por los Coordinadores Nacionales miembros del Órgano de Coordinación Técnica de ARCAL (OCTA) y avalado por parte del Órgano de Representantes de ARCAL (ORA).

## **2.8. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL**

El proceso para la elaboración del PER 2022–2029, se dio a través de reuniones del Grupo de Seguimiento y Evaluación, de acuerdo con el cronograma de trabajo que se presenta a continuación:

- Primera Reunión del Grupo de Seguimiento y Evaluación

Lugar: Viena

Fecha: 05–07 noviembre 2018

Duración: 3 días

En esta reunión el Grupo de S y E elaboró los Términos de Referencia (ToR) para la evaluación del PER 2016–2021 y el cronograma para recabar informaciones a respecto de la ejecución o situación de los proyectos del período abarcado por el PER vigente.

- Segunda Reunión del Grupo de S y E

Lugar: Viena

Fecha: 01–05 abril 2019

Duración: 1 semana

A esta reunión se integraron los expertos temáticos invitados a participar del proceso de evaluación de los proyectos, así como los Oficiales Técnicos y los Oficiales de Administración de Programas del Organismo.

Durante la semana de trabajo se evaluaron los proyectos correspondientes al PER 2016–2021, según las orientaciones de los ToR para seguimiento y evaluación de proyectos, además se preparó el informe de la reunión que sirvió como documento de referencia para la elaboración del PER 2022–2029.

- XX Reunión del OCTA

Lugar: Cuba

Fecha: 20–24 mayo 2019

Duración: 1 semana

En esta reunión del OCTA se discutió, ajustó y se aprobaron los ToR propuestos para la elaboración del PER 2022–2029 y junto con ello, la selección de las necesidades y problemas para el bienio 2022–2023, a partir de la evaluación que se hizo en la reunión de abril de 2019.

- XX Reunión del ORA

Lugar: Viena

Fecha: 19 de septiembre de 2019

Duración: 1 día

En esta reunión del ORA se discutieron, ajustaron y aprobaron los ToR para la elaboración del PER 2022–2029.

- Primera Reunión de los Grupos Temáticos

Lugar: Viena

Fecha: 04–08 noviembre 2019

Duración: 1 semana

En esta reunión se hizo el diagnóstico estratégico sectorial, con identificación de las necesidades y problemas para el período 2022–2029, sus objetivos estratégicos, indicadores de resultado y la respectiva priorización, que se encuentran plasmados en esta publicación.

En las siguientes secciones se presenta el análisis y las formulaciones de las necesidades o problemas para cada uno de los sectores temáticos del PER 2022–2029.



*ALIMENTACIÓN Y  
AGRICULTURA*



### 3. ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA

#### 3.1. ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL

En lo que respecta al sector Alimentación y Agricultura, muchas de las características de la Matriz DAFO analizadas en el PER anterior todavía prevalecen en la región, pero nuevas oportunidades importantes han aparecido, asociadas a la gran diversidad climática, biológica y de recursos naturales (disponibilidad de tierras, agua, etc.) que posee la región, estos factores tendrán un reflejo en el potencial aumento de la producción de alimentos de calidad. Se partió del principio de definir las necesidades y problemas de manera independiente de la aplicación de las técnicas nucleares y luego, después de un análisis sobre las posibilidades de solución a esas necesidades y problemas, se encontró que en muchas de ellas las técnicas nucleares son herramientas de gran valor, como se verá más adelante. Los principales desafíos atenderán los ODS 1, 2, 3, 8, 13 y 15.

Los subsectores que fueron cubiertos en este trabajo son los mismos considerados en el PER anterior, dentro de cuatro grandes temas: agricultura, alimentación, salud animal e industrialización, siendo ellos:

- Inducción de mutaciones, selección y mejoramiento genético de plantas;
- Gestión integrada de suelos, agua, plantas, fertilizantes y protección ambiental;
- Manejo integrado de plagas y control de enfermedades que afectan plantas y animales;
- Producción y sanidad animal;
- Alimentos de calidad (incluidos alimentos funcionales), libre de residuos tóxicos o sustancias dañinas a la salud.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estimó en 2019 que la población mundial superaba los 7 000 millones de habitantes, de los cuales aproximadamente el 9 %, vivía en ALyC [1]. De éstos, debido al creciente éxodo rural hacia las áreas urbanas, sólo un promedio de 25 % vive en zonas rurales, siendo que en los países más pobres esta proporción es superior al 40 %, destacándose que a pesar de los esfuerzos en disminuir la pobreza, el medio rural todavía responde por 29 % de la pobreza y 41 % de la pobreza extrema de la Región [2, 4], razón por lo cual la atención a este sector contribuye, de manera indiscutible, al alivio del hambre y al progreso económico para millones de habitantes de la región, (ODS 2, ODS 3 y ODS 8) [5].

En la región, la agricultura puede ser agrupada en dos grandes grupos: los pequeños agricultores que son una gran mayoría, pero con pequeña fracción del área agrícola total, a pesar de lo cual son los que más contribuyen a la producción de los alimentos consumidos diariamente por la población, con mínima tecnología agrícola o agricultura extractiva o de subsistencia. El otro grupo menor, los grandes productores, que responden por la mayor parte del agronegocio de la región.

La región de ALyC ocupa 12,1 % de la superficie agrícola mundial (1 592.76 Mha) y posee una de las mayores áreas (980 Mha) del mundo potenciales para uso en la agricultura, que descontado la superficie actualmente en uso, resta todavía cerca de 787.27 Mha [1]. En consecuencia, la región todavía puede expandir su área agrícola en por lo menos cuatro veces. Todo esto unido a la alta diversidad biológica que posee, la región presenta la mayor fortaleza y oportunidad para el futuro desarrollo en lo que respecta a la producción de alimentos. Cabe destacar el potencial de desarrollo de la acuicultura y la acuicultura regionales, que están en pleno crecimiento [5, 6]. Por eso, la FAO considera que teniendo en cuenta el crecimiento de la población mundial que en 2050 puede superar los 9 mil millones de personas, el crecimiento en la producción de alimentos necesitaría ser superior

a 70 % [7, 8]. Teniendo en cuenta los recursos potenciales disponibles, se espera que la región aumente la producción para atender la demanda de más del 30 % de la demanda de alimentos del mundo en ese momento. De ahí la urgencia de desarrollo de tecnologías agrícolas sostenibles en la región para atender los ODS 2 y ODS 3.

En las últimas décadas hubo grandes avances en lo que respecta al control del hambre y desnutrición. El porcentaje de la población afectada disminuyó del 13,5 % al 6,5 % en la actualidad. Sin embargo, todavía viven en la región alrededor de 42 millones de personas afectadas por la subnutrición, principalmente en los países andinos, Mesoamérica y el Caribe. Este problema está asociado con el contrastante desarrollo agrícola de producción de alimentos (granos, cereales, carne, leche, entre otros) entre las subregiones. Pocos países como Argentina, Brasil y Uruguay producen entre 5 y 10 veces su demanda actual de alimentos, pero en los otros países todavía hay un gran espacio a recorrer [9]. Un desafío para atender el ODS 2.

Es importante señalar que partir de 2011 se observa un estancamiento en los indicadores de reducción de la pobreza regional, y en algunas subregiones los índices han retrocedido. Si esta situación prevalece en la región no se alcanzará la meta regional del ODS 2 de poner fin al hambre y a todas las formas de malnutrición para el 2030 [4]. En contraste con esta situación, la región ha dado pasos importantes para erradicar la desnutrición infantil, disminuir la mortalidad materna, neonatal y en los niños menores de 5 años, y la mortalidad causada por enfermedades no transmisibles, lo que indica que se sigue en buen camino para cumplir las primeras dos metas del ODS 3 [10].

La región tiene un alto potencial de ofrecer nuevos cultivos alimenticios al mundo, debido a poseer cinco de los diez mega centros de biodiversidad del planeta (Brasil, Chile, México, Paraguay y Perú) [11]. En el área de cultivos agrícolas, el nuevo mundo, en que se localiza la región, ha proporcionado la mayor diversidad de cultivos que hoy son la base de la alimentación de la humanidad (papa, maíz, frijol, tomate, yuca, cucurbitáceas, palta, cacao, ají, entre otros). Otras raíces, tuberosas y cereales (amaranto, kiwicha, quinua, entre otras) están en plena expansión y uso. En el ámbito de la actividad pecuaria, ALyC poseen grandes poblaciones (450 M de cabezas) de las principales especies ganaderas, distribuidas en las distintas subregiones y que son la base económica de diversos sectores, tanto para el comercio local y regional como para explotación en larga escala industrial y exportación de sus derivados. Por su característica autóctona (como en el caso de los camélidos sudamericanos), o por ser introducidos por lo menos hace 200 años, a través de los colonizadores europeos (como en el caso de los bovinos, ovinos, caprinos y bufalinos), esas poblaciones poseen conjuntos génicos especiales y seleccionados que les confiere combinación ajustada y adaptación a las distintas zonas agroecológicas de la región. Por todo esto, a la región de ALyC se le considera red de garantía de la seguridad alimentaria mundial.

La región de ALyC produce el 14 % del total mundial de los alimentos y contribuye al 23 % de las exportaciones mundiales de productos básicos agrícolas y pesqueros. Para la próxima década se espera en la región un crecimiento de 22 % en la producción agrícola (60 % debido al rendimiento y 40 % debido a la expansión del área agrícola), el triple de la media mundial de 7 %. En el sector ganadero se espera un aumento de 16 %, ocho veces mayor que la media mundial de 2 %. El consumo regional de carnes aumentará en cerca de 8 Mt (17 %). La producción regional de carne será más orientada a las exportaciones [12]. Contribuye para atender el ODS 2.

En síntesis, si bien la producción de alimentos en la región presenta resultados generales positivos, también afronta una serie de desafíos cruciales por superar en los próximos años para alcanzar un desarrollo alimentario sostenido compatible con mayores niveles de crecimiento y bienestar social, vinculados a la conservación y utilización de la diversidad biológica y sin detrimento de los recursos

naturales. Para que este desarrollo ocurra, es necesario que la actividad agropecuaria regional crezca significativamente y de forma sostenible. Numerosos especialistas en desarrollo económico han identificado al cambio tecnológico como la variable que más aporta al crecimiento económico. En ALyC, por ejemplo, se calcula que alrededor del 40 % de las mejoras logradas en la producción agropecuaria son atribuibles al cambio tecnológico, muy similar a lo que se observa en el mundo, donde se considera que en los últimos 50 años más de 40 % de la tasa de incremento en la producción de alimentos se ha debido al uso de fertilizantes nitrogenados [13]. Se están llevando a cabo estudios para mejorar el uso racional de este importante artículo fungible agrícola a fin de reducir al mínimo todo posible impacto ambiental negativo.

En cuanto al uso del nutriente nitrógeno, el más impactante en la producción agrícola, la región se destaca por haber desarrollado con éxito la tecnología de la Fijación Biológica de Nitrógeno del aire (FBN) por microorganismos en simbiosis o asociados a los cultivos, especialmente a leguminosas como la soya. La técnica de la FBN responde por más del 62 % la demanda de N de la agricultura de ALyC. Sólo el cultivo de soya que ocupa 60 Mha, produce más de 64 Mt de proteína, además de aceite para consumo humano y para bioenergía [9]. Esto contribuye para atender los ODS 2, ODS 7 y ODS 13.

Como se mencionó anteriormente, ALyC con cerca del 9 % de la población mundial responden por 14 % de la producción mundial de alimentos, y por 23 % de las exportaciones mundiales de productos básicos agrícolas y pesqueros. Así, la región presenta uno de los índices de producción per cápita de granos y cereales (1,9 kg/hab/día) más altos del mundo, sin embargo 6,5 % de su población (42 Mhab.) presentan alto grado de subnutrición, debido principalmente a la pobreza extrema, sin recursos económicos para obtener alimentos [12]. De ahí que se necesite apoyo para elaborar políticas y estrategias nacionales dirigidas a proteger y favorecer a la población en lugar de limitarse a permitir la exportación de productos. Aparte de Argentina, Brasil, México y Uruguay, la mayoría de los países dependen principalmente del desarrollo de la actividad agropecuaria. El atendimento a este desafío ayudaría alcanzar los ODS 2, ODS 7 y ODS 13.

Se debe destacar que, en la agricultura regional, tanto la desarrollada basada en el uso intensivo de agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, etc.) y la menos desarrollada o extractiva llamada también de “subsistencia”, que está basada principalmente en la explotación de la pobreza de los suelos, vienen causando un alto costo ambiental, destacándose la degradación de las tierras, la biodiversidad y de los recursos naturales. Alto riesgo de no atender los ODS 12, ODS 13 y ODS 15.

Por otro lado, se debe destacar en la región el alto potencial de la acuicultura. El mundo consume alrededor de 172 Mt de pescado (captura y cultivo) y derivados (al año). El consumo per cápita mundial es de 20,6 kg/hab/año y debe alcanzar 21,5 kg/hab/año en el 2030. La región de ALyC presenta un consumo per cápita de 10 kg/hab/año. En 2030 la producción (pesca y acuicultura) de la región debe crecer en 24,2 %, pasando de 12,9 Mt a 16 Mt, pero, el mayor crecimiento se dará en la acuicultura con 49 %, con mayor destaque para Brasil y Chile, siendo las especies más cultivadas carpa, tilapia, salmón, camarones y ostras. Así la región continuará siendo la segunda mayor productora del mundo, después de Asia [6, 12]. Esto contribuye para atender los ODS 2 y ODS 3.

### **3.1.1. Dificultades que necesitan ser superadas para contribuir significativamente a la seguridad alimentaria de la región y del mundo.**

El haber posicionado la actividad agropecuaria como un proveedor neto de alimentos y como un sector estratégico para el desarrollo regional, ha traído también como contrapartida consecuencias negativas tales como: una progresiva degradación de tierras arables y erosión debido a su uso

intensivo con prácticas de manejo inadecuadas, con inadecuado uso de la fertilización e irrigación (riesgo de pérdidas de tierras por salinidad, debido al descuido con el drenaje); la reducción incesante de la superficie boscosa natural a cambio de ampliar la superficie de producción de pasturas y de cultivos industriales de exportación.

La intensificación agrícola también viene contribuyendo al deterioro del medio ambiente reflejado en la pérdida de la biodiversidad, debido a la sustitución del cultivo de especies nativas por cultivos de alto valor comercial y la frecuente contaminación por agroquímicos utilizados en el control de plagas y en el tratamiento postcosecha de los productos agrícolas. Es importante señalar también las pérdidas de alimentos durante y postcosecha. Éste último debido a problemas con el transporte e inadecuada conservación y almacenaje (producción de micotoxinas, por ejemplo). El atender este desafío ayudaría alcanzar los ODS 2, ODS 3, ODS 7 y ODS 13.

En la región, el cambio tecnológico todavía es insuficiente para atender exitosamente la creciente demanda de alimentos y aprovechar la apertura comercial internacional. En este contexto, se asume también conseguir un desarrollo agrícola sostenible basado en productos agropecuarios, sin efectos colaterales para la salud humana ni daño al medio ambiente. Entre estas tecnologías se destacan sistemas de manejo sustentables como la siembra directa (labranza cero) y el Sistema de Integración Agricultura Pecuaria, que rota periodos de cultivos de granos y cereales con periodos de pasturas, sistemas que actualmente se encuentran bien difundidos en Brasil, Argentina y Paraguay, pero es necesario su expansión o adaptación para las otras subregiones. Es útil hacer notar que el sistema de integración agricultura pecuaria puede ofrecer mejores perspectivas para recuperar las pasturas degradadas (+300 Mha) y a través de esto, contribuir a la mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero, disminuyendo la tasa de emisión de metano por unidad de producto (carne o leche) y aumento del secuestro de C en el suelo. El atender este desafío ayudará a alcanzar los ODS 2, ODS 3, ODS 8 y ODS 13 [5].

En las subregiones América del Sur y Caribe existe un inadecuado control de diversas plagas agrícolas, en el que se destacan las plagas de las moscas de la fruta y de hortalizas que producen pérdidas entre 20 % y 40 %. En cuanto a las plagas que afectan la producción pecuaria como el gusano barrenador del nuevo mundo (*cochliomyia hominivorax*), reducen el rendimiento y la calidad de la carne, leche y cuero. La atención a este desafío contribuirá al cumplimiento los ODS 2, ODS 3 y ODS 8 [5].

En la subregión de América del Sur, está surgiendo una nueva plaga, *lobesia botrana*, que ataca a los frutos de la vid, detectada recientemente en Chile y Argentina, con alto riesgo de expandirse para el área productora de vid de Uruguay, Paraguay, Brasil, Estado Plurinacional de Bolivia y Perú, afectando la producción y comercio de la fruta y la industria vitivinícola de Sudamérica. El atender este desafío contribuirá a los ODS 2, 3 y 8 [5].

La pecuaria regional sufre el riesgo de enfermedades transfronterizas tales como fiebre aftosa, gripe aviaria y encefalopatía espongiiforme, favorecido entre otros por la inmensa frontera entre los países, superior a más de 50 000 km, una vez que en la mayoría de los países el control es mínimo. Su atención contribuiría para alcanzar los ODS 2, ODS 3 y ODS 8 [5].

La agropecuaria regional avanza para áreas marginales, de baja capacidad productiva, con suelos pobres y falta de variedades resistentes a diversas condiciones de estreses bióticos y abióticos (plagas, enfermedades, limitaciones de humedad, salinidad, acidez, etc.), acelerados por el cambio climático, que necesita una permanente atención del mejoramiento genético. Para esto, el mejoramiento genético en general también brindará atención a la preservación de la biodiversidad de plantas y animales. Su atención contribuiría para alcanzar los ODS 8 y ODS 13.

El desarrollo regional de la acuicultura dependerá de mejorar estrategias de nutrición, control sanitario, mejoramiento genético y conservación de la biodiversidad natural de la acuicultura (camarones, diversas especies de peces, ostras, etc.). Su atención contribuirá a los ODS 2, 3 y 8.

Con relación a la calidad de los alimentos, la intensificación de la agricultura, pecuaria y la industrialización de los alimentos, está asociado al creciente uso de agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, hormonas y diversos conservantes), cuyos residuos pueden superar los límites internacionales permisibles, con fuerte riesgo de rechazos y pérdidas económicas para la región. Su atención contribuirá para los ODS 2 y ODS 3.

El vacío de cambios tecnológicos existente en los cuales la tecnología nuclear puede coadyuvar, se presenta en los temas de desarrollo de buenas prácticas:

- uso y manejo de los recursos suelo y agua;
- mejoramiento genético de especies agrícolas y pecuarias, tradicionales y no tradicionales;
- prevención, supresión o erradicación de plagas y enfermedades agrícolas y pecuarias transfronterizas;
- manejo de las limitantes sanitarias y genéticas en el cultivo de especies pecuarias y organismos acuáticos cautivos;
- diagnóstico oportuno de enfermedades animales;
- control y monitoreo de la presencia de sustancias tóxicas para la salud en los alimentos;
- prevención de residuos de riesgo a la salud humana en alimentos;
- fortalecimiento de las redes y capacidad para soporte de servicios analíticos.

### **3.1.2. Contribución para los ODS de las Naciones Unidas.**

El Diagnóstico de la situación del área temática Alimentación y Agricultura en ALyC permitió identificar las principales dificultades que necesitan ser superadas para contribuir significativamente a la seguridad alimentaria de la región y del mundo. Todos estos desafíos contribuirán a atender principalmente los ODS 2, ODS 3, ODS 7, ODS 8, ODS 13 y ODS 15 [5].

## **3.2. ANÁLISIS DAFO**

### **3.2.1. Fortalezas**

- 1) La existencia de emprendedores locales capaces de adoptar tecnologías innovadoras en el sector agropecuario y de acuicultura;
- 2) La diversidad edafoclimática permite a la región ser un importante proveedor mundial de gran diversidad de productos agropecuarios de importancia alimenticia e industrial;
- 3) Es responsable de un porcentaje significativo del comercio mundial de productos agrícolas y pecuarios, como soya, azúcar, café, frutas, carne, pescados y productos lácteos;
- 4) La región posee gran disponibilidad potencial de tierras inexploradas o subutilizadas para la posible extensión de la actividad agropecuaria, equivalente a cerca de 4 veces la actual área en uso. Así mismo posee 64 % del agua dulce del mundo, con alto potencial de uso en la agricultura irrigada, vislumbrado aumento significativo en la producción agropecuaria [14];
- 5) La región posee niveles extremadamente altos de biodiversidad con posibilidad de ofrecer a la comunidad mundial, nuevas especies de productos agropecuarios y acuicultura con potencial económico y alto valor nutritivo o medicinal (granos, cereales, raíces, tubérculos, frutas, camélidos, peces, mariscos y otros);

- 6) Desarrollo y aplicación de técnicas agrícolas, tales como fijación biológica de nitrógeno, mejoramiento genético de animales y plantas, siembra directa, sistema de integración agricultura-pecuaria y control biológico de plagas para la producción sostenible de alimentos en la región, con la existencia de instituciones científicas y tecnológicas con personal capacitado;
- 7) La expansión de la agricultura sostenible en las inmensas áreas agrícolas contribuirá para aumentar el secuestro de carbono en el suelo y contribuir a la mitigación del efecto invernadero, el cual ayuda a la reducción de los efectos del cambio climático;
- 8) El incremento de los servicios nacionales y acuerdos subregionales para la prevención y control de plagas y enfermedades transfronterizas, que contribuye para la supresión o erradicación subregional de plagas agrícolas y enfermedades pecuarias, destacándose la plaga del gusano barrenador del ganado (GBG);
- 9) Políticas y estrategias públicas para promover la seguridad alimentaria se vienen implementando en la región.
- 10) La existencia de sistemas de gestión de riesgos: agroclimáticos, enfermedades emergentes, contaminantes de alimentos y medioambientales;
- 11) La región posee amplias áreas de recursos hídricos (mares, ríos y lagos) con potencial para aumentar en más de 46 % la acuicultura regional hasta el 2030 [6].

### 3.2.2. Debilidades

- 1) Las instituciones científicas y tecnológicas trabajan aisladamente y realizan actividades repetidas, siendo notoria la falta de estudios o investigaciones permanentes en red a nivel regional;
- 2) Notoria falta de continuidad en la investigación y difusión de tecnologías, debido a la rotación frecuente en la dirección de los programas de investigación y en los servicios nacionales de sanidad;
- 3) Insuficiente participación del sector privado en las iniciativas de desarrollo científico y tecnológico en el área;
- 4) Inadecuada coordinación entre los Organismos Internacionales relacionados con la seguridad alimentaria en la región;
- 5) Insuficiente aplicación de la biotecnología en la región, para atender las necesidades del sector agropecuario;
- 6) No se ha alcanzado la producción para atender la demanda de alimentos básicos en algunos países de la región, especialmente en la Subregión Andina, parte de Mesoamérica y en el Caribe, con riesgo de no cumplir con el ODS 2 de terminar con el hambre y cualquier forma de malnutrición hasta el 2030;
- 7) La inadecuada implementación de estándares internacionales de calidad en los productos alimenticios de consumo doméstico y para la exportación, con riesgo potencial para la salud humana, como también para atender adecuadamente las exigencias de los mercados;
- 8) Pérdidas significativas de alimentos en postcosecha por falta de infraestructura adecuada.
- 9) Aparición potencial de nuevas plagas y malezas por los efectos del cambio climático y la resistencia debido al uso irracional de agroquímicos y medicamentos, que se suma a la contaminación ambiental con esos productos;
- 10) Limitado acceso a la extensión y transferencia de tecnología a los productores rurales;
- 11) Baja disponibilidad de variedades/razas de plantas y animales tolerantes a estreses bióticos y abióticos influenciados por el cambio climático.

### 3.2.3. Amenazas

- 1) Introducción y expansión de plagas, así como de enfermedades no nativas o endémicas emergentes y reemergentes en la región, lo que conlleva al uso excesivo de pesticidas para aliviar el control. Por ejemplo, el surgimiento de una nueva plaga (*lobesia botrana*) de los frutos



de la vid detectada recientemente en Chile y Argentina, con alto riesgo de expandirse para el área productora de vid de Uruguay, Paraguay, Brasil, Estado Plurinacional de Bolivia y Perú, afectando la producción y comercio de la fruta y la industria vitivinícola de Sudamérica;

- 2) Reducción de las tierras cultivables para la producción de alimentos básicos, por el crecimiento de cultivos para uso industrial (soya, maíz, azúcar equivalente, etc.);
- 3) La existencia de barreras no arancelarias a los productos agropecuarios de la región;
- 4) Reducción de la productividad agropecuaria por efecto de los cambios climáticos globales.

#### **3.2.4. Oportunidades**

- 1) Creciente demanda del mercado internacional de productos agropecuarios y acuáticos. La región tiene un potencial para ayudar a cubrir la demanda mundial de alimentos en 2030. De acuerdo con la FAO, Brasil tiene el potencial de cubrir 28 % de la demanda de alimentos del mundo en 2050 [7];
- 2) Creciente demanda de alimentos con calidades especiales, como los alimentos funcionales (ricos en fibras alimentares, minerales, vitaminas, antioxidantes, pre y probióticos);
- 3) Apertura de los países para la firma de acuerdos de cooperación científica y tecnológica, sumada a la capacidad local de crear acuerdos sinérgicos entre el sector público y privado;

### **3.3. NECESIDADES Y PROBLEMAS**

A continuación, se presentan las necesidades y problemas identificados por el Grupo de Trabajo, con sus respectivas justificaciones.

#### **A1. Mejoramiento de prácticas de manejo de agua, suelo, agroquímicos y biofertilizantes, incluida la fijación biológica de nitrógeno**

Justificación: En ALyC, los pequeños agricultores contribuyen con más de 70 % de la producción de alimentos de la población, son justamente ellos que sufren por la pobreza de sus suelos y bajo uso de la tecnología disponible. Con excepción de los países de la zona subtropical y templada de la región, la gran mayoría de los países localizados en la zona Andina y tropical (especialmente Brasil y América Central), presentan suelos agrícolas naturalmente pobres a muy pobres en nutrientes, aparte de los problemas de toxicidad por altos niveles de aluminio, hierro y manganeso, situación que condiciona muy bajos rendimientos de productos alimenticios, lo cual conlleva a la pobreza, al hambre y a la subnutrición [9, 12].

Uno de los indicadores del grado de tecnificación agrícola se basa en el uso de fertilizantes, considerando la pobreza de sus suelos. La región consume 11.5 % de los fertilizantes consumidos en el mundo, siendo que en la región sólo Brasil, Argentina y México consumen el 79 % [1, 9], indicando un serio desequilibrio regional. Particularmente, en casi la totalidad de los países de la región la tecnología agrícola está orientada principalmente a los cultivos industriales o de exportación (soya, caña de azúcar, café, banano, hortifruticultura, entre los principales) y muy poco a los cultivos alimenticios (fríjol, arroz, maíz, papa, yuca y camote). Una de las tecnologías regionales de gran impacto en la agricultura intensiva está basada en la Fijación Biológica de nitrógeno (FBN) en el cultivo de soya, tecnología típicamente regional de grandes productores y que permite la producción de más de 64 Mt de proteína anualmente sin aplicación de N-fertilizante con un impacto muy positivo en la economía y en el medio ambiente. Solo en el cultivo regional de soya, el proceso FBN está presente en una zona de más de 60 millones de hectáreas distribuidos entre Brasil, Argentina, Paraguay y Estado Plurinacional de Bolivia [15, 16]. Esta tecnología es muy poco aplicada a especies de la misma familia de la soya, las leguminosas, cultivos alimenticios básicos como frijol, habas,

arvejas, etc., así como a cultivos de cereales (maíz, caña de azúcar, entre otros) con alto potencial de beneficio de la FBN [17, 18]. Existe también la clara necesidad para mejorar la disponibilidad de nitrógeno de los suelos pobres de los pequeños agricultores, a través de los abonos verdes y fertilizantes orgánicos [19, 20]. Recientemente se ha demostrado, que sólo a través del aumento del contenido de nitrógeno del suelo, se abre la posibilidad de aumentar el contenido de carbono de éste, contribuyendo a mitigar el efecto invernadero [21]. Actualmente dos tecnologías de manejo de sistemas agrícolas sostenibles vienen creciendo en extensión en la región, especialmente a nivel de los grandes productores de granos, cereales y de carne, las cuales son la siembra directa (labranza cero), que actualmente ocupa cerca de 60 millones de hectáreas en Brasil, Argentina y Paraguay. La otra tecnología es el Sistema Integrado de Producción Agricultura - Pecuaria en pleno desarrollo en Brasil y Argentina, sistema que, a través de la rotación de 2 a 3 años del área ocupada por cultivos de granos y cereales, se rota con la producción de pasturas por el mismo periodo de tiempo [22]. Estos sistemas tienen la ventaja de no apenas contribuir para la producción sustentable de alimentos en grandes extensiones, sino también vislumbran disminuir la degradación de las tierras o por el contrario recuperarlas, además de contribuir significativamente para la mitigación del efecto invernadero, favoreciendo el secuestro de carbono en el suelo [23 a 25]. Por lo expuesto, existe la urgente necesidad de, basado en los principios tecnológicos que soportan estas tecnologías, adaptarlas y/o desarrollar nuevas técnicas para las diversas áreas agrícolas de la región.

El uso de nitrógeno-15 ( $^{15}\text{N}$ ) como trazador es una técnica nuclear rápida y económica que ofrece una manera de obtener recomendaciones de manejo eficiente de los fertilizantes (factores de dosis, fuentes, localización, fraccionamiento y formas de aplicación) [26 a 28]. Las técnicas de dilución isotópica de  $^{15}\text{N}$  y abundancia natural de  $^{15}\text{N}$  también son de gran utilidad para evaluar la eficiencia de la FBN en las leguminosas, permitiendo la selección de variedades e inoculantes microbianos más eficientes [26]. Las técnicas de  $^{13}\text{C}$  permitirán evaluar la eficiencia de los sistemas de manejo en el secuestro de carbono del suelo y su dinámica en el tiempo, buscando la sustentabilidad del sistema agrícola [21, 24, 25]. Las pérdidas de suelo por erosión, que son significativas en la región, pueden ser evaluadas utilizando diversos trazadores como berilio-7 ( $^7\text{Be}$ ), cesio-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), plutonio 239+240 ( $^{239+240}\text{Pu}$ ) y plomo-210 ( $^{210}\text{Pb}$ ) [29 a 35].

Para el uso eficiente del agua en la agricultura, que ya viene causando preocupación en el mundo por emplear más de 70 % del agua dulce utilizada en la región, no obstante, se disponga de grandes reservas de este recurso, es necesario optimizar su uso [36, 37]. Para esto las técnicas basadas en el manejo de los isótopos oxígeno-18 ( $^{18}\text{O}$ ) e hidrógeno-2 ( $^2\text{H}$ ), ofrecen también buenas perspectivas para los estudios de la eficiencia del uso del agua por los cultivos. La técnica de sonda de neutrones ya consagrada permite monitorear el contenido de agua en el suelo y más recientemente, técnicas nuevas basadas en el uso de rayos cósmicos ofrecen buenas perspectivas.

Además, algunas áreas productoras de cacao, especialmente en la región volcánica de la región, en América Central, algunos suelos presentan naturalmente altos niveles solubles de Cd y As, que puede afectar la calidad de los productos producidos, siendo por ello necesario encontrar formas de manejo que disminuyan la biosolubilidad de estos metales. Afortunadamente, estos elementos tienen isótopos que se utilizan para elaborar técnicas de trazado en los estudios ambientales.

Los beneficiarios directos serán los grandes y pequeños agricultores que podrán mantener y/o recuperar la capacidad productiva de sus tierras, como también la sociedad en general por disponer de mayor cantidad de alimentos de calidad nutricional y por la disminución del riesgo de degradación ambiental, todo a favor de la seguridad alimentaria.

Objetivo: Mejorar los sistemas de producción agrícola en los países de la región buscando la sustentabilidad.

Indicador: Incremento en el rendimiento de los cultivos y adopción de sistemas agrícolas sustentables.

## **A2. Mejoramiento de cultivos alimenticios y de importancia económica para diversas condiciones de estrés bióticos y abióticos**

Justificación: El cambio climático causa daños cada vez más significativos para la agricultura, poniendo en riesgo la producción de alimentos en varias partes del mundo. ALyC está vulnerable al cambio climático, donde la disminución de la productividad de los cultivos colocará en riesgo la seguridad alimentaria. Un gran número de países de la región, especialmente aquellos donde predomina la agricultura de subsistencia, son deficientes en la producción de cereales y leguminosas, alimentos básicos de la población. Un ejemplo de esto sucede en el Perú, un país vulnerable ubicado en América del Sur, donde se estima que para el año 2050, el rendimiento de los cultivos disminuirá en un 17 % debido al creciente aumento de la temperatura [38, 39]. Esto afectaría gravemente la disponibilidad de alimentos en un país que importa muchos alimentos básicos, como el trigo y el maíz. Por lo tanto, la adaptación de los cultivos al cambio climático se ha convertido en una necesidad muy crítica.

La aplicación de técnicas nucleares en la mejora de las plantas podría contribuir al desarrollo de variedades adaptadas al cambio climático. La técnica de mutación inducida, la detección de mutaciones, la habilitación de biotecnologías para la reproducción de mutaciones, incluidas las técnicas in vitro y moleculares, podrán ser usadas en el desarrollo de nuevas variedades con tolerancia a la salinidad, sequía, resistencia a plagas, a enfermedades y de calidad adecuada.

La aplicación de técnicas de mutación inducidas con el apoyo de la división conjunta FAO y OIEA, ha generado un impacto agronómico y económico significativo en muchos países. Según la base de datos de variedades mutantes de la FAO y el OIEA, demuestra la importancia de la inducción de mutaciones como herramienta eficaz para la mejora de los cultivos. Actualmente se registra información de más de 3 314 variedades mutantes publicadas oficialmente o comerciales, de más de 220 especies de cultivos en todo el mundo. En la región andina en general (3 000 a 4 000 m sobre el nivel del mar), la agricultura se practica en condiciones adversas de clima y suelo. Un ejemplo de esto es la mejoría de los cultivos: quinua (*Chenopodium quinoa*), amaranto (*Amaranthus*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*), una importante fuente de alimento para los pueblos indígenas de los Andes peruanos; la variedad de cebada (*Hordeum vulgare*) “Centenario” producida en 2006 utilizando técnicas de irradiación para la inducción de mutaciones, se cultiva hoy en día en los valles de los Andes peruanos con altos niveles de rendimiento. Otros ejemplos se tienen en Cuba y Brasil. En Cuba la variedad mutante de arroz (*Oryza sativa*, L.) INCA LP-7 posee alto rendimiento y tiene tolerancia a la salinidad y a plagas, contribuyendo para la seguridad alimentaria del país por más de 20 años [40]. Brasil desarrolló líneas mutantes mejoradas de arroz (*Oryza sativa*) que tienen resistencia a los herbicidas aryloxyphenoxypropionate a través de mutaciones inducidas, estas líneas están en fase de liberación para los agricultores [41].

Otra necesidad crítica de mejoría de los cultivos es en el desarrollo de resistencia a las enfermedades vegetales transfronterizas, como ocurre en el banano *fusarium sp.* conocido como “Mal de Panamá”, que ha sido una importante restricción de la producción de banano durante más de un siglo en el mundo, incluidos los países de América Latina. La enfermedad es causada por un hongo transmitido por el suelo llamado *fusarium oxysporum f. sp. cubense*. El patógeno, la raza TR4, sigue siendo viable durante décadas en el suelo y, por lo tanto, es difícil de erradicar. Otra enfermedad importante para

la región es la roya del café, que es causada por el hongo *hemileia vastatrix*, un parásito obligatorio que afecta las hojas vivas de plantas del género *Coffea*, se convirtió en una preocupación para los países latinoamericanos productores de café [42]. El Organismo Internacional de Energía Atómica y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura han puesto en marcha un proyecto de investigación coordinado, centrado directamente en estas importantes enfermedades. Por lo tanto, la colaboración del Organismo sería una gran ventaja para apoyar el desarrollo de nuevas variedades de diversas especies de plátano/café que serían resistentes a estas enfermedades. La técnica de mutaciones y las biotecnologías combinadas pueden contribuir al desarrollo de nuevas variedades de banano/café, para adaptarse a las condiciones ambientales de América Latina [43].

Objetivo: Aumentar el rendimiento de los cultivos adaptados a diversas condiciones de estrés derivados del efecto del cambio climático.

Indicador: Número de variedades de alto rendimiento adaptadas a diversas condiciones de estrés.

### **A3. Mejoramiento de animales de reconocida importancia económica y apoyo a iniciativas para mejorar el rendimiento o la producción y el potencial comercial de animales de la biodiversidad regional**

Justificación: El centro de gravedad de la producción ganadera se está moviendo hacia el sur y algunos países están emergiendo como nuevos y poderosos actores en el mercado global [44]. La FAO estima que para el año 2050 la población mundial será de 9 600 millones. Por lo que tomando como base el nivel de producción pecuaria del 2010, se requerirá en 2050 para satisfacer la demanda alimenticia de productos de origen animal de la población, incrementar la producción de carne de pollo en un 170 %, los productos lácteos entre el 80 % y 100 %, al igual que la carne bovina y de cordero, la carne de cerdo del 65 % al 70 %. Lo que representa un gran reto para la región de ALyC, si desea ser competitiva para cubrir las futuras demandas de productos pecuarios y satisfacer la seguridad alimentaria en los países que la integran [45].

Una de las formas de reducir el déficit alimentario de la región, es a través del incremento de la producción animal sostenible. En las últimas décadas, el mejoramiento genético del ganado ha logrado incrementos significativos en la productividad, resistencia a enfermedades y plagas. En el mejoramiento animal se aplican técnicas nucleares para: a) controlar el ciclo reproductivo (radioinmunoanálisis para la medición del estado hormonal de los animales) con el fin de acortar el periodo entre partos. b) la eficiencia nutricional con técnicas de marcación isotópica.

La sostenibilidad se basa en el principio general de satisfacer las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. El uso de prácticas sostenibles de control significa, no sólo que las prácticas se mantienen en el tiempo (sostenibilidad técnica), pero la certeza de que no causarán efectos adversos en el medio ambiente (sostenibilidad ambiental) y la sostenibilidad humana (socioeconómica) [46].

La necesidad de disminuir la vulnerabilidad de los animales domésticos, posee carácter subregional (camélidos sudamericanos en la región andina) o regional (razas “criollas” de bovinos, ovinos, caprinos y bufalinos), requiere del establecimiento de planos de caracterización genética, conservación y uso de esas razas, de forma que sea posible permitir la preservación del germoplasma in situ; así como la identificación de los genes involucrados en las características de adaptación de esas poblaciones animales, para la selección de otras razas, mejorando los niveles de productividad en ambientes específicos de la región.

La energía nuclear es de suma importancia durante los procesos de caracterización genética, para la generación de paneles de ácido desoxirribonucleico (ADN) de células híbridas irradiadas (rayos X), para el mapeo génico y/o por su uso en procesos de marcación radioactiva [fósforo-32 ( $^{32}\text{P}$ ) y fósforo-33 ( $^{33}\text{P}$ )], para síntesis de sondas de ADN radiactivas en el análisis de regiones genómicas. Con el uso combinado de estas técnicas nucleares y de otras técnicas biotecnológicas, es posible conocer mejor los procesos que controlan la activación génica en animales adaptados a las distintas zonas agro ecológicas de la región y una vez conocidos los genes involucrados en los procesos de adaptación, es posible estudiar simultáneamente su expresión en diferentes circunstancias fisiológicas y/o ambientales, generando informaciones útiles para el desarrollo de herramientas de selección genética de los animales superiores, así como estrategias de manejo adecuado de esos recursos genéticos.

Asimismo, estas medidas crearán las bases para el desarrollo de la tecnología basada en genes, el uso de marcadores genéticos en reproducción asistida de especies de interés zootécnico en la región y el adecuado uso de animales de alto mérito genético. Igualmente, estos resultados permitirán un mejor uso de las biotecnologías reproductivas, incluyendo los programas de inseminación artificial y transferencia de embriones, así como mejorar las estrategias del uso de recursos forrajeros para la alimentación de los animales y la mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero.

Durante la segunda mitad del siglo XX y el comienzo del presente, el mundo ha experimentado un proceso de modernización acelerado con un crecimiento insostenible a largo plazo [47]. Haciendo necesario proveer a los productores agropecuarios de toda la región con estas herramientas tecnológicas y sostenibles. El conocimiento y uso de germoplasmas de animales que posean características genéticas de adaptación, de alta productividad y calidad en manejo ambiental sostenible tiende a incrementar el valor de los animales y de sus subproductos, con el consecuente aumento del ingreso económico de los agricultores y de divisas para los países.

Objetivo: Incrementar la producción de alimentos a través del mejoramiento del rendimiento de los animales.

Indicador: Número de animales genotipados.

#### **A4. Ocurrencia de enfermedades de carácter transfronterizo y de declaración obligatoria, incluyendo aquellas que tienen repercusiones zoonóticas**

Justificación: Los países del continente americano están separados por aproximadamente 50 000 km de fronteras de tierra, establecidas básicamente por motivos geopolíticos, que no impiden la difusión o propagación de enfermedades y plagas. En ese sentido, la iniciativa Fronteras Globales- Enfermedades Animales Transfronterizas, resultado de un acuerdo oficial entre la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) [48] y la FAO [49], aborda el desafío de combatir las enfermedades animales desde una perspectiva regional y hemisférica. Lo que representa un gran reto para la región de ALyC, si desea ser competitiva para cubrir las futuras demandas de productos pecuarios y satisfacer la seguridad alimentaria en los países que la integran.

Con una población mundial que se espera superar los 9 700 millones de personas en el 2050, se prevé que la producción animal aumente significativamente para satisfacer la progresiva demanda de carne y leche. Lo que sin duda genera oportunidades únicas para el continente americano, a fin de satisfacer la demanda de los futuros mercados y presentar una óptima condición sanitaria.

Por otra parte, atomizado y ampliamente difundido en la región está el Sistema de Producción Pecuaria Familiar (SPPF) que juega un papel preponderante en solucionar el problema del hambre en ALyC y genera alimentos para el mercado interno, mejorando la seguridad alimentaria, la nutrición, la creación de empleo familiar y por ende contribuye al desarrollo nacional [45]. Este SPPF depende

de la asistencia de servicios veterinarios oficiales altamente capacitados, que pongan a su disposición las herramientas que les permitan alcanzar los estándares mínimos de inocuidad en los alimentos que producen.

En esta dirección, se observan en la región diversas acciones, aunque aún aisladas, encaminadas al desarrollo y/o perfeccionamiento de servicios de control y vigilancia epidemiológica de enfermedades animales emergentes de carácter transfronterizo y de importancia económica. Sin embargo, también se observa una elevada disparidad tecnológica entre los países de la región, a pesar del carácter transfronterizo y de gran relevancia en este tema para la economía regional. Lo antes expuesto, sin embargo, está acompañado de factores limitantes para tener un pleno desarrollo, como es la presencia de enfermedades de los animales que diezman el capital pecuario y para su control, incrementan el costo de producción, tanto del sector industrial como el del SPPF entre las que destacan: las miasis por Gusano Barrenador del Ganado (GBG), la Fiebre Aftosa (FA), Peste Porcina Clásica (PPC), Influenza Aviar (IA), Rabia (R) y la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) [45]. El brote de una de esas enfermedades generaría pérdidas y causaría daños a la actividad pecuaria y económica en toda la región, debido a las barreras económicas impuestas por países importadores de productos y derivados animales.

En los últimos años, los crecientes desafíos en la producción animal, como la declaración obligatoria de algunas enfermedades transfronterizas, en especial aquellas con repercusiones zoonóticas, el uso masivo de medicamentos veterinarios, los efectos del cambio climático y la sobreexplotación de las tierras agrícolas requieren de una atención especial que debe abordarse mediante una perspectiva regional. Entre los desafíos que debemos abordar, se encuentra la armonización de criterios de los laboratorios veterinarios en la región, especialmente para atender aquellas enfermedades que tienen consecuencias y efectos sobre la salud de las personas. De tal forma que se hace ineludible establecer una red regional de cooperación entre los laboratorios veterinarios oficiales, similar a las ya existentes en las regiones de África y Asia. Donde a través de la generación e intercambio de datos analíticos relacionados con estos desafíos, se pone a disposición de las autoridades nacionales y regionales, la información necesaria para contribuir con la creación de políticas y estrategias públicas para el control y mitigación de estas enfermedades y reducir sus impactos en la población. Existe la necesidad urgente de que los países generen información analítica confiable nacional y regional, sobre la presencia de enfermedades de declaración obligatoria, a fin de elaborar un análisis de riesgo adecuado, para establecer las políticas de control y mitigación necesarias para la protección de la salud y el medio ambiente.

Para poder lidiar con las enfermedades animales transfronterizas y de impacto zoonótico prioritarias para los Estados Miembros, es preciso que laboratorios de todos los países de la región desarrollen y mejoren sus capacidades en el uso de tecnologías nucleares y de otro tipo para la detección y diferenciación de enfermedades animales; preparándolos para ofrecer un diagnóstico rápido y preciso de las enfermedades emergentes, utilizando tecnologías modernas y validadas adecuadamente. Este componente incluiría el uso de herramientas serológicas y moleculares para la detección de enfermedades, el apoyo en métodos avanzados para la diferenciación de patógenos, así como el apoyo en la implementación y mantenimiento de estándares internacionales en el campo relevante (Organización Internacional de Normalización/Comisión Electrónica Internacional (ISO/IEC) 17025) [50]. El uso de técnicas nucleares se basa en el desarrollo y uso de sondas de ADN radioactivas en procesos de alta sensibilidad (como los “blottings” de ADN y ácido ribonucleico (ARN)), para la detección de agentes patógenos en muestras de campo y servirán como referencia para la validación de otras pruebas de detección que emplean el análisis de los ácidos nucleicos [51]. El uso de vacunas y sueros inactivados por la acción de las radiaciones ionizantes (radiación gamma), constituye una importante aplicación de la energía nuclear en ese subsector, pues permite el intercambio de muestras

de referencia entre los países y subregiones, facilitando la estandarización de métodos entre zonas con distintas clasificaciones sanitarias, de acuerdo con las normas internacionales existentes.

Los beneficiarios primarios de ese esfuerzo serán las economías de todos países de la región, a través de sus servicios de vigilancia epidemiológica, que lograrán obtener mecanismos más rápidos, precisos y eficientes de detección de esos tipos de agentes patogénicos, permitiendo la comprobación de su competencia técnica y gerencial en sanidad animal, junto a los países importadores de sus productos pecuarios, así como promover la prevención y control de enfermedades emergentes. En segundo lugar, se beneficiarán directamente los usuarios del SPPF, pues el control de esas enfermedades mantiene su capacidad de producción en niveles sostenibles.

Objetivo: Mejorar la preparación y respuesta a enfermedades transfronterizas en animales.

Indicador: Incremento del número de laboratorios oficiales, aplicando protocolos armonizados en adecuada interacción con las autoridades competentes de sus países.

#### **A5. Disponibilidad de alimentos de origen animal (incluyendo los productos derivados de la acuicultura) y vegetal que cumplan con los estándares de seguridad y calidad**

Justificación: La región de ALyC alberga dos tercios de los recursos de agua dulce disponibles del mundo y más de una cuarta parte de las áreas de tierras agrícolas de potencial medio alto del mundo. Como tal, la región es una de las mayores exportadoras de alimentos del mundo y su producción agrícola continúa expandiéndose [52, 53].

Para satisfacer las crecientes demandas de alimentos, también prevenir enfermedades y plagas de animales y plantas, los antimicrobianos [54] y los pesticidas son inevitables. Los residuos de estos compuestos tienen riesgos para la salud humana y el medio ambiente e impiden o comprometen el comercio [55] y la economía de los países productores.

La región produce una amplia gama de productos que incluyen café, plátanos, uvas y otras frutas de clima templado como, piña, verduras y cítricos, además de cereales (trigo, maíz, arroz, soya), carne y leche, entre otros; todos estos están relacionados, de una u otra forma, con residuos/contaminantes. Los riesgos para la salud son agudos y crónicos. También es importante resaltar que el uso irracional de pesticidas y antimicrobianos en la producción agrícola, está asociado con una mayor resistencia de las plagas y patógenos que afectan la producción agropecuaria.

Los contaminantes como las micotoxinas [56, 57] y los elementos tóxicos [58] son otros desafíos de salud, comercio y productos agropecuarios para la región. Los metales tóxicos como el cadmio, tanto de origen natural como antropogénico, tienen implicaciones significativas para la salud y el comercio de los productos agrícolas donde en algunos casos, como en la Unión Europea, la exposición a esos metales se reduce al establecer límites estrictos que afectan el comercio [59]. Otros elementos de preocupación incluyen metilmercurio, arsénico y plomo de diversas fuentes [60].

Otro problema grave en la región es la práctica habitual de usar fumigantes para resolver problemas fitosanitarios y superar las barreras cuarentenarias. Muchos de estos fumigantes han sido prohibidos en el mundo (e. g. bromuro de etileno) o están en proceso de serlo (e. g. bromuro de metilo), porque se ha determinado científicamente que su uso tiene efectos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente.

Los principales mercados internacionales de exportación de productos agrícolas como la Unión Europea (UE) y los Estados Unidos (EE. UU.), han convertido la trazabilidad en una prioridad y la capacidad de trazabilidad es crítica. Esto implica el seguimiento de los alimentos en todas las etapas

de producción, procesamiento y distribución para identificar y abordar los riesgos y proteger la salud pública. Otros productos agrícolas también pueden sufrir tergiversaciones y adulteraciones para obtener ganancias económicas ilegítimas. Abordar tales desafíos requiere sistemas de prueba efectivos para su autenticidad.

Las técnicas nucleares en complemento a las técnicas de análisis químicos y de biología molecular, son las herramientas que ofrecen las mejores perspectivas para resolver el problema de los residuos de plaguicidas; por otro lado, el uso de tratamientos de irradiación presenta una buena alternativa para sustituir los tratamientos con fumigantes. La técnica de irradiación de alimentos contribuye al cumplimiento de estándares sanitarios y a la reducción de pérdidas postcosecha.

Los programas sistemáticos de monitoreo de residuos y contaminantes, que respaldan los laboratorios analíticos de vanguardia que cumplen con las normas internacionales (por ejemplo, ISO/IEC [50]), ayudarán a los productores/agricultores a adoptar buenas prácticas agrícolas y de producción. Estos a su vez contribuirán a obtener productos seguros, de alta calidad y al uso prudente de productos químicos en la agricultura. Los laboratorios bien consolidados, también apoyarán las iniciativas nacionales e internacionales de evaluación y gestión de riesgos, incluido el establecimiento de normas y directrices (incluido el Codex Alimentarius) que afectan la salud pública y el comercio mundial.

Objetivo: Mejorar la inocuidad y calidad de los alimentos.

Indicador: Aumento del número de laboratorios analíticos e instalaciones de irradiación de alimentos oficiales acreditados.

Porcentaje de reducción de los rechazos de exportaciones y porcentaje de los países en la región con planes de monitoreo establecidos.

#### **A6. Daño causado por las plagas en alimentos animales y vegetales**

Justificación: Las moscas de la fruta, que comprende varias especies (*Anastrepha spp*, *Ceratitis spp*, etc.), son las plagas que más daño causan a la hortifruticultura de la región. En los países donde no existe control o éste es deficiente, ésta plaga llega a causar entre 20 % y 40 % de pérdidas en la producción. Asimismo, debido a los requerimientos fitosanitarios que exige el mercado internacional, la presencia de esta plaga en un país, limita de manera radical sus exportaciones de frutas y hortalizas, además por su carácter transfronterizo, en ocasiones llega a restringir también las exportaciones de los países vecinos.

Debido a su alta movilidad y capacidad reproductiva, la mejor forma de reducir las pérdidas causadas por esta plaga es reemplazar el control tradicional de control de huerta en huerta con el uso de insecticidas (con alto riesgo de contaminación de los productos), por el establecimiento de áreas de baja prevalencia o libres de la plaga. Para establecer áreas de baja prevalencia o libres de moscas de la fruta, el enfoque fitosanitario *per se*, es el manejo integrado de plagas en áreas extensas, dentro del cual, uno de sus principales componentes, es el control biológico que incluye el uso de la técnica del insecto estéril con el uso de radiación gamma.

Actualmente se presentan dos escenarios regionales, que podrían ser considerados como los objetivos estratégicos específicos con una validez en un horizonte de 15 años. El primero es la supresión de las moscas de la fruta nativas en áreas localizadas de las subregiones del Caribe y los Andes y el segundo es la prevención de la reemergencia y la dispersión transfronteriza de especies plaga de moscas de la fruta en Latino América, debido al incremento en el movimiento de productos agrícolas o a la creación de nuevos nichos biológicos debido al cambio climático.



En este mismo ámbito de la producción de alimentos de origen vegetal, se indica que la polilla europea de la vid (*lobesia botrana*), plaga nativa de Europa y detectada en Chile y Argentina hace aproximadamente 10 años, se ha constituido como una seria amenaza a la industria vitivinícola de Sudamérica. Considerada a nivel mundial una de las plagas más importantes de frutos de baya, es una de las más destructivas de la vid. Sus larvas causan daños directos al alimentarse de los racimos, desde la etapa de floración, pasando por las bayas inmaduras hasta la cosecha, produciendo un daño directo al fruto por alimentarse de él, e indirecto al promover una infección secundaria por hongos, que en las uvas de mesa producen pérdida de calidad y en uvas para vino, los residuos fúngicos provocan aromas y sabores indeseables en los vinos, así como problemas técnicos para la clarificación. Lo anterior sin considerar los daños indirectos relacionados con la restricción, el cierre de algunos mercados, la aplicación de regulaciones y tratamientos cuarentenarios al cultivo.

Esta plaga, además, se reproduce en las vides establecidas en zonas urbanas, de donde migra hacia los huertos comerciales, que es donde produce el daño económico más importante. El hecho de que la plaga se mantenga en áreas urbanas limita el control de ésta con insecticidas, por lo que la medida de control alternativa más adecuada para la protección del medio ambiente tanto rural como urbano, es la técnica del insecto estéril (TIE).

Actualmente, esta plaga, que apenas inicia su establecimiento en Chile y Argentina, ya causa daños de importancia económica en la producción de los viñedos de estos dos países. Es de primordial importancia la supresión de esta plaga exótica mediante el uso de la TIE, para prevenir su expansión a nivel nacional y su dispersión transfronteriza que puede afectar las regiones productoras de uva de los países vecinos como son Uruguay, Paraguay, Brasil, Estado Plurinacional de Bolivia y Perú.

Con relación a la producción de alimentos de origen animal, los países de América del Sur y en la mayor parte de las islas del Caribe, el desarrollo pecuario se ve severamente limitado por la miasis causada por el Gusano Barrenador del Ganado del Nuevo Mundo (GBG) (*cochliomyia hominivorax*), que afecta la producción pecuaria, y genera importantes pérdidas comerciales al hato ganadero cuya población se calcula en más de 450 millones de unidades (bovinos, equinos, cerdos, ovinos, caprinos, etc.), sumado a la pérdida en la calidad del cuero. El control de esta plaga es de carácter prioritario ya que el impacto negativo sobre el sector pecuario de la región presenta una tendencia claramente ascendente.

Con el fin de reducir las pérdidas en el sector pecuario y desarrollar la capacidad productiva de la actividad pecuaria en Sudamérica y el Caribe, se presentan como objetivos estratégicos específicos, primeramente, mantener las zonas libres de GBG en México y América Central, en segundo lugar, recolectar y compartir información técnica, además desarrollar la capacidad de los organismos nacionales de salud animal, en el uso de la técnica del insecto estéril. Finalmente, como un tercer objetivo estratégico específico se prepara la erradicación a largo plazo del GBG del continente americano.

Objetivo: Control de las plagas y enfermedades de plantas y animales.

Indicador: Superficie monitoreada y bajo control de plagas y enfermedades de plantas y animales.

#### **A7. Apoyar iniciativas para el desarrollo de la acuicultura en la región**

Justificación: La región posee alto potencial para el desarrollo de la acuicultura, debido a sus largas extensiones de costas marítimas y cuencas hidrográficas importantes. Además, la proteína animal producida por la acuicultura tiene alto valor económico y nutricional, pero sigue relativamente poco utilizada. La acuicultura posiblemente sea hoy en día, el sector de producción de alimentos de

crecimiento más acelerado en el mundo representa casi el 50 % de los productos pesqueros mundiales destinados a la alimentación [6]. En América Latina y el Caribe, la acuicultura es el sector que más viene creciendo, destacándose Chile, México, Perú, Argentina y Ecuador. La tasa de crecimiento supera el doble (18,5 %) de la tasa de crecimiento promedio mundial (8,2 %) en los últimos 30 años, siendo las especies más cultivadas salmón, trucha, camarón, tilapia y mejillones [6, 11].

Sin embargo, para el éxito en este sector, es necesario entre otras acciones, el desarrollo apropiado de programas estructurados de control del recrudescimiento de los problemas de enfermedades en las especies cultivadas. Nuevas biotecnologías están siendo empleadas para promover sanidad en el sector, por medio de selección convencional para resistencia a enfermedades, por la caracterización molecular y diagnóstico de diferentes cepas de patógenos. Esos análisis pueden ofrecer informaciones acerca del origen del patógeno y su presencia en tejidos, animales enteros, agua o hasta mismo en los suelos. Las técnicas moleculares han sido utilizadas para detectar enfermedades víricas en camarones marinos y para la detección de bacterias y hongos en pescados en diversas áreas en el mundo. Datos de la OIE apuntan la necesidad del desarrollo de laboratorios capacitados para ejecutar ese tipo de servicio y del establecimiento de normas para el control del tránsito de esos organismos y sus productos entre los países.

En vista de que se sabe relativamente poco de la biología de esos organismos y de sus patógenos en comparación con los animales domésticos terrestres y de que el cultivo de diversas especies acuáticas de importancia económica se basa en la recolección de material de propagación de “semillas” en las poblaciones naturales en el medio ambiente, con el consiguiente deterioro genético que pueden sufrir los pescados y mariscos a raíz de programas de cultivo intensivo, urge establecer programas de monitoreo y mejoramiento genético. Las tecnologías nucleares ofrecen gran posibilidad de aplicación y pueden ser empleadas para la generación de sondas de ADN de regiones genómicas con marcación radioactiva [fósforo-32 ( $^{32}\text{P}$ ) y fósforo-33 ( $^{33}\text{P}$ )] usadas en el mapeo de genes.

Los beneficiarios inmediatos de ese programa serían los habitantes de áreas costeras y de regiones con recursos hídricos, que tendrían a su disponibilidad servicios de monitoreo preciso y rápido de las **condiciones sanitarias y productivas de sus sistemas, hoy día inexistentes en varias subregiones.**

**Objetivo: Contribuir al desarrollo de la acuicultura regional.**

Indicador: Aumento del número de acuicultores y aumento en la producción y calidad de productos acuícolas.

#### **A8. Fortalecimiento de las estrategias de control de mosquitos**

Justificación: El mosquito es el insecto transmisor de enfermedades más peligroso para el ser humano a la fecha, representa más de 700 000 muertes cada año. Considerando solo el dengue, (sin incluir zika y chikungunya), en los primeros siete meses de 2019, más de 2 millones de personas contrajeron la enfermedad y 723 murieron en ALyC. Entre las especies de mosquitos más notorias, se encuentra *aedes aegypti*, una especie antropófila altamente invasiva, que transmite numerosas enfermedades como el dengue, el chikungunya, la fiebre amarilla, el mayaro y el zika en la región de ALyC. La falta de vacunas, la creciente resistencia a los insecticidas, las implicaciones para la salud pública y el medio ambiente, por el uso excesivo de productos químicos, enfatizan la necesidad de recurrir a estrategias alternativas y sostenibles de control de mosquitos.

En febrero de 2016, la ONU declaró la infección por el virus del zika en las Américas, como una emergencia de salud pública de preocupación internacional, ahora se conoce que el zika es un desafío a largo plazo, lo que implica que es probable que el zika se convierta en un problema endémico en la

región. Al mismo tiempo el dengue y el chikungunya, están aumentando los problemas de salud pública en toda la región. Por ejemplo, la incidencia del dengue aumentó 5 veces en 2019 en Brasil en comparación con 2018. Los virus transmitidos por mosquitos son responsables de la alta mortalidad y morbilidad causada en la región, particularmente debido al dengue, fiebre del zika y chikungunya.

En la región de ALyC es una realidad la aparición y resurgimiento de estas tres enfermedades arbovirales que se transmiten por el mosquito *aedes aegypti*, que es una especie que se ha adaptado bien a las zonas urbanas y se reproduce fácilmente en aguas estancadas alrededor de los hogares. Es una especie altamente invasiva, y es común en los trópicos y áreas subtropicales de la región. El problema de múltiples virus (dengue, zika y chikungunya) y cepas que usan mosquitos como vectores, persiste en toda la región con una carga significativa para las personas y la economía. El aumento de la resistencia a los insecticidas en estas especies de mosquitos también aumenta el problema de controlar sus poblaciones.

Existen experiencias para mejorar los programas de control de vectores mediante la inserción de tecnologías innovadoras como el TIE, como una herramienta adicional para el control y así mejorar la capacidad de los Estados Miembros para reducir las poblaciones de mosquitos, contribuyendo a la reducción de estas poblaciones.

Dentro del desarrollo de la TIE como una herramienta adicional para el control de mosquitos, se cuenta con la esterilización reproductiva de los machos mediante radiación ionizante. A la fecha, es un método seguro y limpio, ya que no se requieren productos químicos ni antibióticos. Los insectos macho son criados en masa en las instalaciones de producción y están expuestos a radiaciones ionizantes para volverlos infértiles. Los machos estériles compiten con los machos salvajes por las hembras salvajes y se aparean sin crear descendencia, reduciendo así la población de mosquitos gradualmente.

Objetivo: Crear capacidad para integrar la TIE en los programas actuales de control de mosquitos.

Indicador: Aumento del número de pruebas piloto implementadas en sitios de campo seleccionados y número de mosquitos estériles liberados por año.

### 3.4. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS

La siguiente Tabla 1 refleja los grados finales de priorización, determinados por las variables señaladas, de numerosos temas del sector de alimentación y agricultura, seguidos de una comparación visual de estos grados mostrada en la Fig. 1.

TABLA 1. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/D	Grado final
1	A2  Mejoramiento de cultivos alimenticios y de importancia económica para diversas condiciones de estrés bióticos y abióticos.	4,81  La región tiene que dar respuesta al desafío de aumentar la producción de alimentos adaptándose al cambio climático y sin impactar el medio ambiente (aumentar los rendimientos unitarios de vegetales).	4,63  Mejoramiento de plantas con procesos relativamente lentos, por tanto, requieren acción inmediata para lograr los resultados esperados.	4,81  Presenta amplitud regional, con particularidades en cada subregión (variedad de especies vegetales).	4,69  Además de los métodos nucleares de inducción de mutaciones, el componente nuclear también participa en una extensa cadena de procesos biotecnológicos.	18,94	1,56  Se requiere esfuerzo en la caracterización del germoplasma de plantas nativas. El proceso de mejoramiento de variedades es en general demorado.	3	56,8
2	A8  Fortalecimiento de las estrategias de control de mosquitos.	4,63  Considerando solo el dengue, (sin incluir zika y chikungunya), en los primeros siete meses de 2019, más de 2 millones de personas contrajeron la enfermedad y 723 murieron en ALyC.	4,88  El calentamiento global e incremento del comercio internacional ha favorecido la invasión de especies de Aedes que transmiten dengue, chikungunya y zika, por lo que se requiere del uso inmediato de toda herramienta que ayude a suprimir las poblaciones de estos insectos, que amenazan en convertirse en un mal endémico.	4,69  Toda América Latina y el Caribe.	4,5  La falta de vacunas y su impacto en la salud pública, así como la creciente resistencia a insecticidas y las implicaciones de su uso irracional, enfatizan la necesidad de alternativas de control de mosquitos que sean sostenibles como la Técnica del Insecto Estéril (TIE).	18,7	1,44  La protección de la salud pública es un servicio que en ocasiones es difícil de financiar por parte de las instituciones nacionales en los países en desarrollo.	3,12	58,43

TABLA 1. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA (cont.)

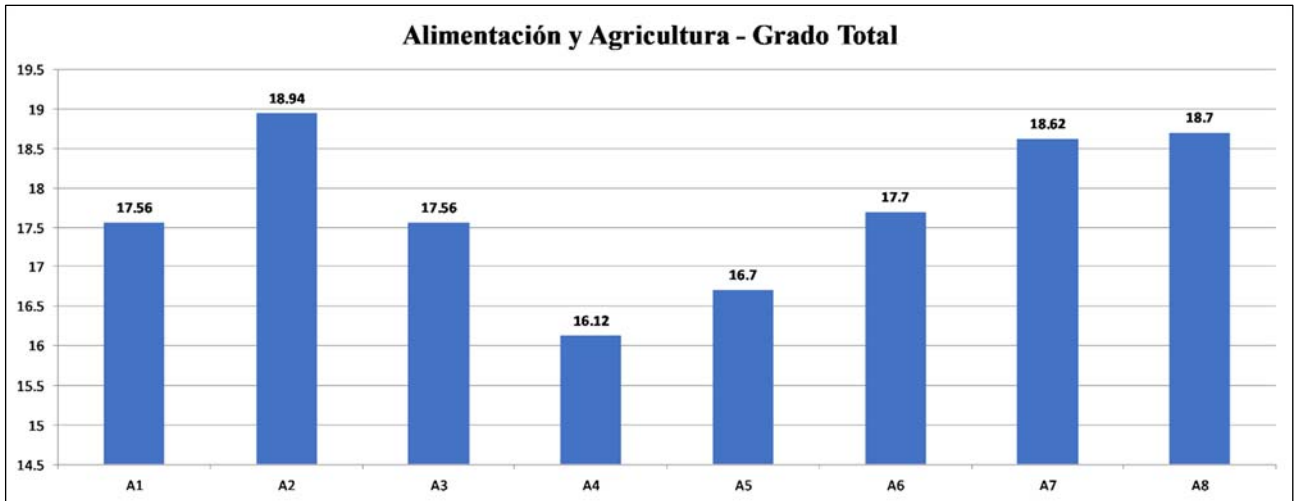
P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/D	Grado final
3	A7	4,75	4,56	4,75	4,56	18,63	1,75	2,60	48,54
	Apoyar iniciativas para el desarrollo de la acuicultura en la región.	Especies acuícolas son abundantes en la región y todavía no son explotadas adecuadamente.	Aumento de productividad, deterioro genético y gravedad de epidemias causadas por enfermedades infecciosas requieren acciones urgentes.	Presenta amplitud regional, tanto relativo al mar como en cuencas hidrográficas, con particularidades en cada subregión (variedad de especies acuíferas).	El componente nuclear participa en una extensa cadena de procesos biotecnológicos complejos.		Requiere capacitaciones especializadas y coordinación de número elevado de instituciones (técnicas y empresariales).		
4	A6	4,38	4,38	4,56	4,38	17,66	2,5	1,75	30,94
	Daño causado por las plagas en alimentos animales y vegetales.	Pérdida de valor económico de productos de origen animal y vegetal, con grandes efectos en las economías regionales.	El descuido puede generar el aumento y/o apareamiento de plagas sorpresivamente.	Plagas presentes en toda la región (excepto Chile para las moscas de la fruta), en especial en las aéreas de producción de frutas y hortalizas y ganado. Tiene carácter transfronterizo.	La tecnología nuclear tiene la ventaja de eliminar el problema sin uso de agroquímicos.		Requiere capacitaciones especializadas y coordinación de número elevado de instituciones (técnicas y empresariales).		

TABLA 1. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/D	Grado final
5	A1	4,31	4,5	4,31	4,44	17,56	1,75	2,5	43,9
	Mejoramiento de prácticas de manejo de agua, suelo, agroquímicos y biofertilizantes, incluido la fijación biológica de nitrógeno.	La región presenta suelos agrícolas muy pobres en nutrientes, además están sujetos a la degradación por manejo inadecuado.	Demanda mundial por alimentos requiere urgente el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles para aumento de la producción y control de la degradación de las tierras.	Afecta toda la región, con diferentes grados de magnitud en las subregiones.	Trazadores nucleares ayudan en la evaluación de la eficiencia de las prácticas agrícolas, permitiendo el uso racional de insumos y permiten determinar la extensión de la degradación de tierras y el monitoreo del proceso de recuperación.		La existencia de metodologías ya consolidadas, pero con limitada aplicación debido a la baja difusión y entrenamiento de los usuarios y baja disponibilidad de laboratorios funcionales.		
6	A3	4,31	4,62	4,38	4,25	17,56	2,19	1,94	34,08
	Mejoramiento de animales de reconocida importancia económica y apoyo a iniciativas para mejorar el rendimiento/producción y el potencial comercial de animales de la biodiversidad regional.	La producción pecuaria requiere razas más productivas y eficientes que sea adapten a las condiciones climáticas de la región.	El mejoramiento animal tiene efectos a largo plazo, por tanto, requiere de acciones inmediatas para poder satisfacer la creciente demanda de carne.	Presenta amplitud regional, con particularidades en cada subregión (razas de especies animales).	Las técnicas nucleares participan en una extensa cadena de procesos biotecnológicos derivados de la tecnología nuclear.		Requiere optimización de técnicas e integración de las autoridades competentes de los países para acciones efectivas en la difusión de estas tecnologías.		

TABLA 1. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/D	Grado final
7	A5	4,19	4,19	4,13	4,19	16,7	2,5	1,67	27,88
	Disponibilidad de alimentos de origen animal (incluyendo los productos derivados de la acuicultura) y vegetal que cumplan con los estándares de seguridad y calidad.	Además de los riesgos permanentes a la salud humana, las pérdidas económicas por la contaminación de alimentos afectan seriamente la región.	La existencia permanente de capacidad instalada para monitorear los contaminantes de alimentos es requerida debido a la imprevisibilidad de ocurrencia del problema.	Afecta a prácticamente todos los países.	Técnicas nucleares existentes son claves en los procesos de detección de contaminantes.		Limitado grado de implementación de laboratorios activos y estandarizados en la región.		
8	A4	4,0	4,12	4,12	3,88	16,12	2,06	1,88	30,3
	Ocurrencia de enfermedades de carácter transfronterizo, incluyendo aquellas que tienen repercusiones zoonóticas, y de declaraciones obligatorias.	Enfermedades poseen carácter emergente y transfronterizo, con potencial de daños graves a la economía y a la salud pública.	Necesidad de mantener estado de vigilancia constante, para coordinar respuestas rápidas y efectivas durante epidemias.	Presenta amplitud regional y carácter transfronterizo.	El componente nuclear participa en una extensa cadena de procesos biotecnológicos.		Requiere optimización de técnicas e integración de las autoridades competentes de los países para acciones efectivas en situación de epidemia.		



*Fig. 1. Necesidades y Problemas en Alimentación y Agricultura vs Grado Total*



# ***SALUD HUMANA***



## 4. SALUD HUMANA

### 4.1. ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL

#### 4.1.1. Epidemiología

El mundo actual está experimentando un impresionante cambio demográfico. Desde comienzos del siglo pasado hasta la actualidad, la población mundial ha aumentado de 2 000 millones de personas a más de 7 000 millones. Se espera que esa cifra alcance los 10 000 millones a finales del presente siglo [61]. Además, los cambios sustanciales en la población tienen que ver con nuevos y diversos patrones de fecundidad (incluida la maternidad en la adolescencia), la mortalidad, la migración, la urbanización y el envejecimiento [62].

En 2019, según la OPS en su publicación “Tendencias de la salud en las Américas”, la población total de las Américas ascendía a 1.010 millones de habitantes. En cuanto a la subregión, la población de ALyC representa más del 60 % de los habitantes del continente americano [62].

Dos aspectos distintivos de la distribución de la población de las Américas son la urbanización y la existencia de grandes megalópolis. Actualmente, en el continente existe la proporción de población urbana más elevada del mundo, estimada en el 81 % en 2021 [63]. La región cuenta con dos de las seis ciudades más pobladas del mundo: México D.F. y São Paulo, con alrededor de 20 millones de habitantes cada una.

La fecundidad, la mortalidad y la migración son los elementos básicos que dan lugar a los cambios en una población; tamaño, estructura y distribución, constituyen los impulsores del cambio demográfico. La tasa de fecundidad era de 1,9 hijos por mujer en 2020 y la esperanza de vida al nacer de 73 años [63].

En cuanto a la distribución de la población por edad y sexo, aunque la población joven (0–19 años) ha predominado hasta el momento en ALyC, se espera que a principios de la tercera década de este siglo el mayor grupo lo constituya la población adulta joven (20–39 años). En el 2045 pasará a ser la población adulta (40–59 años) y 10 años después la población adulta mayor (60 años y más) [64]. Otra pauta del envejecimiento actual corresponde al diferencial por sexo. En el 2015 en las Américas a los 60 años y más, existían 83 hombres por cada 100 mujeres y a los 80 años y más, 62 hombres por cada 100 mujeres. La proporción más elevada de mujeres adultas mayores se registra en ALyC, en especial en el Cono Sur. Esta particularidad, llamada corrientemente “feminización del envejecimiento” tiene implicaciones muy importantes para las políticas públicas y en especial sobre las referidas a la salud.

Los cambios demográficos, la evolución del modo de vida, los factores ambientales, conductuales y económicos, han conducido a que las enfermedades no transmisibles reemplacen o, en algunos casos coexistan, con la carga de las enfermedades transmisibles en ALyC [65, 66]. Esta transición epidemiológica explica el comportamiento heterogéneo de la mortalidad en la región [65, 67], donde la doble carga de las enfermedades transmisibles y no transmisibles es común y representa un extraordinario costo para el sistema de salud [65].

ALyC presenta las mayores disparidades socioeconómicas dentro de la Región de las Américas, lo que se ha traducido en una elevada mortalidad por enfermedades no transmisibles, incluidas las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y la diabetes [65]. Esta inversión de las tendencias de mortalidad por enfermedades no transmisibles quizá sea el mayor reto que enfrenta la región, así

como su mejor oportunidad para alcanzar el ODS 3, garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos a todas las edades en ALyC [68].

El envejecimiento, la globalización, la urbanización, el aumento de la obesidad y la inactividad física han llevado a que las enfermedades cardiovasculares sean la principal causa de muerte y discapacidad en la región [65], [69 a 71]. Constituyen la primera causa de muerte en América Latina (33,7 % del total de muertes). En 2016, según datos de la OPS, las tasas de defunción por enfermedades cardiovasculares por 100 000 habitantes, estandarizadas por edad, fueron: 150,7 (total), 185,2 (en hombres) y 121,6 (en mujeres). Las tasas de defunción por cáncer por 100 000 habitantes, estandarizadas por edad, fueron: 105,7 (total), 122,4 (en hombres) y 93,5 (en mujeres). La tasa de mortalidad por enfermedades cerebrovasculares fue de 38,1 en hombres y de 29,9 en mujeres [71].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cáncer representa un tercio de la carga de las enfermedades no transmisibles en la región [72]. Las neoplasias malignas en su conjunto constituyen la segunda causa de muerte en los países de las Américas. Los principales cánceres en ALyC son el cáncer de próstata, el de pulmón, el colorrectal y el de estómago en los hombres, mientras que el cáncer de mama, el cervical, el de pulmón, el colorrectal y el de estómago son los más frecuentes en las mujeres [73]. Las tasas de mortalidad por cáncer ajustadas por edad cada 100 000 habitantes son en hombres y mujeres: en cáncer de pulmón 22,9 y 14,3; en colorrectal 10,7 y 8; en cáncer de próstata es 15,4 y en cáncer de mama 14,5 [74].

A nivel regional se mantiene un rápido y desfavorable cambio en los hábitos de consumo de alimentos que impacta en amplios sectores de la población, especialmente en aquellos de menores ingresos y baja escolaridad. El elevado consumo de alimentos procesados de alta densidad calórica, ricos en grasas, azúcares y sal, asociado con la disminución significativa en la ingestión de frutas y verduras y la reducción de la actividad física, ha provocado una alarmante epidemia de sobrepeso y obesidad [75, 76]. Se estima que en la región entre 50 % y 60 % de los adultos, entre 7 % y 12 % de los niños menores de cinco años y un tercio de los adolescentes, tienen sobrepeso o son obesos [74]; estas cifras van en aumento.

#### **4.1.2. Tecnología y recursos humanos existentes**

Para enfrentar la situación epidemiológica regional en el marco del Acuerdo ARCAL para la promoción y aplicación de las tecnologías actuales, se dispone de los siguientes recursos humanos y tecnológicos:

- a) Equipos de Medicina nuclear:
  - Gamma cámara planares: 265;
  - SPECT: 1 840;
  - SPECT-CT: 165;
  - PET/PET-CT: 309;
  - Tomografía por emisión de positrones con imágenes de resonancia magnética (PET-MRI): 4;
  - Ciclotrones: 49.
  
- b) Equipos de Radioterapia:
  - Cobaltos: 190;
  - Aceleradores lineales 878;
  - Simuladores 3D:159;
  - Braquiterapia de baja tasa de dosis:287;
  - Braquiterapia de alta tasa de dosis: 83.

En cuanto a la situación regional de radiofarmacia en relación con la producción de radioisótopos y radiofármacos, ésta sigue siendo muy heterogénea. Países como Argentina, Brasil, Perú y México, cuentan con reactores de investigación que permiten la producción nacional de radionúclidos para la preparación de radiofármacos de uso diagnóstico y terapéutico. Sólo 4 países de la región, Argentina, Brasil, Cuba y México producen generadores de molibdeno-99 ( $^{99}\text{Mo}$ )/tecnecio-99 metaestable ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ), los demás deben importarlos. A nivel de producción nacional de juegos de reactivos para la preparación de radiofármacos para diagnóstico, sólo Argentina, Brasil, Chile y Uruguay los realizan. La mayoría de los países de la región tienen niveles operacionales de radiofarmacia 1 o 2, según la clasificación del Organismo Internacional de Energía Atómica en la guía de operación de radiofarmacia hospitalaria [77]. Los de terapia son importados en su totalidad, a excepción de yodo-131 ( $^{131}\text{I}$ ), que se produce en Argentina y Brasil.

- c) Recurso humano:
- Médicos nucleares: 2063;
  - Físicos médicos de medicina nuclear: 158;
  - Radio farmacéuticos: 93;
  - Tecnólogos: 2062.

La radioterapia es la terapéutica no quirúrgica que obtiene más curaciones en cáncer (cirugía 49 %, radioterapia 40 % y quimioterapia 11 %). Se utiliza con fines curativos en 60 % de los pacientes y es cada vez más eficaz al combinarse con cirugía y/o quimioterapia y últimamente con terapias biológicas. Es una efectiva opción para la paliación y control sintomático en el cáncer avanzado. Sustituye en muchos casos a la cirugía, obteniendo mayores índices de preservación anatómica y funcional de órganos, mejorando la calidad de vida del paciente oncológico, tanto en casos con intención curativa, como en enfermedad oligometastásica con técnicas de radiocirugía. Además, la radioterapia adquiere cada vez más relevancia en el tratamiento de lesiones no oncológicas, como tumores benignos, enfermedades neurológicas y funcionales [78].

La imagenología médica, por su parte, como soporte para el diagnóstico clínico, ha sido uno de los campos de la medicina con más desarrollo en la última década. En particular, la radiología intervencionista ha modificado el manejo de muchas enfermedades. En muchos países se está experimentando un rápido aumento del número de procedimientos con tecnología de rayos X, lo cual aporta altas dosis de radiación para los pacientes y, en consecuencia, un marcado incremento en las dosis colectivas de radiación.

En la región persisten la heterogeneidad en la distribución de la tecnología y la desigualdad en el acceso a la salud, asimismo como la necesidad de ampliar los programas nacionales de enfermedades no transmisibles y de actualización tecnológica. También es importante continuar con la formación de los profesionales involucrados en el uso de las tecnologías avanzadas con radiaciones, con énfasis en la capacitación de los tecnólogos, la formación clínica de los físicos médicos y la pediatría en medicina nuclear y radioterapia.

Por último, los países de ALyC siguen identificando y aplicando nuevas tecnologías tales como la teranóstica con emisores alfa, beta y gamma, la nanomedicina y la inteligencia artificial.

## 4.2. ANÁLISIS DAFO

### 4.2.1. Fortalezas

- 1) En medicina nuclear la capacidad instalada de equipos de alta complejidad (SPECT-CT, PET-CT, PET-MRI) ha aumentado en la región;

- 2) Existe infraestructura instalada para la producción de radionúclidos y radiofármacos para diagnóstico y tratamiento en cuatro países, cumpliendo los requerimientos de calidad internacionales, con capacidad potencial de exportación a otros países de la región;
- 3) En radioterapia ha habido un incremento en el número de servicios y unidades de tratamiento disponibles, asimismo como la complejidad de las técnicas de tratamiento;
- 4) Las normas nacionales en la mayoría de los países de la región contemplan aspectos de calidad en la prestación de los servicios de salud. En algunos, la normativa es específica para la calidad en los servicios de radioterapia, medicina nuclear y radiología, incluyendo la vinculación de físicos médicos y el control de calidad sistemático para equipos y procedimientos;
- 5) En cardiología nuclear se han fortalecido los convenios interinstitucionales, nacionales e internacionales existentes, lo cual se ha reflejado en una mejor integración regional;
- 6) Existen sociedades profesionales nacionales en algunos países y regionales en todas las áreas, así como redes funcionales de respaldo científico y soporte estratégico;
- 7) Se ha fortalecido la capacidad regional para realizar auditorías de calidad en medicina de la radiación;
- 8) Se desarrollan en la región varios proyectos de formación virtual, particularmente en el sector de medicina nuclear y diagnóstico por imágenes, con vistas a ser iniciado en radioterapia. Existe la posibilidad de participación en actividades formativas (webinars y acceso a sesiones de congresos internacionales);
- 9) En algunos países de la región existen programas de postgrado nacionales, para formación del recurso humano en todas las áreas de interés;
- 10) Existe dentro de la región una maestría universitaria en radioterapia avanzada para médicos radioncólogos, auspiciada por el Organismo;
- 11) Existen en la región centros con capacidad para ofrecer programas de perfeccionamiento (estadías cortas) y expertos en todas las disciplinas de las aplicaciones de la radiación en el sector salud. Se realizan periódicamente eventos científicos nacionales, regionales e internacionales de actualización, intercambio y educación continua;
- 12) La aportación del Organismo ha contribuido a la calidad y al aumento de profesionales capacitados en todas las áreas;
- 13) Se comparte un idioma común en la mayoría de los países de la región, lo cual facilita el intercambio y la formación continua;
- 14) Capacidades establecidas en la mayoría de los países de la región, logradas a través de proyectos regionales y nacionales, en materia de evaluación de problemas nutricionales mediante técnicas con isótopos estables;
- 15) En algunos países han sido evaluados estudios de niveles de referencia de dosis en radiología.

#### **4.2.2. Debilidades**

- 1) Heterogeneidad en equipamiento, distribución geográfica, difícil acceso a las técnicas nucleares y recursos humanos calificados dentro de la región;
- 2) Falta de reconocimiento formal en muchos de los países de la región de los distintos profesionales que trabajan en medicina de radiación;
- 3) Falta de programas armonizados de formación y entrenamiento específico para tecnólogos de medicina nuclear y radioterapia;
- 4) Insuficiente cantidad de tecnólogos de medicina nuclear y radioterapia, lo que afecta la calidad en la prestación del servicio;
- 5) Falta de armonización de los programas académicos de postgrado de física médica;
- 6) Falta de programas de entrenamiento clínico en física médica en línea, con las guías internacionales en la mayoría de los países de la región;
- 7) Falta de guías regionales en la formación y el entrenamiento de físicos médicos en la región;

- 8) Desconocimiento de los roles y responsabilidades del físico médico como profesional de salud por parte de las instituciones;
- 9) Déficit de físicos médicos vinculados a los servicios de medicina nuclear y diagnóstico por imágenes;
- 10) El acceso de los potenciales beneficiarios de los proyectos es limitado en algunos países de la región, debido a que algunos coordinadores nacionales y coordinadores de proyecto no diseminan la información adecuadamente en todos los casos;
- 11) En el área de nutrición, existe dificultad para obtener una medida objetiva de la absorción de los nutrientes, tanto en la población sana como en los enfermos crónicos;
- 12) Ausencia o deficiencia de mecanismos de control, por parte de las autoridades de salud, de la aplicación de programas de garantía de calidad en radioterapia y medicina nuclear en las instituciones prestadoras de servicios de salud;
- 13) Limitación en el seguimiento de los pacientes tratados en radioterapia y en la capacidad de investigación para establecimiento de indicadores de resultados;
- 14) Se siguen usando protocolos de diagnóstico y tratamiento para adultos en pacientes pediátricos, lo cual conlleva a dosis de radiación y riesgos innecesarios en los niños, así como a tratamientos inadecuados;
- 15) Falta de guías institucionales y de utilización de las guías internacionales existentes en los procedimientos de tratamiento con radioterapia, cuya implementación resulta fundamental para la introducción de tecnologías avanzadas;
- 16) Desconocimiento del valor de la introducción de nuevas tecnologías como la nanomedicina y la inteligencia artificial;
- 17) Falta de estadística confiable en cuanto a máquinas y recurso humano en radioterapia por no tener reportes por parte de los países;
- 18) Falta de programas de formación integrada (en equipo) entre radioncólogos, físicos médicos y tecnólogos de radioterapia.
- 19) La optimización sigue siendo un desafío en la medicina de radiación en la región.

#### **4.2.3. Amenazas**

- 1) Falta de concientización entre los decisores e incluso los profesionales médicos, de que las principales causas de mortalidad en la región son las enfermedades cardiovasculares y el cáncer;
- 2) Uso inadecuado de los recursos existentes o insuficiencia de la inversión en salud en la región, lo cual compromete la continuidad de los programas y el mejoramiento de la calidad en la atención de salud;
- 3) Práctica de sobreprecio especulativo por parte de los proveedores de equipos e insumos, tanto en la venta como en el mantenimiento;
- 4) Falta de una adecuada relación de los profesionales médicos con los medios de comunicación, que garantice una apropiada información sobre los temas relacionados con las enfermedades crónicas no transmisibles;
- 5) Desconocimiento y acceso limitado a los procedimientos diagnósticos de cardiología nuclear, principalmente con PET e imagen híbrida, incluyendo el aporte en la evaluación de la cardiotoxicidad en pacientes oncológicos;
- 6) Conocimiento limitado por parte de los médicos referentes y de los administradores de las instituciones de salud sobre la sensibilidad, especificidad y las ventajas de las técnicas nucleares en los procedimientos diagnósticos, para estratificación de riesgo y guía de los tratamientos;
- 7) Mecanismos deficientes de control, por parte de las autoridades de salud, de la aplicación de programas de garantía de calidad en las instituciones prestadoras de servicios;
- 8) Fuga del recurso humano formado por el Organismo y los países del área a otros sectores o regiones

- 9) Dependencia de sistemas remotos en la toma de decisiones clínicas, especialmente al momento de planificar los tratamientos;
- 10) Condiciones económicas y laborales que no permiten a las familias una adecuada alimentación de sus hijos en la primera infancia;
- 11) Los cambios climáticos están modificando la composición de los alimentos volviéndolos menos nutritivos;
- 12) La industria alimentaria ha desarrollado campañas publicitarias que promueven una alimentación no saludable en niños y jóvenes;
- 13) Incremento acelerado del sobrepeso y la obesidad en la región;
- 14) Persiste la situación de que algunos países carecen de programas nacionales de control de enfermedades no transmisibles.

#### **4.2.4. Oportunidades**

- 1) Existe cooperación técnica de organismos internacionales y sociedades científicas profesionales nacionales y regionales, para la implementación de acciones conjuntas, capacitación, disponibilidad de guías y protocolos de calidad;
- 2) Las sociedades profesionales nacionales de la región pueden participar en los procesos de legislación y definición de políticas públicas relacionadas con el sector salud;
- 3) Posibilidad de mejorar el desempeño de los servicios de radiodiagnóstico, medicina nuclear y radioterapia, mediante auditorías de calidad organizadas por organismos internacionales y laboratorios de dosimetría nacionales;
- 4) En la mayoría de los países hay un nivel suficiente de desarrollo de las tecnologías de las comunicaciones, para su aprovechamiento en actividades de educación virtual y telemedicina;
- 5) En la mayoría de los países hay un nivel suficiente de desarrollo de las tecnologías de la información, que permitiría el incremento de la automatización de los servicios hospitalarios y la introducción de elementos de inteligencia artificial;
- 6) Cooperación entre organismos internacionales [Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), OPS, OMS] para tratar el problema de nutrición en la primera infancia y su influencia en los problemas epidemiológicos de la población;
- 7) La existencia del Programa de Acción para la Terapia contra el Cáncer (PACT) del OIEA;
- 8) Posibilidad de evaluar recursos existentes y necesidades para los países, usando bases de datos internacionales como por ejemplo el Directorio de Centros de Radioterapia (DIRAC);
- 9) El número creciente de profesionales especializados por el Organismo en todas las áreas de medicina de la radiación, con el compromiso de transmitir lo aprendido a sus pares;
- 10) Posibilidad de intercambio profesional, para el perfeccionamiento en las diferentes áreas de medicina de la radiación;

#### **4.3. NECESIDADES Y PROBLEMAS**

##### **S1. Insuficiente número de profesionales capacitados y guías clínicas armonizadas para el uso de las nuevas tecnologías en el marco de la multimodalidad de imágenes para el diagnóstico, estratificación de riesgo, así como guías para un tratamiento adecuado de las enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares**

Justificación: Las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de mortalidad en la región. En la mujer, debido a la frecuente atipicidad del cuadro clínico el diagnóstico no es tan evidente, lo que implica una necesidad de técnicas de imágenes adecuadas. Teniendo en cuenta que la región está incorporando nuevas tecnologías a un ritmo acelerado y que la propia tecnología en medicina de radiaciones evoluciona vertiginosamente, utilizar las técnicas nucleares, incluyendo la



evaluación de la reserva de flujo coronario con PET, con un adecuado enfoque costo-beneficio en el marco actual de la multimodalidad de imágenes, es de crucial importancia. El cáncer de mama es el más frecuente en las mujeres de la región. La cardiotoxicidad de los tratamientos de quimioterapia y radioterapia hace necesario utilizar las técnicas nucleares además de la ecocardiografía, para la evaluación y seguimiento de la función del corazón.

Actualmente, la prevalencia global de demencia es de 8 % en ALyC [79]. Las enfermedades ateroscleróticas (la más frecuente la enfermedad coronaria), aumentan el riesgo de demencia y pueden conducir a un deterioro cognitivo en las personas de la tercera edad. Ambas tienen causas y factores de riesgo comunes como hipertensión arterial, tabaquismo, hipercolesterolemia. Debido a sus mecanismos patológicos similares, la prevención cardiovascular puede contribuir a reducir la incidencia y enlentecer la progresión de la demencia. Teniendo en cuenta el valor de las imágenes, con énfasis en las técnicas nucleares, en el diagnóstico y estratificación de riesgo de estos pacientes, es fundamental que los profesionales y personal técnico tengan una formación adecuada con respecto a las mismas.

**Objetivo:** Disponer de recursos humanos formados y actualizados (médicos referentes, médicos nucleares, físicos médicos, radiofarmacéuticos hospitalarios, radiólogos, tecnólogos y enfermeras), en el uso y aprovechamiento de tecnologías complejas en cardiología nuclear y neurología nuclear.

**Indicador:** Aumento del número de profesionales capacitados en el uso de tecnologías complejas en servicios de medicina nuclear, cardiología y neurología.

### **S2. Insuficiente número de profesionales capacitados y guías clínicas armonizadas, para la utilización y desarrollo de radiofármacos y dosimetría para diagnóstico y tratamiento con teranósticos**

**Justificación:** El desarrollo de nuevos fármacos para tratamiento de algunas patologías oncológicas, así como el fortalecimiento de otros isótopos usados ampliamente, tal como el  $^{131}\text{I}$ , han supuesto la creación de una disciplina que se conoce como teranóstica, en donde se amalgaman las técnicas diagnósticas con terapia dirigida usando radionúclidos, en muchos casos con la utilización de la misma molécula y sólo cambiando el isótopo radiactivo. De igual modo, en la actualidad, la nanotecnología está enfocada en desarrollar nuevos fármacos teranósticos.

**Objetivo:** Disponer de recursos humanos formados con conocimientos actualizados sobre desarrollo y utilización de radiofármacos para teranóstica.

**Indicador:** Aumento del número de profesionales capacitados en desarrollo y utilización de teranósticos.

### **S3. Insuficiente número de profesionales capacitados y guías clínicas armonizadas para el uso de las nuevas tecnologías en medicina nuclear e imágenes diagnósticas, principalmente equipos híbridos y mejoramiento del equipamiento existente**

**Justificación:** El incremento en la incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles y el papel esencial que tiene la adecuada utilización de los procedimientos de diagnóstico y terapia mediante medicina nuclear e imágenes diagnósticas, hace necesario el fortalecimiento de las capacidades de los profesionales del equipo multidisciplinario, así como la necesidad de más y mejor equipamiento. **Objetivo:** Disponer de recursos humanos formados y actualizados (médicos referentes, médicos nucleares, físicos médicos, radiofarmacéuticos hospitalarios, radiólogos, tecnólogos y enfermeras), en el uso y aprovechamiento de tecnologías complejas.

**Indicador:** Aumento del número de profesionales capacitados en el uso de tecnologías complejas.

#### **S4. Insuficiencia de recurso humano calificado en física médica en la región.**

Justificación: La región dispone de capacidad para la formación de físicos médicos al nivel recomendado por organismos internacionales, a través de programas regionales de entrenamiento clínico estructurados. Sin embargo, se necesitan directrices regionales que tengan en cuenta las peculiaridades regionales. Se requiere una mayor cantidad de físicos médicos clínicamente calificados en medicina nuclear, radioterapia y radiodiagnóstico, teniendo en cuenta la creciente complejidad de los procedimientos aplicados y el aumento del número de instalaciones. Para ello es preciso establecer programas de capacitación clínica en todas las especializaciones de física médica.

Objetivo: Desarrollar guías regionales y establecer programas de entrenamiento clínico en todas las especialidades de física médica.

Indicador: Aumento del número de físicos médicos clínicamente calificados y formalmente reconocidos por su país como profesionales de la salud, ejerciendo en medicina nuclear, radioterapia y radiodiagnóstico de conformidad con las directrices regionales.

#### **S5. Falta de servicios de radioterapia que dispongan de la tecnología adecuada, del recurso humano calificado y que utilice al máximo y de forma segura la tecnología disponible**

Justificación: En las últimas décadas el avance de la radio-oncología con ganancias reales para los pacientes, ha sido tan rápido que los países de bajos y medianos ingresos de ALyC han quedado muy desfasados con respecto al estado del arte, tanto en tecnología como en la formación del recurso humano. Si bien ha habido un recambio tecnológico parcial en los países del área, aún existe en la región un número significativo de máquinas antiguas en funcionamiento. En este escenario, resulta imprescindible impulsar una adecuación tecnológica y contar con recursos humanos calificados, independientemente del tipo de tecnología que utilicen, que sean capaces de hacer un tratamiento eficaz, eficiente, seguro y de calidad. De igual forma es necesario implementar un sistema confiable de seguimiento de pacientes tratados.

Objetivo: Contribuir a la adecuación tecnológica en la región y a la recalificación profesional y formación en equipo de los profesionales de radioterapia: radioncólogos, físicos médicos y tecnólogos, mediante la educación profesional continua, la gestión integral de la calidad y el fortalecimiento del liderazgo.

Indicador: Aumento del número de centros de radioterapia con tecnología actualizada, recurso humano formado y sistemas de gestión de la calidad desarrollados e implementados.

#### **S6. Necesidad de adecuación tecnológica añadiendo más unidades de braquiterapia y formando a los recursos humanos correspondientes**

Justificación: El cáncer de cuello de útero es una enfermedad muy prevalente en la región. El tratamiento adecuado del cáncer de cuello de útero localmente avanzado requiere la utilización de braquiterapia. Si bien se ha iniciado la adecuación tecnológica con la incorporación de braquiterapia de alta tasa de dosis, muchos centros de radioterapia carecen aún de dicha tecnología o están utilizando braquiterapia de baja tasa de dosis, la cual es una modalidad menos eficiente, con problemas de radio protección, de gestión de fuentes y menos conveniente en términos de comorbilidades y calidad de vida. Además, la braquiterapia de alta tasa de dosis es una modalidad terapéutica costo-efectiva en otras localizaciones tumorales, como el cáncer de próstata, cáncer de mama, bronquios, sarcomas de partes blandas y cáncer infantil, entre otros.

Objetivo: Contribuir a la formación profesional y a la adecuación tecnológica de los servicios de radioterapia, promoviendo la adición de unidades de braquiterapia de alta tasa de dosis, que permitan el tratamiento adecuado de cáncer de cuello de útero y otros tumores plausibles de ser tratados con braquiterapia.

Indicador: Aumento del número de unidades de braquiterapia de alta tasa de dosis operacionales (con el recurso humano calificado) en la región.

#### **S7. Necesidad de fortalecer los sistemas de gestión de la calidad en medicina de las radiaciones en la región**

Justificación: La complejidad creciente de las distintas modalidades de medicina de la radiación, exige un manejo integral de la calidad para asegurar que dichas modalidades cumplan con los estándares internacionales y de este modo sean eficaces, eficientes y seguras para el usuario final.

Objetivo: Fortalecer las capacidades para el desarrollo e implementación de sistemas de gestión de la calidad en medicina de las radiaciones.

Indicador: Aumento del número de centros que han implementado un Sistema de Gestión de la Calidad auditado según las metodologías del Grupo de Garantía de Calidad en Radioncología (QUATRO) [80], la Garantía de la Calidad en Medicina Nuclear (QUANUM) [81] y la Auditoría de Garantía de Calidad para la Mejora y el Aprendizaje en Radiología de Diagnóstico (QUAADRIL) [82] del Organismo Internacional de Energía Atómica.

#### **S8. Insuficiente capacidad para realizar las intervenciones necesarias para mejorar el estado nutricional de la población.**

Justificación: Las condiciones económicas y laborales en la región, no permiten a las familias una adecuada alimentación de sus hijos en la primera infancia. De igual forma, cabe considerar que los cambios climáticos están modificando la composición de los alimentos volviéndolos menos nutritivos, a lo que se agrega que la industria alimentaria ha desarrollado campañas publicitarias que promueven una alimentación no saludable en niños y jóvenes. Todo ello ha contribuido a un incremento acelerado del sobrepeso, la obesidad y la malnutrición para toda la población en la región. Existe dificultad para obtener una medida objetiva de la absorción de los nutrientes, tanto en la población sana como en los enfermos crónicos, lo que puede resolverse con la utilización de las técnicas con isótopos estables, ya disponibles en la región.

Objetivo: Fortalecer la capacidad para realizar las mediciones y las intervenciones necesarias para mejorar el estado nutricional de la población y evaluar su efectividad.

Indicador: Aumento del número de países con capacidad en el uso de las técnicas de isótopos estables para evaluar el estado nutricional.

#### **4.4. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS**

La siguiente Tabla 2 refleja los grados finales de priorización, determinados por las variables señaladas, de numerosos temas del sector de salud humana, seguidos de una comparación visual de estos grados mostrada en la Fig. 2.

TABLA 2. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR SALUD HUMANA

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado Total	Dificultad	R/D	Grado Final
1	S5  Falta de servicios de radioterapia provistos de la tecnología adecuada y de recursos humanos calificados que utilicen al máximo y de forma segura la tecnología disponible.	4,75	4,0	4,75	4,75	18,25	2,0	2,38	43,34
		Gran necesidad de adecuación tecnológica y recurso humano capacitado.	Urge reducir el desfase con respecto al estado del arte en el tratamiento del cáncer.	Esta problemática afecta a toda la región.	Las técnicas nucleares son parte esencial del tratamiento radiante.	La región está receptiva a las mejoras en la especialidad y no se requieren grandes inversiones.			
2	S4  Insuficiencia de recurso humano calificado en física médica en la región.	4,5	4,75	4,75	4,0	18,00	3,0	1,33	24,00
		La ausencia de físicos médicos impacta directa y esencialmente en la calidad del diagnóstico y en tratamiento del paciente.	Es urgente pues el desarrollo de nuevas tecnologías ha sido más rápido que la formación de los físicos médicos y esto tiene un impacto directo en un adecuado manejo de los pacientes.	Este es un problema común a todos los países de la región.	Calidad, seguridad (protección del paciente, ocupacional y ambiental) en el diagnóstico y tratamiento dependen en gran medida de la formación calificada del físico médico.	Identificación de candidatos para entrenamiento, limitación en programas académicos, así como de formación clínica, falta de reconocimiento profesional formal.			

TABLA 2. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR SALUD HUMANA (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/D	Grado final
3	S1	4,5	4,0	4,75	4,5	17,75	2,0	2,25	39,94
	Insuficiente número de profesionales capacitados y guías clínicas armonizadas para el uso de las nuevas tecnologías en el marco de la multimodalidad de imágenes para el diagnóstico, estratificación de riesgo, así como guías para un tratamiento adecuado de las enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares.	Las enfermedades cardiovasculares, en su mayoría de origen aterosclerótico, son la causa de mortalidad más frecuente en la región. Tanto las enfermedades cardiovasculares como las cerebrovasculares experimentan un incremento debido a factores demográficos y de riesgo.	Es una situación que debe abordarse de forma prioritaria. Los pacientes que ya tienen la enfermedad necesitan de un diagnóstico oportuno y certero que guíe la terapéutica.	Es un problema de salud importante para toda la región.	Las técnicas nucleares son esenciales para la detección de isquemia y juegan un rol esencial en la evaluación de la cardiotoxicidad en pacientes con cáncer de mama tratadas con citostáticos y/o radioterapia.		No es complejo ni costoso resolver la capacitación de los profesionales y el desarrollo de guías clínicas armonizadas. Es necesario diseminar la información y replicarla en los países de la región.		
4	S6	4,5	3,75	4,75	4,5	17,5	4,0	1,13	19,69
	Necesidad de adecuación tecnológica con aumento del número de unidades de braquiterapia y formación del recurso humano correspondiente.	Gran necesidad de aumento del número de unidades de braquiterapia de alta tasa.	Gran número de servicios de radioterapia que no disponen de braquiterapia.	El cáncer de cuello de útero es una enfermedad con alta prevalencia y mortalidad en la región.	Las técnicas nucleares son parte esencial del tratamiento radiante.		Requiere de traslados para la formación clínica práctica en unidades de braquiterapia.		

TABLA 2. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR SALUD HUMANA (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/D	Grado final
5	S3	3,75	3,5	3,75	4,5	15,50	2,0	2,25	34,88
	Insuficiente número de profesionales capacitados y guías clínicas armonizadas para el uso de las nuevas tecnologías en medicina nuclear e imágenes diagnósticas, principalmente equipos híbridos y mejoramiento del equipamiento existente.	Las enfermedades cardiovasculares y las neoplasias malignas son las causas principales de morbilidad en la región. En este contexto las técnicas diagnósticas y terapéuticas de medicina nuclear y radiología juegan un rol fundamental en el manejo de los pacientes.	Es una situación que debe abordarse en forma rápida y sostenida, dado la naturaleza creciente de las técnicas de diagnóstico por imágenes, pero que su incremento en el tiempo no dependerá exclusivamente de la capacitación de los profesionales.	Es un problema extendido en la región debido al incremento de la actualización tecnológica.	Es importante el aporte que puede hacer la medicina nuclear en el marco de la multimodalidad de imágenes, principalmente equipos híbridos, para el manejo de pacientes con estas enfermedades en la región.		No es complejo ni costoso resolver la capacitación de los profesionales y el desarrollo de guías clínicas armonizadas. Es necesario diseminar la información y replicarla en los países de la región.		

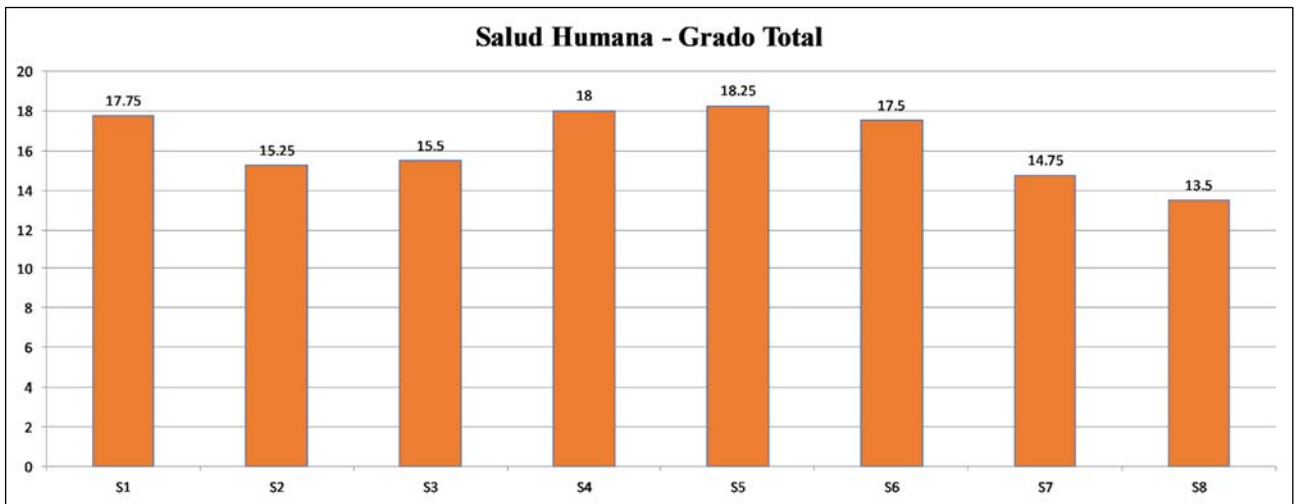
TABLA 2. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR SALUD HUMANA (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado Total	Dificultad	R/ D	Grado Final
6	S2	3,25	4,0	3,5	4,5	15,25	3,5	1,2 9	19,61
	Insuficiente número de profesionales capacitados y guías clínicas armonizadas para la utilización y desarrollo de radiofármacos y dosimetría para diagnóstico y tratamiento con teranósticos.	Es una necesidad que tiene importancia media porque la incidencia de algunas de las patologías que se benefician de esta tecnología es menor comparada con otros tumores más frecuentes.	El desarrollo y utilización de nuevos fármacos para teranóstico en otras regiones ha sido mucho más rápido que en ALyC y esto es una causa de desigualdad para los pacientes de la región que no tienen acceso a la técnica.	Este es un problema común a todos los países que están utilizando o planeando usar teranóstico como herramienta en el abordaje del cáncer.	Con el avance de la medicina nuclear, el abordaje teranóstico es un avance crítico en el manejo adecuado integral del paciente oncológico.		Dificultad en el acceso y desarrollo de los fármacos, falta de personal entrenado, falta de centros formadores/productores de teranósticos.		

TABLA 2. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR SALUD HUMANA (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/ D	Grado final
7	S7 Necesidad en la región de fortalecer los Sistemas de Gestión de la Calidad en medicina de las radiaciones.	3,75	3,0	4,0	4,0	14,75	4,0	1,0	14,75
		Complejidad creciente de las modalidades de medicina de la radiación.	Requiere una continuidad en el tiempo con los programas de gestión de la calidad que se están iniciando.	Esta problemática afecta a toda la región.	Importante requisito para la aplicación efectiva y segura de las técnicas nucleares.		Requiere gasto de tiempo, recursos y la coordinación dentro de un servicio.		
8	S8 Insuficiente capacidad para realizar las intervenciones necesarias para mejorar el estado nutricional de la población.	3,0	3,0	4,5	3,0	13,5	4,0	0,7 5	10,13
		Déficits nutricionales debido a condiciones económicas y a cambios climáticos que afectan la calidad de los alimentos.	Técnica que requiere un largo periodo de tiempo para su implementación.	Afecta a toda la población de la región.	No depende solamente de las técnicas nucleares.		Depende de decisiones políticas y uso de recursos fuera del alcance de ARCAL.		





*Fig. 2. Necesidades y Problemas en Salud Humana vs Grado Total*



# ***MEDIO AMBIENTE***



## 5. MEDIO AMBIENTE

### 5.1. ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL

El área temática Ambiente del presente PER, es caracterizada y descrita a partir de un enfoque estructural e integral del suelo, aire y agua, como variables esenciales para el desarrollo de la región de ALyC. En vista de que los problemas y desafíos ambientales no respetan las fronteras nacionales, el enfoque de cooperación internacional puede contribuir a abordar, gestionar y vigilar los tres elementos ambientales.

Resultó necesaria la revisión de la aplicación del PER 2016–2021, incluidos los resultados arrojados por los proyectos regionales de ARCAL, para afrontar las necesidades y problemas de la región. Además, las experiencias compartidas entre los países latinoamericanos a través de los diferentes proyectos nacionales de cooperación técnica en materia de usos pacíficos de la tecnología nuclear para una mejora del medio ambiente se analizaron para contribuir a la adopción de un enfoque mejor frente a la situación regional actual en cuanto a mejoras y capacidades en este ámbito.

Adicionalmente este nuevo período del PER 2022–2029, identifica metodológicamente diversos ODSs asociados a la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible emitidos por Naciones Unidas, con el fin de incorporar una nueva herramienta de planificación y seguimiento, que contribuya a un mejor diseño e implementación de proyectos regionales con impacto económico, social y tecnológico en sus resultados.

Finalmente, se caracterizaron tendencias y escenarios para ALyC a partir de diversos informes cualitativos y reportes estadísticos de relevancia publicados por organismos internacionales, con el objeto de actualizar datos estructurales regionales, que permitieran describir mejor el estado de situación medioambiental.

Es evidente que se necesita una respuesta mucho más profunda, rápida y ambiciosa para generar la transformación social y económica necesaria para alcanzar los objetivos de la Agenda 2030 [83]. El Informe sobre los ODSs 2019, ofrece una perspectiva empírica para la región [84]. Muchos países están tomando medidas concretas para proteger nuestro planeta, protegiendo zonas marinas, trabajando de manera concertada para abordar la pesca ilegal, ratificando el Acuerdo de París sobre el cambio climático y comunicando sus primeras contribuciones determinadas a nivel nacional, entre otras [85]. De esta forma, la financiación; las economías sostenibles e inclusivas; instituciones más eficaces; un mejor uso de los datos; y un aprovechamiento de la ciencia, la tecnología y la innovación, pueden ayudar a un mayor impulso del progreso en todos los ODSs, pero particularmente en aquellos atinentes al área ambiental identificada en el presente PER.

A pesar del progreso mencionado, el propio Informe ODSs 2019, identifica una diversidad de temas que necesitan una atención colectiva urgente, dado que el medio ambiente natural se está deteriorando a un ritmo alarmante: está subiendo el nivel del mar, se está acelerando la acidificación de los océanos, está aumentando la contaminación atmosférica, los últimos cuatro años han sido los más calurosos registrados, un millón de especies de plantas y animales están en peligro de extinción y los suelos continúan degradándose de manera descontrolada. Todas estas problemáticas no son ajenas a la situación ni negociables para la región.

La Agenda 2030, en esta línea, es una agenda transformadora que pone a la igualdad y dignidad de las personas en el centro y llama a cambiar nuestro estilo de desarrollo, respetando el medio ambiente.

Otro informe CEPAL denominado “Perspectivas Económicas de América Latina 2019”, indica que después del notable progreso experimentado a principios del siglo XXI, el crecimiento económico y los avances socioeconómicos en la región disminuyeron a partir de 2011 [86]. El crecimiento potencial del Producto Interno Bruto (PIB) es menor de lo esperado con alrededor de un 3 % anual reflejando la baja productividad laboral y, a su vez, una insuficiente productividad necesaria para reducir más la pobreza y la desigualdad de ingresos. Se espera que el crecimiento económico de ALyC mejore, pero se mantenga relativamente débil.

Muchas de estas economías de ALyC hacen uso intensivo de recursos materiales y naturales, lo cual conlleva un importante interrogante sobre dinámicas insostenibles, implicando altas emisiones de carbono y agotamiento de dichos recursos, sumado a la creciente importancia del compromiso mundial de combatir el cambio climático [87].

Si bien ALyC es la región que emite menos gases de efecto invernadero a nivel mundial y al mismo tiempo, cuenta con una alta participación y un gran potencial de energías renovables; la región es altamente vulnerable a los desastres naturales y en el caso particular de la zona del Caribe, a los eventos hidrometeorológicos extremos [90]. Diversos países de la región están expuestos a fenómenos crónicos como por ejemplo la desertificación, la retracción de lluvias, la deforestación de la Amazonía y la exposición a la subida del nivel del mar.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) en su Boletín Anual de 2019 ha advertido de que la concentración en la atmósfera de los principales gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, y N<sub>2</sub>O), marcó un nuevo récord durante 2018, lo cual implica que las generaciones futuras se enfrentarán a impactos cada vez más graves del cambio climático [90].

La región requiere de esfuerzos concertados para garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades de acuerdo con el ODS 3. Para ello, se debe trabajar mancomunadamente, implantar la cobertura sanitaria universal, aportar financiación sostenible de la salud y abordar factores ambientales que contribuyen a una salud deficiente, como la contaminación del aire, la falta de agua y saneamiento, gestionados de manera segura.

El agua dulce es un recurso clave y valioso para la salud humana, la seguridad alimentaria y energética, la erradicación de la pobreza y muchos otros aspectos del desarrollo sostenible, debiéndose garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible de la misma y el saneamiento para todos tal como lo estipula el ODS 6. Sin embargo, como todo recurso natural existente el agua se ve amenazada, producto de su alta demanda bajo un contexto de crecimiento demográfico, por un lado y escasez grave del recurso durante al menos un mes al año, por el otro.

En ALyC se concentra la tercera parte de los recursos hídricos renovables del mundo, con grandes caudales fluviales que se aprovechan con fines de abastecimiento, generación eléctrica, transporte, recarga de acuíferos y como fuente de recursos para alimentación, a través de los productos que se obtienen de estos grandes ríos y afluentes. La región tiene el sistema pluvial más grande del mundo, la Amazonia, con 7,5 millones de km<sup>2</sup>, que en conjunto con otros sistemas pluviales como el Paraná- Plata y el Orinoco, acarrearán al Océano Atlántico más del 30 % del agua fresca del planeta [90]. Más de 70 cuencas hidrográficas de la región son compartidas por dos o más países y un 60 % del territorio sudamericano corresponde a cuencas transfronterizas.

La mayoría de los ríos de ALyC presentan mayor contaminación ahora que en la década de 1990, agravado por la estimación de que, en el curso de los últimos 100 años, se ha perdido entre un 50 % y 70 % de los humedales naturales en todo el mundo [92]. Existe un gran número de humedales en la región dependientes de las aguas subterráneas, de aguas superficiales y/o de las precipitaciones, que

se desarrollan en ambientes continentales o costeros. Los mismos proveen servicios de abastecimiento de agua, de producción de recursos alimentarios y materias primas, de regulación hídrica y de depuración de aguas.

De igual forma se cuenta con un significativo volumen del recurso agua subterránea, que es intensamente utilizado por algunos países. El acuífero guaraní, ubicado entre Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, es uno de los yacimientos de agua más grandes del mundo, que abarca una extensión de 1 200 km<sup>2</sup>, con 300 m promedio de espesor.

La importancia de coordinar un mejor uso de los recursos hídricos implementando planes integrados para su gestión, hacen necesario en ALyC, mayores compromisos de incrementar esfuerzos para mejorar el acceso a los servicios de agua y saneamiento, aumentar el tratamiento de aguas residuales, mejorar el uso eficiente, fomentar la cooperación operativa en cuencas de agua transfronterizas y proteger y restaurar ecosistemas de agua dulce.

Dicha gestión requiere nuevas acciones para contrarrestar los crecientes desafíos de la seguridad hídrica, derivados del aumento de población y el cambio climático, y para ello las Soluciones Basadas en la Naturaleza suponen una respuesta innovadora [92]. Estas pueden implicar la conservación o rehabilitación de los ecosistemas naturales y/o la mejora o creación de procesos naturales en ecosistemas modificados o artificiales, lo cual requiere una mejora de la colaboración intersectorial y la base de conocimientos.

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza ofrecen un alto potencial para contribuir al logro de la mayoría de las metas del ODS 6 (sobre el agua) y a través de la seguridad hídrica, pueden tener impactos positivos en otros ODSs tales como el respaldo a la agricultura sostenible (ODS 2), la vida saludable (ODS 3), construcción de infraestructura resiliente (ODS 9), asentamientos urbanos sostenibles y reducción del riesgo de desastres (ODS 11), así como en relación con el cambio climático (ODS 13).

Por otro lado, ALyC en línea con tendencias globales, avanza hacia el ODS 7, con el fin de garantizar el acceso de toda la población a energías asequibles, fiables y sostenibles. De esta manera, se ha comenzado a acelerar el acceso a la energía eléctrica en los países más pobres, se han alcanzado resultados positivos referentes a la eficiencia energética y nuevas fuentes de energías limpias han sido incorporadas o planificadas en las futuras matrices energéticas.

El agua como fuente de generación eléctrica cumple un papel central en el desarrollo de ALyC, albergando la región algunos de los mercados de energía renovable más dinámicos del mundo y con más de un cuarto de su energía primaria generada a partir de fuentes renovables, el doble del promedio mundial [93]. Más de 200 gigavatios (GW) de su potencia (56 % del total) provienen de fuentes renovables, principalmente hidroelectricidad de gran escala, entendiéndose que la misma continuará desempeñando un papel fundamental en el aumento del uso de renovables en la región y en la compatibilidad con la integración de las fuentes de energía renovable variable<sup>2</sup>.

Sin embargo, existe un creciente cuestionamiento acerca de la sustentabilidad del modo de crecimiento que prevalece en la actualidad, particularmente el del sector energético, lo cual está dando lugar a un nuevo paradigma de desarrollo económico y tecnológico. ALyC cuenta con más del 10 % de las reservas de petróleo mundial, alrededor del 14 % de la producción y solamente un 8,3 % del consumo global [94-95]. La extracción de petróleo tiene altos costos ambientales y contribuye al

---

<sup>2</sup> La hidroelectricidad tiene un potencial que representa el 22 % de la generación mundial, con un potencial regional superior a 58 2000 MW al año, del cual únicamente aproximadamente el 24 % están siendo aprovechados.

calentamiento mundial mediante la transformación irreversible de los ecosistemas terrestres y marinos donde se le extrae y los efectos severos de los derrames. El principal interrogante lo generan los hidrocarburos no convencionales, constituyendo el gran reto regional a partir de un importante potencial en varios países, que demandará la adopción de un régimen regulatorio que propicie la exploración, desarrollo y producción de dichos recursos, requiriendo a su vez de marcos regulatorios y tecnologías responsables con el medio ambiente para garantizar la protección ambiental.

El aumento del consumo de energía y, por lo tanto, de la necesidad de generarla, conjuntamente con la falta de tecnología de control de emisiones y el transporte, son también para ALyC las principales causas de contaminación atmosférica en áreas urbanas.

ALyC, con una población de casi 655 millones de personas en 2021, presenta más del 81 % del total de su población concentrada en ciudades [63], con una tendencia que va en aumento hacia el 2030. Las ciudades y las áreas metropolitanas registran considerables emisiones de CO<sub>2</sub> proveniente de combustibles fósiles utilizados con fines de consumo de electricidad, transporte por tierra, edificios residenciales y comerciales y actividades industriales. Las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía urbana van del 53 % al 87 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del uso final de energía a escala mundial [96]. Infraestructuras y servicios inadecuados y sobrecargados (tales como la recolección de desechos, los sistemas de agua y saneamiento, las carreteras y el transporte), serán un claro desafío para las políticas medioambientales en la región, poniéndose el foco en la contaminación atmosférica dada la expansión urbana no planificada.

Los procesos de combustión producen una mezcla compleja de contaminantes que comprenden tanto emisiones primarias (material particulado), como de transformación atmosférica (ozono, sulfatos), lo cual causa aumento de la contaminación atmosférica, empeoramiento de la calidad del aire y problemas sanitarios. Las áreas rurales también están expuestas a emisiones de origen antropogénico y natural, tanto de origen local como transportadas a larga distancia.

Los problemas de contaminación atmosférica presenten impactos directos para la salud humana. El material particulado de tamaño inferior a 2,5 micrones resulta especialmente nocivo y su concentración esta correlacionada con la incidencia de diferentes afecciones pulmonares. Estimaciones recientes de la OMS indican que más de 100 millones de personas en ALyC están expuestas a la contaminación del aire en exteriores, cuyas cantidades exceden los valores guía recomendados por la OMS [97]. De hecho, la contaminación del aire en la región es la causa de 2,3 millones de casos anuales de enfermedades respiratorias crónicas en niños y de 100 000 casos de bronquitis crónica en adultos [98], mientras que el número de muertes atribuidas a la contaminación del aire en 2017, superan las 217 000, encabezando Brasil con una cifra estimada de más de 66 000 muertes [99].

La OMS señala también la importancia de la contaminación en ambientes cerrados, asociada al uso de combustibles tradicionales (cocción, calefacción), los cuales emiten partículas respirables, monóxido de carbono, óxidos de azufre, nitrógeno y benceno [100]. En ciertas regiones de ALyC, el 50 % de la población rural y el 8 % de la urbana continúa utilizando combustibles sólidos para cocinar, pudiendo ser su exposición mucho mayor que la ambiental (exterior) para ciudades muy contaminadas [99].

Durante 2016, en ALyC se generaron 231 millones de toneladas de basura, con un promedio de 0,99 kg per cápita por día, siendo algunos estados isleños con economías turísticas activas, muchos de los mayores generadores. Aproximadamente un 69 % de los desechos son depositados en algún tipo de vertedero y más del 50 % es dispuesto en rellenos sanitarios con controles ambientales, sin embargo, una cantidad importante es depositada en basureros abiertos (27 %), quemada o empleada como



alimento para animales. En la región están aumentando los programas y prácticas de reciclado, así como de compostaje, pero su implementación varía de país en país [101]. Los residuos sólidos están compuestos por materiales orgánicos, desechos reciclables, materiales domésticos peligrosos, desechos médicos e industriales y escombros de construcción. Los efectos se evidencian en la salud de las poblaciones, por favorecimiento de la aparición de ciertas enfermedades, de la contaminación de suelos, aguas, aire, flora y fauna, además de desastres tales como inundaciones [102].

Si bien existe poca información sobre la presencia de contaminantes (por ejemplo, hormonas, antibióticos, emisiones naturales radiactivas, aditivos) y su efecto en la población y ambiente no está suficientemente evaluado; trabajar en planes urbanos nacionales sustentados en información técnica relevante y estadísticas fiables, permitiría pensar a futuro que las ciudades y los asentamientos humanos de ALyC sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles en línea con el ODS 11.

La necesidad urgente de adoptar medidas de ámbito mundial para combatir el cambio climático y sus efectos según lo establece el ODS 13 (Acción por el clima) está reconocida por la CMNUCC [103], principal foro internacional intergubernamental para negociar una respuesta mundial concreta al fenómeno del cambio climático. Los efectos del cambio climático son imprevisibles y devastadores, incluido el aumento de los desastres naturales, la morbilidad y la mortalidad, particularmente en pobres, jóvenes y mujeres en general [103].

En este sentido, los altos glaciares andinos y tres áreas de hielo en el sur de Sudamérica cobran trascendencia para la región, dado que pueden ser severamente afectados por el recalentamiento global [103]. El retroceso glaciar y la disminución de la disponibilidad de agua es al presente una de las mayores preocupaciones para los países andinos, que concentran el 95 % de los glaciares tropicales del mundo (produciendo el 10 % del agua del planeta). La mayoría de los glaciares del mundo han estado retrocediendo en los últimos decenios debido al cambio climático, pero si la disminución continúa al ritmo actual, algunos glaciares de baja altitud en los Andes tropicales podrían perder entre el 78 % y el 97 % de su volumen de aquí a finales de siglo, dejando a las poblaciones de la región sin parte de sus recursos hídricos. El agua del deshielo de los glaciares es una fuente de agua fundamental para millones de personas, en especial para las poblaciones de las tierras altas andinas del Estado Plurinacional de Bolivia, Chile y el Perú [104].

La conservación y utilización de océanos, mares y recursos marinos de una manera que contribuya al desarrollo sostenible, es una realidad regional esencial al cumplimiento del ODS 14. La vida depende de los océanos, los cuales constituyen el ecosistema más grande del planeta, cubren más de dos tercios de la superficie de la tierra, proporcionan alimentos y medios de vida a miles de millones de personas y generan aproximadamente la mitad del oxígeno que respiramos.

ALyC tiene una línea de costa de más de 70 000 km, junto a la cual se localizan muchos de sus mayores asentamientos humanos y para 22 países de la región, el mar representa un 60 % o más de su territorio soberano, siendo crucial para la seguridad alimentaria de los pequeños estados insulares en desarrollo y contribuyendo de manera significativa al turismo en el Caribe [105].

Sin embargo, varias décadas de aumento de las emisiones de carbono, han generado una acumulación de calor en los océanos y cambios en su composición química. Los efectos adversos resultantes de la acidificación de los océanos, el cambio climático (incluido el aumento del nivel del mar), los fenómenos meteorológicos extremos y la erosión costera, agravan la continua amenaza a los recursos marinos y costeros derivada de la pesca excesiva y la sobreexplotación comercial de valiosas especies, la contaminación y la degradación del hábitat. Por ejemplo, el análisis del indicador de agua limpia, una medida del grado de contaminación del océano muestra que los problemas de calidad del agua están muy extendidos, siendo muy grave para nuestra región.

El deterioro de la calidad del agua, los efectos perjudiciales a los recursos vivos, el peligro para la salud humana, la reducción de atractivos naturales y los obstáculos a las actividades económicas son consecuencia de la contaminación del medio marino. Los micro plásticos constituyen uno de los factores más preocupantes, complejos y de difícil manejo por su incorporación en los diversos niveles de la cadena alimentaria. Los micro plásticos son partículas plásticas de tamaños menores a cinco milímetros originados por la fragmentación o fabricación directa de materiales de uso industrial.

Los mayores niveles de nutrientes detectados en las costas podrían ser resultado de surgencias costeras, desechos animales naturales o escorrentías agrícolas procedentes de fertilizantes nitrogenados que pueden contribuir al desarrollo de mareas rojas, conocidas también como Florecimientos de Algas Nocivas. Una de las manifestaciones más significativas de estos florecimientos es la producción de toxinas por ciertas especies de algas que pueden acumularse en los productos alimentarios marinos que representan un riesgo para la salud de los consumidores, además de tener diversos impactos negativos en la economía [105].

Es destacable en esta línea que en 2020 la región ha avanzado en la conservación y la protección de sus zonas silvestres protegidas y zonas marinas y costeras en al menos un 10 % en línea con las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) [106].

ALyC adopta importantes medidas dirigidas a conservar y restaurar estos valiosos recursos naturales y hacer un uso sostenible de ellos, lo cual incluye la protección, restablecimiento y promoción del uso sostenible de los ecosistemas terrestres, la gestión sostenible de los bosques, la lucha contra la desertificación y la detención de la degradación, son aspectos centrales del ODS 15. Esto incluye la adopción de mecanismos legales para garantizar la distribución justa de los beneficios de los recursos genéticos, protegiendo más Áreas Clave de Biodiversidad e implementando planes de gestión sostenibles. Sin embargo, estos esfuerzos se están intensificando con urgencia, con medidas inmediatas para detener la pérdida de biodiversidad y proteger los ecosistemas regionales.

El cambio de uso del suelo y la agricultura son la fuente del 42 % de las emisiones de gases de efecto invernadero en la región, en comparación con el 18 % a nivel mundial, en un contexto donde ALyC entre 1990 y 2020, perdió casi un 10 % de su superficie forestal [89], [107], [108]. Según la FAO, en la región hay 16,5 millones de explotaciones agrícolas familiares (80 % del total de explotaciones), que ocupan a más de 60 millones de personas y constituyen la principal fuente de empleo agrícola y rural [109]. Este dato reviste aún mayor relevancia, al presentar la región un marcado aumento del consumo de agroquímicos durante las últimas décadas, enfrentándose a problemas relacionados con residuos de plaguicidas y su consecuente impacto en la industria alimenticia, tanto a nivel doméstico como en su carácter exportador. El uso excesivo de fertilizantes, las prácticas de riego y el uso intensivo de recursos naturales, llevan a alteraciones del suelo tales como contaminación, nitrificación, salinización y agotamiento por pérdida de nutrientes, siendo la desertificación su manifestación más extrema, que afecta aproximadamente a un 30 % de la superficie total de la región [110], [111].

En América del Sur esta dinámica afecta a todas las clases de uso del suelo en mayor grado que el promedio mundial. La desertificación, la degradación de los suelos y la pérdida de ecosistemas reducen la disponibilidad hídrica, y se estima que entre 79 y 178 millones de habitantes de ALyC se verán afectados por el aumento del déficit hídrico [112].

Las áreas protegidas terrestres abarcan casi la cuarta parte de la superficie de la región 4,85 millones de km<sup>2</sup>, de los cuales 2,47 millones de km<sup>2</sup> están en el Brasil [113] y esa red de áreas protegidas terrestres es la mayor del mundo, produciéndose la quinta parte del secuestro de carbono de los ecosistemas terrestres y manteniéndose sistemas hídricos fundamentales para la producción y el consumo.

Respecto a la minería y su vínculo con el ambiente, aún aquella de pequeña escala tiene impacto en la contaminación de los suelos y las aguas en diversas áreas de la región. La contaminación por metales pesados y otros elementos tóxicos afecta a toda la región y especialmente a los países andinos, que concentran la mayoría de los sitios mineros, citándose los ejemplos de Argentina (oro, uranio, litio), Estado Plurinacional de Bolivia (antimonio, estaño, oro, litio), Brasil (mercurio, uranio), Chile (arsénico, cobre, litio), Ecuador (arsénico, cadmio, cinc, cobre, mercurio), México (arsénico, plomo), Perú (arsénico, cadmio, cinc, cobre) y Uruguay (plomo). En muchos países en desarrollo, la pequeña minería crece hoy en forma rápida y con considerables daños ambientales producto de ausencia o incumplimiento de todo marco jurídico o reglamentario [114].

La minería es uno de los sectores que contribuyen sustancialmente al calentamiento global; como resultado de las múltiples actividades que giran en torno a la extracción, no resulta sencillo medir la emisión de gases de efecto invernadero que la minería provoca. De hecho, se puede decir que la mayor parte de las emisiones no provienen de las propias operaciones del sector, sino más bien de la energía necesaria para desarrollar sus actividades [115].

Entre los riesgos de las actividades mineras se encuentran el daño a los ecosistemas y a los servicios ecosistémicos<sup>3</sup> y también debe considerarse la problemática de los pasivos ambientales mineros (incluyendo la explotación del uranio) presente en la región. Ejemplos de afectación a los recursos hídricos subterráneos, son el de la explotación de litio en las salinas y el posible impacto de la explotación petrolera utilizando la tecnología de fracturación hidráulica (fracking).

Como consecuencia de una actuación ambiental llevada a cabo conjuntamente por la CEPAL y la OCDE, se destacó la necesidad de que los países posean planes de ordenamiento territorial haciendo uso de la zonificación ecológica económica y, eventualmente, realicen evaluaciones ambientales estratégicas. Asimismo, es necesario desarrollar sistemas de información ambiental y establecer registros de emisiones y de transferencia de contaminantes que permitan diseñar e implementar políticas públicas sobre la base de los sistemas de evaluación de impacto ambiental correspondientes.

## 5.2. ANÁLISIS DAFO

### 5.2.1. Fortalezas

- 1) Aumento de la conciencia social sobre los problemas ambientales y su incidencia en la preservación de los ecosistemas y la salud humana a nivel regional;
- 2) Consolidación de un marco institucional internacional a partir acuerdos, convenciones y protocolos en temas ambientales del cual los países de la región son parte: Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), CMNUCC, Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD), Convenio de Basilea, Convenio de Rotterdam, Convenio de Estocolmo, Convenio de Minamata, Programa de Mares Regionales, Foro de Ministros del Ambiente de América Latina y el Caribe, la Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y el Protocolo de Montreal sobre Sustancias que afectan la Capa de Ozono, entre otros;
- 3) La existencia de Centros Regionales de Referencia y Redes temáticas en áreas ambientales que posibilitan la sinergia en sus diferentes temáticas, brindando apoyo técnico logístico para el

---

<sup>3</sup> Los servicios ecosistémicos son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Se trata de servicios de aprovisionamiento, como alimentos, agua, madera y fibra; servicios regulatorios que afectan al clima, las inundaciones, las enfermedades, los residuos y la calidad del agua; servicios culturales que reportan beneficios estéticos, espirituales y de esparcimiento; y servicios de apoyo como formación de suelo, fotosíntesis y el ciclo de los nutrientes. La especie humana, aunque está resguardada de los cambios ambientales por la cultura y la tecnología, depende fundamentalmente del flujo de los servicios ecosistémicos.

traspaso de tecnología en cooperación horizontal entre países de la región, permitiendo el acceso a información a través de bases de datos y siendo también centros de capacitación [por ejemplo, Red de Investigación Marino-Costera (REMARCO), Red para el Análisis de la Calidad Ambiental en América Latina (RACAL), Red Analítica de Latinoamérica y el Caribe (RALACA), Red Interamericana de Recursos Hídricos (RIRH), Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (ALHSUD)];

- 4) Fortalecimiento en las capacidades de laboratorios con equipamiento y personal capacitado, para el uso de trazadores (isótopos estables y radioactivos) y para la cuantificación de contaminantes en muestras ambientales, aplicando técnicas analíticas nucleares y relacionadas (espectrometrías alfa y gama, centelleo líquido, NAA, IRMS, ICP-MS, XRF e IBA, entre otras). Se cuenta con laboratorios con sistemas de calidad implementados y protocolos estandarizados, algo imprescindible para lograr el reconocimiento mutuo de los resultados analíticos y algunos de estos laboratorios están acreditados bajo norma ISO/IEC 17025 [50].

### **5.2.2. Debilidades**

- 1) Insuficiente asignación de prioridades, presupuesto y continuidad para la implementación de políticas y programas tendientes al cuidado del medioambiente, tanto a nivel nacional como regional;
- 2) Insuficiente grado de interacción entre las instituciones gubernamentales responsables de gestión del medio ambiente (gestión del agua, contaminación y salud, pesca, turismo), así como las que pueden servir de apoyo para aportar la información necesaria para la gestión y toma de decisión responsable, utilizando técnicas nucleares;
- 3) Dificultad en el establecimiento de alianzas estratégicas dentro de la comunidad científica, que permitan abordar los estudios ambientales de forma integral;
- 4) Escasez de información científica que sirva de base para evaluar los problemas del ambiente (Aire, agua, suelo y zonas marino-costeras) que afectan a la región, comprender sus causas y mitigar sus impactos en la salud pública;
- 5) Limitados esfuerzos y acciones para garantizar el cumplimiento de estándares de calidad ambiental;
- 6) Insuficiente interrelación entre el Organismo y las agencias del sistema de Naciones Unidas y/o entidades regionales, en temas relativos a la protección del ambiente;
- 7) Limitada difusión, conocimiento y comprensión de las potencialidades del uso de las técnicas nucleares, siendo una herramienta ventajosa y muchas veces única para evaluación y monitoreo del ambiente. Dichas potencialidades frecuentemente se restringen al ámbito científico o académico, por lo que es necesario aumentar su difusión entre el público y los sectores gubernamentales responsables de la gestión del ambiente;
- 8) Insuficiente renovación del personal capacitado en la aplicación de técnicas nucleares, dada la magnitud del trabajo para abordar temas ambientales o necesidad de capacitación específica para abordar ciertos estudios ambientales;
- 9) Insuficiente disponibilidad del equipamiento necesario en laboratorios y en muchos casos obsolescencia tecnológica de la instrumentación;
- 10) Disparidad en la implementación de las técnicas, así como en la calidad de los resultados analíticos generados dentro de la región.

### **5.2.3. Amenazas**

- 1) Cambios políticos que puedan afectar la sostenibilidad de los proyectos ambientales, incluyendo los conflictos de intereses entre empresas contaminantes y la sociedad;

- 2) Percepción social desfavorable y falta de comprensión de los beneficios de las técnicas nucleares, debiéndose incrementar la difusión de los usos pacíficos de las aplicaciones y técnicas nucleares tanto en la población en general como en sectores gubernamentales;
- 3) Falta de sostenibilidad institucional y estabilidad del personal calificado;
- 4) Limitación de recursos para mantenimiento efectivo, reparación y modernización continua del equipamiento de las instalaciones y/o laboratorios;
- 5) Insuficiente conocimiento y percepción de las capacidades de las técnicas nucleares limitan su más amplia introducción a nivel regional.

#### **5.2.4. Oportunidades**

- 1) Aprobación de Naciones Unidas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y su consecuente asociación con los ODSs, estableciendo una visión transformadora desde el punto de vista social, económico y ambiental, fortaleciendo programas;
- 2) Identificación de problemas críticos que afectan la situación ambiental en la región;
- 3) Sectores sociales con mayores demandas ambientales insatisfechas, que fuerzan a los diferentes niveles de Gobierno a la toma efectiva de medidas institucionales, para afrontar dichas problemáticas comunes a la región (incluyendo creciente modernización de los marcos normativos por ejemplo en el sector hídrico);
- 4) Incremento del uso de las técnicas nucleares en estudios ambientales a nivel mundial y aumento de su contribución a dichos estudios;
- 5) Proliferación y consolidación de redes globales para estudios específicos que fortalecen la cooperación en el área;
- 6) Incremento de los intercambios académicos a nivel global y regional con la consiguiente transferencia de conocimiento, contribuyendo a una mejora sustancial de los profesionales.

### **5.3. NECESIDADES Y PROBLEMAS**

#### **M1. Insuficiente conocimiento de la disponibilidad e inadecuada gestión de los recursos hídricos**

Justificación: Aunque ALyC es la región con mayor disponibilidad de agua per cápita, numerosos centros urbanos y áreas rurales de la región, no disponen de un acceso garantizado de agua para cubrir una creciente demanda asociada al crecimiento poblacional y desarrollo económico. Muchos países carecen de estimaciones fiables de la disponibilidad de recursos hídricos superficiales y subterráneos. Por otra parte, los cambios esperados en los patrones de precipitación asociados al cambio climático global (por ejemplo, inundaciones y periodos de sequía prolongados), pueden afectar seriamente la disponibilidad del recurso hídrico a la población.

Objetivo: Generar la información hidrológica necesaria para llevar a cabo una gestión integrada de los recursos hídricos en la región, atendiendo aspectos de disponibilidad.

Indicador: Aumento del número de estudios hidrológicos utilizando técnicas isotópicas y nucleares, incorporados en los planes de gestión de recursos hídricos destinados a incrementar la disponibilidad de agua ejecutados en la región en el periodo 2022–2029.

#### **M2. Insuficiente conocimiento sobre la calidad de agua y de las posibles fuentes que contribuyen a su contaminación**

Justificación: Numerosas fuentes naturales y antrópicas contribuyen al deterioro de la calidad del recurso hídrico, incrementando el costo en el uso de plantas de tratamiento de agua y la calidad del

recurso para diferentes usos, afectando tanto al abastecimiento para consumo humano, la seguridad alimentaria o el desarrollo industrial. La falta de conocimiento sobre las fuentes de contaminación y el grado de vulnerabilidad de las diferentes fuentes impide adoptar medidas preventivas o correctoras para mejorar la calidad del agua. La gestión inadecuada de los recursos hídricos no solo tiene un coste económico y social importante, sino que afecta tanto a la disponibilidad como a su calidad.

Objetivo: Generar información utilizando técnicas isotópicas y nucleares, sobre fuentes de contaminación y procesos que afectan a la calidad del recurso hídrico, para su integración en planes de gestión.

Indicador: Aumento del número de estudios hidrológicos incorporados en los planes de gestión de recursos hídricos destinados a mejorar la calidad de agua, ejecutados en la región en el periodo 2022–2029.

### **M3. Insuficiente conocimiento de los principales procesos que afectan las zonas costeras, océanos y los recursos marinos**

Justificación: La región de ALyC tiene un territorio marítimo de 16 millones de km<sup>2</sup> y más de 70 000 km de costa correspondientes a 22 países de la región para los que el mar representa un 60 % o más de su territorio. La importancia de actividades costeras como el turismo y la pesca es esencial para las economías y la prosperidad de muchos países de la región. En el Caribe, corresponde al turismo un 20 % o una proporción superior del PIB en 10 pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID). La importancia de los océanos para los medios de vida de ALyC y la seguridad alimentaria de su población explica la mayor parte de las medidas centradas en políticas de desarrollo azul sostenible, en el marco de las cuales los océanos ofrecen una posible fuente de soluciones y de innovación indispensables para la prosperidad de las comunidades costeras de los PEID [105].

Sobre la explotación de los recursos marinos, el incremento de la acuicultura marina, el aumento de los fenómenos de floraciones de algas tóxicas, la acidificación de los océanos, el incremento del nivel del mar, la contaminación costera (nutrientes, químicos, plásticos, etc.) y los cambios climáticos han provocado pérdidas en la biodiversidad, los hábitats y el deterioro de la zona marino-costera de la región, comprometiendo los servicios ecosistémicos y el desarrollo de los países del área.

Pese a su contribución económica y sus valores ecológicos, el conocimiento sobre el estado de las zonas costeras, mares y océanos en la región es limitado.

Objetivo: Desarrollar información integrada utilizando entre otras, técnicas nucleares e isotópicas que contribuyan a conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible en ALyC.

Indicador: Aumento del número de países que generan reportes de información integrada para la gestión sostenible de la zona costera, mares y océanos en la región.

### **M4. Insuficiente conocimiento de los niveles de concentración de partículas y aerosoles atmosféricos, su composición e impacto en la salud humana**

Justificación: El 81 % de la población de la región vive en ciudades, la mayoría de las cuales tienen serios problemas de contaminación atmosférica. Las áreas rurales también están expuestas a emisiones antropogénicas y naturales. En todos los casos las fuentes emisoras de estas partículas y aerosoles pueden ser locales, regionales o transfronterizas.

Altas cargas de material particulado en el aire, especialmente las de tamaño inferior a 2,5 micrómetros han sido asociadas a diferentes enfermedades, por lo que constituyen un riesgo para la salud humana. La caracterización química del material particulado y aerosoles permite no sólo conocer las concentraciones de las distintas especies contaminantes, sino también identificar las fuentes que las originan [63], [97].

Objetivo: Contribuir a la mejora de la gestión de la calidad del aire a través de la incorporación de las Técnicas Analíticas Nucleares (TAN), para la caracterización química del material particulado en los estudios de monitoreo y la identificación de las fuentes de contaminación y su contribución a los inventarios identificados.

Indicador: Aumento del número de ciudades con estudios de las fuentes de contaminación identificadas y su impacto en afecciones de la salud humana, de forma tal que se puedan implementar medidas de mitigación para reducir la tasa de mortalidad atribuida a la contaminación del aire.

#### **M5. Insuficiente evaluación de la degradación y contaminación del suelo y su impacto en la salud humana**

Justificación: Un porcentaje importante de los suelos de la región están contaminados por metales pesados y otros elementos tóxicos, plaguicidas y otras sustancias, los cuales son transferidos a la flora y fauna. Además, sólo un 35 % de los desechos sólidos se gestiona utilizando relleno sanitario, causando contaminación de los suelos y afectando la salud humana y animal [116].

El 17 % del total mundial de plaguicidas y más del 10 % del total mundial de fertilizantes se comercializan en la región. Los países de la región enfrentan problemas relacionados con residuos de plaguicidas en los alimentos de consumo local y de exportación, sobrepasando en muchos casos los niveles fijados por la legislación, además de tener impacto en el medio ambiente [116]. No se dispone de suficiente información y/o capacidades analíticas para la determinación de contaminantes y su impacto en la salud humana, la flora y la fauna.

Objetivo: Contribuir a mejorar la evaluación del impacto de contaminantes en suelos, generando información sobre niveles, tipo, distribución y dispersión de los contaminantes, mediante el uso de técnicas nucleares.

Indicador: Aumento del número de informes de diagnóstico sobre contaminantes en suelos empleando técnicas nucleares, los cuales contribuyan al desarrollo de legislaciones que conlleven a reducir considerablemente, el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y por la contaminación de los suelos.

#### **5.4. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS**

En la siguiente Tabla 3 se refleja los grados finales de priorización, determinados por las variables señaladas, de numerosos temas del sector de ambiente, seguidos de una comparación visual de estos grados mostrada en la Fig. 3.

TABLA 3. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR AMBIENTE

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/D	Grado final
1	M1  Insuficiente conocimiento de la disponibilidad e inadecuada gestión de los recursos hídricos.	5,0  La disponibilidad per cápita de agua en los países de ALyC, factor clave para el desarrollo humano, decrece de forma continuada desde hace varias décadas, limitando en muchos casos el desarrollo económico y afectando a la salud humana y a los ecosistemas. La falta de políticas sostenibles de gestión del agua, basadas en estudios hidrológicos integrales, hace que el problema de acceso al agua se perciba como una fuente de conflictos en un futuro inmediato.	5,0  Los países de ALyC enfrentan problemas puntuales para proporcionar agua de forma continuada y de calidad a la población y satisfacer así una creciente demanda, ligada al desarrollo económico y al incremento de la población. Los escenarios de cambio climático, con el aumento de fenómenos meteorológicos extremos, indican que la situación de acceso al agua probablemente empeorará a medio y largo plazo.	5,0  Todos los países de ALyC afrontan, en diverso grado, problemas más o menos graves relacionados con la disponibilidad continua del recurso hídrico para cubrir las necesidades de abastecimiento, producción de alimentos, industria y mantenimiento de los ecosistemas.	4,0  El uso integrado de las técnicas nucleares e isotópicas (junto a otras herramientas hidrológicas) en la evaluación de sistemas de aguas superficiales y subterráneas proporciona información indispensable para la adopción de medidas de gestión sostenible del recurso hídrico.	19,0	4,0  Si bien la generación de información y planes de gestión formulados en la región ha mostrado un gran avance, el impacto positivo de la implementación de estos necesita un mayor involucramiento de actores gubernamentales con poder de toma de decisión.	1,0	19,0



TABLA 3. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR AMBIENTE (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado Total	Dificultad	R/D	Grado Final
2	M2  Insuficiente conocimiento sobre la calidad de agua y de las posibles fuentes que contribuyen a su contaminación.	4,5  Junto a los problemas de disponibilidad de agua, una preocupación creciente de los gestores del recurso hídrico es la calidad del agua, ya que muchas actividades humanas se traducen en el deterioro creciente de la misma, por la exposición de los cuerpos de agua a un número creciente de contaminantes. La peor calidad del agua se traduce en un desarrollo económico limitado, problemas de salud humana y un impacto negativo en la biodiversidad de los ecosistemas.	5,0  La explotación intensiva, tanto de fuentes de aguas superficiales como subterráneas, junto al aumento de población y el desarrollo económico han conducido en ALyC a un deterioro progresivo de la calidad del recurso agua, haciendo cada vez más difícil a las autoridades proporcionar agua de buena calidad para cubrir todas las necesidades de la población y los ecosistemas.	5,0  Todos los países de ALyC afrontan, en diverso grado y escala, problemas relacionados con el deterioro de la calidad del recurso hídrico, implicando numerosas fuentes de contaminación naturales y antrópicas.	3,5  Las técnicas nucleares e isotópicas permiten obtener información esencial sobre las fuentes de contaminación y los procesos fisicoquímicos que afectan a la salubridad de las aguas, permitiendo llevar cabo medidas correctoras o paliativas.	18,0	3,0  La infraestructura y recursos humanos capacitados para el análisis de la calidad del agua e identificación de potenciales fuentes contaminantes presentan disparidad entre los países de la región. No todos los datos obtenidos por los laboratorios que operan sistemas de gestión son de calidad comparable.	1,17	21,0

TABLA 3. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR AMBIENTE (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado Total	Dificultad	R/D	Grado Final
3	M3  Insuficiente conocimiento de los principales procesos que afectan las zonas costeras, océanos y los recursos marinos.	4,5  En la actualidad, se produce un continuo deterioro de las zonas marino-costeras (70 000 km.) en 22 países de la región, que provocan pérdidas de hábitat, biodiversidad, servicios ecosistémicos, con impactos negativos en el turismo, la pesca y la seguridad alimentaria en la región.	4,75  La degradación de la zona costera se incrementa rápidamente no solo por la actividad antrópica sino por los efectos del cambio climático, por lo que se hace necesario tomar acciones urgentes que permitan avanzar en la comprensión de estos fenómenos y generar información para generar los planes de manejo, adaptación y mitigación.	4,5  La zona costera de la región ALyC representa el 60 % del territorio de 22 países. El mar Caribe es compartido por 17 estados, con lo cual lo convierten en un ecosistema regional. La contaminación, los florecimientos de algas nocivas, la acidificación de océanos y mares son problemáticas comunes a todos los países de la región y tienen un alcance transfronterizo.	3,5  Las técnicas nucleares e isotópicas han demostrado ser de gran utilidad para el estudio de diferentes problemas asociados al deterioro de la zona costera, los mares y los océanos. El uso de radiotrazadores ambientales, isótopos estables y técnicas analíticas nucleares son técnicas disponibles o accesibles a diferentes países de la región. La existencia de la red REMARCO es una oportunidad para la región y el soporte a los tomadores de decisiones.	17,25	3,0  La complejidad de los procesos a estudiar requiere de elaborados diseños de investigación y la concurrencia de diferentes técnicas complementarias.	1,17	20,48

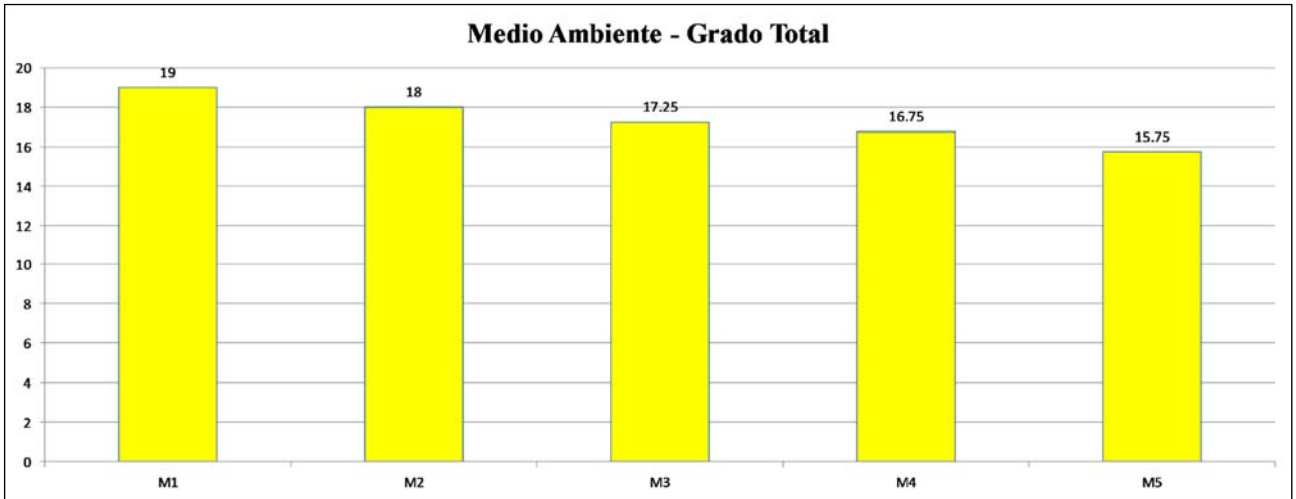
TABLA 3. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR AMBIENTE (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/D	Grado final
4	M4  Insuficiente conocimiento de los niveles de concentración de partículas y aerosoles atmosféricos, su composición e impacto en la salud humana.	4,0  El 81 % de la población de la región vive en ciudades en las cuales se concentra el máximo de actividad industrial y de contaminación por otras fuentes antropogénicas (calefacción, emisiones vehiculares, entre otras). Las áreas rurales se ven afectadas por el transporte de estos contaminantes en la atmósfera a nivel local y regional. El material aerotransportado con tamaño de partículas inferior a 2.5 micrones resulta especialmente nocivo y su concentración esta correlacionada con la incidencia de diferentes afecciones pulmonares.	4,5  El deterioro de la calidad del aire y su impacto negativo en la salud humana se agrava aceleradamente. Es necesario contar con información sobre las fuentes de contaminación para poder sugerir medidas de control y mitigación.	4,25  El transporte de los contaminantes trasciende fronteras geográficas y afecta no solo a los emisores de contaminantes. Es importante conocer los perfiles de cada fuente para poder identificar eventos de transporte a largo rango y evaluar el origen de la contaminación.	4,0  Las TAN permiten determinar la concentración de un gran número de elementos, lo cual a su vez permite identificar las diferentes fuentes de contaminación.	16,75	4,0  La capacidad analítica no está disponible en todos los países de la región. Aunque varios laboratorios operan sistemas de gestión de calidad, no todos los datos que se generan son de calidad comparable, lo cual puede afectar la identificación de las fuentes de contaminación. A nivel institucional, no siempre existe una cultura de cooperación para poder vincular otros tipos de análisis requeridos para una caracterización completa de las muestras.	1,0	16,75

TABLA 3. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR AMBIENTE (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado Total	Dificultad	R/D	Grado Final
5	M5  Insuficiente evaluación de la degradación y la contaminación del suelo y su impacto en la salud humana.	3,5  Una parte importante de los suelos de la región presenta contaminación por elementos tóxicos y contaminantes orgánicos. Estos contaminantes afectan la calidad de los productos agropecuarios, incidiendo en problemas nutricionales y en afecciones a la salud. Parte de la contaminación de los suelos migra a las aguas subterráneas y a las cadenas tróficas, afectando la flora y la fauna.	4,5  El uso indiscriminado de fertilizantes y pesticidas, así como el incremento de las actividades minera e industrial agudizan la contaminación de los suelos.	4,75  La contaminación de los suelos se extiende prácticamente a todos los países de la región. El transporte de los contaminantes por las corrientes de agua hace que la contaminación se extienda en ocasiones a largas distancias.	3  Las técnicas analíticas nucleares permiten determinar la concentración de elementos tóxicos. El uso de técnicas cromatográficas acopladas a espectrometría de masa permite analizar un gran número de contaminantes orgánicos.	15,75	4,0  La capacidad analítica no está disponible en todos los países de la región. Aunque varios laboratorios operan sistemas de gestión de calidad, no todos los datos que se generan son de calidad comparable, lo cual puede afectar la identificación de las fuentes de contaminación. A nivel institucional, no siempre existe una cultura de cooperación para poder vincular otros tipos de análisis requeridos para una caracterización completa de las muestras.	0,75	11,81





*Fig. 3. Necesidades y Problemas en Ambiente vs Grado Total*

***ENERGÍA***





## 6. ENERGÍA

### 6.1. ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL

#### 6.1.1. Síntesis de la situación actual relacionada con la Energía Nuclear en la región.

La región de ALyC está compuesta por 45 países, en un territorio que abarca 20,4 millones de kilómetros cuadrados [117]. La población crece a un ritmo anual de 0,7 %, y en 2021 llegó a 655 millones [63, 118] El Producto Interno Bruto de la región en el año 2021 fue de 5,45 billones de USD a precios actuales, y el ingreso per cápita anual fue de 8 327 USD [63]. La esperanza de vida al nacer en 2020 era de 73 años [63]. La tasa de alfabetización del total de la población adulta (de 15 años y más) era de 94 % en 2020 [119].

La demanda de energía primaria en el 2018 era de 702 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep) y se estima que esa cifra crezca como mínimo al 1,8 % anual acumulativos [120].

Las reservas probadas de petróleo (incluyendo el shale oil) de la región ascienden a alrededor de 334,5 miles de millones de barriles de petróleo, lo que representa el 20 % de las reservas mundiales [121]. Los principales productores de petróleo son la República Bolivariana de Venezuela, Brasil, Ecuador y México. La producción de petróleo ha declinado en la región desde los valores de 3 500 millones de barriles de petróleo en el año 2009, a 3 142,6 millones en 2018. ALyC cuenta con el 8 % de la capacidad de refinación instalada en el mundo [121].

En cuanto al gas natural, la región cuenta con 8 200 mil millones m<sup>3</sup> en reservas probadas, lo que representa el 4,2 % de las del mundo, al año 2018 [120]. México, República Bolivariana de Venezuela, Brasil, Perú, Trinidad y Tobago, Argentina y el Estado Plurinacional de Bolivia, han sido tradicionalmente los principales productores de gas en la región. La producción de este combustible en el 2018 fue de 176,7 miles de millones m<sup>3</sup>, lo que representó el 4,6 % de la producción mundial [120].

La región cuenta con 14 016 millones de toneladas de reservas probadas de carbón, siendo el 1,3 % de las reservas mundiales. En el 2018 la producción fue de 60,4 millones de toneladas y comenzó a disminuir en 2015, siendo Colombia el mayor productor de la región [120].

La capacidad de generación eléctrica instalada en la región en el 2018 ascendió a 341 GW [122]. El consumo de energía eléctrica en América Latina y el Caribe en el 2018 fue de 1 305 teravatios por hora (TWh) [120]. La distribución de generación está representada por el 56 % de plantas hidroeléctricas, el 30,3 % de centrales térmicas, el 1,7 % nuclear y el 12 % de renovables, lo que representó el 4,9 % del consumo mundial. En cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub> la cifra total mundial al cierre del 2014 fue de 1 912 millones de toneladas de dióxido de carbono (MtCO<sub>2</sub>). Las emisiones per cápita de dióxido de carbono en ALyC ascendió a 3,1 toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>/hab). Aun cuando los valores de emisiones de CO<sub>2</sub> por habitante son menores en ALyC respecto a países industrializados, con un 1,4 % de crecimiento entre 2010 y 2014 [120].

Se ha estimado que las adiciones brutas de capacidad de generación eléctrica entre 2012 y 2035 en ALyC alcancen la cifra de 269 GW, cifra similar a la capacidad instalada en el 2009 [123]. De esas adiciones se estima que 97 GW sean centrales hidroeléctricas, 78 GW de gas, 25 GW eólicos, 21 GW solar fotovoltaica, 16 GW de bioenergía, 7 GW nuclear, 3 GW solar por concentración y 2 GW geotérmicos [120].

Se estima que la demanda de electricidad, en un escenario donde se mantengan las políticas actuales, tendrá un crecimiento promedio de un 2,7 % en la región [123].

Se proyecta que la población en la región ascenderá en el año 2030 a unos 720 millones de habitantes [124], lo cual impone un enorme reto para el establecimiento de las condiciones necesarias para satisfacer las demandas de bienestar de semejante volumen poblacional.

La demanda total de energía primaria ascendería en el 2030 a 1 483,23 Mtoe. En consonancia, la demanda de electricidad crecería a 2 621 TWh, lo cual significa duplicar o más el nivel actual. En lo que se refiere a las emisiones de CO<sub>2</sub> los escenarios prevén cifras de 2 680 MtCO<sub>2</sub>, escenarios tendenciales. Los nuevos escenarios de cada país contemplan la evaluación de la mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero, del cambio climático y del cumplimiento de las metas que realizaron los países en el Acuerdo de París dentro de la CMNUCC y los ODS.

El OIEA estima que la capacidad instalada pasará, de los 344 GW instalados en el 2012 a los 1 000 GW, en un escenario de crecimiento bajo y los 1 359 GW en uno de crecimiento alto en el 2030, lo cual corrobora la necesidad de aumentar la capacidad actual entre un 66 % y un 75 % en los próximos 18 años [123].

América Latina tiene una experiencia de más de 47 años en la generación de energía nucleoelectrónica. La capacidad nuclear instalada ascendió a 5 077 MW de capacidad total neta en 2020 (Argentina: 1 641 MW y una generación de 10 011 GWh, lo que representa el 7,5 %, Brasil: 1 884 MW y una generación de 14 053 GWh, lo que representa el 2,1 %, y México: 1 552 MW y una generación de 10 864 GWh, lo que representa el 4,95 %, distribuidos entre siete unidades en 3 países. La generación eléctrica nuclear en suma ascendió en estos países en el 2020 a 34 928 GWh [122]. Están en construcción en la región dos nuevos reactores, uno en Brasil (ANGRA 3), con capacidad de 1 245 MW, y otro en Argentina (CAREM SMR) de 32 MW, que suman una capacidad nueva instalada de 1 277 MW [125].

A pesar del negativo impacto que ha tenido el accidente de Fukushima Daiichi en las inversiones nucleares, se continuaron los planes de desarrollo de nuevos proyectos de plantas nucleares y se ha realizado la extensión de vida a una central nuclear tipo CANDU en Argentina por 30 años más, primer proyecto exitoso de este tipo en la región. Los países que tienen plantas de energía nuclear en Latinoamérica tienen planes de ampliación de sus capacidades de generación nuclear.

No obstante, algunos países de la región que detuvieron sus intenciones de incluir la opción nuclear en sus matrices energéticas a raíz del accidente de Fukushima Daiichi podrían reiniciar sus análisis en el periodo 2020–2035, pero es de destacar que se está observando al año 2018 en la región una masiva incorporación de energía eólica y solar fotovoltaica [122].

Las decisiones tomadas en el marco de la CMNUCC, derivadas del régimen climático adoptado en el año 2015 para su implementación a partir del 2020, refuerzan los compromisos de todos los países con la mitigación y reducción de Gases de Efecto Invernadero.

Las centrales de energía nuclear de la región están llegando al término de su vida útil planificada, por lo que es necesario realizar análisis y evaluación de extensión de su vida útil.

Estos factores aceleran también la necesidad de evaluar la opción nuclear de una manera integral, dentro de los sistemas energéticos para definir su posible rol en el desarrollo de ALyC.

### **6.1.2. Síntesis de la situación actual relacionada con los reactores de investigación en la región**

Los reactores de investigación son más simples que los reactores de producción de energía eléctrica, y operan a menores presiones y temperaturas. Están constituidos por un núcleo formado por elementos combustibles con uranio enriquecido (<sup>235</sup>U) hasta el 20 %. El único reactor de la región que todavía emplea uranio enriquecido al 90 %, se encuentra en avanzado proceso de conversión a

uranio de bajo enriquecimiento (ver Tabla 4). La gama de aplicaciones para los cuales pueden ser utilizados estos reactores, depende del nivel de potencia o flujo neutrónico. En líneas generales se puede categorizar como reactores de baja potencia a los menores de 250 kilovatios (KW) y de alta potencia a los mayores de 2 MW.

En la región de ALyC existen 7 países que poseen reactores nucleares experimentales de distinto tipo y potencia, según se muestra en la Tabla 4 [126, 127]. En la Tabla 5, se aprecia la información de los reactores experimentales en construcción [128].

TABLA 4. REACTORES DE INVESTIGACIÓN INSTALADOS EN LA REGIÓN

País	Reactor	Tipo	Potencia kW	Enriquecimiento. %	Régimen h/mes	Propietario
ARGENTINA	RA-0	Piscina	0,001	19,8	16	Universidad de Córdoba.
	RA-1	Piscina	40	19,8	N/D	Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Buenos Aires.
	RA-3	Piscina	10 000	19,7	266	CNEA, Ezeiza - Buenos Aires.
	RA-4	Piscina	0,001	19,8	16	Universidad de Rosario.
	RA-6	Piscina	500	19,75	180	CNEA, S. Carlos de Bariloche.
	RA-8	Piscina	0,01-0,1	1,8-4,3	0	CNEA, Pilcaniyeu, Río Negro.
BRASIL	ARGONAUTA	Piscina	0,5 - 5	19,9	N/D	Instituto de Energía Nuclear (IEN)- Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN), Rio de Janeiro.
	IEA-R1	Piscina	2 000-5 000	19,9	256	Instituto de Investigación Energética y Nuclear (IPEN)-CNEN, Sao Paulo.
	MB-01	Piscina	0,1	4,3	N/D	IPEN-CNEN, Sao Paulo.
	IPR-R1	Piscina	250	Triga 19,9	N/D	Centro de Desarrollo de la Tecnología Nuclear (CDTN)-CNEN, Belo Horizonte.
CHILE	RECH-1	Piscina	5 000	19,75	96	Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN)-La Reina-Santiago.
	RECH-2	Piscina	10 000-15 000	19,75	0	CCHEN-Lo Aguirre-Santiago.
COLOMBIA	IAN-R1	Piscina	100	Triga 19,9	0	Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), Bogotá.
JAMAICA	SLOWPOKE	Piscina	20	90(en proceso de conversión a bajo enriquecimiento)	N/D	Centro Internacional para las Ciencias Ambientales y Nucleares (ICENS), Kingston.
MÉXICO	TRIGA	Piscina	1 000-2 000	Triga 19,9	60	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), México. DF.
PERÚ	RP 0	Piscina	0,001	19,75	96	Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN-Sede), Lima
	RP 10	Piscina	10 000	19,75	30	IPEN-Huarangal, Lima.

TABLA 5. REACTORES DE INVESTIGACIÓN EN CONSTRUCCIÓN EN LA REGIÓN

País	Reactor	Tipo	Potencia kW	Enriquecimiento. %	Propietario
ARGENTINA	RA-10	Piscina	30 000	19.75	CNEA, Ezeiza - Buenos Aires.
ARGENTINA	CAREM 25	Propulsión por reactor de agua a presión	100 000	3.4	CNEA, Ezeiza - Buenos Aires.
ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA	RNI	Piscina	200	< 20	Agencia Boliviana de Energía Nuclear, Ministerio de Energías.
BRASIL	RMB	Piscina	30 000	19.75	CNEN – Sao Paulo

El objetivo de estos reactores está orientado a la provisión de fuente de neutrones para investigación, experimentación, capacitación de recursos humanos, educación a nivel académico de grado y posgrado y para la producción de radioisótopos.

Durante más de 60 años los reactores experimentales de la región de ALyC han sido centros de producción e innovación para la ciencia y tecnología nucleares. El 17 de enero de 1958 se consiguió la primera reacción nuclear controlada en el núcleo del reactor RA-1 en la Argentina. Científicos de la Comisión Nacional de Energía Atómica fueron responsables de este logro histórico, que fue el primer reactor activado en América Latina y el hemisferio sur [129]. Los reactores han sido soporte de investigaciones multidisciplinarias, que abarcan nuevos desarrollos en la producción de radioisótopos para usos médicos e industriales, investigación con haces de neutrones, medicina humana, desarrollo de materiales, prueba y calificación de componentes, validaciones de códigos computacionales, etc.

Ha habido variados proyectos y actividades de cooperación entre los reactores de distintos países en ámbitos de física de reactores, producción de radioisótopos, cursos de entrenamiento, puesta en marcha de reactores. Estas iniciativas han sido ejecutadas como proyectos regionales y nacionales con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica, así como de forma bilateral. En el ámbito de ARCAL también se han llevado a cabo un par de proyectos.

En el plano bilateral destaca la colaboración entre Argentina y Perú para el diseño y construcción de los reactores RP 0 y RP 10.

En el campo de desarrollo y fabricación de combustible ha existido colaboración entre Argentina, Brasil y Chile.

En cuanto al diseño y construcción de reactores experimentales y de producción, en Argentina se han diseñado y construido varios reactores (RA-3, RA-6 y RA-8), así como también se han exportado reactores a Perú (RP-10, 10 MW, 1988), Argelia, (Unidad de Investigación Nuclear (NUR), 1MW, 1989), Egipto (Reactor Experimental de Investigación para la Capacitación (ETR)-2, 22MW, 1997) y Australia (Open Pool Australian Lightwater (OPAL), 20 MW, 2006).

Los reactores de la región han sido parte de la conversión del combustible a bajo enriquecimiento y algunos de ellos, han sido objeto de aumentos de potencia y/o modernización de su instrumentación y control.

En el marco del OIEA se han realizado variadas reuniones tendientes a promover, estrechar y ampliar la cooperación regional en la utilización, la seguridad y el combustible de reactores, desde 2001 hasta la fecha.

El desarrollo de recursos humanos, que incluye actividades como divulgación, educación, capacitación y entrenamiento, puede realizarse en cualquier reactor de la región.

En el campo de operación, mantenimiento y radio protección de estos reactores, se puede lograr una mutua cooperación regional, para mejorar las prácticas habituales y dar una asistencia mutua en estas tareas.

En lo que concierne a documentación y aseguramiento de la calidad, resulta conveniente una cooperación conjunta, para implementar en los reactores las modificaciones incorporadas en las guías de seguridad, en lo que se refiere a documentación y gestión de calidad.

En el campo de instrumentación y control, la mayoría de la instrumentación de los reactores de investigación es obsoleta y existe una falta de componentes en el mercado. Existe la posibilidad de desarrollar y fabricar las partes utilizando la experiencia adquirida en la región donde Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú, han formado un sólido grupo de instrumentación y control.

Dentro de la región, existe la capacidad asociada a herramientas de cálculo físico neutrónico y a técnicas experimentales, en el marco de la optimización del diseño y el uso de los reactores experimentales, en problemas tales como: manejo de núcleo; diseño y caracterización de dispositivos de irradiación y configuraciones experimentales; blindajes; dosimetría; configuración de haces de irradiación; diseño y caracterización de facilidades de irradiación [Terapia por Captura Neutrónica en Boro (BNCT), Radiografía con neutrones (NR), Análisis por Rayos Gama Instantáneos de Activación Neutrónica (PGNAA)]; asociación crítica de la disposición de los elementos combustibles irradiados; manejo de ciclo de vida de los reactores; herramientas de validación de cálculos.

Los resultados obtenidos en el Proyecto RLA/0/037, Proyecto ARCAL CXIX, indican que uno de los principales usos de los reactores de investigación está relacionado con la producción de radioisótopos [130]. Los radioisótopos producidos en reactores nucleares con mayor volumen de demanda en valores de la región son, en primer lugar, el  $^{99}\text{Mo}$ , seguido del  $^{131}\text{I}$ , iridio-192 ( $^{192}\text{Ir}$ ), lutecio-177 ( $^{177}\text{Lu}$ ), samario-153 ( $^{153}\text{Sm}$ ), itrio-90 ( $^{90}\text{Y}$ ), yodo-125 ( $^{125}\text{I}$ ) y  $^{32}\text{P}$ . La demanda regional de radioisótopos producidos en reactores nucleares rondó los 21,6 millones de USD en el 2012, siendo el  $^{99}\text{Mo}$  de fisión el de mayor importancia relativa con un 77 % del total, seguido por el  $^{131}\text{I}$  con un 13 % y el  $^{192}\text{Ir}$  con un 6 % [124].

La demanda regional presentó un valor de unos 28 millones de USD en el 2017, considerando que el crecimiento para el  $^{99}\text{Mo}$  de fisión destinado a la producción de generadores fue del 7 %, coincidiendo con los datos de evolución estimados entre el 2010 y el 2012. Tanto la demanda de  $^{99}\text{Mo}$  como del resto de los radioisótopos se ha mantenido estable hasta la actualidad, con alguna baja temporal en las exportaciones debida a las restricciones de vuelos internacionales regulares por la pandemia de COVID-19 [124].

La producción regional cubre el 52 % de la demanda de  $^{99}\text{Mo}$  de fisión, el 37 % del  $^{131}\text{I}$  y el 23 % del  $^{192}\text{Ir}$ . Esta producción genera aproximadamente 10,3 millones de USD, o sea, el 48 % de la demanda regional en valores [124].

## 6.2 ANÁLISIS DAFO

### 6.2.1. Fortalezas

- 1) Capacidad en planificación energética a nivel local, subregional y regional en la región para la realización de estudios integrales de desarrollo energético sostenible;
- 2) Planes de expansión con diversificación de las matrices eléctricas, contemplando el cambio climático, las contribuciones nacionales determinadas y los ODS;
- 3) La existencia de una cadena productiva para desarrollo y ejecución de proyectos en el sector eléctrico;
- 4) Los países con instituciones nucleares mantienen el conocimiento de sus equipos de planificación energética y estratégica a lo largo del tiempo;
- 5) Alto nivel de electrificación y proyectos de interconexión en construcción en la región;
- 6) Planes de expansión de la capacidad de generación nucleoeléctrica en la región;
- 7) Experiencia operacional en centrales nucleares que puede ser compartida a nivel regional;
- 8) Experiencia en proyectos de extensión de vida de centrales nucleares que puede ser compartida a nivel regional;
- 9) La existencia de institutos con programas de formación de grado y posgrado en el área nuclear en la región;
- 10) Desarrollo local en centrales nucleares innovadoras de potencia en algunos países de la región;
- 11) Dominio tecnológico en la fabricación del combustible nuclear para reactores de potencia y de investigación;
- 12) Capacidad científica y tecnológica en algunos países de la región, en la operación en reactores de investigación y producción de radioisótopos;
- 13) Capacidad científica y tecnológica en algunos países de la región en el diseño y construcción de reactores de investigación;
- 14) Potencial uranífero, capacidades tecnológicas y profesionales para explotación y producción de uranio.

### 6.2.2. Debilidades

- 1) Equipos de personal capacitado reducidos en algunos países de la región, dedicados a la planificación energética, con alto grado de rotación;
- 2) Amplia extensión territorial y existencia de barreras geográficas que implican mayores costos en los procesos de interconexión;
- 3) Insuficiente conocimiento sobre el potencial de recursos energéticos en algunos países de la región;
- 4) Restricciones económicas locales que impactan en los proyectos energéticos de gran envergadura;
- 5) Débiles estructuras de bases de datos estadísticas, para planificación energética en algunos países de la región;
- 6) Insuficientes carreras a nivel universitario que contemplen la planificación energética;
- 7) Insuficiencia en los niveles educativos básicos e intermedios sobre las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías de generación eléctrica;
- 8) La inexistencia de planes nucleares estructurales a largo plazo en algunos países de la región;
- 9) Insuficientes incentivos para incorporar y mantener a los recursos humanos altamente calificados, que se requieren en el sector nuclear;
- 10) Escasos cursos de formación docente que incluyen los temas sobre los usos, beneficios y riesgos de la generación de energía, incluyendo la nuclear;

- 11) Presupuestos insuficientes para la gestión, mantenimiento y modernización de los reactores de investigación;
- 12) Falta de integración del uso de la tierra, la energía y el agua, vinculados al cambio climático.
- 13) Falta de conocimiento a nivel social, sobre los beneficios de las aplicaciones de las centrales nucleares de energía e investigación;
- 14) Subutilización de los reactores de investigación;
- 15) Inadecuada forma de transmitir las capacidades adquiridas;

### **6.2.3. Amenazas**

- 1) Geopolítica internacional que condiciona el alcance de la financiación de proyectos nucleares;
- 2) Crecimiento de los movimientos internacionales y nacionales incluso de organizaciones no gubernamentales a favor de la preservación del ambiente, que no consideran la contribución de la energía nuclear;
- 3) Opinión pública desfavorable, por una percepción negativa sobre los riesgos relacionados con el uso de la energía nuclear;
- 4) Rechazo social al transporte de material radiactivo y a la disposición final de los desechos radiactivos;
- 5) Competencia internacional con otras empresas proveedoras en la comercialización de radioisótopos (RI) y radiofármacos (RF);
- 6) Insuficientes recursos presupuestarios nacionales asignados para el desarrollo nuclear;
- 7) Discrepancia entre las políticas públicas para utilización de los recursos energéticos y no energéticos;
- 8) Reestructuraciones gubernamentales, que afectan la continuidad de los equipos formados en planificación energética en algunos países de la región;
- 9) Discontinuidad en los acuerdos de cooperación técnica bilateral o multilateral entre países de la región;
- 10) El fortalecimiento de las capacidades adquiridas no es comprendido o tenido en cuenta por los tomadores de decisión;

### **6.2.4. Oportunidades**

- 1) La existencia de los ODSs y adopción a escala global de sus conceptos;
- 2) Vinculación estratégica entre la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) y del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), para facilitar la sinergia entre las energías renovables y la nuclear generando sistemas híbridos (ERI y de base nuclear);
- 3) La existencia del Concepto CLEW que posibilita la búsqueda de alianzas del sector nuclear con el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (ONU DESA) y otras organizaciones internacionales (IRENA, Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESPAP), Comisión Económica para África (CEPA)) en la integración del uso de la tierra, la energía y el agua, vinculados al cambio climático;
- 4) La reactivación de programas nucleares en Argentina y Brasil abre la posibilidad de desarrollo de la industria nuclear en la región;
- 5) La existencia de políticas nacionales para la diversificación de la matriz energética y la necesidad para fortalecer la seguridad en el suministro de energía eléctrica;
- 6) Ampliar la vida útil de las centrales nucleares;
- 7) Incremento de los costos globales del sistema por la masiva penetración de energías renovables intermitentes;

- 8) La existencia de una organización como del Organismo, que brinda soporte a los países miembros para planificación energética;
- 9) Demanda de radioisótopos, servicios y técnicas avanzadas que puede ser provista por los reactores de investigación de la región;

### 6.3. NECESIDADES Y PROBLEMAS

#### **E1. Incorporación del tema sistemas energéticos en los programas educativos, en los diferentes niveles de educación desde escolar a grado universitario en la región**

Justificación: Escasa incorporación de los temas básicos relacionados con el área energía, su vinculación con el cambio climático, ventajas y desventajas de las tecnologías de generación de energía eléctrica en los programas curriculares en las escuelas de nivel primario y secundario. Además, se observa pocas carreras a nivel de grado universitario que contemplen estos temas. Por otra parte, se debe incluir el tema en la formación de docentes y maestros. Esto contribuiría a difundir los beneficios de la energía nuclear mejorando la percepción social y colaborando en el ODS 4.

Objetivo: Disponer de material adecuado de divulgación para impartir formación e incrementar el conocimiento en temas relacionados a la energía y su relación con el cambio climático.

Indicador: Aumento del número de países que dispongan de docentes formados que contribuyan a la divulgación del material producido.

#### **E2. Consolidación de una red para el intercambio de información y coordinación de estrategias desde los operadores de los reactores de investigación hasta el usuario final de los radioisótopos**

Justificación: En la región se han realizado esfuerzos para el intercambio de experiencias entre diferentes actores, relacionados con la explotación segura de los reactores de investigación y sus usos, tanto para la investigación como para la producción de RI. También se han definido los balances de necesidades y producción de RI y RF. Sin embargo, en la región no se ha alcanzado el necesario y efectivo intercambio de información entre toda la cadena de actores involucrados.

La consolidación de una red que facilite el intercambio de información y coordinación de estrategias desde los operadores de los reactores de investigación hasta el usuario final de los RI, permitirá incrementar la implementación de planes estratégicos de utilización de los reactores. Esto cobra mayor importancia a la luz de la proyección de dos nuevos reactores que deben entrar en explotación en el período de vigencia del PER.

Objetivo: Establecer una red de trabajo que contribuya a incrementar los usos de los reactores de investigación de la región.

Indicador: Aumento del número de países que participan en la red.

#### **E3. Disponer de planes energéticos nacionales, subregionales y/o regionales contemplando los ODS 7 y 13**

Justificación: La alta rotación de los recursos humanos capacitados provoca una discontinuidad en la elaboración y revisión de los planes energéticos. Por lo tanto, se necesita apoyo para realizar estudios que contribuyan a la toma de decisiones para lograr una planificación energética homogénea de los países de la región. Se podrían llevar a cabo estudios más detallados mediante análisis, lecciones



aprendidas y el uso de modelos integrales de análisis de demanda y suministro de energía que puedan contribuir al desarrollo de escenarios nacionales, subregionales y regionales. Estos escenarios tienen en cuenta los recursos energéticos actuales, precios de combustible, el crecimiento económico, el crecimiento demográfico, la estructura del sistema energético y su evolución, así como la incorporación de la generación de energía distribuida y el impacto ambiental. Debe procurarse determinar el papel que jugará la energía nuclear en el suministro de la energía eléctrica y la reducción de los gases de efecto invernadero.

Objetivo: Mantener la planificación energética homogénea en los países de la región.

Indicador: Aumento del número de países que elaboran planes energéticos integrales a largo plazo, considerando los ODS 7 y ODS 13.

#### **E4. Incorporar en los fórums de discusión de planificación energética en la región el concepto CLEW**

Justificación: En la región de ALyC no existen planes que contemplen un análisis integral de las variables como el uso de la tierra, la energía y el agua, vinculados al cambio climático. Para lograr su integración y desarrollar a corto plazo capacidades en los países de la región, en relación con el cumplimiento de los 5 ODS asociados: ODS 6; ODS 7; ODS 15; ODS 2 y ODS 13, definidos en la Agenda 2030.

Existe una motivación en el Organismo Internacional de Energía Atómica para la integración de estos cuatro factores denominados según sus siglas en inglés Climate, Land, Energy and Water (CLEW), por la diversidad de los temas y la envergadura del proyecto, se requieren grandes esfuerzos, así como el presupuesto y los recursos humanos con diferentes capacidades y conocimientos específicos.

La mayoría de los países de la región no cuentan con equipos multidisciplinarios para la integración de CLEW y en algunos países, el personal especializado es insuficiente o está disperso en diferentes organizaciones locales, lo que lleva a la falta de equipos multidisciplinarios para desarrollar y analizar casos de integración a nivel nacional y regional.

Para ello, deben explorarse algunas herramientas de planificación del Organismo como el Modelo de Opciones Estratégicas de Suministro de Energía y Repercusiones Ambientales Generales (MESSAGE) y el Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía (MAED) y otros modelos y herramientas de diferentes instituciones que podrían utilizarse para el análisis del uso del suelo, la energía limpia y la demanda de agua [131].

Objetivo: Obtener planes nacionales, subregionales o regionales en los países de la región incluyendo la integración de CLEW.

Indicador: Aumento del número de países que elaboran planes energéticos integrales a largo plazo que contemplen el cumplimiento de los 6 ODSs asociados: ODS 6, ODS 7, ODS 15, ODS 2, ODS 13 y ODS 17.

#### **E5. Extensión de vida útil de las centrales nucleares**

Justificación: La mayoría de los reactores de la región están llegando al final de su vida útil acordada actualmente y existe la voluntad política declarada de extenderla. Hay experiencia en la región en estos procesos, pero no está difundida, por lo que sería importante compartirla entre los equipos de

los países que lo requieran. En el periodo que se analiza, el intercambio de experiencias entre el personal encargado de la extensión de la vida útil de los reactores y el apoyo desde la experiencia acumulada en el Organismo sobre estos procesos es un factor clave en este objetivo.

Objetivo: Consolidar la experiencia regional en los procesos de extensión de vida útil de las centrales nucleares.

Indicador: Aumento del número de países de la región que intercambiaron experiencias en procesos de extensión de vida útil de centrales nucleares.

#### 6.4. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS

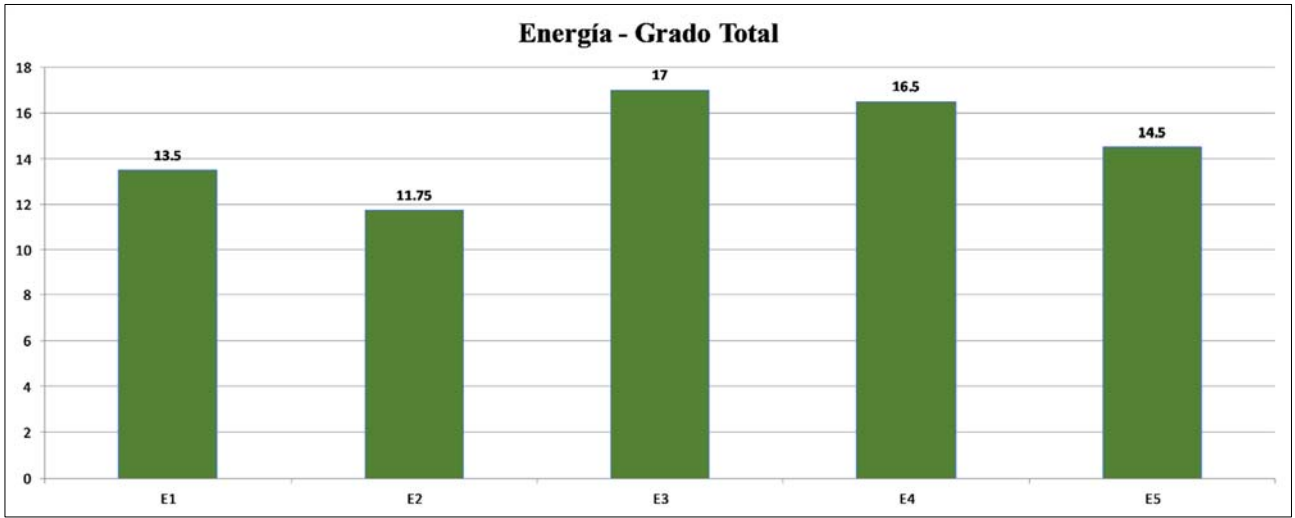
La siguiente Tabla 6 refleja los grados finales de priorización, determinados por las variables señaladas, de numerosos temas del sector energético, seguidos de una comparación visual de estos grados mostrada en la Fig. 4.

TABLA 6. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR ENERGÍA

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado Total	Dificultad	R/D	Grado Final
1	E3 Disponer de planes energéticos nacionales, subregionales y/o regionales contemplando los ODS 7 y 13.	4,0 Es necesario mantener el soporte continuo para poder contar con estudios que contribuyan a la toma de decisiones en políticas energéticas, para lograr una planificación homogénea de los países de la región contemplando los ODSs.	4,0 Se debe trabajar en forma continua en todo el periodo para garantizar la atención a los ODSs.	5,0 Necesidad de actuar en todos los países de latinoamericana y el caribe de habla hispana.	4,0 Esta necesidad es para actuar efectivamente para la atención al modelo mundial de los ODSs.	17,0	2,0 Implementación dependiente de las políticas energéticas nacionales de los países.	2,0	34,0
2	E4 Incorporar en los foros de discusión de planificación energética en la región el concepto CLEW	4,0 Es importante la integración de estos 4 temas debido a competencia de los recursos naturales con fines energéticos y no energéticos.	4,0 La atención de este tema llevara a un uso racional de los recursos naturales.	5,0 Necesidad de actuar en todos los países de latinoamericana y el caribe de habla hispana.	3,5 Esta necesidad es para actuar efectivamente para la atención de la integración de estos 4 temas.	16,5	4,5 La Implementación depende de la creación de incorporación del tema en las agendas de planificación energética de los países.	0,78	12,83

TABLA 6. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR ENERGÍA (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado Total	Dificultad	R/D	Grado Final
3	E5 Extensión de vida útil de las centrales nucleares	4,0	4,5	2,0	4,0	14,5	3,5	1,14	16,57
		La mayoría de las centrales nucleares en la región requieren extensión de vida por tener centrales con más de 30 años.	El proceso de licenciamiento de la extensión de la vida útil de las centrales nucleares es largo y requiere la atención de la Autoridad Regulatoria Nuclear nacional.	Necesidad de actuar en los países que disponen de centrales nucleares con más de 30 años en operación.	Contribuye al desarrollo tecnológico de los países, mantiene o preserva la contribución de la energía nuclear para la diversificación de las matrices eléctricas y evita emisiones de gases de efecto invernadero.	Si bien no existen dificultades técnicas se observa que se requieren recursos presupuestarios nacionales de envergadura para el proyecto.			
4	E1 Incorporación del tema sistemas energéticos en los programas educativos, en los diferentes niveles de educación desde escolar a grado universitario en la región.	3,0	2,0	5,0	3,5	13,5	3,5	1,0	13,5
		Necesidad de aclarar a la opinión pública en relación con la energía nuclear.	Se puede trabajar a medio plazo.	Necesidad de actuar en toda la sociedad latinoamericana.	La atención de esta necesidad ayudara a modificar la opinión pública.	No se observan dificultades en la implementación.			
5	E2 Consolidación de una red para el intercambio de información y coordinación de estrategias desde los operadores de los reactores de investigación hasta el usuario final de los radioisótopos.	3,0	2,0	3,0	3,75	11,75	2,0	1,88	22,03
		La creación de una red es un perfeccionamiento en la situación de los R.I. que disminuye la subutilización.	No se identifican cambios que impliquen la necesidad de una acción a corto plazo.	Sería positivo para la región lograr una mejor integración entre los países que disponen de R.I.	Es importante que se explore toda la potencialidad de los R.I. disponibles en la región.	Se requiere un impulso para que las instituciones que posean R.I. cooperen entre ellas.			



*Fig. 4. Necesidades y Problemas en Energía vs Grado Total*



# ***SEGURIDAD RADIOLÓGICA***





## 7. SEGURIDAD RADIOLÓGICA

### 7.1. ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL

La aceptación en la sociedad de los riesgos derivados de la radiación, se condiciona al beneficio neto de sus múltiples aplicaciones. La seguridad radiológica pretende la protección de los trabajadores, el público, los pacientes y el medio ambiente, contra los efectos dañinos de las radiaciones ionizantes y con ello asegurar una adecuada protección de las generaciones presentes y futuras de toda actividad que implique exposición a dichas radiaciones.

El Organismo Internacional de Energía Atómica con apego al artículo III de su Estatuto, está autorizado a elaborar estándares de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo los riesgos de la aplicación de las radiaciones ionizantes, para la vida, la propiedad y a facilitar la aplicación de los mismos [132]. Los estándares del Organismo cubren las áreas de seguridad nuclear, seguridad radiológica, transporte seguro de material radioactivo, gestión de los desechos radioactivos, clausura y rehabilitación ambiental.

Los Principios Fundamentales de Seguridad establecen que los Estados Miembros precisan poseer un sistema nacional para el control efectivo de todas las fuentes de radiación, incluyendo un Órgano Regulador, con responsabilidades y atribuciones claramente establecidas y recursos adecuados, que le permitan cumplir con su mandato para reglamentar, autorizar, controlar y sancionar, así como para dar cumplimiento a compromisos internacionales establecidos en convenios, acuerdos, protocolos o convenciones internacionales [132]. También los Estados necesitan disponer los arreglos necesarios para que, de ser necesario, exista la capacidad de intervención y mitigación en caso de accidentes y emergencias.

En el ámbito de la seguridad radiológica, el PER 2016–2021 tomó como punto de referencia la información proporcionada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), tales como: misiones de expertos, reportes de misiones de evaluación (IRRS, ORPAS, EPREV, EDUTA y otras), información de reuniones y congresos internacionales, informes de los países presentados o reuniones regionales de coordinación, perfiles nacionales respecto de la seguridad de fuentes de radiación y los desechos radiactivos (RASIMS, EPRIMS), Marcos Programáticos Nacionales para el programa de Cooperación Técnica, encuestas y otras fuentes de información.

Sobre la base de las necesidades identificadas en el PER, el Organismo ha venido gestionando proyectos de cooperación técnica que han contribuido significativamente a mejorar la infraestructura regulatoria, la protección radiológica de los trabajadores, paciente y público, la preparación y respuesta a emergencias radiológicas, la educación y la capacitación en seguridad radiológica, la gestión de los residuos radioactivos y la seguridad en el transporte de los materiales radioactivos.

Para la elaboración de este PER se han consultado los siguientes documentos de referencia:

- Informe de la segunda Reunión del Grupo de Seguimiento y Evaluación, 1 a 5 de abril de 2019;
- Informe de la XX Reunión de Coordinación del OCTA, 20 a 24 de mayo de 2019;
- Informe de la XX Reunión del ORA, 19 de septiembre de 2019;
- ARCAL: Perfil Estratégico Regional (PER) para América Latina y el Caribe 2016–2021 [134];
- Guía para Implementación del Perfil Estratégico Regional 2016–2021;
- Convocatoria de Proyectos;

- Marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad. Requisitos de Seguridad Generales, Parte 1 [135];
- Liderazgo y gestión en pro de la Seguridad. Requisitos de Seguridad Generales, Parte 2 [136];
- Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad. Requisitos de Seguridad Generales, Parte 3 [137];
- Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades. Requisitos de Seguridad Generales, Parte 4 [138];
- Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos. Requisitos de Seguridad Generales, Parte 5 [139];
- Clausura de instalaciones. Requisitos de Seguridad Generales, Parte 6 [140];
- Preparación y respuesta para emergencia nuclear o radiológica. Requisitos de Seguridad Generales, Parte 7 [141];
- Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos. Requisitos de Seguridad Específicos N° SSR-6 (Rev.1) [142].

Además, otros documentos de apoyo que se han tenido en cuenta son:

- Antecedentes, Metodología y Proceso de Elaboración del PER para América Latina y el Caribe;
- Objetivos de Desarrollo Sostenibles de las Naciones Unidas.

Para realizar un diagnóstico de la región se utilizó, primordialmente, la información existente en la base de datos del Organismo Internacional de Energía Atómica - “Radiation Safety Information Management System” (RASIMS), así como el asesoramiento técnico brindado por los TOs del Organismo encargados de las diferentes áreas.

De este análisis, se concluyó que en la región de ALyC se han realizado avances sustanciales en lo referente al establecimiento de los programas e infraestructuras regulatorias en los últimos 25 años. Esto ha sido producto del esfuerzo y la cooperación técnica entre el Organismo Internacional de Energía Atómica y sus Estados Miembros. No obstante, se requiere un esfuerzo decisivo por todas las partes para consolidar a nivel de buenas prácticas internacionales de seguridad los logros obtenidos.

Hay que señalar también que las nuevas normas de seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica (Requisitos de Seguridad Generales (GSR) Parte 1 Rev. 1, GSR Parte 2, GSR Parte 3, GSR Parte 4 Rev. 1, GSR Parte 6, GSR Parte 7) en su nueva estructura y contenido, reflejan claramente las responsabilidades de los gobiernos y Órganos Reguladores con el desarrollo y aplicación de los sistemas e infraestructuras regulatorias [135 a 138, 140 y 141]. Por lo que también, el Organismo puede motivar a los Gobiernos de los Estados Miembros, a que pongan en práctica los requisitos de seguridad identificados en los estándares de seguridad del Organismo, para finalmente lograr el establecimiento de infraestructura regulatoria y de seguridad radiológica eficaces y sostenibles.

La evaluación reconoce los logros de los proyectos nacionales, regionales anteriores y en ejecución en todos los aspectos de la creación y/o mejora de la infraestructura de seguridad radiológica.

En relación con la gestión de los recursos humanos, en el personal del regulador, usuarios finales y servicios técnicos, se observa:

- En algunos casos, una falta de incorporación de nuevos profesionales, la cual conlleva a una pérdida de capacidad de los grupos de trabajo del área;
- En otros casos, una rotación excesiva del personal genera carencias en cuanto a la sostenibilidad de la infraestructura de la seguridad radiológica, lo que dificulta la gestión del conocimiento;

- La mayoría de los países no cuenta con los recursos humanos y financieros a fin de cumplir con todas las responsabilidades asignadas por sus correspondientes legislaciones y reglamentaciones aplicables;
- No se observa una gestión del conocimiento adecuada.

La actualización de la evaluación de la situación actual en Seguridad Radiológica en los países de la región de América Latina se ha realizado en los siguientes ámbitos:

- Infraestructura Regulatoria (Área Temática de Seguridad (TSA) 1);
- Protección radiológica en exposición ocupacional en usuarios finales (TSA 2);
- Protección radiológica en exposición ocupacional en servicios técnicos (TSA 2);
- Protección radiológica en exposición en medicina (TSA 3);
- Protección radiológica del público, del ambiente y en la gestión de desechos radiactivos (TSA 4);
- Preparación y respuesta a emergencias (TSA 5);
- Educación y capacitación en seguridad radiológica (TSA 6);
- Seguridad en el Transporte de material radiactivo (TSA 7);
- Seguridad de reactores nucleares.

A continuación, se detalla el análisis para cada uno de estos ámbitos.

### **7.1.1. Infraestructura Regulatoria**

- Se observa que algunos de los gobiernos de la región todavía no tienen un conocimiento suficiente del papel del Organismo Regulador y ello puede perjudicar la sostenibilidad del sistema nacional de seguridad radiológica;
- Existen importantes elementos que necesitan ser atendidos para establecer Órganos Reguladores efectivos, con adecuadas competencias y conocimientos técnicos;
- La legislación y regulaciones existentes no siempre cumplen los Requisitos de Seguridad del OIEA. En algunos países las regulaciones no cubren prácticas y tecnologías introducidas recientemente;
- Se requiere la actualización de las regulaciones de acuerdo con los principios y requisitos normalizados de seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica;
- No existen políticas de seguridad documentadas que aborden el objetivo fundamental de seguridad, los principios fundamentales de seguridad y un compromiso a largo plazo en materia de seguridad, conforme a lo exigido en GSR Parte 1 Rev. 1;
- Faltan guías para implementar los requisitos de exención y dispensa;
- Se mantienen deficiencias en el establecimiento e implementación de los Sistemas Integrados de Gestión conforme a lo previsto en GSR Parte 2;
- No existen requisitos regulatorios específicos para garantizar el establecimiento de un programa para la promoción e implementación de la cultura de seguridad en materia de seguridad radiológica;
- En algunos países el control regulatorio de los reactores de investigación no se atiene a las Guías de seguridad del OIEA;
- El control de la importación y exportación de fuentes de radiación, efectuados entre los distintos países de la región, no cumple con los criterios establecidos en la guía suplementaria del código de conducta de seguridad física y tecnológica de las fuentes;
- No existe estrategia para la información y divulgación a las partes interesadas y al público, sobre los posibles riesgos radiológicos asociados a las instalaciones y actividades y sobre los procesos y decisiones del Órgano Regulador;
- No se tiene la preparación para el licenciamiento creciente de las instalaciones que albergan ciclotrones para la preparación de radiofármacos y nuevas tecnologías inmersas en el país.

### **7.1.2. Protección radiológica en exposición ocupacional en usuarios finales.**

- El proceso de evaluación de seguridad y sus herramientas es limitado, de acuerdo con los requerimientos de la GSR Parte 4 [138];
- La vigilancia de la exposición externa prácticamente está limitada a la medición de dosis en el cuerpo entero [143];
- Los registros nacionales únicos de todas las dosis ocupacionales no están disponibles o no son usados adecuadamente en todos los países de la región;
- Falta de implementación adecuada del programa de protección radiológica en todos los países, de acuerdo con las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica;
- Falta de procesos para que los registradores y titulares de licencias garanticen la optimización de la protección y la seguridad;
- La promoción y el fomento de la Cultura para la Seguridad, se realiza con alcance limitado en todos los niveles de gerencia, organizaciones y trabajadores;
- No se han identificado todas las industrias y actividades de NORM que requieran un programa de protección radiológica ocupacional;
- Limitada implementación de sistemas de gestión, que incluyan los aspectos de protección radiológica para usuarios finales conforme a lo previsto en GSR Parte 2;
- El número de servicios y equipamiento disponibles para la monitorización del puesto de trabajo en las instalaciones y actividades de los usuarios finales (medición de campos de radiación, contaminación de superficies y sistemas de ventilación) es limitado;
- Falta de material para educación a distancia (e-learning) relativo a los programas de evaluación de seguridad, protección radiológica y optimización para los usuarios finales. Estos programas requieren ser dirigidos a los Oficiales de Protección Radiológica;
- Falta de material para educación a distancia (e-learning) relativo a rol, funciones y tareas de la persona técnicamente competente en materia de protección radiológica, relevante para un tipo de práctica determinada, designada por el titular de licencia o el empleador para supervisar la aplicación de los requisitos reglamentarios en la instalación o actividad.

### **7.1.3. Servicios científicos y técnicos de apoyo a la infraestructura de seguridad radiológica**

- Servicios limitados y no sostenibles para la monitorización individual y de puestos de trabajo y la evaluación de la exposición en emergencias;
- Limitada implementación de los sistemas de gestión en los servicios técnicos, basadas en ISO 17025:2017;
- Limitadas redes entre los servicios de soporte técnico (REPROLAM y LBDNET).
- Falta de material para educación a distancia (e-learning) relativo a los métodos de medición de radiaciones y tipos de monitorización;
- Limitadas posibilidades de ejercicios de intercomparación y pruebas de desempeño;
- Falta de designación de centros colaboradores para facilitar la capacitación regional en nuevas metodologías, servicios de dosimetría y calibración;
- Los Laboratorios de Calibración Dosimétrica, no cubren todas las necesidades que se presentan en la región, en cuanto a calibración de haces de gamma, rayos X, neutrones, radiación alfa y beta;
- Los servicios de los Laboratorios de Calibración Dosimétrica en la región son limitados para los niveles de protección radiológica y la necesidad de calibración de equipamiento para monitorización del puesto de trabajo;
- Insuficiente capacidad de calibración para radiología diagnóstica, radioterapia y medicina nuclear, en los laboratorios de calibración;

- Limitada diseminación del código internacional de calibración en protección radiológica (actualmente se utiliza el documento SRS-16, que está en proceso de actualización) [144]. Además de que no hay un código internacional para la calibración de medidores de actividad para la práctica de medicina nuclear.

#### **7.1.4. Protección radiológica en medicina.**

- La región ha trabajado en el desarrollo de una guía de salud específica de justificación de la práctica médica en todas las prácticas, sin embargo, no todas las sociedades médicas y las instituciones de salud aplican adecuadamente este principio;
- Falta de implementación de programas de protección radiológica en algunos casos;
- Falta de procesos y guías de implementación, para la optimización de la protección radiológica del paciente en todas las prácticas, con especial atención a los procedimientos intervencionistas y fluoroscópicos;
- Falta de estrategia de optimización de la protección radiológica ocupacional en medicina de acuerdo con la Guía de Seguridad General N.º 1 GSG-7 [145];
- La promoción y el fomento de la Cultura para la Seguridad, se realiza con alcance limitado en todos los niveles de gerencia, organizaciones y trabajadores;
- Los países de la región están incorporando tecnologías avanzadas en radioterapia, que requieren una adecuación de las medidas de protección radiológica;
- Insuficiente implementación y promoción de los sistemas de reporte y aprendizaje de incidentes.
- Insuficiente implementación a nivel regional y nacional de los niveles de referencia diagnósticos. En la mayoría de las instituciones médicas, no se registra la dosis de los estudios médicos;
- Existe insuficiente capacitación en programas de optimización de la protección radiológica en la mayoría de las prácticas, con énfasis en las nuevas tecnologías (técnicas digitales, tomosíntesis, CBCT odontológico, tomografía computada multicortes, sistemas híbridos SPECT/CT y PET/CT);
- Hay, asimismo, insuficiente capacitación para personal médico y paramédico en programas de protección radiológica para atención a niños y embarazadas en las especialidades con mayor riesgo radiológico, tales como radioterapia y procedimientos intervencionistas.

#### **7.1.5. Protección radiológica del público, del ambiente y en la gestión de desechos radiactivos.**

- Aun cuando se han implementado medidas para aumentar la capacidad de detección y acciones de seguridad oportunas, continúa observándose la aparición de fuentes huérfanas en materiales a ser reciclados, lo que puede originar situaciones de emergencia radiológica;
- La mayoría de los países de la región participaron en actividades del Organismo Internacional de Energía Atómica, para identificar las situaciones de exposición existentes asociadas a las industrias que involucran materiales NORM y para la evaluación de su impacto en el público y el ambiente. Salvo excepciones, no se ha desarrollado un marco regulador efectivo para NORM;
- La mayoría de los países no han formalizado las políticas y estrategias nacionales para la gestión de los desechos radiactivos;
- La mayoría de los países no han formalizado sus políticas y estrategias nacionales de rehabilitación ambiental de conformidad con GSG-15 [146];
- La mayoría de los países no han formalizado sus políticas y estrategias nacionales de clausura de conformidad con GSR Parte 6 [140];

- La mayoría de los países participó en actividades del Organismo sobre exención y dispensa, pero falta incorporar esta temática en las regulaciones y preparar guías de aplicación al respecto;
- Carencia, en algunos casos, de sistemas adecuados para la monitorización de descargas al medioambiente y programas adecuados de monitorización ambiental.

#### **7.1.6. Preparación y respuesta a emergencias**

- Se han identificado como áreas principales de mejora la estrategia de protección, la mitigación de consecuencias no radiológicas y el sistema de gestión. Asimismo, algunos países de la región no han informado formalmente la situación real de la preparación y respuesta a emergencias nucleares y radiológicas;
- Adicionalmente, hay otras áreas de mejora como por ejemplo el análisis sistemático de los accidentes, la diseminación de la información, la respuesta médica, la dosimetría retrospectiva y la capacidad de los primeros respondedores.

#### **7.1.7. Educación y capacitación en seguridad radiológica.**

- Faltan estrategias nacionales de educación y capacitación en seguridad radiológica, del transporte y de los desechos en la mayoría de los países;
- La mayoría de los países dispone de algunos requisitos reguladores sobre educación y capacitación en seguridad radiológica. Sin embargo, no cubren todas las categorías de personal que requiere educación y capacitación en esta área;
- No se dispone de oficiales de protección radiológica ni expertos calificados en todas las instalaciones y actividades;
- La mayoría de los países tiene dificultades para capacitar a los oficiales de protección radiológica, de instalaciones médicas e industriales y a los expertos calificados en protección radiológica.

#### **7.1.8. Seguridad en el transporte de material radiactivo**

- La normativa de transporte, en la mayoría de los casos, no está actualizada a los últimos principios y requisitos del Organismo Internacional de Energía Atómica. En algunos casos, no existe normativa específica para transporte seguro de material radioactivo;
- En general, falta evidencia del cumplimiento de la normativa de transporte;
- El control regulador de las fuentes en los envíos efectuados entre los distintos países de la región es deficiente;
- En todos los países hay varias autoridades involucradas en el control del transporte de material radiactivo además del Regulador Nuclear, en la mayoría se observa falta de capacitación del personal de otras autoridades (ministerio/secretaría de transporte, aduanas, policía, etc.) y la determinación de responsabilidades específicas muchas veces no es clara y presenta vacíos o superposiciones.

#### **7.1.9. Seguridad de reactores nucleares**

- La mayoría de los reactores de la región, están operando desde hace decenas de años y se enfrentan el desafío de una eficaz prolongación de vida o el inicio de su desmantelamiento y clausura;

- El desarrollo de nuevos proyectos de reactores requiere, en algunos casos, la adecuación de una parte de la infraestructura para la seguridad, en conformidad con las normas de seguridad del Organismo;
- El desarrollo de nuevos proyectos de reactores requiere, en algunos casos, potenciar las competencias para la evaluación de seguridad y para la revisión y evaluación del regulador.

Respecto a los nueve objetivos de desarrollo sostenible que están relacionados con las actividades del OIEA (ODS 2, ODS 3, ODS 6, ODS 7, ODS 9, ODS 13, ODS 14, ODS 15 y ODS 17), el sector de seguridad radiológica contribuye directamente al ODS 3 y al ODS 17 que es transversal, aunque realmente su contribución aplicaría a todos los sectores dada la horizontalidad del sector.

## 7.2. ANÁLISIS DAFO

### 7.2.1. Fortalezas

- 1) Presencia de marcos legislativos y regulatorios en casi todos los países. Además, existen sistemas de autorización e inspección establecidos y operacionales en la mayoría de los países;
- 2) Mejoramiento del nivel de calificación y preparación de los Órganos Reguladores;
- 3) Suscripción a las Convenciones Internacionales de Emergencias y las otras Convenciones de Seguridad;
- 4) Adhesión de los países a Código de Conducta sobre seguridad tecnológica y física de las fuentes radiactivas [147] y sus guías complementarias [148, 149];
- 5) La existencia de inventarios nacionales de fuentes radiactivas de Categoría I a III, de desechos y fuentes radiactivos en desuso;
- 6) Mayor conocimiento por parte de los países respecto de sus necesidades de desarrollo en infraestructura de regulación y control;
- 7) La existencia de los servicios técnicos esenciales para la determinación de la exposición ocupacional y los aspectos de medición de radiaciones durante descargas al medioambiente y respuestas a emergencias;
- 8) Identidad cultural e idiomática que permiten intercambiar experiencias, información y soporte de profesionales facilitando la nivelación de los países en las distintas áreas temáticas de seguridad;
- 9) La existencia de una visión común para resolver los problemas de seguridad radiológica;
- 10) Los países cuentan con un diagnóstico de sus principales problemas en materia de seguridad radiológica;
- 11) Incorporación del sector privado en aspectos de la protección radiológica;
- 12) Conciencia de los países de la necesidad de almacenes centralizados autorizados para los desechos radiactivos y para las fuentes radiactivas en desuso;
- 13) La existencia de organizaciones de gestión de emergencias convencionales, capacitadas para colaborar en situaciones de emergencia radiológicas;
- 14) La mayoría de los países de la región tienen definidos en su legislación, las responsabilidades básicas para la planificación, preparación y respuesta a emergencias radiológicas;
- 15) La existencia de profesionales formados, aunque en número limitado, en casi todas las áreas de seguridad y con experiencia que pueden colaborar dentro de un marco bilateral.

### 7.2.2. Debilidades

- 1) Importante tasa de rotación de profesionales capacitados, en particular, de los Órganos Reguladores;

- 2) Algunos Órganos Reguladores cuentan con limitados recursos humanos capacitados e infraestructura para satisfacer sus responsabilidades establecidas en la legislación nacional;
- 3) Muchos países no cuentan con una ley de seguridad nuclear actualizada;
- 4) Falta de coordinación y cooperación oficialmente establecida entre las diferentes autoridades nacionales, cuando existe más de una;
- 5) Falta de independencia efectiva del Órgano Regulador en algunos países, donde los reguladores dependen del mismo organismo que promueve las prácticas que requieren ser reguladas;
- 6) En algunos casos regulaciones faltantes o no actualizadas en materia de seguridad radiológica. En particular, GSR Parte 1 Rev. 1, GSR Parte 2, GSR Parte 3, GSR Parte 4 Rev. 1, GSR Parte 6 y GSR Parte 7 [135 a 138, 140 y 141];
- 7) En muchos países las acciones regulatorias no aplican un enfoque gradual para optimizar sus recursos y así cubrir todas las actividades y prácticas. La mayoría de las regulaciones no establecen claramente la aplicación de los requisitos de evaluación de seguridad;
- 8) Insuficiente cobertura del control regulatorio en radiología diagnóstica y prácticas intervencionistas;
- 9) Escasez de registros de fuentes de radiación actualizados y limitada utilización para organizar adecuadamente el trabajo de los Órganos Reguladores;
- 10) Ausentes o débiles medidas de coerción o limitada aplicación de dichas medidas;
- 11) En un gran número de Órganos Reguladores no se establecen, implementan, evalúan y mejoran continuamente los sistemas de gestión los cuales incluyen: registros, autorización, realización de normas, inspecciones, información, cooperación, entre otros;
- 12) Falta de exigencia de la implementación de los sistemas de gestión en las instalaciones y actividades reguladas, en muchos países;
- 13) Falta de exigencia de la dosimetría interna por parte de las autoridades;
- 14) Falta de armonización en los procesos y criterios para la autorización, aprobación y verificación de competencia de los servicios técnicos;
- 15) Limitada implementación de registros nacionales unificados de dosis ocupacionales (actualmente 16 países cuentan con un registro nacional de dosis);
- 16) Deficiente regulación y aplicación práctica de los conceptos de exención y dispensa;
- 17) La cobertura de la dosimetría personal externa no es suficiente para abarcar a todos los trabajadores y todos los tipos de radiaciones a medir;
- 18) El número de laboratorios que brindan servicios de dosimetría interna es insuficiente, a pesar de contar con los métodos y el personal entrenado para ello;
- 19) El número de servicios y equipamiento disponibles para la monitorización del puesto de trabajo, por ejemplo, de medición de haces de radiaciones, contaminación de superficies y sistemas de ventilación, es limitado;
- 20) Los servicios de los laboratorios de calibración dosimétrica en la región son limitados en el alcance de los niveles de protección radiológica y en la necesidad de calibración de equipamiento para monitorización del puesto de trabajo;
- 21) Los sistemas de gestión en los servicios técnicos de apoyo no están totalmente implementados.
- 22) Escasa implementación y control de los programas de evaluación de seguridad, protección radiológica y la optimización de la misma en las instalaciones y actividades;
- 23) Falta de una gestión del conocimiento que permita mantener una memoria corporativa sobre los temas de seguridad radiológica;
- 24) Envejecimiento de los recursos humanos especialistas en seguridad radiológica y falta de renovación de los mismos;
- 25) Los conocimientos adquiridos en cursos específicos impartidos por organizaciones internacionales, en algunos casos, no se difunden internamente ni se utilizan para capacitación a nivel nacional;



- 26) Insuficiente concientización para los temas de la protección radiológica entre los profesionales que trabajan con radiaciones ionizantes y falta de información al público en general;
- 27) La inexistencia o poca difusión de programas formales para el desarrollo y fomento de la cultura de la seguridad por parte de usuarios, servicios de apoyo y reguladores;
- 28) Dependencia de los países del apoyo, recursos y programas de organizaciones internacionales, especialmente del Organismo Internacional de Energía Atómica, para formación y adquisición de equipamiento;
- 29) Limitado uso de las herramientas desarrolladas por el Organismo Internacional de Energía Atómica, como RASIMS y EPRIMS, para la evaluación de la efectividad de los programas regulatorios y sistemas de monitorización.
- 30) Escasa claridad a nivel gubernamental respecto del significado, necesidad y alcance de las políticas y estrategias nacionales para la gestión de los desechos radiactivos;
- 31) Escasa claridad a nivel gubernamental respecto del significado, necesidad y alcance de las políticas y estrategias nacionales en materia de clausura;
- 32) Escasa claridad a nivel gubernamental respecto del significado, necesidad y alcance de las políticas y estrategias nacionales de rehabilitación ambiental;
- 33) Insuficiente información y consulta a las partes interesadas y al público sobre los posibles riesgos radiológicos asociados a las instalaciones y actividades y sobre los procesos y decisiones del Órgano Regulador;
- 34) Insuficiente cobertura del control regulatorio en el transporte de material radiactivo, cuando el material radiactivo es más vulnerable, porque se encuentra en el dominio público y el incumplimiento de los requisitos afectaría tanto a trabajadores como a público;
- 35) Insuficiente cobertura del control regulatorio de las industrias de NORM e identificación de las situaciones de exposición existentes en los países;
- 36) Insuficientes medios para la detección oportuna y el control sobre los materiales a ser reciclados (fuentes huérfanas en chatarra);
- 37) Limitado uso de los sistemas de reporte de incidentes;
- 38) Escasos sistemas de notificación con coordinación protocolizada a todas las organizaciones que deben estar involucradas en la respuesta a la emergencia;
- 39) Carencia de evaluación de amenazas en la mayoría de los países para la planificación a respuesta a emergencias radiológicas y nucleares;
- 40) No existe, en la mayoría de los países, una estrategia nacional de educación y capacitación en seguridad radiológica aprobada e implementada que cubra las diferentes categorías de personal y prácticas;
- 41) Falta de coordinación entre los Órganos Reguladores, en los envíos internacionales de material radiactivo.

### **7.2.3. Amenazas**

- 1) Débil concientización y compromiso de los gobiernos para apoyar, fortalecer e implementar un marco gubernamental jurídico de seguridad efectivo y regulatorio;
- 2) Poca atención por parte de los gobiernos para fortalecimiento de los Órganos Reguladores en materia de control en algunas de las áreas en la práctica médica, especialmente con rayos X de diagnóstico médico y equipos emisores de radiación;
- 3) Cambios de las autoridades nacionales (cambios de gobiernos) las cuales, al no disponer de la adecuada información y formación, comprometen la infraestructura instalada y la continuidad del personal capacitado, proyectos y programas regulatorios nacionales;
- 4) Dificultades económicas en los países para priorizar la seguridad radiológica, en función de otros riesgos y planes de desarrollo de los gobiernos;

- 5) Reducción o término del financiamiento externo para el desarrollo de las actividades de protección radiológica, tales como respuesta a emergencias radiológicas y nucleares;
- 6) Limitada posibilidad de comunicación en idioma inglés, lo que disminuye las oportunidades de intercambio y asistencia a nivel global y refuerza la necesidad de formación de expertos a nivel regional en todas las áreas de seguridad radiológica;
- 7) Los recursos asistenciales en la región para la atención médica en casos de lesionados en situaciones de emergencias no están adecuadamente identificados;
- 8) No existe un análisis sistemático de los accidentes ocurridos en la región, ni todos son informados oficialmente;
- 9) La región no cuenta con suficientes expertos para el asesoramiento en la respuesta médica en caso de emergencias nucleares y radiológicas, tampoco para el asesoramiento en transporte seguro de materiales radiactivos;
- 10) Insuficiente control sobre las condiciones en que se transporta el material radiactivo, lo que puede incrementar el riesgo de robo de fuentes o limitar la capacidad de respuesta, en caso de una emergencia radiológica en la vía pública por falta de señalización adecuada.

#### 7.2.4. Oportunidades

- 1) Acceso a la experiencia, documentos normativos, procedimientos y a los productos del trabajo desarrollados a través del Foro Iberoamericano de Órganos Reguladores Radiológicos y Nucleares;
- 2) La existencia en la región, de los servicios técnicos esenciales en apoyo a la infraestructura de seguridad radiológica;
- 3) Disponibilidad de herramientas (software) que sirven de base en materia de preparación del personal y otras actividades en el área de seguridad radiológica;
- 4) Oferta de cooperación internacional [(OIEA, OPS, Organización Internacional del Trabajo (OIT)] y bilateral, especializada en temas de protección radiológica y dedicada a apoyar el desarrollo de las infraestructuras de seguridad radiológica en los países;
- 5) Capacidad desarrollada en algunos países de la región para capacitar a entrenadores y producir efectos multiplicativos;
- 6) La existencia en la región de un grupo de expertos y acceso a servicios (LBDNET) para la atención a emergencias radiológicas;
- 7) La existencia de dos centros regionales de capacitación, para cursos de postgrado en protección radiológica reconocidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica;
- 8) Disponibilidad de paquetes de capacitación desarrollados por el Organismo Internacional de Energía Atómica, por ejemplo, cursos en línea, los cuales permiten una homogenización de la información impartida en la capacitación;
- 9) La existencia de Convenciones Internacionales de Seguridad y Respuesta a Emergencias [150 a 152] y Códigos de Conducta [147, 153];
- 10) Capacidad del sector privado para colaborar, apoyar, fomentar y financiar nuevas iniciativas y el fortalecimiento de las existentes;
- 11) Interés en algunos países de la región por la generación nucleoelectrónica.

#### 7.3. NECESIDADES Y PROBLEMAS

##### **R1. Limitaciones de algunos reguladores en el control de instalaciones y actividades (rayos X de uso médico, nuevas tecnologías, etc.) y de algunos gobiernos para establecer y mantener un apropiado marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad**

Justificación: Todos los Estados Miembros de la región disponen de un Órgano Regulador legalmente establecido. No obstante, no en todos los casos, se garantiza un sistema nacional regulatorio sostenible

de protección radiológica, que dote a este Órgano Regulador de recursos suficientes para efectuar sus responsabilidades de regulación, autorización, inspección y coerción. Adicionalmente, el nivel de compromiso de los gobiernos para apoyar, fortalecer e implementar los programas regulatorios de seguridad radiológica es mejorable. La mayoría de los países cuentan con escasos recursos humanos y financieros para dar cumplimiento a todas las responsabilidades asignadas por el marco legal.

Objetivo: Lograr a nivel nacional la priorización y sostenibilidad de un marco gubernamental, legal y regulatorio eficaz para la seguridad radiológica y el transporte seguro de material radiactivo.

Indicador: Aumento del número de países que demuestran en forma documentada que han incrementado el estado de implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS 2, relacionados con un marco legal, presupuesto y recursos humanos que les permita garantizar la estabilidad y sostenibilidad del programa regulatorio para la seguridad radiológica y el transporte seguro de material radiactivo.

## **R2. Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de seguridad para el control de la exposición ocupacional, con énfasis en dosimetría de extremidades y cristalino, dosimetría interna, monitorización de puestos de trabajo, sistemas de calidad de los laboratorios y registros nacionales de dosis**

Justificación: Aunque el número de servicios técnicos para dosimetría externa se han incrementado en la región, todavía se identifica una falta de cobertura, sobre todo en las áreas de dosimetría de neutrones y beta. La falta de servicios de dosimetría interna en la mayoría de los países no permite evaluar la exposición de los trabajadores que trabajan en las áreas de medicina nuclear y producción de radionúclidos. Asimismo, los servicios y equipamiento disponibles para el monitoreo de haces de radiación y contaminación de superficies en los puestos de trabajo, es aún limitado. Los sistemas de calidad en estos servicios no han sido implementados en todos los países de la región, así como tampoco el reconocimiento de sus competencias técnicas por el organismo regulatorio respectivo. Necesidad de participación en ejercicios de comparación entre laboratorios, lo que hace necesario fortalecer la Red de Optimización de Protección Radiológica Ocupacional en Latinoamérica (REPROLAM).

Objetivo: Aumentar la cobertura del control de las dosis que reciben los trabajadores ocupacionalmente expuestos por los servicios técnicos con implementados y reconocidos sistemas de calidad existentes en los países (monitoreo individual interno, externo y de puestos de trabajo). Establecer y mantener actualizados registros nacionales de dosis ocupacionales en los países de la región.

Indicador: Aumento del número de países que demuestran en forma que han aumentado la implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS 2, relacionadas con monitorización ocupacional, considerando los reportes de misiones ORPAS.

## **R3. Limitaciones en las capacidades de calibración en protección radiológica, radiodiagnóstico y radioterapia, por parte de los Laboratorios de Calibración Dosimétrica de la región**

Justificación: Los servicios de calibración y verificación de equipamiento de los Laboratorios de Calibración Dosimétrica en la región, no son suficientes para cubrir las necesidades de los usuarios finales, para niveles de protección radiológica (extremidades, cristalino, contaminación superficial), en radiodiagnóstico, medicina nuclear (medición de la actividad) y radioterapia. Esto se debe fundamentalmente a la falta de infraestructura y equipamiento, obsolescencia del equipo y a la falta de personal técnico entrenado. Asimismo, se identifican problemas frecuentes en las aduanas respecto del traslado de los equipos entre países.

Objetivo: Identificar las propuestas de solución, e iniciar su implementación a corto y mediano plazo, con el fin de garantizar la actualización y cobertura de los servicios de calibración dosimétrica que se requieren en la región para la calibración de los equipos o dosímetros.

Indicador: Aumento del número de países que demuestran en forma que han aumentado la implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS 2, relacionadas con calibración, considerando los reportes de misiones ORPAS.

**R4. Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de seguridad y de las 10 acciones de la “Convocatoria de Bonn” [154] para el control de la exposición médica, con énfasis en tecnologías avanzadas en radioterapia, procedimientos intervencionistas y fluoroscópicos, radiología digital, tomosíntesis, Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) odontológico, tomografía computarizada multicortes y SPECT/CT y PET/CT**

Justificación: La universalidad y magnitud de la población expuesta en las prácticas médicas y la implementación parcial en algunos casos de los requisitos [135] y recomendaciones [154] de protección radiológica internacionales, hacen que estas prácticas requieran aun de trabajo de todas las partes involucradas, a fin de evitar exposiciones innecesarias a los pacientes y en ocasiones también a los trabajadores y al público. Si bien se identifica una mejora de conciencia del riesgo radiológico y de cultura de seguridad, aun se debe continuar trabajando en todos los niveles. En la mayoría de los países se están incorporando nuevas prácticas y tecnologías avanzadas que requieren particular atención.

Objetivo: Elevar el grado de implementación de los requisitos [135] y recomendaciones [154] de protección radiológica haciendo hincapié en las prácticas médicas de alto riesgo, con énfasis en las necesidades específicas identificadas.

Indicador: Aumento del número de países que demuestran en forma documentada que han incrementado el estado de implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS 2, relacionados con las prácticas médicas.

**R5. Insuficiente implementación de los requisitos [135] y recomendaciones [155] internacionales de seguridad para la protección radiológica del público, del ambiente y en la gestión de desechos radiactivos. En particular, la labor debe centrarse en las políticas y estrategias nacionales, la gestión de fuentes radiactivas en desuso y la identificación y solución de situaciones radiológicas debidas a la presencia de NORM**

Justificación: Falta de aprobación formal en la mayoría de los países de las políticas y estrategias nacionales para la gestión segura de desechos radiactivos, que incluyan la identificación de responsabilidades para el programa de gestión de desechos, las capacidades para acondicionamiento, almacenamiento y disposición de desechos radiactivos y fuentes en desuso. Falta de incorporación en las regulaciones nacionales del uso de los conceptos de exclusión y exención y las herramientas de dispensa de desechos radiactivos. Falta en la mayoría de los países de mecanismos para detección temprana y gestión segura de fuentes huérfanas en la industria de reciclado de metales (chatarra). En la mayoría de los países de la región no se han incorporado a las regulaciones nacionales, la obligación de identificar situaciones de exposición existentes debido a NORM y evaluar su impacto radiológico, para aplicar medidas de control regulatorio. En la mayoría de los países, si bien se ha progresado en la creación de almacenes centralizados de desechos radiactivos, no se ha encarado la disposición final de fuentes en desuso que no pueden retornar a los países de origen.

Objetivo: Aplicación por los gobiernos de sus políticas y estrategias nacionales para garantizar la gestión segura y sostenible de los desechos radiactivos. Establecer las regulaciones para incrementar la seguridad en la gestión de los desechos radiactivos, la rehabilitación de zonas contaminadas y las fuentes en desuso. Aumentar la capacidad de detección y gestión de fuentes huérfanas, la identificación y solución de escenarios de exposiciones debido a NORM y el plan para desarrollar capacidades nacionales para disposición final de fuentes en desuso que no puedan retornar a sus países de origen.

Indicador: Aumento del número de países de la región que aprueben las políticas y estrategias nacionales para la gestión segura y sostenible de los desechos radiactivos, con almacenes centralizados licenciados para desechos radioactivos, que incorporan en las regulaciones herramientas de dispensa, que inician programas para considerar la disposición final de fuentes radiactivas en desuso y que completan la identificación y plan de acción para la solución de escenarios de exposición debido a NORM.

#### **R6. Limitadas capacidades de planificación, notificación y respuesta a emergencias radiológica de los países, incluido el análisis sistemático de los accidentes y la diseminación de la información**

Justificación: Los Estados Miembros a través del Sistema de Gestión de Información sobre Preparación y Respuesta Ante Emergencias (EPRIMS), han identificado limitadas capacidades de planificación, notificación y respuesta a emergencias radiológicas en la región, en algunas de las áreas definidas en EPRIMS, especialmente los módulos 5, 16 y 26.

Objetivo: Lograr un nivel adecuado de preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica, mediante la aplicación de los requisitos generales, funcionales y sobre elementos de infraestructura identificados en la norma de seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica GSR Parte 7. Dichos requisitos deben ser implementados por la administración nacional correspondiente promulgando leyes, estableciendo reglamentos y adoptando otras disposiciones, en particular atribuyendo responsabilidades a todas las entidades relevantes (por ejemplo, la entidad explotadora, funcionarios locales o nacionales, organizaciones de respuesta u órganos reguladores) y comprobando su efectivo cumplimiento.

Indicador: Aumento del número de países que demuestran en forma documentada que han incrementado el estado de implementación de los indicadores de desempeño de EPRIMS, relacionados con los módulos 5 (estrategia de protección), 16 (mitigación de las consecuencias no radiológicas de una emergencia) y 26 (programa de gestión de calidad) y que hayan actualizado su autoevaluación a través de EPRIMS.

#### **R7. Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de educación y capacitación en seguridad radiológica, del transporte y de los desechos para todo el personal involucrado, con énfasis en estrategias nacionales.**

Justificación: En la mayoría de los países se identifica la ausencia de estrategias nacionales sostenibles de Educación y Capacitación (E&C). Solo se puede garantizar la seguridad radiológica si se dispone de la cantidad suficiente de personal con competencia en el área.

La mayoría de los países dispone de algunos requisitos reguladores sobre E&C. Sin embargo, no cubren todas las categorías de personal que requieren competencia en esta área. La falta de requisitos completos implica que muy probablemente, el personal con responsabilidades en seguridad radiológica y el personal ocupacionalmente expuesto no disponen de la competencia necesaria, lo que pone en peligro la seguridad de las instalaciones y sus actividades.

La mayoría de los países disponen de Oficiales de Protección Radiológica (OPR) en las instalaciones médicas de mayor riesgo radiológico. La figura del Experto Calificado (EC), de acuerdo con las normas de seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica, no está completamente desarrollada. En las instalaciones médicas de mayor riesgo de algunos países, parte de las funciones del EC son desempeñadas por el OPR, en otros casos algunas de las funciones del EC son realizadas por proveedores de servicio. La mayoría de las instalaciones o actividades industriales y médicas de menor riesgo radiológico de los países, no disponen de OPR ni EC.

Puesto que el número de EC y OPR necesarios en los países es muy elevado (del orden de uno por instalación en el caso del OPR), la disponibilidad de capacitación en línea (e-learning) debe considerarse una herramienta adecuada.

Objetivo: Elaborar e implementar las estrategias nacionales de E&C; completar y asegurar que se implementan los requisitos de E&C para todo el personal con responsabilidades en seguridad radiológica y el personal ocupacionalmente expuesto.

Indicador: Aumento del número de países que demuestran en forma documentada que han incrementado el estado de implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS 2, relacionados con los requisitos reguladores de E&C para todas las categorías de personal, con la verificación del cumplimiento de estos requisitos por parte del Órgano Regulador, con la implementación de los requisitos y con el diseño e implementación de la estrategia nacional de E&C.

#### **R8. Insuficiente control regulatorio del material radiactivo cuando se encuentra en el dominio público, esto es durante el transporte**

Justificación: En la mayoría de los países se observa falencia en cuanto a actualización de la normativa para transporte de material radiactivo; algunos países todavía siguen la edición de 1985 del reglamento de transporte del OIEA, que utiliza una definición de materiales radiactivos para la aplicación del reglamento de transporte, que es distinta de la actual y que afectaría la decisión de aplicar el control regulatorio al transporte para una cantidad de radionucleidos. Algunos países de la región, ni siquiera tienen una normativa que permita el control regulatorio del transporte de material radiactivo.

En la mayoría de los países no se realizan inspecciones que incluyan las operaciones de transporte; por lo tanto, los Organismos Reguladores no están en condiciones de garantizar que el transporte de material radiactivo se realice en forma segura.

En todos los países se solapan actividades de regulación de transporte de carga en general, transporte de mercancías peligrosas y transporte de materiales radiactivos; esta superposición de responsabilidades requiere de una buena comunicación entre las distintas autoridades, que no se comprueba en la región, para el eficaz control regulatorio durante el transporte. La ausencia de esa comunicación puede llevar a requerir condiciones distintas para el mismo envío por parte de autoridades distintas o, en el otro extremo, puede conllevar ausencia de requisitos para algún envío. Se observa una carencia en la capacitación y entrenamiento del personal de las autoridades involucradas en la regulación del transporte, que son diferentes del Regulador Nuclear.

Se observa poca comunicación entre reguladores de distintos países, dificultando de este modo el control de fuentes durante envíos de material radiactivo entre países de la región. Este hecho favorece la pérdida de fuentes, nacionalización de fuentes en más de un país simultáneamente y robo de fuentes durante el transporte.

Objetivo: Actualizar las regulaciones de transporte de material radiactivo en los países de la región, incluir inspecciones al transporte de material radiactivo, establecer un sistema de comunicación entre autoridades involucradas en el control del transporte de material radiactivo en un mismo país, evaluar e implementar la capacitación necesaria al personal de las distintas autoridades y establecer un sistema de comunicación entre reguladores para poder efectuar el seguimiento de los envíos internacionales de material radiactivo.

Indicador: Aumento del número de países que han actualizado/implementado su normativa de transporte de material radiactivo. Aumento del número de países que demuestren en forma documentada que han incrementado el número de inspecciones a actividades de transporte de material radiactivo. Aumento del número de países que han efectivizado acuerdos de entendimiento entre distintas autoridades. Aumento del número de países que han realizado actividades de capacitación y entrenamiento a personal de otras autoridades involucradas en el control del transporte de material radiactivo, incluyendo también aduanas, fuerzas civiles, respondedores en casos de emergencia. Aumento del número de países que demuestran en forma documentada que han implementado sistemas de comunicación para seguimiento de envíos internacionales de material radiactivo.

#### **R9. Insuficiente implementación de los requisitos internacionales de liderazgo y gestión para la seguridad en usuarios finales, servicios de apoyo científico-técnicos y reguladores**

Justificación: El sistema de gestión es uno de los elementos principales de todo marco regulatorio. En los países de América Latina es escasa la aplicación de programas y estrategias de las autoridades regulatorias en materia de sistemas de gestión, así como en los ámbitos de los servicios técnicos y los usuarios finales.

El sistema de gestión incorpora todos los elementos de una organización en un único sistema coherente para que puedan cumplirse todos los objetivos de la organización. Estos elementos constan de la estructura, los recursos y los procesos institucionales, el personal, el equipo y la cultura institucional y las políticas y los procesos documentados.

Objetivo: Obtener un mayor desarrollo de la implementación de todos los ámbitos de los sistemas de gestión, en las organizaciones nacionales de la infraestructura para la seguridad.

Indicador: Número de países con un sistema regulatorio de gestión establecido, aplicado y en funcionamiento.

#### **R10. Limitada capacidad para la evaluación de seguridad de instalaciones y actividades, con énfasis en reactores, ciclotrones, radiofarmacia y en situaciones de exposiciones existentes**

Justificación: El proceso de evaluación de seguridad y la disponibilidad de herramientas informáticas para su realización es limitado, de acuerdo con los requerimientos de la GSR Parte 4. En la mayoría de los países no se disponen de las herramientas necesarias para realizar esta evaluación, por parte de los usuarios finales ni por los Organismos Reguladores, por lo que no se tiene información sobre los niveles de exposición en las diferentes aplicaciones de las radiaciones durante exposición planificadas y posibles exposiciones potenciales. Esto conlleva a que los programas de protección radiológica están incompletos y no se promueve las acciones de optimización de la protección. La Guía de Seguridad General GSG-7 [145] contiene un requerimiento de evaluación radiológica a priori, que no está implementado. Se hace necesario fortalecer la REPROLAM en los temas de evaluación de seguridad y optimización.

Objetivo: Realizar y mantener actualizadas las evaluaciones de seguridad y los programas de protección radiológica para todas las instalaciones y actividades en los países de la región.

Indicador: Aumento del número de países que demuestran en forma que han aumentado la implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS 2, relacionadas con las evaluaciones de seguridad, considerando los reportes de misiones ORPAS.

#### 7.4. PRIORIZACIÓN DE LA NECESIDADES Y PROBLEMAS

En la siguiente Tabla 7 se reflejan los grados finales de priorización, determinados por las variables señaladas, de numerosos temas del sector de la seguridad radiológica, seguidos de una comparación visual de estos grados que se muestra en la Fig. 5.



TABLA 7. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR SEGURIDAD RADIOLÓGICA

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/D	Grado final
1	R8  Insuficiente control regulatorio del material radiactivo cuando se encuentra en el dominio público, esto es durante el transporte.	4,5  Compromete la seguridad del público.	5,0  Estos requisitos deben ser implementados a la brevedad posible.	5,0  Este problema afecta a la gran mayoría de los países de la región.	5,0  El control regulatorio del material radiactivo durante su transporte es relevante para la protección tanto del público como de los trabajadores. El grupo de potenciales afectados por una mala gestión de la seguridad durante el transporte incluye a todos los habitantes del lugar en que se pueda producir un accidente. Una mala gestión de la seguridad en el transporte, además, impediría la provisión de suministros al usuario final.	19,5	4,0  Vinculada con la voluntad del regulador nuclear en implementar medidas que se aplican en otros campos de seguridad radiológica y mejorar la cooperación con otras autoridades nacionales y la comunicación con pares en la región. La actualización e implementación del marco regulador, estará influenciado por la voluntad política de los gobiernos de establecer el marco legal efectivo, cuya falta implica incumplimiento de GSR Parte 1.	1,25	24,38
2	R4  Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de seguridad y de las 10 acciones de la Convocatoria de Bonn para el control de la exposición médica, con énfasis en tecnologías avanzadas en radioterapia, procedimientos intervencionistas y fluoroscópicos, radiología digital, tomosíntesis, CBCT odontológico, SPECT/CT y PET/CT.	4,0  Afecta severamente la protección del paciente y los trabajadores.	5,0  Es recomendable que estos requisitos sean implementados tan pronto como sea posible.	5,0  Este problema aplica a todos de los países de la región.	5,0  Es crucial para la protección de los pacientes y los trabajadores asociado a la misma.	19,0	4,0  Vinculada al amplio universo y la cantidad de prácticas en cada país y a la necesidad del cumplimiento de los requisitos establecidos por órganos reguladores capacitados.	1,25	23,75

TABLA 7. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR SEGURIDAD RADIOLÓGICA (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/D	Grado final
3	R3	4,5	4,5	5,0	4,5	18,5	4,0	1,13	20,91
	Limitaciones en las capacidades de calibración en protección radiológica, radiodiagnóstico y radioterapia, por parte de los Laboratorios de Calibración Dosimétrica de la región.	Afecta la calidad de la protección radiológica de los trabajadores, los pacientes, el público y el medio ambiente.	Se debe encarar en un plazo relativamente corto por la importancia para la protección radiológica.	Este problema aplica a todos los países de la región.	Es importante para la protección de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y cruciales para la protección de los pacientes y el público asociado a la mismas.		Vinculada a la inversión en laboratorios costosos, equipos y personal capacitado en la región. Se ha demostrado que esta actividad no ha sido sostenible en algunos países en donde se han instalado estos laboratorios.		
4	R2	4,0	4,0	5,0	4,0	17,0	4,0	1,00	17,0
	Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de seguridad para el control de la exposición ocupacional, con énfasis en dosimetría de extremidades y cristalino, dosimetría interna, monitorización de puestos de trabajo, sistemas de calidad de los laboratorios y registros nacionales de dosis.	Limita la monitorización del nivel de seguridad de los trabajadores y de las instalaciones.	Es deseable que estos requisitos sean implementados tan pronto como sea posible.	Este problema aplica a todos los países de la región.	Es crucial para la protección radiológica ocupacional.		Requiere de órganos reguladores que exijan su implementación práctica. Considera técnicas y servicios establecidos que requieren de sistemas de calidad.		

TABLA 7. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR SEGURIDAD RADIOLÓGICA (cont.)

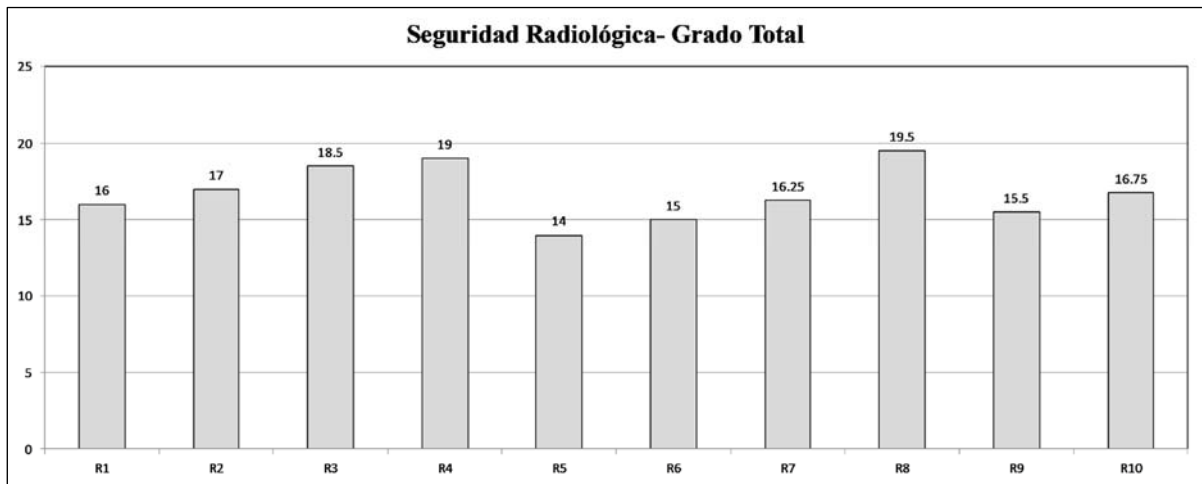
P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado Total	Dificultad	R/D	Grado Final
5	R10 Limitada capacidad para la evaluación de seguridad de instalaciones y actividades, con énfasis en reactores, ciclotrones, radio farmacia y en situaciones de exposiciones existentes.	4,0 Es un elemento de seguridad muy relevante que se ha trabajado poco en la región.	4,0 Es necesario resolver en un mediano plazo, atendiendo los nuevos requerimientos y dada la complejidad del tema.	4,75 Este problema aplica a la mayoría de los países de la región.	4,0 La implementación de capacidades para efectuar las evaluaciones de seguridad es muy relevante para la seguridad de las aplicaciones nucleares.	16,75	3,0 Vinculada con los conocimientos y usos de herramientas de software necesarias para efectuar las evaluaciones de seguridad.	1,33	22,28
6	R7 Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de educación y capacitación en seguridad radiológica, del transporte y de los desechos para todo el personal involucrado, con énfasis en estrategias nacionales.	4,5 Compromete la sostenibilidad de la infraestructura de protección radiológica.	4,0 Encarar la solución a la brevedad para asegurar, en un futuro inmediato, la disponibilidad de personal capacitado.	4,0 Este problema aplica a un grupo importante de los países de la región.	3,75 Considerable, a fines de tener técnicos y profesionales capacitados en funciones y asegurar una continuidad efectiva de seguridad radiológica.	16,25	5,0 Requiere de coordinación para el aprovechamiento de las capacidades y servicios nacionales o regionales instalados y disponibles.	0,75	12,19

TABLA 7: PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR SEGURIDAD RADIOLÓGICA (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado Total	Dificultad	R/D	Grado Final
7	R1  Limitaciones de algunos reguladores en el control de instalaciones y actividades (rayos X de uso médico, nuevas tecnologías, etc.) y de algunos gobiernos para establecer y mantener un apropiado marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad.	4,0	4,0	4,0	4,0	16,0	5,0	0,80	12,80
		Afecta el cumplimiento efectivo de las responsabilidades reguladoras y los requisitos por parte de los usuarios.	Es necesario que el control sea fortalecido en breve plazo.	Este problema afecta a muchos países de la región.	Es relevante la aplicación de un marco regulador en correspondencia con los estándares internacionales para la protección de los trabajadores, el público y el medio ambiente.		Vinculada con la voluntad política de los gobiernos de establecer un marco e infraestructura regulatoria eficaz.		
8	R9  Insuficiente implementación de los requisitos internacionales de liderazgo y gestión para la seguridad en usuarios finales, servicios de apoyo científico-técnicos y reguladores.	4,5	3,0	4,0	4,0	15,5	5,0	0,8	12,40
		Afecta el cumplimiento de los requisitos de protección radiológica en los usuarios finales, servicios técnicos y afecta el control regulatorio.	Es recomendable que estos requisitos sean implementados a mediano plazo.	Este problema aplica a un grupo de los países de la región.	Es necesario para la aplicación de sistema de gestión para usuarios finales, servicios técnicos y reguladores.		Vinculada con la voluntad política y organizacional de usuarios finales, servicios técnicos y reguladores para implementar los requisitos internacionales de liderazgo y gestión para la seguridad.		

TABLA 7: PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR SEGURIDAD RADIOLÓGICA (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado Total	Dificultad	R/D	Grado Final
9	R6	4,0	3,0	4,0	4,0	15,0	4,0	1,00	15,0
	Limitadas capacidades de planificación, notificación y respuesta a emergencias radiológica de los países, incluido el análisis sistemático de los accidentes y la diseminación de la información.	Se requiere todavía mejorar las capacidades instaladas en la mayoría de los países.	Es necesario implementar a mediano plazo el plan de acción para la mejora de las capacidades.	Este problema aplica a un grupo importante de los países de la región.	La coordinación aumentará el nivel de protección del personal afectado y del público.		Vinculada principalmente a la coordinación para el aprovechamiento de las capacidades instaladas y capacitación en algunas áreas.		
10	R5	3,0	3,0	4,0	4,0	14,0	4,5	0,89	12,44
	Insuficiente implementación de los requisitos y recomendaciones internacionales de seguridad para la protección radiológica del público, del ambiente y en la gestión de desechos radiactivos. En particular, la labor debe centrarse en las políticas y estrategias nacionales, la gestión de fuentes radioactivas en desuso y la identificación y solución de situaciones radiológicas debidas a la presencia de NORM.	Afecta la protección del público y el medio ambiente, y los mecanismos reguladores.	Es recomendable que estos requisitos sean implementados tan pronto como sea posible.	Este problema aplica a la mayoría de los países de la región.	La implementación garantizará la seguridad y sostenibilidad de la gestión de los desechos y las fuentes radiactivas en desuso y por ende la protección del público y el medio ambiente.		Vinculada con la voluntad política de los gobiernos de establecer un marco legal efectivo y la infraestructura eficaz.		



*Fig. 5.- Necesidades y Problemas en Seguridad Radiológica vs Grado Total*

***TECNOLOGÍAS  
CON RADIACIÓN***





## 8. TECNOLOGÍAS CON RADIACIÓN

### 8.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN REGIONAL

El uso de las tecnologías con radiación para mejorar la calidad de vida, tiene numerosas aplicaciones en diferentes campos y se puede abordar una amplia gama de problemas de desarrollo en los ámbitos del agua, ambiente, ingeniería costera, medicina, patrimonio cultural, procesos y producción industrial, procesamiento de materiales avanzados, recursos naturales, tecnologías de inspección, entre otros. Los principios y las aplicaciones se resumen brevemente a continuación.

La tecnología de procesamiento con radiaciones (PR) se basa en el uso de radiaciones de alta energía a partir de fuentes gamma (principalmente cobalto-60 ( $^{60}\text{Co}$ ), haces de electrones o rayos X, para inducir cambios biológicos, químicos y físicos en los materiales. Las principales aplicaciones de esta tecnología son la esterilización de productos médicos, la irradiación de alimentos y productos agrícolas, la irradiación de sangre para prevenir la enfermedad donador contra receptor, la descontaminación de suelos, modificación de polímeros industriales (cables, neumáticos, semiconductores, espumas, cintas, tubos, etc.), coloración de piedras preciosas, desinfección y desinfestación de objetos de patrimonio cultural, archivos y libros, consolidación de objetos de valor cultural y preservación del medio ambiente (tratamiento de aguas residuales industriales, gases de combustión y lodos).

Los radiotrazadores con vida media corta como: sodio-22 ( $^{22}\text{Na}$ ), bromo-82 ( $^{82}\text{Br}$ ), lantano-140 ( $^{140}\text{La}$ ),  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$ , etc., se utilizan para diagnosticar procesos industriales como eficiencia, desperfectos, fugas subterráneas, distribución del tiempo de residencia, patrones de flujo, caudales, etc. Esta categoría incluye las aplicaciones de fuentes selladas para el escaneo de componentes industriales, tales como columnas de destilación, utilizando la transmisión gamma y la retrodispersión de neutrones, entre otras. La relación beneficio-costos es mayor a 30 y proporciona una mejor calidad del producto, la productividad, la seguridad y la disponibilidad de los procesos.

En el caso de Sistemas de Control Nucleónicos (SCN), existen diferentes sistemas para el control de calidad de procesos industriales y de productos para obtener ganancias importantes en la industria, por ejemplo, en el control de espesor de láminas de acero o llenado de botellas en la industria alimentaria, contenido en minerales, etc. (Am-Be,  $^{252}\text{Cf}$ ). Estos sistemas utilizan fuentes de radiación tales como el americio-241 ( $^{241}\text{Am}$ ),  $^{137}\text{Cs}$  y generadores de rayos X o neutrones, acoplados con detectores que proporcionan la señal utilizada para controlar el proceso. Existen también las aplicaciones para perfilaje gamma (gamma scanning) para evaluación de columnas de destilación y sistemas de reacción química donde se utilizan conjuntos de fuentes móviles emisoras gamma como  $^{60}\text{Co}$  o  $^{137}\text{Cs}$  y detectores centelladores obteniéndose señales que son interpretadas y que reflejan el estado interno de los componentes de los sistemas estudiados (platos, columnas de rellenos, etc.). Existen aplicaciones de tomografía industrial computadorizada utilizada para estudiar sistemas relacionados a la industria.

Las técnicas analíticas nucleares (TAN) están disponibles para realizar análisis de laboratorio y también pueden configurarse para análisis en línea para control de procesos o incluso para análisis *in situ* de objetos no transportables o valiosos. Las técnicas de análisis más importantes son el análisis por activación neutrónica, fluorescencia y difracción de rayos X, microscopía electrónica, análisis por activación nuclear por gammas inmediatas y emisión de rayos X inducida por partículas.

En la categoría de los Ensayos No Destructivos (END), se incluye técnicas nucleares y no nucleares para el diagnóstico del estado de componentes industriales; la técnica nuclear más extendida es la

radiografía para detectar, por ejemplo, defectos de soldaduras en tuberías y tanques mediante rayos gamma y rayos X [156 a 164]. También es importante la tomografía computarizada, la neutrografía, entre otras. Las técnicas no nucleares incluyen ultrasonido, corrientes inducidas, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.

Los principales desafíos atenderán los ODSs de las Naciones Unidas enfocados a ALyC: ODS 2: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.; ODS 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.; ODS 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.; ODS 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.; ODS 15: Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.; ODS 17: Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible [165].

Como se indicaba en la sección 6, la región de ALyC está compuesta por 45 países en un territorio que abarca 20,4 millones de kilómetros cuadrados [117]. La población ascendía a más de 655 millones de habitantes en 2021, el PIB de la región era de 5,45 billones de USD y el ingreso per cápita anual fue de 8 327 USD. En 2020 la esperanza de vida al nacer era de 73 años [63] La matriculación en escuelas de educación primaria era de cerca del 108 % [119]. Está previsto que la población de la región aumente en el año 2050 a unos 784 millones de habitantes. La Tabla 8 presenta el porcentaje de la población total empleada en la industria en 2019 [167].

TABLA 8. PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN EMPLEADA EN LA INDUSTRIA EN 2019

País	%	País	%	País	%
Argentina	21,8	Ecuador	17,20	Panamá	17,71
Estado Plurinacional de Bolivia	19,4	El Salvador	22,51	Paraguay	18,13
Brasil	19,98	Guatemala	18,72	Perú	15,19
Chile	22,25	Honduras	21,38	Uruguay	18,82
Colombia	20,12	México	25,54	República Bolivariana de Venezuela	15,34
Costa Rica	18,79	Nicaragua	16,23		

La región está compuesta por países con diferentes grados de desarrollo, sin embargo, se considera que todos los países requieren en algún grado la difusión del conocimiento y el desarrollo de estas aplicaciones para mejorar su competitividad.

Los siguientes cuadros presentan la situación en los países de América Latina en relación con el uso de las tecnologías con radiación. La Tabla 9 muestra la situación de los países en relación con el uso de radiotrazadores: en el diagnóstico de procesos y la producción en la industria; radiotrazadores en el ambiente, en campos de petróleo, en el transporte de sedimentos; sistemas de control nucleónico, en control de calidad industrial y en la exploración de recursos minerales y el medio ambiente. En la Tabla 10 se presenta el estado de las técnicas de ensayos no destructivos por país; la Tabla 11 presenta la lista de los irradiadores gamma y aceleradores de haces de electrones en América Latina, incluyendo el tipo de sistema dosimétrico que emplea y el estado de control de calidad y garantía de calidad.

TABLA 9. USO DE LOS RADIOTRAZADORES EN LOS PAÍSES DE LA REGIÓN

País	Trazadores en industrias de procesamiento y de producción	Trazadores en ambiente, petróleo y transporte de sedimentos	SCN en control de calidad industrial	SCN en exploración de recursos mineros y del ambiente
Argentina	X	X		X
Brasil	X	X	X	X
Colombia		X		X
Chile	X	X	X	
Costa Rica	X			
Cuba	X			
República Dominicana	X			
Ecuador	X			X
El Salvador	X			
Guatemala	X			
México	X	X	X	X
Panamá	X			
Paraguay	X			
Perú	X	X		X
Uruguay	X	X		
República Bolivariana de Venezuela	X	X		

TABLA 10. USO DE LAS TÉCNICAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LOS PAÍSES DE LA REGIÓN\*

País	Nivel básico	Nivel avanzado
Argentina		X
Estado Plurinacional de Bolivia	X	
Brasil		X
Colombia	X	
Chile	X	
Costa Rica	X	
Cuba	X	
Ecuador	X	
Guatemala	X	
Haití	X	
México		X
Paraguay	X	
Perú	X	
Uruguay	X	
República Bolivariana de Venezuela	X	

\*Se prevé que para 2021 se contará con 4 países adicionales con nivel avanzado y con sistemas de certificación ISO 9712: Chile, Costa Rica, Ecuador y Perú.

Con el proyecto RLA1014, se tiene como meta establecer 4 centros de referencia en END (estructuras civiles) en Argentina, Chile, México y Perú, contando con equipo y personal calificado.

TABLA 11. IRRADIADORES GAMMA Y ACELERADORES DE HACES DE ELECTRONES EN AMÉRICA LATINA

País	Tipo de instalación	Uso	Dosímetro de rutina	Dosímetro de referencia	Capacidad de calibración	Certificación ISO
Argentina	Planta de Co-60, CNEA. Actividad actual 600 kCi	Servicio, investigación y desarrollo	Polimetilmetacrilato (PMMA)	Fricke, Alanina, Dicromato	Si	No
	02 Plantas de Co-60 privada (Ionics). Actividad actual 1070 kCi	Servicio	PMMA	Dicromato/CN EA	No	No
Brasil	3 Plantas de Co - 60 Privadas (Sterigenics) Actividad media 6000 kCi	Servicio y desarrollo	PMMA	Alanina	Si	Si
	01 Acelerador de electrones de 10 MeV-(Sterigenics)	Servicio	Radiocrómico, Triacetato de celulosa (CTA)	Alanina	Si	Si
	12 Aceleradores de electrones privados energía de 0.3 a 10 MeV	Servicio	Alanina, CTA	Alanina	Si	
	01 Irradiador Multi propósito de Co-60 IPEN. Actividad Actual 400 kCi	Servicio, investigación y desarrollo	Radiocrómico, PMMA Alanina	Fricke, Alanina	Si	No
	2 Aceleradores de electrones, IPEN (1.5 MeV – 37,5 mA y 70mA)	Servicio, investigación y desarrollo	CTA, Radiocrómico	Alanina	Si	No
	02 Gamma Cell actividad: < 10 kCi, IPEN	Servicio y desarrollo	Perxpex	Alanina	Si	No
	01 Acelerador de electrones móvil, IPEN (0.7 MeV – 20 kW)	Servicio, investigación y desarrollo	CTA, Radiocrómico	Alanina	Si	No

TABLA 11. IRRADIADORES GAMMA Y ACELERADORES DE HACES DE ELECTRONES EN AMÉRICA LATINA. (cont.)

País	Tipo de instalación	Uso	Dosímetro de rutina	Dosímetro de referencia	Capacidad de calibración	Certificación ISO
Chile	Planta Co- 60, 360 kCi	Servicio y desarrollo	Red Perspex, Ambar Perspex, Gammachromme	Fricke	No	Si
Costa Rica	Electrón Beam 7,5 MeV (Baxter)	Servicio				
	Electrón Beam 10 MeV (Bean One)	Servicio				
	Gammacell 220 OIRSA	Ensayos fitosanitarios	No	No	No	No
	Gammacell 220 Universidad de Costa Rica	Fuera de uso por trabamiento de celda				
Cuba	Irradiador MP- $\gamma$ - 30. Actual 1.7 kCi	Servicio, investigación y desarrollo	Red Perspex, Ambar Perspex	Fricke, Cérico/ Ceroso	Si	Sistema de calidad, no certificado
República Dominicana	Electrón Beam Sure Bean 10/15 (Fenwall)	Servicio	GEX B3	NPL	Si	ISO 13485 e ISO11137
	Electrón Beam Modelo integrado (Fenwall)	Servicio	GEX B3	NPL	Si	ISO 13485 e ISO11137
Uruguay	Equipo Co -60 Experimental EMI 9, 80 kCi	Puesta en marcha en julio 2009	Red Perspex	No	No	No
	Gammacell 220	Banco tejidos	Ambar Perspex			
	Gammacell UDELAR	En desuso				

TABLA 11. IRRADIADORES GAMMA Y ACELERADORES DE HACES DE ELECTRONES EN AMÉRICA LATINA. (cont.)

País	Tipo de instalación	Uso	Dosímetro de rutina	Dosímetro de referencia	Capacidad de calibración	Certificación ISO
Ecuador	Planta de Co-60 capacidad 150kCi. Actividad actual < 4 kCi	Investigación y servicio	No	No	No	No
	Acelerador 5 - 10 MeV	Investigación y servicio	PVC	Radio crómico; calorímetro	No	No
	Gammacell JL SHEPHERD 109 Actividad inicial de 11 kCi. Actividad actual <0.7 kCi	Investigación	Fricke	No	No	No
El Salvador	Planta JS 7500 1974 accidente 1991 18 kCi	Cerrada	No	No	No	No
Perú	Gammacell 220 Excel 220 IPEN 11.4 kCi	Servicio	Etanol cloro benceno, Fricke	Fricke	No	No
	Planta multiuso Co - 60 PIMU 18.7 kCi	Servicio	Etanol cloro benceno, GEX FILM	Fricke	No	No
	Gamma Beam 127 Nordion. Actual 11 kCi SENASA	Moscas y servicios	Gafchromic, Fricke	Fricke	No	No
	Shepherd & Associates Mod 109-68, 5.2 kCi	Moscas	Gafchromic, Fricke	Fricke	No	No
	Shepherd & Associates Mod. 109-68, 4.4 kCi	Moscas	Gafchromic, Fricke	Fricke	No	No
	Cs-137, 9.6 kCi	Moscas		Fricke	No	No
República Bolivariana de Venezuela	Irradiador IR 216 PEGAMMA Co - 60 diseño 1000 kCi. Actual 85 kCi	Servicio	Red Perspex, Fricke	No	No	No

TABLA 11. IRRADIADORES GAMMA Y ACELERADORES DE HACES DE ELECTRONES EN AMÉRICA LATINA. (cont.)

País	Tipo de instalación	Uso	Dosímetro de rutina	Dosímetro de referencia	Capacidad de calibración	Certificación ISO
México	Planta Co JS 6500. Actual 800 kCi, (ININ)	Servicios	Red Perspex	Alanina / NIST	No	ISO9001: 2008
	Gammacell 125 Ci, (ININ)	Investigación y servicios	Red Perspex	No		ISO9001: 2008
	Transelektro LGI-01 3247, (ININ)	Investigación y servicios	Red Perspex	No		ISO 9001: 2008
	VickRad 3 Ci, (ININ)	Investigación y servicios	Red Perspex	No		ISO 9001: 2008
	UNAM. 100 kCi	Servicios e investigación	Sin información	Sin información	Sin información	Sin información
	Sterigenix 3000 kCi. Actual 1000 kCi	Servicio	Sin información	Sin información	No	Sin información
	Benebion 300 kCi	Servicio frutas frescas	Sin información	Sin información	No	Sin información
	Auto blindado Co 60, SAGARPA. Tapachula (cerrado)	Mosca de la fruta	Sin información	Sin información	No	Sin información
	Auto blindado Co 60, SAGARPA Tapachula (cerrado)	Mosca del mediterráneo	Sin información	Sin información	No	Sin información
	Auto blindado Horizontal Cs 137, SAGARPA Tuxtla Gutiérrez (cerrado)	Servicio	Sin información	Sin información	No	Sin información
01 Acelerador de Electrones Tijuana (Avantti Mediclear)10MeV Mevex	Servicio	Radio crómico	Sin información	Si	Si	

Las aplicaciones de las tecnologías con radiación están en aumento constante y evolucionando a áreas como la exploración y el uso eficiente de los recursos naturales, la minería, la industria de procesamiento de minerales, la metalurgia, el desarrollo de materiales avanzados, la caracterización y preservación del patrimonio cultural y del medio ambiente, así como la protección costera contra la erosión.

Con el aumento de la experiencia y la confianza en la tecnología, el uso de tecnologías con radiación se encuentra en el umbral para la mejora considerable de la región en prácticamente todos los países y para emerger como un importante contribuyente a las economías nacionales. Teniendo en cuenta las necesidades, las posibilidades y capacidades de la región, las siguientes áreas en las que las tecnologías con radiación pueden ser utilizadas benéficamente fueron identificadas por grupo.



- a) Agua (tratamiento):
  - i) Tratamiento de agua para reutilización o descarga (PR);
  - ii) Tratamiento de lodos (PR);
  - iii) Optimización de procesos de tratamiento de agua [radiotrazadores (T)];
  - iv) Medición de precipitaciones (T);
  - v) Las áreas de protección de cuencas hidrográficas (T).
  
- b) Agricultura (tratamiento):
  - i) Esterilización de suelos (PR);
  - ii) Promotores de crecimiento de plantas (usando polímeros naturales) (PR);
  - iii) Super absorbedores de agua (usando polímeros naturales) (PR);
  - iv) Biocidas (usando polímeros naturales) (PR);
  - v) Estudios de erosión de suelos (T, TAN);
  - vi) Estudios de transferencia de fertilizantes y contaminantes (T);
  - vii) Sanitización de alimento de animales (PR);
  - viii) Sanitización de productos agrícolas (flores, madera, tabaco, semillas, etc.) (PR).
  
- c) Alimentos (tratamiento):
  - i) Tratamiento cuarentenario, fitosanitarios, sanitización, tiempo de maduración, extensión del tiempo de anaquel (PR);
  - ii) Control de calidad (SCN);
  - iii) Desarrollo de empaques usando polímeros naturales (PR);
  - iv) Optimización de procesos (T, SCN).
  
- d) Ambiente (tratamiento de emisiones y residuos):
  - i) Tratamiento de efluentes gaseosos (PR);
  - ii) Descargas de industrias (PR, T);
  - iii) Transporte de sedimentos (T).
  
- e) Ingeniería Costera:
  - i) Protección de las costas contra la erosión (T, SCN);
  - ii) Puertos y trabajos de dragado, optimización y administración (T, SCN).
  
- f) Materiales Avanzados:
  - i) Modificación y tratamiento polímeros (PR, TAN);
  - ii) Procesamiento de materiales avanzados (PR);
  - iii) Medición de desgaste por activación de capas delgadas con protones (T).
  
- g) Medicina:
  - i) Esterilización de instrumentos y productos médicos desechables (PR);
  - ii) Sanitización de cosméticos (PR);
  - iii) Preparación de hidrogeles (PR);
  - iv) Esterilización de sangre (PR);
  - v) Esterilización tejidos biológicos (humanos y de animales), prótesis, etc. (PR).
  
- h) Minería:
  - i) Exploración (T, SCN, TAN);
  - ii) Procesamiento y optimización (T, SCN).

- i) Objetos de Patrimonio Cultural (Caracterización, Conservación y Preservación):
  - i) Desinfestación y desinfección de objetos de valor cultural y materiales archivados (PR);
  - ii) Consolidación de objetos de valor cultural utilizando resinas curables (PR);
  - iii) Autenticación, caracterización y origen de materiales de patrimonio cultural (TAN);
  - iv) Datación de objetos (TAN);
  - v) Análisis de objetos con técnicas no destructivas (TAN, T, END, SCN).
  
- j) Procesos Industriales:
  - i) Optimización de procesos (T, SCN);
  - ii) Control de calidad (SCN);
  - iii) Modificación y mejora de productos (PR);
  - iv) Tecnologías de Inspección (END, TAN):
    - Metales, soldadura, tuberías, plantas de energía, petróleo y gas, industria aeroespacial, etc.;
    - Concretos, carreteras, puentes, edificios (construcciones civiles), etc.;
    - Inspección en servicio de centrales eléctricas, en especial centrales nucleares;
    - Armonización del entrenamiento y certificación de operadores;
    - Entrenamiento digital de operadores.

## 8.2. ANÁLISIS DAFO

### 8.2.1. Fortalezas

#### Agua:

- 1) El agua es un recurso público estratégico y escaso en cualquier país;
- 2) Tecnologías comprobadas e implementadas en algunos países de la región;
- 3) Contribuye a limpiar las aguas residuales para su vertido o reutilización posterior;
- 4) Contribuye a aumentar la disponibilidad y la calidad del agua potable;
- 5) El uso radiotrazadores para estudios hídricos tiene ventajas de mayor precisión y menor costo, que las técnicas convencionales;
- 6) Existente experiencia en varios países de la región;
- 7) Capacidad para mejorar la eficiencia de instalaciones existentes para el tratamiento del agua;

#### Ambiente:

- 8) El interés común de toda la región es la de proteger el medio ambiente;
- 9) Tecnologías nucleares son eficientes para la caracterización de muestras ambientales con alta precisión;
- 10) El tratamiento de gases de combustión con haces de electrones, apoya en la eliminación de contaminantes de forma simultánea, sin generación de residuos;
- 11) En la mayoría de los países existen grupos especializados en el uso de radiotrazadores y sistemas nucleónicos de control;
- 12) Con el desarrollo de los sistemas móviles de irradiación, se podrán tratar in situ lodos residuales;

#### Ingeniería costera:

- 13) La gestión costera es importante para la región;
- 14) Tecnología nuclear accesible y validada en algunos países de la región;
- 15) Alta relación costo-beneficio;

#### Materiales avanzados:

- 16) Las técnicas nucleares agregan valor a diversos materiales;
- 17) Procesos energéticamente eficientes y ambientalmente amigables;

- 18) Mejora en la calidad y la seguridad de procesos y productos;
- 19) Infraestructura disponible en algunos países de la región;

#### Medicina:

- 20) Tecnología de irradiación bien establecida, disponible en la región y cuenta con amplia aceptación;
- 21) Existe gran demanda comercial para la esterilización de instrumentos y productos médicos desechables;
- 22) Comparada con otras técnicas, la tecnología de irradiación es más eficaz, competitiva y no genera residuos en los productos tratados;

#### Patrimonio cultural:

- 23) Latinoamérica es muy rica en patrimonio cultural y está distribuido en toda la región;
- 24) Al menos seis países tienen y usan las tecnologías nucleares aplicables;
- 25) El Organismo Internacional de Energía Atómica apoya el uso de técnicas nucleares para caracterización y preservación del patrimonio cultural;
- 26) Existen diferentes técnicas nucleares accesibles y eficaces;

#### Procesos y producción industrial:

- 27) Existe interés en la región de mejorar y optimizar los procesos productivos;
- 28) Las técnicas nucleares apoyan en la mejora de la competitividad industrial;
- 29) Existen comercialmente sistemas de control nucleónico para aplicaciones industriales con amplio uso en la región, debido a que existe una alta relación costo-beneficio;
- 30) Existen universidades, institutos de investigación y empresas, con capacidad para brindar servicios con técnicas nucleares a la industria;

#### Recursos naturales:

- 31) La región es rica en recursos naturales (agricultura, productos marinos, minerales, hidrocarburos);
- 32) Existen tecnologías nucleares disponibles y no generan residuos en la región;
- 33) La tecnología nuclear permite transformar residuos en materiales útiles;

#### Tecnologías de inspección:

- 34) Existen 4 centros de referencia equipados en END (estructuras civiles) para calificación de personal de la región con esta técnica;
- 35) Estas técnicas contribuyen a mejorar la calidad de los productos, la seguridad de las equipos e instalaciones industriales;
- 36) Alta relación costo-beneficio;
- 37) Existen empresas proveedores de estos servicios;

### **8.2.2. Debilidades**

#### Agua:

- 1) Las mejoras en el tratamiento de las aguas residuales no han acompañado la tasa de crecimiento de la población;
- 2) La mayoría de los ríos de la región presentan mayor contaminación ahora que en la década de 1990;
- 3) Solo un país de la región, tiene instalaciones para demostrar la aplicación de la tecnología nuclear para tratamiento de agua;
- 4) Poca difusión de esta tecnología nuclear y el costo de inversión inicial es elevada;
- 5) La información de los actores potenciales en las tecnologías nucleares es limitada;

#### Ambiente:

- 6) Poca difusión de esta tecnología nuclear y el costo de inversión inicial de algunas tecnologías es elevada;
- 7) Existen grupos de investigación trabajando con técnicas nucleares en la región, pero no se generan las innovaciones necesarias para llegar al usuario final;
- 8) Existen pocas instalaciones para demostrar la tecnología nuclear;
- 9) Falta de legislación relacionada con las aplicaciones en tecnología nuclear en ambiente;

#### Ingeniería costera:

- 10) Preocupación de gobierno y limitada aceptación del público;
- 11) Falta de difusión del potencial de la tecnología nuclear en esta área;
- 12) La investigación en esta área se realiza principalmente por técnicas convencionales;

#### Materiales avanzados:

- 13) Falta de difusión del potencial de la tecnología nuclear en esta área;
- 14) Falta de transferencia tecnológica;

#### Medicina:

- 15) Algunos países de la región no cuentan con instalaciones de irradiación;
- 16) En la región, la esterilización de productos médicos desechable con gases tóxicos (óxido de etileno) tiene amplia utilización, con respecto a radiación ionizante;
- 17) Falta de difusión del potencial de la tecnología nuclear en irradiación de tejidos biológicos;
- 18) Necesidad de mejorar los mecanismos de actualización de las normas nacionales vigentes en la región, aplicables a esterilización de productos médicos, utilizando radiación ionizante;

#### Patrimonio cultural:

- 19) Falta de difusión del potencial de la tecnología nuclear en esta área y falta de aceptación de los profesionales de preservación y conservación de patrimonio cultural;
- 20) Falta de experiencia y conocimientos en el uso adecuado de las tecnologías;
- 21) Debilidad en las redes colaborativas entre institucionales nucleares y los profesionales de la preservación y conservación del patrimonio cultural;
- 22) Cifras de referencia incompletas sobre el uso de las tecnologías en la región;

#### Procesos y producción industrial:

- 23) Disponibilidad limitada de radiotrazadores;
- 24) Regulación restrictiva;

#### Recursos naturales:

- 25) Etapa temprana de desarrollo en la región;
- 26) Falta de continuidad en los grupos de aplicación de radiotrazadores;
- 27) Falta de estandarización de ciertos procesos y productos (para uso comercial);

#### Tecnologías de inspección:

- 28) No está armonizada la certificación de la capacidad del personal entre las normas internacionales ISO9712 y SNT TC1A.

### **8.2.3. Amenazas**

Agua:

- 1) Percepción pública negativa y desconocimiento de las ventajas de la gestión los recursos hídricos con tecnologías con radiación;

Ambiente:

- 2) Percepción pública negativa y desconocimiento de las ventajas de las tecnologías con radiación;

Ingeniería costera:

- 3) Existen tecnologías alternativas con menor rendimiento y regulación;

Materiales avanzados:

- 4) Desconocimiento de las ventajas del uso de tecnología nuclear;

Medicina:

- 5) Falta de infraestructura suficiente en la región para cubrir la necesidad de procesos de esterilización con radiación ionizante;

Patrimonio cultural:

- 6) Desconocimiento de las ventajas del uso de tecnología nuclear;

Procesos y producción industrial:

- 7) Percepción pública negativa y desconocimiento de las ventajas de las tecnologías con radiación;

Recursos naturales:

- 8) Percepción pública negativa y desconocimiento de las ventajas de las tecnologías con radiación;

Tecnologías de inspección:

- 9) Desconocimiento de las ventajas del uso de tecnología nuclear.

### **8.2.4. Oportunidades**

Agua:

- 1) Políticas ambientales y de servicios de agua potable y saneamiento más exigentes;
- 2) El aumento de las aguas residuales producidas por las actividades humanas e industriales debe ser abordado;
- 3) Necesidad regional para mejorar la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos.

Ambiente:

- 4) La industrialización incrementa la descarga de contaminantes, por lo tanto, existe una demanda creciente de tecnologías para reducirlos;

Ingeniería costera:

- 5) Una mayor comprensión de los efectos del cambio climático en las costas (aumento del nivel del mar), aumenta la necesidad de una gestión costera sostenible;
- 6) Efecto del crecimiento de la población y de las actividades cerca de la costa;
- 7) Impacto de la deforestación sobre la erosión del suelo, requiere una mejor gestión de los sedimentos;

- 8) El aumento del comercio exterior genera necesidad de desarrollar, mejorar y gestionar las infraestructuras portuarias;
- 9) Una mejor gestión del litoral trae efectos indirectos sobre el turismo;

#### Materiales avanzados:

- 10) Las instalaciones existentes pueden ser utilizadas para el desarrollo de materiales avanzados específicos a las necesidades de los países;
- 11) La región es exportadora de materia prima, existe la oportunidad de crear valor agregado;
- 12) Desarrollo de nuevos materiales avanzados para nuevas aplicaciones (por ejemplo, nanogeles, nanocompuestos de óxido de grafeno, nuevas formulaciones de materiales aislantes de cables, nuevas formulaciones de polímeros curables);

#### Medicina:

- 13) En los últimos años se ha incrementado la aceptación del uso de radiaciones ionizantes, como técnica de esterilización en la región;
- 14) En la región se tiene una demanda creciente de esterilización de productos médicos desechables;
- 15) Existen productos médicos que solo pueden ser esterilizados por radiación ionizante (prótesis, hilo quirúrgico de origen animal);

#### Patrimonio cultural:

- 16) Ha mejorado la conciencia de la necesidad de caracterizar y preservar el patrimonio cultural de la región;
- 17) Oportunidad de hacer alianzas de colaboración entre los institutos nucleares y las entidades responsables de la preservación del patrimonio cultural;
- 18) Oportunidades para hacer alianzas y colaboración con: Brasil, Francia, Holanda, Italia, Croacia y Rumanía (países que ya utilizan esta tecnología) y con organizaciones internacionales [Comisión Europea, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), etc.];
- 19) Alto potencial de visibilidad de las técnicas nucleares para el público e impacto en el turismo;
- 20) Las condiciones climáticas de la región promueven el deterioro de los objetos y materiales culturales favoreciendo la aplicación de las técnicas nucleares;

#### Procesos y producción industrial:

- 21) El desarrollo industrial requiere del uso de tecnologías nucleares;
- 22) Normativa más exigente en procesos industriales, demanda el uso de tecnologías limpias y eficientes;

#### Recursos naturales:

- 23) Los sectores de agricultura e industria son muy importantes en la región. Existe un alto potencial de uso de polímeros naturales en la transformación de materias primas en productos industriales;
- 24) Creciente incentivo económico para el uso de la tecnología nucleares, como opción ventajosa en la región;
- 25) Posibilidad de cofinanciamiento de organizaciones internacionales para la introducción y uso de las tecnologías de radiación;

#### Tecnologías de inspección:

- 26) Reconocimiento creciente de las capacidades de las técnicas no destructivas;
- 27) Posibilidad de incrementar la transferencia de conocimiento y capacitación, a través de los 4 centros de referencia de END existentes en la región.

### 8.3. NECESIDADES Y PROBLEMAS

#### **T1. Tratamiento de aguas residuales domésticas, industriales y farmacéuticas por procesamiento de radiación (fármacos, compuestos orgánicos, contaminación biológica, micro plásticos, etc.)**

Justificación: Las estadísticas muestran que las aguas residuales presentan alto grado de contaminación de diferente origen. El uso desmedido de analgésicos, anticonceptivos y antidepresivos generan residuos difíciles de tratar por técnicas convencionales. De la misma forma la presencia de micro plásticos en el agua es un problema global que debe ser enfrentado. El uso indiscriminado de agroquímicos y otros compuestos orgánicos incrementa la complejidad de tratamiento del agua residual (doméstica, industrial, etc.). La falta de infraestructura de saneamiento contribuye a la contaminación biológica de los recursos hídricos. La tecnología con radiación ionizante constituye una alternativa eficaz para estos casos. Es necesario difundir y promover (usuarios, proveedores de servicios y los tomadores de decisiones), el potencial de la aplicación de estas tecnologías para el tratamiento sostenible de aguas residuales.

Objetivo: Presentación a los tomadores de decisión del diagnóstico, estudio de factibilidad y eficacia en función de las condiciones locales, del uso de tecnologías avanzadas para tratamiento de aguas residuales por irradiación con haz de electrones.

Indicador: Aumento del número de diseños conceptuales finalizados. Aumento del número de publicaciones científicas y número de noticias elaboradas por los respectivos departamentos de comunicación (divulgación técnica-periodística).

#### **T2. Tratamiento fitosanitario de alimentos frescos, congelados, deshidratados y procesados por radiación ionizante**

Justificación: Estudios realizados en los últimos años, demuestran que el desperdicio de alimentos es muy alto. Son necesarias tecnologías que ayuden a aumentar la vida de anaquel y a eliminar problemas con microorganismos patógenos. Las tendencias globales incentivan el aumento de calidad y seguridad alimentaria. ALyC tienen alta capacidad de exportación de alimentos en especial de productos frescos. En estos casos el procesamiento de alimentos por radiación con objetivos fitosanitarios ayuda a fortalecer la economía y el estado de salud de la población, generando procesos más competitivos para el sector agroindustrial. Es necesario difundir y promover (usuarios, proveedores de servicios y los tomadores de decisiones), el potencial de la aplicación de estas tecnologías para el tratamiento de alimentos.

Objetivo: Presentación de protocolos de irradiación de nuevos productos, a tomadores de decisión que demuestren la mejora de la calidad, tiempo de anaquel de alimentos estratégicos para los países de la región.

Indicador: Aumento del número de protocolos de irradiación de nuevos productos. Aumento del número de publicaciones científicas y número de noticias elaboradas por los respectivos departamentos de comunicación (divulgación técnico-periodística).

### **T3. Armonización del control y la gestión de calidad (QA/QC) en irradiadores e intercomparaciones dosimétricas**

Justificación: Armonizar los procedimientos de gestión de calidad (QC/QA) en irradiadores para reducir las deficiencias y las barreras comerciales en la región, dentro de un contexto de comercio internacional. Actualmente el comercio internacional es muy exigente y se requiere la certificación de acuerdo con las normas ISO (9001:2015/satisfacción al cliente, 11 137/esterilización de materiales médicos, 14 470/alimentos). La región no cuenta con un centro de metrología primaria para medida de radiación de altas dosis. Es necesario difundir y promover (usuarios, proveedores de servicios y los tomadores de decisiones), el potencial de la aplicación de esta tecnología.

Objetivo: Implementar los procedimientos armonizados de control de calidad, aseguramiento de calidad y gestión de calidad, en la aplicación de tecnologías con radiación en la región. Realizar intercomparaciones dosimétricas regionales.

Indicador: Aumento del número de instalaciones de irradiación que implementaron procedimientos armonizados en la aplicación de las tecnologías con radiación, de acuerdo con los estándares internacionales. Aumento del número de instalaciones que participaron en las comparaciones dosimétricas. Aumento del número de publicaciones científicas y número de noticias elaboradas por los respectivos departamentos de comunicación (divulgación técnica-periodística).

### **T4. Desarrollo de materiales de tecnología con radiación innovadores, competitivos y amigables con el medio ambiente para la salud, agricultura e industria (nanotecnología, materiales compuestos, nuevas fórmulas curables, etc.)**

Justificación: La cuarta revolución de la ingeniería demanda la producción y uso de nuevos compuestos, nanomateriales y formulaciones. Las tecnologías con radiación (gamma, haces de electrones y iones, rayos X, etc.) apoyan el desarrollo, producción y mejora de las propiedades mecánicas y fisicoquímicas de polímeros, nanomateriales, polímeros y nuevas formulaciones. El desarrollo de alternativas energéticas limpias y renovables (celdas solares). La industria automovilística, aeroespacial y electrónica de la región demanda el uso de materiales livianos y resistentes a la temperatura y corrosión. Este tipo de tecnología disminuye el uso de productos químicos que pueden ser dañinos para la salud y afectar el medio ambiente. Es necesario difundir y promover (usuarios, proveedores de servicios y los tomadores de decisiones), el potencial de la aplicación de esta tecnología.

Objetivo: Incrementar el uso de nuevos materiales obtenidos mediante tecnologías de radiación ionizante en la región.

Indicador: Aumento del número de metodologías transferidas. Número de materiales desarrollados. Aumento del número de publicaciones científicas y Aumento del número de noticias elaboradas por los respectivos departamentos de comunicación (divulgación técnica-periodística).

### **T5. Aumento de la competitividad de la industria por medio de la optimización de procesos y disminución del impacto ambiental, utilizando tecnologías con radiación tales como radiotrazadores, aplicaciones de fuentes radiactivas selladas, entre otras**

Justificación: Los procesos tecnológicos productivos actuales buscan ser más eficientes y amigables con el medio ambiente. Áreas tales como la petrolífera, petroquímica, minero-metalúrgica, dragado de ríos y mares, hidrológica, etc., exigen métodos no invasivos de evaluación para tomar las acciones técnicas apropiadas que conduzcan a una solución. En este ámbito, el uso de tecnologías con radiación



tales como los trazadores y fuentes selladas, contribuyen a la optimización de los procesos industriales. Es necesario difundir y promover (usuarios, proveedores de servicios y los tomadores de decisiones), el potencial de la aplicación de esta tecnología.

Objetivo: Ampliar el uso de tecnologías con radiación para optimizar procesos tecnológicos productivos reduciendo el impacto ambiental.

Indicador: Aumento del número de procesos tecnológicos productivos optimizados con técnicas nucleares. Aumento del número de publicaciones científicas y número de noticias elaboradas por los respectivos departamentos de comunicación (divulgación técnico-periodística).

#### **T6. Caracterización y preservación de objetos tangibles de patrimonio cultural y materiales archivados, aplicando técnicas nucleares**

Justificación: Las tecnologías con radiación y las técnicas analíticas nucleares pueden contribuir de una manera eficaz y asequible para la caracterización, conservación y restauración de bienes culturales (pinturas, documentos, artefactos, objetos y otros) en toda la región. Las tecnologías están presentes en la región en diferente grado de implementación e infraestructura y hay casos de éxito que se pueden utilizar como referencia. Es necesario difundir y promover (usuarios, proveedores de servicios y los tomadores de decisiones), el potencial de la aplicación de esta tecnología.

Objetivo: Incrementar el uso del tratamiento por irradiación, técnicas analíticas y ensayos no destructivos, para contribuir a la preservación de la herencia cultural tangible de ALyC.

Indicador: Aumento del número de obras procesadas y caracterizadas; patrimonio cultural efectivamente preservado de acuerdo con las buenas prácticas internacionales (Incremento substancial en el uso de tecnologías con radiación). Aumento del número de publicaciones científicas y número de noticias elaboradas por los respectivos departamentos de comunicación (divulgación técnica-periodística).

#### **T7. Armonizar metodologías y capacitar personal de acuerdo con estándares y esquemas de certificación para técnicas avanzadas de ensayos no destructivos**

Justificación: Las tecnologías de ensayos no destructivos juegan un papel importante en los programas generales de control de calidad y son indispensables para mejorar la seguridad de las infraestructuras y estructuras civiles, así como la competitividad de las industrias regionales en el contexto de normas internacionales. Es necesario difundir y promover (usuarios, proveedores de servicios y los tomadores de decisiones), el potencial de la aplicación de esta tecnología.

Objetivo: Mejorar el uso de tecnologías avanzadas, armonizar metodologías y capacitar personal de acuerdo con estándares y esquemas de certificación (ISO 9712–2012).

Indicador: Aumento del número de países que tengan metodologías y una estructura establecida para la capacitación del personal, de acuerdo con el nuevo estándar ISO9712:2012 para END y la certificación de los procesos que utilizan tecnologías con radiación. Aumento del número de publicaciones científicas y número de noticias elaboradas por los respectivos departamentos de comunicación (divulgación técnica-periodística).

## **T8. Transformación sustentable de recursos naturales no tóxicos renovables de la región (polímeros naturales) para el incremento de la producción agrícola y disminución de los residuos y la contaminación**

Justificación: Materiales procesados con técnicas que utilizan la radiación ionizante, apoyan la reutilización de los residuos agrícolas (postcosecha), disminuyendo el impacto ambiental. De la misma forma, estas técnicas ayudan a conservar las condiciones productivas (minerales) de los suelos agrícolas. Es necesario difundir y promover (usuarios, proveedores de servicios y los tomadores de decisiones), el potencial de la aplicación de esta tecnología.

Objetivo: Coadyuvar a la conservación de suelos agrícolas con menor impacto ambiental, aprovechando los beneficios de las técnicas con radiación.

Indicador: Aumento del número de personas capacitadas para la gestión de los residuos para su reutilización. Aumento del número de publicaciones científicas y número de noticias elaboradas por los respectivos departamentos de comunicación (divulgación técnico -periodística).

### **8.4. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS**

La siguiente Tabla 12 refleja las calificaciones finales de priorización, determinadas por las variables señaladas, de numerosos temas del sector de las tecnologías de la radiación, seguidas de una comparación visual de estas calificaciones finales que se muestra en la Figura 6.

TABLA 12. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR TECNOLOGÍAS CON RADIACIÓN

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/D	Grado final
1	T2	4,5	5,0	5,0	4,5	19,0	3,0	1,50	28,50
	Tratamiento fitosanitario de alimentos frescos, congelados, deshidratados y procesados por radiación ionizante.	Necesidad urgente de aumentar la competitividad de los procesos industriales con impacto en seguridad y salud.	Necesidad de aumentar la competitividad de la industria regional e incrementar la calidad de los productos y la seguridad alimentaria.	Afecta a toda la región. La irradiación gamma es la técnica más recomendada.	Las técnicas nucleares no dejan residuos tóxicos, conservando el valor nutricional y las propiedades sensoriales.		Instalaciones de irradiación son limitadas en la región.		
2	T3	4,5	5,0	5,0	4,5	19,0	3,5	1,29	24,43
	Armonización del control y la gestión de calidad (QA/QC) en irradiadores e intercomparaciones dosimétricas.	Se requiere armonizar procedimientos y reducir las barreras comerciales de la región.	Contribuir al desarrollo económico de la región.	Es una necesidad en la región en todas las instalaciones que realizan este proceso.	Buenas prácticas en el proceso de irradiación garantizan la confiabilidad de los resultados.		La implantación y certificación de estándares internacionales de calidad es un proceso largo y costoso.		

TABLA 12. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR TECNOLOGÍAS CON RADIACIÓN (cont.)

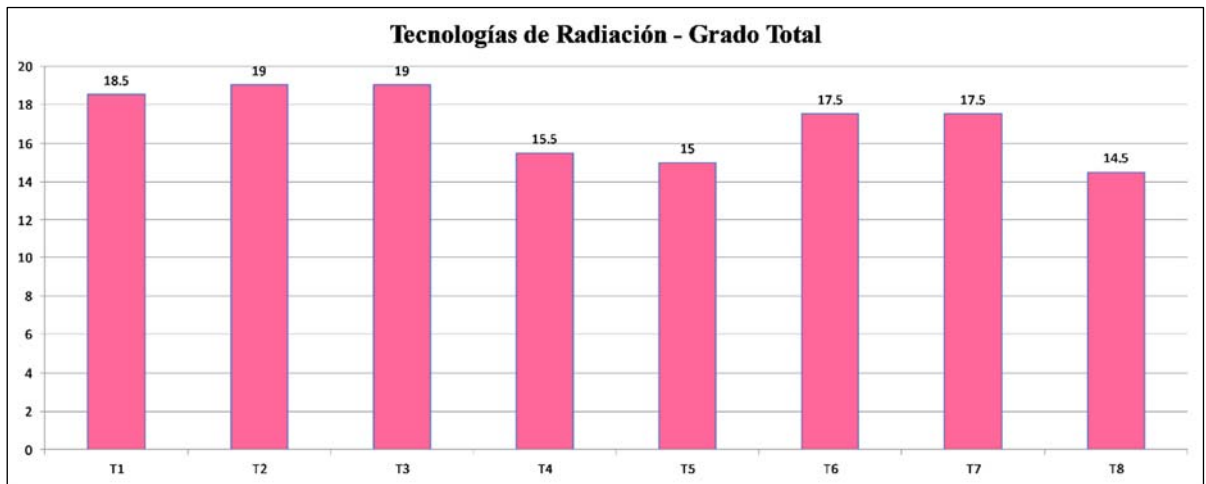
P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado total	Dificultad	R/D	Grado final
3	T1	4,5	4,0	5,0	5,0	18,5	3,0	1,67	30,83
	Tratamiento de aguas residuales domésticas, industriales y farmacéuticas (fármacos, compuestos orgánicos, contaminación biológica, micro plásticos, etc.) por procesamiento de radiación	Problema evidente en la región con impacto ambiental y a la salud.	Contribuir al desarrollo económico de la región disminuyendo el impacto ambiental y mejorando la salud.	Afecta a toda la región.	Las técnicas nucleares son las únicas que pueden tratar este recurso en las condiciones necesarias.	Las tecnologías con radiación para el tratamiento de aguas residuales son poco utilizadas en la región.			
4	T6	4,5	4,0	4,0	5,0	17,5	3,5	1,43	25,0
	Caracterización y preservación de objetos tangibles de patrimonio cultural y materiales archivados aplicando técnicas nucleares	Se ha perdido patrimonio cultural en la región, por no contar con técnicas avanzadas de caracterización, preservación y conservación.	Son necesarias acciones inmediatas para la conservación del patrimonio cultural tangible de la región.	La mayor parte de la región no cuenta con tecnologías nucleares aplicadas rutinariamente.	Las técnicas nucleares tienen amplio espectro de utilización en la caracterización y conservación.	Falta difusión de las tecnologías, infraestructura y capacitación de recursos humanos. Falta de cooperación entre instituciones nucleares y de conservación.			

TABLA 12. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR TECNOLOGÍAS CON RADIACIÓN (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado Total	Dificultad	R/D	Grado Final
5	T7	4,5	4,5	4,5	4,0	17,5	3,0	1,33	23,33
	Armonizar metodologías y capacitar personal de acuerdo con estándares y esquemas de certificación para técnicas avanzadas de ensayos no destructivos.	Necesidad urgente de aumentar la competitividad de los procesos industriales.	Es evidente la necesidad de personal calificado y técnicas END estandarizadas y actualizadas.	Pocos países de la región aplican las técnicas con buenas prácticas de acuerdo los estándares internacionales.	Técnicas nucleares y convencionales son complementarias.	Falta difusión de las tecnologías, infraestructura y capacitación de recursos humanos.			
6	T4	3,5	4,0	4,5	3,5	15,5	4,0	0,88	13,56
	Desarrollo mediante tecnologías con radiación de materiales innovadores, competitivos y amigables con el medio ambiente para la salud, agricultura e industria, (nanotecnología, materiales compuestos, nuevas fórmulas curables, etc.).	Cambios tecnológicos requieren producción y uso de nuevos materiales.	Cambios tecnológicos requieren acciones inmediatas de innovación y producción.	La región se caracteriza por ser productora de materia prima, nuevas tecnologías y materiales incrementarán su valor.	El uso de materiales avanzados, son necesarios para el desarrollo industrial de la región.	Los grupos de trabajo realizan sus actividades en este campo individualmente sin una coordinación institucional.			

TABLA 12. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL SECTOR TECNOLOGÍAS CON RADIACIÓN (cont.)

P	Necesidad/ Problema	Severidad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Grado Total	Dificultad	R/D	Grado Final
7	T5	3,5	4,0	4,0	3,5	15,0	3,0	1,17	17,50
	Aumento de la competitividad de la industria por medio de la optimización de procesos y disminución del impacto ambiental, utilizando tecnologías con radiación tales como radiotrazadores, aplicaciones de fuentes radiactivas selladas, entre otras.	Necesidad urgente de aumentar la competitividad de los procesos industriales con menor impacto ambiental.	Es importante contar con tecnologías avanzadas para optimizar procesos industriales.	Afecta a toda la región.	Técnicas nucleares y convencionales son complementarias para la optimización de procesos.	Falta difusión de las tecnologías, infraestructura y capacitación de recursos humanos.			
8	T8	3,5	4,0	3,5	3,5	14,5	3,0	1,17	16,92
	Transformación sustentable de recursos naturales no tóxicos renovables de la región (polímeros naturales) para el incremento de la producción agrícola y disminución de los residuos y la contaminación.	Es necesario reciclar recursos naturales renovables para contribuir a disminuir la contaminación y mejorar la competitividad de la región.	Necesidad de aumentar la competitividad agroindustrial con menor impacto ambiental.	En casos aislados en la región, se realiza la irradiación de polímeros naturales.	Los polímeros naturales no tóxicos, pueden ser empleados en el cuidado de la salud, en la agricultura y la industria.	Falta difusión de las tecnologías, infraestructura y capacitación de recursos humanos. Instalaciones de irradiación son limitadas en la región.			



*FIG 6. Necesidades y Problemas en Tecnologías con Radiación vs Grado Total*





## 9. EQUIDAD DE GÉNERO

A fin de reafirmar su compromiso con la equidad de género, el OCTA y el ORA aprobaron en 2019 el primer proyecto sin financiamiento del Organismo Internacional de Energía Atómica, titulado “Establecimiento del Capítulo *Women in Nuclear* (WiN) ARCAL”, cuyo objetivo general es contribuir al desarrollo socioeconómico sustentable en ALyC a partir de la promoción de una participación plena y equitativa de las mujeres, que constituyen más de la mitad de la población de la región [168], en ámbitos relacionados con la ciencia y la tecnología nucleares.

Si bien en los últimos años el número de mujeres involucradas en la ciencia y tecnología ha aumentado significativamente, dicho colectivo sigue estando fuertemente subrepresentado en este ámbito. Actualmente las mujeres constituyen sólo el 30 % a escala global y, si bien en ALyC el porcentaje de investigadoras asciende a un 45,1 %, se reduce significativamente en niveles jerárquicos más altos y en cargos de tomas de decisiones [169], situación que se conoce como “techo de cristal” o “efecto tijera”.

En este contexto, las ciencias y tecnologías nucleares en la región no son la excepción y, en particular, esta realidad se evidencia en el marco de ARCAL, en el cual la participación de las mujeres continúa siendo muy limitada. Más de 64 % de las personas involucradas en proyectos ARCAL (en calidad de contraparte, participante en diversos tipos de eventos, becario/a, etc.) son varones. Asimismo, ciertas áreas temáticas, tales como energía y tecnologías con radiaciones, cuentan con porcentajes de participación de mujeres marcadamente bajos, del orden de aproximadamente 18 %.

El mencionado proyecto comprende, entre sus principales resultados, la creación del Capítulo Regional WiN ARCAL, elemento crucial a fin de traccionar otras metas de fundamental relevancia, tales como el impulso de redes regionales de mujeres por área temática; el fortalecimiento de la visibilización de las cuestiones de género, incluyendo la promoción de la formación en materia de género y liderazgo en el sector; la consolidación de la cooperación entre ARCAL y Women in Nuclear Global, asociación internacional de mujeres del sector con más de 25 años de trayectoria y presencia en 145 países; el establecimiento de un observatorio regional de género en las ciencias y tecnologías nucleares que facilite la disponibilidad y acceso a datos estadísticos sobre la participación de mujeres en dichas áreas. Asimismo, en la medida en que este proyecto avance, se espera que cada uno de los proyectos de cooperación técnica de la región en las 6 grandes áreas temáticas también sigan incluyendo la perspectiva de género en sus formulaciones y apoyando una participación equitativa de mujeres en sus actividades.



## COMENTARIOS FINALES

EL PER 2022–2029 establece un marco estratégico de cooperación estratégico y dinámico, entre los países de América Latina y el Caribe. Es la publicación en la cual se presenta un diagnóstico de la situación de la región de América Latina y el Caribe, tomando como referencia las seis áreas temáticas para las cuales la tecnología nuclear puede colaborar con la atención a necesidades o con la solución de problemas comunes a los países de la región.

Con este enfoque el PER 2022–2029 se constituye en un marco programático regional para la cooperación técnica entre los países de la región y el Organismo Internacional de Energía Atómica, identificando y priorizando un conjunto de necesidades y problemas, por área temática, a fines de orientar la formulación de los proyectos de cooperación técnica regional, durante el período abarcado por este PER.

Sin embargo, es importante tomar nota que el PER 2022–2029 es elaborado a un nivel macro, con objetivos de alcance regional, lo que hace necesaria la formulación de una estrategia para su implementación, con la identificación de resultados intermedios, metas e indicadores de performance, necesarios para garantizar la efectividad de los proyectos de cooperación técnica regional.

Una vez que se obtenga la aprobación del PER 2022–2029 por parte del ORA, los Coordinadores Nacionales miembros del OCTA se reunirán para la elaboración del documento complementario “Guía para la Implementación del PER 2022–2029. Con esta guía, se completa el proceso de priorización de las necesidades y problemas, de acuerdo con el enfoque metodológico que se presenta en el Anexo PER 2022–2029, añadiendo la etapa de priorización entre sectores, el que contribuye para la optimización en la utilización de los recursos presupuestarios que se aportan a cada uno de los proyectos, así como para el alcance de los resultados pretendidos.



## REFERENCIAS

### ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA

- [1] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, División de Estadística. Datos de producción y cultivos, (2019) <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>
- [2] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Panorama Social de América Latina, Santiago (2017) [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42716/7/S1800002\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42716/7/S1800002_es.pdf)
- [3] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, Panorama de la pobreza rural en América Latina y el Caribe. Soluciones del siglo XXI para acabar con la pobreza en el campo, Santiago (2018a.) 112, <http://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1244815/>
- [4] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, FONDO INTERNACIONAL DE DESARROLLO AGRÍCOLA, PROGRAMA MUNDIAL DE ALIMENTOS, Seguimiento de la Seguridad Alimentaria y la nutrición en apoyo a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Balance y perspectivas, Roma (2016).
- [5] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma (2018)
- [6] NACIONES UNIDAS, La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe, Santiago (2018).
- [7] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, How to Feed the World in 2050. Insights from an expert meeting at FAO, [s.l], v2050, no 1 (2019) 1–35.
- [8] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, Agriculture Towards 2030/2050: the 2012 revision, Rome (2012) <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>
- [9] GUARESCHI, R.F., BODDEY, R.M., ALVES, B.J.R., SARKIS, L.F., MARTINS, M.R., JANTALIA, C.P., CABRIALES, J.J.P., NÚÑEZ, J.A.V., URQUIAGA, S., Balanço de nitrogênio, fósforo e potássio na agricultura da América Latina e o Caribe, (Nitrogen, phosphorus and potassium balance in agriculture of Latin America and the Caribbean) Revista Terra Latinoamericana, v. 37 (2012) 105.
- [10] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2017. Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe, Santiago, Santiago (2017) 108, <http://www.fao.org/3/i7914e/i7914e.pdf>
- [11] INTER-AMERICAN NETWORK OF ACADEMIES OF SCIENCES, Challenges and opportunities for food and nutrition security in the Americas the view of the academies of sciences, Regional Report (2017) 108. [www.ianas.org](http://www.ianas.org)
- [12] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, Perspectivas Agrícolas 2019–2028, Rome (2019) [https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2019-en](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en)
- [13] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS, Fostering productivity and competitiveness in agriculture. Paris (2011) <http://dx.doi.org/10.1787/9789264166820-en>

- [14] BANCO MUNDIAL. World Water Day: Latin America leads in water management but inequalities in access remain. 2013. Consultado el 23 de enero de 2023. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/03/22/world-water-day-latin-america-achievements-challenges>
- [15] ARAUJO, K.E.C., VERGARA, C., GUIMARÃES, A.P., ROUWS, J.R.C., JANTALIA, C.P., URQUIAGA, S., ALVES, B.J.R., BODDEY, R.M., Changes in  $^{15}\text{N}$  natural abundance of biologically fixed  $\text{N}_2$  in soybean due to shading, rhizobium strain and plant growth stage. *Plant and Soil*, v. 423 (2018) 1–16.
- [16] COLINO, D.J., SALVAGIOTTI, F., PERTICARI, A., PICCINETTI, C., OVANDO, G., URQUIAGA, S., RACCA, R.W., Biological nitrogen fixation in soybean in Argentina: relationships with crop, soil, and meteorological factors. *Plant and Soil*, v. 392 (2015) 239–252.
- [17] ALVES, G.C., VIDEIRA, S.S., URQUIAGA, S., REIS, V.M., Differential plant growth promotion and nitrogen fixation in two genotypes of maize by several *Herbaspirillum* inoculants. *Plant and Soil*, v. 387 (2015) 307–321.
- [18] SCHULTZ, N., PEREIRA, W., REIS, V.M., URQUIAGA, S., Produtividade e diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$  em cana de açúcar inoculada com bactérias diazotróficas. (Productivity and  $^{15}\text{N}$  isotope dilution of sugarcane inoculated with diazotrophic bacteria), *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, (2016) 1594–1601.
- [19] FERNANDES, de S.F., LOPES DO C. D., SOUZA, J.E. de S.C., URQUIAGA, S., SANTOS, R.H.S., Legumes as green manure for common bean cultivated in two growing seasons at southeast Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11 (2016) 4953–4958.
- [20] SANT'ANNA, S.A.C., MARTINS, M.R., GOULART, J.M., ARAÚJO, S.N., ARAÚJO, E.S., ZAMAN, M., JANTALIA, C.P., ALVES, B.J.R., BODDEY, R.M., URQUIAGA, S., Biological nitrogen fixation and soil  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from legume residues in an Acrisol in SE Brazil, v. 15 (2018) e00196.
- [21] ALVES, B.J.R., ZOTARELLI, L., BODDEY, R.M., URQUIAGA, S., Soybean benefit to a subsequent wheat cropping system under zero tillage. In: *Nuclear Techniques in Integrated Plant nutrient, Water and Soil Management*, Vienna (2002) 83–93.
- [22] CARDOSO, A.S., BERNDT, A., LEYTEM, A., ALVES, B.J.R., DE CARVALHO, I.D.N.O., SOARES. L.H. de B., URQUIAGA, S., BODDEY, R.M., Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agricultural Systems*, v. 143 (2016) 86–96.
- [23] SANTOS, C.A. DOS, REZENDE, C. de P., MACHADO É.F.P., PEREIRA, J.M., ALVES, B.J.R., URQUIAGA, S., BODDEY, R.M., Changes in soil carbon stocks after land-use change from native vegetation to pastures in the Atlantic forest region of Brazil. v. 337 (2019) 394–401.
- [24] SANT'ANNA, S.A.C., JANTALIA, C.P., SÁ, J.M., VILELA, L., MARCHÃO, R.L., ALVES, B.J.R., URQUIAGA, S., BODDEY, R.M., Changes in soil organic carbon during 22 years of pastures, cropping or integrated crop/livestock systems in the Brazilian Cerrado. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 108 (2017) 101–120.
- [25] BAPTISTA, R.B., MORAIS, R.F. de, LEITE, J.M., SCHULTZ, N., ALVES, B.J.R., BODDEY, R.M., URQUIAGA, S., Variations in the  $^{15}\text{N}$  natural abundance of plant available N with soil depth: Their influence on estimates of contributions of biological  $\text{N}_2$  fixation to sugar cane, *Plant and Soil*, v. 73 (2014) 124–129.
- [26] MARTINS, M.R., JANTALIA, C.P., REIS, V.M., DÖWICH, I., POLIDORO, J.C. ALVES, B.J.R., BODDEY, R.M., URQUIAGA, S., Impact of plant growth-promoting bacteria on grain yield, protein content, and urea- $^{15}\text{N}$  recovery by maize in a Cerrado Oxisol. *Plant and Soil*, v. 422 (2017) 239–250.
- [27] MARTINS, M.R., SANT'ANNA, S.A.C., ZAMAN, M., SANTOS, R.C., MONTEIRO, R.C., ALVES, B. J. R., JANTALIA, C.P., BODDEY, R.M., URQUIAGA, S., Strategies for the use of urease and nitrification inhibitors with urea: Impact on  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NH}_3$  emissions, fertilizer-

- <sup>15</sup>N recovery and maize yield in a tropical soil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 247 (2017) 54-62.
- [28] BODDEY, R. M., JANTALIA, C. P., CONCEIÇÃO, P. C., ZANATTA, J. A., BAYER, C., MIELNICZUK, J., DIECKOW, J., DOS SANTOS, H. P., DENARDIN, J. E., AITA, C., GIACOMINI, S. J., URQUIAGA, S., ALVES, B. J. R., Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. *Global Change Biology*, v.16 (2010) 784 – 795.
- [29] ALEWELL, C., PITOIS, A., MEUSBURGER, K., KETTERER, M., MABIT, L., 239+240Pu from ‘contaminant’ to soil erosion tracer: Where do we stand? *Earth-Science Reviews* (2017), 107–123, 172, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.07.009>
- [30] FULAJTAR, E., MABIT, L., RENSCHLER, C.S., LEE ZHI YI, A., Use of 137Cs for soil erosion assessment, FAO/IAEA, Rome (2017) 64, <http://www.fao.org/3/i8211en/I8211EN.pdf>
- [31] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Guidelines for Using Fallout Radionuclides to Assess Erosion and Effectiveness of Soil Conservation Strategies, IAEA-TECDOC-1741, IAEA, Vienna (2014).
- [32] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Guidelines for Sediment Tracing Using the Compound Specific Carbon Stable Isotope Technique, IAEA-TECDOC-1881, IAEA, Vienna (2019) 66.
- [33] MABIT, L., BENMANSOUR, M., ABRIL, J.M., WALLING, D.E., MEUSBURGER, K., IURIAN, A.R., BERNARD, C., TARJÁN, S., OWENS, P.N., BLAKE, W.H., ALEWELL, C., Fallout 210Pb as a soil and sediment tracer in catchment sediment budget investigations: A review, *Earth-Science Reviews* (2014).
- [34] MABIT, L., BLAKE, W. (EDS), *Assessing Recent Soil Erosion Rates through the Use of Beryllium-7 (Be-7)*, Springer Open, Cham (2019) 69.
- [35] ZAPATA F., *Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation Using Environmental Radionuclides*, Netherlands (2002) 219.
- [36] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Cosmic Ray Neutron Sensor (CRNS): From cosmic rays to soil moisture, (2021), <https://www.youtube.com/watch?v=eZTeQRSmcGY>
- [37] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020 - Superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura*. Roma. <https://doi.org/10.4060/cb1447es>
- [38] GIANELLA, C; CHAVEZ-TAFUR, J; THOMAS, T.S. *Climate Change, Agriculture, and Adaptation Options for Peru*. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias, (2019) 87 DOI: <https://doi.org/10.2499/p15738coll2.133213>
- [39] FERNANDES, E.C.M.; SOLIMAN, A; CONFALONIERI, R; DONATELLI, M; TUBIELLO, F., *Climate Change and Agriculture in Latin America, 2020-2050: Projected Impacts and Response to Adaptation Strategies*. Banco Mundial, Washington, DC., (2012). <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/12582>.
- [40] GONZALES, M. C., Cuban Rice Variety Bred for Tolerance to Salinity and Rice Mites Stays Relevant in Cuba’s Fields and its Cuisine for almost 20 years (2016), <https://www.iaea.org/newscenter/news/cuban-rice-variety-bred-for-tolerance-to-salinity-and-rice-mites-stays-relevant-in-cubas-fields-and-its-cuisine-for-almost-20-years>
- [41] ANDRADE, A., TULMANN-NETO, A., TCACENCO, F. A., MARSCHALEK, R., PEREIRA, A., DE-OLIVEIRA-NETO, A. M., SCHEUERMANN, K. K., WICKERT, E., NOLDIN, J. A., Development of rice (*Oryza sativa*) lines resistant to aryloxyphenoxypropionate herbicides through induced mutation with gamma rays. *Plant Breeding*, v. 137 (2018) 364–369.
- [42] AVELINO, J., CRISTANCHO, M., GEORGIU, S., IMBACH, P., AGUILAR, L., BORNEMANN, G., LÄDERACH, P., ANZUETO, F., HRUSKA, A. J., MORALES, C., The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008–2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Sec.* 7 (2015) 303–321.

- [43] INGELBRECHT, I., Help Develop Bananas Resistant to Major Fungal Disease, IAEA/FAO (2019), <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-fao-help-develop-bananas-resistant-to-major-fungal-disease>
- [44] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, Livestock Report. Animal Production and Health Division, FAO, Rome (2006) 83.
- [45] VARGAS-TERÁN, M., Hoja de Ruta para la Supresión y Erradicación Progresiva del Gusano Barrenador del Ganado (GBG) *Cochliomyia hominivorax* del Continente Americano. Organismo Internacional de Energía Atómica, Viena (2018).
- [46] PETER, R.J., VAN DEN BOSSCHE, P., PENZHORN, B.L., SHARP, B., Tick, fly and mosquito control-lessons from the past, solutions for the future. *Vet. Parasitol.* 132 (2005) 205–215.
- [47] NARI HENRIOUD, A., Towards sustainable parasite control practices in livestock production with emphasis in Latin America, *Veterinary Parasitology* (2011) 180, 2–11.
- [48] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SANIDAD ANIMAL, GF-TADs Fronteras globales - Enfermedades animales transfronterizas: visión y líneas de acción estratégicas, OIE Regional Representation for the Americas (2007), [http://www.rr-americas.oie.int/in/proyectos/gf\\_tads/](http://www.rr-americas.oie.int/in/proyectos/gf_tads/)
- [49] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, Road Map for the New World Screwworm (*NWS*) *Cochliomyia hominivorax* Suppression and Progressive Eradication in the Western Hemispheric Endemic Zones (2011).
- [50] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, ISO/IEC 17025. Testing and Calibration Laboratories, Testing and calibration laboratories, <https://www.iso.org/ISO-IEC-17025-testing-and-calibration-laboratories.html>
- [51] VILJOEN G.J. & LUCKINS A.G., The role of nuclear technologies in the diagnosis and control of livestock diseases—a review; *Trop. Anim. Health Prod* (2012) 1341-1366.
- [52] BANCO MUNDIAL, Future looks bright for food production in Latin America and Caribbean (2013)
- [53] COMISION CODEX ALIMENTARIUS (2019), <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/news-and-events/news-details/en/c/1239396/>
- [54] THOMAS P. VAN BOECKEL, CHARLES BROWER, MARIUS GILBERT, BRYAN T. GRENFELL, SIMON A. LEVIN, TIMOTHY P. ROBINSON, AUDE TEILLANT, RAMANAN LAXMINARAYAN, Global trends in antimicrobial use in food animals; *Proceedings of the National Academy of Sciences* May 2015, 112 (18) (2015) 5649–5654.
- [55] EUROPEAN PUBLIC HEALTH ALLIANCE, Unhealthy Trades, (2018), <https://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupMeetingDoc&docid=14678>
- [56] GRUBER-DORNINGER, C; JENKINS, T, AND GERD SCHATZMAYR. G., Global Mycotoxin Occurrence in Feed: A Ten-Year Survey. *Toxins* 2019, 11(7) (2019) 375, <https://doi.org/10.3390/toxins11070375>
- [57] WILD CP, MILLER JD, GROOPMAN JD, Mycotoxin control in low- and middle-income countries. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer; 2015, IARC Working Group Reports, No. 9 (2015), <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK350558/>
- [58] KUMARATHILAKA, P; SAMAN, S; OK, Y.S; MEHARG, A; BUNDSCHUH, J., Arsenic in cooked rice foods: Assessing health risks and mitigation options, *Environment International*, Vol 127 (2019) 584-591.
- [59] METER, A.; ATKINSON, R.J.; LALIBERTE, B., Cadmium in cacao from Latin America and the Caribbean: A review of research and potential mitigation solutions, *Biodiversity International* 73, Rome (2019), <https://hdl.handle.net/10568/102353>
- [60] MCCLINTOCK TR, CHEN Y, BUNDSCHUH J, et al., Arsenic exposure in Latin America: biomarkers, risk assessments and related health effects. *Sci Total Environ.* (2012) 429:76–91.



## SALUD HUMANA

- [61] ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Salud en las Américas: Perspectiva Regional (2017) <https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/>
- [62] ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Situación de salud en las Américas: Indicadores básicos 2018 (2018), [http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/49511/IndicadoresBasicos2018\\_spa.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/49511/IndicadoresBasicos2018_spa.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- [63] BANCO MUNDIAL, <https://datos.bancomundial.org/region/america-latina-y-el-caribe>
- [64] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Los impactos de las tendencias demográficas. En: Panorama social de América Latina 2015, Santiago (2015), [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39965/1/S1600227\\_es.pdf\\_2](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39965/1/S1600227_es.pdf_2).
- [65] RIVERA-ANDRADE A, LUNA MA, Trends and heterogeneity of cardiovascular disease and risk factors across Latin American and Caribbean countries. *Progress in Cardiovascular Diseases* (2014) 57:276–85
- [66] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Mortality in Latin America: a favourable but heterogeneous trend, Santiago (2007) 27–43, [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/7121/1/S0701080\\_mu.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/7121/1/S0701080_mu.pdf)
- [67] OMRAN AR, The epidemiologic transition: a theory of the epidemiology of population change. *Milbank Quarterly* (2005) 83:731–57.
- [68] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, (2019) [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)
- [69] GAWRYSZEWSKI VP, SOUZA MDE F., Mortality due to cardiovascular diseases in the Americas by region, 2000–2009, *Sao Paulo Medical Journal*, Sao Paulo (2014) 132:105–10.
- [70] ORDUNEZ P, PRIETO-LARA E, PINHEIRO GAWRYSZEWSKI V, HENNIS AJ, COOPER RS., Premature mortality from cardiovascular disease in the Americas- Will the goal of a decline of “25 % by 2025” be met? *PLoS ONE* (2015) 10:e0141685.
- [71] ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Enfermedades no transmisibles: hechos y cifras. Washington (2019).
- [72] LUCIANI S, CABANES A, PRIETO-LARA E, GAWRYSZEWSKI V, Cervical and female breast cancers in the Americas: current situation and opportunities for action. *Bulletin of the World Health Organization* (2013) 91:640–9.
- [73] ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Cáncer en las Américas, perfiles de país, Washington, D.C. (2013), [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=9010:2013-cancer-americas-country-profiles-2013&Itemid=40084&lang=es](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=9010:2013-cancer-americas-country-profiles-2013&Itemid=40084&lang=es).
- [74] SUNG H., FERLAY J., ME, SIEGEL R., LAVERSANNE M., SOERJOMATARAM I., JEMAL A., BRAY F., Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries, *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, [Volumen 71, número 3](https://doi.org/10.3322/caac.21660), (2021) 209-249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>.
- [75] ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD, Global Targets 2025: To improve maternal, infant and young child nutrition, OMS (2013), [http://www.who.int/nutrition/topics/nutrition\\_globaltargets2025/en/](http://www.who.int/nutrition/topics/nutrition_globaltargets2025/en/).
- [76] ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD, Diet and physical activity: a public health priority, OMS (2013).
- [77] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Operational Guidance on Hospital Radiopharmacy, Publicaciones monográficas, OIEA, Viena (2008)
- [78] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Radiotherapy in Cancer Care: Facing the Global Challenge, Publicaciones monográficas, OIEA, Viena (2017). [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1638\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1638_web.pdf)

- [79] XIANG Y., VILMENAY K., POON A.N., AYANIAN S., AITKEN C.F., CHAN K.Y., Systematic review estimating the burden of dementia in the Latin America and caribbean region: a Bayesian approach, *Front. Neurol.*, 12 (2021), <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.628520>
- [80] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Comprehensive Audits of Radiotherapy Practices: A Tool for Quality Improvement, Quality Assurance Team for Radiation Oncology (QUATRO), Viena (2007)
- [81] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Colección de Salud Humana del OIEA N° 33, Quality Management Audits in Nuclear Medicine Practices, segunda edición, Viena, (2015)
- [82] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, IAEA Colección de Salud Humana del OIEA N° 4, Auditorías clínicas completas de prácticas de radiología diagnóstica: un instrumento para mejorar la calidad, Auditoría de Garantía de Calidad para la Mejora y el Aprendizaje en Radiología de Diagnóstico (QUAADRIL), Viena (2010)

## AMBIENTE

- [83] NACIONES UNIDAS. Agenda de Desarrollo Sostenible 2030, (2015), <https://www.onu.org.ar/agenda-post-2015/>
- [84] NACIONES UNIDAS. Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, (2019), <https://www.onu.org.ar/stuff/Informe-ODS-2019.pdf>
- [85] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Implementación de la Agenda 2030 en América Latina, (2015), [www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/seguimiento-implementacion-la-agenda-2030](http://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/seguimiento-implementacion-la-agenda-2030)
- [86] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Perspectivas económicas de América Latina 2019: desarrollo en transición, (2019), <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44525-perspectivas-economicas-america-latina-2019-desarrollo-transicion>
- [87] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, CEPALSTAT: Statistics and Indicators (base de datos), Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago, (2018), <http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/portada.html?idioma=english>
- [88] NACIONES UNIDAS, <https://www.cepal.org/es/infografias/economia-cambio-climatico-america-latina-caribe>
- [89] CODA J.I., Banco Mundial, (2021), <https://www.worldbank.org/en/results/2021/04/14/promoting-climate-change-action-in-latin-america-and-the-caribbean>
- [90] ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, Realizing the WMO 2030 Vision, *Bulletin* Vol. 68(2), (2019), [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10077](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10077)
- [91] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Amazonia posible y sostenible, (2013), [https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/amazonia\\_posible\\_y\\_sostenible.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/amazonia_posible_y_sostenible.pdf)
- [92] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA, Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua, (2018), <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261494>
- [93] AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES, Plan de Acción Regional: Acelerando el Despliegue de Energía Renovable en América Latina, (2019).
- [94] CONSEJO MUNDIAL DE LA ENERGÍA, Regional Energy Integration in Latin America and the Caribbean, (2008), [https://www.worldenergy.org/assets/downloads/PUB\\_Regional\\_Energy\\_Integration\\_in\\_Latin\\_America\\_and\\_The\\_Caribbean\\_2008\\_exec\\_Summary\\_WEC.pdf](https://www.worldenergy.org/assets/downloads/PUB_Regional_Energy_Integration_in_Latin_America_and_The_Caribbean_2008_exec_Summary_WEC.pdf)

- [95] BRITISH PETROLEUM, Statistical Review of World Energy 70th edition, (2021). <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-oil.pdf>
- [96] GLOBAL CARBON ATLAS, Global City Emissions, <http://www.globalcarbonatlas.org/en/content/global-cities-emissions>
- [97] KORC, M., Water Quality, Sanitation Technology for the Americas. HDT 87: The deterioration of air quality, (2002), <http://cepis.org.pe/hdt87-deterioration-air-quality/#cifras>
- [98] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Salud en las Américas 2017, Resumen: panorama regional y perfiles de país. Publicación Científica y Técnica N° 642, (2017), <https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/wp-content/uploads/2017/09/Print-Version-Spanish.pdf>
- [99] ALVE, B., STATISTA GLOBAL SERVICE, Energy & Environment. Number of deaths attributable to air pollution exposure in Latin America and the Caribbean in 2017, by country, (2019), <https://www.statista.com/statistics/868789/number-deaths-air-pollution-latin-america-caribbean-country/>
- [100] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, La Salud en el Mundo, Informe 2002, (2002), <http://www.who.int>
- [101] GRUPO DEL BANCO MUNDIAL, What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050, Urban Development Series, (2018) <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- [102] BICKEL, S.E., CATTERSON, T., CROW, M., FISHER, W., LEWANDOWSKI, A., STOUGHTON, M., TAYLOR, C., Solid waste collection and disposal system. In: Environmental Guidelines for the USAID Latin America and the Caribbean Bureau, (2003).
- [103] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Observatorio del Principio 10 en América Latina, y el Caribe. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, (1994), <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convencion-marco-naciones-unidas-cambio-climatico>
- [104] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA, El Atlas de Glaciares y Aguas Andinos: el impacto del retroceso de los glaciares sobre los recursos hídricos: El impacto del retroceso de los glaciares sobre los recursos hídricos, (2018), <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000266209>
- [105] TAMBUTTI M. Y GÓMEZ J.J. (eds.), “The outlook for oceans, seas and marine resources in Latin America and the Caribbean: conservation, sustainable development and climate change mitigation”, Documentos de proyectos (LC/TS.2020/167), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), (2020). [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46509/4/S2000911\\_en.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46509/4/S2000911_en.pdf)
- [106] CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA, Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, incluidas las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica (2020). <https://www.cbd.int/sp/>
- [107] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, <https://www.fao.org/americas/priorities/bosques/en/>
- [108] NACIONES UNIDAS, Temas estadísticos de la CEPAL N° 2, “Forest loss in Latin America and the Caribbean from 1990 to 2020: the statistical evidence”, (2021). ISSN: 2788-5836
- [109] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, Prepararse para el Decenio Internacional de Agricultura Familiar (2019-2028) para alcanzar los ODS, (2018), <http://www.fao.org/3/ca1465es/CA1465ES.pdf>
- [110] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA Y GRUPO TÉCNICO INTERGUBERNAMENTAL SOBRE LOS

SUELOS, Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. (2015). Roma, Italia. ISBN 978-92-5-109004-6

- [111] GARDI, C., ANGELINI, M., BARCELÓ, S., COMERMA, J., CRUZ GAISTARDO, C., ENCINA ROJAS, A., JONES, A., KRASILNIKOV, P., MENDONÇA SANTOS BREFIN, M.L., MONTANARELLA, L., MUÑIZ UGARTE, O., SCHAD, P., VARA RODRÍGUEZ, M.I., VARGAS, R., RAVINA DA SILVA, M. (eds), Atlas de suelos de América Latina y el Caribe (2015) 176 págs. ISBN: 978-92-79-25599-1
- [112] PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, Report: GEO LAC 3: Environmental Perspectives - Latin America and the Caribbean, Panamá (2010), <http://www.pnuma.org/>
- [113] ODS 15: Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad en América Latina y el Caribe, [https://www.cepal.org/sites/default/files/static/files/ods15\\_c1900735\\_press.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/static/files/ods15_c1900735_press.pdf)
- [114] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Al crecer la pequeña minería en los países en desarrollo, (1999), [https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS\\_008522/lang--es/index.htm](https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_008522/lang--es/index.htm)
- [115] ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN, Minería para un futuro bajo en carbono Oportunidades y desafíos para el desarrollo sostenible, (2019), [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44584/1/S1900199\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44584/1/S1900199_es.pdf)
- [116] FAO y PNUMA. Global assessment of soil pollution: Report, (2021), Roma. <https://doi.org/10.4060/cb4894en>

## ENERGÍA

- [117] BANCO MUNDIAL, Education Statistics, <https://databank.worldbank.org/source/education-statistics-%5e-all-indicators>.
- [118] BANCO MUNDIAL, <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.GROW?locations=ZJ>
- [119] BANCO MUNDIAL, Education Statistics, <https://datos.bancomundial.org/indicador/SE.ADT.LITR.ZS?locations=ZJ>
- [120] BRITISH PETROLEUM, BP Statistical Review of World Energy 2019 68th edition, (2019), <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>.
- [121] SÖNNICHSEN N., STATISTA GLOBAL SERVICE, Proved oil reserves worldwide from 1990 to 2020\*, (2021), <https://www.statista.com/statistics/264331/global-oil-reserves-since-1990/>
- [122] FITCH RATINGS BNAMERICAS, New York, <https://www.bnamericas.com/es/perfil-empresa/fitch-ratings-inc>
- [123] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA, World Energy Outlook 2012, OECD/IEA, Paris (2012), [www.iea.org](http://www.iea.org)
- [124] NACIONES UNIDAS, Population 2030 Demographic challenges and opportunities for sustainable development planning, Nueva York (2015)
- [125] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Power Reactor Information System, <https://pris.iaea.org/pris/home.aspx>
- [126] COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reactores de investigación, <https://www.argentina.gob.ar/cnea/Tecnologia-nuclear/reactores-de-investigacion/>
- [127] GOBIERNO DE MÉXICO, <https://www.gob.mx/inin/articulos/reactor-triga-mark-iii-143366>
- [128] COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reactor Argentino CAREM, <https://www.argentina.gob.ar/cnea/carem/el-proyecto-carem>

- [129] COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA DE ARGENTINA, El primer reactor nuclear de Latinoamérica, Argentina, <https://www.argentina.gob.ar/cnea/Tecnologia-nuclear/reactores-de-investigacion/ra-1>
- [130] PROYECTO ARCAL CXIX, Proyecto RLA/0/037, Informe final, Producción y usos de radioisótopos producidos en reactores de investigación en América Latina y el Caribe, (2013).
- [131] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, IAEA tools for energy system planning and nuclear energy system assessments, Vienna, (2015) <https://www.iaea.org/topics/energy-planning/energy-modelling-tools>

## SEGURIDAD RADIOLÓGICA

- [132] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Estatuto, Nueva York (1956)
- [133] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios fundamentales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SF-1, OIEA, Viena (2006).
- [134] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ARCAL: Perfil Estratégico Regional (PER) para América Latina y el Caribe 2016–2021, IAEA-TECDOC-1763, OIEA, Viena (2015).
- [135] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 1 (Rev. 1), OIEA, Viena (2016).
- [136] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Liderazgo y gestión en pro de la seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 2, OIEA, Viena (2016).
- [137] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 3, OIEA, Viena (2014).
- [138] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 4 (Rev. 1), OIEA, Viena (2016).
- [139] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 5, OIEA, Viena (2009).
- [140] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Clausura de instalaciones, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 6, OIEA, Viena (2014).
- [141] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, COMISIÓN PREPARATORIA DE LA ORGANIZACIÓN DEL TRATADO DE PROHIBICIÓN COMPLETA DE LOS ENSAYOS NUCLEARES, OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE POLICÍA CRIMINAL (INTERPOL), ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, Preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 7 OIEA, Viena (2015).
- [142] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos, edición de 2018, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SSR-6 (Rev. 1), OIEA, Viena (2018).

- [143] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Informe de la reunión celebrada del 3 al 16 de marzo de 2021 en relación con la coordinación del proyecto RLA9088 “Fortalecimiento de las capacidades regionales para usuarios finales y organizaciones de apoyo técnico en materia de protección radiológica y de preparación y respuesta para casos de emergencia de conformidad con los requisitos del OIEA” (2020-2021) y el diseño de RLA2020030 “Fortalecimiento de las capacidades regionales para usuarios finales y organizaciones de apoyo técnico en materia de protección radiológica y de preparación y respuesta para casos de emergencia de conformidad con los requisitos del OIEA” (2022-2023), OIEA, Viena (2021)
- [144] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Calibración de instrumentos de seguimiento de la protección radiológica, Informe de seguridad del OIEA N° 16, OIEA, Viena (2000).
- [145] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Protección radiológica ocupacional, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSG-7, Viena (2018).
- [146] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Estrategia y proceso de rehabilitación para las zonas afectadas por actividades y actos anteriores, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSG-15, Viena (2022).
- [147] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Código de Conducta sobre Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas, OIEA, Viena (2004).
- [148] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Directrices sobre la Importación y Exportación de Fuentes Radiactivas, OIEA, Viena (2005).
- [149] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Orientaciones sobre la Gestión de las Fuentes Radiactivas en Desuso, OIEA, Viena (2018).
- [150] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Convención sobre la Pronta Notificación de Accidentes Nucleares, INFCIRC/335, OIEA, Viena (1986).
- [151] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Convención sobre Asistencia en caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica, INFCIRC/336, OIEA, Viena (1986).
- [152] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos, INFCIRC/546, OIEA, Viena (1997).
- [153] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Código de Conducta sobre la Seguridad de los Reactores de Investigación, OIEA, Viena (2006).
- [154] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Llamamiento a la Acción de Bonn: declaración de posición conjunta del OIEA y la OMS, Viena (2012).
- [155] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación ionizante, Guía de Seguridad Específica N° SSG-46, OIEA, Viena (2018).

## TECNOLOGÍA RADIOLÓGICA

- [156] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Guidebook for Establishing a Sustainable and Accredited System for Qualification and Certification of Personnel for Non-Destructive Testing, Colección Cursos de Capacitación N°34, OIEA, Viena (2009).
- [157] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Non-Destructive Testing: Sample Questions for Conduct of Examinations at Levels 1 and 2, Colección Cursos de Capacitación N° 45, OIEA, Viena (2010).
- [158] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Eddy Current Testing at Level 2: Manual for the Syllabi Contained in IAEA-TECDOC-628/Rev.2, Colección Cursos de Capacitación N° 48, OIEA, Viena (2011).



- [159] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Training guidelines in NDT techniques: Manual for leak testing at Level 2, Colección Cursos de Capacitación N°52, OIEA, Viena (2012).
- [160] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Training guidelines in NDT techniques: Manual for visual testing at Level 2, Colección Cursos de Capacitación N° 54, OIEA, Viena (2013).
- [161] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Training guidelines in non-destructive testing techniques, IAEA-TECDOC-628, OIEA, Viena (1991).
- [162] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Training guidelines in Non-Destructive Testing techniques, IAEA-TECDOC-628/Rev.1, OIEA, Viena (2002).
- [163] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Training Guidelines in Non-destructive Testing Techniques, IAEA-TECDOC-628/Rev.2, OIEA, Viena (2008).
- [164] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Development of Protocols for Corrosion and Deposits Evaluation in Pipes by Radiography, IAEA-TECDOC-1445, OIEA, Viena (2005).
- [165] UNITED NATIONS, Informe de 2013: Objetivos de Desarrollo del Milenio, Naciones Unidas (2013). Disponible en: <http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/mdg-report-2013-spanish.pdf>
- [166] NOTIMERICA – SOCIEDAD, América Latina y Caribe alcanzarán 784 millones de habitantes en 2050, (2015), <https://www.notimerica.com/sociedad/noticia-america-latina-caribe-alcanzaran-784-millones-habitantes-2050-20150730202756.html>
- [167] BANCO MUNDIAL, Empleos en la industria (% del total de empleos) – América Latina y el Caribe, (2019) <https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.IND.EMPL.ZS?locations>

## IGUALDAD DE GÉNERO

- [168] BANCO MUNDIAL, Población, mujeres (% del total) – América Latina y el Caribe, <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL.FE.ZS?locations=ZJ>
- [169] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Women in science, Hoja informativa N° 55 (2019). <https://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/fs55-women-in-science-2019-en.pdf>





## BIBLIOGRAFÍA

### SALUD HUMANA

REVISTA ESPAÑOLA DE GERIATRÍA Y GERONTOLOGÍA [Spanish Geriatrics and Gerontology Review], VOLUME 54, ISSUE 6, NOVEMBER–DECEMBER 2019, PAGES 346–355.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Training a new generation of radiation oncologists in Latin America, (2009), <https://www.iaea.org/sites/default/files/torzsok-presentation-200917.pdf>.

### SEGURIDAD RADIOLÓGICA

Principios fundamentales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA, SF-1, (2006).

Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación: Normas Básicas Internacionales de Seguridad - Edición provisional, GSR Parte 3, (2014).

### TECNOLOGIAS CON RADIACIÓN

CAILLOT A., La radioactivité au Service de L'industrie et de L'environnement, (2002).

CLELAND, M. R., Industrial Applications of Electron Accelerators. CERN Accelerator School, (2006), <https://cds.cern.ch/record/1005393/files/p383.pdf>

Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe, CEPAL, (2012).

Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2013, CEPAL, (2013), [http://www.eclac.cl/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/4/50484/P50484.xml&xsl=/publicaciones/ficha.xsl&base=/publicaciones/top\\_publicaciones.xsl](http://www.eclac.cl/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/4/50484/P50484.xml&xsl=/publicaciones/ficha.xsl&base=/publicaciones/top_publicaciones.xsl)

JOHANSEN G.A., JACKSON P., Radioisotope Gauges for Industrial Process Measurements, (2004).

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, Informe 1999, IDB, (2000), [http://www8.iadb.org/en/publications/publications,4126.html?country=country\\_en%3D%3DGuyana&doctype=&docTypeID=AllPublic&searchLang=&keyword=&selectList=All&topicDetail=0&tagDetail=0&jelcodeDetail=0&publicationCover=0&topic=BIOF%3BAGRI7](http://www8.iadb.org/en/publications/publications,4126.html?country=country_en%3D%3DGuyana&doctype=&docTypeID=AllPublic&searchLang=&keyword=&selectList=All&topicDetail=0&tagDetail=0&jelcodeDetail=0&publicationCover=0&topic=BIOF%3BAGRI7)

The Thin Layer Activation method and its applications in industry, TECDOC No. 924, (1997).

Non-destructive testing: Guidebook for industrial management and quality control personnel, Training Course Series No.9, (1999).

Ultrasonic Testing of Materials at Level 2 — Manual for the Syllabi Contained in IAEA-TECDOC-628, Training Course Series No. 10, (1999).

Emerging new applications of nucleonic control systems in industry, TECDOC No. 1142, (2000).

Industrial Radiography, manual for the syllabi contained in IAEA-TECDOC-628, Training Course Series No.3, (2000).

Liquid penetrant and magnetic particle testing at level 2, manual for the syllabi contained in IAEA-TECDOC-628, Training Course Series No.11, (2000).

Guidebook for the fabrication of non-destructive testing test specimens, Training Course Series No. 13, (2001).

Radiotracer technology as applied to industry, TECDOC No. 1262, (2001).

Brochure, Radioisotope applications for troubleshooting and optimizing industrial processes, (2002).

Brochure, Tracer's applications in oil field investigations, (2003).

Integration of tracing with computational fluid dynamics for industrial process investigation, TECDOC No. 1142, (2004).

Brochure, Radiotracer applications for leak detection, (2004).

Brochure, Diagnosis of industrial reactors by radiotracers: RTD applications, (2005).

Non-destructive testing for plant life assessment, Training Course Series No. 26, (2005).

Technical data on nucleonic gauges, IAEA-TECDOC-1459, (2005).

Industrial process gamma tomography, TECDOC No. 1589, (2008).

Radiotracer Residence Time Distribution method for industrial and environmental applications, Training Course Series No. 31, (2008).

Leak detection in heat exchangers and underground pipelines using radiotracers, Training Course Series No. 38, (2009).

Application of Radiotracer Techniques for Interwell Studies, IAEA Radiation Technology Series No. 3, (2012).

Radiotracer Generators for Industrial Applications, IAEA Radiation Technology Series No. 5, (2013).

THYN J., ZITNY R., et.al, Analysis and Diagnostics of Industrial Processes by Radiotracers and Radioisotope Sealed Sources, Vydavatelstvi CVUT, Praha, (2000).

World Population Prospects: World Population Prospects: The 2008 Revision, (2009), <http://esa.un.org/wpp/>

World Population Prospects: The 2012 Revision, (2013). <http://esa.un.org/wpp/>

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, GEO Yearbook 2006, [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8354/-GEO %20Year %20Book %202006-20063759.pdf?sequence=3& %3BisAllowed=](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8354/-GEO%20Year%20Book%202006-20063759.pdf?sequence=3&%3BisAllowed=)

## **ANEXO PER 2022–2029 METODOLOGÍA PARA LA PRIORIZACIÓN**

### **A–1. INTRODUCCIÓN**

Para la preparación del Perfil Estratégico Regional (PER) para América Latina y El Caribe, se adoptó la misma metodología de priorización utilizada en el PER anterior, con algunos ajustes y actualización, cuyo enfoque se viene utilizando a lo largo de los últimos 30 años por diversas instituciones públicas y privadas, así como por diferentes organismos internacionales tanto de fomento como de desarrollo.

Para la asignación de prioridades dentro de un conjunto de necesidades y problemas, de naturaleza estratégica, identificadas dentro de diferentes sectores de actuación, la metodología considera la adopción de atributos específicos para los cuales se establece una graduación de valores para cada necesidad/problema, y que, al fin del proceso, posibilita una comparación cuantitativa entre ellos.

Es necesario destacar que todo proceso de priorización significa atribuir valores cuantitativos a una evaluación cualitativa, lo cual siempre introduce un componente de subjetividad al proceso. En este caso, el mecanismo a adoptar para minimizar ese efecto y, simultáneamente, enriquecerlo es por medio de la justificación de cada necesidad/problema, así como la justificación de cada grado asignado a los respectivos atributos. Además, cuando se hace una evaluación colectiva de los problemas identificados en el marco del PER, es conveniente que se desarrolle un proceso de discusión y debates entre los participantes hasta que se genere el consenso y lograr un valor único para cada uno de los grados asignado a cada atributo.

Otro aspecto importante de la metodología es la elección de los perfiles de las personas que participan en el proceso. Para esta elección debe considerarse la formación técnica, la experiencia profesional y los conocimientos específicos necesarios para la correcta caracterización de cada problema.

En el caso del PER es importante destacar la naturaleza estratégica de la publicación, la cual se basa en la identificación de las necesidades y problemas de la Región y sirve para la elaboración de una alianza estratégica entre, ARCAL y otros socios institucionales, entre ellos la Organismo Internacional de Energía Atómica. Esta alianza solamente puede ser alcanzada bajo un proceso de planificación estratégica que posibilite la adecuada identificación y caracterización de cada necesidad/problema.

Otro aspecto relevante para la elaboración del Perfil Estratégico Regional es que se debe tomar en cuenta los diferentes niveles de desarrollo de cada país de la región, en particular cuando se consideran los seis sectores elegidos para la elaboración del Perfil: Seguridad Alimentaria, Salud Humana, Medio Ambiente, Energía, Seguridad Radiológica y Tecnología con Radiación.

### **A–2. ATRIBUTOS PARA LA PRIORIZACIÓN**

Se adoptaron cinco atributos para la evaluación de las necesidades y problemas, tomándose en cuenta la naturaleza estratégica del PER, los cuales se presentan en la Tabla A–1. a continuación:

TABLA A-1. ATRIBUTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS

Atributo	Descripción
Severidad (gravedad)	Es una medida del grado de severidad de la necesidad/problema considerando los impactos negativos que genera la no atención de la misma.
Tiempo	Está relacionado con el grado de urgencia de atender la necesidad/problema, su tendencia de agravarse y las consecuencias futuras
Extensión	Determina el grado de impacto regional de la necesidad/problema tomándose en cuenta, por ejemplo, la cantidad de países afectados.
Relevancia de/para las Técnicas Nucleares	Por una parte, mide qué tanto pueden contribuir las aplicaciones nucleares a la atención/solución de la necesidad/problema. Por otra, se considera qué tanto la solución del problema es relevante para las aplicaciones nucleares.
Nivel de dificultad	Mide el grado de dificultad para la implementación de la solución de la necesidad/problema identificado, el cual puede estar relacionado con: infraestructuras, recursos, tecnología, legis-lación, compromisos intergubernamentales, etc.

### A-3. PUNTUACIÓN PARA LA PRIORIZACIÓN Y LA JUSTIFICACIÓN

Para priorizar las necesidades y problemas por sector, se utilizan grados de priorización para los atributos GRAVEDAD, TIEMPO, EXTENSIÓN, RELEVANCIA. Estos grados están entre 1 y 5, de acuerdo con lo presentado en la Tabla A-2.

TABLA A-2. GRADOS DE PRIORIZACIÓN PARA LOS ATRIBUTOS

Grado	Corresponde a
1	Muy Bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

El grado de priorización que se asigne a cada atributo debe justificarse y ponerse en una tabla, posteriormente estos valores se suman para obtener el valor TOTAL, el cual corresponde a la puntuación de la priorización de la necesidad/problema. Esta operación se debe realizar para cada uno de los sectores considerados.

A continuación, se presenta la Tabla A-3., en la cual se colocan: las necesidades y problemas y los atributos. Una vez descrita la necesidad/problema, en cada celda se ponen los grados asignados para cada atributo con la respectiva justificación y en la columna Total, la sumatoria de estos grados.

TABLA A-3. PRIORIZACIÓN DENTRO DEL SECTOR

*Sector y/o subsector cuando sea el caso:*

Atributos Necesidad/Problema	Gravedad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Total
1) Descripción	Grado: 1 a 5	Grado: 1 a 5	Grado: 1 a 5	Grado: 1 a 5	Suma:
	Justificación (texto)	Justificación (texto)	Justificación (texto)	Justificación (texto)	
2) Descripción	Grado: 1 a 5	Grado: 1 a 5	Grado: 1 a 5	Grado: 1 a 5	Suma:
	Justificación (texto)	Justificación (texto)	Justificación (texto)	Justificación (texto)	

El valor TOTAL corresponde a la puntuación de la prioridad para la necesidad/problema dentro del sector, y puede alcanzar valores entre 4 y 20 puntos.

Un aspecto importante para tomar en cuenta cuando se evalúa el TOTAL es que no deben obtenerse valores iguales en este campo, para dos o más necesidades y problemas. En el caso de que se presente esta situación es necesario realizar los ajustes a los grados asignados de los atributos, incluso utilizando valores decimales (0,25; 0,5; 0,75), si es necesario.

La puntuación del valor TOTAL establece la priorización del conjunto de necesidades y problemas del sector.

Otro atributo que se evalúa es el grado de DIFICULTAD para resolver la necesidad/problema; esto se hace añadiendo una columna a la tabla de atributos anteriormente presentada (Tabla A-3.), tal y como se muestra en la Tabla A-4.

TABLA A-4. PRIORIZACIÓN DENTRO DEL SECTOR, INCLUYENDO EL ATRIBUTO DIFICULTAD

*Sector y/o subsector cuando sea el caso:*

Atributos Necesidad/Problema	Gravedad	Tiempo	Extensión	Relevancia	Total	Dificultad
1) Descripción	Grado: 1 a 5	Grado: 1 a 5	Grado: 1 a 5	Grado: 1 a 5	Suma:	Grado: 1 a 5
	Justificación (texto)	Justificación (texto)	Justificación (texto)	Justificación (texto)		Justificación (texto)
2) Descripción	Grado: 1 a 5	Grado: 1 a 5	Grado: 1 a 5	Grado: 1 a 5	Suma:	Grado: 1 a 5
	Justificación (texto)	Justificación (texto)	Justificación (texto)	Justificación (texto)		Justificación (texto)

También en este caso el rango de valores para evaluar el grado de DIFICULTAD se encuentra entre 1 y 5, como se presenta en la Tabla A-2.

El Grado Total de Prioridad (GTP) se utiliza para la priorización de las necesidades y problemas dentro de un mismo sector, o sea, la prioridad (P), ranqueada como 1, 2, 3, etc. que se consigna de acuerdo con la puntuación que se obtiene en el correspondiente Grado Total.

En el caso en que haya empate entre dos N/P se recomienda repetir la evaluación de los atributos y buscar elementos que permitan un ajuste en la puntuación y elegir la cual se presentará como prioritaria entre ellas. Otra opción es utilizar el Grado Final de Prioridad de acuerdo con lo que se presenta a continuación.

#### A-4. Gráfico de Cuadrantes

Para analizar los datos obtenidos se presentan cuatro posibilidades, las cuales están definidas en función de los valores de los atributos de RELEVANCIA y DIFICULTAD:

1. ALTA RELEVANCIA y BAJA DIFICULTAD;

Corresponde a la primera categoría de prioridades y contiene las necesidades y problemas a seleccionar en primer lugar.

2. ALTA RELEVANCIA Y DIFICULTAD;

Corresponde a la segunda categoría de prioridades.

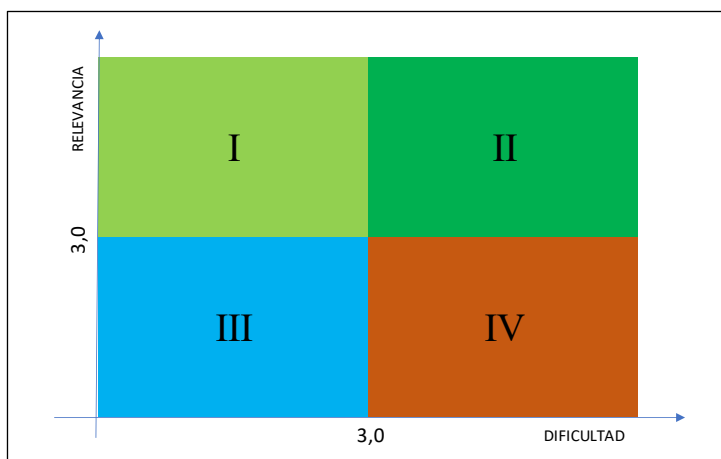
3. BAJA RELEVANCIA y BAJA DIFICULTAD;

A esta tercera categoría corresponden las necesidades y problemas que presentan una importancia relativamente baja, pero que todavía se las puede elegir a causa de su bajo grado de dificultad para la implementación.

4. BAJA RELEVANCIA y ALTA DIFICULTAD.

A esta cuarta categoría corresponden el último conjunto de necesidades y problemas que en principio se pueden eliminar y que solamente se considera bajo intereses específicos o situaciones especiales.

Estas cuatro posibilidades se pueden representar en un gráfico de cuadrantes donde se toma la DIFICULTAD en el eje X y la RELEVANCIA en el eje Y, tal y como se presenta a continuación en el gráfico A-1.:



Gráfica A-1. Representación en cuadrantes de la relación RELEVANCIA vs DIFICULTAD

Como se puede observar en este gráfico, los cuadrantes tienen la siguiente correspondencia:

- El Cuadrante I a la categoría de ALTA RELEVANCIA y BAJA DIFICULTAD,
- El Cuadrante II a la categoría de ALTA RELEVANCIA y ALTA DIFICULTAD,
- El Cuadrante III a la categoría de BAJA RELEVANCIA y BAJA DIFICULTAD
- EL Cuadrante IV a la categoría de BAJA RELEVANCIA y ALTA DIFICULTAD

#### **A-5. GRADO FINAL DE PRIORIDAD (GFP)**

Una vez analizados los datos en función de la RELEVANCIA y la DIFICULTAD de las necesidades y problemas, el siguiente paso es determinar el Grado Final de Prioridad (GFP).

Donde el TOTAL representa la sumatoria de los atributos: GRAVEDAD, TIEMPO, EXTENSION Y RELEVANCIA para cada necesidad/problema de cada sector y el cociente RELEVANCIA/DIFICULTAD corresponde a un factor de ajuste, de tal forma que el Grado Final de Prioridad puede ser mayor, igual o menor que el valor TOTAL.

Este se consigue a partir de los valores que se obtienen la siguiente fórmula:

$$GFP = TOTAL \times \frac{RELEVANCIA}{DIFICULTAD} \quad (1)$$

Con los valores del Grado Final de Prioridad que se obtienen se puede establecer un orden de prioridad de las necesidades y problemas, por cuadrante, entre todos los sectores.

Cabe destacar que la metodología de priorización es una herramienta de apoyo que permite a los tomadores de decisiones tener una base de comparación cuantitativa entre necesidades y problemas, aunque esta no necesariamente es la única consideración que se puede tener en cuenta para priorizar un conjunto de necesidades y problemas.

Así es que, en esta etapa de elaboración del PER 2022–2029, no se utilizó el Gráfico de Cuadrantes para la priorización entre sectores, esto será hecho en la próxima etapa del trabajo, que tratará de la formulación de la Guía para Implementación del PER.





## GLOSARIO

**Acelerador Lineal.** Un acelerador médico lineal (LINAC, por sus siglas en inglés) personaliza los rayos X de alta energía, o electrones, para que se ajusten a la forma de un tumor y destruyan las células cancerosas sin afectar el tejido normal circundante.

**Autoridad Reguladora.** Autoridad o conjunto de autoridades a las que el gobierno de un Estado confiere facultades legales para llevar a cabo el proceso de reglamentación, incluida la concesión de autorizaciones y, de este modo, reglamentar la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte

**Autorización.** Concesión por parte de un órgano regulador u otro órgano gubernamental, de un permiso por escrito para que una entidad explotadora realice actividades especificadas.

**Bomba de Cobalto.** La bomba de cobalto, que se utiliza para el tratamiento radioterápico de pacientes oncológicos, es un equipo que utiliza la radiación gamma de una fuente de cobalto-60 en su interior.

**Braquiterapia.** Radioterapia en la cual se coloca la fuente de irradiación cerca de la superficie del cuerpo o dentro de una cavidad natural.

**Buenas prácticas.** Combinación de procedimientos operacionales y de calidad dirigidos a garantizar que los productos o procesos se realicen sistemáticamente con arreglo a sus especificaciones.

**Calibración.** Conjunto de operaciones con que se establece, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida realizada o un material de referencia, y los valores correspondientes establecidos por las normas.

**Cardiología nuclear.** Los estudios de cardiología nuclear utilizan técnicas no invasivas para evaluar el flujo sanguíneo del miocardio, evaluar la función de bombeo del corazón y visualizar el tamaño y la ubicación de un ataque cardíaco. Entre las técnicas de cardiología nuclear, la imagen de perfusión miocárdica es la más utilizada.

**Cardiotoxicidad.** La cardiotoxicidad es una alteración cuantitativa o cualitativa en el corazón debido a los fármacos y otras sustancias tóxicas para este órgano. Puede evolucionar a insuficiencia cardíaca o arritmias.

**Ciclotrón.** El ciclotrón es un equipo en el que un haz de partículas se somete a la acción de un campo eléctrico de frecuencia alta y constante y un campo magnético perpendicular estático provocando su aceleración. Fue inventado en 1929 por Ernest Lawrence.

**Contaminación.** Presencia de sustancias radiactivas sobre superficies, o dentro de sólidos, líquidos o gases (incluido el cuerpo humano), donde tal presencia no es ni intencionada ni deseable, o proceso que provoca la presencia de sustancias radiactivas en dichos lugares.

**Control reglamentario.** Cualquier forma de control o reglamentación que un órgano regulador aplica a instalaciones y actividades por motivos relacionados con la seguridad tecnológica nuclear y la protección radiológica o con la seguridad física nuclear.

**Cultura de la seguridad.** Conjunto de características y actitudes de las organizaciones y personas que hace que, como prioridad absoluta, los problemas de protección y seguridad reciban la atención que merecen por su importancia.

**Desechos radiactivos.** Materiales radiactivos en forma gaseosa, líquida o sólida para los cuales la Parte Contratante o una persona jurídica o natural cuya decisión sea aceptada por la Parte Contratante no prevé ningún uso ulterior y que el órgano regulador controla como desechos radiactivos según el marco legislativo y regulador de la Parte Contratante.

**Disposición final.** Colocación de desechos en una instalación apropiada sin intención de recuperarlos.

**Dosimetría.** Medición de la dosis absorbida por medio de dosímetros.

**Dosímetro.** Dispositivo que responde de manera reproducible y cuantificable a la radiación, que puede utilizarse para medir la dosis absorbida en un sistema determinado.

**Dosis de radiación.** Dosis de radiación o dosis absorbida es la concentración de energía depositada en el tejido como resultado de una exposición a la radiación ionizante. Aclaración: en este caso, se refiere a la energía absorbida por el tejido humano.

**Ecocardiografía.** La ecocardiografía es un procedimiento de ultrasonido, seguro y no invasivo, que utiliza ondas sonoras para obtener una imagen detallada del corazón. Los estudios ecocardiográficos se realizan para definir la anatomía cardíaca.

**Emergencia nuclear o radiológica.** Emergencia en la que existe, o se considera que existe, un peligro debido a: a) la energía derivada de una reacción nuclear en cadena o de la desintegración de los productos de una reacción en cadena; o b) la exposición a la radiación.

**Enfermedad aterosclerótica.** La aterosclerosis es una enfermedad en la que se deposita placa dentro de las arterias. Las arterias son vasos sanguíneos que llevan sangre rica en oxígeno al corazón y a otras partes del cuerpo. La placa está compuesta por grasas, colesterol, calcio y otras sustancias que se encuentran en la sangre. Con el tiempo, la placa se endurece y estrecha las arterias, con lo cual se limita el flujo de sangre rica en oxígeno a los órganos y a otras partes del cuerpo.

**Enfermedad oligometastásica.** Tipo de metástasis por la que las células cancerosas del tumor original (primario) se desplazan por el cuerpo y forman un número pequeño de tumores nuevos (tumores metastásicos) en una o dos partes diferentes del cuerpo.

**Enfermedades cerebrovasculares.** Se suele definir como ictus puesto que, de forma genérica, engloba al infarto cerebral, el accidente cerebrovascular y a otros trastornos. La enfermedad cerebrovascular puede ser isquémica, disminución del aporte sanguíneo al cerebro, o hemorrágica (derrame cerebral) por presencia de sangre en los ventrículos cerebrales o en espacio subaracnoideo. Las enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares (ECV) son la segunda causa más frecuente de muerte y la primera de discapacidad. Las mujeres son más propensas a padecer un trastorno cerebrovascular.

**Enfermedades no transmisibles.** Las enfermedades no transmisibles (ENT) o crónicas son afecciones de larga duración con una progresión generalmente lenta. Entre ellas destacan: las enfermedades cardiovasculares (por ejemplo, los infartos de miocardio o accidentes cerebrovasculares); el cáncer; las enfermedades respiratorias crónicas (por ejemplo, la neumopatía obstructiva crónica o el asma); y la diabetes.

**Evaluación de la seguridad.** Evaluación de todos los aspectos de una práctica que guarden relación con la protección y seguridad. En el caso de una instalación autorizada, ello incluye la selección del emplazamiento, el diseño y la explotación de la instalación.

**Fuente en desuso.** Fuente radiactiva que ya no se utiliza, ni se tiene la intención de utilizar, en la práctica para la cual se otorgó la autorización.

**Fuente huérfana.** Fuente radiactiva no sometida a control reglamentario, sea porque nunca lo ha estado, sea porque ha sido abandonada, perdida, extraviada, robada o transferida de otro modo sin la debida autorización.

**Gamma Cámara y Spect.** Es una máquina computarizada encargada de detectar las radiaciones emitidas por los pacientes que se les ha introducido un radiofármaco. Tipos de Gamma Cámara: a) Los Planares: son los que dan imágenes de cortes sencillos. b) La Spect: esta gira alrededor del paciente y crea imágenes de múltiples vistas.

**Generador de molibdeno-99/tecnecio 99 metaestable (99/99mTc).** Dispositivo del que se puede extraer el radioisótopo de tecnecio-99m (Tc-99m) de la desintegración radiactiva del radioisótopo molibdeno-99 (Mo-99). El tecnecio-99m se utiliza en la producción de radiofármacos utilizados en medicina nuclear con fines de diagnóstico y representa la gran mayoría de todas las pruebas de diagnóstico de este tipo.

**Gestión de desechos radiactivos.** Conjunto de actividades administrativas y operacionales relacionadas con la manipulación, el tratamiento previo, el tratamiento, el acondicionamiento, el transporte, el almacenamiento y la disposición final de los desechos radiactivos

**Hipercolesterolemia.** El hipercolesterolemia (literalmente: colesterol elevado de la sangre) es la presencia de niveles elevados de colesterol en la sangre. No puede considerarse una patología sino un desajuste metabólico que puede ser secundario a muchas enfermedades y puede contribuir a muchas formas de enfermedad, especialmente enfermedad de las arterias coronarias. Está estrechamente vinculado a los términos hiperlipidemia (los niveles elevados de lípidos) e hiperlipoproteinemia (los niveles elevados de lipoproteínas).

**Instalación de irradiación.** Establecimiento en que se lleva a cabo el tratamiento por irradiación. Existen diferentes tipos de instalaciones de irradiación en función del tipo de irradiador, la fuente de radiación, el sistema de transporte y el modo de funcionamiento. La instalación de irradiación está compuesta por un irradiador, muelles de expedición y recepción, zonas de almacenamiento de productos irradiados y no irradiados, un sistema de transporte, sistemas de seguridad y la infraestructura para el personal y los servicios de la instalación, incluido el control de registros.

**Irradiación.** Proceso de exposición de un material a radiación ionizante.

**Irradiación de alimentos.** Proceso de exponer los alimentos a radiación ionizante para mejorar su inocuidad y calidad.

**Irradiador.** Conjunto del equipo y la carcasa en que el producto es expuesto a la radiación ionizante. El irradiador garantiza un tratamiento por irradiación seguro y fiable, y comprende la fuente de radiación y los mecanismos conexos, junto con el transportador, los dispositivos de seguridad y el blindaje biológico.

**Material radiactivo natural (NORM).** Material radiactivo que no contiene cantidades significativas de radionúclidos distintos de los radionúclidos naturales.

**Nanomedicina.** La nanomedicina es la aplicación médica de la nanotecnología. La nanomedicina abarca desde las aplicaciones médicas de los nanomateriales y dispositivos biológicos, hasta los biosensores nanoelectrónicos, e incluso posibles aplicaciones futuras de la nanotecnología molecular como las máquinas biológicas. Los problemas actuales de la nanomedicina implican comprender los problemas relacionados con la toxicidad y el impacto ambiental de los materiales a nanoescala (materiales cuya estructura está en la escala de nanómetros, es decir, mil millonésimas de metro).

**Neoplasia.** Masa anormal de tejido que aparece cuando las células se multiplican más de lo debido o no se mueren cuando deberían. Las neoplasias son benignas (no cancerosas) o malignas (cancerosas). Las masas benignas a veces crecen mucho pero no se diseminan y tampoco invaden los tejidos cercanos ni otras partes del cuerpo. Las masas malignas suelen diseminarse o invadir los tejidos cercanos, y también es posible que se diseminen a otras partes del cuerpo a través de la sangre y el sistema linfático. También se llama neoplasma y tumor.

**Órgano regulador.** Autoridad o conjunto de autoridades a las que el gobierno de un Estado confiere facultades legales para llevar a cabo el proceso de reglamentación, incluida la concesión de autorizaciones y, de este modo, reglamentar la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte.

**PET, PET/TC.** Tomografía computarizada por emisión de positrones - PET es un examen de imágenes que evalúa el metabolismo de las estructuras analizadas, más especialmente hueso, músculo, cerebro, pulmón e hígado, entre otros órganos. Actualmente, la mayoría de las PET se realizan en dispositivos sincronizados con escáneres de TC que permiten combinar imágenes metabólicas y anatómicas, obtenidas respectivamente por las dos técnicas, de ahí el acrónimo.

**PET-MRI.** Es una tecnología de imagen híbrida que incorpora imágenes de tomografía por emisión de positrones con imágenes de resonancia magnética (MRI).

**Plan de emergencia.** Descripción de los objetivos, la política y los conceptos básicos de las operaciones para dar respuesta a una emergencia, así como de la estructura, las facultades y las responsabilidades inherentes a una respuesta sistemática, coordinada y eficaz.

**Preparación para emergencias.** Capacidad para adoptar medidas que atenuarán eficazmente las consecuencias de una emergencia para la salud y seguridad humanas, la calidad de vida, los bienes y el medio ambiente.

**Primeros respondedores.** Primeros agentes de un servicio de emergencia en dar respuesta a una emergencia en el lugar donde se produce.

**Programa de protección radiológica.** Disposiciones sistémicas encaminadas a permitir una adecuada consideración de las medidas de protección radiológica.

**Protección radiológica.** Protección de las personas contra la exposición a la radiación ionizante o la exposición debida a material radiactivo y medios para conseguirla.

**Radiación Gamma.** La radiación gamma o rayos gamma ( $\gamma$ ) es un tipo de radiación electromagnética, y por tanto constituida por fotones, producida generalmente por elementos radiactivos o por procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón. También se genera en fenómenos astrofísicos de gran violencia.

**Radiocirugía.** Es como se denomina el procedimiento médico de radioterapia en que se administran haces finos de radiación, generados en unidades de mega voltaje (ciclotrón, el Gamma Knife y el acelerador lineal (LINAC), mediante múltiples campos convergentes y conformados con lo cual se consigue irradiar dosis elevadas y localizadas con precisión, en un área o estructura anatómica específica, evitando la administración de dosis tóxicas a los tejidos adyacentes.

**Radiofármacos.** Los radiofármacos son radioisótopos adheridos a moléculas biológicas que tienen la capacidad de actuar en órganos, tejidos o células concretos del cuerpo humano. Estos fármacos radiactivos se emplean en el diagnóstico y, cada vez más, en el tratamiento de enfermedades.

**Radiología intervencionista.** La radiología intervencionista permite practicar procedimientos quirúrgicos por medio de agujas, guías y catéteres a través de la piel o en el interior de los vasos permitiendo un alto grado de éxito y sin necesidad de realizar procedimientos quirúrgicos.

**Radionucleido.** Isótopo radiactivo de un elemento (por ejemplo,  $^{137}\text{Cs}$  o  $^{60}\text{Co}$ ).

**Respuesta a emergencias.** Ejecución de medidas para mitigar las consecuencias de una emergencia para la salud y seguridad humanas, la calidad de vida, los bienes y el medio ambiente.

**Riesgos radiológicos.** Efectos en la salud perjudiciales de la exposición a la radiación (incluida la probabilidad de que se produzcan esos efectos) y cualquier otro riesgo relacionado con la seguridad (incluidos los riesgos para el medio ambiente) que pueda surgir como consecuencia directa de: a) la exposición a la radiación; b) la presencia de material radiactivo o su emisión al medio ambiente; c) la pérdida de control del núcleo de un reactor nuclear, una reacción nuclear en cadena, una fuente radiactiva o cualquier otra fuente de radiación.

**Sarcoma de tejidos blandos.** Son tumores malignos poco frecuentes que se originan en tejidos como músculos y grasa. La gran mayoría crecen y se desarrollan en las extremidades, pero pueden afectar cualquier parte del cuerpo, desde la cabeza y el cuello hasta el tronco y los órganos internos. Existen más de 50 tipos de tumores catalogados bajo la nomenclatura de Sarcomas de Partes Blandas, que pueden aparecer en cualquier parte del cuerpo, aunque el 60 % de los casos afectan a las extremidades inferiores y superiores.

**Seguridad Radiológica.** Consecución de condiciones de funcionamiento adecuadas, prevención de accidentes y mitigación de sus consecuencias, cuyo resultado es la protección de los trabajadores, del público y del medio ambiente frente a riesgos radiológicos indebidos.

**Simulación 3D.** También conocida como planificación en 3D (planificación del tratamiento con radiación, 3D-RTP), es el sistema más moderno, que permite la planificación del tratamiento en 3D, con definición del volumen del tratamiento de planificación y cálculos de distribución de dosis precisos.

**Sistema de gestión.** Conjunto de elementos interrelacionados e interactuantes (sistema) destinado a establecer políticas y objetivos y a posibilitar que se logren dichos objetivos de manera eficaz y efectiva.

**Teranóstica.** La teranóstica implica la integración de nanociencias que combinan aplicaciones diagnósticas y terapéuticas para formar un solo agente (denominado radiofármaco o radio ligando). Esto permite el diagnóstico, la administración de medicamentos y el seguimiento de la respuesta al tratamiento al mismo tiempo.

**Tratamiento fitosanitario.** Cualquier procedimiento oficial que tenga por objeto prevenir la introducción o dispersión de plagas cuarentenarias o limitar las repercusiones económicas de las plagas no cuarentenarias reglamentadas.

## ABREVIACIONES

137Cs	Cesio 137
18O	Oxígeno 18
210Pb	Plomo 210
239+240Pu	Plutonio 239+240
2H	Deuterio
32P	Fósforo 32
33P	Fósforo 33
3D-RTP	Planificación del tratamiento en 3D
7Be	Berilio 7
ACB	Área clave de biodiversidad
ADN	Ácido desoxirribonucleico
ALC	América Latina y Caribe
ALHSUD Desarrollo	Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el
ALyC	América Latina y el Caribe
ARCAL	Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe
ARN	Ácido ribonucleico
As	Arsénico
Bbl	Barril equivalente de petróleo
BNCT Boro)	Boron Neutron Capture Therapy (Terapia por Captura Neutrónica en
CANDU	Canada deuterium-uranium
CBCT	Siglas en inglés de Tomografía Computarizada de Haz Cónico
CBD	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CCHEN	Comisión Chilena de Energía Nuclear
CDTN	Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - Brasil
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y Caribe
CH <sub>4</sub>	Metano
Ci	Curio, unidad de desintegración radioactiva
CLEW	Sigla en inglés de Clima, Tierra, Energía y Agua
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNEA	Comisión Nacional de Energía Atómica - Argentina
CNEN	Comisión Nacional de Energía Nuclear – Brasil
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CODEX Alimentarius	Normatización de alimentos establecida por la ONU a través de la FAO y OMS
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades
DESA	Sigla en inglés del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas
DIRAC	Siglas en inglés del “Directorio de Centros de Radioterapia” del OIEA.
DRX	Difracción de rayos X
ECNT	Enfermedades Crónicas No Trasmisibles.

ECV	Enfermedades cardiovasculares o Enfermedades cerebrovasculares, dependerá del contexto
EDUTA	Siglas en inglés de Evaluación de la Enseñanza y la Capacitación
EEB	Encefalopatía Espongiforme Bovina
END	Ensayo no destructivo
ENT	Las enfermedades no transmisibles
EPREV	Sigla en inglés de Servicio de Examen de Medidas de Preparación para Emergencias
EPRIMS	Sigla en inglés de Sistema de Gestión de la Información sobre Preparación y Respuesta para Casos de Emergencia
ESCAP	Sigla en inglés de Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico
FA	Fiebre Aftosa
FAN	Florecimientos de algas nocivas
FAO	Siglas en inglés de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FBN	Fijación Biológica de Nitrógeno
FIDA	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
FRX	Fluorescencia de rayos X
GBG	Gusano Barrenador del Ganado
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GF-TAD	Enfermedades Animales Transfronterizas
GSG	Siglas en inglés de Guía de Seguridad
GSR	Siglas en inglés de Requisitos de Seguridad Generales
GW	Gigawatt
ha	Hectárea.
I-131	Yodo 13
IA	Influenza Aviar
IAEA TECDOC	Documentos Técnicos del OIEA
IANAS	Red Interamericana de Academias Científicas
IBA	Técnicas de análisis con haces de iones (ion beam análisis)
ICENS	Sigla en inglés de Centro Internacional de las Ciencias Nucleares y del Ambiente
ICP-MS inductivo	Espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo
IEN	Instituto de Engenharia Nuclear
INGEOMINAS	Instituto Colombiano de Geología y Minería
ININ	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares - México
IPEN	Instituto Peruano de Energía Nuclear - Perú
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Comissão Nacional de Energía Nuclear, Brasil
IRENA	Sigla em inglés de Agencia Internacional de las Energías Renovables
IRMS	Espectrometría de masas de relaciones isotópicas
IRRS	Siglas en inglés de Servicio Integrado de Examen de la Situación Reglamentaria
ISO	Siglas en inglés de Organización Internacional de Estandarización



ISO/IEC	Siglas en inglés de Organización Internacional de Estandarización/ Comisión Electrotécnica Internacional
kW	kilowatt
LBDNET LINAC	Red Latinoamericana de Dosimetría Biológica Acelerador médico lineal
MAED MESSAGE	Sigla en inglés de Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía Modelo de Opciones Estratégicas de Suministro de Energía y Repercusiones Ambientales Generales
Mo99/Tc99m	Molibdeno99/Tecnecio99 metaestable.
MRI	Resonancia magnética
Mtoe	Millón de toneladas equivalentes de petróleo
MW	Mega watt
N <sub>2</sub> O	Óxido de nitrógeno
N/D	No disponible
NAA	Análisis por activación neutrónica
NORM	Siglas en inglés de Material Radiactivo Natural
NR	Siglas en inglés de Radiografía con neutrones
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OCTA	Órgano de Coordinación Técnica de ARCAL
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica, de las Naciones Unidas
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPR	Oficial de Protección Radiológica
OPS	Organización Panamericana de la Salud
ORA	Órgano de Representantes de ARCAL
ORPAS Ocupacional	Siglas en inglés de Servicio de Evaluación de la Protección Radiológica
PEID	Pequeños Estados insulares en desarrollo
PER	Perfil Estratégico Regional
PET	Tomógrafo por Emisión de Positrones.
PET/CT	Siglas en inglés de Tomógrafo por Emisión de Positrones acoplado a un Tomógrafo Computarizado
PET-MRI	Tomógrafo por Emisión de Positrones acoplado a una resonancia magnética (MRI)
PGNAA	Siglas en inglés de Análisis por Rayos Gama Instantáneos de Activación Neutrónica
PIB	Producto Interno Bruto
PIXE	Espectrometría de emisión de rayos X inducida por protones
PIXE/RBS	Espectrometría de emisión de rayos X inducida por protones/espectrometría de retrodispersión de Rutherford
PMA	Programa Mundial de Alimentos
PPC	Peste Porcina Clásica

PR	Tecnologías de procesamiento de radiación
PTV	Volumen tumoral de planificación
QUAADRIL	Quality Assurance Audit for Diagnostic Radiology Improvement and Learning
QUANUM	Quality Assurance in Nuclear Medicine
QUATRO	Assurance Team for Radiation Oncology
R	Rabia
R. I.	Reactores de Investigación
RACAL	Red Latinoamericana para el Análisis de la Calidad Ambiental en América Latina
RASIMS	Siglas en inglés de Sistema de Gestión de la Información sobre Seguridad Radiológica
RALACA	Red Analítica de Latinoamérica y el Caribe
REMARCO	Red de Investigación Marino-Costera
REPROLAM	Red de Optimización de Protección Radiológica Ocupacional en Latinoamérica
RF	Radiofármacos
RI	Radioisótopos
RIRH	Red Interamericana de Recursos Hídricos
SbN	Soluciones Basadas en la Naturaleza
SNC	Sistemas nucleónicos de control de procesos
Solar PV	Solar fotovoltaica
SPECT	Siglas en inglés de Tomografía Computarizada por Emisión de Fotón Simple
SPECT -CT	Tomografía Computarizada de Emisión Monofónica acoplado a un Tomógrafo computarizado.
SPPF	Sistemas de Producción Pecuaria Familiar
T	Radiotrazadores
t CO2/hab	Toneladas de dióxido de carbono por habitante
TAN	Técnicas Analíticas Nucleares
TENORM	Siglas en inglés de Materiales de origen natural, tecnológicamente mejorados
Tep	Tonelada equivalente de petróleo
TIE	Técnica de Insecto Estéril
TO	Oficiales técnicos
TSA	Siglas en inglés de Áreas Temáticas de Seguridad
TWh	Tera Watt-hora
UE	Unión Europea
UNCCD	Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación
UN-DESA	Siglas en inglés de Departamento de Asuntos Económico/Sociales de las Naciones Unidas
UNECA	United Nations Economic Commission for Africa (Comisión Económica para África de las Naciones Unidas)
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

## LISTA DE AUTORES Y REVISORES

Adu Gyamfi, Joseph	Oficial Técnico, OIEA
Alonso, Carlos	Oficial Técnico, OIEA
Araguas, Luis	Oficial Técnico, OIEA
Atencio, María Cecilia	Experta
Balckburn, Carl	Oficial Técnico, OIEA
Brisset, Patrick	Oficial Técnico, OIEA
Bum Soo, Han	Oficial Técnico, OIEA
Cabral, Manuel	Coordinador Nacional de ARCAL, República Dominicana
Capadona, Nancy	Oficial Técnico, OIEA
Cardoso, Rui	Oficial Técnico, OIEA
Ciurana, Eva	Oficial Gerente de Programas, OIEA
Coppari, Norberto	Experto Líder
Cristobal, Amparo	Oficial Técnico, OIEA
Cruz, Rodolfo	Oficial Técnico, OIEA
de Andrade, Alexander	Experto
de la Vega, Ramón	Oficial Técnico, OIEA
Dercon, Gerd	Oficial Técnico, OIEA
Enkerlin, Walther	Oficial Técnico, OIEA
Estrada, Enrique	Oficial Técnico, OIEA
Ferrer, Juan	Coordinador Nacional de ARCAL, Argentina
Frater Smith, Saskia	Oficial Gerente de Programas, OIEA
Fulajtar, Emil	Oficial Técnico, OIEA
García, Pilar	Socia Estratégica ARCAL, España
Godoy Kain, Patricia	Oficial Gerente de Programas, OIEA
Gonzales, Susana	Coordinadora Nacional de ARCAL, Perú

Heng, Lee	Oficial Técnico, OIEA
Horak, Celina	Oficial Técnico, OIEA
Jalilian, Amir	Oficial Técnico, OIEA
Korde, Aruna	Oficial Técnico, OIEA
Longoria Gandara, Luis C.	Director de la División de Cooperación Técnica para América Latina y el Caribe del OIEA
López Aldama, Daniel	Coordinador Nacional de ARCAL, Cuba
Loreti, Giorgia	Oficial Técnico, OIEA
Maestroni, Britt	Oficial Técnico, OIEA
Maffia, Pedro	Experto
Maghella, Gerardo	Oficial Técnico, OIEA
Malamut, Carlos	Experto Líder
Martin, Cristina	Oficial Gerente de Programas, OIEA
Molina, Karla	Oficial Gerente de Programas, OIEA
Mora Rodríguez, Patricia	Experta
Moracho, Maria	Oficial Técnico, OIEA
Murillo, Pilar	Oficial Gerente de Programas
Naletoski, Ivancho	Oficial Técnico, OIEA
Ortega, Lucía	Oficial Técnico, OIEA
Pacheco, Ronald	Oficial Técnico, OIEA
Padilla, Roman	Oficial Técnico, OIEA
Paez, Diana	Oficial Técnico, OIEA
Paredes, Lydia	Experta Líder
Peix, Amalia	Experta
Pessoa, Nuno	Oficial Técnico, OIEA
Piano, Humberto	Coordinador Nacional de ARCAL, Uruguay
Pla, Rita	Experta Líder

Polo, Alfredo	Oficial Técnico, OIEA
Quevedo, José Rodolfo	Oficial Técnico, OIEA
Ramírez García, Raúl	Jefe de Sección de la División de Cooperación Técnica para América Latina y el Caribe del OIEA
Reyes, Jesús	Experto
Ridikas, Danas	Oficial Técnico, OIEA
Rondinelli, Francisco	Coordinador Nacional de ARCAL, Brasil
Sánchez Romero Castellano, Elena	Asistente de proyectos
Sarsu, Fatma	Oficial Técnico, OIEA
Sasanya, James	Oficial Técnico, OIEA
Scamilla Andreo Aledo, Raquel	Oficial Gerente de Programas, OIEA
Sepúlveda, Cristian	Experto líder
Simon, Aliz	Oficial Técnico, OIEA
Stankeviciute, Loreta	Oficial Técnico, OIEA
Telleria, Diego	Oficial Técnico, OIEA
Toroi, Paula	Oficial Técnico, OIEA
Urquiaga, Segundo	Experto Líder
Vázquez, Pablo	Experto
Vilar, Phillip	Oficial Técnico, OIEA
Zapata, Magali	Oficial Gerente de Programas, OIEA
Zhihua, Ye	Oficial Técnico, OIEA
Zubizarreta, Eduardo	Oficial Técnico, OIEA





# IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

Nº 26

## PEDIDOS DE PUBLICACIONES

Las publicaciones de pago del OIEA pueden adquirirse a través de los proveedores que se indican a continuación o en las principales librerías locales.

Los pedidos de publicaciones gratuitas deben hacerse directamente al OIEA. Al final de la lista de proveedores se proporcionan los datos de contacto.

### AMÉRICA DEL NORTE

#### ***Bernan / Rowman & Littlefield***

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, EE. UU.

Teléfono: +1 800 462 6420 • Fax: +1 800 338 4550

Correo electrónico: [order@rowman.com](mailto:order@rowman.com) • Sitio web: [www.rowman.com/bernan](http://www.rowman.com/bernan)

### RESTO DEL MUNDO

Póngase en contacto con su proveedor local de preferencia o con nuestro distribuidor principal:

#### ***Eurospan Group***

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

Londres EC1R 5DB

Reino Unido

#### ***Pedidos comerciales y consultas:***

Teléfono: +44 (0)176 760 4972 • Fax: +44 (0)176 760 1640

Correo electrónico: [euroman@turpin-distribution.com](mailto:euroman@turpin-distribution.com)

#### ***Pedidos individuales:***

[www.eurospanbookstore.com/iaea](http://www.eurospanbookstore.com/iaea)

#### ***Para más información:***

Teléfono: +44 (0)207 240 0856 • Fax: +44 (0)207 379 0609

Correo electrónico: [info@eurospangroup.com](mailto:info@eurospangroup.com) • Sitio web: [www.eurospangroup.com](http://www.eurospangroup.com)

### Los pedidos de publicaciones, tanto de pago como gratuitas, pueden enviarse directamente a:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta

Organismo Internacional de Energía Atómica

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria

Teléfono: +43 1 2600 22529 o 22530 • Fax: +43 1 26007 22529

Correo electrónico: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org) • Sitio web: <https://www.iaea.org/es/publicaciones>







**International Atomic Energy Agency  
Vienna**