



**ARCAL**

**ACUERDO REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN  
DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA NUCLEARES EN  
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**

**PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL  
PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE  
2016-2021**

**XV REUNIÓN DEL ÓRGANO DE  
COORDINACIÓN TÉCNICA DE ARCAL**

**12 AL 16 DE MAYO DE 2014**

**VIENA, AUSTRIA**

**OCTA 2014-03  
MAYO 2014**

***PERFIL ESTRATÉGICO  
REGIONAL PARA AMÉRICA  
LATINA Y EL CARIBE (PER)***

***2016-2021***

## CONTENIDO

1.	PRESENTACIÓN DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (PER). 2016-2021 .....	1
1.1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.	PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PER 2016-2021 .....	2
1.3.	OBJETIVO DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL .....	2
1.4.	ALCANCE DEL PER .....	3
1.5.	CONTENIDO DEL PER 2016-2021 Y METODOLOGÍA APLICADA.....	4
1.6.	RESULTADOS GENERALES .....	4
1.7.	ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PER 2016-2021 .....	7
2.	SEGURIDAD ALIMENTARIA.....	9
2.1.	ANTECEDENTES .....	9
2.2.	ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL.....	9
2.3.	MATRIZ DAFO .....	12
2.3.1.	Fortalezas .....	12
2.3.2.	Debilidades .....	13
2.3.3.	Amenazas.....	14
2.3.4.	Oportunidades .....	14
2.4.	NECESIDADES/PROBLEMAS .....	14
2.5.	PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES/PROBLEMAS.....	21
3.	SALUD HUMANA .....	26
3.1.	ANTECEDENTES .....	26
3.2.	ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL.....	26
3.3.	MATRIZ DAFO .....	29
3.3.1.	Fortalezas .....	29
3.3.2.	Debilidades .....	30
3.3.3.	Amenazas.....	32
3.3.4.	Oportunidades .....	32
3.4.	NECESIDADES/PROBLEMAS .....	33
3.5.	PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES/PROBLEMAS.....	35
4.	MEDIO AMBIENTE.....	39
4.1.	ANTECEDENTES .....	39
4.2.	ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL.....	39
4.3.	MATRIZ DAFO .....	44
4.3.1.	Fortalezas .....	44
4.3.2.	Debilidades .....	45
4.3.3.	Amenazas.....	46
4.3.4.	Oportunidades .....	46
4.4.	NECESIDADES/PROBLEMAS .....	47
4.5.	PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES/PROBLEMAS.....	49
5.	ENERGÍA .....	54
5.1.	ANTECEDENTES .....	54
5.2.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN REGIONAL .....	54
5.3.	MATRIZ DAFO.....	59

5.3.1.	Fortalezas .....	59
5.3.2.	Debilidades .....	60
5.3.3.	Amenazas .....	60
5.3.4.	Oportunidades .....	61
5.4.	NECESIDADES/PROBLEMAS .....	61
5.5.	PRIORIZACIÓN DE NECESIDADES/PROBLEMAS .....	65
6.	SEGURIDAD RADIOLÓGICA.....	69
6.1.	ANTECEDENTES .....	69
6.2.	ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL.....	69
6.3.	MATRIZ DAFO .....	72
6.3.1.	Fortalezas .....	72
6.3.2.	Debilidades .....	73
6.3.3.	Amenazas .....	75
6.3.4.	Oportunidades .....	76
6.4.	NECESIDADES/PROBLEMAS .....	78
6.5.	PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES/PROBLEMAS.....	83
7.	TECNOLOGÍAS CON RADIACIÓN.....	90
7.1.	ANTECEDENTES .....	90
7.2.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN REGIONAL .....	91
7.3.	MATRIZ DAFO .....	100
7.3.1.	Fortalezas .....	100
7.3.2.	Debilidades .....	103
7.3.3.	Oportunidades .....	104
7.3.4.	Amenazas .....	106
7.4.	NECESIDADES/PROBLEMAS .....	107
7.5.	PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES/PROBLEMAS.....	109
	REFERENCIAS .....	113
	BIBLIOGRAFÍA.....	121
	ANEXO 1. PER 2016/2012. METODOLOGÍA PARA LA PRIORIZACIÓN.....	124
	GLOSARIO.....	129
	DEFINICIONES .....	132
	LISTA DE AUTORES Y REVISORES .....	134



# **1. PRESENTACIÓN DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (PER). 2016-2021**

## **1.1. INTRODUCCIÓN**

El hasta la fecha vigente Perfil Estratégico Regional para América Latina y el Caribe (PER), cubre el periodo 2007-2013, por lo que es necesaria su actualización considerando el grado de cumplimiento alcanzado de los objetivos estratégicos que se fijaron en su momento, así como las perspectivas de la utilización de la tecnología nuclear en la región en los próximos años.

Este nuevo PER cubrirá el periodo 2016-2021 y servirá de referencia para la promoción y el desarrollo de actividades de cooperación entre los países de la región y facilitará la programación de proyectos de cooperación técnica de carácter regional, dando continuidad a la planificación que se hizo sobre la base del PER 2007-2013.

Es importante mencionar que se el ciclo de cooperación técnica 2014-15 es un periodo de transición que servirá de puente entre el vigente y el nuevo PER. Los proyectos de cooperación técnica aprobados para este periodo de transición se centran en aquellas necesidades de las áreas temáticas del PER vigente que no habían sido suficientemente atendidas en los ciclos de cooperación técnica precedentes.

El Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) y el Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe (ARCAL), han colaborado estrechamente en la preparación de un nuevo marco de programación regional sólido, encaminado a satisfacer las necesidades y problemas prioritarios de la región con un horizonte temporal que alcanza hasta el 2021.

En la preparación del nuevo marco programático se han tenido en consideración las importantes ventajas que aporta ARCAL, como acuerdo intergubernamental, en la formulación de propuestas de proyectos, en la movilización de medios y recursos nacionales para facilitar el desarrollo de los mismos, en los medios para informar y divulgar los logros alcanzados, y en la evaluación del impacto de que los proyectos aportan en beneficio de los países de la región.

Como punto de partida para la elaboración de la esta nueva edición del PER se tuvieron en consideración los siguientes aspectos:

- ❖ La evaluación de los resultados que se lograron durante los ciclos de cooperación incluidos en el período 2007-2013;
- ❖ La situación actual de las aplicaciones nucleares en la región, incluidas las nuevas tecnologías;
- ❖ La identificación de ajustes conceptuales y metodológicos necesarios para mejorar el proceso de elaboración del PER, y
- ❖ La comunicación del impacto y de los beneficios de los proyectos de cooperación técnica en la región.

## 1.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PER 2016-2021

El proceso para la elaboración del PER 2016-2021 se inició en la XII Reunión Ordinaria del Órgano de Coordinación Técnica de ARCAL (OCTA), que se llevó a cabo en Panamá, del 23 al 27 de mayo de 2011, cuando se constituyó un grupo de trabajo específico para dicha tarea. Con posterioridad, en la XIII Reunión Ordinaria del OCTA, que tuvo lugar en Chile, del 07 al 11 de mayo de 2012, se acordó un cronograma de actividades que se llevaría a cabo a través del Grupo de Supervisión y Coordinación del PER (GSC), al cual se le asignó la responsabilidad por la conducción de los trabajos para su actualización.

En diciembre de 2012 se llevó a cabo en Cuba la primera reunión con los expertos de los grupos temáticos correspondientes a cada uno de los sectores del PER con el objetivo de hacer una evaluación de la implementación y resultados de los proyectos regionales de cooperación técnica del período 2007-2013.

A continuación, del 18 al 22 de marzo de 2013, tuvo lugar una segunda reunión del GSC en Costa Rica, para analizar los informes de la evaluación de los proyectos preparados por los expertos en Cuba y elaborar una propuesta de términos de referencia para el PER 2016-2021, con el respectivo cronograma y las agendas de trabajo.

Del 13 al 17 de mayo de 2013 tuvo lugar en Viena la reunión de los grupos temáticos, en la que se concluyó el diagnóstico estratégico sectorial, así como la identificación de las necesidades o problemas, con sus objetivos estratégicos e indicadores de impacto, y priorización de las mismas. En los márgenes de la reunión se discutieron nuevamente los términos de referencia para la elaboración del PER y se produjo una nueva versión final en la que, como aspecto destacable, se contempla preparar una programación indicativa de cara a ciclos de cooperación cubiertos por el nuevo PER.

Del 4 al 8 de noviembre del 2013 tuvo lugar en Viena una reunión combinada del GSC con los Oficiales del OIEA para revisar y armonizar los informes sectoriales preparados por los grupos de trabajo temáticos del PER y con ello elaborar un primer borrador completo del documento, el cual se circuló después de la reunión para revisión y comentarios a todos los Estados Miembros de la región y a los Departamentos Técnicos del OIEA hasta el fin de enero de 2014.

Del 3 al 7 de marzo del 2014 se celebró en Viena, Austria, la última reunión del proceso, en la que el GSC, los expertos líderes de los grupos de trabajo y los Oficiales del OIEA prepararon la versión final del documento, tomando en consideración la retroalimentación recibida durante el proceso de revisión, para ser sometido a la aprobación de los órganos responsables a nivel del OIEA y de ARCAL. En esta reunión se preparó un documento de trabajo con directrices estratégicas para facilitar la planificación de los ciclos de cooperación técnica cubiertos por el nuevo PER 2016-2021. Este documento se actualizará periódicamente conforme se progresa en el cumplimiento de los objetivos y metas establecidas.

## 1.3. OBJETIVO DEL PERFIL ESTRATÉGICO REGIONAL

El objetivo del PER 2016-2021 es establecer un marco de cooperación estratégico para la región de América Latina y el Caribe sobre la base de un análisis descriptivo de los problemas

o necesidades<sup>1</sup> más apremiantes en el contexto regional, que pueden ser afrontadas con el uso de tecnologías nucleares.

El marco de cooperación del PER será una referencia programática de primera magnitud para la preparación de propuestas de programas y proyectos, tanto para ARCAL como para el OIEA, en lo que respecta a su Programa de Cooperación Técnica para la región.

El nuevo 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, para contar con proyectos con mayor beneficio e impacto.

Es importante considerar que el PER 2016-2021 representa un marco base que es dinámico y que, considerando las condiciones y necesidades que la región presente en un momento determinado, podrán proponerse propuestas de proyectos que no hubieren estado cubiertos en este documento, siempre que estén en consonancia con los principios, normas y criterios de calidad del Programa de Cooperación Técnica del OIEA.

#### 1.4. ALCANCE DEL PER

Dando continuidad al PER vigente, el nuevo PER incluirá los siguientes sectores prioritarios de aplicación de las técnicas nucleares:

1. **Seguridad Alimentaria:** agricultura, alimentación, salud animal.
2. **Salud Humana:** medicina nuclear, radioterapia, radiodiagnóstico, física médica, radio-farmacia, nutrición.
3. **Medio Ambiente Terrestre y Marino:** atmósfera, recursos hídricos, medio terrestre, medio marino.
4. **Energía:** energía nuclear y reactores de investigación.
5. **Seguridad Radiológica:** infraestructura regulatoria; protección al paciente, al público y al medio ambiente; gestión de desechos radiactivos; preparación y respuesta a emergencias radiológicas.
6. **Tecnología con Radiación:** tecnología de procesamiento con radiaciones (gamma, electrones y rayos X), radiotrazadores, sistemas nucleónicos de control, ensayos no destructivos y técnicas analíticas, aplicadas a: tratamiento del agua, de emisiones y residuos; ingeniería costera; materiales avanzados; medicina; caracterización y preservación del patrimonio cultural; procesos industriales; recursos naturales; y tecnologías de inspección,

---

<sup>1</sup> Para el proceso de formulación de las necesidades o problemas se debe tener en cuenta:

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

## 1.5. CONTENIDO DEL PER 2016-2021 Y METODOLOGÍA APLICADA

El presente documento establece un perfil analítico descriptivo de las necesidades o problemas más apremiantes de la región y establece la prioridad con la que pueden ser afrontadas con la contribución de las tecnologías nucleares disponibles.

El PER 2016-2021 se formuló a partir del diagnóstico sectorial y de la identificación de las necesidades o problemas priorizados, con sus respectivos objetivos e indicadores, tomando en consideración:

- ❖ Los Objetivos de Desarrollo del Milenio.
- ❖ La priorización entre sectores.
- ❖ Los objetivos propuestos.
- ❖ Los resultados que se desea alcanzar en el período.

Con este objetivo, un grupo de expertos regionales temáticos, conjuntamente con los Oficiales del OIEA, efectuaron un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO), que permitió identificar las necesidades o problemas de la región.

Para la asignación de prioridades dentro del conjunto de necesidades/problemas identificados, se aplicó la metodología que se describe en el Anexo 1.

A las necesidades/problemas le fueron otorgados atributos específicos relativos a su severidad, tiempo, extensión, relevancia y nivel de dificultad. Los valores resultantes posibilitaron una comparación cuantitativa entre las necesidades/problemas. En el análisis se tomaron también en cuenta los diferentes niveles de desarrollo de los países de la región.

La caracterización efectuada de la necesidad/problema contiene los siguientes elementos:

- ❖ Una justificación de la necesidad/problema que caracteriza claramente la situación que se va a abordar. En esta justificación se establecen las líneas de base, cualitativa y cuantitativa, de la situación diagnosticada.
- ❖ Un objetivo en el nivel estratégico que sea factible de ser alcanzado, considerando que tanto ARCAL como el PCT del OIEA operan con ciclos de cooperación técnica de 2 años, de acuerdo a su vigencia de 2016 a 2021, así como la limitación de recursos financieros disponibles.
- ❖ Un indicador para el objetivo propuesto.

## 1.6. RESULTADOS GENERALES

Un total de 39 necesidades/problemas fueron identificadas por los Grupos Temáticos. El análisis específico, conforme a la metodología aplicada, se encuentra en cada una de las secciones de este documento. A continuación se presenta el resultado de las mismas:

## SEGURIDAD ALIMENTARIA

- A1. Mejoramiento de prácticas de manejo de agua y suelos agrícolas, con el uso adecuado de agroquímicos, fertilizantes, agua y microorganismos para fijación biológica de nitrógeno.
- A2. Uso de tecnologías de mejoramiento de animales y plantas de reconocida importancia económica, y apoyo a iniciativas para mejorar el rendimiento/producción y el potencial comercial de plantas y animales de la biodiversidad regional.
- A3. Ocurrencia de enfermedades de carácter transfronterizo en animales, incluyendo aquellas que tienen repercusiones zoonóticas.
- A4. Disponibilidad de alimentos de origen animal (incluyendo los productos derivados de la acuicultura) y vegetal que cumplan con los estándares de calidad e inocuidad.
- A5. Daño causado por las plagas en alimentos animales y vegetales.
- A6. Apoyar iniciativas para el desarrollo de la acuicultura en la región.

## SALUD HUMANA

- S1. Mejorar la eficacia y calidad en el uso de las nuevas tecnologías para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.
- S2. Carencia de sistemas de gestión tecnológica apropiadas para la planificación, incorporación y mantenimiento de equipos biomédicos.
- S3. Insuficiencia de tecnólogos en radioterapia y medicina nuclear para el cubrimiento de la creciente necesidad ligada a la aparición de nuevos centros en la región.
- S4. Insuficiencia de recurso humano en física médica en los servicios de imagenología (medicina nuclear y radiología).
- S5. Carencia de planes nacionales integrales de control de cáncer funcional y operativo.
- S6. Obesidad infantil creciente en la región, causado en parte por los problemas de malnutrición en la primera infancia.

## MEDIO AMBIENTE

- M1. Inadecuada gestión de los recursos hídricos de la región.
- M2. Insuficiente evaluación del impacto de la contaminación por plaguicidas, compuestos orgánicos persistentes, metales pesados y otros contaminantes de origen antropogénico y natural en aguas y suelos.
- M3. Insuficiente conocimiento de los principales procesos que afectan las zonas costeras.
- M4. Alto grado de contaminación atmosférica por elementos traza.

M5. Insuficiente valoración del riesgo del impacto ambiental y social de las obras hidráulicas.

## ENERGÍA

- E1. Mejora de la educación e información objetiva y amplia sobre la energía nuclear.
- E2. No se dispone de estudios de desarrollo energético integrales de largo plazo propios en la mayor parte de la región.
- E3. Mejorar el conocimiento sobre las potencialidades uraníferas de la región.
- E4. Ausencia de una red consolidada para el intercambio de información y coordinación de estrategias desde los operadores de los reactores de investigación hasta el usuario final de los RI.
- E5. Falta de experiencia en la región en los procesos de extensión de vida útil de las CEN.
- E6. Escasez de personal altamente calificado para el manejo y explotación de reactores de investigación.

## SEGURIDAD RADIOLÓGICA

- R1. Insuficiente aplicación y puesta en práctica, a nivel de los usuarios finales, de los principios y requisitos de protección radiológica establecidos en las recomendaciones internacionales de seguridad para el control de la exposición médica en tomografía computarizada, radioterapia, procedimientos de intervención y radiografía digital.
- R2. Falta en países de la Región las garantías para mantener por parte de los gobiernos un sistema nacional regulatorio sostenible para la protección radiológica y el transporte seguro de material radiactivo.
- R3. Sistemas de Gestión insuficiente en los órganos reguladores para cumplir con todas las responsabilidades asignadas por la legislación de los países y por las recomendaciones de los estándares del OIEA.
- R4. Insuficiente cobertura de los trabajadores ocupacionalmente expuestos por los servicios de protección radiológica (monitoreo individual interno, externo y de puestos de trabajo) existentes en los países, la inadecuada implementación de los sistemas de calidad en los servicios técnicos y la no disponibilidad de los registros nacionales, unificados o centralizados, de dosis ocupacionales en todos los países.
- R5. Falta de políticas y estrategias nacionales para la gestión segura y sostenible de los desechos radiactivos, y mejora del control operativo de los desechos y las fuentes en desuso.
- R6. Limitadas capacidades de planificación, notificación y respuesta a emergencias radiológica de los países, incluida la atención médica a los afectados y el análisis sistemático de los accidentes y la disseminación de la información.

- R7. Limitaciones para las calibraciones a niveles de protección radiológica, radioterapia y radiodiagnóstico, por parte de los Laboratorios Secundarios de Calibración Dosimétrica de la Región.
- R8. Insuficiente aplicación de los Sistemas de Gestión en los usuarios finales, incluyendo la promoción e implementación de la cultura de seguridad.
- R9. Ausencia de estrategias nacionales de educación y entrenamiento en seguridad radiológica.
- R10. 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.

## TECNOLOGÍA CON RADIACIÓN

- T1. Necesidad de identificar, delinear y difundir las oportunidades y desafíos específicos y estratégicos de la región para la promoción y el uso de tecnologías con radiación en aplicaciones prioritarias.
- T2. Necesidad de aumentar la competitividad de las industrias regionales y reducir el impacto ambiental.
- T3. Necesidad de armonizar los procedimientos de gestión de calidad para la aplicación de las tecnologías con radiación en la región.
- T4. Mejorar la calidad de los bienes industriales y los servicios, la seguridad de la operación y la protección de vidas humanas en la región.
- T5. Mejorar el uso de los recursos naturales renovables, no tóxicos de la región de América Latina y el Caribe para el desarrollo sostenible.
- T6. Preservar el patrimonio cultural rico y vasto de América Latina y el Caribe.

### 1.7. ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PER 2016-2021

El PER 2016-2021 considera la necesidad de establecer una estrategia de implementación, a partir de las necesidades/problemas priorizados en cada sector.

Para alcanzar los resultados de largo plazo planteados en el PER 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.

En la estrategia para la implementación del PER se considerará también la necesidad de recursos humanos, así como la disponibilidad de recursos financieros para el período de vigencia del PER.

# ***SEGURIDAD ALIMENTARIA***

## 2. SEGURIDAD ALIMENTARIA

### 2.1. ANTECEDENTES

Las actividades para la elaboración del PER 2016-2021 se iniciaron con un análisis sobre la vigencia de las necesidades/problemas propuestas en el PER 2007-2013. Este análisis se llevó a cabo considerando los resultados obtenidos en los proyectos financiados por ARCAL y el OIEA en la América Latina y el Caribe, basados en los informes analizados en la reunión realizada en noviembre de 2012 en Varadero, Cuba.

En lo que respecta a la seguridad alimentaria, muchas de las características de la Matriz DAFO analizadas en el PER anterior todavía prevalecen en la región. Nuevas oportunidades están apareciendo asociadas a la gran diversidad climática, biológica y de recursos naturales (disponibilidad de tierras, agua, etc.) que posee la región, factores estos que tendrán un reflejo en el potencial aumento de la producción de alimentos de calidad. Se partió del principio de definir las necesidades/problemas de manera independiente de la aplicación de las técnicas nucleares y luego, después de un análisis sobre las posibilidades de solución a las mismas, se encontró que en muchas de ellas las técnicas nucleares son herramientas de muchísimo valor, como se verá más adelante.

Se debe destacar también que los subsectores que fueron considerados en este trabajo son los mismos del PER anterior, siendo ellos los siguientes:

- ❖ Inducción de mutaciones y mejoramiento genético de plantas.
- ❖ Gestión integrada de suelos, agua, plantas, fertilizantes y protección ambiental
- ❖ Manejo integrado de plagas que afectan plantas y animales
- ❖ Producción y sanidad animal
- ❖ Alimentos de calidad, libre de residuos tóxicos.

### 2.2. ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL

Se estima que actualmente la población mundial asciende a 7021 millones de habitantes, de los cuales aproximadamente el 8% vive en América Latina y el Caribe (ALC). De éstos, debido al creciente éxodo hacia las áreas urbanas, sólo un promedio de 25% vive en zonas rurales, llegando esta cifra a superar el 43% en los países más pobres [1], razón por la cual este sector es, de manera indiscutible, una fuente básica de subsistencia y progreso económico para millones de habitantes de la región.

En la región, la agricultura puede ser agrupada en dos grandes grupos: los pequeños agricultores que son una gran mayoría, ocupan una pequeña fracción del área agrícola total, con mínima tecnología agrícola, producen más del 70% de los alimentos consumidos diariamente por la población local; los grandes productores, que responden por la mayor parte del agronegocio de la región.

La región de América Latina y el Caribe ocupa el 11 % de la superficie agrícola mundial (1533,35 millones de hectáreas) [2], y posee una de las mayores áreas potenciales del mundo para uso en la agricultura (980,00 millones ha), por lo que descontado la superficie actualmente en uso, restan todavía cerca de 770,00 millones de hectáreas. De ello se deduce

que la región puede todavía expandir su área agrícola, en al 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 de la humanidad, por lo menos en lo que respecta a la producción de alimentos. Se debe destacar el alto potencial de desarrollo de la piscicultura regional, mínimamente explotada. 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 debe ser superior a 70% [3]. Por eso, teniendo en cuenta los recursos potenciales disponibles, se espera que América Latina y el Caribe garanticen la producción de más de 60% de la demanda de alimentos del mundo en ese momento. De ahí la urgencia de desarrollo de tecnologías agrícolas sostenibles en la región.

La región posee además un alto potencial para ofrecer nuevos cultivos alimenticios al mundo, al disponer, según el PNUMA [4], de cinco de los diez megacentros de biodiversidad del mundo (Brasil, Chile, México, Paraguay y Perú). 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 mundial (papa, maíz, frijol, tomate, yuca, cucurbitáceas, palta, cacao, ají, vainilla, entre otros). En el ámbito de la actividad pecuaria, América Latina y el Caribe posee grandes poblaciones 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 agro ecológicas de la región. Por todo esto, a la América Latina y el Caribe se le considera un baluarte de la seguridad alimentaria mundial.

En las últimas décadas la contribución del sector agropecuario al PIB regional es superior al 8% y en varios países su aportación es superior al 20%. Sin embargo, desde la perspectiva de la contabilidad económica, la contribución real del sector agropecuario al PIB es vista de manera más amplia, ya que además de su cuota por los productos primarios que genera, se debe contabilizar también la contribución que proporcionan sus encadenamientos intersectoriales especialmente con las industrias de envases y embalajes, de transformación de alimentos, la textil, así como con los servicios de transporte y comercio, con el llamado agronegocio. En la región se calcula que por cada dólar generado en el sector agropecuario, se agregan en promedio entre tres y seis dólares a la economía del país, siendo este valor más alto en los países de mayor desarrollo relativo (Argentina, Brasil, Chile, México y Uruguay). Estas cifras reflejan que el sector agropecuario es una importante fuerza motriz para el progreso regional.

Sin embargo, haber posicionado a la actividad agropecuaria como un proveedor neto de alimentos y como un sector estratégico para el desarrollo regional ha traído como contrapartida consecuencias negativas tales como: progresiva degradación de tierras arables y erosión debido a su uso intensivo con prácticas inadecuadas de manejo, de fertilización e irrigación; reducción paulatina de la superficie boscosa natural a cambio de ampliar la superficie de producción de pastizales y de cultivos industriales de exportación; pérdida de la biodiversidad debido a la sustitución del cultivo de especies nativas por cultivos de alto valor comercial; contaminación por agroquímicos utilizados en el control de plagas durante la producción y en el tratamiento post cosecha de los productos agrícolas, incluido las pérdidas

de alimentos por alto contenido de micotoxinas debido a su inadecuada conservación o almacenaje.

Por otro lado, en las áreas rurales es también donde se manifiestan los flagelos del hambre y la desnutrición, cuya presencia desgasta y encubre el valor intrínseco de las actividades agrícolas y pecuarias. América Latina y el Caribe refleja la misma distribución mundial de la población pobre y desnutrida: 80% en las áreas rurales y 20% en las áreas urbanas. Los mayores índices de pobreza y desnutrición de la región se observan en las áreas rurales de la subregión Andina, Mesoamérica, el Caribe y las zonas tropicales de América del Sur [5]. Se debe destacar que en los últimos 10 años debido, entre otros factores, a la disminución de la pobreza por políticas públicas sociales de los gobiernos, el porcentaje de subnutrición regional ha disminuido de 13.5% al 6.5%, existiendo todavía alrededor de 40 millones de personas con subnutrición.

En síntesis, si bien el sector en la región presenta resultados generales positivos, también afronta una serie de desafíos cruciales que deben ser superados en los próximos años para optar por 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, la condición sine qua non es 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 América Latina y el Caribe, por ejemplo, se calcula que alrededor del 40 por ciento 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 [5].

Resumidamente, el problema de pobreza y desnutrición en la región obedece a la baja fertilidad o pobreza de los suelos que no permiten obtener los rendimientos deseados y a la baja calidad de los alimentos producidos, sumado a la baja disponibilidad de fuentes de empleo. Parece que la antigua expresión “Suelos pobres condicionan pobreza”, que todavía prevalece, de forma significativa, en muchas regiones del mundo (África, Asia, entre otras) también se sigue aplicando en muchas áreas de la región. En algunos países tropicales, como Brasil, donde gran parte de la agricultura está basada en suelos extremadamente ácidos y pobres, el uso de la tecnología de la revolución verde (uso de fertilizantes, uso de variedades mejoradas de alto rendimiento, aplicación de pesticidas, irrigación, etc.), que se inició en los años 60, ha permitido superar en gran parte los problemas mencionados anteriormente, con lo cual se alivió significativamente los problemas del hambre y desnutrición, e inclusive se transformó de importador en exportador de alimentos. En las otras áreas pobres, los pequeños agricultores continúan produciendo apenas lo que el suelo puede dar, o mejor dicho continúan explotando los nutrientes del suelo que ya son bajos, llevando este recurso natural a ser cada vez más pobre o a su degradación, afectando también el medio ambiente. En estas áreas el bajo uso de insumos agrícolas (semillas, fertilizantes, pesticidas) y de maquinaria agrícola, está asociado con el alto costo económico, que en situación de pobreza no es posible aplicar. En estas áreas es esencial la búsqueda de mejores tecnologías de uso eficiente de los insumos, para obtener el mejor beneficio de su uso.

En la región todavía el cambio tecnológico es insuficiente para atender exitosamente la apertura comercial mundial y explotar las oportunidades que la misma brinda, asumiendo como paradigma un desarrollo agrícola sostenible cimentado en el aumento de la producción y exportación de productos agropecuarios sin efectos colaterales para la salud humana y daño al medio ambiente. Entre estas tecnologías destacan los sistemas de manejo sustentables como la Siembra Directa (labranza cero) y el Sistema de Integración Agricultura Pecuaria, que rota periodos de cultivos de cereales con periodos de pastizales, sistemas que actualmente se encuentran bien difundidos en Brasil, Argentina y Paraguay, pero se necesita de su expansión/adaptación para las otras subregiones.

En el caso de la actividad pecuaria, es notorio, el inadecuado control de diversas plagas, que afectan no sólo el rendimiento sino también la calidad de la carne, leche y del cuero en las subregiones de Sudamérica y el Caribe, teniéndose como ejemplo el gusano barrenador del ganado del nuevo mundo (GBG) [6,7]. A ese respecto se debe destacar el avance obtenido en Estados Unidos, México y los países de América Central que cuentan con gran experiencia en el uso exitoso de la técnica del insecto estéril, como la tecnología más adecuada para erradicar al GBG. Actualmente en Panamá existe una fábrica de producción masiva de GBG estéril, lo que unido a la existencia de personal especializado en la temática puede servir como la plataforma para desarrollar una iniciativa regional tendiente a suprimir y erradicar a largo plazo el GBG en los países de las subregiones del Caribe y Sudamérica.

El vacío de cambios tecnológicos existente, en los cuales la tecnología nuclear puede coadyuvar, se presenta en los temas de mejoramiento genético de especies agrícolas y pecuarias, tradicionales y no tradicionales; desarrollo de buenas prácticas de uso y manejo de los recursos suelo y agua; prevención, supresión o erradicación de plagas 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 sustancias tóxicas y residuos de riesgo para la salud en los alimentos; y fortalecimiento de las redes y capacidad para soporte de servicios analíticos agropecuarios.

Se debe destacar que las áreas agrícolas adecuadamente tecnificadas de la región, que responden por el agronegocio de los países, generalmente no producen alimentos para uso directo por la población, sino alimentos para animales (pollos, vacas, cerdos, etc.) de los países desarrollados. Pareciendo una paradoja, son justamente los pequeños agricultores de la región los que producen la mayor proporción de los alimentos básicos (frijol, arroz, maíz, papa, mandioca, camote, etc.) consumidos diariamente por la población. Por eso, en esta área hay un gran espacio para recorrer desarrollando y transfiriendo tecnología, dentro del contexto de sustentabilidad.

## 2.3. MATRIZ DAFO

### 2.3.1. Fortalezas

- (1) Existencia de emprendedores locales capaces de adoptar tecnologías innovadoras en el sector agropecuario y en la 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 soja, azúcar, café, frutas, carne y productos lácteos.
- (4) La región posee gran disponibilidad de tierras inexploradas o sub utilizadas, para la extensión de la actividad agropecuaria.
- (5) La región posee niveles extremadamente altos de biodiversidad, con posibilidad de ofrecer a la comunidad mundial nuevos productos agropecuarios y acuicultura, con potencial económico y alto valor nutritivo o medicinal (granos, 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) El creciente incremento de los servicios nacionales y acuerdos subregionales para la prevención y control de plagas y enfermedades transfronterizas, que contribuye a la supresión o erradicación subregional de plagas agrícolas (moscas de la fruta) y enfermedades pecuarias (fiebre aftosa, botulismo, rabia, brucelosis, tuberculosis, etc.), incluida la plaga del gusano barrenador del ganado del nuevo mundo (GBG).
- (8) Políticas públicas para promover la seguridad alimentaria se vienen implementando en la región.
- (9) Existencia de sistemas de gestión de riesgos: agro-climáticos, enfermedades emergentes, contaminantes de alimentos y medioambientales.

### **2.3.2. 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) No se ha alcanzado la autosuficiencia en cuanto a la provisión de alimentos básicos en algunos países de la región, especialmente en la Subregión Andina, América Central y el Caribe.
- (6) La inadecuada implementación de estándares internacionales de calidad en los productos alimenticios de consumo doméstico y para la exportación, representa un riesgo potencial para la salud humana y limita el acceso a mercados.

- (7) Pérdidas significativas de alimentos en post cosecha por falta de infraestructura adecuada.
- (8) Surgimiento de nuevas malezas, plagas/enfermedades agrícolas y pecuarias por desarrollo de resistencia debido al uso irracional de agroquímicos y medicamentos, que se suma a la contaminación ambiental y de alimentos con esos productos.

### **2.3.3. Amenazas**

- (1) Introducción y expansión de plagas y enfermedades exóticas o endémicas emergentes y re-emergentes en la región (por ejemplo: moscas de la fruta, gripe aviar altamente patógena, fiebre aftosa, roya), lo que conlleva al uso excesivo de pesticidas para aliviar el control.
- (2) Creciente uso de alimentos (aceite de soja, maíz, azúcar equivalente) en la producción de biocombustibles.
- (3) 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.

### **2.3.4. Oportunidades**

- (1) Desarrollo de biocombustibles de segunda generación a partir de residuos de cosecha de cultivos alimenticios y o industriales.
- (2) Incremento del mercado internacional de productos agropecuarios y acuáticos.
- (3) Apertura de los países para la firma de acuerdos de cooperación científica y tecnología, sumada a la capacidad local de crear acuerdos sinérgicos entre el sector público y privados.

## **2.4. NECESIDADES/PROBLEMAS**

A continuación se presentan las necesidades/problemas identificadas en el sector de Seguridad Alimentaria, con sus respectivas justificaciones, organizadas en función del GRADO TOTAL de prioridad.

### **A1. Mejoramiento de prácticas de manejo de agua y suelos agrícolas, con el uso adecuado de agroquímicos, fertilizantes, agua y microorganismos para fijación biológica de nitrógeno**

**Justificación:** Los pequeños agricultores de la región generan más de un 70 % de la producción de alimentos para la población, y son justamente ellos quienes sufren por la pobreza de sus suelos y por el bajo acceso a 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.

Uno de los indicadores del grado de desarrollo tecnológico agrícola se basa en el uso efectivo de fertilizantes. La región consume solo el 10.2% de los fertilizantes consumidos en el mundo [8]. Se debe destacar que en la casi totalidad de los países de la región la tecnología agrícola está orientada principalmente a los cultivos industriales o de exportación (soja, caña de azúcar, café, hortifruticultura, entre los principales) y muy poco a los cultivos alimenticios (frijol, 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 soja, tecnología típicamente regional de grandes productores y que permite la producción de más de 37 Mt de proteína anualmente sin aplicación de N-fertilizante, en 50 millones de hectáreas distribuidos entre Brasil, Argentina y Paraguay [9, 10,11]. Esta tecnología es muy poco aplicada en los cultivos alimenticios básicos como frijol, habas y arvejas, entre otros. Existe también la clara necesidad de mejorar la disponibilidad de nitrógeno de los suelos pobres de los pequeños agricultores a través de los abonos verdes y fertilizantes orgánicos. 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 del mismo, contribuyendo a mitigar el efecto invernadero. Actualmente dos tecnologías de manejo de sistemas agrícolas sostenibles vienen creciendo en extensión en la región, especialmente a nivel de los grandes productores de cereales y de carne. La primera es la Siembra Directa (labranza cero), que actualmente ocupa cerca de 50 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 cereales se rota con la producción de pastos por el mismo periodo de tiempo. Estos sistemas tienen la ventaja de que no solo contribuyen a la producción sustentable de alimentos en grandes extensiones, sino que también disminuyen la degradación de las tierras o permiten su recuperación, además de contribuir significativamente a la mitigación del efecto invernadero, favoreciendo el secuestro de carbono en el suelo. Por lo expuesto, existe la urgente necesidad de adaptar estas tecnologías y/o desarrollar nuevas técnicas para las diversas áreas agrícolas de la región.

Para esto, las técnicas nucleares ofrecen las mejores perspectivas. El uso de  $^{15}\text{N}$  como trazador permitirá de forma rápida y económica obtener recomendaciones de manejo eficiente de los fertilizantes (factores de dosis, fuentes, localización, fraccionamiento y formas de aplicación) [11,12]. 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 más eficientes [14,15,16,17]. 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 [18]. De la misma forma, las técnicas de  $^{137}\text{Cs}$  son herramientas de valor para cuantificar las pérdidas de suelo por erosión o para evaluar la eficiencia de los sistemas de producción en el control de la erosión [19]. 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 en uso, aun cuando en la región se disponga de grandes reservas de este recurso, es necesario optimizar su uso. Para esto, las técnicas basadas en el uso de los isótopos  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$  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 [20].

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.

**Indicador:** Porcentaje de cumplimiento de los indicadores de los objetivos propuestos.

**A2. Uso de tecnologías de mejoramiento de animales y plantas de reconocida importancia económica, y apoyo a iniciativas para mejorar el rendimiento/producción y el potencial comercial de plantas y animales de la biodiversidad regional**

**Justificación:** Una de las formas de reducir el déficit alimentario de la región es a través de la obtención de variedades mejoradas en los cultivos tolerantes/resistentes a factores estresantes, así como a través del incremento de la producción animal.

En las últimas décadas, el mejoramiento genético de cultivos y animales ha logrado incrementos significativos en la productividad, resistencia a enfermedades y plagas, tolerancia a la sequía, adaptación para la cosecha mecanizada y uniformidad de los granos y frutos. Existen diversos métodos reconocidos para el mejoramiento genético en plantas: a) hibridación intra e ínter específicas, b) inducción de mutaciones c) ingeniería genética. Cada método tiene sus ventajas y desventajas, sin embargo es importante considerar que los métodos se complementan. Para 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) eficiencia nutricional con técnicas de marcación isotópica.

La base de datos de variedades mutantes de la FAO/OIEA demuestra el enorme impacto de la tecnología nuclear en el mejoramiento de los cultivos. Actualmente existen 3218 variedades mutantes y la mayoría (> 80%) de ellas se han desarrollado por medio de técnicas nucleares [20]. En la región esta técnica nuclear se viene aplicando limitadamente, pero ofrece buenas perspectivas. Como ejemplo de ello destacan el mejoramiento de los cultivos: amaranto, “kiwicha” (*Amaranthuscaudatus*), importante fuente alimentaria de los pueblos indígenas de los Andes peruanos [21]; la variedad de cebada (*Hordeum vulgare*), ‘Centenario’, producida en 2006 con el uso de métodos de irradiación para inducción de mutaciones, que es cultivada hoy en día en los valles andinos peruanos con altos niveles de productividad.

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) y requiere del establecimiento de planos de caracterización genética, conservación y uso de esas razas de forma de 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 ADN de células híbridas irradiadas (rayos X) para el mapeo génico y/o por su uso en procesos de marcación radioactiva ( $^{32}\text{P}$  y  $^{33}\text{P}$ ) 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 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.

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

Pequeños y grandes productores agropecuarios de toda la región serían los beneficiarios directos de esas tecnologías, pues el conocimiento y uso de germoplasmas de plantas y animales que posean características genéticas de adaptación y de alta productividad y calidad en manejo ambiental sostenible, tiende a incrementar el valor de los animales y de sus sub-productos 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 de plantas y animales.

**Indicador:** Porcentaje de cumplimiento de los indicadores de los objetivos propuestos.

### **A3. Ocurrencia de enfermedades de carácter transfronterizo en animales, incluyendo aquellas que tienen repercusiones zoonóticas**

**Justificación:** Los países del continente americano están separados por aproximadamente 50000 km de fronteras de tierra, establecidas básicamente por motivos geopolíticos, las que no impiden la difusión o propagación de enfermedades y plagas. En ese sentido, la iniciativa Fronteras Globales - Enfermedades Animales Transfronterizas (GF-TAD, por sus siglas en inglés), resultado de un acuerdo oficial entre la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) y la FAO, aborda el desafío de combatir las enfermedades animales desde una perspectiva regional y hemisférica [22,23].

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, como por ejemplo la fiebre aftosa, la gripe aviar altamente patogénica - H5N-1 y encefalopatía esponjiforme bovina – EEB [1,24,25,26,27]. Sin embargo, se observa una elevada disparidad tecnológica entre los países de la región, a pesar del carácter transfronterizo y de la gran relevancia de este tema para la economía regional. El brote de una de esas enfermedades, generaría pérdidas incalculables y causaría daños irreversibles a la actividad pecuaria y económica en toda la región, debido a las barreras económicas impuestas por países importadores de productos y derivados animales.

Es necesario que laboratorios de todos los países de la región estén preparados para ofrecer un diagnóstico rápido y preciso de las enfermedades emergentes, utilizando tecnologías

modernas y validadas adecuadamente. El uso de la energía nuclear se basa en el desarrollo y uso de sondas de ADN radioactivas en procesos de alta sensibilidad (como los “blottings” de ADN y ARN) para la detección de agentes patógenos en muestras de campo y deben servir como referencia para la validación de otras pruebas de detección que emplean el análisis de los ácidos nucleicos [28]. 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, por promover la prevención y control de enfermedades emergentes. En segundo lugar, se beneficiarán directamente los productores pecuarios, pues el control de esas enfermedades mantiene su capacidad comercial en niveles sostenibles.

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

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

#### **A4. Disponibilidad de alimentos de origen animal (incluyendo los productos derivados de la acuicultura) y vegetal que cumplan con los estándares de calidad e inocuidad**

**Justificación:** La creciente tecnificación de la agricultura y de la producción animal para el consumo local y la exportación de la región ha contribuido al uso masivo de diversos tipos de insumos como plaguicidas, hormonas y antibióticos, cuyos residuos ofrecen riesgos a la salud humana, y compromete el comercio y la economía de los países productores. Es notorio este problema en la producción de café, banano, uvas y otras frutas de clima templado, y también en piña, hortalizas y cítricos, además de los cereales (trigo, maíz, arroz, soja), y productos de origen animal, incluyendo los productos derivados de la acuicultura. Otro grave problema en la región lo constituye la práctica habitual del uso de fumigantes para resolver problemas fitosanitarios y superar barreras cuarentenarias. Muchos de estos fumigantes han sido prohibidos en el mundo (ej. dibromuro de etileno), o están en vías de serlo (ej. bromuro de metilo), debido a que se ha determinado científicamente que su uso tiene efectos negativos en la salud humana y en el ambiente. Los problemas con residuos tóxicos también pueden estar asociados con la presencia de micotoxinas debido al inadecuado manejo en la producción, conservación y almacenaje de alimentos. Hay una creciente preocupación sobre la exposición de los consumidores a varias micotoxinas en estos productos agrícolas, así como en la necesidad de que se cumplan los requerimientos de calidad de los mercados internacionales.

Los rechazos frecuentes de grandes volúmenes de alimentos por los mercados internacionales debido a problemas con niveles de residuos con riesgo para la salud o por la ocurrencia de plagas indeseadas presentes en los mismos, está afectando la economía de los países productores y principalmente a los agricultores. Por eso está resultando esencial, por un lado, racionalizar el uso de insumos agrícolas y pecuarios, especialmente de los que ofrecen riesgos a la salud, y por otro, desarrollar y/o adaptar metodologías integradas que incluyan métodos

analíticos de control de la seguridad de alimentos (residuos químicos), métodos biológicos para fines de monitoreo de los niveles de residuos tóxicos en los alimentos y de igual forma desarrollar o adaptar metodologías que sustituyan los habituales tratamientos de post cosecha con fumigantes. Es importante destacar que las técnicas nucleares en complemento a las técnicas de análisis químicos y de biología molecular son herramientas que ofrecen las mejores perspectivas para resolver el problema de los residuos de plaguicidas, y el uso de tratamientos de irradiación es 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 post-cosecha. Para su adecuada aplicación es necesario implementar en la región programas en red con metodologías estandarizadas para ese fin.

Los principales beneficiarios de ese programa serían además de los agricultores, los sectores industriales involucrados con el procesamiento y comercialización de productos agropecuarios, además de los consumidores, que pasarán a tener acceso a productos de mejor calidad.

Estos programas de control de calidad pueden ser parte de un riguroso programa de análisis de riesgo que conllevaría a asumir la gestión de riesgos contando con el apoyo de laboratorios certificados. Para esto es necesario pensar en establecer programas de vigilancia de residuos en los países, con adecuada infraestructura (instrumentación) y con fortalecimiento de la formación de recursos humanos.

**Objetivo:** Mejorar la calidad e inocuidad de los alimentos.

**Indicador:** Países que aplican técnicas validadas y acreditadas en laboratorios analíticos.

#### **A5. Daño causado por las plagas en alimentos animales y vegetales**

**Justificación:** Las moscas de la fruta, que comprenden la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*) y varias especies del género *Anastrepha* son las plagas que más daño causan a la hortofruticultura de la región. En los países donde no existe control o éste es deficiente, esta 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 y 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 mediante 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.

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

Además, existen numerosas enfermedades transmitidas por vectores que pueden o no ser endémicas en la región, sin embargo, todavía pueden representar una amenaza significativa a las economías nacionales y regionales. Como ejemplo de esto se tienen la peste porcina africana y la lengua azul en Europa que tienden a ingresar a zonas no endémicas. Por lo tanto, el grado de preparación para la detección temprana de patógenos en animales utilizando tecnologías avanzadas de diagnóstico aplicable "en el terreno", así como el desarrollo de estrategias de prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores también deben tener alta prioridad.

**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.

#### **A6. 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 explorada. 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 [29]. En América Latina y el Caribe, con 1,76 millones de toneladas en 2008 y valor de 7,2 millones de USD en 2006, el sector pesquero está creciendo el doble (18,5 por ciento) que el promedio mundial (8,2 por ciento) en los últimos 30 años. Esto viene involucrando el cultivo de cerca de 90 especies más, el 85 por ciento de la producción total en el periodo 2006-2008 se ha basado en sólo cuatro especies (salmón / trucha, camarón, tilapia y mejillones) [30,31,32].

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 la selección convencional para resistencia a enfermedades y 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 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 Organización Mundial de Sanidad Animal (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 [33].

Debido al relativo menor conocimiento de la biología de esos organismos y de sus patógenos (comparados a los animales domésticos terrestres), sumado al hecho que el cultivo de diversas especies acuáticas de importancia económica se basa en la recolección de material de propagación “semillas” en las poblaciones naturales en el medio ambiente, y debido al deterioro genético que pueden sufrir los pescados y mariscos en sistemas de cultivo intensivo, existe la necesidad urgente del establecimiento de 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 ( $^{32}\text{P}$  y  $^{33}\text{P}$ ) 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 sub-regiones.

**Objetivo:** Contribuir al desarrollo de la acuicultura en la región.

**Indicador:** Numero de técnicas adoptadas en las actividades de acuicultura en la región en el marco de la cooperación técnica regional.

## 2.5. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES/PROBLEMAS

La priorización de las necesidades/problemas del sector se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Priorización de las necesidades/problemas en el sector Seguridad Alimentaria.

	NECESIDAD/ PROBLEMA	SEVERIDAD	TIEMPO	EXTENSION	RELEVANCIA	GRADO TOTAL	DIFICULTAD	R/D	GRADO FINAL
A1	Mejoramiento de prácticas de manejo de agua y suelos agrícolas, con el uso adecuado de agroquímicos, fertilizantes, agua y fijación biológica de nitrógeno.	4,00 La región presenta suelos agrícolas muy pobres en nutrientes, además están sujetos a la degradación por manejo inadecuado.	3,88 Demanda mundial de alimentos requiere desarrollo urgente de sistemas agrícolas sostenibles para aumento de la producción y control de la degradación de las tierras.	4,38 Afecta a toda la región, con diferentes grados de magnitud en las subregiones.	4,00 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.	<b>16,25</b>	2,75 Existencia de metodologías ya consolidadas, pero con limitada aplicación debido a la baja disponibilidad de laboratorios funcionales.	1,45	<b>23,64</b>
A2	Desarrollo de tecnologías de mejoramiento de animales y plantas de reconocida importancia económica, y apoyo a iniciativas para mejorar el rendimiento y el potencial comercial de plantas y animales de la biodiversidad regional.	4,00 La región tiene que dar respuesta al desafío de aumentar la producción de alimentos sin impactar el medio ambiente (aumentar los rendimientos unitarios de animales y vegetales).	3,50 Mejoramiento de plantas y animales implica procesos relativamente lentos, lo que requiere acción inmediata para lograr resultados efectivos.	4,13 Presenta amplitud regional, con particularidades en cada subregión (variedad de especies animales y vegetales).	3,88 Además de los métodos nucleares de inducción de mutaciones, el componente nuclear también participa en una extensa cadena de procesos biotecnológicos complejos.	<b>15,50</b>	2,75 Se requiere esfuerzo en la caracterización del germoplasma de plantas y animales nativos. El proceso de mejoramiento de variedades es en general demorado.	1,41	<b>21,84</b>
	Ocurrencia de	4,00 Enfermedades que	3,75 Necesidad de	4,00 Presenta amplitud	3,38 El componente nuclear	<b>15,13</b>	3,50 Requiere	0,96	<b>14,58</b>

<b>A3</b>	enfermedades de carácter transfronterizo en animales.	poseen carácter emergente y transfronterizo, con potencial de daños graves a la economía y a la salud pública.	mantener estado de vigilancia permanente, para coordinar respuestas rápidas y efectivas durante epidemias.	regional y carácter transfronterizo.	participa en una extensa cadena de procesos biotecnológicos complejos.		optimización de técnicas e integración de las autoridades competentes de los países para acciones efectivas en situación de epidemia.		
<b>A4</b>	Disponibilidad de alimentos de origen animal (incluidos los derivados de la acuicultura) y vegetal que cumplan con los estándares de calidad e inocuidad.	3,50 Además de los riesgos permanentes a la salud humana, las pérdidas económicas por la contaminación de alimentos afectan seriamente a la región.	3,63 La existencia permanente de capacidad instalada para monitorear los contaminantes de alimentos es requerida debido a la imprevisibilidad de ocurrencia del problema y la existencia permanente de capacidad instalada para tratamientos de pos cosecha.	3,38 Afecta a prácticamente todos los países.	3,75 Técnicas nucleares existentes son claves en los procesos de detección de contaminantes y de eliminación de plagas presentes en los productos movilizados.	<b>14,25</b>	2,50 Limitado grado de implementación de laboratorios activos y estandarizados en la región.	1,50	<b>21,38</b>
<b>A5</b>	Daño causado por las plagas en alimentos animales y vegetales.	3,13 Pérdida de valor económico de productos de origen animal y vegetal, con grandes efectos	2,88 La movilidad accidental por el humano o la natural de la plaga pueden generar el aumento	3,75 Plagas presentes en toda la región (excepto Chile para las moscas de la fruta), en especial en	4,38 La tecnología nuclear tiene la ventaja de eliminar el problema sin uso de agroquímicos y ha sido	<b>14,13</b>	3,75 Requiere capacitaciones especializadas y coordinación de número elevado de	1,17	<b>16,48</b>

		en las economías nacionales y regionales.	y/o apareamiento de plagas sorpresivamente.	las aéreas de producción de frutas y hortalizas y ganado. Tiene carácter transfronterizo.	exitosamente aplicada en varios países del Hemisferio Americano.		instituciones (técnicas y empresariales).		
<b>A6</b>	Apoyar iniciativas para el desarrollo de la acuicultura en la región.	2,88 Especies acuícolas son abundantes en la región y todavía no son explotadas adecuadamente.	3,00 Aumento de productividad, deterioro genético y gravedad de epidemias causadas por enfermedades infecciosas requieren acciones urgentes.	3,13 Presenta amplitud regional, tanto relativo al mar como en cuencas hidrográficas, con particularidades en cada subregión (variedad de especies acuíferas).	3,00 El componente nuclear participa en una extensa cadena de procesos biotecnológicos complejos.	<b>12,00</b>	3,00 Requiere capacitaciones especializadas y coordinación de número elevado de instituciones (técnicas y empresariales).	1,00	<b>12,00</b>

***SALUD HUMANA***

### 3. SALUD HUMANA

#### 3.1. ANTECEDENTES

En el marco de la Alianza Estratégica ARCAL-OIEA, se elaboró el documento “Perfil Estratégico Regional para América Latina y el Caribe (PER) 2007-2013” que contiene la identificación, desde la perspectiva regional, de las necesidades prioritarias en el sector Salud Humana asociados al uso de la tecnología nuclear. Esas necesidades prioritarias fueron el blanco central de las metas y objetivos de los proyectos aprobados y ejecutados en ese período.

Con el fin de establecer el estado actual de la situación en la región a la luz de los avances logrados con los proyectos desarrollados y las nuevas necesidades ligadas a los desarrollos tecnológicos en el campo de las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes, se conformó un grupo de trabajo para la elaboración del presente documento.

El grupo incluye expertos en las áreas de física médica, radioterapia, imagenología médica (medicina nuclear y radiología) y salud alimentaria, así como de planeación y ejecución de proyectos ARCAL-OIEA.

Insumos previos para la preparación del PER 2016-2021 fueron: el PER 2007-2013, los logros de los proyectos desarrollados, documentos de visión macro sobre la situación en la región publicados recientemente por organismos internacionales especializados y documentos sobre metodología de trabajo en el marco de los proyectos ARCAL.

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

La situación general de la salud en la región fue analizada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en la publicación “Salud en las Américas” [34] del 2012. De acuerdo con las conclusiones de ese documento, entre 2005 y 2010, la población total en la Región de las Américas pasó de 886 a 935 millones de habitantes y de continuar dicha tendencia, se estima que para 2020 la población continental ascenderá a unos 1027 millones de habitantes, equivalentes al 13,4% de la población mundial.

De acuerdo con “Salud en las Américas” entre 2005 y 2010, la tasa de mortalidad general de la región continuó decreciendo (de 6,9 a 6,4 por 1000 habitantes), en tanto que la tasa global de fecundidad para ese mismo período descendió de 2,3 a 2,1 hijos por mujer. La OPS establece que, si bien estas tendencias son un reflejo de los principales éxitos de la salud pública alcanzados en el último siglo, el envejecimiento acarrea un aumento en las enfermedades crónicas y las discapacidades.

Desde el punto de vista del panorama epidemiológico, todos los países de la región están atravesando diferentes fases del cambio epidemiológico. A nivel regional, los datos del trienio 2007–2009 indican que 76,4% de las defunciones fueron causadas por enfermedades no transmisibles, 12,5% por transmisibles y 11,1% por causas externas, con variaciones entre países.

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la principal causa de muerte por enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT). La hipertensión se suma a los otros factores de riesgo

comunes con las otras enfermedades crónicas. Las muertes prematuras por ECV son más frecuentes en hombres que en mujeres y se producen en el momento de mayor productividad de la vida, cuando el impacto económico y social es mayor. Entre 2000 y 2007, la mortalidad por ECV en la región disminuyó 19% (de 207,8 a 167,9 por 100000 habitantes [tasas ajustadas en 2007]) con un comportamiento diferenciado por subregiones: en América del Norte el descenso fue de 25% (de 192,3 a 144,2) y en el Caribe no latino 14% (de 296,4 a 254,9). En América Latina, a su vez, entre 2000 y 2009 la reducción también fue de 14% (de 229,9 a 191,4 por 100000 habitantes). Si bien las reducciones observadas en América del Norte y América Latina fueron lineales y estadísticamente significativas, en el Caribe no latino el descenso fue estadísticamente significativo pero no lineal [34].

Las neoplasias malignas en su conjunto constituyen la segunda causa de muerte en los países de las Américas. Los principales cánceres en Latino América y el Caribe son los cánceres de próstata, pulmón, colon y recto, y estómago en los hombres, mientras que en las mujeres son los de mama, cuello uterino, colon y recto, y pulmón [35]. La incidencia de neoplasias malignas depende de interrelaciones complejas entre factores biológicos, genéticos y estilos de vida, incluyéndose otros determinantes sociales como pobreza, educación, empleo, vivienda, transporte, contaminación y nutrición. En las Américas, la mortalidad por tumores malignos está disminuyendo. Entre 2000 y 2007, las tasas de mortalidad por 100000 habitantes ajustadas por edad cayó 8% (de 131,3 en 2000 a 121,3 en 2007). Sin embargo, se presentan variaciones importantes en las distintas subregiones y países. Perfiles recientes de la situación de cáncer en los distintos países de la región han sido publicados recientemente. Aplicando los conocimientos y la tecnología disponibles, se estima que pueden prevenirse entre 50% y 60% de las muertes por cáncer. Tal logro requiere que se encaren acciones múltiples a nivel regulatorio y cambios en estilos de vida a lo largo del curso de vida. Asimismo, la detección oportuna y el tratamiento efectivo son críticos para mejorar la calidad de vida de los pacientes con cáncer [34].

A nivel regional está en curso un rápido e indeseado 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 [34]. 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 una reducción de la actividad física, ha provocado una alarmante epidemia de sobrepeso y obesidad [36,37]. Se estima que en la región entre 50% y 60% de los adultos y entre 7% y 12% de los niños menores de cinco años –más un tercio de los adolescentes– tienen sobrepeso o son obesos. Más todavía, se prevé que esta cifra aumentará rápidamente y alcanzará los 289 millones para el 2015 (39% de la población total). ARCAL ha contribuido a establecer la evidencia de los vínculos entre las deficiencias de micronutrientes, la inflamación crónica de bajo nivel y los factores de riesgo para la obesidad relacionados con enfermedades no transmisibles en los niños en edad escolar<sup>2</sup>. De acuerdo con los reportes del Proyecto Globocan 2008 [35], en la región de América Latina y El Caribe, el cáncer representa una carga creciente en todos los países; se estima que para 2030 el número de casos nuevos que se presentan cada año se duplicará, esperando así cerca de 1,7 millones de casos nuevos y 1 millón de muertes anuales. Un número importante de casos pueden ser prevenibles (con modificaciones en la dieta, en los estilos de vida y mediante estrategias de inmunización), otro porcentaje podrá detectarse tempranamente con programas y técnicas adecuadas y en otro porcentaje, inevitablemente, los

---

<sup>2</sup> Proyecto RLA/6/059: Implementation and Evaluation of Intervention Programmes to Prevent and Control Childhood Obesity in Latin America (ARCAL XCI).

sistemas de salud deben prepararse para lograr mejorar la atención y tratamiento de los pacientes, logrando mejorar los resultados de supervivencia y la calidad de vida. Para lograr un control adecuado del cáncer se ha recomendado a nivel internacional el establecimiento de Programas Nacionales para el Control del Cáncer (PNCC) que aborden los distintos componentes con acciones a distintos niveles para la prevención, la detección temprana, el tratamiento y el cuidado paliativo. La información, producto de sistemas de vigilancia y de investigaciones es un componente esencial de todo PNCC y desde el mandato del OIEA es necesario contar con información y datos regionales sobre los resultados con las aplicaciones de la medicina de la radiación. Adicionalmente el OIEA ha realizado acuerdos con la OMS y con la IARC con el fin de fortalecer el control del cáncer en una perspectiva amplia.

Uno de los proyectos ARCAL recientemente desarrollados con la participación de 16 países de la región, el RLA/6/063, aportó información fundamental sobre el estado actual de la situación de América Latina en materia de evolución tecnológica y de los recursos humanos en medicina nuclear. El informe final de ese proyecto [38] indica que en la región la medicina nuclear se ha desarrollado de forma importante en las últimas décadas. En particular, la mayoría de los países poseían ya en el 2009 cámaras gamma y sistemas SPECT, siendo diversa su concentración (el número promedio de equipos por millón de habitantes es de 2,2 y varía desde 0,5 hasta 10,0), pero durante el período 2009 – 2012 se identificó un aumento significativo de la capacidad instalada de PET, de 56 a 161, siendo la mayoría de ellos PET-CT. Existen, además, 32 ciclotrones en 9 de los países que cuentan con PET-CT.

Igualmente, ese informe resalta que en la mayoría de los países de América Latina hay disponibilidad de los diversos radiofármacos que se requieren para el diagnóstico y la terapia de enfermedades cardiológicas y neoplasias malignas.

En cuanto a la situación regional de radiofarmacia en relación a producción de radioisótopos y radiofármacos, esta 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. Solo 4 países de la región, Brasil, Argentina, Cuba y México, producen generadores de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ , los demás deben importarlos. A nivel de producción nacional de juegos de reactivos para la preparación de radiofármacos para diagnóstico, solo 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 OIEA en la guía de operación de radiofarmacia hospitalaria. Los de terapia son importados en su totalidad a excepción de  $^{131}\text{I}$  que se produce en Argentina y Brasil.

Existen aproximadamente 1560 médicos nucleares en la región, con un número por cámara gamma que fluctúa entre 0,5 y 2,5, mientras que el número de tecnólogos por cámara fluctúa entre 0,5 y 3,5 con un promedio de 1,5. Sin embargo, se identifica una marcada carencia de físicos médicos y radioquímicos en los servicios de medicina nuclear.

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 supraradical obteniendo mayores índices de preservación anatómica y funcional de órganos, mejorando la calidad de vida del paciente oncológico. Además, la radioterapia adquiere cada vez más relevancia en el

tratamiento de lesiones no oncológicas, como tumores benignos, o enfermedades neurológicas.

En este campo la base de datos DIRAC [38] del OIEA refleja un aumento significativo de la infraestructura técnica y de su nivel en la región. Una revisión realizada por la OPS de la información en DIRAC, indica que entre el 2005 y el 2013 ha habido un aumento de la proporción de aceleradores lineales, en relación con el número total de unidades de radioterapia de alta energía, de 42 a 63% por millón de habitantes. En materia de recursos humanos, ese análisis concluye que en el mismo período se registra un aumento de 1,6 a 2,2 oncólogos radioterapeutas por millón de habitantes y de 0,7 a 1,1 físicos médicos por millón de habitantes. Esas cifras distan, sin embargo, de las de países industrializados en donde actualmente se cuenta con 8,1 unidades de alta energía por millón de habitantes (contra 2,2 en América Latina) y de las cuales 93 % son aceleradores lineales y 4,5 físicos médicos por millón de habitantes. Cabe resaltar que esta brecha tiende a reducirse con la apertura en varios países de la región de programas de maestría en física médica [39], pero aparece la necesidad de fortalecer la componente clínica y de imagenología de esos programas para un mejor desempeño de los recién egresados, en el ambiente hospitalario.

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 (especialmente la tomografía computarizada) y en consecuencia, un marcado incremento en las dosis colectivas de radiación.

El equipamiento de radiología está asociado con altos costos desde su adquisición hasta su operatividad, pasando por el mantenimiento. Uno de los problemas identificados por la OMS, es la falta de políticas nacionales para las tecnologías en la salud en casi 70% de los países de bajo ingreso, para guiar la planeación, evaluación, adquisición y gerencia de los dispositivos médicos, incluyendo los de imagenología médica [40]. La implementación de tales políticas impactaría positivamente la compra, instalación adecuada, mantenimiento preventivo, uso racional y garantía de la calidad de la tecnología, así como la seguridad y eficiencia de los procedimientos.

### 3.3. MATRIZ DAFO

#### 3.3.1. Fortalezas

- (1) Capacidades establecidas en 18 países de la región, logradas a través de proyectos ARCAL y nacionales, en materia de evaluación de problemas nutricionales en los niños mediante técnicas isotópicas.
- (2) La capacidad instalada disponible en medicina nuclear de alta complejidad ha aumentado en la región y está en condiciones de cubrir la demanda en la mayoría de los países. Hay infraestructura instalada para la producción de radionúclidos y radiofármacos en 4 países, cumpliendo los requerimientos de calidad internacionales, con capacidad de exportación a otros países de la región.
- (3) Ha habido un rápido desarrollo de la capacidad instalada en servicios de radioterapia e imagenología de alto nivel tecnológico en la región.

- (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 normatividad 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) Se han fortalecido los convenios interinstitucionales, nacionales e internacionales existentes, lo cual se ha reflejado en una mejor integración regional. Existen sociedades profesionales nacionales y regionales en las diversas disciplinas del sector salud y redes funcionales de respaldo científico y soporte estratégico.
- (6) Se ha fortalecido la capacidad regional para realizar auditorías de calidad en radioterapia y medicina nuclear, así como en evaluaciones en radiología. Hay un gran número de centros y de recursos humanos potenciales beneficiarios de los proyectos.
- (7) Se desarrollan en la región varios proyectos de formación virtual, particularmente en el sector de medicina nuclear
- (8) Estudios de niveles de referencia de dosis en radiología han sido evaluados en varios países.
- (9) Existen en varios países de la región programas de posgrado para formación de recursos humanos especializado en todas las áreas de interés: radioterapia, radiología, medicina nuclear, física médica y radiofarmacia.
- (10) 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 y regionales de actualización, intercambio y educación continuada.
- (11) Se comparte un idioma común en la mayoría de los países de la región, lo cual facilita el intercambio y la formación continuada.

### **3.3.2. Debilidades**

- (1) Falta de tecnólogos de radioterapia y medicina nuclear en varios países de la región, lo que conlleva al reciclaje de los recursos humanos de otros sectores (tecnólogos de radiología o enfermeros) afectando la calidad en la prestación del servicio.
- (2) La importancia de la nutrición en los primeros años de vida y su efecto en la salud y el desarrollo ha adquirido importancia en la agenda sanitaria mundial, pero hay poco conocimiento de la contribución que las técnicas nucleares e isotópicas pueden jugar en la evaluación de los programas nacionales de nutrición.
- (3) Muy poca información en la región sobre la relación entre la nutrición durante los primeros años de vida, el crecimiento saludable en los bebés y niños pequeños y el riesgo de contraer enfermedades no transmisibles posteriormente.

- (4) Falta de conocimiento de las ventajas del uso de técnicas isotópicas en el estudio de la relación alimentación-crecimiento de los niños en la primera infancia y la mejora de los estilos de vida para la prevención de enfermedades no transmisibles.
- (5) A pesar del progreso claro en cobertura de los servicios de salud en la región, todavía hay zonas en algunos países con acceso limitado a los procedimientos diagnósticos y terapéuticos con radiaciones.
- (6) Conocimiento limitado por parte de los médicos referentes y de los administradores de las instituciones de salud sobre la especificidad y las ventajas de las técnicas nucleares complejas en los procedimientos diagnósticos y terapéuticos.
- (7) Aunque ha habido una mejora importante en el reconocimiento de los especialistas médicos y físicos médicos, todavía se presenta migración del recurso humano formado en la región hacia mercados laborales más atractivos, particularmente desde países con recursos limitados.
- (8) Gestión deficiente de los recursos tecnológicos (inventario nacional, presupuesto para mantenimiento, historial de paradas prolongadas y tiempo de obsolescencia).
- (9) Carencia de información oficial actualizada en los ministerios de salud de los países sobre la capacidad tecnológica instalada y del recurso humano, y las necesidades para cubrimiento de la atención de la población.
- (10) Déficit de físicos médicos vinculados a los servicios de medicina nuclear y radiología.
- (11) Desigualdad en la estructura y aplicación de las regulaciones vigentes.
- (12) Demora en los tiempos del diagnóstico por falta de especialistas.
- (13) 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 de salud.
- (14) Algunos países carecen de Programas Nacionales para el Control del Cáncer (PNCC) funcionales y operativos con recursos.
- (15) Limitación en el seguimiento de los pacientes tratados en radioterapia y en la capacidad de investigación para establecimiento de indicadores de resultados (falta correlación con equipos de epidemiología).
- (16) Se siguen usando protocolos de adquisición de imágenes para adultos en pacientes pediátricos, lo cual conlleva a dosis de radiación innecesarias en los niños.
- (17) El acceso de los potenciales beneficiarios de los proyectos es limitado debido a que los coordinadores nacionales y los coordinadores de proyecto no diseminan la información.
- (18) El nivel de desarrollo de los potenciales beneficiarios de la cooperación regional es heterogéneo, lo cual dificulta el establecimiento de un estándar efectivo de programas de entrenamiento.

### **3.3.3. Amenazas**

- (1) Condiciones económicas y laborales que no permiten a las familias una adecuada alimentación de sus hijos en la primera infancia.
- (2) Disminución del porcentaje de la inversión en salud con respecto al Producto Interno Bruto (PIB), lo cual compromete la continuidad de los programas y el mejoramiento de la calidad en la atención de salud.
- (3) La falta de continuidad administrativo-gubernamental, que genera inestabilidad en la buena marcha de proyectos.
- (4) Influencia de los organismos donantes y de los medios de comunicación en el redireccionamiento de recursos, lo cual conlleva a cambios en las prioridades previamente identificadas.
- (5) Práctica de sobreprecio especulativo por parte de los proveedores de equipos e insumos, tanto en la venta como en el mantenimiento.
- (6) Captura de capital humano especializado por otros sectores o por otras regiones.

### **3.3.4. Oportunidades**

- (1) Cooperación entre organismos internacionales (UNICEF, OPS, OMS) para tratar el problema de nutrición en la primera infancia y su influencia en los problemas epidemiológicos de la población.
- (2) Reconocimiento creciente por parte de las distintas especialidades médicas de las ventajas de las técnicas nucleares diagnósticas, terapéuticas y de investigación.
- (3) Diversas especialidades médicas aplican nuevos procedimientos diagnósticos y terapéuticos para el manejo de patologías prevalentes de la región.
- (4) Reconocimiento por parte de las autoridades sanitarias de las enfermedades crónicas no transmisibles (cáncer, enfermedades cardiovasculares, diabetes, etc.) como un importante problema de salud pública.
- (5) Las sociedades profesionales nacionales de la región pueden participar en los procesos de legislación y definición de políticas públicas relacionadas con el sector salud.
- (6) Cooperación técnica de organismos internacionales y sociedades profesionales, para capacitación y disponibilidad de guías y protocolos de calidad.
- (7) Posibilidad de evaluar recursos existentes y necesidades para los países, usando bases de datos internacionales como por ejemplo DIRAC.
- (8) Posibilidad de mejorar el desempeño de los servicios de medicina nuclear, radiología y radioterapia mediante auditorías de calidad organizadas por organismos internacionales.

- (9) En la mayoría de los países hay un nivel suficiente de desarrollo de las Tecnologías de las Comunicaciones y la Información, para su aprovechamiento en actividades de educación virtual y a distancia.

### 3.4. NECESIDADES/PROBLEMAS

En esta sección se presenta el resultado del análisis que se hizo con base en la Matriz DAFO, dando lugar a la identificación de las necesidades/problemas del sector, con su justificación, objetivo e indicador.

Las necesidades/problemas están ordenadas en función del GRADO TOTAL de Prioridad, de acuerdo a la Tabla de Priorización del ítem V (Priorización de Necesidades/Problemas).

#### **S1. Mejorar la eficacia y calidad en el uso de las nuevas tecnologías para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades**

**Justificación:** La región está incorporando nuevas tecnologías a un ritmo acelerado y la propia tecnología en medicina de radiaciones evoluciona vertiginosamente. Para obtener los mayores beneficios de estas nuevas tecnologías es necesario que los profesionales y personal técnico tengan una formación adecuada. Sigue existiendo la amenaza de la emigración de personal especializado a otros sectores y regiones.

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

**Indicador:** Porcentaje por cada país de servicios de radioterapia y medicina nuclear con tecnologías complejas que cuenten con los recursos humanos debidamente capacitados para su uso apropiado.

#### **S2. Carencia de sistemas de gestión tecnológica apropiados para la planificación, incorporación y mantenimiento de equipos biomédicos**

**Justificación:** Las capacidades regionales para la evaluación, incorporación y gestión de tecnologías son muy débiles o inexistentes. Esto trae como consecuencias la adquisición de tecnologías no siempre apropiadas para las condiciones locales, distribución geográfica ineficiente de la tecnología, no previsión de los costos asociados al ciclo de vida (incluyendo mantenimiento y depreciación), tecnología subutilizada, deficiencias en la vigilancia y evaluación de nuevas tecnologías. Aunque existen ya en la región instituciones encargadas de la evaluación y gestión a nivel de país de las tecnologías en salud (Argentina, Cuba, México, Uruguay y Brasil) y los procesos se implementan, la necesidad persiste en la mayoría de los países.

**Objetivo:** Contribuir a la organización y establecimiento de sistemas de gestión tecnológica para la planificación, incorporación y mantenimiento de equipos biomédicos.

**Indicador:** Número de países con sistema nacional de gestión de tecnología biomédica, basado en las recomendaciones del OIEA.

**S3. Insuficiencia de tecnólogos en radioterapia y medicina nuclear para el cubrimiento de la creciente necesidad ligada a la aparición de nuevos centros en la región**

**Justificación:** El OIEA y ARCAL han realizado grandes esfuerzos para la formación de personal técnico para radioterapia y medicina nuclear, mediante cursos regionales de capacitación y pasantías, que han sido aprovechados principalmente por el personal actualmente vinculado a los servicios. Sin embargo, los países tienen dificultades para cubrir su necesidad de recurso humano debidamente capacitado para los servicios nuevos, lo cual no se ha visto reflejado en la creación de programas sostenibles de formación en todos los países. Se hace necesario buscar mecanismos orientados a la formación al más alto nivel, sobre la base de las competencias requeridas, de personal técnico para radioterapia y medicina nuclear. En medicina nuclear la cooperación regional ha avanzado con formaciones virtuales que se deben fortalecer y ampliar para radioterapia.

**Objetivo:** Incrementar la disponibilidad de tecnólogos de radioterapia y medicina nuclear, apoyando programas de capacitación existentes y fomentando la formación de nuevos.

**Indicador:** Incremento en 30% de los tecnólogos en radioterapia y medicina nuclear disponibles en la región, para el 2021.

**S4. Insuficiencia de recursos humanos en física médica en los servicios de imagenología (medicina nuclear y radiología)**

**Justificación:** La región ha mejorado ostensiblemente su capacidad de formación de físicos médicos al nivel recomendado por organismos internacionales. Sin embargo, dadas las exigencias y necesidades en radioterapia, la mayoría de los físicos médicos formados se han vinculado a ese sector, quedando descubiertos los sectores de medicina nuclear y radiología. Las nuevas Normas Básicas de Seguridad, BSS por sus siglas en inglés, [41] (aprobadas por los cuerpos de gobierno de 8 organizaciones intergubernamentales) requieren disponer del apoyo de físicos médicos en todas las prácticas médicas en funciones de la complejidad de los procedimientos aplicados. Esta situación se agrava con el incremento de tecnologías avanzadas que se han incorporado a los servicios de imagenología de la región.

**Objetivo:** Fortalecer los programas de maestría en física médica de la región, en sus componentes de imagenología.

**Indicador:** Porcentaje de programas de maestría en física médica que aportan profesionales especializados a los servicios de radiología y medicina nuclear avanzados, para el establecimiento de sus programas de garantía de calidad.

**S5. Insuficiencia de Planes Nacionales de Control de Cáncer (PNCC) integrales, funcionales y operativos**

**Justificación:** Para lograr un control adecuado del cáncer se ha recomendado a nivel internacional el establecimiento de PNCC que aborden los distintos componentes y que incluyan acciones en distintos niveles para la prevención, la detección temprana, el diagnóstico, el tratamiento y el cuidado paliativo. Esos PNCC deben además basar sus acciones en información, producto de sistemas de vigilancia, de control y de investigaciones. Desde la visión del OIEA es necesario contar con información de carga

de la enfermedad a nivel nacional y regional, así como información que dé cuenta del impacto de las intervenciones del Organismo en medicina de radiación, para la definición y evaluación de estrategias de solución de la problemática regional.

**Objetivo:** Contribuir a que los PNCC aborden en forma efectiva la cobertura y garantía de la calidad de la medicina de radiación.

**Indicador:** Número de países con PNCC implementados y/o mejorados como resultado de la cooperación con el OIEA, que cuenten con mecanismos estructurados para obtener sistemáticamente información actualizada sobre su funcionamiento y operatividad, así como sobre cobertura poblacional de infraestructura, de recurso humano debidamente capacitado en los centros, calidad de los servicios y resultados a nivel de sobrevida, en uso de medicina de radiaciones.

### **S6. Obesidad infantil creciente en la región y su relación con la incidencia de enfermedades no transmisibles, causada en parte por los problemas de malnutrición en la primera infancia**

**Justificación:** Se estima [34] que en la región entre 50% y 60% de los adultos y entre 7% y 12% de los niños menores de cinco años –más un tercio de los adolescentes– tienen sobrepeso o son obesos. Más todavía, se prevé que esta cifra aumentará rápidamente y alcanzará los 289 millones para el 2015 (39% de la población total). Se reconoce que la obesidad es un determinante de la incidencia de enfermedades no transmisibles como las cardiovasculares, diabetes y cáncer, entre otras, en la población.

Recibir la nutrición adecuada durante el embarazo y los primeros años de vida es fundamental para asegurar el crecimiento sano del niño, su desarrollo mental y su resistencia a las infecciones. El OIEA apoya el uso de la técnica de isótopos estables, para evaluar adecuadamente las prácticas de intervención en salud pública, incluyendo la promoción de la lactancia materna, los programas de suplementación con micronutrientes, la promoción de una alimentación sana y una mayor actividad física para prevenir y controlar la doble carga de la malnutrición y las enfermedades no transmisibles.

La medición de los cambios en la composición corporal de un niño es importante para evaluar la calidad de su crecimiento en los primeros años de vida. En la actualidad existe muy poca información sobre lo que constituye la composición corporal "saludable" en las diferentes edades, y los cambios en la composición corporal a medida que los niños crecen y maduran. El OIEA apoya el uso de técnicas nucleares para medir la proporción de masa libre de grasa y masa grasa, y evaluar pequeños cambios de la composición corporal.

**Objetivo:** Crear condiciones para preparar las curvas de composición corporal características de cada país en la región, aplicando técnicas isotópicas, a ser utilizadas en la definición de políticas públicas de lucha contra la malnutrición infantil.

**Indicador:** Número de países que apliquen sus curvas de composición corporal características en programas y políticas nacionales de nutrición infantil.

## 3.5. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES/PROBLEMAS

La priorización de las necesidades/problemas del sector se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Priorización de las necesidades/problemas en el sector Salud Humana.

	NECESIDAD/PROBLEMA	SEVERIDAD	TIEMPO	EXTENSIÓN	RELEVANCIA	GRADO TOTAL	DIFICULTAD	R/D	GRADO FINAL
S1	Mejorar la eficacia y calidad en el uso de las nuevas tecnologías para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.	4,2 Grandes inversiones para compra de tecnología en la región con limitada capacidad del recurso humano para uso óptimo.	4,2 Los equipos ya están en los países y están siendo subutilizados.	4,2 Problema frecuente en la mayoría de los países.	4,6 Se trata de transferencia de tecnología nuclear al servicio del diagnóstico y tratamiento de enfermedades.	17,2	2,8 Se trata sobre todo de capacitación del recurso humano y de aprovechamiento de la capacidad ya existente en la región.	1,64	28,21
S2	Carencia de sistemas de gestión tecnológica apropiados para la planificación, incorporación y mantenimiento de equipos biomédicos.	4,2 Se adquiere tecnología de alto costo sin la justificación suficiente y sin la previsión de costos de mantenimiento ni la disponibilidad de recursos humanos necesarios.	4,1 Rápido recambio tecnológico, atraso acumulado, equipos en parada prolongada.	4,2 Frecuente en la región	4,6 Afecta directamente la atención oportuna y eficaz de los pacientes con las técnicas.	17,1	2,8 Influye la voluntad política y la rotación de tomadores de decisiones.	1,64	28,04
S3	Insuficiencia de tecnólogos en radioterapia y medicina nuclear para el cubrimiento de la creciente necesidad ligada a la aparición de nuevos centros en la región.	4,4 En muchos países no hay programas de formación, personal no calificado realiza los procedimientos.	4,0 Requiere solución inmediata para garantizar la calidad de los procedimientos.	4,0 Muchos países sin programas de formación y donde los hay el aumento del número de centros agrava el problema.	4,4 Indispensable para el uso seguro y de calidad de la tecnología nuclear.	16,8	3,0 Acciones que requieren compromiso de las autoridades e instituciones nacionales.	1,47	24,70

<b>S4</b>	Insuficiencia del recurso humano en física médica en los servicios de imagenología (medicina nuclear y radiología)	4,0 La garantía de la calidad en servicios complejos requiere el concurso de físicos médicos.	4,0 Atención de pacientes sin el cumplimiento de requerimientos de calidad internacionales establecidos.	4,0 Problema generalizado en la región.	4,5 Se trata de uso de técnicas nucleares reconocidas para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.	<b>16,5</b>	3,0 Las autoridades reguladoras deben controlar el cumplimiento del requisito, necesidad de estrategias para reforzar los programas de posgrado en estas áreas.	1,50	<b>24,75</b>
-----------	--	--	---	--	---	-------------	--	------	--------------

***MEDIO AMBIENTE***

## 4. MEDIO AMBIENTE

### 4.1. ANTECEDENTES

Como en el anterior PER, en el presente se plantea como objetivo caracterizar las condiciones ambientales de la región de Latinoamérica y el Caribe (ALC) y determinar áreas de mejora a través de la cooperación internacional. Se mantiene el enfoque de considerar a los tres elementos del medio ambiente, tierra, agua y aire, como un todo integrado.

Para la elaboración del PER se llevó a cabo una revisión del PER 2007-2013, de la bibliografía sobre el medio ambiente y de las tendencias de desarrollo que figuran en informes de distintas organizaciones, además de la información aportada por los integrantes del grupo. Los proyectos desarrollados en el marco de ARCAL y la OIEA, a través del planeamiento temático y del programa de cooperación en los Estados Miembros, también sirvieron de referencia en la aplicabilidad de las tecnologías nucleares a las cuestiones ambientales.

### 4.2. ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL

La región de América Latina y el Caribe ocupa el 15% de la superficie del planeta, abarcando una gran diversidad topográfica y climática, lo cual se refleja en una gran variedad de ecosistemas, desde las selvas tropicales a los páramos andinos, donde existen importantes variaciones sociopolíticas, culturales y económicas. En ella se encuentran muchas de las eco-regiones con mayor riqueza ecológica del mundo, por ejemplo, el segundo arrecife coralino más grande del mundo está localizado frente a las costas de Belice. Las tierras dedicadas a la agricultura (excluyendo pastizales) ocupan un 19% del área total de la región y contribuyen al 10% del PIB de los países, estando una importante parte de la población (30-40%) relacionada a esta actividad [42]. Según datos recientes, en el período 1970-2009, la población de América Latina y el Caribe ha aumentado en 295 millones de personas (un 51%), alcanzado, según datos 2012 del Banco Mundial [43] un total de 581,4 millones de personas, lo que incrementa la presión de espacio para asentamientos humanos. Según esta misma fuente, aproximadamente un 53% de la población vive en áreas urbanas. De acuerdo al Informe de Naciones Unidas 2013 “Objetivos de Desarrollo del Milenio” [44], la proporción de población viviendo en asentamientos precarios disminuyó del 29% (año 2000) al 24% (año 2012) logrando acceder a fuentes mejoradas de agua, instalaciones sanitarias, viviendas duraderas o espacio suficiente para vivir. Según este informe, la proporción de personas que viven con menos de 1,25 dólares al día disminuyó de 12% (1990) a 6% (2010). El Informe “Perspectivas económicas de América Latina 2013” de OCDE/CEPAL [45] indica que las perspectivas económicas de América Latina permanecen relativamente positivas, pero están sujetas a incertidumbre y volatilidad en el contexto externo. Después de casi una década de expansión continuada, únicamente interrumpida durante 2009, las proyecciones más recientes indican que el PIB regional crecerá 3,2% en 2012 y 4,0% en 2013, lo que significa una desaceleración, al tiempo que se proyecta una caída de la inflación. En el corto plazo, este escenario supone un desempeño aceptable en comparación con la situación mundial y la continuidad de la estabilidad económica regional. En el Informe CEPAL “Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2013” también se estima que el crecimiento del PIB de América Latina y el Caribe en 2013 será de un 3%, similar al de 2012 [46].

La región de América Latina y el Caribe comprende cuatro sub-regiones [47]:

- 1) La sub-región Andina (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) abarca un área de 4,7 millones de km<sup>2</sup>, que representan el 25% de la región, con 2,3 millones de km<sup>2</sup> de bosques que equivalen a un 35% del total de bosques de la región.
- 2) La sub-región del Caribe (Anguila, Antigua y Barbuda, Antillas Holandesas, Bahamas, Barbados, Caimán, Cuba, Dominica, Granada, Guadalupe, Haití, Jamaica, Martinica, Montserrat, Puerto Rico, República Dominicana, San Vicente y las Granadinas, San Martín, Santa Lucía, San Cristóbal y Nieves, Turcas y Cacos, Trinidad y Tobago, Vírgenes Británicas y Vírgenes de Estados Unidos) presenta una amplia variación en tamaño desde Anguila con 91 km<sup>2</sup>, hasta Cuba con 110860 km<sup>2</sup> y existe una amplia diversidad de hábitats marino-costeros (arrecifes de coral, praderas de algas, manglares, pantanos y costas rocosas).
- 3) La sub-región de América Central (Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá) y México tiene un área de 2,5 millones de km<sup>2</sup> y constituye el puente entre América del Norte y Sudamérica. Cuenta con una amplia biodiversidad, extensas cadenas de montañas y manglares, así como 8000 km de costas.
- 4) La sub-región del Cono Sur (Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay) tiene una superficie de 12,6 millones de km<sup>2</sup>, con una amplia variedad topográfica y 6,2 millones de km<sup>2</sup> de bosques. Presenta la densidad de población más baja de la región y la tasa de urbanización más alta.

Latinoamérica concentra la tercera parte de los recursos hídricos renovables del mundo, que idealmente deberían satisfacer la demanda de su población que representa el 9% de la población mundial. Abarca ecosistemas tropicales y subtropicales en los que se produce un volumen de agua significativo, por ende tiene 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, acarrean al Océano Atlántico más del 30% del agua fresca del planeta [48]. 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. El 96% del agua dulce acarreada al mar por ríos se dispersan en el mar Atlántico y solo el 4% en el mar Pacífico.

De igual forma se cuenta con un significativo volumen del recurso agua subterránea, que es intensamente utilizado por algunos países. Merece la pena destacar el acuífero Guaraní, uno de los yacimientos de agua más grandes del mundo, que abarca una extensión de 1200 km<sup>2</sup>, con 300 m promedio de espesor y se ubica entre Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina.

La demanda de agua se ha incrementado como resultado del crecimiento demográfico (en especial el urbano), la expansión de la actividad industrial y la demanda para riego [4]. Los recursos hídricos en Latinoamérica son también intensamente utilizados como fuente de energía, a través de la generación hidroeléctrica y geotermia. El agua como fuente de generación eléctrica tiene una contribución muy importante en el desarrollo nacional y regional y en la región, la hidroelectricidad tiene un potencial que representa el 22% de la generación mundial, con un potencial regional de 582033 MW al año, del cual únicamente 139688 MW (aproximadamente 24%) están siendo aprovechados [48,4,49]. Actualmente, las

fuentes hidroenergéticas producen del 64 al 70% (~153000 MW) de la energía consumida [50]. A pesar de todos los beneficios asociados a la generación de energía “limpia” y disponible a través de interconexiones regionales e interregionales, ésta también causa problemas ambientales.

Paraguay, Brasil, Argentina, Uruguay y Venezuela cuentan con grandes obras hidráulicas, entre las que se encuentran las mayores del mundo: la Central Hidroeléctrica de Itaipú entre Paraguay y Brasil y la Central Hidroeléctrica de Guri en Venezuela.

El consumo de agroquímicos en la región tuvo, después de 2003, un aumento significativo de un 30%. Durante 2004, se comercializó un 14% del total mundial y un 17% en 2005 [51] y se proyecta un crecimiento de al menos un 5% para los próximos años [52].

Los países de la región enfrentan problemas relacionados con residuos de plaguicidas en los alimentos de consumo local y de exportación, aunque se tiende a darle mayor importancia a los últimos, ya que en estos casos, las detenciones de los productos en los puertos de entrada de los países importadores, provoca pérdidas en las exportaciones y/o mercados. Los residuos en los productos de consumo local pueden afectar la salud de las poblaciones y en diversos países, se ha demostrado que el porcentaje de muestras en las que los niveles sobrepasan la legislación es alto [48,53].

El uso excesivo de fertilizantes, las prácticas de riego y el uso intensivo de recursos naturales llevan a alteraciones del suelo tales como 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 [4].

La minería, aún la de pequeña escala, es una importante fuente de contaminación de suelos y aguas en diversas áreas de la región. La contaminación por metales pesados afecta especialmente a los países andinos, que concentran la mayoría de los sitios mineros y aunque no existe un inventario completo de estos sitios, pueden citarse los ejemplos de Bolivia (antimonio, estaño, oro), Brasil (mercurio), Chile (arsénico, cobre), Ecuador (arsénico, cadmio, cinc, cobre, mercurio), México (arsénico, plomo), Perú (arsénico, cadmio, cinc, cobre) y Uruguay (plomo) [54].

América Latina y el Caribe 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. La extracción de petróleo tiene altos costos ambientales que varían desde la transformación irreversible de los ecosistemas terrestres y marinos donde se le extrae, hasta los efectos severos de los derrames [55,56]. Estos problemas se agravan cuando las condiciones económicas en los países productores no permiten el uso de tecnologías de punta que son menos riesgosas y tienen menor impacto.

El crecimiento urbano y poblacional y la migración rural hacia las ciudades han causado un explosivo aumento de la población urbana, por lo que el manejo del ambiente constituye una de las mayores amenazas. El aumento del consumo de energía y por lo tanto, de la necesidad de generarla, la falta de tecnología de control de emisiones y el transporte, son las principales causas de contaminación atmosférica en áreas urbanas. Los procesos de combustión producen una mezcla compleja de contaminantes que comprenden tanto emisiones primarias (material particulado, plomo), como de transformación atmosférica (ozono, sulfatos), lo cual causa aumento de la contaminación atmosférica, empeoramiento de la calidad del aire y problemas

sanitarios [4]. 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 en las áreas urbanas difieren considerablemente y son influenciados por varios factores. Por ejemplo, los procesos de combustión vehicular son menos eficientes a mayor altitud, lo cual influye significativamente en los problemas de contaminación atmosférica de muchas ciudades de la región, tales como Arequipa, Bogotá, Ciudad de México y Quito [4].

Las serias consecuencias de la exposición a elevados niveles de contaminación del aire urbano quedaron expuestas a mediados del siglo XX, cuando varias ciudades de Europa y América del Norte experimentaron graves episodios de contaminación. Esto originó la aparición de legislación sobre contaminación del aire y acciones para reducirla en muchas regiones.

En Latinoamérica, la contaminación del aire es la causa de 2,3 millones de casos anuales de enfermedades respiratorias crónicas en niños y de 100000 casos de bronquitis crónica en adultos [49]. Además, cada año, 35000 muertes se atribuyen a la contaminación del aire, pero, según un informe del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), del año 2005, puede que la cifra real sea más alta, lo que constituye una preocupación en materia de salud pública [4].

La Organización Mundial de la Salud [49] 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 y nitrógeno y benceno. Entre el 50 y 75% de la población de ciertas regiones de América Latina continúa utilizando combustibles sólidos para cocinar, pudiendo ser su exposición mucho mayor que la ambiental (exterior) para ciudades muy contaminadas.

Muchas ciudades de Latinoamérica se caracterizan por tener alta densidad de población, gran número de vehículos e industria pesada. Los dos últimos emiten, entre otros contaminantes, altos niveles de material particulado que causan un deterioro de la calidad del aire, problemas respiratorios y disminución de la calidad de vida y que afectan la economía a través del ausentismo laboral y la menor productividad. Además del crecimiento de la flota vehicular, deben considerarse otros factores que influyen en las emisiones tales como la edad de los vehículos, su mantenimiento inadecuado, la falta de tecnología para el control de emisiones y el tipo y calidad del combustible.

Fuera del transporte, existen otras actividades que contribuyen a la contaminación atmosférica. Entre las más importantes están la generación de energía eléctrica, la producción de bienes y servicios, la preparación de alimentos, el tratamiento de las aguas, el uso de diversos productos de consumo y el manejo y distribución de combustibles.

En general, en toda la región existe una baja calidad de gestión de desechos sólidos y líquidos, urbanos e industriales. La cantidad de basura generada por persona ha incrementado. En América Latina se producen unas 424 mil toneladas de basura por día, y menos de un 35% se traslada a rellenos sanitarios [55]. La mayoría de los desechos se depositan en basureros abiertos o en rellenos semicontrolados, sin protección del medio ambiente ni tratamiento previo [56]. Los residuos sólidos municipales 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 el favorecimiento de la aparición de ciertas enfermedades, de la contaminación de suelos, aguas,

aire, flora y fauna, y de desastres tales como inundaciones [56]. Existe muy poca o ninguna información sobre la presencia de contaminantes tales como hormonas, antibióticos, emisiones naturales radiactivas, aditivos y su efecto en la población y el ambiente no está evaluado.

Las mayores causas de la degradación de suelos son la tala indiscriminada, el sobrepastoreo, la expansión de las áreas agrícolas y los incendios. La deforestación es uno de los factores que más contribuye a la erosión de los terrenos y es uno de los mayores desafíos de la región. La región contiene un 40% de las especies de plantas y animales del planeta y se considera que tiene la mayor diversidad de flora del mundo, pero la destrucción del hábitat está causando la extinción de muchas especies [57].

La tasa de pérdida anual de cobertura vegetal, entre los años 2000 y 2005, fue del 0,50%, esto es casi tres veces más que la tasa anual global que es del 0,18% [54,57]. Esta pérdida de sus bosques tropicales a un ritmo acelerado, pone en peligro su biodiversidad.

La zona costera latinoamericana se extiende por 64000 km y abarca una superficie de 16 millones de km<sup>2</sup>. Para muchos países, como las naciones insulares del Caribe, Panamá, Costa Rica, dicho territorio representa más del 50% del área total bajo jurisdicción nacional. La pesca intensiva y la sobreexplotación comercial de valiosas especies hacen peligrar los sistemas de producción del Caribe Central.

Las toneladas de nutrientes derramadas en las costas están relacionadas con el desarrollo de mareas rojas, conocidas también como Florecimientos de Algas Nocivas (FAN). Una de las manifestaciones más significativas de los FAN 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. Los efectos en los humanos oscilan en un rango que abarca desde un malestar ligero pasando por enfermedades debilitantes a largo plazo y hasta la muerte por los síndromes de envenenamiento.

Los florecimientos de algas nocivos tienen una amplia gama de negativos impactos económicos que incluyen: el costo de llevar a cabo programas de monitoreo rutinarios en mariscos y otros recursos afectados; el cierre por corto tiempo o permanente del stock de peces y mariscos cosechables; la reducción de las ventas de alimentos marinos; la mortalidad de peces silvestres y cultivados, mariscos, vegetación acuática sumergida y arrecifes coralinos; el impacto en el turismo y sus negocios asociados y la necesidad de tratamiento médico a poblaciones expuestas. La expansión de los FAN en las últimas décadas ha sido significativa y las pérdidas por eventos en áreas de industria extensiva de mariscos, peces o maricultivo, a menudo exceden 5-10 millones de dólares por eventos.

La cantidad de CO<sub>2</sub> producida por la actividad humana y emitida a la atmósfera ha ido aumentando en modo progresivo desde el inicio de la revolución industrial del siglo XIX y se ha acelerado rápidamente en los últimos decenios. La concentración de este gas en la atmósfera ha pasado de ~270 ppm en la segunda mitad del siglo XIX a 316 ppm en 1958 y ha alcanzado 400 ppm en 2013. La consecuencia del rápido aumento de este gas de efecto invernadero es una alteración de temperaturas y perturbaciones climáticas marcadas. Entre los impactos más directos e importantes se puede notar el aumento de la temperatura superficial en los océanos, el ascenso del nivel del mar y la acidificación de los océanos. Este último proceso es debido al aumento de CO<sub>2</sub> capturado por los océanos y la consecuente disminución de su pH. El impacto global de estos cambios debe aún ser evaluado, se sabe que los arrecifes coralinos son una estructura de gran biodiversidad y muy frágil a estos cambios.

El deterioro de las zonas costeras y de los arrecifes tiene a su vez un impacto en las actividades turísticas de la región. Además de los corales, los moluscos y otras especies comestibles son altamente sensibles a este cambio de acidez oceánica, con posible impacto en los recursos marinos.

La criósfera en América Latina, compuesta por los altos glaciares andinos y tres áreas de hielo en el sur de Sudamérica, puede ser severamente afectada por el recalentamiento global [50]. 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 [4]. Estos países producen el 10% del agua del planeta, que proviene principalmente de ecosistemas alto-andinos y glaciares [4].

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 humedales proveen servicios de abastecimiento de agua, de producción de recursos alimentarios y materias primas, de regulación hídrica y de depuración de aguas. Los principales factores que inducen cambios en los servicios de los humedales son la extracción de agua, la explotación biológica, los cambios en el uso de suelo, la contaminación y el cambio climático.

#### 4.3. MATRIZ DAFO

##### 4.3.1. Fortalezas

- (1) Existencia de Centros Regionales de Referencia para el manejo de algunas áreas ambientales (por ejemplo aguas, plaguicidas, desechos peligrosos), que posibilitan la sinergia en sus diferentes temáticas, brindando apoyo técnico logístico para el 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.
- (2) Existencia de convenciones y protocolos internacionales en temas ambientales a las que se adhieren los países de la región: el Convenio de Basilea, el Convenio de Estocolmo, el Programa de Mares Regionales, el Foro de Ministros del Ambiente, entre otros.
- (3) Existen laboratorios con equipamiento y personal capacitado, para la cuantificación de radio-trazadores y contaminantes en muestras ambientales. Se cuenta con laboratorios que aplican técnicas de radio-trazadores ambientales y activables, técnicas analíticas nucleares tales como espectrometrías alfa y gama, centelleo líquido, AAN, IRMS, ICP-MS y técnicas analíticas no-nucleares tales como, FRX y PIXE/RBS. Se cuenta con laboratorios con sistemas de calidad implementados, algo imprescindible para lograr el reconocimiento mutuo de los resultados analíticos y algunos de estos laboratorios están acreditados bajo norma ISO/IEC 17025.
- (4) En algunos países de la región existe experiencia y protocolos estandarizados en la aplicación de las técnicas nucleares en ciertas áreas del ambiente, y además, antecedentes de colaboración entre grupos dedicados a la investigación en temas ambientales y técnicas nucleares.

- (5) Complementariedad de las técnicas. La disponibilidad de distintas técnicas nucleares y no nucleares complementarias permite abordar los temas ambientales de forma integrada, facilitando una caracterización más completa de las muestras a analizar.

#### **4.3.2. Debilidades**

- (1) Falta de continuidad en las políticas aplicadas y en los esfuerzos realizados, especialmente desde el sector gubernamental. Frente a problemas sociales como hambre, falta de agua potable o enfermedades transmisibles, los problemas ambientales son considerados como secundarios, a pesar de que en muchos casos contribuyen a la existencia de estos problemas. A esto se suma la deficiencia en: redes de monitoreo a largo plazo, legislación y políticas armonizadas, voluntad política y estructuras de control intra e inter regionales.
- (2) Falta de interacción entre las instituciones para la protección del ambiente y las que pueden servir de apoyo para los estudios utilizando aplicaciones nucleares. Existe muy poca relación entre el sector institucional y el conjunto de instituciones científicas, lo que se suma al insuficiente conocimiento sobre las potencialidades y ventajas de las técnicas nucleares. La mejora del diagnóstico y monitoreo de los problemas ambientales y de las estrategias de mitigación requiere de una mejor comunicación entre el sector científico.
- (3) Escasa comprensión de los problemas del medio ambiente en la región. Existe poca información científica que sirva de base para comprender los problemas del medio ambiente que afectan a la región y sus impactos. Por lo tanto muchos esfuerzos tienden a tratar las manifestaciones del problema en lugar de profundizar en investigar sus causas y encontrar soluciones para mitigar los efectos.
- (4) Ausencia o falta de cumplimiento de estándares de calidad ambiental. Hay insuficiencia de datos que aporten evidencias sobre problemas de contaminación para fundamentar la necesidad de controlar los mismos y establecer estándares adecuados de calidad ambiental. Aun cuando estos existan, los esfuerzos y acciones necesarias para garantizar su cumplimiento son aún insuficientes.
- (5) Poca interrelación entre Agencias del Sistema de Naciones Unidas y/o entidades regionales, en temas relativos a la protección del ambiente.
- (6) Limitada difusión de las potencialidades de uso de las técnicas nucleares. Las características de las técnicas nucleares las convierten en una herramienta ventajosa y muchas veces única para apoyar los estudios de monitoreo ambiental y de toxicología, pero su potencialidad frecuentemente se restringe al ámbito académico por lo que es necesario aumentar su difusión entre el público y los sectores gubernamentales responsables de la gestión del medio ambiente.
- (7) Insuficiente personal capacitado en la aplicación de técnicas nucleares a temas ambientales. Si bien existe capacidad instalada en la región en técnicas nucleares, en muchos casos ésta no es suficiente para enfrentar la magnitud del trabajo o el personal necesita capacitación específica para la aplicación de la técnica a estudios ambientales.

- (8) Disparidad en la implementación de las técnicas, así como en la calidad de los resultados analíticos generados dentro de la región.

#### **4.3.3. Amenazas**

- (1) Falta de compromiso para la sostenibilidad de proyectos ambientales por parte de gobiernos e instituciones. La resolución de la problemática ambiental requiere esfuerzos a largo plazo, independientes de los cambios políticos que puedan afectar a la región.
- (2) Percepción social desfavorable y falta de comprensión de las técnicas nucleares. Se debe incrementar la difusión de los usos pacíficos de la energía atómica y de las aplicaciones de las técnicas nucleares tanto en la población como en sectores gubernamentales.
- (3) Falta de estabilidad del personal calificado. Es necesario garantizar la permanencia del personal calificado en sus áreas de trabajo.
- (4) Inadecuada previsión presupuestaria para mantenimiento efectivo y modernización continúa del equipamiento de las instalaciones y/o laboratorios.

#### **4.3.4. Oportunidades**

- (1) Existencia de programas en agencias de Naciones Unidas e instituciones internacionales interesadas en la temática ambiental.
- (2) Identificación de problemas críticos que afectan la situación ambiental en la región.
- (3) Creciente demanda de la población para la solución de distintas problemáticas ambientales comunes para todos los países del área: la existencia de esta sensibilidad, sumada a la capacidad instalada, hacen que este sea un momento propicio para promover la adopción/consolidación de planes integrales de gestión ambiental, control de las emisiones de contaminantes y la requerida caracterización de los diferentes compartimentos ambientales.
- (4) Las técnicas nucleares forman parte del conjunto de técnicas demandadas por instituciones responsables de la gestión ambiental.

Estas técnicas se están aplicando en los siguientes grupos de acciones relacionadas con la problemática ambiental:

- ❖ Diagnósticos y estudios de base de la situación ambiental en la región.
- ❖ Programas y redes de monitoreo nacionales, regionales y globales.
- ❖ Remediación de problemas ambientales.

#### 4.4. NECESIDADES/PROBLEMAS

En esta sección se presenta el resultado del análisis que se hizo en base a la Matriz DAFO, dando lugar a la identificación de las necesidades/problemas del sector, con su justificación, objetivo e indicador.

Las necesidades/problemas están ordenadas en función del GRADO TOTAL de Prioridad, de acuerdo a la Tabla de Priorización del ítem V (Priorización de Necesidades/Problemas).

##### **M1. Inadecuada gestión de los recursos hídricos de la región**

**Justificación:** América Latina y el Caribe concentran la tercera parte de los recursos hídricos renovables del mundo que idealmente deberían satisfacer la demanda del 9% de la población mundial. Sin embargo, su disponibilidad varía notoriamente en la región, dando lugar en algunos casos a un marcado déficit hídrico.

La explotación intensiva de recursos hídricos provoca daños tales como: descenso de niveles freáticos, contaminación y pérdida de biodiversidad.

**Objetivo:** Lograr una gestión integrada de los recursos hídricos de la región, asegurando la disponibilidad y la preservación de su calidad.

**Indicador:** Número de planes de manejo de recursos hídricos formulados e implementados.

##### **M2. Insuficiente evaluación del impacto de la contaminación por plaguicidas, compuestos orgánicos persistentes, metales pesados y otros contaminantes de origen antropogénico y natural en aguas y suelos**

**Justificación:** Un porcentaje importante de los suelos de la región están contaminados por metales pesados y hay presencia de diversos compuestos contaminantes en aguas, suelos, flora y fauna. Además, sólo un 5% de las aguas servidas urbanas e industriales de la región reciben algún tratamiento y sólo un 35% de los desechos sólidos se gestiona utilizando relleno sanitario, causando contaminación de los suelos y las fuentes de agua y afectando la salud humana y animal.

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. No existe suficiente información y/o capacidad analítica 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 y aguas generando información sobre niveles, tipo, distribución y dispersión de los contaminantes.

**Indicador:** Número de informes de diagnóstico sobre contaminantes en suelos y aguas empleando técnicas nucleares, como insumos para el desarrollo de legislaciones.

### **M3. Insuficiente conocimiento de los principales procesos que afectan las zonas costeras con el consecuente impacto negativo en el hábitat**

**Justificación:** La sobreexplotación de los recursos marinos, el incremento de la acuicultura marina, el aumento de los fenómenos de floraciones de algas nocivas, alteraciones relacionadas al cambio climático (acidificación de los océanos y aumento del nivel del mar), el transporte de contaminantes por los cuerpos de agua y la alteración del ciclo de nutrientes, el aumento del turismo y del transporte marítimo, la erosión de playas y línea de costas, provocan pérdidas en la biodiversidad y el hábitat, así como un significativo deterioro de la zona costera de la región, comprometiendo el desarrollo de los países del área.

**Objetivo:** Desarrollar información integrada utilizando entre otras, técnicas nucleares que posibiliten la gestión sostenible de los recursos costeros y la preservación de los litorales.

**Indicador:** Número de países que generan información integrada útil para el manejo de las zonas costeras.

### **M4. Alto grado de contaminación atmosférica por elementos traza**

**Justificación:** El 75% 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 pueden ser locales, regionales o transfronterizas. Altas cargas de material particulado en el aire han sido asociadas a diferentes dolencias, por lo que constituyen un riesgo para la salud humana. La caracterización química permite no sólo conocer las concentraciones de los distintos elementos en el material particulado atmosférico, sino también identificar las fuentes.

**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.

**Indicador:** Número de ciudades con estudios de caracterización química del material atmosférico particulado utilizando TAN.

### **M5. Insuficiente valoración del riesgo del impacto ambiental y social de las obras hidráulicas**

**Justificación:** La hidroelectricidad en la región representa el 22% de la generación mundial, produciendo entre el 64 y el 70% de la energía consumida. Las grandes obras hidráulicas tienen un alto impacto en el ambiente y pueden generar alta vulnerabilidad en las poblaciones aguas abajo. Por ejemplo, cambios en el régimen fluvial de los ríos, incrementos en los niveles freáticos y posibilidad de fugas. La insuficiente valoración del riesgo hidrológico e hidrogeológico en obras hidráulicas, y la falta de monitoreo sistemático de la sedimentación de cuerpos de aguas artificiales de la región, justifica la caracterización de la interrelación de aguas superficiales y subterráneas para valorar estos efectos de manera sistemática, y garantizar mayores factores de seguridad estructural y funcional en las obras hidráulicas.

**Objetivo:** Mejorar los programas de vigilancia de presas a través de la incorporación de técnicas nucleares en las actividades rutinarias de los operadores.

**Indicador:** Porcentaje de presas por cada país que ha incorporado técnicas nucleares en sus programas rutinarios de seguimiento.

#### 4.5. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES/PROBLEMAS

La priorización de las necesidades/problemas del sector se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Priorización de las necesidades/problemas en el sector Medio Ambiente.

NECESIDAD/ PROBLEMA	SEVERIDAD	TIEMPO	EXTENSIÓN	RELEVANCIA	GRADO TOTAL	DIFICULTAD	R/D	GRAD O FINAL
<b>M1</b>  Inadecuada gestión de los recursos hídricos de la región.	4,5  América Latina y el Caribe concentran la tercera parte de los recursos hídricos renovables del mundo. La sobreexplotación de recursos hídricos limitados provoca problemas tales como: descenso de niveles freáticos, intrusión marina y la captación de aguas subterráneas altamente mineralizadas.	4,5  Los problemas devienen irreversibles por lo que es necesario prevenirlos antes de su aparición. La demanda de agua en la región se ha incrementado en un 76% entre 1990 y 2004 como resultado del crecimiento demográfico, la expansión de la actividad industrial y la elevada demanda para riego. Además, la deforestación afecta el equilibrio del ciclo hidrológico.	5,0  En todos los países se explotan los recursos hídricos sin contar con suficiente conocimiento sobre su disponibilidad y calidad.	4,0  Las espectrometrías de masa y láser ( <sup>18</sup> O, <sup>2</sup> H y <sup>3</sup> H), actualmente disponibles en la región, dan información valiosa sobre el origen, edad e interrelaciones entre tipos de agua, recargas y validación de modelos de flujo y circulación. Estas técnicas podrán complementarse con técnicas adicionales que miden <sup>14</sup> C y gases nobles.	18,0	2,0  Medio La generación de información y la propuesta de planes de manejo son factibles, pero su adopción por parte de los gestores del agua e inclusión en planes de manejo dependen de decisiones gubernamentales.	2,0	36,0
<b>M2</b>  Insuficiente evaluación del impacto de la contaminación por plaguicidas, compuestos orgánicos persistentes, metales pesados y	4,5  Un porcentaje importante de los suelos de la región están contaminados por metales pesados y hay presencia de éstos y otros contaminantes en aguas, suelos, flora y fauna. Existe un muy	4,0  El problema existe desde hace varias décadas y con tendencia a agravarse aceleradamente.	5,0  Para todos los países de la región.	4,0  En varios países existen capacidades y expertos en: i) aplicación de técnicas nucleares para la determinación de contaminantes en suelos y aguas; ii) uso de isótopos ambientales para determinar el origen de	17,5	3,0  La región no tiene suficiente acceso a tecnología de avanzada y/o recursos humanos para la cuantificación de estos contaminantes y tiene pocos	1,3	22,75

	otros contaminantes de origen antropogénico y natural en aguas y suelos.	bajo porcentaje de tratamiento de aguas servidas y de desechos sólidos. Hay un uso extensivo e inadecuado de plaguicidas y de fertilizantes. No existe suficiente información y/o capacidad analítica.			los nutrientes en el agua; iii) aplicación de radioisótopos para validación de métodos de análisis de contaminantes.		laboratorios acreditados o con adecuados sistemas de control y aseguramiento de calidad.		
<b>M3</b>	Insuficiente conocimiento de los principales procesos que afectan las zonas costeras con el consecuente impacto negativo en el hábitat.	4,5 Fenómenos y actividades como la sobreexplotación de los recursos marinos y el aumento de actividades antrópicas que afectan mar y costas, el incremento de las floraciones de algas nocivas y de las alteraciones relacionadas con el cambio climático, el transporte de contaminantes por los cuerpos de agua, la erosión de playas y costas, provocan pérdidas de biodiversidad y hábitat, así como un significativo deterioro de la zona costera.	4,5 La degradación de la zona costera se incrementa rápidamente y por lo tanto es imprescindible tomar acciones urgentes para avanzar en la comprensión de los fenómenos y generar información para resolver los problemas.	4,5 Con la excepción de Paraguay y Bolivia, todos los países de la región tienen zonas costeras afectadas por este fenómeno.	3,5 Las técnicas isotópicas y nucleares han demostrado ser de gran utilidad para el estudio de diferentes problemas asociados al deterioro de las zonas costeras. El uso de radiotrazadores ambientales, isótopos estables y técnicas analíticas nucleares son técnicas disponibles o accesibles a diferentes países de la región.	<b>17,0</b>	4,0 La complejidad de los procesos a estudiar requiere de elaborados diseños de investigación, la concurrencia de diferentes técnicas complementarias y un alto nivel de cooperación entre las instituciones.	0,9	<b>15,3</b>

<b>M4</b>	Alto grado de contaminación atmosférica por elementos traza.	4,0 El 75% 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.	4,0 El deterioro de la calidad del aire y su impacto en la salud tienden a agravarse y es necesario contar con información confiable para controlar los problemas de contaminación y establecer estándares adecuados.	4,0 El desplazamiento de la contaminación trasciende los límites de los países, lo cual lo convierte en un problema a nivel regional. Todos los países tienen áreas rurales y urbanas afectadas por la contaminación del aire que causa millones de casos anuales de enfermedades respiratorias crónicas en niños y centenares de miles de casos de bronquitis aguda en adultos.	4,0 Las técnicas analíticas nucleares son herramientas sumamente ventajosas para la caracterización química del material particulado atmosférico, dando información fiable sobre los niveles de contaminantes de suma utilidad para identificación de sus fuentes, establecimiento de tendencias temporales o espaciales, fenómenos de transporte e identificación de elementos asociados a la ocurrencia de enfermedades.	<b>16,0</b>	3,0 Aunque en la región se han realizado esfuerzos para la aplicación de diferentes TAN aún existe un grado desigual de avance en su implementación y utilización sistemática. Por otra parte la calidad de los resultados obtenidos es desigual, lo cual limita su utilización en análisis integrales a nivel regional.	1,3	<b>20,8</b>
<b>M5</b>	Insuficiente valoración de los impactos ambientales y sociales de las obras hidráulicas.	3,0 Las grandes obras hidráulicas tienen un alto impacto en el ambiente.	3,5 La vulnerabilidad de las poblaciones situadas aguas abajo de las presas, aumenta en forma continua.	3,5 Las obras hidráulicas están presentes en todos los países de la región.	3,0 Las técnicas isotópicas pueden suministrar información útil sobre la vida media de los embalses y sobre la magnitud de las fugas de agua por lo que deberían ser incorporadas a los programas rutinarios de vigilancia de estas obras hidráulicas.	<b>13,0</b>	3,0 La utilización de trazadores medioambientales para evaluar el rendimiento de las presas, puede requerir la instalación de redes de observación costosas en algunos ambientes hidrogeológicos.	1,0	<b>13,0</b>

***ENERGÍA***

## 5. ENERGÍA

### 5.1. ANTECEDENTES

Para realizar el trabajo, el grupo de Energía dividió el sector en dos subsectores:

- ❖ Energía Nuclear
- ❖ Reactores de Investigación

Para la elaboración del PER 2016-2021 se han tenido en cuenta: el documento del PER 2007-2013, los resultados obtenidos en los proyectos ejecutados desde el ciclo 2009 - 2011 y los resultados planificados en los proyectos propuestos hasta el 2013.

Se identificaron como fortalezas, a aquellos elementos y factores con los que se cuenta en cada uno de los subsectores, que constituyen parte de una plataforma para emprender nuevas iniciativas de crecimiento y progreso; como debilidades, se ubicaron esencialmente aspectos relacionados con carencias cualitativas y cuantitativas de las cuales adolecen actualmente cada uno de los subsectores; como oportunidades, aquellas condiciones existentes o previsibles que son aprovechables ya sea porque armonizan con las perspectivas de crecimiento y progreso o porque son detonadores de ellas mismas; y como amenazas, las condiciones que pueden oponerse o frenar dichas perspectivas de crecimiento y progreso.

### 5.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN REGIONAL

#### a. Síntesis de la situación actual relacionada con la energía nuclear en la región

La región de América Latina y el Caribe está compuesta por 45 países, en un territorio que abarca 20,4 millones de kilómetros cuadrados. La población de poco más de 590 millones de habitantes hacia el año 2010, crece a un ritmo anual de 1,1%. El Producto Interno Bruto de la región en el año 2010 fue de 3262 miles de millones de USD a precios constantes del 2005. El ingreso per cápita anual (2010) fue de 5583 USD (a precios constantes de 2005). La esperanza de vida al nacer es de 74 años. La tasa de alfabetización de la población de 15 años y más era de 91,4% en el 2010 [58].

La demanda de energía primaria en el 2010 era de 586 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep) y se estima que esa cifra se eleve un 26% para el año 2020 y un 46 % para el 2030 [59]

Las reservas probadas de petróleo de la región ascienden a alrededor de 247491 millones de barriles (bbl), lo que representa el 18% de las reservas mundiales. Los principales productores de petróleo son Venezuela, México y Brasil. La producción de petróleo en la región superó los 3500 millones de bbl en el año 2009, lo que representó el 12% de la producción mundial. América Latina y el Caribe cuentan con el 8% de la capacidad de refinación instalada en el mundo [60].

En cuanto al gas natural, la región cuenta con 8591 Gm<sup>3</sup> en reservas probadas, lo que representa el 4% de las del mundo. México, Argentina, Venezuela, Trinidad y Tobago y Brasil, han sido tradicionalmente los principales productores de gas en la región. La producción de este combustible en el 2009 fue de 262 Gm<sup>3</sup>, lo que representó el 9% de la producción mundial [60].

La región cuenta con 42427 millones de toneladas de reservas probadas de carbón, siendo el 5% de las reservas mundiales. En el 2009 la producción fue de 97 millones de toneladas (1% de la producción mundial), siendo Colombia el mayor productor de la región [60].

La capacidad de generación eléctrica instalada en la región en el 2009 ascendió a 292,7 GW. De ello el 51% son plantas hidroeléctricas, el 46% son térmicas, el 2% nucleares y el 1% renovables [60]. El consumo de energía eléctrica en América Latina y el Caribe en el 2009 fue de 1276 TWh, lo que representó el 6% del consumo mundial [61]. En cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub> la cifra total mundial al cierre del 2007 fue de 28962 Mt CO<sub>2</sub>. A la América Latina y el Caribe correspondió un per cápita de 2,63 ton CO<sub>2</sub>/hab. Aun cuando los valores de emisiones de CO<sub>2</sub> por habitante son menores en América Latina y el Caribe respecto a países industrializados, la tasa de crecimiento promedio anual es del 2,6% [60].

Se ha estimado [59] que las adiciones brutas de capacidad de generación eléctrica entre 2012 y 2035 en América Latina y el Caribe alcancen la cifra de 269 GW, cifra similar a la capacidad instalada en el 2009. De esas adiciones se estima que 97 GW sean centrales hidroeléctricas, 78 GW de gas, 25 GW eólicos, 21 GW solar PV, 16 GW bioenergía, 7 GW nuclear, 3 GW solar por concentración y 2 GW geotérmicos.

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 [59].

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.

La demanda total de energía primaria ascendería en el 2030 a 1483,23 Mtoe. En consonancia, la demanda de electricidad crecería a 2621 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 2680 MtCO<sub>2</sub>.

El OIEA estima que la capacidad instalada pasará, de los 344 GW instalados en el 2012, a los 1000 GW en un escenario de crecimiento bajo y los 1359 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 [62].

América Latina tiene una experiencia de más de 25 años en la generación nucleoelectrónica. La capacidad nuclear instalada ascendió a 4,3 GW en el año 2012 [62], distribuidos entre seis unidades en 3 países. La generación eléctrica nuclear en suma ascendió en estos países en el 2010 a 26,2 TWh. En la Argentina la participación nuclear representa la contribución nacional más alta con un 4,7% en la generación eléctrica [63]. En México la nuclear participa con un 3,9% [64] y en Brasil con un 3,1% [65]. Están en construcción en la región dos nuevos reactores que suman una potencia de 1937 MW.

A pesar del negativo impacto que ha tenido el accidente de Fukushima en las inversiones nucleares, se comienza a observar un despegue en los planes de desarrollo de nuevos proyectos de plantas nucleares. En el caso de la región, los países que tienen plantas nucleares están ampliando o tienen planes de ampliación de sus capacidades de generación nuclear.

Algunos países de la región que detuvieron sus intenciones de incluir la opción nuclear en sus matrices energéticas, a raíz del accidente de Fukushima, podrían reiniciar sus análisis en el periodo 2016-2021.

Las decisiones que se tomen en el marco de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), derivadas del nuevo régimen climático que se adopte en el 2015 para su implementación a partir del 2020, deberán reforzar 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 América Latina y el Caribe.

#### **b. 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 ( $^{235}\text{U}$ ) 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 250kW, y de alta potencia a los mayores de 2MW.

En la región de América Latina y el Caribe existen 7 países que poseen reactores nucleares experimentales de distinto tipo y potencia, según se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Reactores de investigación en la región

<i>País</i>	<i>Reactor</i>	<i>Tipo</i>	<i>Potencia kW</i>	<i>Enriquecimiento. %</i>	<i>Régimen h/mes</i>	<i>Propietario</i>
ARGENTINA	<i>RA-0</i>	<i>Piscina</i>	0,001	19,8	16	Universidad de Córdoba
	<i>RA-1</i>	<i>Piscina</i>	40	19,8	N/D	CNEA, Buenos Aires
	<i>RA-3</i>	<i>Piscina</i>	10000	19,7	266	CNEA, Ezeiza - Buenos Aires
	<i>RA-4</i>	<i>Piscina</i>	0,001	19,8	16	Universidad de Rosario
	<i>RA-6</i>	<i>Piscina</i>	500	19,75	180	CNEA, S. Carlos de Bariloche
	<i>RA-8</i>	<i>Piscina</i>	0.01-0.1	1,8-4,3	0	CNEA, Pilcaniyeu, Río Negro
BRASIL	<i>ARGONAUTA</i>	<i>Piscina</i>	0,5 - 5	19,9	N/D	IEN-CNEN, Rio de Janeiro
	<i>IEA-R1</i>	<i>Piscina</i>	2000-5000	19,9	256	IPEN-CNEN, Sao Paulo
	<i>MB-01</i>	<i>Piscina</i>	0.1	4.3	N/D	IPEN-CNEN, Sao Paulo
	<i>IPR-R1</i>	<i>Piscina</i>	250	<i>Triga</i> 19,9	N/D	CDTN-CNEN, Belo Horizonte
CHILE	<i>RECH-1</i>	<i>Piscina</i>	5000	19,75	96	CCHEN-La Reina-Santiago
	<i>RECH-2</i>	<i>Piscina</i>	10000-15000	19,75	0	CCHEN-Lo Aguirre-Santiago
COLOMBIA	<i>IAN-R1</i>	<i>Piscina</i>	100	<i>Triga</i> 19,9	0	INGEOMINAS, Bogota
JAMAICA	<i>SLOWPOKE</i>	<i>Piscina</i>	20	90(en proceso de conversión a bajo enriquecimiento)	N/D	ICENS, Kingston
MÉXICO	<i>TRIGA</i>	<i>Piscina</i>	1000-2000	<i>Triga</i> 19,9	60	ININ, México DF
PERÚ	<i>RP 0</i>	<i>Piscina</i>	0,001	19,75	96	IPEN-Sede, Lima
	<i>RP 10</i>	<i>Piscina</i>	10000	19,75	30	IPEN-Huarangal, Lima

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 han sido centros de producción e innovación, para la ciencia y tecnología nucleares [66,67]. 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 OIEA, 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, (NUR, 1MW, 1989), Egipto (ETR-2, 22MW, 1997), Australia (OPAL, 20 MW, 2006).

Se prevé la construcción de dos nuevos reactores en Argentina y Brasil.

Los reactores de la región están siendo 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 (BNCT, NR, PGNA); 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 [68] indican que uno de los principales usos de los reactores de investigación está relacionado con la producción de radioisótopos. 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  $^{131}\text{I}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{177}\text{Lu}$ ,  $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{125}\text{I}$  y  $^{32}\text{P}$ . La demanda regional de radioisótopos producidos en reactores nucleares se estima en 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%.

La proyección regional de demanda superaría los 28 millones de USD en el 2017, considerando un crecimiento para el  $^{99}\text{Mo}$  de fisión destinado a la producción de generadores del 7%, según los datos de evolución entre el 2010 y el 2012. El resto de los radioisótopos se considera mantendrían un consumo estable hasta el 2017.

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 [68].

En los próximos años Canadá que es uno de los suministradores importantes a la región de molibdeno de fisión prevé detener el reactor nuclear donde se producen los radioisótopos. Por otra parte en el período de vigencia del PER se tiene previsto la entrada de dos reactores en países del área que podrán cubrir el déficit de la región.

### 5.3. MATRIZ DAFO.

A continuación se realiza el análisis estratégico del perfil de la región en la forma de un listado resumido de las debilidades, amenazas, fortalezas, y oportunidades identificadas en el sector.

#### 5.3.1. Fortalezas

- (1) La existencia de recursos uraníferos, capacidades tecnológicas y profesionales en ciertas tecnologías de reactores nucleares y en el ciclo del combustible nuclear.
- (2) Experiencia operacional en ciertos tipos de centrales nucleares que puede ser compartida.
- (3) Existencia de centros de formación de especialistas en el área nuclear.
- (4) Desarrollo en tecnologías energéticas en particular en reactores nucleares innovadores y en el ciclo del combustible (CAREM, fabricación de combustible nuclear).
- (5) Existencia de un alto nivel de electrificación y proyectos de interconexión en construcción en la región.
- (6) Colaboración conjunta a nivel de instituciones con reactores de investigación.
- (7) Existen 13 reactores de investigación operativos en 7 países de la región, algunos con la capacidad de producir RI, y de extender a otras aplicaciones.

- (8) Alta capacidad de diseño, construcción, operación y mantenimiento de reactores de investigación y de diseño y fabricación de combustible.
- (9) Existencia de conocimientos focalizados en grupos de planeación energética en la región para la realización de estudios integrales de desarrollo energético sostenible.

### **5.3.2. Debilidades**

- (1) Escaso conocimiento en la mayoría de los países de la región sobre las potencialidades de sus recursos uraníferos.
- (2) Disparidad en los índices de desarrollo energético, social y económicos entre los países de la región que dificultan las posibilidades de integración.
- (3) Amplia extensión territorial y existencia de barreras geográficas que dificulta los procesos de interconexión.
- (4) Débiles estructuras de base de datos estadísticos y de herramientas analíticas para planificación energética.
- (5) Insuficiente educación e información en la temática nuclear al público sobre usos, beneficios y riesgos de la energía para lograr una favorable percepción.
- (6) Limitaciones financieras para grandes inversiones.
- (7) Presupuestos insuficientes para la gestión y mantenimiento de los reactores de investigación.
- (8) Reactores de investigación que necesitan modernización.
- (9) Falta de conocimiento a nivel social y en muchos casos de usuarios potenciales sobre los usos de los reactores de investigación.
- (10) Insuficientes incentivos para incorporar y mantener a los recursos humanos altamente calificados que se requieren en los reactores de investigación.
- (11) Subutilización de los reactores de investigación.
- (12) No existencia de estudios energéticos integrales de largo plazo propios en algunos países de la región.
- (13) Disparidad en el nivel de conocimiento sobre el desarrollo de un programa nuclear eléctrico.
- (14) Reactores en la región llegando al final de su vida útil.

### **5.3.3. Amenazas**

- (1) Opinión pública desfavorable por una percepción negativa sobre los riesgos relacionados con el uso de la energía nuclear.
- (2) Dificultad de resolver la disposición de los desechos en la región a largo plazo.

- (3) Competencia con empresas comerciales internacionales proveedores de radioisótopos (RI) y radiofármacos (RF).
- (4) Restricciones y resistencia para el transporte de material radiactivo.

#### **5.3.4. Oportunidades**

- (1) Creciente demanda de electricidad que ha originado la activación de programas núcleo-eléctricos en varios países (Argentina, Brasil, México, Chile).
- (2) Existencia de instancias y organizaciones de cooperación internacional para la región: OIEA, OLADE, CIEMAT, CEPAL, CIER, etc.
- (3) Incremento en los precios de combustibles fósiles y las altas emisiones de CO<sub>2</sub> que favorecen la opción nuclear.
- (4) Reactivación de programas nucleares (Argentina, Brasil) que abre posibilidades de formación y desarrollo de recursos humanos en el área nuclear.
- (5) Existencia de demanda de RI y RF en la región que puede ser provista en mayor medida por los reactores de investigación de la región.
- (6) Posibilidad de uso-beneficio de los reactores de investigación por los países que no cuentan con ellos. Se identifica demanda potencial de las partes interesadas en los sectores estatal y privado, por los servicios y técnicas avanzadas que podrían ser suministrados por los reactores de investigación.
- (7) Tendencia a la diversificación de la matriz energética con el objetivo de mejorar la seguridad en el suministro energético.
- (8) Estrategia política de los países a implementar programas de electricidad para todos.
- (9) Existencia de guías y documentación para orientar a un país en el análisis e implementación de un programa nuclear.

#### **5.4. NECESIDADES/PROBLEMAS**

En esta sección se presenta el resultado del análisis que se hizo en base a la Matriz DAFO, dando lugar a la identificación y justificación de las necesidades/problemas del sector.

Las necesidades/problemas están ordenadas en función del GRADO TOTAL de Prioridad, de acuerdo a la Tabla de Priorización del ítem V (Priorización de Necesidades/Problemas).

##### **E1. Mejora de la educación e información objetiva y amplia sobre la energía nuclear**

**Justificación:** La opción nuclear como alternativa energética se desacredita debido a los argumentos de falta de seguridad, emisiones incontroladas de radiaciones perniciosas o a la peligrosidad de residuos radiactivos longevos.

Se considera, por tanto, necesario realizar programas con información veraz, transparente y objetiva, diferenciada por sectores meta, que consigan paulatinamente llegar al público para elevar el conocimiento sobre la energía nuclear sobre la base de análisis objetivos y de oportunidad.

La inclusión de la información sobre los requerimientos para el desarrollo de un programa nucleoelectrico dirigido a los sectores involucrados en el análisis, decisión e implementación es altamente necesaria.

**Objetivo:** Lograr un mayor conocimiento por parte de todos los públicos meta sobre el uso, beneficios y complejidades en la implementación de un programa nucleoelectrico.

En este objetivo para este período tendría prioridad el público meta: decisores. Pues este es el sector que tendría en sus manos las decisiones de incorporación o no del análisis de la opción nuclear en la matriz energética de los países de la región.

**Indicador:** Número de países con actividades de capacitación realizadas.

## **E2. No se dispone de estudios de desarrollo energético integrales de largo plazo propios en la mayor parte de la región**

**Justificación:** De acuerdo con los estudios realizados por organismos internacionales, la previsión de crecimiento de la demanda energética para América Latina se estima fluctúe en un intervalo del 2,8% al 5,0% anual. No obstante, los estudios no han sido realizados por los países de la región lo cual conlleva a cierto grado de incertidumbre en los mismos.

Por ello, es necesario contar con estudios más detallados apoyándose en el uso de modelos integrales de análisis de demanda y oferta de energía para lograr desarrollar escenarios nacionales, sub-regionales y regionales basados en supuestos en áreas tales como los recursos energéticos existentes, precios de combustible, el crecimiento económico, el crecimiento demográfico, la estructura del sistema energético y el impacto medioambiental. En particular, es necesario determinar el papel que pueda jugar la energía nuclear dentro de las estrategias de desarrollo de los países de la región.

Muchos países en la región carecen de datos estadísticos y de mecanismos para su recolección limitando su capacidad de realizar estudios de planificación energética, que faciliten una mejor definición y entendimiento de los posibles escenarios presentes y futuros.

El fortalecimiento de la capacidad analítica incluye:

- ❖ Expandir y mejorar las herramientas analíticas y bases de datos correspondientes a energía y medio ambiente.
- ❖ Incorporar Indicadores energéticos de desarrollo sostenible para la evaluación de los datos estadísticos energéticos.
- ❖ Desarrollar posibles escenarios de oferta y demanda energética a mediano y largo plazo.
- ❖ Elaborar perfiles energéticos nacionales para un desarrollo sostenible.

- ❖ Elaborar perfil energético integral para América Latina dentro de un marco de desarrollo sostenible.

**Objetivo:** Disponer de planes energéticos nacionales y/o regionales para un desarrollo sostenible.

Este objetivo pasa por el fortalecimiento de la capacidad analítica, que incluye: expandir y mejorar las herramientas analíticas los programas estadísticos y las bases de datos correspondientes a energía y medio ambiente; incorporar indicadores energéticos de desarrollo sostenible par al evaluación de los datos estadísticos energéticos; desarrollar posibles escenarios de oferta y demanda energética a mediano y largo plazo; elaborar perfiles energéticos nacionales para un desarrollo sostenible; elaborar perfil energético integral para América Latina dentro de un marco de desarrollo sostenible.

Como resultado se podría contar con estudios más detallados apoyándose en el uso de modelos integrales de análisis de demanda y oferta de energía para lograr desarrollar escenarios nacionales, sub-regionales y regionales basados en supuestos en áreas tales como los recursos energéticos existentes, precios de combustible, el crecimiento económico, el crecimiento demográfico, la estructura del sistema energético y el impacto medioambiental. En particular, la determinación del papel que pueda jugar la energía nuclear en el suministro de la energía eléctrica es fundamental.

**Indicador:** Número de países que elaboran planes energéticos integrales a largo plazo.

### **E3. Mejorar el conocimiento sobre las potencialidades uraníferas de la región**

**Justificación:** Las definiciones políticas sobre etapas del ciclo de combustible forman parte necesariamente de la opción núcleo-eléctrica. En particular, en la región se prevé incrementar el número de reactores nucleares de potencia y por lo tanto deberá incrementarse el consumo de combustible en un futuro. Existen en la región capacidades para el diseño y la fabricación del combustible nuclear.

Dentro de los elementos que inciden en el logro de una adecuada seguridad de suministro de combustible, se encuentra la necesidad del conocimiento del potencial uranífero en la región y no solo de los países que poseen centrales nucleares. No está definida la línea base de las evaluaciones uraníferas en la región. El conocimiento de este potencial es un elemento importante desde el momento de considerar y analizar la posibilidad de empleo de la opción nuclear.

**Objetivo:** Disponer de información del potencial uranífero de la región desde la línea base hasta la evaluación del recurso regional.

Dado el crecimiento que se espera en el uso de la energía nuclear se hace necesario el conocimiento del potencial uranífero en toda la región. Apoyar proyectos para conocer los potenciales ya estudiados, definir el estado actual y apoyar los estudios que se planifiquen para profundizar este conocimiento es importante para lograr este objetivo.

**Indicador:** Número de países con evaluación del recurso uranífero.

#### **E4. Ausencia de una red consolidada para el intercambio de información y coordinación de estrategias desde los operadores de los reactores de investigación hasta el usuario final de los RI**

**Justificación:** La mayoría de los reactores de investigación de la región tiene muchos años de explotación y requieren algún grado de modernización. Por otra parte, muchos están subutilizados, aun cuando existe demanda de RI.

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 permitiría 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.

Para lograr este objetivo se requiere 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, lo que permitiría 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.

**Indicador:** Número de países que participan en la red.

#### **E5. Falta de experiencia en la región en los procesos de extensión de vida útil de las CEN**

**Justificación:** La mayoría de los reactores de la región están llegando al final de su vida útil y existe la voluntad política declarada de extenderla. No existe en la región experiencia práctica en estos procesos, por lo que sería importante la adquisición de la experiencia necesaria y que esta experiencia sea compartida entre los equipos de los países que lo requieran.

**Objetivo:** Adquirir experiencia en los procesos de extensión de vida útil de las CEN.

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 OIEA a estos procesos es la esencia de este objetivo.

**Indicador:** Porcentaje del personal clave vinculado a los procesos de extensión de vida útil entrenados.

## **E6. Escasez de personal altamente calificado para el manejo y explotación de reactores de investigación**

**Justificación:** Existe en los reactores experimentales de la región, personal altamente calificado, sin embargo, es necesaria una renovación de dichos recursos humanos para lograr una preservación de conocimientos para un traspaso generacional de funciones. La capacitación de recursos humanos para reactores experimentales mínima es de tres años.

Existen planes de construcción de dos nuevos reactores nucleares. Está identificada una creciente demanda de RI y RF, que pudiera ser atendida en mayor medida por la propia región.

**Objetivo:** Dotar los reactores de investigación de la región con personal altamente calificado.

El apoyo desde una perspectiva de cooperación regional a los planes nacionales claramente identificados para que los reactores de investigación cuenten con personal calificado apoya decisivamente al objetivo identificado.

**Indicador:** Porcentaje de reactores de investigación con todo su personal calificado.

### 5.5. PRIORIZACIÓN DE NECESIDADES/PROBLEMAS

La priorización de las necesidades/problemas del sector se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Priorización de las necesidades/problemas en el sector Energía.

	<b>NECESIDAD /PROBLEMA</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>EXTENSIÓN</b>	<b>RELEVANCIA</b>	<b>GRADO TOTAL</b>	<b>R/D</b>	<b>DIFICULTAD</b>	<b>GRADO FINAL</b>
<b>E1</b>	Mejora de la educación e información objetiva y amplia sobre la energía nuclear.	4,5 Alta importancia social y política.	4,0 Es urgente antes del inicio de un programa nuclear.	5,0 Todos los países potencialmente involucrados deben abordar el tema.	5,0 Alta para el desarrollo de programas núcleo eléctricos.	<b>18,5</b>	1,67	3,0 Media, su realización requiere de voluntad política.	<b>31,0</b>
<b>E2</b>	No se dispone de estudios de desarrollo energético sostenibles propios en la mayor parte de la región.	4,5 El desarrollo de escenarios es importante como punto de partida para la planeación energética integral.	4,5 Urgente para definir políticas de desarrollo energético.	4,0 La mayoría de los países de la región.	4,0 Importante para la diversificación de la matriz energética, incluyendo la opción nuclear.	<b>17,0</b>	1,33	3,0 Medio, su realización depende de decisiones de las autoridades del país.	<b>23,0</b>
<b>E3</b>	Mejorar el conocimiento sobre las potencialidades uraníferas de la región.	3,0 Los resultados se requieren para la seguridad de suministro de combustible en un futuro a medio-largo plazo.	3,5 Los resultados se requieren en un término medio-largo plazo.	4,0 El conocimiento sobre el recurso se debe abordar en muchos países de la región.	4,5 Muy alta para los programas nucleares de la región.	<b>15,0</b>	1,12	4,0 Alta. Se precisan voluntad política e importantes recursos.	<b>17,0</b>
<b>E4</b>	Ausencia de una red consolidada para el	3,0 Importante para la satisfacción de las	3,0 Se requiere a corto-medio	4,0 Países con reactores experimentales y	4,5 De alta relevancia para los programas	<b>14,5</b>	1,5	3,0 Media, requiere de coordinación	<b>22,0</b>

	intercambio de información y coordinación de estrategias desde los operadores de los reactores de investigación hasta el usuario final de los radioisótopos.	necesidades de radioisótopos de la región y para el uso eficiente de las instalaciones.	plazo la solución de este problema.	países que utilizan los radioisótopos.	de aplicación de las técnicas nucleares.			de estrategias de muchos factores de la cadena producción, distribución, transporte y usuarios.	
<b>E5</b>	Falta de experiencia en la región en los procesos de extensión de vida útil de las CEN.	4,0 Los reactores en explotación están llegando al final de su vida útil.	4,0 Alta, se requiere para la toma de decisiones.	2,0 Para los 3 países que tienen CEN.	4,0 Importante para continuar la explotación de las CEN.	<b>14,0</b>	1,6	2,5 Media-baja, por las facilidades que las autoridades brindan al proceso y por existir experiencias en otras regiones.	<b>22,5</b>
<b>E6</b>	Escasez de personal altamente calificado para el manejo y explotación de reactores de investigación.	3,5 Medio alto, importante para la operación de los reactores de investigación.	3,0 Los resultados se requieren para un término medio.	3,5 Para los países que tienen reactores de investigación.	3,5 De media alta relevancia para los programas de aplicación de las técnicas nucleares.	<b>13,5</b>	1,17	3,0 Media, se requiere no solo de la preparación de personal sino de incentivos presupuestarios para las instalaciones.	<b>16,0</b>

# ***SEGURIDAD RADIOLÓGICA***

## 6. SEGURIDAD RADIOLÓGICA

### 6.1. ANTECEDENTES

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 las mismas.

El OIEA con arreglo 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 y la propiedad, y a facilitar la aplicación de los mismos. Los estándares del OIEA cubren las áreas de seguridad nuclear, seguridad radiológica, transporte seguro de material radioactivo y gestión de los desechos radioactivos.

Los Principios Fundamentales de Seguridad [69] establecen que los Estados deben 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. También los Estados deben disponer los arreglos necesarios para que, de ser necesario, exista la capacidad de intervención y mitigación en caso de accidentes.

En el ámbito de la seguridad radiológica, el Perfil Estratégico Regional (PER) aprobado para los años 2007 – 2013 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 (RaSSIA, ORPAS, EPREV 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 (RaWaSIP), 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 Internacional de Energía Atómica 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 el entrenamiento en seguridad radiológica, la gestión de los residuos radioactivos y la seguridad en el transporte de los materiales radioactivos.

### 6.2. ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN REGIONAL

En el mes de mayo del 2013 se celebró una reunión de expertos de la Región de conjunto con los Oficiales Técnicos y Oficiales de Gerencia de los proyectos, con el objetivo de actualizar el vigente PER con una proyección al 2016 – 2023. Para realizar un diagnóstico de la región se utilizó, primordialmente, la información existente en la base de datos del OIEA “Radiation Information Management System (RASIMS)”, así como el asesoramiento técnico brindado por los Oficiales Técnicos del Organismo 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 15 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.

No se puede dejar de mencionar la importancia que tiene la comprensión y compromiso político de los Gobiernos para poder pasar a una etapa superior de organización y contar con infraestructuras regulatorias eficaces y sostenibles.

Hay que señalar también que los nuevos estándares de seguridad del OIEA (GSR Parte 1, GSR Parte 3, GSR Parte 5) [70,71,72] 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. Es por eso que también debe corresponder al OIEA motivar a los Gobiernos de los Estados Miembros a que pongan en práctica los requisitos de seguridad identificados en los estándares del OIEA para finalmente lograr el establecimiento de infraestructuras regulatorias eficaces y sostenibles.

La actualización de la evaluación de la situación actual en Seguridad Radiológica en los países de la región de América Latina muestra lo siguiente:

- ❖ La evaluación reconoce los logros de los proyectos regionales anteriores y en ejecución en todos los aspectos de la creación y/o mejora de la infraestructura de seguridad radiológica. Sin embargo, la evaluación también reconoce que hay importantes elementos pendientes que necesitan ser atendidos para lograr Órganos Reguladores efectivamente independientes, con adecuados conocimientos científicos, exentos de influencias políticas, con una estructura nacional suficiente y con reglamentaciones eficaces, actualizadas y sostenibles que garanticen la seguridad de las fuentes de radiación.
- ❖ La legislación y regulaciones existentes no siempre son compatibles con las recomendaciones internacionales y, en algunos casos, tampoco facilitan la aplicación adecuada por parte del órgano regulador de las directrices del control en el área de la seguridad radiológica.
- ❖ En relación a los recursos humanos se observa una constante rotación del personal regulador, y falta de renovación, a la vez que existe un envejecimiento de los grupos de trabajo del área, originando la pérdida de la memoria corporativa y carencias en cuanto a la sostenibilidad del proceso regulatorio de inspección y control. Esta situación también afecta a los usuarios finales y a los servicios técnicos de protección radiológica.
- ❖ Aun cuando se ha reducido, continúa observándose la presencia de fuentes huérfanas en materiales a ser reciclados, lo que puede originar situaciones de emergencia radiológica, por lo que es necesario establecer las medidas necesarias para lograr la detección y acciones de seguridad oportunas.
- ❖ No todos los trabajadores ocupacionalmente expuestos cuentan con el monitoreo individual requerido por las recomendaciones internacionales y las regulaciones nacionales, acentuándose el problema en el caso de monitoreo

individual interno. Los Laboratorios de Calibración Dosimétrica son insuficientes para cubrir las necesidades que se presentan en la región.

- ❖ Los registros nacionales únicos de todas las dosis ocupacionales no están disponibles en todos los países de la región.
- ❖ En la mayoría de los países de la región no existen acciones para identificar las situaciones de exposición existentes asociadas a las industrias que involucran materiales NORM y para la evaluación de su impacto. Así mismo, no se ha desarrollado un marco regulador efectivo para cubrir este ámbito.
- ❖ La planificación, notificación y coordinación en la región para dar respuesta a las emergencias, incluida la atención médica a los afectados y el análisis sistemático de los accidentes y la disseminación de la información, aunque se ha venido mejorando, resulta ser todavía insuficiente.
- ❖ Se mantiene en la región una falta de políticas y estrategias nacionales para la gestión de los desechos radiactivos y carencia en el uso de las herramientas de exención, desclasificación y dispensas.
- ❖ La mayoría de los órganos reguladores no cuentan con los recursos humanos y financieros a fin de cumplir con todas las responsabilidades asignadas por sus correspondientes legislaciones y reglamentaciones aplicables.
- ❖ Hay una notable carencia de Sistemas de Gestión de los organismos reguladores que están alineados con las competencias asignadas por su marco legal.
- ❖ Hay una insuficiente promoción e implementación de la cultura de seguridad en materia de seguridad radiológica.
- ❖ Se observa que los gobiernos de algunos de los Estados Miembros de la región todavía no tienen un conocimiento exhaustivo del papel del organismo regulador y ello puede perjudicar la sostenibilidad del sistema nacional de seguridad radiológica.
- ❖ La información y experiencia documentada sobre la infraestructura para la seguridad del transporte seguro de material radiactivo no está disponible en la mayoría de los países y se presentan problemas con la denegación de los envíos de materiales radioactivos.
- ❖ Faltan estrategias nacionales de educación y entrenamiento en seguridad radiológica.
- ❖ 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 es insuficiente.
- ❖ Existe insuficiente entrenamiento en programas de optimización de la protección radiológica en todas las prácticas, en especial en medicina, con

énfasis en las nuevas tecnologías (técnicas digitales – tomografía computada multicortes – sistemas híbridos SPECT - PET/CT).

- ❖ Hay, asimismo, insuficiente entrenamiento 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.
- ❖ La mayoría de los reactores de investigación 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. Adicionalmente, se observa que el control regulador de estas instalaciones necesita mejoras, en particular en relación con el establecimiento y la ejecución del programa de inspección reglamentaria.

### 6.3. MATRIZ DAFO

#### 6.3.1. Fortalezas

- (1) Identidad cultural e idioma que permiten intercambiar experiencias, información y soporte de profesionales facilitando la nivelación de los países en las distintas áreas temáticas de seguridad.
- (2) Existencia de profesionales ya formados en todas las áreas de seguridad y con experiencia que pueden colaborar dentro de un marco bilateral.
- (3) Existen, en casi todos los países, marcos legislativos y regulatorios y sistemas de autorización e inspección establecidos y operacionales en la mayoría de los países.
- (4) Conciencia de los países de la necesidad de almacenes centralizados autorizados para los desechos radiactivos y fuentes radiactivas en desuso.
- (5) Existencia de organizaciones de gestión de emergencias convencionales que puedan participar durante situaciones de emergencia con radiaciones.
- (6) El nivel de calificación y preparación de los órganos reguladores se ha elevado.
- (7) Utilización de las ventajas de las Convenciones Internacionales de Emergencias y conocimiento de las otras Convenciones de Seguridad.
- (8) Existencia de inventarios nacionales de fuentes radiactivas de Categoría I a III, de desechos radiactivos y fuentes radiactivas en desuso.
- (9) Los países cuentan con un diagnóstico de sus principales problemas en materia de seguridad radiológica.
- (10) 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.
- (11) Existe una visión común para resolver los problemas de seguridad radiológica.

- (12) Visión más clara por parte de los países respecto de sus necesidades de desarrollo en infraestructura de regulación y control.
- (13) Mayor conciencia del riesgo radiológico en las exposiciones médicas.
- (14) Existencia de un amplio sector privado en la utilización de fuentes e interesado en la optimización de la protección radiológica ocupacional.
- (15) Existencia de los servicios técnicos básicos para la determinación de la exposición ocupacional y los aspectos de medición de radiaciones durante descargas al medioambiente y respuestas a emergencias.

### **6.3.2. Debilidades**

- (1) Importante tasa de rotación de profesionales capacitados, en particular, de los órganos reguladores.
- (2) Algunos órganos reguladores cuentan con limitadas capacidades de infraestructura y recursos humanos capacitados para satisfacer sus responsabilidades establecidas en la legislación nacional.
- (3) Escasos recursos financieros de los órganos reguladores para dar cumplimiento a todas las responsabilidades asignadas por la legislación.
- (4) Escasa remuneración y motivación para el trabajo en los órganos reguladores lo que provoca envejecimiento de los recursos humanos especialistas en seguridad radiológica y falta de renovación de los mismos. Falta de una gestión del conocimiento que permita mantener una memoria corporativa sobre los temas de seguridad radiológica.
- (5) Coexistencia de más de una autoridad reguladora en algunos países. Falta de coordinación y cooperación oficialmente establecida entre las diferentes autoridades nacionales.
- (6) Falta de independencia efectiva del órgano regulador en algunos países donde los reguladores son también operadores de prácticas que requieren ser reguladas.
- (7) En algunos casos regulaciones faltantes o no actualizadas en materia de seguridad radiológica.
- (8) En muchos países las acciones regulatorias no cubren todas las actividades y prácticas (especialmente las prácticas de menor riesgo radiológico y nuevas tecnologías). Escasa aplicación de los requisitos de evaluación de seguridad. Insuficiente cobertura del control regulatorio en radiología diagnóstica.
- (9) Insuficiente utilización de los sistemas informáticos para el registro de fuentes
- (10) No se utilizan, en muchos países, los registros de fuentes para organizar adecuadamente y con un enfoque gradual el trabajo de los órganos reguladores.
- (11) Ausentes o débiles sistemas de coerción o falta de decisión en su aplicación.

- (12) 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.
- (13) Muchos países no exigen la implementación de los sistemas de gestión en las instalaciones y actividades reguladas.
- (14) Inexistencia o poca difusión de programas formales para el desarrollo y fomento de la cultura de la seguridad por parte de los usuarios y los reguladores.
- (15) Aun es débil la implementación y control de los programas de protección radiológica y la optimización de la misma en las instalaciones y actividades, así como la introducción de conceptos de cultura de seguridad.
- (16) Falta de información y experiencia documentada sobre la infraestructura para la seguridad del transporte seguro de material radiactivo. Problemas con la denegación de los envíos y falta de nominación de los puntos de contactos nacionales
- (17) Dependencia de los países del apoyo, recursos y programas de organizaciones internacionales, especialmente del OIEA para formación y adquisición de equipamiento.
- (18) La cobertura de la dosimetría personal externa no es suficiente para abarcar a todos los trabajadores y todos los tipos de radiaciones a medir. Dificultades para dosimetría beta y de neutrones.
- (19) El número de laboratorios que brindan servicios de dosimetría interna es insuficiente o de distribución geográfica irregular lo que dificulta una amplia cobertura para todos los trabajadores expuestos que lo requieren.
- (20) El número de servicios y equipamiento disponibles para el monitoreo del puesto de trabajo (medición de haces de radiaciones y contaminación de superficies) es limitado.
- (21) 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 monitoreo del puesto de trabajo.
- (22) Los sistemas de calidad en los servicios técnicos de apoyo no están totalmente implementados.
- (23) Falta de armonización en los procesos y criterios para la autorización/aprobación/verificación de competencia de los servicios técnicos a nivel nacional y regional.
- (24) No disponibilidad de los registros nacionales unificados de dosis ocupacionales en la mayoría de los países.

- (25) Poca claridad respecto del significado, necesidad y alcance de las políticas y estrategias nacionales para la gestión de los desechos radiactivos, hecho que dificulta la implementación segura y sostenible de la misma.
- (26) Poca información de la existencia de los NORM e identificación de las situaciones de exposición existentes en los países.
- (27) Poca claridad en la regulación y aplicación práctica de los conceptos de exención, desclasificación, dispensas.
- (28) Deficiencia en la detección oportuna y el control sobre los materiales a ser reciclados para controlar la posible presencia de material radiactivo en los productos de consumo.
- (29) No existe un sistema de notificación con coordinación protocolizada a todas las organizaciones que deben estar involucradas en la respuesta a la emergencia.
- (30) Carencia de evaluación de amenazas en la mayoría de los países para la planificación a respuesta a emergencias radiológicas y nucleares.
- (31) Los marcos reguladores en la mayoría de los países no contemplan requisitos claros de educación y entrenamiento en seguridad radiológica para las diferentes categorías de trabajadores y tipos de prácticas.
- (32) Ausencia de estrategias nacionales de educación y entrenamiento en seguridad radiológica.
- (33) No ser parte, como Estados Miembros en las Convenciones de Seguridad, de Pronta Notificación y Asistencia en caso de Emergencias.
- (34) 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.
- (35) No se difunden internamente los conocimientos adquiridos en cursos específicos impartidos por organizaciones internacionales.

### **6.3.3. Amenazas**

- (1) 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.
- (2) Dificultades económicas en los países para mejorar o renovar la infraestructura debido a la asignación insuficiente de recursos.
- (3) Débil compromiso de los gobiernos para apoyar, fortalecer e implementar las infraestructuras y los programas regulatorios de seguridad radiológica.
- (4) Falta de efecto multiplicador de los conocimientos adquiridos en cursos específicos otorgados por organizaciones internacionales.

- (5) Falta de concientización para los temas de la protección radiológica entre los profesionales que trabajan con radiaciones ionizantes y también del público en general.
- (6) Limitado uso por los países de las herramientas de evaluación desarrolladas por OIEA tales como SARIS (Self Assessment Regulatory Infrastructure for Safety) para la evaluación de la efectividad de los programas regulatorios y sistemas de monitoreo para medir la eficacia de la cooperación técnica en las distintas áreas temáticas de seguridad, como ejemplo RASIMS.
- (7) Aun débil trabajo sistemático del OIEA con los gobiernos de los países para crear conciencia de la importancia de los aspectos de seguridad e infraestructura regulatoria para el control de los riesgos y las fuentes de radiación.
- (8) Poca atención por parte de los gobiernos al fortalecimiento de los órganos reguladores en materia de control en algunas de las áreas en la práctica médica.
- (9) Existen países de la región que no son firmantes de las Convenciones de Asistencia y Pronta Notificación en caso de emergencias así como las Convenciones de Seguridad.
- (10) La región es esencialmente dependiente del financiamiento externo para el desarrollo de las capacidades de respuesta a emergencias radiológicas y nucleares.
- (11) Los recursos asistenciales en la región para la atención médica en casos de lesionados en situaciones de emergencias no están adecuadamente identificados.
- (12) La región no cuenta con suficientes expertos para el asesoramiento en la respuesta médica en caso de emergencias nucleares y radiológicas.
- (13) No existe un análisis sistemático de los accidentes ocurridos en la región, ni todos son informados oficialmente.

#### **6.3.4. Oportunidades**

- (1) Posibilidades de acceso a la cooperación internacional (OIEA, OPS) y bilateral, especializadas en estas materias decididas a apoyar el desarrollo de las infraestructuras de seguridad radiológica en los países.
- (2) Capacidad ya desarrollada en los países de la región para capacitar a entrenadores y producir efectos multiplicativos.
- (3) Interés en algunos países de la región por la generación núcleo-eléctrica.
- (4) Existencia de Convenciones Internacionales de Seguridad y Respuesta a Emergencias.
- (5) Existencia de proyectos regionales y planes de acción que permiten avanzar en la solución de los problemas.
- (6) La existencia en la región de un grupo de expertos y acceso a servicios (LBDNET) para la atención a emergencias radiológicas.

- (7) Existencia de dos centros regionales de entrenamiento para cursos de postgrado en protección radiológica reconocidos por el OIEA.
- (8) Disponibles paquetes de entrenamiento desarrollados por el OIEA, los cuales permiten una homogenización de la información impartida en el entrenamiento.
- (9) 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.
- (10) Disponibilidad de estándares internacionales del OIEA actualizados en materia de seguridad radiológica.
- (11) Existencia de un gran paquete de normas nacionales que pueden servir de referencia a los países para la elaboración de su normativa nacional.
- (12) Disponibilidad de herramientas (software) que sirven de base en materia de preparación del personal y otras actividades en el área de seguridad radiológica.
- (13) Disponibilidad de guías para el establecimiento de requisitos de cualificación y reconocimiento de las diferentes categorías de trabajadores y prácticas vinculadas al área de seguridad radiológica.
- (14) Disponibilidad en la región de expertos calificados para cubrir las necesidades de conocimientos y asesoría en los campos de seguridad radiológica.
- (15) Existencia de servicios de evaluación de la infraestructura de seguridad radiológica y marco legislativo y regulador (IRRS, EPREV, ORPAS etc.)
- (16) Existen programas internacionales para el acondicionamiento y repatriación de las fuentes radiactivas en desuso.
- (17) Existencia de una base de datos que refleja la situación actual en la seguridad radiológica de los países de la región (RASIMS).
- (18) Intercambio abierto y permanente de experiencias profesionales, capacitación, documentos regulatorios etc. en materia de seguridad radiológica y nuclear a través de redes (REPROLAM, etc.).
- (19) Existencia de los servicios técnicos esenciales en apoyo a la infraestructura de seguridad radiológica.
- (20) Existencia de sociedades profesionales vinculadas a las áreas de la seguridad radiológica.
- (21) Opinión pública a favor de la protección del público y el medio ambiente.
- (22) Gran número de programas de entrenamiento realizados e impartidos por el OIEA.

#### 6.4. NECESIDADES/PROBLEMAS

En esta sección se presenta el resultado del análisis que se hizo en base a la Matriz DAFO, dando lugar a la identificación de las necesidades/problemas del sector, con su justificación, objetivo e indicador.

Las necesidades/problemas están ordenadas en función del GRADO TOTAL de Prioridad, de acuerdo a la Tabla de Priorización del ítem V (Priorización de Necesidades/Problemas).

**R1. Insuficiente aplicación y puesta en práctica, a nivel de los usuarios finales, de los principios y requisitos de protección radiológica de acuerdo con lo establecidos en las recomendaciones internacionales de seguridad [71] para el control de la exposición médica en radiología digital, tomografía computarizada, procedimientos intervencionistas y radioterapia.**

**Justificación:** La universalidad y magnitud de la población expuesta a la exposición médica y la no exigencia del cumplimiento de los requisitos de protección radiológica recomendados internacionalmente [71], sobre todo para la aplicación del principio de justificación y de programas de optimización, por parte de las respectivas autoridades reguladoras en materia nuclear y de salud, hacen que estas prácticas requieran aun de un trabajo de todas las partes comprometidas, para elevar la protección radiológica de los pacientes y el público. Adicionalmente, se identifica una falta de conciencia del riesgo radiológico y de cultura de seguridad en las prácticas médicas, lo que provoca exposiciones innecesarias a los pacientes y en ocasiones también a los trabajadores que las suministran.

**Objetivo:** Elevar el grado de cumplimiento de los requisitos de protección radiológica en la exposición médica con especial énfasis en radiología digital, tomografía computarizada, procedimientos intervencionistas y radioterapia.

**Indicador:** Número de países que demuestran en forma documentada que han incrementado el estado de implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS relacionados con la optimización de la exposición médica en radiología digital, tomografía computarizada, procedimientos intervencionistas y, radioterapia (Elementos 3, 6, 8, 12 TSA3).

**R2. Falta en países de la Región las garantías para mantener por parte de los gobiernos un sistema nacional regulatorio sostenible para la protección radiológica y el transporte seguro de material radiactivo.**

**Justificación:** La gran mayoría de los Estos Miembros de la región dispone 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 al 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. En algunos casos se observa escasa remuneración y motivación para el trabajo y la

permanencia de los funcionarios en los órganos reguladores no está siempre garantizada, lo que perjudica la continuidad de la memoria corporativa y la gestión del conocimiento.

**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:** Número de países que demuestran en forma documentada que han incrementado el estado de implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS 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 (Elementos 1,2, 3, 4 TSA 1).

**R3. Sistemas de Gestión insuficiente en los órganos reguladores para cumplir con todas las responsabilidades asignadas por la legislación de los países y por las recomendaciones de los estándares del OIEA.**

**Justificación:** La mayoría de los órganos reguladores tienen limitaciones en sus acciones y no cubren todas las actividades y prácticas, especialmente en radiología diagnóstica. Muchos países no tienen implementados los sistemas de gestión en los órganos reguladores. Asimismo no se exige a las instalaciones y actividades la implementación de estos sistemas de gestión. Aun es débil la implementación y control de los programas de protección radiológica y la optimización de la misma. Falta oficializar procedimientos de autorización e inspección, ausentes o débiles sistemas de coerción o falta de decisión en su aplicación. Insuficiente utilización de los sistemas informáticos para el registro de fuentes y su utilización es limitada para la organización del trabajo del órgano regulador con un enfoque gradual. Ausentes o débiles sistemas de coerción o falta de decisión en su aplicación. Insuficiente utilización de los sistemas informáticos para el registro de fuentes. Su utilización es limitada para la organización del trabajo del órgano regulador para la implementación de un enfoque gradual. Hay coexistencia no siempre armónica de más de una autoridad reguladora, comprometiendo la independencia efectiva en algunos países donde los reguladores desarrollan actividades que son también reguladas. Aún hay falta de coordinación y cooperación oficialmente establecida entre las diferentes autoridades nacionales. Regulaciones faltantes o no actualizadas con las recientes recomendaciones internacionales en materia de seguridad radiológica. Escasa aplicación de los requisitos de evaluación de seguridad.

**Objetivo:** Consolidar el trabajo de los órganos reguladores sobre la base de un sistema de gestión establecido, que permita cumplir con las responsabilidades asignadas por las legislaciones nacionales y por las recomendaciones de los estándares del OIEA.

**Indicador:** Número de países que demuestran en forma documentada que han incrementado el estado de implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS relacionados con los procesos, procedimientos, registros y reportes del sistema de gestión en correspondencia con los indicadores de desempeño establecidos en los estándares del OIEA: GSR Parte 1 y GSR Parte 3 [70,71] (Elementos 8, 9, 11, 12, 14 TSA1).

**R4. Insuficiente cobertura de los trabajadores ocupacionalmente expuestos por los servicios de protección radiológica (monitoreo individual interno, externo y de puestos de trabajo) existentes en los países. La inadecuada implementación de los sistemas de calidad en los servicios técnicos y la no disponibilidad de los**

**registros nacionales, unificados o centralizados, de dosis ocupacionales en todos los países.**

**Justificación:** Aun y cuando el número de servicios técnicos para dosimetría externa se han incrementado en la región, aun 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 aun limitado. Los sistemas de calidad en estos servicios, no han sido implementados en todos los países, así como tampoco el reconocimiento de sus competencias técnicas por el organismo respectivo. En la mayoría de los países no se disponen de los registros nacionales centralizados de dosis ocupacionales, por lo que no se tiene información sobre los niveles de exposición en las diferentes prácticas y no se promueve las acciones de optimización.

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

Establecer y mantener actualizados registros nacionales de dosis ocupacionales en los países de la región.

**Indicador:** Número de países que demuestran en forma documentada que han aumentado la implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS relacionadas con el monitoreo individual de la exposición externa, la contaminación interna, el monitoreo de los puestos de trabajo y que han establecido los registros nacionales de las dosis que reciben los trabajadores (RASIMS: elementos 2, 3 y 4 TSA2).

**R5. Falta de políticas y estrategias nacionales para la gestión segura y sostenible de los desechos radiactivos, y mejora de la gestión segura de los desechos y las fuentes en desuso.**

**Justificación:** Ausencia en la mayoría de los países de políticas y estrategias nacionales aprobadas por los gobiernos para la gestión segura y sostenible de los desechos radiactivos que incluye, entre otros, el acondicionamiento y almacenamiento seguro de los desechos radiactivos y fuentes radiactivas en desuso; el uso de las herramientas de desclasificación y dispensas. En los países de la región existen industrias de reciclado de metales en las que han aparecido o pueden aparecer fuentes huérfanas que, si no son detectadas y debidamente gestionadas pueden generar exposición del público, de los trabajadores de la industria y cuantiosas pérdidas económicas. En la mayoría de los países de la región no se han tomado aún acciones para la identificación de las situaciones de exposición existentes (por ejemplo los NORM) y la evaluación de su impacto radiológico que permitan tomar las correspondientes medidas regulatorias. En la mayoría de los países no se han definido las soluciones para la disposición final de los desechos radiactivos y fuentes radiactivas en desuso.

**Objetivo:** Establecimiento e implementación, por los gobiernos, de las políticas y estrategias nacionales para garantizar la gestión segura y sostenible de los desechos radiactivos. Implementar acciones que incrementen la seguridad de los desechos

radiactivos y fuentes en desuso existentes y aumente la capacidad de detección y gestión segura de fuentes huérfanas.

**Indicador:** Número de países de la Región que cuentan con las políticas nacionales establecidas gubernamentalmente para la gestión segura y sostenible de los desechos radiactivos, con almacenes licenciados para desechos radioactivos y con sistemas de seguridad y protección física de fuentes huérfanas (RASIMS: Elementos 7, 8 TSA4 y Elemento 10 TSA 1).

**R6. Limitadas capacidades de planificación, notificación y respuesta a emergencias radiológica de los países, incluida la atención médica a los afectados y el análisis sistemático de los accidentes y la diseminación de la información.**

**Justificación:** En la región existen capacidades (planes, procedimientos, primeros respondedores) que pueden ser fortalecidas y empleadas ante situaciones de emergencias, las cuales, adecuadamente coordinadas mediante mecanismos formales (ej. RANET), podrían ser puestas oportunamente a disposición del país afectado. En la mayoría de los países se identifica una carencia de evaluación de amenazas para la planificación a respuesta a emergencias radiológicas y nucleares, tomando en cuenta también aspectos asociados con la mitigación de las potenciales consecuencias de la propia emergencia y la respuesta. Los recursos asistenciales en la región para la atención médica en casos de lesionados en situaciones de emergencias no están adecuadamente identificados y no se cuenta con suficientes expertos para el asesoramiento en la respuesta médica en caso de emergencias nucleares y radiológicas. Aun y cuando se han venido implementado acciones para fortalecer el conocimiento e infraestructura de los primeros respondedores, es necesario fortalecerlos en la mayoría de los países. No existe un análisis sistemático de los accidentes ocurridos en la región. Un número de países de la región aun no son parte de las Convenciones para Emergencias Radiológicas y Nucleares.

**Objetivo:** Incrementar las capacidades de planificación, notificación y respuesta a emergencias, incluida la atención médica a los afectados y el análisis sistemático de los accidentes y la diseminación de la información.

**Indicador:** Número de países que demuestran en forma documentada que han incrementado el estado de implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS relacionados con responsabilidades básicas; identificación, notificación y activación; y elementos de infraestructura para dar respuesta a emergencias radiológicas y nucleares (Elementos 1, 4, y 14 de TSA 5).

**R7. Limitaciones para las calibraciones a niveles de protección radiológica, radioterapia y radiodiagnóstico, por parte de los Laboratorios Secundarios de Calibración Dosimétrica de la región.**

**Justificación:** Los servicios de calibración y verificación de equipamiento de los Laboratorios Secundarios de Calibración Dosimétrica en la región no son suficientes para cubrir las necesidades de los usuarios finales, para niveles de protección radiológica, a niveles de radioterapia y radiodiagnóstico con radiación fotónica. Esto se debe fundamentalmente a la 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 necesidades reales de calibración de la región, los problemas existentes, las posibilidades actuales de brindar estos servicios así como las propuestas de solución a corto y mediano plazo para 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 en áreas como radioterapia externa, braquiterapia, radiología, medicina nuclear y protección radiológica.

**Indicador:** Documento con el diagnóstico completo sobre la situación en la región y propuestas de soluciones, que sirva de insumo para las autoridades nacionales, las organizaciones nacionales que tienen a su cargo los LSCD, y el OIEA para la definición de estrategias en la búsqueda de soluciones.

**R8. Insuficiente aplicación de los Sistemas de Gestión en los usuarios finales, incluyendo la promoción e implementación de la cultura de seguridad.**

**Justificación:** En la mayoría de los países de la región se identifica una falta de programas de gestión para la implementación de los programas de protección radiológica en las instalaciones. No se identifican acciones concretas para el desarrollo y fomento de la cultura de la seguridad por parte de los usuarios finales en las diferentes prácticas, lo que conlleva a la potencial ocurrencia de accidentes e incidentes radiológicos.

**Objetivo:** Establecer e implementar en los países de la región sistemas de gestión en las instalaciones y fomentar el desarrollo del concepto de la cultura de seguridad.

**Indicador:** Número de países que demuestran en forma documentada que han incrementado el estado de implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS relacionados con la implementación de los sistemas de gestión y cultura de seguridad en las instalaciones (Elemento 6 TSA2).

**R9. Ausencia de estrategias nacionales de educación y entrenamiento en seguridad radiológica.**

**Justificación:** En la mayoría de los países se identifica una ausencia de estrategias nacionales sostenibles de educación y entrenamiento en seguridad radiológica para todas las prácticas, puestos de trabajo, considerando cursos básicos y postgrado. Falta de recursos humanos y financieros para el establecimiento de programas nacionales sustentables de educación y entrenamiento en protección radiológica ocupacional en instalaciones y actividades, en particular en la práctica médica.

**Objetivo:** Elaborar e implementar las estrategias nacionales de educación y entrenamiento en seguridad radiológica y de la optimización de la protección radiológica que abarque todas las prácticas (con énfasis en la práctica médica) y el órgano regulador.

**Indicador:** Número de países que demuestran en forma documentada que han incrementado el estado de implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS relacionados con el diseño e implementación de la estrategia nacional de educación y entrenamiento en seguridad radiológica (Elementos 4, 5, 6, 7 TSA6).

**R10. 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.**

**Justificación:** La información y consulta a las partes interesadas y al público sobre los posibles riesgos radiológicos asociados a las instalaciones y actividades radiológicas no están suficientemente desarrolladas en la mayoría de los países a pesar de estar recogidas en los Principio Fundamentales de la Seguridad [69] y los Requisitos de Seguridad del OIEA [70,71,72].

**Objetivo:** Elevar el conocimiento público sobre los riesgos radiológicos asociados a las instalaciones y actividades y fomentar la participación de las partes interesadas sobre los procesos y decisiones del órgano regulador.

**Indicador:** Número de países que demuestran en forma documentada que han incrementado el estado de implementación de los indicadores de desempeño de RASIMS relacionados con los mecanismos nacionales establecidos para garantizar la participación de las partes interesadas y el conocimiento público sobre los riesgos radiológicos asociados a las instalaciones y actividades y sobre los procesos y decisiones del órgano regulador (Elemento 13 TSA1).

## 6.5. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES/PROBLEMAS

La priorización de las necesidades/problemas del sector se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Priorización de las necesidades/problemas en el sector Seguridad Radiológica.

	NECESIDAD/PROBLEMA	SEVERIDAD	TIEMPO	EXTENSIÓN	RELEVANCIA	GRADO TOTAL	DIFICULTAD	R/D	GRADO FINAL
<b>R1</b>	Insuficiente aplicación y puesta en práctica, a nivel de los usuarios finales, de los principios y requisitos de protección radiológica de acuerdo con lo establecido en las recomendaciones internacionales de seguridad [71] para el control de la exposición médica en radiología digital, tomografía computarizada, procedimientos intervencionistas y radioterapia.	4.5 Afecta severamente la protección del paciente, el público y los trabajadores.	4.5 Es recomendable que estos requisitos sean implementados tan pronto como sea posible.	5.0 Este problema aplica a la mayoría de los países de la región.	5.0 Es crucial para la protección de los pacientes, los trabajadores y el público asociado a la misma.	<b>19,0</b>	4.5 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.	1,11	<b>21,09</b>
<b>R2</b>	Falta en países de la región las garantías para mantener por parte de los gobiernos un sistema nacional regulatorio sostenible para la protección radiológica y el transporte seguro de material radiactivo.	4.5 Afecta el establecimiento del marco regulador nacional y el cumplimiento efectivo de las responsabilidades del órgano regulador.	5.0 Es recomendable que estas garantías sean implementadas en los plazos más breves posibles.	4.0 Este problema aplica a un grupo importante de los países de la región.	4.5 Es vital para el establecimiento y aplicación de un marco regulador en correspondencia con los estándares internacionales para la protección de los trabajadores, el público y el	<b>18,0</b>	4.5 Vinculada con la voluntad política de los gobiernos de establecer un marco e infraestructura regulatoria eficaz para garantizar la protección de los trabajadores, el público y el medio ambiente.	1,00	<b>18,00</b>

					medio ambiente.				
<b>R3</b>	Sistemas de gestión insuficientes en los órganos reguladores para cumplir con todas las responsabilidades asignadas por la legislación de los países y por las recomendaciones de los estándares del OIEA.	4.5 Afecta el control regulador del cumplimiento sostenible y eficaz de los requisitos de protección radiológica de los trabajadores, el público y el medio ambiente.	4.0 Es recomendable que estos criterios sean implementados tan pronto como sea posible.	4.0 Este problema aplica a un grupo de los países de la región.	4.5 Es vital para el establecimiento y aplicación de un marco regulador en correspondencia con los estándares internacionales para la protección de los trabajadores, el público y el medio ambiente.	<b>17,0</b>	4.0 Vinculada con la voluntad política de los órganos reguladores de hacer cumplir los requisitos establecidos en la legislación vigente y falta de apoyo de las altas autoridades de gobierno para la implementación de estas acciones.	1,13	<b>19,21</b>
<b>R4</b>	Insuficiente cobertura de los trabajadores ocupacionalmente expuestos por los servicios de protección radiológica (monitoreo individual interno, externo y de puestos de trabajo) existentes en los países La inadecuada implementación de los sistemas de calidad en los servicios técnicos y la no disponibilidad de los registros nacionales, unificados o centralizados, de dosis ocupacionales en todos los países.	3.5 Limita el monitoreo del nivel de seguridad de los trabajadores y de las instalaciones y dificulta el adecuado control por parte del Órgano Regulador.	3.5 Es recomendable que estos requisitos sean implementados tan pronto como sea posible.	4.0 Este problema aplica a la mayoría de los países de la región.	4.0 Es crucial para la protección radiológica ocupacional.	<b>15,0</b>	3.0 Considera técnicas y servicios establecidos que requieren de sistemas de calidad. Requiere de órganos reguladores que exijan su implementación práctica.	1,34	<b>20,1</b>

<b>R5</b>	Falta de políticas y estrategias nacionales para la gestión segura y sostenible de los desechos radiactivos, y mejora de la gestión segura de los desechos y las fuentes en desuso.	3.5 Afecta el establecimiento de responsabilidades, el marco regulador, y los mecanismos financieros para garantizar una gestión sostenible de los desechos radiactivos y la protección del público y el medio ambiente.	3.5 Es recomendable que estos requisitos sean implementados tan pronto como sea posible.	4.5 Este problema aplica a la mayoría de los países de la región.	3.5 La implementación garantizará la seguridad y sostenibilidad de la gestión de los desechos radiactivos y las fuentes radiactivas en desuso y por ende la protección del público y el medio ambiente.	<b>15,0</b>	4.0 Vinculada con la voluntad política de los gobiernos de establecer un marco legal efectivo y la infraestructura necesaria para garantizar la gestión segura y sostenible de los desechos radiactivos.	0,88	<b>13,20</b>
<b>R6</b>	Limitadas capacidades de planificación, notificación y respuesta a emergencias radiológica de los países, incluida la atención médica a los afectados y el análisis sistemático de los accidentes y la diseminación de la información.	3.5 No existen capacidades instaladas en algunos países.	3.0 Se debe encarar en un plazo relativamente corto por la gravedad asociada. La elaboración de un plan de acción se hace necesaria.	4.0 Este problema aplica a un grupo importante de los países de la región.	3.5 La coordinación aumentará el nivel de protección del personal afectado y del público.	<b>14,0</b>	3.5 Vinculada principalmente a la coordinación para el aprovechamiento de las capacidades instaladas y capacitación en algunas áreas como la atención médica.	1,00	<b>14,00</b>
<b>R7</b>	Limitaciones para las calibraciones a niveles de protección radiológica, radioterapia y radiodiagnóstico, por	3.0 Afecta la calidad y objetividad de la protección radiológica de los trabajadores, los pacientes, el público y el medio	3.0 Se debe encarar en un plazo relativamente corto por la gravedad asociada.	3.5 Este problema aplica a un grupo importante de los países de la región.	4.0 Es importante para la protección de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y cruciales para la	<b>13,5</b>	4.0 Vinculada a la inversión en laboratorios costosos, equipos y personal capacitado en la región: Se ha demostrado que esta	1,00	<b>13,5</b>

	parte de los Laboratorios Secundarios de Calibración Dosimétrica de la Región.	ambiente.			protección de los pacientes y el público asociado a la misma.		actividad no ha sido sostenible en algunos países en donde se han instalado estos laboratorios.		
<b>R8</b>	Insuficiente aplicación de los sistemas de gestión en los usuarios finales, incluyendo la promoción e implementación de la cultura de seguridad.	3.0 La ausencia en la aplicación de estos conceptos dificulta el orden, la efectividad, el alcance y la continuidad del órgano regulador.	3.0 Se debe encarar en un mediano plazo, atendiendo a la complejidad del problema.	4.0 Este problema aplica a la mayoría de los países de la región.	3.5 La implementación incrementará la sostenibilidad del control regulatorio y por ende la protección de los trabajadores, el público y el medio ambiente.	<b>13,5</b>	4.0 Vinculada con la voluntad política de los órganos reguladores de hacer cumplir los requisitos establecidos en la legislación vigente o de los estándares internacionales (OIEA).	0,88	<b>11,88</b>
<b>R9</b>	Ausencia de estrategias nacionales de educación y entrenamiento en seguridad radiológica.	3.0 Compromete la sostenibilidad de la Infraestructura de protección radiológica.	3.0 Encarar la solución a la brevedad para asegurar, en un futuro inmediato, la disponibilidad de personal capacitado.	3.5 Este problema aplica a un grupo importante de los países de la región.	3.5 Considerable, a fines de tener técnicos y profesionales capacitados en funciones y asegurar una continuidad efectiva de seguridad radiológica.	<b>13,0</b>	3.0 Requiere de coordinación para el aprovechamiento de las capacidades y servicios nacionales o regionales instalados y disponibles.	1,17	<b>15,21</b>
<b>R10</b>	Insuficiente información y	2.5 Es un requisito de	3.0 Se debe encarar	3.5 Este problema	3.0 La	<b>12,0</b>	3.5 Vinculada con la	0,86	<b>10,32</b>

	<p>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.</p>	<p>seguridad que se ha trabajado poco en la región, debido a la baja prioridad nacional otorgada a este tema.</p>	<p>en un mediano plazo, atendiendo a la complejidad del problema, teniendo presente que este es un tema cada vez más considerado por la opinión pública.</p>	<p>aplica a un grupo importante de los países de la región.</p>	<p>implementación incrementará la transparencia y credibilidad en el programa regulatorio.</p>		<p>voluntad política de los órganos reguladores de hacer cumplir los requisitos establecidos en la legislación vigente y estándares internacionales, además de atender la cada vez más creciente demanda de información por parte de la opinión pública.</p>		
--	---	---	--	---	--	--	--	--	--

***TECNOLOGÍAS  
CON RADIACIÓN***

## 7. TECNOLOGÍAS CON RADIACIÓN

### 7.1. ANTECEDENTES

Las actividades se iniciaron revisando la vigencia de las necesidades/problemas propuestas en el PER anterior planificado para el periodo 2007-2013. En este análisis se llevó en consideración los resultados que vienen siendo obtenidos en los proyectos financiados por ARCAL/OIEA en América Latina y el Caribe, basados en los informes analizados en la reunión realizada en noviembre de 2012 en la Habana, Cuba.

Se identificaron las necesidades de la región en las áreas de; agua (tratamiento), ambiente (tratamiento de emisiones y residuos), ingeniería costera, materiales avanzados, medicina, patrimonio cultural (caracterización y preservación), procesos industriales, recursos naturales y tecnologías de inspección, teniendo en cuenta el uso de las siguientes técnicas nucleares:

- ❖ Tecnología de procesamiento con radiaciones (gamma, electrones y rayos X)
- ❖ Radiotrazadores
- ❖ Sistemas nucleónicos de control
- ❖ Ensayos no destructivos
- ❖ Técnicas analíticas

El análisis de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas se realizó para cada área, y finalmente las necesidades identificadas fueron calificadas y priorizadas de acuerdo a la metodología definida para este fin, teniendo en cuenta los siguientes atributos: severidad, tiempo, extensión, relevancia y dificultad.

#### **Aplicación de las 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 [73-87]. 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 Co-60), 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, objetos de patrimonio cultural, archivos y desinfección y conservación de libros y preservación del medio ambiente (tratamiento de aguas residuales industriales, gases de combustión y lodos) [77-89].

Los radiotrazadores (T), con vida media corta como: Na-22, Tc-99m, I-131, Br-82, La-140, etc., se utilizan para diagnosticar procesos industriales como los desperfectos, las fugas

subterráneas, la distribución de tiempo de residencia, los patrones de flujo, los 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, la retrodispersión de neutrones, entre otras. La relación beneficio/costo es mayor a 30 y proporciona una mejor calidad del producto, la productividad, la seguridad y la disponibilidad de los procesos [74-79,88-91].

Sistemas nucleónicos de control (SNC). Existen diferentes sistemas para el control de calidad de procesos industriales y 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, Cf-252). Estos sistemas utilizan fuentes de radiación tales como Am-241, Cs-137, y generadores de rayos X o neutrones acoplados con detectores que proporcionan la señal utilizada para controlar el proceso [73,77-82,83-87].

Técnicas analíticas (L). Las técnicas analíticas nucleares están disponibles para realizar análisis de laboratorio; también pueden configurarse para análisis en línea para control de procesos. Las técnicas de análisis más importantes son el análisis por activación neutrónica, fluorescencia de rayos X, análisis por activación nuclear por gammas inmediatas y partículas inducidas por emisión de rayos X [76,80,83,87].

Ensayos no Destructivos (END). Esta categoría 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 [92-106]. También es importante la tomografía computarizada, la neutronografía, entre otras. Las técnicas no nucleares incluyen ultrasonido, corrientes inducidas, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.

## 7.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN REGIONAL

La región de América Latina y el Caribe está compuesta por 45 países en un territorio que abarca 20,4 millones de kilómetros cuadrados. La región tenía 581,4 millones de habitantes en 2012, con un crecimiento anual de 1,2%. El Producto Interno Bruto (PIB) de la región fue de 5344 miles de millones de USD en 2012. En este año el ingreso per cápita anual fue de 8981 USD. La esperanza de vida al nacer es de 74 años en 2011. La matrícula para educación primaria alcanza el 107% [107-108].

Se pronostica que la población en la región ascenderá en el año 2050 a unos 902 millones de habitantes [109-110].

La Figura 1 muestra el crecimiento del PIB y la Figura 2 muestra el crecimiento industrial en diferentes regiones del mundo.

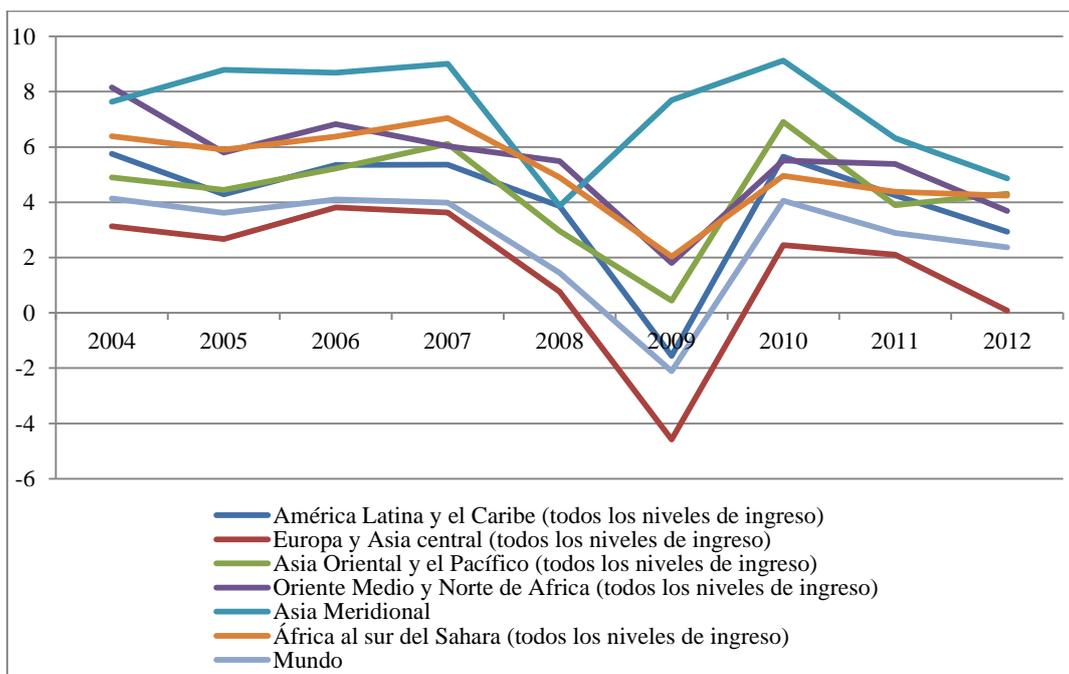


Figura 1. Crecimiento anual del PIB por regiones del mundo<sup>3</sup>.

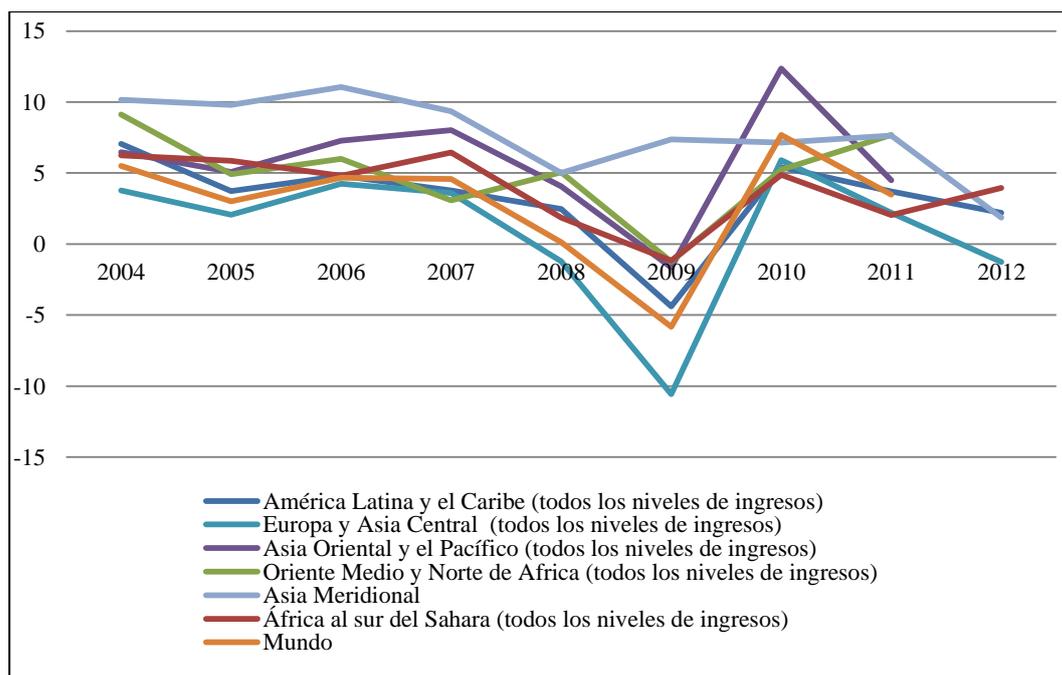


Figura 2. Crecimiento industrial por regiones del mundo<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Elaborado en base a los datos disponibles en: The World Bank: Dataset name: World Development Indicators: Size of the economy (<http://wdi.worldbank.org/table/1.1>)

<sup>4</sup> Elaborado en base a los datos disponibles en: The World Bank: Dataset name: World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.

(<http://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.KD.ZG/countries/ZJ-Z7-Z4-ZQ-8S-ZG-1W?display=graph>)

La Tabla 7 presenta el porcentaje de la población total empleada en la industria en 2011 [111].

Tabla 7. Porcentaje de la población empleada en la industria en 2011.

País	%	País	%	País	%
Argentina	23,8	Ecuador	17,7	Panamá	18,6
Bolivia	20,6	El Salvador	21,2	Paraguay	17,8
Brasil	21,9	Guatemala	23,8	Perú	17,0
Chile	23,1	Honduras	19,0	Uruguay	21,5
Colombia	20,6	México	25,2	Venezuela	21,9
Costa Rica	19,8	Nicaragua	16,5		

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 al uso de las tecnologías con radiación. La Tabla 8 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 nucleónicos de control, en control de calidad industrial y en la exploración de recursos minerales y el medio ambiente. En la Tabla 9 se presenta el estado de las técnicas de ensayos no destructivos por país, la Tabla 10 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 8. 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	SNC en control de calidad industrial	SNC en exploración de recursos minerales 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		
Venezuela	X	X		

Tabla 9. Uso de las técnicas de ensayos no destructivos en los países de la región.

<b>País</b>	<b>Desarrollo parcial</b>	<b>Avanzado</b>
Argentina		X
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	
Venezuela		X

Tabla 10. 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	Red Perspex, Ambar Perspex, Gammachromme	Fricke, Alanina, Dicromato	Si	No
	Planta de Co-60 privada. Actividad actual 1070 kCi	Servicio	Red Perspex, Ambar Perspex, Gammachromme	Dicromato/CNEA	No	No
Brasil	3 Plantas de Co - 60 Privadas (CBE/Embrarad) Actividade actual 6000 kCi	Servicio y desarrollo	Red Perspex		Si	Si (Privados)
	01 Acelerador de electrones de 10 MeV- CBE/Embrarad	Servicio				
	Planta de Co-60 IPEN. Actual 400 kCi	Servicio, investigación y desarrollo	Radiocrómico, Red Perspex, Ambar Perspex	Fricke, Alanina	Si	No
	12 Aceleradores de electrones privados energía de 0,3 a 10 MeV	Servicio	Alanina, CTA	Alanina	Si	
	2 Aceleradores de electrones, IPEN (1.5 MeV – 37,5 mA y 70mA)	Servicio, investigación y desarrollo	CTA		Si	
	1 Gamma cell actividade: < 5 kCi, IPEN	Servicio y desarrollo	Red Perspex, Ambar Perspex, Gammachromme, GEX B3	Alanina	Si	No
Chile	Planta Co- 60, 360 kCi	Servicio y desarrollo	Red Perspex, Ambar Perspex, Gammachromme	Fricke	No	Si
Costa Rica	Electrón Bean 7,5 MeV (Baxter)	Servicio				
	Electrón Bean 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				

<b>Cuba</b>	Irradiador MP- $\gamma$ -30. Actual 1.7 kCi	Servicio, investigación y desarrollo	Red Perspex, Ambar Perspex	Fricke, Cérico/Cero so	Si	Sistema de calidad, no certificado
<b>República Dominicana</b>	Electrón Bean Sure Bean 10/15 (Fenwall)	Servicio	GEX B3	NPL	Si	ISO 13485 e ISO11137
	Electrón Bean Modelo integrado (Fenwall)	Servicio	GEX B3	NPL	Si	ISO 13485 e ISO11137
<b>Ecuador</b>	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	Radiocró- mico; caloríme- tro	No	No
	Gammacell JL SHEPHERD 109 Actividad inicial de 11 kCi. Actividad actual <0.7 kCi	Investigación	Fricke	No	No	No
<b>El Salvador</b>	Planta JS 7500 1974 accidente 1991 18 kCi	Cerrada	No	No	No	No
<b>México</b>	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
	Autoblindado Co 60, SAGARPA Tapachula (cerrado)	Mosca de la fruta	Sin información	Sin información	No	Sin información
	Autoblindado Co 60, SAGARPA Tapachula (cerrado)	Mosca del mediterráneo	Sin información	Sin información	No	Sin información

	Autoblindado Horizontal Cs 137, SAGARPA Tuxtla Gutz (cerrado)	Servicio	Sin información	Sin información	No	Sin información
<b>Perú</b>	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
<b>Uruguay</b>	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				
<b>Venezuela</b>	Irradiador IR 216 PEGAMMA Co - 60 diseño 1000 kCi. Actual 85 kCi	Servicio	Red Perspex, Fricke	No	No	No

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 ,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 el grupo.

Agua (tratamiento):

- ❖ Tratamiento de agua para reutilización o descarga (RP);
- ❖ Tratamiento de lodos (RP);
- ❖ Optimización de procesos de tratamiento de agua (T);

- ❖ Medición de precipitaciones (T);
- ❖ Las áreas de protección de cuencas hidrográficas (T).

Ambiente (tratamiento de emisiones y residuos):

- ❖ Tratamiento de efluentes gaseosos (RP);
- ❖ Descargas de Industrias (T);
- ❖ Transporte de sedimentos (T).

Ingeniería Costera:

- ❖ Protección de las costas contra la erosión (T, SNC);
- ❖ Puertos y trabajos de dragado, optimización y administración (T, SNC).

Materiales Avanzados:

- ❖ Modificación y tratamiento polímeros (RP);
- ❖ Procesamiento de materiales avanzados (RP);
- ❖ Medición de desgaste por activación de capas delgadas con protones (T).

Medicina:

- ❖ Esterilización de productos médicos (RP);
- ❖ Sanitización of recipientes (RP);
- ❖ Hidrogeles (cosméticos, médicos, etc.) (RP);
- ❖ Irradiación de sangre (RP);
- ❖ Irradiación de tejidos biológicos (humanos y de animales) (RP);
- ❖ Producción de radiosótopos para medicina e industria (RP).

Patrimonio Cultural (caracterización y preservación):

- ❖ Preservación de objetos históricos (PR);
- ❖ Desinfestación de archivos, documentos, pinturas (PR);
- ❖ Autenticación y caracterización de objetos (L);
- ❖ Preservación de objetos (T, PR);
- ❖ Análisis de objetos (END).

Procesos Industriales:

- ❖ Optimización de procesos (T);
- ❖ Control de calidad (SNC);
- ❖ Modificación y mejora de productos (RT).

#### Recursos Naturales:

- ❖ Alimentos:
  - Tratamiento cuarentenario y de preservación por irradiación (PR);
  - Control de calidad (SNC);
  - Desarrollo de empaques usando polímeros naturales (PR);
  - Optimización de procesos (T).
- ❖ Agricultura:
  - Esterilización de suelos (PR);
  - Promotores de crecimiento de plantas (usando polímeros naturales) (PR);
  - Super absorbedores de agua (usando polímeros naturales) (PR);
  - Biocidas (usando polímeros naturales) (PR);
  - Estudios de erosión de suelos (T);
  - Estudios de transferencia de fertilizantes y contaminantes (T);
  - Sanitización de alimento de animales (PR);
  - Sanitización de productos agrícolas– flores, madera, tabaco, semillas, etc. (PR).
- ❖ Minería (T, L, SNC):
  - Exploración (SNC);
  - Procesamiento (T, SNC).

#### Tecnologías de Inspección (END):

- ❖ Metales, soldadura, tuberías, plantas de energía, petróleo y gas, industria aeroespacial, etc.;
- ❖ Concretos, carreteras, puentes, edificios, etc.;
- ❖ Inspección en servicio de centrales eléctricas, en especial centrales nucleares;

- ❖ Armonización del entrenamiento y certificación de operadores;
- ❖ Entrenamiento digital de operadores.

### 7.3. MATRIZ DAFO

A continuación se presenta el análisis del Perfil Estratégico de la región en forma de una lista resumida de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (DAFO) para cada necesidad identificada por el grupo de expertos.

Los principales campos identificados fueron: agua, ambiente, ingeniería costera, materiales avanzados, medicina, patrimonio cultural, procesos y producción industrial, recursos naturales y tecnologías de inspección.

#### 7.3.1. **Fortalezas**

##### **Agua (PR, T)**

- (1) El agua es un recurso público estratégico y escaso en cualquier país.
- (2) Tecnologías simples y accesibles.
- (3) No hay generación de residuos.
- (4) Contribuye a limpiar las aguas residuales para su vertido o reutilización posterior.
- (5) Contribuye a aumentar la disponibilidad y la calidad del agua potable.
- (6) Con frecuencia, las tecnologías con trazadores no nucleares son más caras y técnicamente más difíciles de aplicar.
- (7) Existente experiencia en varios países de la región.
- (8) Capacidad para mejorar la eficiencia de instalaciones existentes para el tratamiento del agua.

##### **Ambiente (PR, SNC)**

- (9) El interés común de toda la región es la de proteger el medio ambiente.
- (10) Tecnologías eficientes y eficaces.
- (11) El tratamiento de gases de combustión con haces de electrones es la única tecnología que puede eliminar eficazmente todos los contaminantes de forma simultánea, sin generación de residuos.
- (12) Existen grupos para radiotrazadores y sistemas nucleónicos de control y equipamiento en la actualidad en la mayoría de los países.

##### **Ingeniería costera (T, SCN)**

- (13) La gestión costera es importante para la región.

- (14) Tecnología accesible y validada.
- (15) Ya existe en algunos países.
- (16) Muy alta relación costo-beneficio.
- (17) Necesidad de protección del ambiente.

#### **Materiales avanzados (PR)**

- (18) Interés común de la región por añadir gran valor a los materiales.
- (19) Procesos energéticamente eficientes y ambientalmente amigables.
- (20) Mejora en la calidad y la seguridad.
- (21) Asequible (en algunos casos, más barato que las alternativas).
- (22) Infraestructura establecida en la región.

#### **Medicina (PR)**

- (23) Tecnología bien establecida y disponible.
- (24) Fuerte demanda comercial para la esterilización de instrumentos médicos y de irradiación de sangre.
- (25) La tecnología es simple y accesible.
- (26) No hay generación de residuos.
- (27) Tecnología libre de aditivos y a temperatura ambiente.
- (28) La tecnología es normalmente aceptada por el público en general.
- (29) La tecnología es más eficaz y competitiva (una vez establecida la instalación) que las tecnologías no nucleares.

#### **Patrimonio cultural (RT, L, END)**

- (30) Latinoamérica es muy rica en patrimonio cultural y está distribuido en toda la región.
- (31) Al menos cuatro países tienen y usan las tecnologías aplicables.
- (32) Infraestructura existente.
- (33) Algunos países ya están trabajando con la UNESCO.
- (34) Experiencia en el OIEA (proyectos modelo y conocimiento).
- (35) Tecnologías accesibles.

(36) Tecnologías simples y eficaces.

(37) No hay generación de residuos.

#### **Procesos y producción industrial (T, SNC, L)**

(38) El interés común de mejorar la eficiencia de los procesos productivos.

(39) Herramientas disponibles para todas las industrias.

(40) En la actualidad en varios países de la región, ya existen algunas actividades donde se aplican las técnicas de radiotrazadores y sistemas nucleónicos de control de procesos

(41) Mejora de la calidad de los productos y permanente control de calidad de los productos.

(42) Muy alta relación costo-beneficio.

(43) Mejora de la competitividad de la industria.

(44) Institutos existentes y empresas capaces de proporcionar la tecnología.

(45) Tecnología accesible.

#### **Recursos naturales (PR, T, SNC)**

(46) La región es rica en recursos naturales (agricultura, productos marinos, minerales, hidrocarburos).

(47) Tecnologías simples y accesibles.

(48) No generan residuos.

(49) Ya están siendo producidos y usados algunos hidrogeles en la región.

(50) Los materiales empleados pueden ser residuos de un proceso y el producto final se transforma en un producto de gran valor añadido.

(51) Ya existen productos de referencia en el mercado (proyectos del OIEA en Asia).

#### **Tecnologías de inspección (END, SNC)**

(52) El interés común por productos certificados.

(53) Mejora la calidad de los productos.

(54) Mejora de la seguridad de la operación y protección de la vida humana.

(55) Tecnología accesible.

(56) Alta relación costo-beneficio.

- (57) La simplicidad de la tecnología.
- (58) Varios proyectos ya han sido implementadas en este campo.
- (59) Red existente de proveedores de servicios y los usuarios finales de la tecnología.
- (60) Los países avanzados pueden facilitar la cooperación regional.
- (61)

### **7.3.2. Debilidades**

#### **Agua (PR, T)**

- (1) Para el procesamiento con radiaciones, el desarrollo de la tecnología se encuentra todavía en una etapa temprana.
- (2) La información de los actores potenciales en las tecnologías es limitada.
- (3) Pocas instalaciones para demostrar la tecnología.

#### **Ambiente (PR, SNC)**

- (4) Para el tratamiento con radiaciones, la inversión de capital para nuevas instalaciones es elevada.
- (5) No hay proveedores de sistemas listos para usar.
- (6) Pocas instalaciones para demostrar la tecnología.

#### **Ingeniería costera (T, SCN)**

- (7) Poca disponibilidad de radiotrazadores.
- (8) Preocupación del público.
- (9) Regulaciones muy estrictas.

#### **Materiales avanzados (PR)**

- (10) Se requiere personal más calificado.
- (11) El desarrollo de los productos son de naturaleza propia.
- (12) Pocas compañías comunican el uso de estas tecnologías.

#### **Medicina (PR)**

- (13) Algunos países no cuentan con instalaciones adecuadas de irradiación.
- (14) Hay una necesidad de mejorar el cumplimiento de las normas internacionales vigentes en la región.

- (15) En algunos casos, la inversión de una nueva instalación de irradiación es más cara que la aplicación de técnicas no nucleares.

#### **Patrimonio cultural (RT, L, END)**

- (16) Cifras de referencia incompletas sobre el uso de las tecnologías en la región.
- (17) Falta de experiencia y conocimientos en el uso adecuado de las tecnologías.
- (18) Falta de redes institucionales entre los conservadores y los operadores de la tecnología.
- (19) Conocimiento limitado de los conservadores en la tecnología.

Procesos y producción industrial (T, SNC, L).

- (20) Disponibilidad limitada de radiotrazadores.
- (21) Regulación restrictiva.

#### **Recursos naturales (PR, T, SNC)**

- (22) La demostración de la tecnología requerirá tiempo (PR).
- (23) Necesidad de grupos de larga duración para el desarrollo de capacidades (sostenibilidad).
- (24) Etapa temprana de desarrollo en la región.
- (25) La necesidad de estandarización de ciertos procesos y productos (para uso comercial).

#### **Tecnologías de inspección (END, SNC)**

- (26) No está armonizada la certificación de la capacidad del personal.

### **7.3.3. Oportunidades**

#### **Agua (PR, T)**

- (1) El aumento de las aguas residuales producidas por las actividades humanas e industriales deben ser abordados, y representan uno de los principales retos de la región.
- (2) Necesidad regional para mejorar la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos.
- (3) Contribución a la reducción de residuos y la mejora en la limpieza del medio ambiente.

#### **Ambiente (PR, SNC)**

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

### **Ingeniería costera (T, SCN)**

- (5) Una mayor comprensión de los efectos del cambio climático en las costas aumenta la necesidad de una gestión costera.
- (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 (PR)**

- (10) Las instalaciones existentes pueden ser utilizadas para el desarrollo de materiales avanzados específicos a las necesidades específicas de los países.
- (11) Desarrollo de nuevos materiales avanzados para nuevas aplicaciones (por ejemplo, producción de hidrogeles, pilas de combustible).

### **Medicina (PR)**

- (12) Los países de la región están actualizando sus instalaciones de irradiación.
- (13) La irradiación de implementos médicos es necesaria y tiene una gran demanda.
- (14) La tecnología es respetuosa con el medio ambiente.

### **Patrimonio cultural (RT, L, END)**

- (15) Involucramiento de instituciones gubernamentales de servicios públicos (archivos, investigación).
- (16) Oportunidades para hacer alianzas y colaboración con Portugal, Francia y Estados Unidos (países que ya utilizan esta tecnología).
- (17) Alto potencial de visibilidad.
- (18) Ampliación de la industria del turismo.

### **Procesos y producción industrial (T, SNC, L)**

- (19) El desarrollo industrial requiere un uso incrementado de tecnologías.
- (20) Lucha contra el cambio climático.

### **Recursos naturales (PR, T, SNC)**

- (21) Los sectores primario y secundario son muy importantes en la región. Existe un alto potencial de uso de polímeros naturales en la transformación de materias primas en productos industriales.
- (22) Incentivo económico para el uso de la tecnología.
- (23) Respetuoso con el medio ambiente (podría transformar los residuos en un producto).
- (24) Asociación potencial con la FAO.
- (25) Potencial de comercialización a través del MERCOSUR y el TLCAN.
- (26) Algunos países han avanzado, mientras que otros han mostrado interés potenciales en las tecnologías.
- (27) OIEA tiene intereses en el desarrollo y aplicación de tecnologías con radiación para la industria minera.

#### **Tecnologías de inspección (END, SNC)**

- (28) Necesidad de introducción de tecnologías avanzadas.

#### **7.3.4. Amenazas**

##### **Agua (PR, T)**

- (1) La aceptación pública del tratamiento del agua por irradiación es baja.
- (2) El cumplimiento de las leyes y reglamentos relacionados para el tratamiento de aguas residuales y lodos es débil.

##### **Ambiente (PR, SNC)**

- (3) Otras alternativas para la reducción de contaminantes específicos están disponibles, pero sólo se limita a uno.

##### **Ingeniería costera (T, SCN)**

- (4) La existencia de tecnologías alternativas (con menor rendimiento pero menos regulaciones).

##### **Materiales avanzados (PR)**

- (5) Competencia de tecnologías alternativas.

##### **Medicina (PR)**

- (6) Existen técnicas no nucleares para procesos de esterilización que pueden ser menos costosas.

##### **Patrimonio cultural (RT, L, END)**

- (7) La percepción del riesgo de los posibles usuarios finales sobre los beneficios de la tecnología.
- (8) Otras tecnologías no nucleares están disponibles (pero pueden no ser las más eficaces).

#### **Procesos y producción industrial (T, SNC, L)**

- (9) La percepción del riesgo de los posibles usuarios finales sobre los beneficios de la tecnología.
- (10) Se requieren autorizaciones de diferentes autoridades nacionales.

#### **Recursos naturales (PR, T, SNC)**

- (11) La percepción del riesgo de los posibles usuarios finales sobre los beneficios de la tecnología.
- (12) Las instalaciones para la aplicación de la tecnología deben estar licenciadas.
- (13) Se requieren autorizaciones de diferentes autoridades nacionales

#### **Tecnologías de inspección (END, SNC)**

- (14) El aumento de costo de la disposición.
- (15) Reglamentos cada vez más restrictivos.

### 7.4. NECESIDADES/PROBLEMAS

En esta sección se presenta el resultado del análisis que se hizo en base a la Matriz DAFO, dando lugar a la identificación de las necesidades/problemas del sector, con su justificación, objetivo e indicador.

Las necesidades/problemas están ordenadas en función del GRADO TOTAL de Prioridad, de acuerdo a la Tabla de Priorización del ítem V (Priorización de Necesidades / Problemas).

#### **T1. Necesidad de identificar, delinear y difundir las oportunidades y desafíos específicos y estratégicos de la región para la promoción y el uso de tecnologías con radiación en aplicaciones prioritarias.**

**Justificación:** Tener una línea de base clara de las oportunidades y desafíos específicos y estratégicos en la región, es esencial para el futuro desarrollo y aplicación de tecnologías con radiación en la propia región. Además, la difusión y promoción de lo que estas tecnologías pueden hacer en diferentes campos, es importante tanto para el desarrollo de las tecnologías, como para atender las necesidades relacionadas con el patrimonio cultural, los recursos naturales, los procesos y producción industrial, y los procesos de inspección, entre otros. La elaboración de un Plan de Referencia Regional permitiría actualizar el estado de uso de las tecnologías con radiación en la región, identificar las oportunidades y proponer un plan de acción que sea difundido y puesto en práctica por las partes interesadas, para identificar el impacto del programa ARCAL al final del ciclo.

**Objetivo:** Elaborar un Plan de Referencia Regional entre las partes interesadas sobre el uso de las tecnologías con radiación, que identifique las oportunidades, beneficios, perspectivas, desafíos y necesidades de formación de recursos humanos de la región, así como las principales estrategias a poner en práctica para la expansión de estas aplicaciones.

**Indicador:** Tener un Plan de Referencia Regional para la identificación de las oportunidades de las tecnologías con radiación en América Latina y el Caribe.

**T2. Necesidad de aumentar la competitividad de las industrias regionales y reducir el impacto ambiental.**

**Justificación:** Las industrias regionales, como la minería, de proceso y la de producción, de alimentos y agrícola, se enfrentan a diversos problemas, entre ellos, la relativamente baja competitividad, el impacto de sus actividades en el medio ambiente, la baja calidad de los productos elaborados, el consumo ineficiente de energía, y la escasez de minerales estratégicos. Por ejemplo, los radiotrazadores y los sistemas nucleónicos de control pueden contribuir a abordar y minimizar el impacto de los problemas antes mencionados, desde su origen hasta su terminación.

**Objetivo:** Mejorar la competitividad y calidad de los productos de las industrias regionales (recursos naturales, alimentos y productos), reduciendo el impacto ambiental, a través de la utilización de tecnologías con radiación de acuerdo con las prácticas internacionales.

**Indicador:** Número de países e instituciones/industrias de la región, que utilizan tecnologías con radiación en procesos industriales.

**T3. Necesidad de armonizar los procedimientos de gestión de calidad para la aplicación de tecnologías con radiación en la región.**

**Justificación:** Armonizar los procedimientos de gestión de calidad (QC / QA) es esencial para romper y reducir las deficiencias y las barreras comerciales en la región, dentro de un contexto de comercio internacional.

**Objetivo:** Establecer procedimientos armonizados de control de calidad, aseguramiento de calidad y gestión de calidad en la aplicación de tecnologías con radiación en la región.

**Indicador:** Número de países que implementaron procedimientos armonizados en la aplicación de las tecnologías con radiación, de acuerdo a los estándares internacionales.

**T4. Mejorar la calidad de los bienes industriales y los servicios, la seguridad de la operación y la protección de vidas humanas en la región.**

**Justificación:** Las tecnologías con radiación (SNC, END, T, PR) juegan un papel importante en los programas generales de control de calidad y son indispensables para mejorar la seguridad de las infraestructuras y estructuras, y la competitividad de las industrias regionales en el contexto de normas internacionales.

**Objetivo:** Desarrollar el uso de tecnologías avanzadas y mejorar la armonización de metodologías y la capacitación del personal de acuerdo a estándares y esquemas de certificación como por ejemplo, el nuevo estándar ISO9712 de 2012 en END.

**Indicador:** Número de países que tengan metodologías establecidas y una estructura establecida para la capacitación del personal, de acuerdo al nuevo estándar ISO9712:2012 para END y la certificación de los procesos que utilizan tecnologías con radiación.

**T5. Mejorar el uso de los recursos naturales renovables, no tóxicos de la región de América Latina y el Caribe para el desarrollo sostenible.**

**Justificación:** Las tecnologías con radiación pueden contribuir de una manera eficaz, simple y asequible a la promoción del uso de los recursos naturales renovables, no tóxicos de la región. Estas tecnologías pueden ser utilizadas para la preparación de productos derivados o basados en polímeros naturales o residuos que pueden ser aplicables en el cuidado de la salud (apósitos), aplicaciones agrícolas, conservación de alimentos, cosméticos, purificación de agua o de remediación ambiental, entre otras aplicaciones.

**Objetivo:** Aumentar el tratamiento por irradiación de los recursos naturales no tóxicos renovables de la región (polímeros naturales) para incrementar la producción agrícola, la disminución de los residuos y la contaminación, así como mejorar la atención de la salud, contribuyendo a la limpieza del medio ambiente y a otras soluciones para el desarrollo sostenible.

**Indicador:** Número de productos desarrollados en la región que utilicen procesamiento con radiación.

**T6. Caracterizar y preservar el patrimonio cultural rico y vasto de América Latina y el Caribe.**

**Justificación:** Las tecnologías con radiación pueden contribuir de una manera simple, eficaz y asequible para la caracterización, conservación y restauración de bienes culturales (pinturas, documentos, artefactos, objetos y otros) en toda la región. Las tecnologías ya están presentes en la región, hay una infraestructura establecida y hay casos de éxito que se pueden utilizar como referencia para la región.

**Objetivo:** Incrementar el uso del tratamiento por irradiación, técnicas analíticas y ensayos no destructivos, para contribuir a la preservación de la rica y vasta herencia cultural de América Latina y el Caribe.

**Indicador:** Número de países que aplican tecnologías con radiación para la preservación del patrimonio cultural, de acuerdo con las buenas prácticas internacionales.

#### 7.5. PRIORIZACIÓN DE LAS NECESIDADES/PROBLEMAS

La priorización de las necesidades/problemas del sector se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Priorización de las necesidades/problemas en el sector Tecnología con Radiación.

No	NECESIDAD/PROBLEMA	SEVERIDAD	TIEMPO	EXTENSIÓN	RELEVANCIA	GRADO TOTAL	DIFICULTAD	R/D	GRADO FINAL
<b>T1</b>	Necesidad de identificar, delinear y difundir las oportunidades y desafíos específicos y estratégicos de la región para la promoción y el uso de tecnologías con radiación en aplicaciones prioritarias.	4,88 No se tiene un Plan de Referencia Regional para la promoción y uso de las tecnologías con radiación.	4,69 Contribuir al desarrollo económico de la región y disminuir el impacto ambiental.	4,81 Afecta a toda la región, muy pocas técnicas están siendo aplicadas. La irradiación gamma es la más aplicada en la región.	5,0 El uso de las tecnologías con radiación puede contribuir a incrementar la competitividad de la industria de la región, mejora de la calidad de vida, el cuidado del ambiente y conservación del patrimonio cultural de la región.	<b>19,38</b>	2,38 Las tecnologías con radiación en diferentes aplicaciones son poco conocidas en la región.	2,10	<b>40,70</b>
<b>T2</b>	Necesidad de aumentar la competitividad de las industrias regionales y reducir el impacto ambiental.	4,50 Necesidad urgente de aumentar la competitividad de los procesos industriales y reducir el impacto ambiental.	4,44 Necesidad de aumentar la competitividad de la industria regional e incrementar la calidad de los productos.	4,81 Afecta a toda la región, muy pocas técnicas están siendo aplicadas. La irradiación gamma es la más aplicada en la región.	4,75 Contribuir al desarrollo económico de la región y disminuir el impacto ambiental.	<b>18,50</b>	2,0 Las tecnologías con radiación en diferentes aplicaciones son poco conocidas en la región.	2,38	<b>44,03</b>
<b>T3</b>	Necesidad de armonizar los procedimientos de gestión de calidad para la aplicación de las tecnologías con radiación en la	4,56 Se requiere armonizar procedimientos y reducir las	4,31 Contribuir al desarrollo económico de la región.	4,63	4,56	<b>18,06</b>	2,19 Necesidad de realizar mayor difusión y reuniones	2,08	<b>37,57</b>

	región.	barreras comerciales de la región.					conjuntas para armonizar los procedimientos de irradiación de productos, de acuerdo a estándares internacionales.		
<b>T4</b>	Mejorar la calidad de los bienes industriales y los servicios, la seguridad de la operación y la protección de vidas humanas en la región.	4,31 No se cuenta con un procedimiento estandarizado para la capacitación del personal en la región.	4,31 En la medida en que se cuente con personal calificado, se mejorará la eficiencia de los beneficios del uso de las tecnologías con radiación.	4,81 Afecta a toda la región, se requiere homologación de procedimientos de capacitación del personal.	4,50 En la medida en que se cuente con personal calificado, se mejorará la eficiencia de los beneficios del uso de las tecnologías con radiación.	<b>17,93</b>	2,00 Necesidad de dar mayor difusión del nuevo estándar para capacitación de personal de la región.	2,25	<b>40,34</b>
<b>T5</b>	Mejorar el uso de los recursos naturales renovables, no tóxicos de la región de América Latina y el Caribe para el desarrollo sostenible.	4,31 Es urgente el uso de recursos naturales renovables como los polímeros naturales no tóxicos para contribuir a disminuir la contaminación y mejorar la competitividad de la región.	3,81 Es importante contar con tecnologías avanzadas para la irradiación de polímeros naturales en aplicaciones rentables.	4,94 En casos aislados en la región, se realiza la irradiación de polímeros naturales.	4,38 Los polímeros naturales no tóxicos, pueden ser empleados en el cuidado de la salud, en la agricultura y la industria.	<b>17,44</b>	2,44 Falta difusión de las tecnologías, infraestructura y capacitación de recursos humanos.	1,80	<b>31,39</b>
<b>T6</b>		3,88	4,0	4,69	4,38	<b>16,95</b>	2,56	1,71	<b>28,99</b>

	<p>Caracterizar y preservar el patrimonio cultural rico y vasto de América Latina y el Caribe.</p>	<p>Se ha perdido patrimonio cultural en la región, por no contar con técnicas avanzadas de caracterización, preservación y conservación.</p>	<p>Es importante contar con tecnologías avanzadas y no destructivas.</p>	<p>En casos aislados en la región, se tienen implementadas algunas tecnologías con radiación, aplicadas a caracterización o preservación.</p>	<p>Es importante la preservación del rico y vasto patrimonio cultural de la región a costos competitivos.</p>		<p>Falta difusión de las tecnologías, infraestructura y capacitación de recursos humanos.</p>		
--	--	--	--	---	---	--	---	--	--

## REFERENCIAS

- [1] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Gripe aviar: los impactos comerciales de las barreras sanitarias y los desafíos para América Latina y el Caribe, Serie Comercio Internacional No. 76, CEPAL, Naciones Unidas, (2006).
- [2] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, FAO.FAOSTAT Statistic Data Base, (2013).  
Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
- [3] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 revision, ESA Working Paper 12-03, Nikos Alexandratos and Jelle Bruinsma Global Perspective Studies Team, Roma (2012).
- [4] PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, GEO ALC 3. Perspectivas del Medio Ambiente: América Latina y el Caribe. Informe 2010, PNUMA, (2011). Disponible en : <http://www.pnuma.org/geo/geoalc3/>  
Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>
- [5] ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, Fostering productivity and competitiveness in agriculture, OECD, Paris (2011).  
Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264166820-en>
- [6] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, Road Map for the New World Screwworm (NWS) *Cochliomyia hominivorax* Suppression and Progressive Eradication in the Western Hemispheric Endemic Zones, Roma (2011).
- [7] Mastrangelo, T., et al. Feasibility of Using Caribbean Screwworm for SIT Campaigns in Brazil, *J. Med. Entomol.* 49(6): 1495-1501, (2012).
- [8] IFA, World Nutrients Consumption Statistics, (2013).  
Disponible en: <http://www.fertilizer.org/ifa/statistics/IFADATA/dataline.asp>
- [9] Alvarez, C., Costantini, A., Alvarez, C. R., Alves, B. J. R., Jantalia, C. P., Urquiaga, S., Martellotto, E. E., Soil nitrous oxide emissions under different management practices in the semiarid region of the Argentinian Pampas. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.104, p.10.1007/s10705, (2012).
- [10] Alves, B.J.R., Boddey, R.M., Urquiaga, S., The success of BNF in soybean in Brasil. *Plant and Soil* 252, 1–9, (2003).
- [11] 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*, IAEA, Vienna, pp. 83-93, (2002).
- [12] Urquiaga, S. y Zapata, F., Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe, Porto Alegre, Ed. Gênese, Brasil: Embrapa Agrobiología/ ARCAL/AIEA, 110p, (2000).
- [13] Alves, B.J.R.; Zotarelli, L.; Jantalia, C. P; Boddey, R.M.; Urquiaga, S., Empleo de isótopos estables para o estudo do carbono e do nitrogênio no sistema solo-planta. In: Aquino, A.M. y Assis, R.L. (eds.). *Processos Biológicos no sistema*

- solo-planta-Ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: editorial Embrapa. p. 343-368, (2005).
- [14] Boddey, R.M., Peoples, M.B., Palmer, B., Dart, P.J., Use of the  $^{15}\text{N}$  natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. *Nutrient Cycling in Agroecosystem* 57, 235-270, (2000).
- [15] Chalk, P. M., Alves, B. J. R., Boddey, R. M., Urquiaga, S., Integrated effects of abiotic stresses on inoculant performance, legume growth and symbiotic dependence estimated by  $^{15}\text{N}$  dilution. *Plant and Soil (Print)*, v.328, p.1 – 16, (2010).
- [16] Urquiaga, S., Jantalia, C. P., Resende, A.S., Alves, B.J.R., Boddey, R.M., Contribuição da fixação biológica de nitrogênio na produtividade dos sistemas agrícolas na América Latina. In: Aquino, A.M. y Assis, R.L. (eds.). *Processos Biológicos no sistema solo-planta-Ferramentas para uma agricultura sustentável*. Brasília: editorial Embrapa. p. 181-200, (2005).
- [17] Urquiaga, S., Xavier, R. P., Morais, R. F. de, Batista, R. B., Schultz, N., Leite, J. M., Maia e Sá, J., Barbosa, K. P., Resende, A. S.de, Alves, B.J.R, Boddey, R. M., Boddey, R. M., Evidence from field nitrogen balance and  $^{15}\text{N}$  natural abundance data for the contribution of biological  $\text{N}_2$  fixation to Brazilian sugarcane varieties. *Plant and Soil (Print)*, v.356, p.5 – 21, (2012).
- [18] Zotarelli, L., Zatorre, N. P., Boddey, R. M., Urquiaga, S., Jantalia, C. P., Franchini, J. C., Alves, B.J.R., Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. *Field Crops Research*, v.1, p.1 - online print, (2012).
- [19] Andrello, A. C., Appoloni, C. R., Guimarães, M. F., Uso do Césio-137 para avaliar taxas de erosão em cultura de soja, café e pastagem. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 27, p. 223-229, (2003).
- [20] FAO/IAEA, Nuclear Techniques Programme in Food and Agriculture, (2007). Available at: (<http://www-naweb.iaea.org/nafa/aph/stories/2005-fmd-serumbank.html>).
- [21] Gómez-Pando, L., Eguiluz, A., Jimenez, J., Falconí, J., Heros Aguilar, E., Barley (*Hordeum vulgare*) and Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Improvement by Mutation Induction in Peru. In: Q.Y. Shu (ed.), *Induced Plant Mutations in the Genomics Era*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (2009).
- [22] OIE, GF-TADs Fronteras globales - Enfermedades animales transfronterizas: visión y líneas de acción estratégicas, OIE Regional Representation for the Americas, (2007).  
Disponível em: ([http://www.rr-americas.oie.int/in/proyectos/gf\\_tads/](http://www.rr-americas.oie.int/in/proyectos/gf_tads/))
- [23] FAO-OIE-WHO, High-Level Technical Meeting to Address Health Risks at the Human-Animal-Ecosystems Interfaces. Mexico City, Mexico, November (2011).  
Disponível em: [http://www.who.int/zoonoses/HLTm\\_exec\\_summary.pdf](http://www.who.int/zoonoses/HLTm_exec_summary.pdf).

- [24] COMISIÓN SUDAMERICANA PARA LA LUCHA CONTRA LA FIEBRE AFTOSA, Informe Final de la Comisión Sudamericana para la lucha contra la Fiebre Aftosa, Centro Panamericano de Fiebre Aftosa (PANAFTOSA), Unidad de Salud Pública Veterinaria OPS/OMS, (2006).
- [25] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, Animal Production and Health Division, EMPRES Transboundary Animal Diseases, Bulletin. No. 41, FAO, Roma (2012). <http://www.fao.org/docrep/017/i2910e/i2910e.pdf>.
- [26] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION FAO, Proyecto TCP/RLA/0177. Evaluación y reforzamiento del sistema de prevención de la encefalopatía espongiiforme bovina (EEB) y el sistema de control de calidad de piensos. El impacto económico de la EEB en el sector agropecuario, (2003).
- [27] PROGRAMA HEMISFÉRICO DE ERRADICACIÓN DE LA FIEBRE AFTOSA -PHEFA. Plan de Acción 2011 – 2020. Salud Pública Veterinaria Centro Panamericano de Fiebre Aftosa. <http://bvs1.panaftosa.org.br/local/File/textoc/PHEFA-PlanAccion-2011-2020esp.pdf>.
- [28] 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, 44:1341-1366, (2012).
- [29] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, Fisheries Global aquaculture outlook: an analysis of global aquaculture production forecasts to 2020. Circular No. C1001, Roma (2002).
- [30] ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE DESARROLLO PESQUERO, Estudio Sobre la Contribución y Potencialidad de los Productos Pesqueros a la Alimentación en América Latina y el Caribe, OLDEPESCA (2005).
- [31] ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE DESARROLLO PESQUERO, Síntesis Regional del Desarrollo de la Acuicultura en América Latina y el Caribe, OSPESCA. FAO, Circular de Pesca No. 1017/1, (2006).
- [32] Wurmman, C.G., Regional Review on Status and Trends in Aquaculture in Latin America and the Caribbean – 2010/ Revisión Regional sobre la Situación y Tendencias en el Desarrollo de la Acuicultura en América Latina y el Caribe – 2010, Fisheries and Aquaculture Circular/Circular de Pesca y Acuicultura. No. 1061/3, FAO, Rome (2011).
- [33] OIE, Informe de la Reunión de la Comisión de Normas Sanitarias para los Animales Acuáticos de la OIE, World Organization for Animal Health – OIE, (2006).
- [34] ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD/ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Salud en las Américas: Panorama regional y perfiles de países 2012. Publicación científica y técnica No. 636, OPS/OMS, Washington, (2013).
- [35] IARC. Globocan, Cancer fact sheets. Disponible en: [http://globocan.iarc.fr/Pages/fact\\_sheets\\_population.aspx](http://globocan.iarc.fr/Pages/fact_sheets_population.aspx)

- [36] WORLD HEALTH ORGANISATION, Global Targets 2025: To improve maternal, infant and young child nutrition, WHO, (2013). [http://www.who.int/nutrition/topics/nutrition\\_globaltargets2025/en/](http://www.who.int/nutrition/topics/nutrition_globaltargets2025/en/)
- [37] WORLD HEALTH ORGANISATION, Diet and physical activity: a public health priority, WHO, (2013).  
Disponible en: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/en/>
- [38] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, DIRAC (Directory of Radiotherapy Centers).  
Disponible en: <http://www-naweb.iaea.org/nahu/dirac/>
- [39] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, El físico médico: criterios y recomendaciones para su formación académica, entrenamiento clínico y certificación en América Latina, Human Health Reports No. 1, STI/PUB/ 1424, OIEA, Viena, (2010).
- [40] WORLD HEALTH ORGANISATION, Global Action Plan for Prevention and Control of Non communicable Diseases, WHO, (2013). Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94384/1/9789241506236\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94384/1/9789241506236_eng.pdf)
- [41] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA, Vienna (2011).
- [42] Mata, J.L., Campos, M., Latin America;  
Disponible en: [http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg2/pdf/wg2TARchap14.pdf](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/pdf/wg2TARchap14.pdf)
- [43] Sitio web del Banco Mundial; <http://datos.bancomundial.org/region/LAC>
- [44] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. Objetivos de Desarrollo del Milenio, Informe 2013, ONU, (2013). Disponible en: <http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/mdg-report-2013-spanish.pdf>
- [45] OCDE-CEPAL. Perspectivas Económicas de América Latina 2013, (2013). [http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/48374/LEO\\_2013.pdf](http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/48374/LEO_2013.pdf)
- [46] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2013, CEPAL, (2013). Disponible en: [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)
- [47] BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, Informe 1999, IDB, (2000). Disponible en: [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)
- [48] Gebara, A., Design and implementation of an effective regional monitoring program for pesticide residues in food, International Workshop on Crop Protection Chemistry in Latin America, San José, Costa Rica, February 14 – 17, (2005). Disponible en: [www.iupac.org/indexes/conferences](http://www.iupac.org/indexes/conferences)

- [49] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, La Salud en el Mundo, Informe 2002. Disponible en : [www.who.int](http://www.who.int)
- [50] San Martín, O., Water resources in Latin America and the Caribbean: Issues and Options. Inter American Development Bank, IDB, (2002).
- [51] McDougall, P., The Global Crop Protection Market-Industry Prospects. Disponible en: <http://www.cpd.com/>
- [52] Brodessa, J., et al., An integrated catchment approach to address pesticide issues. Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. Disponible en: [www.cipac.org](http://www.cipac.org)
- [53] Abarca, S., Agricultural intensification in the Central American tropics. International Workshop on Crop Protection Chemistry in Latin America, San José, Costa Rica, February 14–17, (2005). Disponible en: [www.iupac.org/indexes/conferences](http://www.iupac.org/indexes/conferences)
- [54] Dos Santos-Utmazian, M.N., Wenzel, W.W., Phytoextraction of metal polluted soils in Latin America. Environmental applications of poplar and willow. Working Party. 18-20 May. Northern Ireland. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, Vol 170(2):265-272, (2007).
- [55] Grupo Monge, Solid waste management in Latin America and the Caribbean: scenarios and outlook. Waste and Energy, N.º 2: 12, (2004).
- [56] Bickel, S.E., Catterson, T., Crow, M., Fisher, W., Lewandowski, A., Stoughton, M., Taylor, C., Solid waste collection and disposal system. En: Environmental Issues and Best Practices for Solid Waste Management. Environmental Guidelines for the USAID Latin America and Caribbean Bureau, (2003).
- [57] ORGANIZACION DE NACIONES UNIDAS, GEO, Anuario 2006.
- [58] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe, CEPAL, Santiago de Chile (2012).
- [59] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, World Energy Outlook 2012, IEA, Paris (2012). Available at: [www.iea.org](http://www.iea.org)
- [60] ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA, SISTEMA DE INFORMACION ECONOMICO ENERGETICA, Estadísticas del SIEE-OLADE 2010, Versión No. 20, Quito (2010). Disponible en: [www.olade.org/siee@olade.org](http://www.olade.org/siee@olade.org)
- [61] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Energy Technology Perspectives, Scenarios and Strategies to 2050, IEA, Paris (2010).
- [62] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Energy, Electricity and Nuclear Power Estimate for the Period up to 2050, Reference Data Series No. 1, IAEA, Vienna (2012).
- [63] COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Síntesis Nuclear No.1, CONEA, Buenos Aires (2103).
- [64] SECRETARÍA DE ENERGÍA, Prospectiva del sector eléctrico 2012-2026, México (2012). Disponible en: [www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx)

- [65] EPE, Balanco Energético Nacional - 2012. Disponible en: [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br).
- [66] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Energy Series Technical Reports. Specific Considerations and Milestones for a Research Reactor Project No. NP-T-5.1, IAEA, Vienna (2012).
- [67] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Standards Series No. SSG-24. Safety in the Utilization and Modification of Research Reactors, IAEA, Vienna (2012).
- [68] 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. Marzo, (2013).
- [69] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, “Principios fundamentales de seguridad”, Colección de Normas de Seguridad del OIEA, SF-1, OIEA, Viena (2007).
- [70] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, “Marco Gubernamental, Jurídico y Regulador para la Seguridad”, Colección de Normas de Seguridad del OIEA, GSR Parte 1, OIEA, Viena (2010).
- [71] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, “Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación: Normas Básicas Internacionales de Seguridad - Edición provisional”, GSR Parte 3, OIEA, Viena (2011).
- [72] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, “Gestión Previa a las Disposición Final de Desechos Radiactivos”, Colección de Normas de Seguridad del OIEA, GSR Parte 5, OIEA, Viena (2010).
- [73] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Brochure, Radioisotope applications for troubleshooting and optimizing industrial processes, IAEA, Vienna (2002).
- [74] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Brochure, Tracer’s applications in oil field investigations, IAEA, Vienna (2003).
- [75] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Brochure, Radiotracer applications for leak detection, IAEA, Vienna (2004).
- [76] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Brochure, Diagnosis of industrial reactors by radiotracers: RTD applications, IAEA, Vienna (2005).
- [77] Jiri Thyn, Rudolf Zitny, et.al, Analysis and Diagnostics of Industrial Processes by Radiotracers and Radioisotope Sealed Sources, Vydavatelstvi CVUT, Praha (2000).
- [78] Alain Caillot, La radioactivité au Service de L’industrie et de L’environnement, Lavoisier ISBN: 2-7430-0491-6, (2002).
- [79] Geir Anton Johansen, Peter Jackson, Radioisotope Gauges for Industrial Process Measurements, John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 0-471-48999-9, (2004).
- [80] Cleland, M. R., Industrial Applications of Electron Accelerators. CERN Accelerator School. Available at: <http://cas.web.cern.ch/cas/Holland/PDF-lectures/Cleland/School-2.pdf>

- [81] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Technology Series, Application of Radiotracer Techniques for interwell studies, No. 3, IAEA, Vienna (2012).
- [82] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Technology Series, Radiotracer generators for industrial applications No. 5, IAEA, Vienna (2013).
- [83] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Thin Layer Activation method and its applications in industry, TECDOC No. 924, IAEA, Vienna (1997).
- [84] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Emerging new applications of nucleonic control systems in industry, TECDOC No. 1142, IAEA, (2000).
- [85] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Integration of tracing with computational fluid dynamics for industrial process investigation, TECDOC No. 1142, IAEA, Vienna (2004).
- [86] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Technical data on nucleonic gauges, TECDOC No. 1459, IAEA, Vienna (2005).
- [87] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Industrial process gamma tomography, TECDOC No. 1589, IAEA, Vienna (2008).
- [88] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiotracer technology as applied to industry, TECDOC No. 1262, IAEA, Vienna (2001).
- [89] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiotracer Residence Time Distribution method for industrial and environmental applications, Training Course Series No. 31, IAEA, Vienna (2008).
- [90] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Leak detection in heat exchangers and underground pipelines using radiotracers, Training Course Series No. 38, IAEA, Vienna (2009).
- [91] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiotracers applications in wastewater treatment plants, Training Course Series No.49, IAEA, Vienna (2011).
- [92] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Non-destructive testing: Guidebook for industrial management and quality control personnel, Training Course Series No.9, IAEA, Vienna (1999).
- [93] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Ultrasonic Testing of Materials at level 2, manual for the syllabi contained in IAEA-TECDOC-628, Training Course Series No.10, IAEA, Vienna (1999).
- [94] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Industrial Radiography, manual for the syllabi contained in IAEA-TECDOC-628, Training Course Series No.3, IAEA, Vienna (2000).
- [95] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Liquid penetrant and magnetic particle testing at level 2, manual for the syllabi contained in IAEA-TECDOC-628, Training Course Series No.11, IAEA, Vienna (2000).
- [96] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Guidebook for the fabrication of non-destructive testing test specimens, Training Course Series No. 13, IAEA, Vienna (2001).

- [97] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, NDT techniques for plant life assessment, Training Course Series No. 26, IAEA, Vienna (2005).
- [98] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Guidebook for establishing a sustainable and accredited system for qualification and certification of personnel for non-destructive testing, Training Course Series No.34, IAEA, Vienna (2009).
- [99] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, NDT, sample questions for conduct of examinations at Levels 1 and 2, Training Course Series No.5, IAEA, Vienna (2010).
- [100] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Eddy-current testing at Level 2: manual for the Syllabi contained in TECDOC-628 Rev. 2, Training Course Series No.48, IAEA, Vienna (2011).
- [101] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training guidelines in NDT techniques: Manual for leak testing at Level 2, Training Course Series No.52, IAEA, Vienna (2012).
- [102] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training guidelines in NDT techniques: Manual for visual testing at Level 2, Training Course Series No.54, IAEA, Vienna (2013).
- [103] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training Guidelines in Non-Destructive Testing Techniques TECDOCS No.628, IAEA, Vienna (1991).
- [104] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training Guidelines in Non-Destructive Testing Techniques, TECDOCS No.628, Revision 1, IAEA, Vienna (2002).
- [105] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training Guidelines in Non-Destructive Testing Techniques, TECDOCS No.628, Revision 2, IAEA, Vienna (2008).
- [106] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Development of protocols for corrosion and deposit evaluation in large diameter pipes by radiography, TECDOCS No.1445, IAEA, Vienna (2005).
- [107] World Bank Indicators. Available at: <http://data.worldbank.org/indicator>
- [108] BANCO MUNDIAL, "América Latina y el Caribe." Datos, Web. 6, (2014). Disponible en: <http://datos.bancomundial.org/region/LAC>
- [109] World Population Prospects: The 2008 Revision. United Nations, (2009).
- [110] Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat World Population Prospects: The 2012 Revision, UN, New York (2013). Available at: <http://esa.un.org/wpp/>
- [111] ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN, Statistical Yearbook for Latin America and the Caribbean, ECLAC, Santiago de Chile (2012).

## BIBLIOGRAFÍA

Los siguientes documentos no están referenciados en el texto pero fueron revisados.

Dye, L., D. & Packer, J., S. P.. “Project portfolio management: selecting and prioritizing projects for competitive advantage”. West Chester, PA: Center for Business Practices, 1999.

Galvão, A.P.M. . “Priorização de ações de pesquisa”. Embrapa Florestas, Documentos, nº 4, Rio de Janeiro, 2000.

SAATY, Thomas L. . “Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world”. Pittsburg: University of Pittsburg, 1995

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. “Técnicas de análise de problemas para auditorias”. TCU/SEGECEX/SEAUD, Brasília, 2013.

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., 2010. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. *Global Change Biology*, v.16, p.784 – 795.

Boddey.M., Xavier, D.M., Alves B.J.R., Urquiaga S., 2003. Brazilian agriculture: The transition to sustainability. *Journal of Crop Production*, 9(1/2): 593-621.

Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M, Francia, E., Marè, C., Tondelli, A. Stanca, M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics, *Field Crops Research*, Volume 105, Issues 1–2, 2 January 2008, 1–14.

European Commission, 2011. The Rapid Alert System for Food and Feed, 2011 Annual Report [http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/docs/rasff\\_annual\\_report\\_2011\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/docs/rasff_annual_report_2011_en.pdf)

FAO, 2013. <http://www.rlc.fao.org/es/conozca-fao/conferencia-regional/>

FAO. 2012. Áreas de acción prioritarias para América Latina y el Caribe en el siguiente bienio (2014-2015), teniendo en cuenta el resumen de las recomendaciones de las comisiones técnicas regionales. 32a Conferencia Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Buenos Aires, Argentina, 26 al 30 de marzo de 2012. <http://www.fao.org/bodies/rc2012/lar32/es/>

FAO,2012. Informes: <http://www.fao.org/bodies/rc2012/regconfreports/larcreps/es/>

FAO, 2006. Guía para la prevención y el control de la gripe aviar en la avicultura de pequeña escala en América Latina y el Caribe.

FAO, 2006. Tendencias y Desafíos de la Agricultura, los Montes y la Pesca en América Latina y el Caribe. 9ª Conferencia Regional de la FAO para América Latina y Caribe.

FAO, 2002. Informe de la Reunión Ad Hoc de la Comisión de Pesca Continental para América Latina sobre la Expansión de los Diferentes Tipos de Acuicultura Rural en Pequeña

Escala como Parte del Desarrollo Rural Sostenido. Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano (OSPESCA). Informe de Pesca No. 694.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: The Impacts, adaptation and vulnerability (Working Group III). Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA.

Montaldo, H. H., Casas, E., Ferraz, J. B. S., Vega-Murillo, V. E., Román-Ponce, S. I. 2012. Opportunities and challenges from the use of genomic selection for beef cattle breeding in Latin America. *Animal Frontiers*. 2012, Vol. 2, No. 1.

National Research Council. 1989. *Lost Crops of the Incas*. National Academy Press. Washington. D.C. 415.

Pestana E.A., Belak S., Diallo A., Crowther J.R., Viljoen G.J., 2010. *Early, Rapid and Sensitive Molecular Diagnostics-Real Time PCR Applications*; Springer, ISBN 978-90-481-3131-0, e-ISBN 978-90-481-3132-7.

Salas, S.; Chuenpagdee, R.; Charles, A.; Seijo, J.C. (eds). 2011. *Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 544. Rome, FAO. 430p.

Soares, L.H.B., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., Boddey, R. M., 2009. Brazilian ethanol and the mitigation of greenhouse gases emission. *Revista Brasileira de Bioenergia*, v.3, p.48 - 53.

UNFCCC, 2007. *Climate change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries*. Bonn, Germany, Climate Change Secretariat (UNFCCC).

UNEP, 1997. *World Watch List for Domestic Animal Diversity (2nd edition)*. United Nations Environment Programme (UNEP) and FAO.

EORTC Radiation Oncology Group. *Profile of European radiotherapy departments contributing to the EORTC Radiation Oncology Group (ROG) in the 21st century*. Disponible en: [www.thegreenjournal.com](http://www.thegreenjournal.com)

ESTRO Project. *Towards evidence-based guidelines for radiotherapy infrastructure and staffing need in Europe: the ESTRO QUARTS Project*. Disponible en [www.thegreenjournal.com](http://www.thegreenjournal.com)

ESTRO Project. *Overview of national guidelines for infrastructure and staffing of radiotherapy*. ESTRO-QUARTS:Work package 1. [www.thegreenjournal.com](http://www.thegreenjournal.com)

IAEA. *Planning National Radiotherapy Services: A Practical Tool*. Human Health Series No. 14, STI/PUB/1462, Vienna, 2010

IAEA. *Setting Up a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects* STI/PUB/1296, Vienna, 2008

The Lancet Oncology Commission. *La planificación del control del cáncer en América Latina y el Caribe*, disponible en: [www.thelancet.com/oncology](http://www.thelancet.com/oncology), Vol 14 Abril 2013

The Lancet Oncology Commission. Status of radiotherapy resources in Africa: an International Atomic Energy Agency analysis , disponible en: [www.thelancet.com/oncology](http://www.thelancet.com/oncology), Vol 14 April 2013

The Lancet Oncology Commission. Radiotherapy capacity in European countries: an analysis of the Directory of Radiotherapy Centres (DIRAC) database, disponible en: [www.thelancet.com/oncology](http://www.thelancet.com/oncology), Published online January 24, 2013 [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(12\)70556-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(12)70556-9)

WHO (2010). Medical Devices. Retrieved July 2012. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs346/en/index.html>.

FAO. El Estado de los Bosques en América Latina y el Caribe. Informe 2007; <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0773s/a0773s00.pdf>

Banco Mundial. Disponible en:

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/DATASTATISTICS/>

Organismo Internacional de Energía Atómica, “Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA”. Edición 2007.

IAEA Technical Report Series, Guidebook on radiotracers application in industry, (No. 423, 2006).

IAEA Technical Report Series, Guidebook on radiotracer applications in industrial processing and geothermal reservoirs (No. 316, 1990).

## ANEXO 1. PER 2016/2012. METODOLOGÍA PARA LA PRIORIZACIÓN

### I.1. INTRODUCCIÓN

Para la preparación del Perfil Estratégico Regional (PER) para América Latina y El Caribe 2016-2021, se adoptó una metodología para la asignación de prioridades dentro de un conjunto de necesidades/problemas, de naturaleza estratégica, identificadas dentro de diferentes sectores temáticos. Esta 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.

Para ello, se seleccionó un grupo de expertos regionales, seleccionados sobre la base de su experiencia profesional, así como de sus conocimientos técnicos y de la situación de cada área temática en América Latina y el Caribe, quienes en conjunto con los representantes del Grupo de Supervisión y Coordinación y de los Oficiales del OIEA colaboraron para la correcta caracterización de cada necesidad/problema, desarrollándose un proceso de discusión y debate entre los participantes hasta lograr consenso y asignar un valor único para cada uno de los grados asignado a cada atributo.

Es necesario destacar que este tipo de procesos de priorización consideran la necesidad de atribuir valores cuantitativos a una evaluación cualitativa, lo cual siempre introduce un componente de subjetividad al proceso. Con el objeto de ser objetivos y minimizar posibles efectos en la evaluación, se consideró incorporar una justificación de cada necesidad/problema, así como a cada grado asignado a los respectivos atributos.

Otro aspecto relevante considerado representa los diferentes niveles de desarrollo de cada país de la región, en particular cuando se consideran los seis sectores temáticos elegidos para la elaboración del Perfil: Seguridad Alimentaria, Salud Humana, Medio Ambiente, Energía, Seguridad Radiológica y Tecnología con Radiación.

### I.2. ATRIBUTOS PARA LA PRIORIZACIÓN

Se adoptaron cinco atributos para la evaluación de las necesidades/problemas, tomándose en cuenta la naturaleza estratégica del PER, los cuales se presentan en la Tabla A.1.

Tabla A.1. Atributos para la evaluación de las necesidades/problemas

<b>SEVERIDAD</b>	Es una medida del grado de severidad de la necesidad/problema considerando los impactos negativos que genera la no atención de la misma.
<b>TIEMPO</b>	Está relacionado con el grado de urgencia de atender la necesidad/problema, su tendencia de agravarse y las consecuencias futuras.
<b>EXTENSIÓN</b>	Determina el grado de impacto regional de la necesidad/problema tomándose en cuenta, por ejemplo, la cantidad de países afectados.
<b>RELEVANCIA</b>	Se evalúan dos componentes:

de/para las Técnicas Nucleares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel en el que pueden contribuir las aplicaciones nucleares a la atención/ solución de la necesidad/ problema.</li> <li>• Se considera qué tanto la solución del problema es relevante para las aplicaciones nucleares. Por otra, se considera qué tanto la solución del problema es relevante para las aplicaciones nucleares.</li> </ul>
<b>NIVEL DE DIFICULTAD</b>	Mide el grado de dificultad para la implementación de la solución de la necesidad/problema identificada, el cual puede estar relacionado con: infraestructura, recursos, tecnología, legislación, compromisos intergubernamentales, etc.

### I.3. PUNTUACIÓN PARA LA PRIORIZACIÓN Y LA JUSTIFICACIÓN

Para priorizar las necesidades/problemas, por sector, se utilizan grados de priorización para los atributos SEVERIDAD, TIEMPO, EXTENSIÓN, RELEVANCIA. Estos grados están entre 1 y 5, de acuerdo con la información que se muestra en la Tabla A.2.

Tabla A.2. Grados de priorización para los atributos.

<b>Grado</b>	<b>Corresponde a</b>
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/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:**

<b>Atributos</b> <b>NECESIDAD/ PROBLEMA</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>EXTENSIÓN</b>	<b>RELEVANCIA</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1) (descripción)</b>	<b>Grado: 1 a 5</b> <b>Justificación</b>  (texto)	Suma:			
<b>2) (descripción)</b>	<b>Grado: 1 a 5</b> <b>Justificación</b>  (texto)	Suma:			

El valor TOTAL corresponde a la puntuación de la prioridad para la necesidad/problema dentro del sector, y puede alcanzar valores entre 5 y 20 puntos.

Un aspecto importante que se debe tomar en cuenta cuando se evalúa el TOTAL es que no pueden obtener valores iguales en este campo para dos o más necesidades/problemas. En el caso de que se presente esta situación debe realizarse los ajustes a los grados asignados de los atributos, incluso utilizando valores decimales, si es necesario.

La puntuación del valor TOTAL establece la priorización del conjunto de necesidades/problemas del sector.

Otro atributo que se evalúa es el grado de DIFICULTAD para resolver la necesidad/problema. Eso se hace añadiendo una columna a la tabla de atributos anteriormente presentada, tal y como se presenta en la Tabla A.4.

Tabla A.4. Priorización dentro del sector, incluyendo el atributo DIFICULTAD

Sector (y/o subsector cuando sea el caso).....

<b>Atributos</b> <b>NECESIDAD/ PROBLEMA</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>EXTENSIÓN</b>	<b>RELEVANCIA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>DIFICULTAD</b>
<b>1)</b>	<b>Grado: 1 a 5</b> <b>Justificación:</b>  (texto)	<b>Grado: 1 a 5</b> <b>Justificación:</b>  (texto)	<b>Grado: 1 a 5</b> <b>Justificación:</b>  (texto)	<b>Grado: 1 a 5</b> <b>Justificación</b>  (texto)	Suma:	<b>Grado: 1 a 5</b> <b>Justificación:</b>  (texto)
<b>2)</b>	<b>Grado: 1 a 5</b> <b>Justificación:</b>  (texto)	Suma:	<b>Grado: 1 a 5</b> <b>Justificación:</b>  (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.

#### I.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.

##### I. ALTA RELEVANCIA y BAJA DIFICULTAD

Corresponde a la primera categoría de prioridades y contiene las necesidades/problemas que se deben elegir en primer lugar.

##### II. ALTA RELEVANCIA y ALTA DIFICULTAD

Corresponde a la segunda categoría de prioridades.

##### III. BAJA RELEVANCIA y BAJA DIFICULTAD

A esta tercera categoría corresponden las necesidades/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.

##### IV. BAJA RELEVANCIA y ALTA DIFICULTAD

A esta cuarta categoría corresponden el último conjunto de necesidades/problemas que en principio se pueden eliminar y que solamente se deben considerar 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. La Figura A.1 muestra un gráfico de cuadrantes RELEVANCIA & DIFICULTAD, donde están representadas estas cuatro posibilidades.

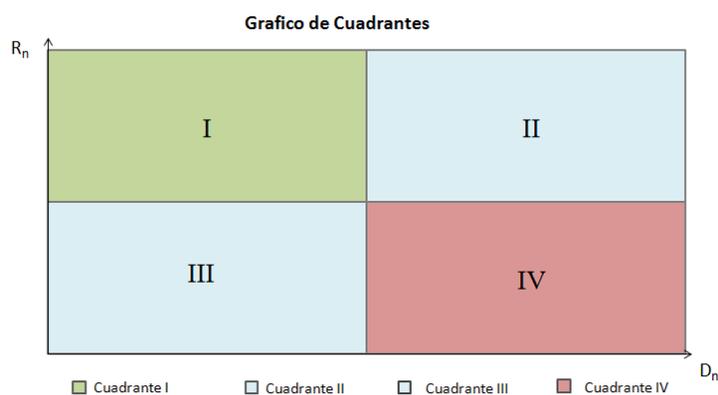


Figura A.1. Gráfico de cuadrantes RELEVANCIA & DIFICULTAD

#### I.5. GRADO FINAL DE PRIORIDAD (GFP).

Una vez analizados los datos en función de la RELEVANCIA y la DIFICULTAD de las necesidades/problemas, el siguiente paso es determinar el Grado Final de Prioridad (GFP).

Este se calcula a partir de los valores que se obtienen de las siguientes formulas:

$$\begin{aligned} \text{Grado Total de Prioridad (GTP)} &= \text{Severidad (S)} + \text{Tiempo (T)} + \text{Extensión (E)} + \text{Relevancia (R)} \\ \text{Grado Final de Prioridad (GFP)} &= \text{Grado Total de Prioridad (GTP)} \times \frac{\text{R}}{\text{Dificultad (D)}} \end{aligned}$$

Donde el Grado Total de Prioridad representa la sumatoria de los atributos: Severidad, Tiempo, Extensión y Relevancia para cada necesidad/problema de cada sector temático, 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.

Con los valores del Grado Final de Prioridad que se obtienen se puede establecer un orden de prioridad de las necesidades/problemas, por cuadrante, para cada uno de los sectores.

Finalmente, es necesario mencionar que considerando 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/problemas, aunque esta no necesariamente es la única consideración que se puede tener en cuenta para priorizar un conjunto de necesidades/problemas, la aplicación del Gráfico de Cuadrantes para la priorización será abordado a través de una Guía para la Estrategia de Implementación del PER 2016-2021 que se elaborara en función de la información contenida en el presente documento.

## GLOSARIO

AAN	Análisis por Activación Neutrónica.
ADN	Ácido desoxirribonucleico.
ALC	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.
BSS	Siglas en Ingles de “Normas Básicas de Seguridad”.
CEN	Centrales Nucleares.
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y Caribe.
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
CIER	Comisión de Integración Energética Regional.
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático.
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono.
COPs	Compuestos orgánicos persistentes.
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades.
DBO5	Demanda biológica de oxígeno medida a los 5 días de reacción.
DDT	Dietildicloroetileno.
DIRAC	Siglas en inglés del “Directorio de Centros de Radioterapia” del OIEA.
DRX	Difracción de rayos X.
EEB	Enteropatía Espongiforme Bovina.
ECNT	Enfermedades Crónicas No Trasmisibles.
ECV	Enfermedades cardiovasculares.
END	Ensayo no destructivo.
FAO	Siglas en inglés de “Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura”.
FAN	Florecimientos de Algas Nocivas.
FRX	Fluorescencia de rayos X.
GBG	Gusano Barrenador del Ganado.
GEF	Siglas en inglés de “Facilidad Ambiental Global”.
GEI	Gases de Efecto Invernadero.
GF-TAD	Enfermedades Animales Transfronterizas.
GLADA	Siglas en ingles de “Evaluación Global de la Degradación y Mejoramiento de la Tierra”.
ha	Hectárea.
HCB	Hexaclorobenceno.
H5N-1	Gripe Aviar.
ICP-MS	Espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo.
ISO/IEC	Siglas en inglés de “Organización Internacional de Estandarización/ Comisión Electrotécnica Internacional”.
IFA	Siglas en ingles de “Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes”
IRMS	Espectrometría de masa isotópica.
IARC	Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer.
I-131	Yodo 131.
L	Técnicas analíticas.
Mo99/Tc99m	Molibdeno99/Tecnecio99 meta estable.
NAEL	Siglas en inglés de Los Laboratorios Ambientales (Mónaco y Seibersdorf) del Departamento de Aplicaciones Nucleares del OIEA.

NAFA	Siglas en inglés de la División de Alimentos y Agricultura del Departamento de Aplicaciones Nucleares del OIEA.
NAPC	Siglas en inglés de la División de Física y Química del Departamento de Aplicaciones Nucleares del OIEA.
NEFW	Siglas en inglés de la División de Combustible y Desechos del Departamento de Energía Nuclear del OIEA.
NENP	Siglas en inglés de la División de Centrales Nucleares del Departamento de Energía Nuclear del OIEA.
NEPES	Siglas en inglés de la División de Ingeniería de Centrales Nucleares del Departamento de Energía Nuclear del OIEA.
NORM	Siglas en inglés de “Material radiactivo natural”.
NSIEC	Siglas en inglés de la División de Incidentes y Emergencias del Departamento de Seguridad Nuclear del OIEA.
NSNI	Siglas en inglés de la División de Instalaciones Nucleares del Departamento de Seguridad Nuclear del OIEA.
NSRW	Siglas en inglés de la División de Transporte de materiales radiactivos y Desechos del Departamento de Seguridad Nuclear del OIEA.
OCTA	Órgano de Coordinación Técnica de ARCAL.
OECD	Siglas en inglés de “Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico”.
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica.
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
OPS	Organización Panamericana de la Salud.
PER	Perfil Estratégico Regional para América Latina y el Caribe.
PET	Tomógrafo por Emisión de Positrones.
PET-CT	Tomógrafo por Emisión de Positrones acoplado a un Tomógrafo computarizado.
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.
PM10	Material particulado atmosférico de diámetro aerodinámico menor que 10µm.
PM2,5	Material particulado atmosférico de diámetro aerodinámico menor que 2,5µm.
PNCC	Plan Nacional de Control de Cáncer.
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
RF	Radiofármacos.
RI	Radioisótopos.
PR	Tecnologías de procesamiento de radiación.
SCBD	Siglas en inglés de “Secretariado de la Convención para la Diversidad Biológica”.
SNC	Sistemas nucleónicos de control de procesos.
SPECT	Tomografía Computarizada de Emisión Monofónica.
T	Radiotrazadores.
TAN	Técnicas Analíticas Nucleares.
TCLA	Siglas en inglés de la División para América Latina del Departamento de Cooperación Técnica del OIEA.
TENORM	Siglas en inglés de “Materiales de origen natural, tecnológicamente mejorados”.

UN-DESA	Siglas en inglés de “Departamento de Asuntos Económico/Sociales de las Naciones Unidas”.
UNEP	Siglas en inglés de “Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente”.
UNFPA	Siglas en inglés de “Fondo de Población de las Naciones Unidas”.
UNICEF	Siglas en inglés de “Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia”.

## DEFINICIONES

Autoridad Reguladora	Autoridad o autoridades nombradas o reconocidas de otra forma por un gobierno con fines de reglamentación en materia de protección y seguridad tecnológica.
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.
Calibración	Medición o ajuste de un instrumento, componente o sistema para cerciorarse de que su exactitud o respuesta es aceptable.
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 regulatorio	Cualquier forma de control o reglamentación que un órgano regulador aplica a instalaciones o actividades por motivos relacionados con la protección radiológica o con la seguridad tecnológica o física de las fuentes radiactivas.
Cultura de la seguridad	Conjunto de características y actitudes de las organizaciones y personas que establece, como prioridad absoluta, que las cuestiones relativas a la protección y seguridad tecnológica reciban la atención que merecen por su importancia.
Desechos radiactivos	Materiales, sea cual fuese su forma física, que quedan como residuos de prácticas o intervenciones y para los que no se prevé ningún uso posterior i) que contienen o están contaminados por sustancias radiactivas y presentan una actividad o concentración de la actividad superior al nivel de dispensa de los requisitos reglamentarios, y ii) la exposición a los cuales no está excluida de las Normas.
Disposición final	Colocación de desechos en una instalación apropiada sin intención de recuperarlos.
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.
Evaluación de la seguridad	Evaluación de todos los aspectos de una práctica que guardan relación con la protección y seguridad tecnológica; en el caso de una instalación autorizada, ello incluye la selección de un 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 que no está sometida a control reglamentario, sea porque nunca lo ha estado, sea porque ha sido abandonada, perdida, extraviada, robada o transferida sin la debida autorización.
Gestión de desechos radiactivos	Conjunto de actividades administrativas y operacionales que se ocupan de la manipulación, tratamiento previo, tratamiento, acondicionamiento, transporte, almacenamiento y disposición final de los desechos radiactivos.
Material radiactivo natural (NORM)	Material radiactivo que no contiene cantidades significativas de radionúclidos distintos de los radionúclidos naturales.
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.
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 sistemáticas encaminadas a permitir una adecuada consideración de las medidas de protección radiológica.
Protección radiológica	Protección de las personas contra los efectos de la exposición a la radiación ionizante y medios para conseguirla.
Respuesta a emergencias	Aplicación 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 posibilidad de que se produzcan esos efectos).
Seguridad Radiológica	Logro de condiciones de funcionamiento adecuadas, prevención de accidentes o mitigación de sus consecuencias, cuyo resultado es la protección de los trabajadores, del público y del medio ambiente frente a peligros excesivos causados por la radiación.
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.

## LISTA DE AUTORES Y REVISORES

### GRUPO DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN

Lourenço, Maria Cristina	Coordinador Nacional de ARCAL, Brasil (Coordinadora)
Tate, César	Coordinador Nacional de ARCAL, Argentina
Miranda, Alberto	Coordinador Nacional ARCAL, Bolivia
Caballero, María Paz	Coordinador Nacional de ARCAL, Chile
Santana, Fidel	Coordinador Nacional de ARCAL, Cuba
García, Pilar	Representante de España
Ramírez, Max	Coordinador Nacional de ARCAL, Panamá
Cardozo, César	Coordinador Nacional de ARCAL, Paraguay
Paredes Gutiérrez, Lydia	Coordinador Nacional de ARCAL, México
Rondinelli Junior, Francisco	Experto en planificación
Recio, Manuel	TCLA, Organismo Internacional de Energía Atómica

### GRUPO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA

#### **Grupo de supervisión y coordinación**

Caballero, María Paz	Coordinador Nacional de ARCAL , Chile
Cardozo, César	Coordinador Nacional de ARCAL , Paraguay

#### **Expertos**

Urquiaga, Segundo	Experto Líder, Brasil
García, José Fernando	Experto, Brasil.

#### **Oficiales de cooperación técnica**

Jiménez, Carmina	TCLA, Organismo Internacional de Energía Atómica
------------------	--

#### **Oficiales técnicos**

Blackburn, Carl Michael	NAFA, Organismo Internacional de Energía Atómica
García, Mario	NAFA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Heng, Lee Kheng	NAFA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Long, Katherine	NAFA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Maestroni, Britt Marianna	NAFA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Naletoski, Ivancho	NAFA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Nielen, Stephan	NAFA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Reyes, Jesús	NAFA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Sabharwal, Sunil	NAFA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Sakadevan, Karuppan	NAFA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Sarsu, Fatma	NAFA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Sasanya, James Jacob	NAFA, Organismo Internacional de Energía Atómica

## **GRUPO DE SALUD HUMANA**

### **Grupo de supervisión y coordinación**

Santana, Fidel	Coordinador Nacional de ARCAL, Cuba
Ramírez, Max	Coordinador Nacional de ARCAL, Panamá

### **Expertos**

Castellanos, María Esperanza	Experto Líder, Hospital Universitario San Ignacio, Universidad Javeriana, Colombia
Jiménez, Pablo	Organización Panamericana de la Salud
Rebolledo, Thais Morella	Hospital Universitario de Caracas, Venezuela

### **Oficiales de cooperación técnica**

Seybold, Johannes	TCLA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Lozada, José Antonio	Departamento de Cooperación Técnica, Organismo Internacional de Energía Atómica

### **Oficiales técnicos**

Gutt, Federico	División de Salud Humana, Organismo Internacional de Energía Atómica
Páez, Diana	División de Salud Humana, Organismo Internacional de Energía Atómica
Piñeros, Marion	Departamento de Cooperación, Organismo Internacional de Energía Atómica
Rosenblatt, Eduardo	División de Salud Humana, Organismo Internacional de Energía Atómica
Slater, Cristhine	División de Salud Humana, Organismo Internacional de Energía Atómica
Villanueva, María	Departamento de Cooperación, PACT, Organismo Internacional de Energía Atómica
Zubizarreta, Eduardo	División de Salud Humana, Organismo Internacional de Energía Atómica

### **GRUPO DE MEDIO AMBIENTE**

#### **Grupo de supervisión y coordinación**

Tate, César	Coordinador Nacional de ARCAL, Argentina
García, Pilar	Representante de España

#### **Expertos**

Pla, Rita	Experto Líder, Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina
Bocanegra, Emilia	Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina

#### **Oficiales de cooperación técnica**

Ciurana, Eva	TCLA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Godoy-Kain, Patricia	TCLA, Organismo Internacional de Energía Atómica
Lucio, Geovanna	TCLA, Organismo Internacional de Energía Atómica

### **Oficiales técnicos**

Miquel, Juan Carlos	NAEL, Organismo Internacional de Energía Atómica
Pacheco, Oscar	TCLA, Organismo Internacional de Energía Atómica (Interno)
Padilla, Román	NAPC, Organismo Internacional de Energía Atómica
Toro, Luis	NAPC, Organismo Internacional de Energía Atómica

## **GRUPO DE ENERGÍA**

### **Grupo de supervisión y coordinación**

Lourenço, Maria Cristina	Coordinador Nacional de ARCAL, Brasil
--------------------------	---------------------------------------

### **Expertos**

Carrera Doral, Wenceslao	Experto Líder, Cuba
Rey, Francisco Carlos	Experto, Argentina

### **Oficiales de cooperación técnica**

Pérez-Pijuán, Saúl	TCLA, Organismo Internacional de Energía Atómica
--------------------	--

### **Oficiales técnicos**

Berdellans-Escobar, Ilse	NEPES, Organismo Internacional de Energía Atómica
Concha-Perdomo, Ismael	NEPES, Organismo Internacional de Energía Atómica
Bradley, Edward	NEFW, Organismo Internacional de Energía Atómica
Adelfang Pablo	NEFW, Organismo Internacional de Energía Atómica
Eiler, Janos	NENP, Organismo Internacional de Energía Atómica

## **GRUPO DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA**

### **Grupo de supervisión y coordinación**

Miranda, Alberto	Coordinador Nacional ARCAL, Bolivia
Recio, Manuel	TCLA, Organismo Internacional de Energía Atómica

### **Expertos**

Jova, Luis	Experto Líder, Cuba
Ferruz, Paulo	Experto, Chile
Ciallella, Norberto	Foro Iberoamericano de Órganos Reguladores Radiológicos y Nucleares, Argentina

**Oficiales de cooperación técnica**

Ramírez, Raúl	TCLA, Organismo Internacional de Energía Atómica
---------------	--

**Oficiales técnicos**

Cristóbal Polo, María	NSRW, Organismo Internacional de Energía Atómica
-----------------------	--

Cruz, Rodolfo	NSRW, Organismo Internacional de Energía Atómica
---------------	--

Nader, Alejandro	NSRW, Organismo Internacional de Energía Atómica
------------------	--

Moracho Ramírez, María Josefa	NSNI, Organismo Internacional de Energía Atómica
-------------------------------	--

Pacheco, Ronald	NSRW, Organismo Internacional de Energía Atómica
-----------------	--

Salinas, Rodrigo	NS-IEC, Organismo Internacional de Energía Atómica
------------------	--

Shokr, Amgad	NSNI, Organismo Internacional de Energía Atómica
--------------	--

Telleria, Diego	NSRW, Organismo Internacional de Energía Atómica
-----------------	--

**GRUPO DE TECNOLOGÍA DE RADIACIÓN**

**Grupo de supervisión y coordinación**

Paredes Gutiérrez, Lydia	Coordinador Nacional de ARCAL, México
--------------------------	---------------------------------------

**Expertos**

Molina, Gustavo Molina	Experto Líder, México.
------------------------	------------------------

**Oficiales de cooperación técnica**

Murillo Fuentes, Pilar	TCLA, Organismo Internacional de Energía Atómica
------------------------	--

Roncero Martin, J. Miguel	TCLA, Organismo Internacional de Energía Atómica
---------------------------	--

**Oficiales técnicos**

Brisset, Patrick	NAPC, Organismo Internacional de Energía Atómica
------------------	--

Curto Grau, Marta	Programa Regional ALC, ONUDI
Sabharwal, Sunil	NAPC, Organismo Internacional de Energía Atómica
Safrany, Agnes	NAPC, Organismo Internacional de Energía Atómica
Sampa, María Helena O.	NAPC, Organismo Internacional de Energía Atómica

#### REUNIONES

Varadero, Cuba, diciembre de 2012.

San José, Costa Rica, 18-22 de marzo de 2013.

Viena, Austria, 13-17 de mayo de 2013.

Viena, Austria, 4-8 de noviembre del 2013.

Viena, Austria, 3-7 de marzo del 2014.