

nucleus

ISSN 2075-5635
on line

No. 74, 2023

Publicación semestral

Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada de Cuba
Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

En este número:

**5^{to} Aniversario
WIN Cuba**



www.cubaenergia.cu/nucleus/nucleus.htm

Panorama Nuclear

EDUCPRA: portal web especializado de educación y capacitación en protección radiológica de Cuba.	1
Maryzury Valdés Ramos, José Francisco Manzano de Armas, Omar F. García Lima, Niurka González Rodríguez, Isis M. Fernández Gómez, Adlin López Díaz, Ailza Castro Soler, Juan Cárdenas Herrera, Gladys M. López Bejerano, Ofelia M. Fonet Rodríguez, Maidelys Rosa Rodríguez Rodríguez	
Análisis de género dentro de las aplicaciones nucleares en Cuba.....	7
Berta García Rodríguez, Ramón L. Rodríguez Cardona	
25 años contribuyendo al desarrollo de competencias en protección radiológica.	12
Ailza Castro Soler, Niurka González Rodríguez, Dayana Ramos Machado	
Criterios para reconocer a un experto en ciencia y tecnología para el sector nuclear.	17
Lidia Lauren Elías Hardy	
20 años de experiencia en la protección radiológica ocupacional en la práctica de calibración dosimétrica.	23
Niurka González Rodríguez, Gonzalo Walwyn Salas.	

Ciencias Nucleares

Base de datos nacional de radionucleidos en alimentos.	27
Isis M. Fernández Gómez, Maryzury Valdés Ramos	
Acondicionamiento de fuentes radiactivas en desuso de radio-226.	32
Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez, Juan Miguel Hernández García	
Perfeccionamiento de la asistencia médica para diagnóstico, prevención y control de las enfermedades endocrinas con el uso de buenas prácticas en la determinación de analitos.	37
María de Lourdes Morera Carrillo, Ramón L. Rodríguez Cardona, Gladys M. López Bejerano, Manuel S. Fernández Rondón	
Aplicaciones de las membranas amnióticas en Cuba: experiencias y perspectivas.	40
Adriana Díaz Curbelo, Dania Rodríguez Nápoles, Lisandra Morales Álvarez, Isabel M. Otero Abreu	
Revistas certificadas como Publicaciones Seriadas Científico-Tecnológicas	47
Instrucciones a los autores	50

summary

Nuclear Outlook

EDUCPRA: Cuba's specialized web portal for education and training in radiological protection.	1
Maryzury Valdés Ramos, José Francisco Manzano de Armas, Omar F. García Lima, Niurka González Rodríguez, Isis M. Fernández Gómez, Adlin López Díaz, Ailza Castro Soler, Juan Cárdenas Herrera, Gladys M. López Bejerano, Ofelia M. Fornet Rodríguez, Maidelys Rosa Rodríguez Rodríguez	
Gender analysis within the nuclear applications in Cuba	7
Berta García Rodríguez, Ramón L. Rodríguez Cardona	
25 years contributing to the development of competences in radiological protection.	12
Ailza Castro Soler, Niurka González Rodríguez, Dayana Ramos Machado	
Criteria to recognize an expert in science and technology for the nuclear sector.	17
Lidia Lauren Elías Hardy	
20 years of experience in occupational radiation protection in dosimetric calibration practice.	23
Niurka González Rodríguez, Gonzalo Walwyn Salas	

Nuclear Sciences

National database of radionuclides in food.	27
Isis M. Fernández Gómez, Maryzury Valdés Ramos	
Conditioning of radium-226 disused radioactive sources	32
Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez, Juan Miguel Hernández García	
Improving medical care for the diagnosis, prevention and control of endocrine diseases with the use of good practices in the determination of analytes.	37
María de Lourdes Morera Carrillo, Ramón L. Rodríguez Cardona, Gladys M. López Bejerano, Manuel S. Fernández Rondón	
Applications of amniotic membranes in Cuba: experiences and perspectives.	40
Adriana Díaz Curbelo, Dania Rodríguez Nápoles, Lisandra Morales Álvarez, Isabel M. Otero Abreu	
Magazines certified as serial scientific and technological publications	47
Information for authors	50

Consejo editorial

Dra. en Ciencias Físicas Angelina Díaz García, Dr. en Ciencias Químicas José Morín Zorrilla, Dr. en Ciencias Médicas Juan Cárdenas Herrera, Dr. en Ciencias Médicas Juan Perfecto Oliva, Dr. en Ciencias Químicas Juan Jaen Osorio, Dr. en Ciencias Físicas Juan Luis François Lacouture, Dr. en Ciencias Físicas Luis Felipe Desdín García, MSc. en Ingeniería Nuclear Manuel Fernández Rondón, Dr. en Ciencias Físicas Oscar Díaz Rizo, Dr. en Ciencias Biológicas Omar García Lima, Dr. en Ciencias Ramón B. Pomés Hernández, MSc. en Ingeniería Nuclear Ramón R. Cardona, Dr. en Ciencias Físicas Raúl Oscar Barrachina Tejada

Equipo editorial

Director: Roberto Sosa Caceres / **Editor Jefe:** Luis Felipe Desdín García / **Redactor Técnico:** Manuel S. Fernández Rondón / **Edición:** Lourdes González Aguiar / **Diseño:** D.I. Lidibel P. Claro Drake / **Indización INIS:** Irayda Oviedo Rivero / **Referencias:** Miriam Amado Picasso / **Fotomecánica:** Alain Ciérvides Sánchez / **Producción:** Maikel Carrero Pérez

Revista arbitrada, certificada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Referenciada en las Bases de Datos INIS, CUBACIENCIAS Periódica, en el Sistema de Información LATINDEX, ULRICH'S, EBSCO, SciELO e INFORMNAUKA.



“WiN Cuba celebra sus cinco años de vida”.

La Red de Mujeres Cubanas en lo Nuclear (WiN Cuba), reconocida como capítulo nacional del WiN Global, celebró el pasado 13 de julio su quinto aniversario de creada. Momento de reflexión y análisis de los retos enfrentados, lecciones aprendidas y logros alcanzados.

Iniciar el trabajo de una red siempre es complejo, pero hemos tenido el privilegio de contar con una membresía amplia y comprometida y una junta directiva que ha sabido recorrer el camino mirando a futuro, lo que ha permitido trazar estrategias claras a corto y mediano plazo. Hoy llegamos al quinto aniversario satisfechos de lo que se ha logrado y con objetivos claros para seguir creciendo.

Este periodo se ha caracterizado por un amplio trabajo de organización interna y de definición de líneas, constituyendo la base de los próximos años. También hemos estado comprometidos con la creación del capítulo regional WiN ARCAL, donde hoy nos representa una miembro en el comité directivo y hemos participado de muchas de las iniciativas de WiN Global, demostrando nuestro compromiso con la organización.

El quinto aniversario de la Red ha sido un momento de celebración pero también de trabajo, nuestra tradicional jornada científica “Mujer en lo Nuclear” se ha vestido de gala con 21 resultados presentados con un alto rigor científico fruto del quehacer de nuestras féminas.

Quedan muchos retos por enfrentar y vencer, la Red tiene que seguir creciendo en miembros pero también en logros alcanzados. El impacto de nuestras acciones tiene que sentirse no sólo dentro del gremio, tiene que llegar a la sociedad y para ello nuestras miembros tienen que seguir empoderándose, pero está la certeza de que el compromiso y el entusiasmo de las féminas permitirá alcanzar esos objetivos.

No podemos terminar sin agradecer una vez más a todos aquellos que creyeron en nosotros y nos han apoyado durante éste periodo, que de seguro lo seguirán haciendo, y por supuesto una felicitación muy especial a todas y cada una de las miembros del capítulo sin las cuales no habríamos podido llegar hasta aquí.

A todas muchas felicidades!!!

Presidenta WiN Cuba



EDUCPRA: portal web especializado de educación y capacitación en protección radiológica de Cuba

 Maryzury Valdés Ramos¹,  José Francisco Manzano de Armas¹,  Omar F. García Lima¹,
 Niurka González Rodríguez¹,  Isis M. Fernández Gómez¹,  Adlin López Díaz²,
 Ailza Castro Soler¹,  Juan Cárdenas Herrera¹,  Gladys M. López Bejerano³,
 Ofelia M. Fonet Rodríguez⁴,  Maidelys Rosa Rodríguez Rodríguez⁵

¹Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), La Habana, Cuba.

²Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (Instec), La Habana, Cuba.

³Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada (AENTA), La Habana, Cuba

⁴Oficina de Regulación y Seguridad Ambiental, Holguín, Cuba

⁵Dirección de Seguridad Nuclear – Oficina de Regulación y Seguridad Ambiental, La Habana, Cuba.

zury@cphr.edu.cu

Resumen

El trabajo se enfoca en un tema de alta prioridad en el país: la necesidad creciente de capacitación en protección radiológica para los trabajadores ocupacionalmente expuestos, y la fortaleza que representa contar con portales web especializados en estos temas. En este contexto se desarrolla el Portal Web Especializado EDUCPRA, "Portal de Educación y Capacitación en Protección Radiológica de Cuba", que pone a disposición de sus usuarios de forma fácil e integrada, el acceso a contenidos, regulaciones, normas nacionales e internacionales, directorios, aplicaciones y servicios relacionados con el tema que permiten identificar, divulgar y promover las capacidades docentes del país en los temas de protección radiológica. El objetivo principal de EDUCPRA es convertirse en el soporte tecnológico de la Estrategia Nacional de Educación y Capacitación en Protección Radiológica. EDUCPRA permite supervisar el funcionamiento de la actividad de educación y entrenamiento en Protección Radiológica en Cuba, y contribuir a los procesos de identificación de necesidades, certificación del personal, y reconocimiento de competencia de los cursos de protección radiológica. A través EDUCPRA se puede promover las capacidades con que cuenta el país para cumplir con los requerimientos de capacitación establecidos en el marco regulador nacional, y conocer la cantidad de personal capacitado por práctica y categoría ocupacional, permitiendo evaluar la efectividad del programa nacional capacitación. EDUCPRA dará visibilidad a los indicadores de desempeño de la capacitación en protección radiológica en el país.

Palabras clave: protección radiológica; entrenamiento; certificación; sitios web; herramientas educativas.

EDUCPRA: Cuba's specialized web portal for education and training in radiological protection

Abstract

The paper focuses on a high-priority subject nationwide: the growing need for training in radiation protection for occupationally exposed workers and the strength of having specialized web portals on this matter. The Specialized Web Portal, EDUCPRA "Cuba's Portal for Education and Training in Radiological Protection", has been developed in this context, which makes available to its users, in an easy and integrated way, access to contents, regulations, national and international standards, directories, applications and services related to the matter that allow the identification, dissemination, and promotion of the training capacities in radiation protection. The main objective of EDUCPRA is to become the technological support of the National Strategy for Education and Training in Radiological Protection. EDUCPRA allows supervising the operation of the education and training activity in Radiological Protection in Cuba, and contributing to the processes of identification of needs, certification of personnel, and competence recognition of radiation protection courses. Through EDUCPRA, the available capacities to the country can be promoted to be able to comply with the training requirements established in the natio-

nal regulatory framework, and the number of personnel trained by practice and occupational category can be known, allowing the evaluation of the effectiveness of the national training program. EDUCPRÁ will give visibility to the performance indicators of the training in Radiological protection in the country.

Key words: radiological protection; training; certification; websites; educational tools.

1. Introducción

La capacitación de todas las personas vinculadas a la seguridad en las prácticas que emplean radiaciones ionizantes se considera fundamental, siendo necesario garantizar la preparación en protección radiológica del personal vinculado a las mismas, de forma tal que permita su actualización y formación continua, teniendo en cuenta su nivel académico, la práctica que ejecuta y el rol que desempeña [1]. El nivel de preparación del personal ocupacionalmente expuesto a las radiaciones ionizantes es un requisito que es supervisado por la autoridad reguladora cubana durante el proceso de licenciamiento de este [2].

Un aspecto esencial en la infraestructura de protección radiológica de un país es el mantenimiento de un adecuado número de personas debidamente capacitadas y competentes en esta materia. El Comité de Educación y Capacitación en Protección Radiológica (CE-CPR), responsabilizado con la promoción, desarrollo y perfeccionamiento en Cuba de un sistema sustentable de educación y capacitación en protección radiológica, al evaluar el estado de implementación de la “Estrategia Nacional para crear Competencias en Protección y Seguridad Radiológica, del periodo 2015-2020” [3], identificó como una problemática importante, la ausencia de sistemas informáticos que permitieran identificar, divulgar, promover y gestionar las capacidades docentes del país, los requerimientos para la autorización del personal establecidos en el marco regulador nacional por prácticas y categorías ocupacionales, así como la falta de visibilidad y conocimiento de la estrategia, y la ausencia de un mecanismo automatizado que permitiera recopilar y sistematizar los indicadores de desempeño de la capacitación en Cuba.

Una problemática actual en el campo de la seguridad radiológica, que es de alta prioridad en el país, es la necesidad creciente de capacitación en protección radiológica para los trabajadores ocupacionalmente expuestos, y la fortaleza que representa contar con sitios web especializados de conocimiento en estos temas. En este contexto, la “Estrategia Nacional de Capacitación en Protección Radiológica de Cuba”, para el periodo 2021-2025 [4], se planteó como visión para el 2025 que: “La capacitación se gestionara con herramientas informáticas”.

En este entorno dinámico de desarrollo de tecnologías de la información en Cuba, se diseña, desarrolla, e implementa EDUCPRA, “**Portal Web de Educación y Capacitación en Protección Radiológica de Cuba**”. En este trabajo mostraremos las principales características y resultados de la plataforma web desarrollada.

2. Materiales y métodos

El PORTAL WEB desarrollado se clasifica como “**especializado**” o “**vertical**”, pues está dirigido a ofrecer contenidos a sus usuarios dentro del área temática específica de la capacitación en Protección Radiológica.

El objetivo principal del PORTAL WEB desarrollado es convertirse en la **Plataforma Web de educación y capacitación en protección radiológica de Cuba**, que ofrecerá a sus usuarios, de forma fácil e integrada, el acceso a una serie de recursos, contenidos, regulaciones y normativas, directorios, aplicaciones y servicios, que permitan identificar, divulgar y promover las capacidades docentes del país en los temas de Protección Radiológica y ser el soporte tecnológico de Estrategia Nacional de Capacitación en Protección Radiológica.

El PORTAL WEB desarrollado cumple con los términos de la “**Web 2.0**”, para facilitar compartir información, la interoperabilidad, el diseño centrado en el usuario y poder compartir y difundir diferentes tipos de contenidos gracias a los múltiples servicios que ofrece la Web 2.0.

Se utiliza la plataforma de desarrollo “**WordPress**”, software para crear y gestionar Sitios Web, y que dispone de un sistema de plugins, que permiten extender las capacidades de desarrollo y se consigue una gestión de contenido más flexible. Se utilizó “**MySQL**” como sistema de gestión de bases de datos y se usa “**PHP**”, como el lenguaje de instrucción para actualizar los datos en MySQL.

Se otorgó el nombre de dominio “**educpra.cu**”, que quedó registrado a través de CUBANIC, Centro Cubano de Información de Red y fue hospedado con un sistema de almacenamiento compartido de información, imágenes u otros accesibles vía web, garantizándole a sus páginas presencia en Internet con acceso directo y seguro desde Cuba.

3. Resultados

En este escenario se desarrolla el **Portal EDUCPRA**, Plataforma Web de educación y capacitación en protección radiológica de Cuba (figura 1), herramienta de información y comunicación en el campo de la protección radiológica y soporte tecnológico de Estrategia Nacional de Capacitación en Protección Radiológica. Su mapa de contenidos está formado por las secciones: Inicio, EDUCPRA, Legislación, Estrategia, Comité E&C, Identificación de Necesidades y Capacidades.



Figura 1. Portal Web EDUCPRA

Módulo - Inicio

Principal vía de entrada al Portal EDUCPRA. Contiene los datos completos del Portal, su nombre, el logotipo que lo representa, la bienvenida al sitio, se publican noticias relevantes y se accede al carrusel de noticias que permite acceder a todas las noticias publicadas. Esta página también incluye enlaces de interés a organizaciones nacionales, al OIEA, y a redes internacionales que están asociados a la temática de capacitación en protección radiológica.

Módulo - EDUCPRA

Muestra a los usuarios qué es el portal EDUCPRA, sus antecedentes, Objetivos y público al que quiere llegar.

Módulo - Legislación

En este módulo se consolidan todos los contenidos asociados al **Marco Regulatorio Nacional y Normativas OIEA**, relacionadas con el tema de Educación y Capacitación en Protección Radiológica. Regulaciones, Normas, Guía de Seguridad, Metodologías, o cualquier documento que de manera total o parcial referencie al tema que es contenido del portal. Se muestra una breve descripción de las normativas más importantes, y se puede acceder a la publicación completa de toda la legislación identificada.

Módulo - Estrategia

En este módulo se describe información relevante de la Estrategia Nacional para crear competencias en materia de Protección Radiológica en Cuba. Se muestran los objetivos y el alcance de la Estrategia y la participación de las partes interesadas. Se puede acceder a los documentos completos de las dos estrategias que han sido elaboradas en el país para los Ciclos 2015-2020 y 2021-2025. Se puede conocer en esta sección también las responsabilidades relativas a la creación de competencias en materia de protección y seguridad radiológica.

Módulo - Comité E&C

En este módulo se describe las características, misión y funciones del Comité de Educación y Capacitación en Protección Radiológica. Se muestra la composición del Comité, datos generales de su presidente, su oficial técnico, los representantes de las autoridades reguladoras, y representantes de los proveedores de capacitación. También se muestra información de los invitados permanentes a las sesiones del consejo, como es el funcionamiento del comité, la designación y renovación de los miembros del comité.

Módulo - Capacidades

En el módulo de Capacidades, sección **“Reconocimiento de Competencia”** se muestra información relevante del proceso de reconocimiento de competencia que realiza la Autoridad Reguladora a los “Servicios de Cursos en materia de Protección Radiológica” que se brindan en el país, los requisitos que deben cumplir los cursos a los fines del reconocimiento de la competencia, y la documentación a presentar para la solicitud del reconocimiento de la competencia.

En el módulo de Capacidades, sección **“Proveedores”** se muestra información relevante de los proveedores de actividades de capacitación y entrenamiento que hay en el país: aquellas personas, jurídicas o naturales, que ofrecen regular u ocasionalmente actividades de capacitación y entrenamiento en las diferentes modalidades. Ha quedado conformado el “Directorio Nacional de Proveedores Capacitación y Entrenamiento en Protección Radiológica”. Se puede acceder a la Ficha que caracteriza cada proveedor.

Se han identificado en el país 9 centros proveedores de cursos de capacitación en Protección Radiológica, cuatro son instituciones que brindan Servicios Científico Técnicos de apoyo a la Protección Radiológica, una Universidad, un Hospital, una Entidad Usuaria de Radiaciones Ionizantes y una Autoridad Reguladora (figura 2).

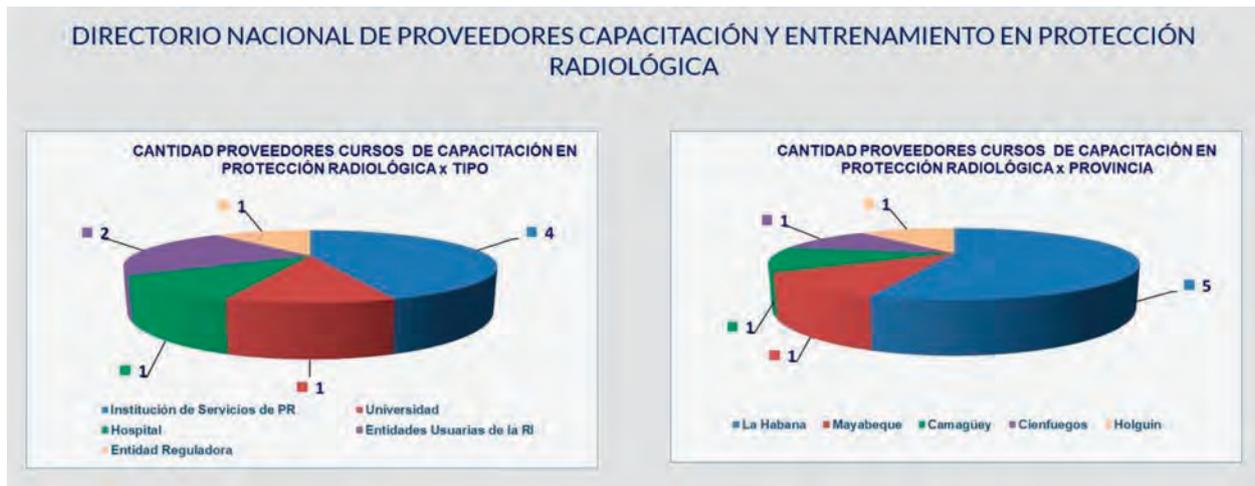


Figura 2. EDUCPRA – Directorio Nacional de Proveedores de Capacitación.

En el módulo de Capacidades, sección **“Cursos Diseñados”** se muestra información relevante de todos los cursos que están diseñados y se brindan en el país. Ha quedado conformado el “Directorio Nacional de Cursos de Capacitación Protección Radiológica”. Se han identificado 47 cursos de capacitación en protección radiológica y se han almacenado en el directorio y publicados en el portal la ficha de cada uno. De estos 47 cursos, 24 cuentan con reconocimiento de competencia (figura 3). Se puede acceder a la Ficha de cada curso.

En el módulo de Capacidades, sección **“Maestrías y Diplomados”** se muestra información relevante de las maestrías y diplomados que se brindan en el país dedicadas total o parcialmente a la capacitación en temas de protección radiológica.

En el módulo de Capacidades, sección **“Cursos de Pregrado”** se muestra información relevante de la preparación de protección radiológica en la formación de pregrado que se realiza en las universidades del país.

Módulo - Identificación de Necesidades

En el módulo de Identificación de necesidades, sección **“Categorías Ocupacionales”** se muestra la información de las categorías ocupacionales que desde el enfoque de la capacitación en protección y seguridad radiológica se han definido en el país y los indicadores generales que la caracterizan.

En el módulo de Identificación de necesidades, sección **“Requisitos de Capacitación”** se muestra la información de los requisitos de capacitación que se están definidos en el marco regulador nacional para las categorías ocupacionales aceptadas. Se muestran los cursos teórico práctico de capacitación en protección y seguridad radiológica, que son requeridos por categoría ocupacional y cargos específicos, teniendo en cuenta la normativa nacional o internacional.

En el módulo de Identificación de Necesidades, sección **“Necesidades de Capacitación”** se muestra la concepción general del proceso de identificación de las necesidades de capacitación y los resultados de la identificación del universo de personas que requieren tener conocimientos de protección y seguridad radiológica por prácticas. Se ha desarrollado una herramienta interface que potencia el uso del Banco Nacional de Dosis ocupacional de la República de Cuba (BND), para estimar las potenciales necesidades de capacitación en protección radiológica. Actualmente el BND de Cuba cuenta con el Registro de Entidades y Trabajadores Ocupacionalmente Expuesto (TOE) más completo con que cuenta el país, organizados por prácticas y categorías ocupacionales que son objeto de capacitación. En la herramienta desarrollada se ha enlazado los registros históricos del BND con los resultados periódicos del personal que participa en los cursos de capacitación en



Figura 3. EDUCPRA – Directorio Nacional de Cursos de Capacitación Diseñados.

protección radiológica, almacenado en EDUCPRA en el Registro Nacional Cursos realizados. Los resultados periódicos de la herramienta desarrollada se publican en el PORTAL.

En el módulo de Identificación de necesidades, sección **“Resultados de la Capacitación”** se muestran los resultados de las actividades de capacitación organizadas en el país, como respuesta a las demandas de los empleadores y teniendo en cuenta las necesidades identificadas de capacitación en protección Radiológica. Ha quedado conformado el “Registro Nacional de

Cursos de Capacitación Protección Radiológica realizados”, que se enlaza con los Directorios Nacionales de Proveedores y de Cursos de Protección Radiológica diseñados (figura 4).

A través de esta sección se tienen acceso reportes y figuras que permiten conocer y evaluar el desempeño de la capacitación en protección radiológica en el país, a través de la capacitación ejecutada por años, por proveedores, por práctica, por categorías ocupaciones, por sector y por Ministerio.



Figura 4. EDUCPRA – Registro Nacional de Cursos de Capacitación Realizados.

Conclusiones

Se ha desarrollado el Portal EDUCPRA, Plataforma Web de educación y capacitación en protección radiológica de Cuba, que permite:

- Integrar información y recursos relevantes del país relacionados con la actividad de educación y capacitación en el área de Protección y Seguridad Radiológica.
- Ser el soporte tecnológico para la divulgación e implementación de la Estrategia Nacional de Educación y Capacitación para alcanzar la competencia en materia de Protección Radiológica.
- Supervisar el funcionamiento de la actividad de educación y entrenamiento en el campo de la Protección Radiológica en Cuba.
- Contribuir a los procesos de identificación de necesidades y certificación del personal.

- Contribuir al proceso de reconocimiento de competencia de los Cursos de Protección Radiológica.
- Promocionar los cursos de Protección Radiológica diseñados en el país por prácticas y categorías ocupacionales.
- Promover otras capacidades regionales y del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)
- Dar visibilidad a los indicadores de desempeño de la capacitación en protección Radiológica en el país.

EDUCPRA está en constante crecimiento y transformación, incorporándose nuevos contenidos y funcionalidades. Tenemos como meta incorporar herramientas informáticas para la comunicación y capacitación del público en el área de Protección Radiológica.

Referencias bibliográficas

- [1]. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Creación de competencia en materia de protección radiológica y uso seguro de las fuentes de radiación. Colección de Normas de Seguridad del OIEA. N° RS-G-1.4. Viena: OIEA, 2010.
- [2]. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente-Ministerio Salud Pública. Reglamento para la selección, capacitación y autorización del personal que realiza practicas asociadas al empleo de radiaciones ionizantes. Resolución Conjunta CITMA-MINSAP. Gaceta Oficial, Marzo 2002.
- [3]. Estrategia Nacional para crear Competencias en Protección y Seguridad Radiológica, 2015-2020. Comité de Dirección de la Estrategia. La Habana, 2015.
- [4]. Estrategia Nacional de capacitación en Protección Radiológica, 2021-2025. Comité de Dirección de la Estrategia. La Habana, 2020.

Recibido: 12 de julio de 2023

Aceptado: 15 de julio de 2023

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización, ni la comunicación del presente trabajo.

CRedit / Conceptualización: Maryzury Valdés Ramos. **Curación de datos:** Maryzury Valdés Ramos, José Francisco Manzano de Arma, Omar F. García Lima, Niurka González Rodríguez, Isis M. Fernández Gómez, Adlin López Díaz, Ailza Castro Soler, Juan Cárdenas Herrera, Gladys M. López Bejerano, Ofelia M. Fonet Rodríguez, Maidelys Rosa Rodríguez Rodríguez. **Análisis formal:** Maryzury Valdés Ramos, José Francisco Manzano de Arma. **Adquisición de fondos:** Maryzury Valdés Ramos, Gladys M. López Bejerano. **Investigación:** Maryzury Valdés Ramos. **Metodología:** Maryzury Valdés Ramos. **Administración de proyecto:** Maryzury Valdés Ramos. **Recursos:** Maryzury Valdés Ramos, José Francisco Manzano de Arma. **Software:** Maryzury Valdés Ramos, José Francisco Manzano de Arma. **Supervisión:** Maryzury Valdés Ramos. **Validación:** Maryzury Valdés Ramos, Omar F. García Lima, Niurka González Rodríguez, Isis M. Fernández Gómez, Juan Cárdenas Herrera, Gladys M. López Bejerano. **Visualización:** Maryzury Valdés Ramos. **Redacción – borrador original:** Maryzury Valdés Ramos. **Redacción – revisión y edición:** Maryzury Valdés Ramos, Omar F. García Lima, Gladys M. López Bejerano.

Análisis de género dentro de las aplicaciones nucleares en Cuba

 Berta García Rodríguez,  Ramón L. Rodríguez Cardona

Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzadas (AENTA), La Habana, Cuba.

berta@aenta.cu

Resumen

El presente trabajo está basado en un análisis de género en las principales actividades científicas y tecnológicas que realizan los especialistas vinculados a las aplicaciones nucleares del sector nuclear y el programa nuclear cubano de ciencia y tecnología. Se recopiló toda la información existente referida a participación y liderazgo en proyectos de ciencia e innovación, incluidos los proyectos implementados con el Organismo Internacional de Energía Atómica, las publicaciones científicas, los Premios de la Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada (AENTA), Premios Academia de Ciencia de Cuba, Premios Nacionales de Innovación, Fórum Ramal de la AENTA, premios internacionales, servicios estatales científico-tecnológicos de protección – vigilancia radiológica y producciones especializadas. El análisis se ha realizado para el periodo comprendido entre el 2000-2022, correspondiente a los últimos 22 años fiscales en los cuales se ha experimentado un incremento de la participación activa de la mujer en la esfera nuclear, con el objetivo de contribuir a la toma de decisiones en el diseño de las políticas y su implementación en el ámbito nuclear para el empoderamiento de la mujer cubana en este sector, y con especial contribución a las acciones futuras de la Red de Mujeres Cubanas en lo Nuclear, conocida como WiN Cuba.

Palabras clave: mujeres; Cuba; evaluación; métricos; programas de investigación

Gender analysis within the nuclear applications in Cuba

Abstract

This paper is based on a gender analysis of the main scientific and technological activities carried out by specialists linked to nuclear applications in the nuclear sector and the Cuban nuclear science and technology program. All existing information regarding participation and leadership in science and innovation projects was collected, including projects implemented with the International Atomic Energy Agency, scientific publications, the Nuclear Energy and Advanced Technologies Agency (AENTA) Awards, Cuban Academy of Science Awards, National Innovation Awards, AENTA Branch Forum, international awards, state scientific-technological protection services - radiological surveillance and specialized productions. The analysis has been carried out for the period between 2000-2022, corresponding to the last 22 fiscal years in which there has been an increase in the active participation of women in the nuclear sphere, with the aim of contributing to the decisions in the design of policies and their implementation in the nuclear field for the empowerment of Cuban women in this sector, and with special contribution to the future actions of the Network of Cuban Women in the Nuclear, known as WiN Cuba.

Key words: women; Cuba; evaluation; metrics; research programs.

Introducción

Género es una categoría que abarca lo biológico, y a ello se suma la síntesis histórica que se da entre lo biológico, lo económico, lo social, lo jurídico, lo político, lo psicológico y lo cultural [1]. Sin embargo, los cambios sociales, económicos y científicos-técnicos que se han

venido produciendo también han impactado en este concepto que lo han hecho flexibilizarse en cuanto a la noción de lo masculino y lo femenino [2].

Desde hace años en Cuba se ha venido trabajando en buscar alternativas que eviten conductas discriminatorias y fomentándose los estudios de género con un enfoque multidisciplinario, lo que le da un valor agre-

gado a la hora de entender los procesos sociales en el país. Sin embargo es innegable que aún quedan conductas sexistas en algunos círculos sociales que impactan tanto en la distribución de roles en el hogar como en la vida social.

El sector de la ciencia y la investigación, no está exenta de estas conductas que se manifiestan de muchas maneras, a veces incluso muy sutiles. Un ejemplo de estas manifestaciones y digamos que tal vez la que marca de alguna forma el inicio de ellas, es considerar las carreras tecnológicas como “carreras para hombres”, mientras que las carreras de humanidades se consideran como “carreras para mujeres”.

El sector de las tecnologías nucleares no está libre de estas conductas las cuales se intensifican al ser considerada como tecnologías duras. Sin embargo en Cuba desde el nacimiento de las aplicaciones nucleares en el país la mujer ha estado presente y aunque si se revisan la incidencia en los graduados universitarios se puede contactar que el porcentaje de mujeres es mucho menor; es justo reconocer que el sector atrae a profesionales de otras especialidades afines, complementarias y conexas, en especial a mujeres, a tal punto que ha logrado un balance de género dentro del sector, como se muestra en la figura 1 [3].

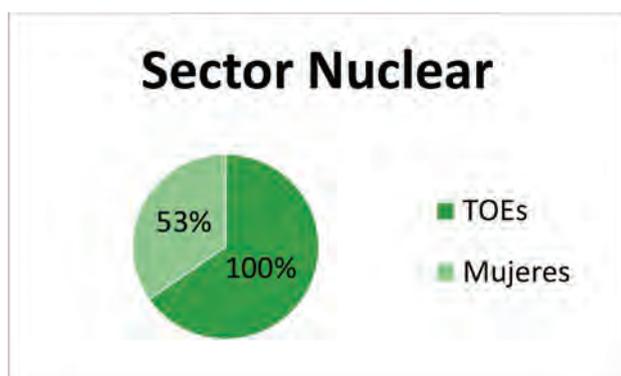


Figura 1. Cantidad de mujeres dentro de los TOEs.

Este balance de género tiene su impacto en los indicadores de ciencia como es de esperar, y es el objetivo de éste trabajo. Hacer un análisis de la presencia de la mujer dentro de las actividades de ciencia en las aplicaciones nucleares en el país aporta a los tomadores de decisiones a la hora de trazar estrategias dentro del sector, y en particular sirve de base para que el WiN Cuba desarrolle estrategias que permitan empoderar técnicamente a las mujeres del sector.

Para realizar este trabajo se han definido indicadores de ciencias e innovación que permitan medir el impacto que tiene el trabajo de las mujeres en las aplicaciones nucleares.

Se tomaron como indicadores la participación de la mujer como jefes de proyectos de ciencias e innovación y proyectos con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), publicaciones científicas como primeras autoras en la Revista Nucleus y la base de datos INIS (International Nuclear Information System) de éste organismo. Asimismo se tuvieron en cuenta los premios

del sector a los resultados científicos destacados. Estos indicadores son los más representativos del sector, por lo que se toman como referencia para el análisis.

En el caso de los proyectos se ha limitado el análisis a la participación de las mujeres como jefas de proyectos, queda como recomendación ampliar el universo de análisis a la participación en las diferentes actividades convocadas dentro de los proyectos. Para los proyectos de cooperación técnica con el OIEA, además de lo anterior, es importante acotar que el análisis se centró en los proyectos nacionales, es decir aquellos que se implementan bilateralmente entre el país y este organismo, recomendando extender el estudio a los proyectos regionales e interregionales, así como valorar la pertinencia de incluir los proyectos coordinados de investigación, que es otra forma de colaboración con el OIEA.

La selección de las publicaciones está basada en el hecho de que la Revista Nucleus es la publicación oficial del país dentro del sector nuclear. De igual manera el INIS, es el sistema internacional de información nuclear del OIEA, registro oficial de todas las publicaciones que se realizan en los Estados Miembros.

Materiales y métodos

Para este trabajo se utilizó la base de datos del programa de ciencia e innovación Nuclear, Óptica, Ultrasonido y Láser (NOULO) que permitió acceder a los datos de los proyectos e identificar a todos los jefes de proyectos, así como el porcentaje de ellos que son mujeres por áreas temáticas.

Para el análisis de los proyectos de cooperación técnica con el OIEA, se accedió a la plataforma PCMF (Marco de gestión del ciclo del programa de cooperación técnica) donde se recoge toda la información del ciclo de vida de los proyectos.

Estas base de datos permitieron también clasificar la información por áreas temáticas dando como resultados la identificación de aquellas donde es más fuerte el liderazgo de la mujer. Dejando definidas la brecha de género. Aporte importante para la estrategia a seguir por el WiN Cuba.

En el caso de las publicaciones el trabajo se soportó en un artículo publicado en la pasada jornada científica “Mujer en lo Nuclear” titulado “Revista Nucleus: análisis métrico sobre la producción científica de la mujer durante el periodo 2010-2020. [4]. Este trabajo hace un análisis de 10 años el cual tuvo que ser completado para el periodo de estudio previsto.

El acceso al INIS y el trabajo minucioso de revisión por años completó el levantamiento de las publicaciones conformándose la base de datos para el periodo en ambas publicaciones.

Los premios a los resultados científicos fueron obtenidos de la base de datos del programa PNOULO, así como de las comunicaciones oficiales emitidas por el OIEA.

Con todo lo anterior se conformó la base de datos que sirvió de soporte para los análisis realizados en este trabajo.

Análisis y discusión de los resultados

A partir del análisis de la base de datos obtenida para este trabajo se obtuvieron los siguientes resultados:



Figura 2. Comportamiento del liderazgo femenino dentro del PNOULO.

Dentro del programa sectorial NOULO, se puede constatar en el figura 2, como a pesar de existir ciertos periodo en los decae, la tendencia del liderazgo de la mujer dentro de los proyectos es creciente aunque no estable en su comportamiento.

El análisis del comportamiento en los proyectos de cooperación técnica con el OIEA, reflejados en la figura 3, mostró un comportamiento diferente, presentando un pico que comenzó en el 2006 y que tuvo una caída en el 2014.

Este comportamiento estuvo provocado por el solapamiento de proyectos de varios ciclos que se produjo en este periodo y que concluyó en el ciclo 2012-2013 cuando el OIEA logro cerrar los proyectos que venían de ciclos anteriores.

Si se observa los primeros años del análisis entre el 2000 y el 2006, el comportamiento es similar, lo que está en correspondencia con el comportamiento que deben tener y tienen, los proyectos. Hay que recordar que los proyectos internacionales son un complemento a los proyectos de los programas de ciencia e innovación del país.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y el comportamiento que revelan las figuras se puede concluir que a partir del 2006 el liderazgo de las mujeres en los proyectos de programas implementados por el país y los proyectos internacionales no está en correspondencia. Es esta una alerta para el WiN Cuba con el objetivo de trabajar en preparar a las mujeres para que asuman más el liderazgo de proyectos internacionales en general y en particular de cooperación técnica con el OIEA.

Cabe destacar, que un comportamiento similar al del periodo 2006-2014 debe presentarse en el periodo 2020-2023 derivado de los atrasados en la implementación provocados por la situación epidemiológica impuesta por la pandemia de COVID-19.



Figura 3. Comportamiento del liderazgo femenino en proyectos con el OIEA.

Del análisis realizado se pudo determinar también el impacto por áreas temáticas del liderazgo femenino en los proyectos de cooperación técnica. Como se refleja en la figura 4, las áreas de gestión y medio ambiente son las más beneficiadas en este sentido.

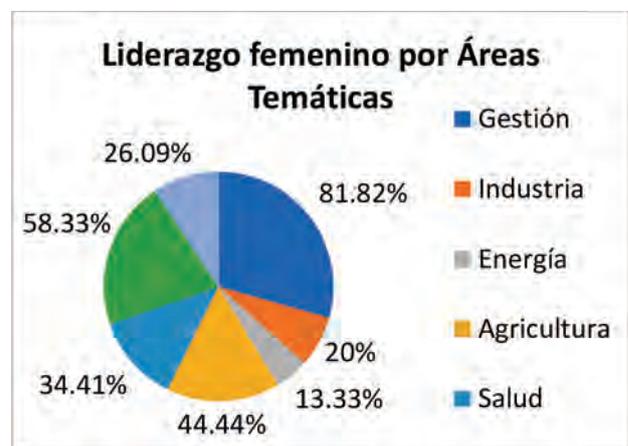


Figura 4. Liderazgo femenino por áreas temáticas en proyectos OIEA.

En el caso del área de gestión es una tendencia mundial que predomine el liderazgo femenino, áreas como la gestión de información, la comunicación y el conocimiento históricamente han sido beneficiadas siempre de la presencia femenina y por tanto pioneras en el liderazgo femenino. En el área de medio ambiente en los últimos años ha sido también una característica en nuestro país que predomine el liderazgo femenino en los proyectos.

Llama la atención el área de salud humana, que siendo la primera prioridad del país para la cooperación técnica con el OIEA desde hace ya varios ciclo y que tiene además el mayor número de trabajadores ocupacionalmente expuestos en el país y el 53% de ellos son mujeres sin embargo, el liderazgo femenino no está en correspondencia con ello ocupando sólo el 34,41% como se refleja en el figura 4.

Este aspecto es una brecha importante para el trabajo del capítulo nacional del WiN para tener en cuenta a la hora de trazar estrategias de empoderamiento, y que tiene un impacto importante para el país.

El análisis del liderazgo femenino en las publicaciones resultó bien interesante como se muestra en el figura 5. En el caso de las entradas al sistema INIS se

puede apreciar que en el periodo 2000 al 2006 hay un crecimiento exponencial que se mantiene de forma general estable hasta el 2012.

A partir de este año se presenta un pico negativo que vuelve a estabilizar su crecimiento a partir del 2015. En este comportamiento hay que tener en cuenta que puede estar falseado por la capacidad del centro INIS del país para recopilar todas las publicaciones, es decir de las entradas realizadas se obtiene este comportamiento pero no necesariamente las entradas abarcan toda la producción en ese periodo, no obstante el análisis aporta aspectos importantes a tener en cuenta.

En los últimos 7 años se produce un crecimiento paulatino que se empieza a estabilizar en los años de la pandemia y que debe seguir creciendo como consecuencia de ese período.



Figura 5. Liderazgo femenino en las publicaciones.

De este análisis se obtiene también una brecha para la estrategia del WiN Cuba, basada en el hecho de que la contribución a la base de publicaciones INIS puede enriquecerse con los trabajos que se presentan a la jornada científica que realiza el WiN Cuba y que cada año está aumentando el número de trabajos que se presentan, lo que se debe seguir fortaleciendo en las próximas convocatorias.

Para el análisis de las publicaciones en la revista Nucleus, se tuvieron en cuenta los últimos 12 años a partir de su reestructuración. Como se puede apreciar en el comportamiento mostrado en la figura 5 existe un mayor porcentaje de mujeres como autoras principales de los trabajos pero con un comportamiento más inestable lo que está dado en gran medida por la selección de los temas a los cuales se dedican los números de la revista.

En este sentido el WiN Cuba ha tomado acciones y desde hace 2 años se ha logrado un acuerdo para dedicar un número de la revista a los trabajos de la jornada científica del capítulo. Este año además el acuerdo ha sido ampliado para que los trabajos que no sean publicados en ese número se incorporen al colchón de publicaciones de la revista.

Un último indicador que se tuvo en cuenta en el trabajo fueron los premios vinculados al sector nuclear, otorgados anualmente por la Agencia de Energía Nu-

clear y Tecnologías de Avanzadas (AENTA) en diferentes categorías de acuerdo a su impacto y cuyo comportamiento se muestra en la figura 6.

El liderazgo femenino en los premios AENTA es un reflejo de los indicadores anteriores, fundamentalmente de los proyectos tanto de ciencia innovación como de cooperación técnica pues ellos son el resultado mayormente del trabajo científico desarrollado en el marco de los mismos.

Como se refleja en el figura 6 la tendencia es creciente, y a partir del 2016 se muestra un crecimiento sostenido que alcanza un pico en el 2020.

En este aspecto hay que tener en cuenta que la situación epidemiológica impuesta por la pandemia, afectó las actividades previstas en los marcos de los proyectos, muchas tuvieron que ser rediseñadas, aplazadas o suspendidas y por supuesto esto impactó en los resultados desplazándolos en el tiempo, lo que prevé que con un ligero desplazamiento en el tiempo se mantenga ese crecimiento.

En este aspecto el WiN Cuba también ha realizado acciones concretas implementando este año por primera vez el Premio WiN Cuba al resultado científico destacado, con el objetivo de motivar a sus miembros a exponer los resultados de su trabajo y reconocer el quehacer científico de sus miembros.



Figura 6. Liderazgo femenino en los premios AENTA.

Conclusiones

Al concluir este trabajo se pudo constatar que el liderazgo femenino dentro de las aplicaciones nucleares y radiológicas en sentido general tiene una tendencia creciente en las actividades de ciencia y tecnología como resultado de su participación en los proyectos que ha permitido un empoderamiento técnico fortaleciendo sus capacidades no sólo en su aplicación nuclear y/o radiológica sino también en temas de gestión lo que ha conllevado a que cada vez más las féminas del sector sean reconocidas como líderes dentro de los proyectos que se implementan.

Otra conclusión importante es la relacionada con las áreas temáticas, donde el liderazgo femenino no está en correspondencia con las prioridades temáticas del país a pesar del potencial que tienen en cantidad de mujeres

y en las capacidades técnicas que poseen, constituyendo una brecha para el trabajo del WiN Cuba. En este aspecto también hay que trabajar en darles visibilidad a muchas féminas que trabajan desde el anonimato con un alto nivel científico.

El impacto de la pandemia de covid 19 influyó en todos los indicadores analizados pero no siempre de manera negativa ejemplo de ello es el caso de las publicaciones donde se nota un crecimiento, lo que demuestra la resiliencia de nuestras mujeres ante los cambios que impone la vida.

Recomendaciones

Como recomendación de éste trabajo se propone realizar un estudio mucho más amplio que incluyan otros indicadores que se identifiquen y que tenga como punto de partida la academia con el número de graduadas en carreras de especialidades nucleares.

Referencias bibliográficas

- [1]. LAGARDE M. Identidad de género y derechos humanos: la construcción de las humanas. En: Guzmán Stein, Laura y Pacheco Oreamuno, Gilda (comps.) Estudios básicos de derechos humanos IV. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Derechos Humanos, 1996. p: 85-126.
- [2]. FERNÁNDEZ RIUZ L. Roles de género y mujeres académicas [artículo en línea]. Ciencias sociales. 2000; 88: 63-75. [consulta: 07/2021]. Disponible en: <https://investigacion.cephcis.unam.mx/generoyrsociales/wp-content/uploads/2015/01/Roles-de-genero-y-ujeres-academicas.compressed.compressed-1.pdf>
- [3]. VALDÉS G & ELÍAS-HARDY LL. La formación de profesionales nucleares y su contribución al desarrollo de La Habana. Nucleus. 2019; (66): 66-71.
- [4]. AMADO PICASSO MJ & MARTÍNEZ PLASCENCIA A. Revista Nucleus: análisis métricosobre la producción científica de la mujer durante el período 2010-2020. Nucleus. 2022; (70): 15-18.

Recibido: 12 de julio de 2023

Aceptado: 15 de julio de 2023

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización, ni la comunicación del presente trabajo.

Credit / Conceptualización: Berta García Rodríguez, Ramón L. Rodríguez Cardona. **Curación de datos:** Berta García Rodríguez, Ramón L. Rodríguez Cardona. **Análisis formal:** Berta García Rodríguez, Ramón L. Rodríguez Cardona. **Adquisición de fondos:** Berta García Rodríguez. **Investigación:** Berta García Rodríguez, Ramón L. Rodríguez Cardona. **Metodología:** Berta García Rodríguez, Ramón L. Rodríguez Cardona. **Administración de proyecto:** Berta García Rodríguez. **Recursos:** Berta García Rodríguez. **Supervisión:** Berta García Rodríguez. **Visualización:** Berta García Rodríguez. **Redacción – borrador original:** Berta García Rodríguez. **Redacción – revisión y edición:** Berta García Rodríguez.

25 años contribuyendo al desarrollo de competencias en protección radiológica

 Ailza Castro Soler,  Niurka González Rodríguez,  Dayana Ramos Machado

Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), La Habana, Cuba
ailza@cphr.edu.cu

Resumen

El proceso de capacitación y entrenamiento en protección radiológica ha implicado el esfuerzo para desarrollar las competencias técnicas como parte de una Estrategia Nacional. El Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) ha realizado acciones encaminadas a la formación y preparación de los Oficiales de Protección Radiológica (OPR); así como del personal directa o indirectamente relacionado con la seguridad de las prácticas. Desde el año 1998 se ha desarrollado anualmente el "Curso Nacional Fundamentos de Protección Radiológica para OPR". Este curso es teórico-práctico, con carácter presencial, aborda la temática de la protección radiológica de manera integral y tributa al proceso de certificación y licenciamiento individual. Además, han sido diseñados e implementados cursos especializados de protección radiológica para la industria y la medicina; que han respondido a la demanda de capacitación y entrenamiento de todas las categorías ocupacionales de las prácticas existentes. Estos cursos no tienen un carácter académico y su objetivo es contribuir a crear competencias técnicas y conductuales en el personal involucrado en la seguridad y la protección radiológica en las instalaciones. Su diseño modular abarca la temática de la protección radiológica de lo general a lo específico, teniendo en cuenta los requisitos de las guías de seguridad de las prácticas. En este trabajo se presentan los resultados de 25 años, donde alrededor de 2000 personas han sido capacitadas, contribuyendo así al manejo seguro de las fuentes y equipos generadores de radiaciones ionizantes y al control de la exposición ocupacional, médica y del público.

Palabras clave: protección contra las radiaciones, normas de seguridad, aprendizaje, entrenamiento.

25 years contributing to the development of competences in radiological protection

Abstract

The process of training and training in radiation protection has implied the effort to develop technical competencies as part of a national strategy. The Radiation Protection and Hygiene Center has carried out actions aimed at the training and preparation of Radiological Protection Officer (OPR); as well as personnel directly related to the safety of the practices. Since 1998, the "National Fundamentals of Radiological Protection Course for OPR" has been developed annually. This course is theoretical-practical, classroom course, addresses the issue of radiological protection in a comprehensive manner and pays tribute to the individual certification and licensing process. In addition, specialized courses on radiological protection for industry and medicine have been designed and implemented; that have responded to the demand for training of all occupational categories of existing practices. These courses are not academic and their objective is to help create technical and behavioral skills in the personnel involved in safety and radiation protection at the facilities. Its modular design covers the subject of radiological protection from the general to the specific, taking into account the requirements of the practice safety guides. This paper presents the results of 25 years; where around 2000 people have been trained, thus contributing to the safe management of sources and equipment generating ionizing radiation and to the control of occupational, medical and public exposure.

Key words: radiation protection, safety standards, learning, training.

Introducción

En las aplicaciones nucleares el factor humano juega un papel primordial en la seguridad, siendo el actuar del hombre la principal causa de los accidentes y sus consecuencias negativas. Es por ello que las personas responsables de la seguridad de las prácticas deben conocer y comprender los temas relacionados con la protección radiológica y estar familiarizados con el uso seguro de las fuentes de radiación; cumpliendo los requisitos de formación general y especializada necesarios para desempeñar las funciones inherentes a las categorías ocupacionales.

En Cuba el uso de fuentes y equipos emisores de radiaciones ionizantes está ampliamente difundido en la industria, la medicina, la investigación y la docencia. Todas las prácticas se desarrollan bajo estrictas condiciones de seguridad establecidas por el marco regulador nacional en la materia, en concordancia con las Normas Internacionales de Seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

El marco regulador para la seguridad radiológica está formado fundamentalmente por el Decreto-Ley “Sobre el Uso de la Energía Nuclear”, el “Reglamento de las Normas Básicas de Seguridad”, el “Reglamento para la selección, capacitación y autorización del personal que labore en prácticas relacionadas con el uso de radiaciones ionizantes” y por resoluciones que ponen en vigor las Guías de Seguridad para la mayor cantidad de prácticas en el país. Dichos documentos establecen los requisitos de cualificación requeridos para satisfacer criterios específicos de ejecución de los trabajos y de capacitación; que varían en correspondencia con los cargos, funciones inherentes y el nivel de responsabilidad en cuanto a la seguridad de la práctica.

Los directores de las entidades, máximos responsables de la seguridad de las prácticas, deben garantizar la capacitación inicial y continua del personal; con recursos y medios organizacionales; no siempre disponibles o con la asesoría de expertos cualificados. El centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) ha desarrollado por más de dos décadas acciones sistemáticas para dar respuesta a esta problemática, desarrollando talleres y asesorías en Programas de Protección Radiológica de numerosas entidades del país, que incluyen la capacitación especializada de sus trabajadores. De conjunto con especialistas de otros centros, ha organizado anualmente cursos nacionales de protección radiológica dirigidos a los Oficiales de Protección Radiológica (OPR) de las instalaciones. Se ha trabajado además en el diseño y la implementación de acciones de capacitación para otras categorías ocupacionales, contribuyendo a fomentar la Cultura de Seguridad en todas las prácticas. La Dirección de Seguridad Nuclear (DSN) ha reconocido la competencia técnica del CPHR como proveedor de servicios de cursos de protección radiológica que tributan al proceso de licenciamiento individual del personal.

En este trabajo se presenta la labor desarrollada a lo largo de 25 años, expresada a través de las experiencias y resultados del “Curso Nacional Fundamentos de Pro-

tección Radiológica”; así como de los cursos especializados diseñados e implementados para responder a las necesidades de capacitación identificadas por el Comité de Educación y Capacitación en Protección Radiológica. Las acciones desarrolladas han contribuido a la creación de competencias y al cumplimiento de los requisitos de formación establecidos por las normativas nacionales.

Materiales y métodos

El CPHR forma parte de la estructura nacional para la capacitación en protección radiológica; como prestador de servicios comenzó las primeras acciones en la década del 90, desarrollando cursos anuales para contribuir a la difusión de conocimientos sobre la protección y seguridad radiológica en el país. Estos estuvieron dirigidos a los profesionales de las instituciones vinculadas al empleo de fuentes de radiaciones ionizantes, siendo parte del proceso de capacitación requerido para la certificación de los OPR. El curso “Fundamentos de Protección Radiológica” fue diseñado en correspondencia con los requisitos de formación para esta categoría ocupacional, abordando los temas necesarios en función de las competencias en protección y seguridad radiológica de la misma.

Con una duración de dos semanas y 80 horas lectivas era convocado para el mes de abril todos los años, hasta que en el 2010 comenzaron a realizarse dos ediciones anuales; dando respuesta a la creciente demanda nacional. Con actividades teórico-prácticas, fue concebido con carácter presencial y su programa incluía conferencias, presentaciones especiales, clases prácticas, talleres, visitas técnicas a instalaciones y exámenes parciales y finales para evaluar el desempeño de los estudiantes. Su contenido abarcaba temas fundamentales para la comprensión básica del rol del OPR, los principios de protección y seguridad radiológica, el sistema internacional de la protección radiológica y el marco regulador nacional para la protección radiológica y la seguridad de las fuentes de radiación. La segunda semana se dedicaba al módulo específico que permitía a los participantes adquirir conocimientos acerca del equipamiento, los procedimientos operacionales, los riesgos potenciales y la gestión de la protección radiológica relacionados con sus prácticas.

Como material didáctico para el curso fue elaborado el libro de texto titulado “Protección Radiológica en la Aplicación de las Técnicas Nucleares” por especialistas del CPHR y del Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN). Su primera edición fue en el 1998 y la segunda en el 2002. Este material y las conferencias han sido revisados y actualizados periódicamente, considerando la inclusión de las modificaciones en las normativas nacionales e internacionales.

Este curso no sería suficiente para satisfacer la necesidad de crear competencias para todas las categorías ocupacionales relacionadas con las prácticas. Aunque su contenido incluía aspectos generales de la protección y seguridad radiológica, no abarcaba los requisitos específicos (administrativos, de gestión, técnicos y

de verificación) de cada una de ellas. Por otra parte, la “Estrategia Nacional para crear Competencias en Protección y Seguridad Radiológica” [1], había identificado un conjunto de prácticas, carentes de proveedores de cursos que respondieran a los requisitos de formación del personal en protección radiológica establecidos por las guías de seguridad nacionales o por normativas internacionales.

Teniendo en cuenta estas razones fueron diseñados cursos especializados para la industria y para las aplicaciones médicas. Estos fueron estructurados de forma modular, incluyendo aspectos generales y específicos con el alcance correspondiente a las funciones y responsabilidades de las personas a capacitar; y a los requisitos de cualificación y calificación definidos para cada una de las prácticas.

El programa de estos cursos fue concebido para que se ajustara a las condiciones de la entidad solicitante del servicio, propiciando la asistencia de su personal.

Al igual que el curso “Fundamentos en Protección Radiológica”, estos tuvieron un carácter presencial, teórico-práctico e incluyeron conferencias, clases prácticas, talleres y evaluaciones a través de seminarios o exámenes escritos con preguntas de respuestas breves y selección múltiple.

Resultados y discusión

Curso “Fundamentos de Protección Radiológica”

Desde la implementación del curso nacional “Fundamentos de Protección Radiológica” a la fecha han sido realizadas 34 ediciones, con 797 participantes provenientes de todas las prácticas autorizadas en el país. Además de los OPR, han asistido operadores, especialistas, directivos y personal indirectamente relacionado con la seguridad de las prácticas como especialistas en Seguridad y Salud Laboral (SSL) y en Gestión de la Calidad.

En la figura 1 puede apreciarse la cantidad de participantes por cursos realizados, con una tendencia

gradual creciente a partir del año 2001. Esta estuvo motivada por el Reconocimiento de Competencias del curso por parte de la Autoridad Reguladora y su labor de promoción y exigencia. También se muestra que a partir del 2010 han sido convocadas dos ediciones anuales.

Durante la pandemia de COVID 19 no pudieron realizarse las ediciones correspondientes al 2020 y primer semestre de 2021, reanudándose a finales de este con un número menor de asistentes que en ediciones anteriores; indicador que ha ido recuperándose paulatinamente.

La figura 2 muestra que más del 50 % de los participantes ha sido proveniente de la industria y el 33 % de las aplicaciones médicas. Llama la atención este comportamiento, teniendo en cuenta que estas últimas tienen un mayor aporte a la dosis colectiva e involucran a un mayor número de trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) y entidades en el país. Dentro de ellas las menos representadas han sido el radiodiagnóstico médico y los procedimientos intervencionistas guiados por imágenes que implican niveles de exposición considerable para el personal que los realiza; por lo que la necesidad de capacitación y la cultura de seguridad deben ser mayores.

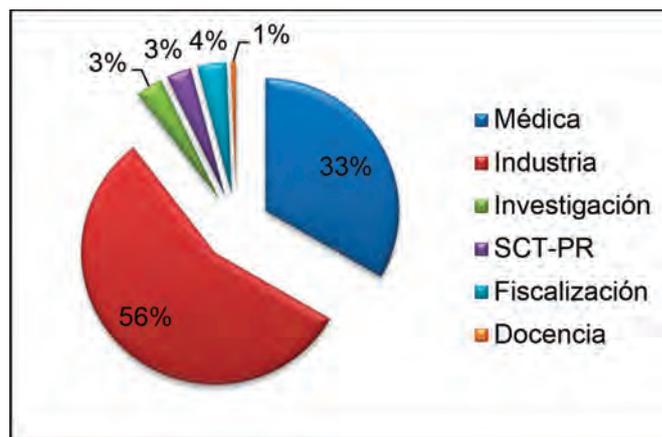


Figura 2. Distribución de participantes por prácticas en los cursos nacionales “Fundamentos de Protección Radiológica”.

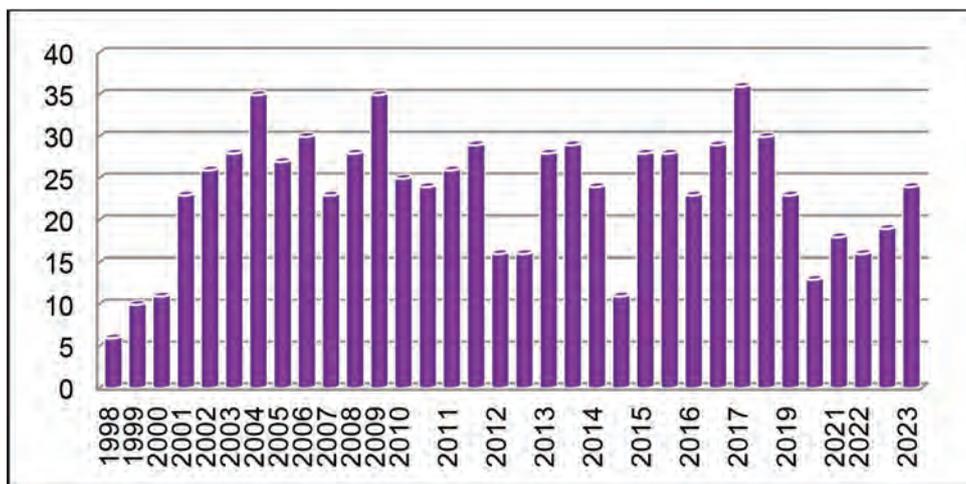


Figura 1. Participantes en las ediciones del curso nacional “Fundamentos de Protección Radiológica”.

En la misma figura también se observa una menor presencia del personal vinculado a las aplicaciones nucleares en la investigación, la docencia y los servicios científico-técnicos para la protección radiológica (SCT-PR); lo cual guarda relación con un menor número de entidades y TOE en estos sectores.

Los resultados alcanzados por los estudiantes han sido evaluados como satisfactorios, con el 98.1 % del total de participantes aprobados, indicador de buen aprovechamiento de los conocimientos impartidos. Las encuestas aplicadas al concluir cada edición han mostrado el alto nivel de satisfacción en cuanto a la calidad de las conferencias y ejercicios prácticos, la calidad de los materiales didácticos a disposición de los estudiantes, la utilidad del curso para la labor que realizan los participantes, entre otros. Los aspectos positivos y negativos reflejados en las mismas han propiciado la introducción de mejoras al proceso docente-educativo.

El curso “Fundamentos de Protección Radiológica” ha mantenido el Reconocimiento de Competencias otorgado por la DSN, dando cumplimiento a los requisitos establecidos en las normativas nacionales [2].

Cursos Especializados de Protección Radiológica

En el período del 2000 al 2012 el Servicio de Asesoría en Protección Radiológica del CPHR brindó entrenamientos y capacitaciones al personal de las entidades como parte de las asesorías para desarrollar los Programas de Protección Radiológica. En estas participaron 91 TOE de las prácticas de medidores nucleares (estacionarios y portátiles) y radiografía industrial.

En igual período los especialistas del centro brindaron sus experiencias en países de la región como Costa Rica, donde se capacitaron 43 TOE de instituciones de salud y la República Bolivariana de Venezuela entre el 2007 al 2015 con la participación de 846 TOE de la práctica médica.

Han sido diseñados los siguientes cursos especializados de protección radiológica:

Para el personal de las prácticas médicas:

- Técnicos de Medicina Nuclear y Radiofarmacia (40 horas lectivas).
- Jefes de servicios y médicos de Medicina Nuclear (60 horas lectivas).
- Operadores, directivos, personal auxiliar de Radiología Intervencionista (40 horas lectivas).
- Operadores, directivos, personal auxiliar de Radiología Diagnóstica (40 horas lectivas).
- Jefes de servicios y médicos de Radiología Diagnóstica e Intervencionismo (60 horas lectivas).

Para operadores, auxiliares, directivos, especialistas de Seguridad y Salud Laboral (SSL) de las prácticas industriales:

- Rayos X fijos con fines analíticos (40 horas lectivas).
- Aceleradores para el Control Aduanal (80 horas lectivas).

- Medidores Nucleares (40 horas lectivas).
- Radiografía Industrial (40 horas lectivas).
- Irradiadores Industriales (80 horas lectivas).

Del 2016 hasta la fecha se han realizado 9 cursos en entidades vinculadas a las aplicaciones industriales y 6 en instituciones de salud. Como se ilustra en la figura 3 la cantidad de personas capacitadas y de cursos especializados demandados en las prácticas médicas continúa siendo menor que en las de industria.

Las mediciones se realizaron principalmente cerca del mediodía, ya que autores consultados [22] muestran que la mayoría de los hongos detectados en el aire de La Habana muestran un patrón diurno, con el mayor pico previo al mediodía.

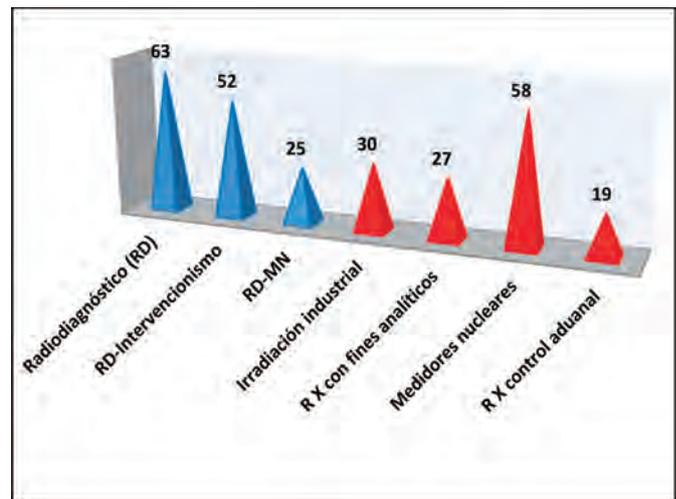


Figura 3. Personal capacitado en los cursos especializados.

El grupo de cursos especializados para las aplicaciones industriales recibió el Reconocimiento de Competencias del servicio Cursos en materia de Protección Radiológica, otorgado en este año por la DSN. Esta condición permite a los participantes demostrar el cumplimiento de los requisitos de formación requeridos para el licenciamiento individual de las categorías ocupacionales que lo requieran.

Conclusiones

El CPHR ha desarrollado una labor permanente y sostenible de capacitación y entrenamiento, contribuyendo a la formación de recursos humanos competentes en protección y seguridad radiológica.

Más de 1200 personas han sido capacitadas a través del curso nacional “Fundamentos de Protección Radiológica” y los cursos especializados.

La DSN ha reconocido la competencia técnica del CPHR como proveedor de los servicios de cursos en materia de seguridad y protección radiológica.

Los cursos han tributado al proceso de licenciamiento individual; respondiendo a los requisitos de formación para las categorías ocupacionales establecidas en las guías de seguridad de las prácticas.

La participación en las acciones de capacitación del personal vinculado a las prácticas médicas ha sido

insuficiente para garantizar la competencia en protección radiológica requerida en las mismas.

Recomendaciones

Integrar los cursos especializados a los programas de capacitación y entrenamiento de las entidades, fundamentalmente en las aplicaciones médicas.

Mantener los vínculos de trabajo con las entidades proveedoras de cursos en materia de protección radiológica del país.

Continuar diseñando cursos especializados para las prácticas que no cuentan con proveedores de este servicio.

Referencias bibliográficas

- [1]. Estrategia Nacional para crear Competencias en Protección y Seguridad Radiológica. 2015 – 2020.
- [2]. Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN). Guía para el reconocimiento de competencias de los Servicios de Cursos en materia de Protección Radiológica. Resolución Nro. 19/2012-CITMA. Revisión 00/12, 2013.

Recibido: 12 de julio de 2023

Aceptado: 15 de julio de 2023

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización, ni la comunicación del presente trabajo.

Credit / Conceptualización: Ailza Castro Soler, Niurka González Rodríguez, Dayana Ramos Machado. **Curación de datos:** Ailza Castro Soler. **Análisis formal:** Ailza Castro Soler. **Investigación:** Ailza Castro Soler. **Metodología:** Ailza Castro Soler. **Administración de proyecto:** Ailza Castro Soler. **Recursos:** Ailza Castro Soler. **Supervisión:** Ailza Castro Soler. **Visualización:** Ailza Castro Soler. **Redacción – borrador original:** Ailza Castro Soler. **Redacción – revisión y edición:** Ailza Castro Soler.

Criterios para reconocer a un experto en ciencia y tecnología para el sector nuclear

 Lidia Lauren Elías Hardy

Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de La Habana, Cuba
lauren@instec.cu

Resumen

Actualmente, uno de los problemas en el mundo lo constituye la preservación del conocimiento para las generaciones futuras pues la información crece vertiginosamente como resultado del desarrollo de la ciencia y la tecnología. En el caso de la actividad nuclear, las experiencias científicas y tecnológicas acumuladas deben ser preservadas considerando las aplicaciones de la energía nuclear en diferentes esferas de la actividad humana para lo que es necesario, entre otras acciones, conocer los expertos en diferentes temáticas. Se presenta un estudio realizado para conocer los criterios que profesionales del sector nuclear cubano consideran deben tenerse en cuenta para seleccionar a una persona como experto en el área de las ciencias y tecnología nucleares. Se aplicó el método Delphi obteniéndose como resultado que los años de experiencia, las publicaciones y la participación en eventos científicos relacionados con el tema de experticia y el grado científico son los criterios más aceptados.

Palabras clave: gestión del conocimiento; método Delphi; Cuba; ingeniería nuclear; personal científico.

Criteria to recognize an expert in science and technology for the nuclear sector

Abstract

Nowadays, the preservation of knowledge for the future generations is one of the problems in the world because the information is increasing fast as a result of the development of science and technology. In the case of the nuclear activity, the scientific and technological accumulated experiences should be preserved taking into consideration the new applications of the nuclear energy in different sectors of the human activity. For this, it is necessary to know the experts who work on different topics. This paper presents a performed study to obtain criterions from Cuban nuclear professionals about the conditions and principles to take into consideration for the selection of an expert in nuclear sciences and technologies. Applying Delphi method, it was obtained that years of experience, publications, participation in scientific events and scientific degree are more accepted criterions.

Key words: knowledge management; Delphi method; Cuba; nuclear engineering; scientific personnel.

Introducción

Especial atención presta el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) a las actividades relacionadas con la preservación del conocimiento nuclear y su transferencia a las nuevas generaciones. Este organismo recomienda promover y apoyar el sistema de gestión del conocimiento nuclear como una oportunidad primaria para alcanzar una ventaja competitiva y mantener un alto nivel de seguridad. Asimismo, reconoce que la preservación del conocimiento nuclear es vital para la utilización continua y expandida de todas las tecnologías nucleares con fines pacíficos [1].

La gestión del conocimiento nuclear (GCN) no es una actividad nueva para el OIEA ni para sus estados

miembros. En octubre de 2003, se publicó por este organismo un material de trabajo, donde se plantea que el OIEA “ha sido siempre una organización basada en conocimiento y encargado de servir y promover el uso pacífico de la ciencia y la tecnología nuclear” [2]. Asimismo, se planteó que la pérdida de la experticia nuclear podía afectar negativamente el potencial futuro de aplicar las técnicas y métodos nucleares en áreas importantes tales como la medicina, la agricultura, la hidrología y la preservación de alimentos, especialmente en los países en desarrollo [2].

El tema de la gestión del conocimiento ha sido tratado por el OIEA y sus estados miembros que definen el conocimiento nuclear como el conocimiento específico o relevante relacionado con las actividades nucleares

[2-3]. Este conocimiento nuclear es propio de diferentes organizaciones en todos los niveles, tales como: gobiernos, organizaciones reguladoras, diseñadoras, vendedoras, operadoras, proveedoras, consultoras, instituciones académicas y entrenadoras, organizaciones de investigación y desarrollo, así como el público en general, las organizaciones no gubernamentales e internacionales [3].

Por otra parte, la GCN es definida como un enfoque integrado y sistemático aplicado a todas las etapas del ciclo de conocimiento nuclear que incluye su identificación, compartición, protección, diseminación, preservación y transferencia. Afecta y está relacionado con la gestión de los recursos humanos, las tecnologías de la informática y la comunicación, procesos y enfoques de gestión, sistemas de gestión documental y estrategias corporativas y nacionales. [3]

Uno de los objetivos que tiene la gestión del conocimiento es responder a la pregunta ¿Quién sabe qué? para poder posteriormente planificar las actividades para la extracción del conocimiento tácito y conversión en explícito, necesario para el cumplimiento de los objetivos de la organización; también para planificar la creación de grupos de trabajo, actividades de socialización del conocimiento, de formación de las personas, entre otras. Para cumplir este objetivo, es necesario identificar a las personas, conocimientos, habilidades, competencias que las caracterizan; captar y seleccionar el personal para lograr cumplir los objetivos y la misión de la organización; planificar su formación; facilitar las condiciones para lograr un clima laboral favorable al desarrollo de la creatividad, la innovación, y la solución de problemas. Por tanto, se hace necesario establecer los criterios que permitan seleccionar aquellas personas que pueden ser consideradas expertas en un tema determinado.

En consecuencia, esta contribución tiene como finalidad presentar los resultados obtenidos en un estudio realizado para determinar los criterios más aceptados por profesionales que trabajan en el sector nuclear para considerar y seleccionar una persona como experto en el área de las ciencias y tecnologías nucleares.

Métodos

¿Qué es un experto? El diccionario de la Real Academia define un experto como un perito. Por otra parte, el diccionario de idioma inglés Webster (1976) lo define como aquella persona que ha adquirido una habilidad o un conocimiento especial de asuntos particulares a través del entrenamiento profesional y la experiencia práctica [4].

En la literatura científica aparecen publicados algunos conceptos que definen a un experto como “aquel participante que realiza su trabajo teórico-práctico cotidiano con eficiencia y resultados exitosos y que con su experiencia es capaz de enriquecer las ciencias fundamentales que la respaldan [5]; “profesional que posee un alto grado de conocimientos y experiencia sobre una problemática...porque se ha dedicado a la investigación...o porque en su experiencia profesional

ha tenido que enfrentarla o resolverla” [6]; “individuo en sí...un grupo de personas u organizaciones capaces de ofrecer valorizaciones conclusivas de un problema en cuestión y hacer recomendaciones respecto a sus momentos fundamentales con un máximo de competencia” [6]. Un equipo de investigadores que realizó un estudio en el Centro de Neurociencias de Cuba sobre gestión de la formación y desarrollo de expertos en esa organización definió que “un experto es un profesional de alto nivel con reconocida experticia en un área determinada, poseedor de un sistema de conocimientos actualizados, habilidades, hábitos, valores, que le permiten resolver problemas, producir, concebir, juzgar y liderar proyectos, estrategias y tecnologías, participar en la formación de otras categorías de personal y sus resultados y contribuciones dentro y fuera de los límites de su organización prestigian y dan visibilidad, proyección y reconocimiento a la propia institución en la que labora” [7].

Como se observa en los conceptos arriba presentados la definición de si una persona es experta o no en una temática o actividad se realiza a partir de criterios diversos que dependen de varios factores como son fundamentalmente el tipo de actividad que realiza, los años de trabajo en la temática o actividad, los resultados obtenidos, entre otros aspectos. Por otra parte, también incide en el establecimiento de los criterios, el objetivo para el cual está siendo seleccionado el experto.

Es por ello que se hace necesario identificar los criterios más comunes utilizados por las personas, que trabajan en el área de la ciencia y la innovación tecnológica, para la selección de expertos. La determinación de los criterios se realizó a través de un estudio cuyo objetivo fue obtener los criterios necesarios para considerar una persona como experto en el área de las ciencias y tecnologías nucleares.

La determinación de los criterios comunes utilizados en la selección de expertos se realizó empleando el método Delphi de consulta a expertos, cuyo objetivo es la obtención de un resultado grupal que sea superior a la suma de las aportaciones que individualmente y sin interacción pudiesen haber realizado las personas consultadas. García y Fernández (2008) en su trabajo presentan el procedimiento para calcular la cantidad mínima a participar a partir de la interdependencia entre la cantidad de los expertos en el grupo y el error medio grupal. Estos autores concluyen que la cantidad óptima para la aplicación del método Delphi oscila entre 15 y 25 personas [8].

Otro aspecto a tener en cuenta para seleccionar a los participantes en el estudio Delphi además de la cantidad de personas es el requisito o los requisitos que deben cumplir, entre los que se citan: poseer experiencia en el tema tratado, capacidad de trabajo en equipo e independencia en los criterios de evaluación [6]; tener una experiencia laboral no menor de cinco años, ser reflexivo, saber defender sus puntos de vista, manifestar su voluntariedad en la participación como experto [8]; idoneidad en el sector, prestigio..., creatividad..., capa-

cidad de análisis y pensamiento lógico, seriedad, honestidad., sinceridad y responsabilidad [9].

Los requisitos considerados para seleccionar a los participantes en el estudio Delphi realizado fueron: tener diez años como mínimo de trayectoria laboral en la actividad fundamental de la persona, independencia en los criterios, ser reflexivo y manifestar su voluntad. El universo abarcó personas procedentes de centros cuyo objeto social está relacionado con el sector nuclear y sus aplicaciones y que realizan diferentes tipos de actividades (investigación-desarrollo, docencia, producción, comercialización, regulación) además, que hayan participado como expertos en diferentes ámbitos incluyendo el nacional e internacional.

La selección de las personas a participar en el estudio Delphi se realizó a través de una encuesta.

Se encuestaron un total de 51 personas que trabajan en centros que proceden de diferentes organismos: el 45,1 % de las personas procedían del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Citma), de ellos el 60,9 % de centros pertenecientes a la Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada (Aenta) y el 39,1 % de la Dirección de Seguridad Nuclear (DSN-ORSA); 47.1 % del Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (MES) y el 7,8 % de otros ministerios (Minsap y Minem).

El 43,14% de los participantes en la encuesta ostenta alguna categoría científica, de ellos el 45,4% son investigadores auxiliares y el 45,4 % son investigadores titulares. El 62,7 % tienen categoría docente con un 81,2 % de profesores auxiliares y titulares. El 58,8% de los participantes en la encuesta son doctores en ciencias específicas y 29,4 % máster en ciencias mientras que el resto se encuentra estudiando maestría o doctorado. El 75,6 % ha ocupado cargos de dirección durante su vida profesional.

Del total de personas que participaron en la encuesta, 50 han fungido como experto durante su vida profesional. De ellos 45,1 % en la actividad docente; 76,5% en la actividad científica; 25,5 % en la actividad reguladora; 29,4% en consultoría; 31,4 % en asesoría; 17,6% en la prestación de servicios. Trabajaron como experto en el ámbito institucional el 45,1 %; 58,8 % en el nivel ramal e internacional; 49,02 % en el nacional y en el resto de los ámbitos las cifras son no significativas. Por otra parte, 23 personas (45,1 %) han participado en procesos de selección de expertos, de ellos 82,6 % para la actividad científica.

El cuestionario aplicado en la primera fase del método Delphi estuvo compuesto por dos preguntas (la primera de desarrollo (abierta) y la segunda de multi-selección (cerrada)). En la primera pregunta se solicitó una explicación breve sobre qué es un experto. En la segunda pregunta el encuestado debió marcar los criterios que considera debe tenerse en cuenta para seleccionar a una persona como experto, a partir de diez criterios que propuso la autora (10 aspectos en total): años de experiencia; publicaciones sobre el tema de experticia vinculación de la formación postgraduada con el tema de experticia; participación en eventos sobre el tema de experticia; categoría científica; categoría docente; gra-

do científico; dirección de programas, proyectos, organizaciones y actividades relacionadas con el tema de experticia; participación como miembro de programas de ciencia e innovación tecnológica; y vinculación de la carrera universitaria con el tema de experticia.

En la segunda fase se solicitó que se asignara un peso a los diferentes aspectos presentados considerando una escala del 1 al 5, siendo 5 el peso máximo.

El procesamiento de las respuestas de los expertos fue realizado según el procedimiento siguiente:

Para la primera pregunta (abierta) del cuestionario aplicado en la primera fase:

1. Clasificación de las respuestas por agrupamiento o ilustración a partir de palabras claves determinadas por la autora.
2. Construcción de la tabla de frecuencias de acuerdo a las palabras claves determinadas.
3. Construcción del diagrama de frecuencias para determinar los criterios más importantes.

Para la segunda pregunta de la primera fase se construyó el diagrama de frecuencias.

Para el cuestionario aplicado en la segunda fase a partir de los resultados obtenidos en la primera fase:

1. Análisis de la fiabilidad del instrumento aplicado utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach.
2. Análisis de la estabilidad de la respuesta del grupo de personas participantes en el estudio utilizando la mediana y el rango intercuartílico.

El procesamiento de la información obtenida en los cuestionarios aplicados se realizó empleando el paquete de programas Sistema automatizado del Método de Consultas a Expertos desarrollado por Hurtado de Mendoza y Méndez (2007) y el paquete de programas profesional SPSS para Windows v. 21.

Resultados y discusión

El cuestionario fue enviado a las 51 personas seleccionadas para participar en el estudio y respondieron 33 encuestados para un 64,7 %. Los 33 participantes en el estudio obtuvieron un alto coeficiente de competencia K (9 con 0.8 y 24 con 0.9) por lo que sus respuestas a los cuestionarios aplicados fueron todas consideradas.

Se realizó el análisis de fiabilidad empleando el coeficiente alfa de Cronbach obteniéndose un valor de 0.7330 lo que demuestra la consistencia interna del instrumento empleado pues el valor se encuentra por encima de 0.7.

A partir de las respuestas ofrecidas a la pregunta 1: "Explique brevemente ¿qué es para Usted un experto?" se agruparon en 11 criterios para la definición de experto como: años de experiencia; prestigio en el tema (reconocido como autoridad, servir de referencia, autoridad demostrada, prestigio, alto nivel, ayudar en la toma de decisiones); publicaciones en el tema (publicaciones sistemáticas); amplio conocimiento del tema (conocimientos relevantes y en otras áreas cercanas, acumulados, profundos y no necesariamente profundos en temas colaterales, multidisciplinariedad, otros); conocimientos necesarios; principios éticos; posee habili-

dades (trazar estrategias, evaluar resultados, formación de personal, perfeccionamiento, transmitir conocimientos, acertar en la mayoría de sus juicios, emitir opinión y juicios adecuados, otros); proyectos desarrollados; asesoría; formación académica adecuada; resultados relevantes.

Se construyó un diagrama de frecuencias que arrojó que el 75.7% considera que un experto debe tener amplio conocimiento del tema, el 54.5 % muchos años de experiencia, el 45.4% poseer habilidades.

El 33.3 % consideró que un experto debía tener prestigio en el tema. El resto de los aspectos fue seleccionado solo por el 13.8% de los participantes y menos (figura 1).

La segunda pregunta “¿Qué aspectos Usted considera deben tenerse en cuenta para seleccionar una perso-

na como experto?” fue respondida por las 33 personas que participaron en el estudio. La figura 2 muestra que el 90% de los aspectos propuestos fueron seleccionados por más del 50% de los participantes y el 40% (4 aspectos) por más del 75% (años de experiencia (100%), publicaciones sobre el tema de experticia (93.9 %), vinculación de la formación postgraduada (84.8 %) y participación en eventos sobre el tema de experticia (78.8 %)) lo que demuestra el reconocimiento que los encuestados hacen sobre el tema de socialización del conocimiento. Resultó interesante que las categorías científicas y docentes, así como el grado científico, la dirección de programas, proyectos, organizaciones y actividades relacionadas con el tema de experticia y la participación como miembro de programas de ciencia e innovación tecnológica fueron seleccionados entre el

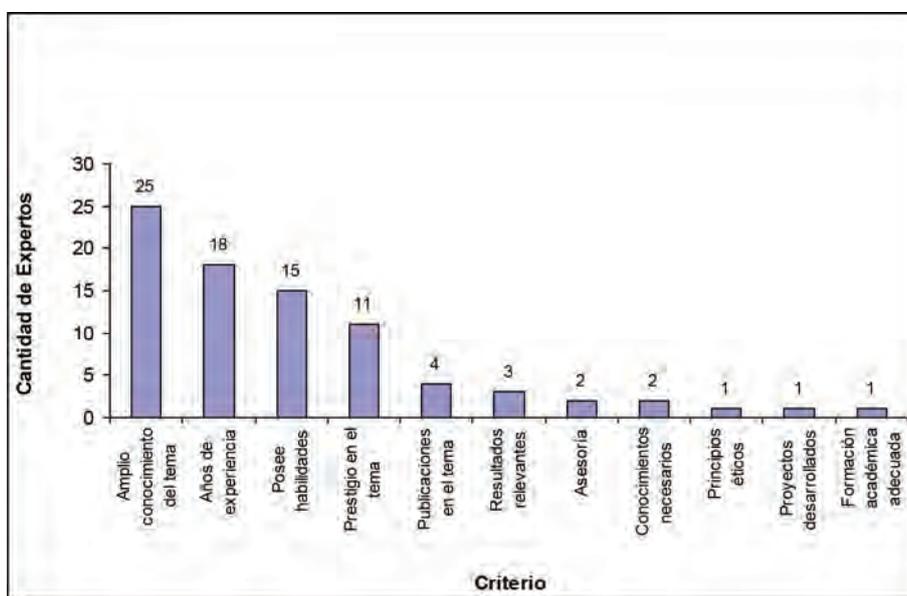


Figura 1. Diagrama de frecuencias de las respuestas a la pregunta ¿Qué es para Usted un experto?

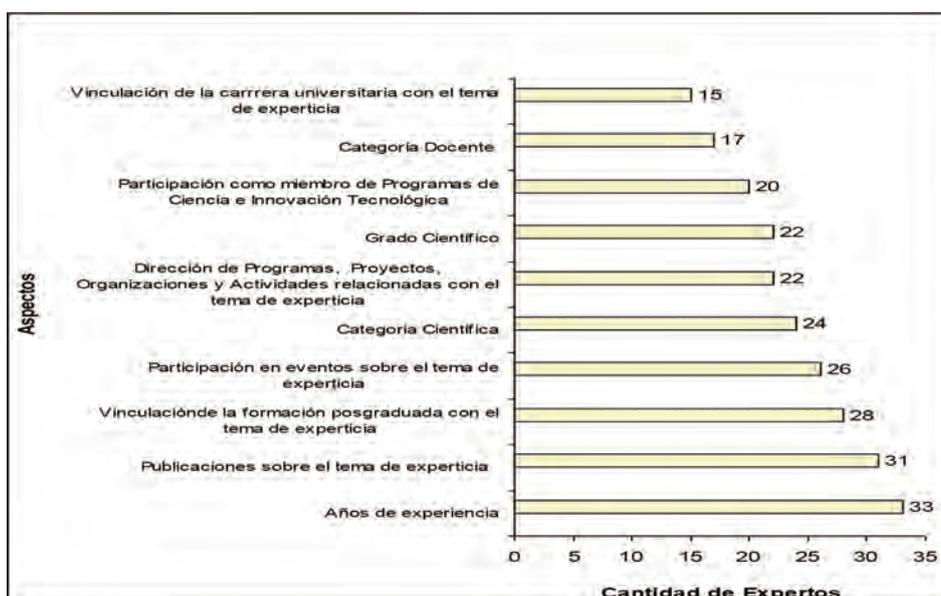


Figura 2. Diagrama de frecuencias de las respuestas a la pregunta “¿Qué aspectos Usted considera deben tenerse en cuenta para seleccionar una persona como experto?”.

50 y el 75% de los encuestados. La vinculación de la carrera universitaria con el tema de experticia fue el único aspecto que quedó por debajo del 50%.

En la segunda fase del estudio a pesar que el criterio Vinculación de la carrera universitaria con el tema de experticia fue seleccionado solo por el 45,4 % de los participantes, la autora decidió incluirlo en el cuestionario circulado. Las 33 personas que participaron en la primera fase respondieron el cuestionario. La pregunta que se respondió fue “Escriba el peso que Usted le daría a cada uno de los aspectos seleccionados considerando una escala del 1 al 5, siendo 5 el peso máximo”. La escala, del 1 al 5, empleada para la asignación de los pesos a los diferentes criterios corresponden de la forma siguiente: 5 – muy adecuado, 4 – bastante adecuado, 3 – adecuado, 2 – poco adecuado, 1 – inadecuado, 0 – no respuesta.

El análisis de estabilidad de la respuesta se realizó a través de la mediana (ver tabla 1). Para cada criterio del estudio se determinó la mediana (m) como medida central de la tendencia de respuesta del grupo de expertos. Es decir, tal como refiere Seguí (2007) sobre la metodología Delphi, la mediana constituye la respuesta del grupo en este estudio. La mediana se mantuvo en el rango 5 (Muy adecuado) para los aspectos Años de experiencia y Publicaciones sobre tema de experticia, 4 (Bastante adecuado) para Vinculación formación posgraduada y tema de experticia, Grado científico y Participación en eventos sobre tema de experticia, 3 (Adecuado) para Categoría científica, Miembro de programas del SCellT y Dirección de programas, proyectos, organizaciones y actividades relacionadas con tema de experticia. Resultó Poco adecuado (m=2) el aspecto Categoría docente e Inadecuado (m=1) Vinculación carrera universitaria y tema de experticia.

Se calculó, además, el rango intercuartílico (k) como la diferencia entre el tercer y primer cuartil, con el objeto de medir la dispersión de la muestra, siendo ésta inversamente proporcional al consenso grupal (es decir, a mayor rango, menor consenso). En este contexto, la unanimidad se consigue cuando $k = 0$ y se estimará un grado de convergencia aceptable (consenso) entre los expertos cuando $k \leq 1$.

Obtuvieron consenso ($k = 1$) Años de experiencia y Participación en eventos sobre tema de experticia. Para el resto de los aspectos $k > 2$ por lo que no hubo consenso con relación a estos (tabla 1).

En el cuestionario aplicado en la primera fase para que los participantes en el estudio respondieran los criterios de selección de un experto se brindaba la opción de proponer nuevos criterios y ninguno respondió a esta posibilidad. Sin embargo, en los criterios propuestos no hay aspecto alguno que refleje las actividades de producción, comercialización y regulación, a pesar de que en el estudio participaron personas con muchos años de experiencia en esas actividades.

Aunque todos los criterios fueron clasificados como Adecuado y otras categorías superiores, cuando se revisan las medianas obtenidas se observa que los aspectos relacionados con la categoría docente y la vinculación con la carrera universitaria con el tema de experticia son poco adecuado e inadecuado. Esto demuestra que las actividades relacionadas con la gestión y la autoevaluación son consideradas con menor importancia por los participantes en el estudio Delphi.

Asimismo, los participantes confieren un alto reconocimiento a los años de experiencia y a las publicaciones para que una persona pueda ser reconocida como experta en el área de las ciencias y tecnologías nucleares. Por otra parte, los aspectos relacionados con la socialización (participación en eventos) y la formación (grado científico y formación posgraduada) son bien reconocidos.

Conclusiones

Existen variadas definiciones de experto formulados a partir de diferentes criterios incluso se reconocen a organizaciones y grupos como expertos.

Se establecieron los criterios para seleccionar a una persona experta en el área de las ciencias y tecnologías nucleares resultando muy adecuados Años de experiencia y Publicaciones sobre el tema de experticia y bastante adecuados la vinculación de la formación posgraduada con el tema de experticia, la participación en eventos sobre el tema de experticia y el grado científico.

Tabla 1. Mediana y rango intercuartílico para los criterios de selección de expertos.

		Años de experiencia	Vinculación carrera universitaria y tema de experticia	Vinculación formación posgraduada y tema de experticia	Categoría científica	Grado científico	Categoría docente	Publicaciones sobre tema de experticia	Participación en eventos sobre tema de experticia	Miembro de programas del SCellT	Dirección de programas, proyectos, organizaciones y actividades relacionadas con tema de experticia
Mediana		5.00	1.00	4.00	3.00	4.00	2.00	5.00	4.00	3.00	3.00
Percentiles	25	5.00	1.00	4.00	3.00	4.00	2.00	5.00	4.00	3.00	3.00
	50	4.00	.00	2.50	2.00	1.00	.00	3.00	3.00	.00	1.50
	75	5.00	1.00	4.00	3.00	4.00	2.00	5.00	4.00	3.00	3.00
Rango intercuartílico	k	5.00	2.50	5.00	4.50	5.00	4.00	5.00	4.00	4.00	4.50

Los criterios obtenidos no reflejan la experticia que alcanzan las personas que participan en las actividades de producción, comercialización y regulación en el sector nuclear por lo que debe profundizarse el estudio en esta dirección.

Referencias bibliográficas

- [1]. International Atomic Energy Agency (IAEA). Knowledge loss risk management in nuclear organizations. Vienna: IAEA, 2017.
- [2]. International Atomic Energy Agency. Managing Nuclear Knowledge (IAEA). Vienna: IAEA, 2003.
- [3]. International Atomic Energy Agency (IAEA). Comparative Analysis of Methods and tools for nuclear knowledge preservation. Vienna: IAEA, 2011.
- [4]. ERICSSON K. Expert performance and deliberate practice. An updated excerpt from Ericsson. 2000. www.psy.fsu.edu/faculty/ericsson/ericsson.exp.perf.html.
- [5]. CHACÓN I. Determinación del estado de capacidad de trabajo de instalaciones motrices conservadas [tesis de doctorado]. La Habana: ISPJAE, 2001.
- [6]. RUIZ TR. Utilización del método de los expertos (Delfos) para la validación de una estrategia pedagógica. Revista Órbita científica. 2012; 18(69). Disponible en: www.varona.rimed.cu/revista_orbita.
- [7]. ELÍAS LL, GONZÁLEZ EV & MARTÍNEZ E. Una propuesta de sistema de indicadores para valorar la formación de expertos en una organización de alta tecnología. Rev. Cub. Inf. Cien. Salud. 2015; 26(1): 20-23. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ics/v26n1/rci03115.pdf>
- [8]. GARCÍA L & FERNÁNDEZ SJ. Procedimiento de aplicación del trabajo creativo en grupo de expertos. Revista Ing. Energética. 2008; 29(2): 46-50. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3291/329127758006.pdf>
- [9]. BRAVO ML & ARRIETA JJ. El método Delphi. Su implementación en una estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas. Rev. Iberoam. Educ. 2005; 36(7). Disponible en: <https://rieoei.org/RIE/article/view/2962/3876>.

Recibido: 12 de julio de 2023

Aceptado: 15 de julio de 2023

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización, ni la comunicación del presente trabajo.

Credit / Conceptualización: Lidia Lauren Elías Hardy. **Fuentes:** Lidia Lauren Elías Hardy. **Curación de datos:** Lidia Lauren Elías Hardy. **Software:** Lidia Lauren Elías Hardy. **Análisis formal:** Lidia Lauren Elías Hardy. **Supervisión:** Lidia Lauren Elías Hardy. **Validación:** Lidia Lauren Elías Hardy. **Investigación:** Lidia Lauren Elías Hardy. **Visualización:** Lidia Lauren Elías Hardy. **Metodología:** Lidia Lauren Elías Hardy. **Redacción – borrador original:** Lidia Lauren Elías Hardy. **Redacción – revisión y edición:** Lidia Lauren Elías Hardy.

20 años de experiencia en la protección radiológica ocupacional en la práctica de calibración dosimétrica

 Niurka González Rodríguez,  Gonzalo Walwyn Salas

Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), La Habana, Cuba
niurka@cphr.edu.cu

Resumen

El Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) es la entidad que en Cuba realiza la calibración de instrumentos dosimétricos a niveles de protección radiológica, radioterapia y radiología diagnóstica e intervencionismo. Esta práctica, que realiza el Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica y que garantiza la trazabilidad metrológica a un Laboratorio Primario de las magnitudes de dosis, se realiza cumpliendo un estricto Programa de Protección Radiológica diseñado para garantizar la seguridad de las personas y el medio ambiente y obtener la Licencia de Operación para el empleo de radiaciones ionizantes que se establece en el marco regulador nacional.

El programa de protección radiológica incluye las disposiciones necesarias para garantizar la protección radiológica de las personas durante el trabajo con fuentes de radiaciones ionizantes. La seguridad del personal que realiza la práctica es uno de los elementos claves del programa y se basa en requisitos tales como el control radiológico tanto individual como de los puestos de trabajo, el diseño de las instalaciones, los procedimientos operacionales y de seguridad y el control de los inventarios, entre otros aspectos que han permitido el cumplimiento de las restricciones de dosis anuales impuestas por la Autoridad Reguladora para esta categoría de personal expuesto.

En el presente trabajo se exponen las experiencias en la aplicación de estos requisitos por más de 20 años de trabajo, lo que ha permitido que se realice una práctica segura sin la ocurrencia de eventos adversos de gran envergadura.

Palabras clave: protección contra las radiaciones; dosimetría; calibración; SSDL; seguridad; vigilancia del personal.

20 years of experience in occupational radiation protection in dosimetric calibration practice

Abstract

The Center for Radiation Protection and Hygiene (CPHR) is the institution in Cuba that provides dosimetric calibration services of instruments at radiation protection, radiotherapy, diagnostic radiology and interventionism level. This practice is developed by the Secondary Standard Dosimetric Laboratory and guarantees the metrological traceability of dose magnitudes to a Primary Standard Dosimetric Laboratory. It is carried out in compliance with a strict Radiation Protection Program designed to guarantee the radiation safety of people and the environment and to obtain the Operating License established in the national regulatory framework.

The radiation protection program includes the necessary provisions to ensure the radiation protection of people while working with ionizing radiation sources. The safety of the personnel is one of the key elements of the program and is based on requirements such as radiological control both individually and of the workplaces, the design of the facilities, operational and safety procedures and inventory control, among other aspects that have allowed compliance with the annual dose constraints imposed by the Regulatory Authority for this category of exposed personnel.

This paper presents the experiences in the application of these requirements for more than 20 years.

Key words: radiation protection; dosimetry; calibration; SSDL; safety; personnel monitoring.

Introducción

La calibración dosimétrica es un proceso que utiliza fuentes radiactivas selladas y equipos generadores de radiaciones ionizantes para la calibración, verificación y/o irradiación de materiales y/o instrumentos a niveles de protección radiológica, radioterapia y radiología diagnóstica e intervencionismo con el objetivo de garantizar la trazabilidad metrológica de las mediciones que con ellos se realizan

Este proceso, realizado por el Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD) del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), constituye una práctica con empleo de radiaciones ionizantes y por tanto, debe llevarse a cabo cumpliendo un estricto Programa de Protección Radiológica (PPR) diseñado e implementado para garantizar la seguridad de las personas y el medio ambiente y que le permita obtener la Licencia de Operación establecida en el marco regulador nacional en materia de seguridad radiológica. [1, 2, 3]. Este PPR permite controlar el riesgo fundamental de la práctica que es el de irradiación externa en condiciones de operación normal de la instalación.

El control de la exposición del personal ocupacionalmente expuesto de la práctica constituye uno de los elementos básicos que componen el programa de protección radiológica del LSCD, desarrollado desde la etapa de diseño de la instalación e implementado desde hace más de 20 años. Requisitos relativos a las responsabilidades del personal, la clasificación de zonas, la limitación y restricciones de las dosis ocupacionales, el diseño de los equipos y de la propia instalación, el programa de vigilancia radiológica tanto individual como de zonas y puestos de trabajos así como los procedimientos operacionales y de seguridad son algunos de los que tributan a este elemento [3].

La mayor parte de las operaciones se realiza en locales debidamente blindados (Salas de Calibración) que permanecen cerrados durante el tiempo que tiene lugar la irradiación mientras que el personal del LSCD permanece en la Sala de Control. El acceso a las dichas Salas se controla mediante una puerta que se cierra con candado mientras no se esté trabajando o durante irradiaciones muy largas y mediante diferentes tipos de enclavamientos tales como interruptores de puertas y barreras infrarrojas; igualmente existen señales lumínicas que indican el momento en que se está irradiando. En la Sala de Calibración donde se encuentra la única fuente radiactiva de Categoría 1 de la instalación, existe además un monitor estacionario de radiación con señal lumínica y sonora propia y con indicación de la tasa de dosis en el recinto en tiempo real [4].

Como resultado de la implementación del PPR la instalación ha operado en condiciones de seguridad lo cual ha permitido que el LSCD cuente con la Licencia de Operación otorgada por la Autoridad Reguladora nacional a la vez de que se realice una práctica segura sin la ocurrencia de eventos adversos de gran envergadura. Un análisis de las dosis ocupacionales demuestra que sistemáticamente se cumplen no solo con los límites

de dosis anuales establecidos en la regulación nacional sino también con la restricción para el mismo período impuesta en la Licencia y con la establecida a nivel local en el propio programa.

Materiales y métodos

El Programa de Protección Radiológica (PPR) de la práctica de calibración dosimétrica está diseñado e implementado según lo establecido en el Reglamento sobre Notificación y Autorización de prácticas y actividades asociadas al empleo de Fuentes de Radiaciones Ionizantes, vigente en el país desde el año 2011.

Los resultados del programa de vigilancia radiológica individual de los trabajadores ocupacionalmente expuestos del LSCD entre los años 2006 y 2022 fueron objeto de un análisis estadístico para determinar su comportamiento y con ello la eficacia del PPR desarrollado.

Resultados

Programa de Protección Radiológica

El Programa de Protección Radiológica de la práctica de calibración dosimétrica que realiza el LSCD del CPHR, se diseñó e implementó desde la etapa de diseño de la instalación con el objetivo de garantizar la seguridad de las personas y el medio ambiente así como para lograr la obtención de la Licencia de Operación de la Autoridad Reguladora nacional en materia de seguridad radiológica.

Uno de los elementos incluidos en dicho programa es el control de la exposición ocupacional que tiene el objetivo de garantizar los límites y restricciones de dosis anuales impuestas tanto por dicha autoridad como a nivel local para esta categoría de personal expuesto.

Este elemento del programa incluye la descripción de la práctica y sus riesgos, siendo este último el de irradiación externa a las fuentes radiactivas selladas y equipos generadores de rayos X con que cuenta el laboratorio, una descripción de la instalación que abarca una exposición detallada de los locales que conforman el LSCD, su función dentro de la práctica así como sus características constructivas y se describen además la ubicación de las fuentes de radiación.

Igualmente se identifican y describen los elementos y sistemas importantes para la seguridad, requisito que comprende todos los elementos tecnológicos y constructivos presentes en el LSCD y que tributan a la seguridad radiológica del personal ocupacionalmente expuesto. Señales lumínicas y sonoras, enclavamientos para la interrupción de la irradiación en caso de acceso inadvertido, elementos de blindaje de los locales y equipos, elementos de diseño de los irradiadores, equipos de protección radiológica, entre otros, constituyen parte del programa desarrollado [4].

Un análisis de seguridad de la práctica se realizó para evaluar el nivel de seguridad de las operaciones y para él se tuvo en cuenta los riesgos radiológicos asociados a los trabajos que se realizan. Dicho análisis

sis incluyó la estimación de las dosis en condiciones de operación normal y las dosis potenciales para sucesos previsible. Se postularon una serie de posibles sucesos relacionados con fallas de equipos, eventos externos y errores humanos. Se identificaron las barreras de seguridad para prevenir o mitigar situaciones accidentales y se evaluaron sus consecuencias radiológicas [3, 4, 5, 6].

Las dosis para los trabajadores ocupacionalmente expuestos durante las operaciones normales se estimaron de acuerdo con los procedimientos de trabajo, utilizando escenarios muy conservadores. Como resultado, se obtuvo que las dosis efectivas totales deben ser de aproximadamente 1.7 mSv/año lo que permite cumplir con el límite anual establecido en la regulación nacional vigente para esta categoría de personal expuesto así como con la restricción de 10 mSv/año impuesta en la Licencia de Operación y constituyó la base para el establecimiento de una restricción a nivel de la instalación de 2 mSv/año [4].

Una vez establecido que en condiciones normales de operación la práctica cumple con los requisitos reguladores en relación con los límites de dosis, se procedió estimar las dosis potenciales para las situaciones accidentales previsible. La identificación de los sucesos iniciadores se realizó mediante un Análisis Qué – Sí y el criterio de expertos mientras que la evaluación de los riesgos de estos sucesos se realizó utilizando la Metodología de Matrices de Riesgo, la cual tiene como objetivo final clasificar el riesgo por niveles y que se considera suficiente para la toma de decisiones en relación con la seguridad de las operaciones a realizar. Se identificaron 14 sucesos iniciadores de posibles secuencias accidentales y para cada uno las personas afectadas, la frecuencia de ocurrencia del evento, las barreras de seguridad y la probabilidad de falla del conjunto de barreras y se evaluaron las consecuencias radiológicas estableciéndose secuencias de riesgo medio y bajo [4, 5, 6].

Dentro del PPR se establecen además las responsabilidades de los trabajadores ocupacionalmente expuestos de la práctica así como sus requisitos de selección y cualificación del personal. El Sistema de Gestión del LSCD, del cual el PPR forma parte, incluye los procedimientos operacionales y de seguridad de la práctica así como el sistema de registros que permite demostrar el desempeño de la misma [4].

El PPR, debidamente documentado, ha sido objeto de evaluación e inspección por la Autoridad Reguladora nacional que otorgó al LSCD la Licencia de Operación la cual ha sido renovada sistemáticamente durante más de 20 años.

Programa de Vigilancia Radiológica Individual

Otro elemento que contribuye al control de la exposición ocupacional en la práctica de calibración dosimétrica es el Programa de Vigilancia Radiológica diseñado e implementado y que incluye la vigilancia individual y de zonas y puestos de trabajo.

Los trabajadores ocupacionalmente expuestos del LSCD cuentan con el servicio de dosimetría individual que brinda el Laboratorio de Dosimetría Externa del CPHR

cuyos resultados quedan registrados en los Expedientes Radiológicos Individuales [4].

Un resumen de los resultados de dicho programa en el período comprendido entre los años 2006 y 2022 se presenta en la tabla 1 y figura 1, donde pueden apreciarse las dosis efectivas promedio (E_{prom}) así como las dosis efectivas individuales mínimas (E_{min}) y máximas ($E_{máx}$) en cada año. Estos valores demuestran el cumplimiento de las restricciones anuales establecidas estando asociados los picos de la gráfica a períodos de un aumento significativo de la carga de trabajo del LSCD o al recambio de la fuente radiactiva de Categoría I con la que cuenta la instalación.

Tabla 1. Mediana y rango intercuartílico para los criterios de selección de expertos.

Año	E_{prom} (mSv)	E_{min} (mSv)	$E_{máx}$ (mSv)
2006	0.26	0.00	1.24
2007	0.13	0.00	0.74
2008	0.15	0.00	0.37
2009	0.25	0.00	0.97
2010	0.94	0.44	1.84
2011	0.02	0.00	0.16
2012	0.01	0.00	0.10
2013	0.05	0.00	0.37
2014	0.08	0.00	0.44
2015	0.00	0.00	0.00
2016	0.03	0.00	0.18
2017	0.03	0.00	0.15
2018	0.00	0.00	0.00
2019	0.00	0.00	0.00
2020	0.00	0.00	0.00
2021	0.00	0.00	0.00
2022	0.07	0.00	0.22

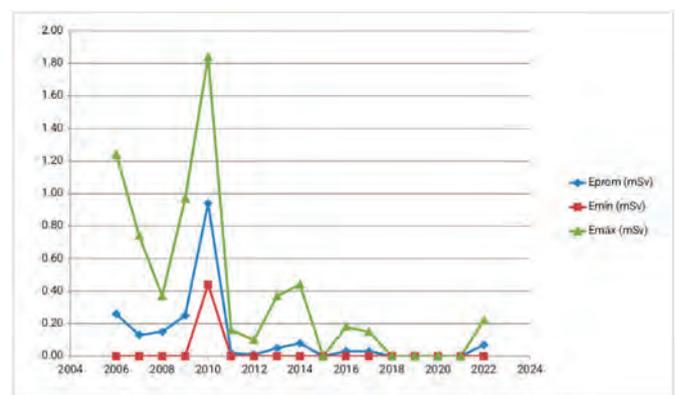


Figura 1. Comportamiento de las Dosis Efectivas anuales de los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos del LSCD en el período 2006 – 2022.

Discusión

Fue diseñado un Programa de Protección Radiológica para la práctica de calibración dosimétrica que realiza el LSCD del CPHR que se implementó y funciona desde hace más de 20 años.

Uno de los elementos del PPR es el control de la exposición ocupacional al cual tributan requisitos de diseño de la instalación y de los equipos así como medidas administrativas teniendo impuesta por la Autoridad una restricción de dosis efectiva de 10 mSv/año mientras que a nivel local la restricción es de 2 mSv/año para esta categoría de personal expuesto.

Un análisis de los resultados del programa de vigilancia radiológica individual en el período comprendido entre los años 2006 y 2022 arroja una dosis efectiva anual promedio máxima de 0.94 mSv, siendo las dosis individuales máximas de 1.24 mSv en 2006 y 1.84 mSv en 2010 coincidiendo con un recambio de la fuente radiactiva de Categoría I del LSCD en el primer caso y un aumento significativo de la carga de trabajo del laboratorio en el segundo.

El programa cumple con la regulación nacional vigente en materia de seguridad radiológica y ha constituido la base para que el LSCD opere en condiciones de seguridad y con la Licencia de Operación que otorga la autoridad reguladora y que ha sido sistemáticamente objeto de evaluación, inspección y renovación por parte de dicha autoridad.

Conclusiones

Se desarrolló e implementó un Programa de Protección Radiológica para la práctica de calibración dosimétrica que realiza el CPHR en cumplimiento de la regulación nacional vigente en materia de seguridad radiológica.

Uno de los elementos del programa lo constituye en control de la exposición ocupacional al que tributan requisitos técnicos y administrativos, teniendo impuestas restricciones de dosis ocupacional de 10 mSv/año por parte de la Autoridad Reguladora y 2 mSv/año a nivel local.

El programa implementado permite realizar las operaciones de manera segura y bajo el amparo de la Licencia de Operación que otorga la Autoridad Reguladora nacional.

Un análisis de las dosis efectivas ocupacionales entre los años 2006 y 2022 muestran la eficacia del programa de protección desarrollado al evidenciarse el cumplimiento de las restricciones anuales de dosis establecidas para la práctica.

Referencias

- [1]. Colectivo de autores. Protección Radiológica en la aplicación de las técnicas nucleares. La Habana: CPHR-CNSN, 2002.
- [2]. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) – Ministerio de Salud Pública (MINSAP). Reglamento normas básicas de seguridad radiológica. Resolución Conjunta CITMA – MINSAP. Enero, 2002.
- [3]. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Reglamento sobre notificación y autorización de prácticas y actividades asociadas al empleo de fuentes de radiaciones ionizantes. Resolución No. 334/2011.
- [4]. Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR). Expediente de Seguridad de la Práctica de Calibración Dosimétrica. Versión 8. Mayo, 2023.
- [5]. Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN). Evaluación de seguridad de prácticas y actividades asociadas al empleo de fuentes de radiaciones ionizantes, Guía de Seguridad. Resolución No. 17/2012. La Habana: CNSN, 2012.
- [6]. Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores. Aplicación del método de la matriz de riesgo en radiografía industrial. Volumen 1. Texto Principal. Junio, 2016.

Recibido: 12 de julio de 2023

Aceptado: 15 de julio de 2023

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización, ni la comunicación del presente trabajo.

CRedit / Conceptualización: Niurka González Rodríguez. **Fuentes:** Niurka González Rodríguez, Gonzalo Walwyn Salas. **Curación de datos:** Niurka González Rodríguez, Gonzalo Walwyn Salas. **Análisis formal:** Niurka González Rodríguez, Gonzalo Walwyn Salas. **Supervisión:** Niurka González Rodríguez. **Adquisición de fondos:** Niurka González Rodríguez. **Validación:** Niurka González Rodríguez. **Investigación:** Niurka González Rodríguez, Gonzalo Walwyn Salas. **Metodología:** Niurka González Rodríguez, Gonzalo Walwyn Salas. **Visualización:** Niurka González Rodríguez. **Administración de proyecto:** Niurka González Rodríguez. **Escritura – borrador original:** Niurka González Rodríguez. **Redacción – revisión y edición:** Niurka González Rodríguez, Gonzalo Walwyn Salas.

Base de datos nacional de radionucleidos en alimentos

 Isis M. Fernández Gómez,  Maryzury Valdés Ramos

Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR). Calle 20 No.4113 e/ 41 y 47, Playa, Cuba
isis@cphr.edu.cu, zury@cphr.edu.cu

Resumen

El Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental (LVRA) del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), perteneciente a la Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada de Cuba (AENTA), tiene dentro de su encargo estatal la vigilancia radiológica de los alimentos. De igual forma se considera el laboratorio nacional de referencia para certificar la calidad radiológica de los alimentos de producción nacional destinados a la exportación que así lo requieran. Este laboratorio opera, desde hace más de 25 años, bajo un Sistema de Gestión de la Calidad acreditado, en la actualidad según la NC ISO/IEC 17025:17, por el Órgano Nacional de Acreditación de la República de Cuba. Durante los dos últimos años, como parte de las oportunidades de mejora identificadas, se desarrolló un Sistema de Gestión de Base de Datos, que permita sistematizar la información relacionada con los análisis de concentración de actividad en alimentos de forma tal que haga posible aumentar las potencialidades de uso de estos datos. En esta base de datos se reportarán tanto los alimentos de importación, como los de producción nacional, que son ensayados para evaluar el cumplimiento de los valores establecidos para radionucleidos en alimentos en las normativas nacionales y/o internacionales según sea el caso.

Palabras clave: radiactividad, gestión de bases de datos, alimentos, protección contra las radiaciones, radisótopos.

National database of radionuclides in food

Abstract

The Environmental Radiological Surveillance Laboratory (LVRA) of the Radiation Protection and Hygiene Center (CPHR), belonging to the Nuclear Energy and Advanced Technologies Agency of Cuba (AENTA), has within its state mandate the radiological surveillance of food. In the same way, it is considered the national reference laboratory to certify the radiological quality of nationally produced foods destined for export that require it. This laboratory has been operating, for more than 25 years, under an accredited Quality Management System, currently according to NC ISO/IEC 17025:17, by the National Accreditation Body of the Republic of Cuba. During the last two years, as part of the identified improvement opportunities, a Database Management System was developed, which allows systematizing the information related to the analysis of activity concentration in food in such a way that it makes it possible to increase the potentialities of use of these data. Both imported foods and nationally produced foods will be reported in this database, which are tested to assess compliance with the values established for radionuclides in food in national and/or international regulations, as the case may be.

Key words: radioactivity; data base management; food; radiation protection; radioisotopes.

Introducción

El contar con datos analíticos confiables sobre los contaminantes alimentarios y otros desafíos emergentes, permite a las autoridades nacionales competentes evaluar los riesgos relacionados con la inocuidad de los alimentos para la toma de decisiones basadas en evidencias científicas, como establece el Decreto Ley sobre Inocuidad Alimentaria [1].

El Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental (LVRA) del Centro de Protección e Higiene de las Radia-

ciones (CPHR), desde hace más de 20 años tiene a su cargo garantizar la inocuidad alimentaria de los alimentos que se comercializan en el territorio nacional, en lo concerniente a la presencia de contaminantes radiactivos.

Este laboratorio produce datos analíticos de alta calidad al operar bajo un Sistema de Gestión de la Calidad acreditado, en la actualidad según la NC ISO/IEC 17025:2017 [2] y posee a la fecha una extensa data de valores de concentración de actividad en alimentos.

Esto ha traído consigo la necesidad de desarrollar la **Base de Datos Cubana de Contaminantes Radiactivos en Alimentos (CONRADALIM)**, que consolida y controla toda la información relacionada con los resultados de los análisis de contaminantes radiactivos en los alimentos que se comercializan en el territorio nacional o que están destinados a la exportación.

Al armonizar, integrar y automatizar los datos de contaminantes radioactivos en alimentos, en un repositorio centralizado, el laboratorio aumenta su efectividad y podrá comunicar los riesgos y tendencias relacionados con la calidad radiológica de los alimentos a las autoridades nacionales, de forma tal que puedan optimizar su trabajo de acuerdo con los desafíos más apremiantes y gestionar sus recursos de manera más eficiente.

Métodos

La aplicación **CONRADALIM**, “Base de Datos Nacional de Contaminantes Radioactivos en Alimentos”, se desarrolló en Borland Delphi para Windows y Microsoft Access, con un riguroso control de acceso, en función del Usuario que utiliza el Sistema.

Se proporciona un ambiente atractivo y comprensible para los usuarios y permite trabajar en red de manera simultánea a los diferentes miembros del laboratorio. Los resultados se pueden presentar a través de reportes y correlaciones, por pantalla o impresora, en forma de textos, tablas y figuras.



Figura 1. Logo oficial **CONRADALIM**, “Base de Datos Cubana sobre Contaminantes Radioactivos en Alimentos”.

Para el diseño del sistema fue necesario, en primera instancia, definir:

- Los datos requeridos, tanto técnicos como de gestión;
- Los clasificadores con la codificación de datos;
- La estructura de datos y la correlación entre los diferentes ficheros y clasificadores que la iban a conformar;
- El diseño y población de la base de datos relacionada con catálogo generado;
- El desarrollo e implementación de la solución.

En el sistema **CONRADALIM** la información se organiza alrededor de un registro primario de muestras evaluadas, tanto de producción nacional como de importación.

Los principales registros y clasificadores de **CONRADALIM** se describen a continuación (figura 2):

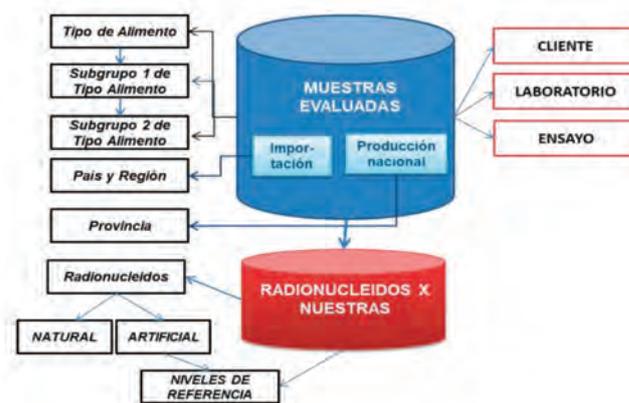


Figura 2. Estructura de Datos del Sistema de Base de Datos **CONRADALIM**

LABORATORIO: Registro de Laboratorios del país que realizan ensayos para determinar los niveles de contaminantes radiactivos en alimentos.

CLIENTE: Registro que agrupa a todos los clientes / entidades / instituciones que han suministrado las muestras de alimentos para ser evaluadas.

ENSAYO: Registro de los Métodos de los diferentes ensayos aplicados por los Laboratorios.

MUESTRA y RADIONUCLEIDOS: Es el principal registro del sistema. Agrupa toda la información de las muestras evaluadas, de alimentos de producción nacional y de importación, para determinar los niveles de contaminantes radiactivos en alimentos.

Asociado a cada muestra, hay un fichero que agrupa los radionucleidos medidos para determinar los niveles de concentración de actividad en alimentos. Por cada muestra se pueden evaluar varios radionucleidos.

En el caso de los radionucleidos de origen artificial, el sistema calcula automáticamente la suma de las concentraciones de actividad evaluadas para aquellos radionucleidos que pertenecen a un mismo grupo, teniendo en cuenta que estos se dividen en cuatro grupos en dependencia de su radiotoxicidad (I, II, III y IV). El Sistema compara si la suma calculada, sobrepasa los valores de referencia para radionucleidos en alimentos vigentes en el país [3], y emite una alerta.

En la estructura de **CONRADALIM** también se incluyen un grupo de clasificadores o catálogos de información, que además de garantizar la integridad de la información, permite correlacionarla convenientemente. Por ejemplo:

- Clasificador de Provincias de procedencia de la muestra evaluada, para los Alimentos de producción nacional.
- Clasificador de Países de procedencia de las muestras evaluadas, agrupados por región, para las muestras de importación.
- Clasificador de Radionucleidos, naturales o artificiales. Incluye los niveles de referencia nacional para radionucleidos artificiales.
- Clasificador de Tipos de Alimentos, con tres niveles de clasificación:
 - clasificación general,
 - primer subgrupo de clasificación,

- segundo subgrupo de clasificación

Resultados

CONRALIM permite salvaguardar de manera confiable la información relacionada con las determinaciones de radionucleidos en alimentos que genera el LVRA y pretende a futuro incorporar incluso aquella información que pueda generar cualquier otro laboratorio nacional con relación a contaminantes radiactivos en alimentos.

Una vez puesto a punto el Sistema de Gestión de Base de Datos, se procedió a la recuperación e introducción de toda la información histórica con que cuenta el LVRA desde 1997 hasta la fecha, tanto para alimentos de importación como de producción nacional.

De esta forma es posible establecer tendencias en cuanto a los niveles de radiactividad en alimentos, sirviendo de alerta temprana a los decisores en materia de inocuidad alimentaria y seguridad radiológica.

CONRADALIM permite además emitir reportes de toda la información que procesa, filtrada y correlacionada por diferentes vías y emitir reportes estadísticos. Es posible obtener reportes de las muestras evaluadas, por periodos, por provincia, por región o por país, de alimentos de producción nacional o importación, por tipo de alimento o por radionucleido evaluado. También es posible emitir una ficha de cada muestra introducida.

Tomando en consideración que durante los años 2020-2022, en el marco del proyecto OIEA RLA5080: “Fortalecimiento de la colaboración regional de los laboratorios oficiales para abordar los desafíos emergentes para la inocuidad de los alimentos (ARCAL CLXV)”, se creó una base de datos regional sobre residuos y contaminantes de los alimentos, que se encuentra alojada de forma segura en el OIEA [4], los clasificadores empleados en CONRADALIM, están armonizados con los que se utilizan en la base de datos regional, lo que hará posible exportar de manera rápida y confiable los datos de CONRADALIM a la base regional.

De igual forma se ha venido trabajando con el OIEA, validando el funcionamiento de la Base de Datos Regional, y aportando datos reales para validar la herramienta desarrollada a partir de datos que ya se encuentran en CONRADALIM.

Finalmente, la información recogida en CONRADALIM tributa a los reportes sobre los sistemas de alerta temprana que gerencia el CITMA y que se publican mensualmente en la página web del CPHR.

En las figuras 3 y 4 se muestran los módulos de entrada de datos para alimentos de importación y de producción nacional y en la figura 5 se muestra un ejemplo de ficha una de las muestras introducidas en el sistema.

CONRADALIM - MUESTRAS EVALUADAS - Alimentos de Importación

TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO DE IMPORTACIÓN

CÓDIGO PARA IDENTIFICAR LA MUESTRA: 583/23

CLIENTE QUE SUMINISTRA LA MUESTRA: SEVRA-CPHR

LABORATORIO QUE EVALÚA LA MUESTRA: Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental (LVRA)

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA SEGUN EL CLIENTE: leche en polvo fortificada

ESTADO DE LA MUESTRA: Frescos Elaborados

TIPO DE ALIMENTO

CLASIF. GENERAL: Origen animal CLASIF. 1er NIVEL: Lácteos CLASIF. 2do NIVEL: Leche-Polvo

PRODUCTOR DEL ALIMENTO: Vima food MARCA DEL ALIMENTO: Piccolino

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA

REGIÓN: Europa PAÍS: Francia

FECHA DE LA MEDICIÓN: 26/6/2023

DESTINO DE LA MUESTRA: Para Consumo General Alimentos para Lactantes

OK Cancelar

Figura 3. Módulo para la entrada de datos de alimentos de importación.

CONRADALIM - MUESTRAS EVALUADAS - Alimentos de producción Nacional

TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO DE PRODUCCIÓN NACIONAL

CÓDIGO PARA IDENTIFICAR LA MUESTRA: 121/23

CLIENTE QUE SUMINISTRA LA MUESTRA: SEVRA-CPHR

LABORATORIO QUE EVALÚA LA MUESTRA: Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental (LVRA)

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA SEGUN EL CLIENTE: zanahoria

ESTADO DE LA MUESTRA: Frescos Elaborados

TIPO DE ALIMENTO

CLASIF. GENERAL: Origen Vegetal CLASIF. 1er NIVEL: Hortalizas CLASIF. 2do NIVEL: Raíces y Tubérculos

PRODUCTOR DEL ALIMENTO: NP MARCA DEL ALIMENTO: S/M

PROCEDECENCIA DE LA MUESTRA

PAÍS: CUBA PROVINCIA: La Habana

FECHA DE LA MEDICIÓN: 24/9/2020

DESTINO DE LA MUESTRA: Para Consumo General Alimentos para Lactantes

OK Cancelar

Figura 4. Módulo para la entrada de datos de alimentos de producción nacional.

CONRADALIM Base de Datos Nacional de Contaminantes Radiactivos en Alimentos
Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental
Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones

FICHA DE UNA MUESTRA EVALUADAS PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE CONTAMINANTES RADIATIVOS EN ALIMENTOS

CÓDIGO PARA IDENTIFICAR LA MUESTRA: 121/23

TIPO DE LA MUESTRA: Alimentos de Producción Nacional

CLIENTE: SEVRA-CPHR

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN EL CLIENTE: zanahoria

ESTADO DE LA MUESTRA: Frescos

TIPO DE ALIMENTO - CLASIFICACIÓN GENERAL: Origen Vegetal

TIPO DE ALIMENTO - CLASIFICACIÓN 1ER NIVEL: Hortalizas

TIPO DE ALIMENTO - CLASIFICACIÓN 2DO NIVEL: Raíces y Tubérculos

PRODUCTOR: NP

MARCA: S/M

PAÍS: Cuba

PROVINCIA DE PROCEDENCIA: La Habana

DESTINO DEL ALIMENTO: Consumo General

LABORATORIO QUE EVALÚA LA MUESTRA: 1

FECHA DE LA MEDICIÓN DE LA MUESTRA: 24/09/2020

SUMA DE LAS CONCENTRACIONES EVALUADAS PARA LOS RADIONÚCLIDOS ARTIFICIALES DE LOS DIFERENTES GRUPOS >>>>

GRUPO I: 1.1

GRUPO II: 0

GRUPO III: 0.32

GRUPO IV: 0

SE SOBREPASA EL VALOR DE REFERENCIA: N

RADION	ORIGEN	GRUPO	ENSAYO UTILIZADO	CONCENTRACIÓN DE ACTIVIDAD (Bq/kg).	¿ES LÍMITE DE DETECCIÓN?	INCERTIDUMBRE COMBINADA (Bq/kg).
Am-241	Artificial	I	Espectrometría gamma de alta resolución	1.1	S	
Cs-134	Artificial	III	Espectrometría gamma de alta resolución	0.1	S	
Cs-137	Artificial	III	Espectrometría gamma de alta resolución	0.22	S	
Ra-226	Natural	NP	Espectrometría gamma de alta resolución	1.22	N	0.27
Po-210	Natural	NP	Espectrometría gamma de alta resolución	48	S	
K-40	Natural	NP	Espectrometría gamma de alta resolución	129	N	7

Fecha de Emisión: 26/08/2023

Página: 1

Figura 5. Ficha de la muestra.

Conclusiones

Se creó la primera versión de la **Base de Datos Cubana de Contaminantes Radiactivos en Alimentos (CONRADALIM)**.

Esta base de datos consolida y controla toda la información relacionada con los resultados de los análisis de contaminantes radiactivos en los alimentos que se comercializan en el territorio nacional o que están destinados a la exportación, brindando así información confiable a los tomadores de decisiones.

Los datos incluidos en CONRADALIM están diseñados de forma tal que se puedan exportar de forma rápida y segura a la base de datos regional de contaminantes alimentarios.

Agradecimientos

Agradecimientos al equipo del proyecto del PNOULO “Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la gestión de desafíos en inocuidad alimentaria”.

Referencias bibliográficas

- [1]. Gaceta Oficial. Decreto Ley 9/2020. Inocuidad alimentaria. No.76. 3 de Octubre de 2020.
- [2]. NC ISO/IEC 17025:2017: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Traducción certificada y corregida en Marzo de 2018 de la Norma Internacional ISO/IEC 17025: 2017.
- [3]. NC 1205:2017. Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. 1ra edición. Agosto, 2017.
- [4]. EVANS M & SCHLOEGL N. IAEA-supported new data sharing committee to improve food safety for public health in Latin America and the Caribbean. <https://www.iaea.org/newscenter/news/>. Jun, 2023.

Recibido: 12 de julio de 2023

Aceptado: 15 de julio de 2023

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización, ni la comunicación del presente trabajo.

CRedit /Gestión de proyectos: Isis M. Fernández Gómez. **Análisis formal:** Isis M. Fernández Gómez, Maryzury Valdés Ramos. **Conceptualización:** Isis M. Fernández Gómez, Maryzury Valdés Ramos. **Conservación de datos:** Isis M. Fernández Gómez, Maryzury Valdés Ramos. **Investigación:** Isis M. Fernández Gómez, Maryzury Valdés Ramos. **Metodología:** Isis M. Fernández Gómez, Maryzury Valdés Ramos. **Supervisión:** Isis M. Fernández Gómez. **Redacción – primera redacción:** Isis M. Fernández Gómez, Maryzury Valdés Ramos. **Redacción – revisión y edición:** Isis M. Fernández Gómez, Maryzury Valdés Ramos.

Acondicionamiento de fuentes radiactivas en desuso de radio-226

 Mercedes Salgado Mojena,  Niurka González Rodríguez,  Juan Miguel Hernández García
Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones
Calle 20 No. 4113 e/ 41 y 47, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba
cphrmercedes@ceinia.inf.cu

Resumen

El Hospital Universitario Nacional de Islandia almacenaba fuentes radiactivas en desuso de Ra-226. La Autoridad de Seguridad Radiológica de Islandia solicitó asistencia al Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) para el acondicionamiento de estas fuentes. El OIEA abrió una licitación y el Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) presentó una oferta, que fue aprobada. El objetivo era acondicionar las fuentes en desuso, que garantizara su almacenamiento en condiciones seguras, a espera de una gestión posterior por el Hospital. Las fuentes acondicionadas serían enviadas a una compañía extranjera, para su reciclaje. Las fuentes fueron caracterizadas y acondicionadas en una cápsula que cumple los requisitos de material radiactivo en forma especial, para su transporte. Las operaciones de acondicionamiento se ejecutaron de manera segura, amparadas en una Licencia otorgada al Hospital Universitario Nacional por la Autoridad Reguladora y bajo la supervisión del OIEA. La cápsula con las fuentes de Ra-226 quedó almacenada de forma segura en el Departamento de Oncología, lista para ser transportada.

Palabras clave: radio 226; reciclado; fuentes de radiaciones; protección radiológica; normas de seguridad.

Conditioning of radium-226 disused radioactive sources

Abstract

The National University Hospital of Iceland stored Ra-226 disused radioactive sources. The Icelandic Radiation Safety Authority requested assistance to the International Atomic Energy Agency (IAEA) for the conditioning of these sources. The IAEA opened a tender and the Radiation Protection and Hygiene Center (CPHR) presented an offer that was approved. The objective was to condition the disused sources to allow for safe storage, awaiting further management by the Hospital. The conditioned sources would be sent to a foreign company for recycling. The sources were characterized and conditioned in a Special Form Capsule for transportation. The operations were carried out safely and under the License granted to the National University Hospital by the Regulatory Body and with the supervision of the IAEA. The capsule with the Ra-226 sources was safely stored at the Department of Oncology ready to be transported.

Key words: radium 226; recycling; radiation sources; radiological protection; safety standards.

Introducción

En las décadas del 70 y 80 del siglo pasado, en el Departamento de Oncología del Hospital Universitario Nacional de Islandia se emplearon fuentes radiactivas de Ra-226 para tratamientos de braquiterapia. A inicios de los 90, siguiendo las recomendaciones internacionales, el Radio fue suspendido y sustituido por fuentes de otros radionucleidos más seguros (Cs-137, Co-60, Ir-192) y de materiales más resistentes. Varias fuentes de Ra-226 (aguja

y tubos de braquiterapia y fuentes de control), fueron declaradas en desuso y requerían ser acondicionadas para garantizar su almacenamiento seguro.

La Autoridad Reguladora de Islandia solicitó asistencia al Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) para el acondicionamiento de las fuentes y el OIEA abrió una licitación. El Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) presentó una oferta que fue aceptada. El objetivo era acondicionar las FRD de Ra-226 del Hospital Universitario Nacional de

Islandia, que garantizara su almacenamiento en condiciones seguras, a espera de una gestión posterior por el Hospital. La Autoridad Reguladora y el Hospital tomaron la decisión de enviar el Radio a una compañía extranjera para su reciclaje. Por lo que el bulto acondicionado debía cumplir los requisitos de transporte. Fue necesario entonces acondicionar las fuentes en una cápsula que cumpliera los requisitos de material radiactivo en forma especial [1]. Esta cápsula fue enviada previamente al Hospital por la compañía que recibiría el Ra-226. Cuando se hizo el acondicionamiento el contenedor de transporte no estaba en el Hospital, por lo que se tomaron las medidas pertinentes para garantizar la seguridad radiológica y física de la cápsula con las fuentes radiactivas durante su almacenamiento.

Descripción de las operaciones

Las actividades relacionadas con el acondicionamiento de las FRD de Ra-226 se describen a continuación.

Planificación de los trabajos

Primeramente se contactó a la Autoridad Reguladora para conocer los requisitos para solicitar la autorización para las operaciones. El Hospital debía presentar la solicitud, y el CPHR debía proporcionarle los documentos de apoyo necesarios.

Se preparó un plan de trabajo para todo el proyecto que incluyó:

- Desarrollo de una solución tecnológica para el acondicionamiento seguro de las FRD de Ra-226.
- Preparar el Plan de Acondicionamiento, que incluyera la evaluación de seguridad de la solución tecnológica propuesta y todos los documentos requeridos por la Autoridad Reguladora Nacional. Enviar los documentos al Hospital.
- Obtener las autorizaciones requeridas.
- Ejecutar las operaciones de acuerdo al Plan de Acondicionamiento.
- Preparar el Informe Final de las Operaciones y enviarlo al OIEA, al Hospital Universitario Nacional y a la Autoridad Reguladora de Islandia.

La solución tecnológica propuesta para el acondicionamiento de las FRD de Ra-226 ha sido recomendada por el OIEA [2, 3] e implementada en varios países desde los años 90. El proceso incluye varias etapas:

- Preparar puestos de trabajo con adecuado blindaje para proteger a los operadores durante la manipulación de las fuentes. Cubrir las áreas propensas a contaminación radiactiva (proveniente del Ra-226 y sus hijos) con plástico, para evitar su dispersión.
- Desmantelar los equipos para extraer las FRD asociadas.
- Caracterizar las FRD: medir los niveles de radiación y contaminación, estimar la actividad a partir de las tasas de dosis, verificar el número de serie y cualquier otra información grabada en las fuentes (si es posible).

- Encapsular las fuentes, sellar y verificar la cápsula.
- Almacenar la cápsula con las fuentes acondicionadas.

Esta metodología se describe detalladamente en el Plan de Acondicionamiento, que incluye además:

- Procedimientos específicos para cada etapa.
- Programa de Protección Radiológica, donde se realiza una evaluación del riesgo radiológico por la manipulación y acondicionamiento del Ra-226, se detallan las medidas de seguridad a tener en cuenta para garantizar la seguridad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) y del público.
- La evaluación de seguridad, que incluyó:
 - Análisis de seguridad usando la matriz de riesgo, se identificaron los eventos iniciadores de sucesos accidentales y las barreras de seguridad para prevenir accidentes o mitigar sus consecuencias,
 - Se identificaron 13 sucesos iniciadores (SI). Al aplicar la matriz de riesgo, solo uno se obtuvo con riesgo medio. Todos los SI tenían consecuencias bajas. El riesgo se consideró aceptable.
 - Se estimaron las dosis operacionales y en situaciones de emergencia radiológica.
 - Plan de respuesta a emergencias radiológicas, con las acciones a tomar en caso de ocurrencia de alguno de los SI identificados en el análisis de seguridad.

El Plan de Acondicionamiento y todos los documentos asociados fueron enviados al Hospital Universitario Nacional y a la Autoridad Reguladora, en apoyo a la solicitud de Licencia.

La Autoridad Reguladora de Islandia otorgó la Licencia al Hospital Universitario Nacional para las operaciones de acondicionamiento de las FRD de Ra-226. En esta Licencia se autoriza a los expertos de CPHR a ejecutar los trabajos.

Situación inicial en la instalación

Las actividades comenzaron con una reunión inicial, para coordinar las operaciones y definir las responsabilidades de cada parte. Se realizó una visita a la instalación donde se almacenaban las fuentes (figuras 1 y 2).

Se realizó una caracterización radiológica, según se describe en el Programa de Protección Radiológica con el fin de determinar el estado inicial de la instalación. Se midieron las tasas de dosis en diferentes puntos del área de almacenamiento y del pasillo aledaño a esta. Se tomaron frotas en la superficie de contenedores, dispositivos y en los locales de almacenamiento, para controles de contaminación. Las frotas fueron medidas en un área de bajo fondo radiactivo. Los resultados de la caracterización radiológica inicial fueron registrados. No se detectó contaminación radiactiva.



Figura 1. Contenedor y caja fuerte con fuentes de braquiterapia.



Figura 2. Dispositivos con fuentes de Ra-226

Planificación de las operaciones de acondicionamiento

El inventario de fuentes (cantidad e FRD y actividad) a acondicionar era conocido, e incluía fuentes de braquiterapia (categoría 4) y de control (categoría 5) [4]. La contraparte del Hospital proporcionó los registros históricos que corroboraban esta información y además contenían la ubicación de las fuentes dentro de las cajas fuertes.

Las fuentes de Ra-226 eran de baja actividad. La actividad total estaba por debajo de la actividad permitida en la cápsula, de acuerdo al certificado de material radiactivo en forma especial [1], por lo que una sola cápsula sería suficiente para colocar todas las fuentes.

Las operaciones de acondicionamiento se planificaron teniendo en cuenta que:

- El radionucleido de las fuentes y la actividad total debían ser grabados en la superficie de la cápsula antes de colocar las fuentes dentro (para minimizar las dosis a los TOE),
- El inventario de fuentes de braquiterapia era conocido (cantidad de fuentes y actividades),
- Las fuentes de control debían ser extraídas de los dispositivos donde estaban contenidas para poder acondicionarlas. No era posible conocer a priori si todos los dispositivos podían ser desmantelados y las fuentes acondicionadas.

Por esta razón se decidió comenzar las operaciones con el desmantelamiento de los dispositivos que tenían fuentes de control. Una vez que se conociera la cantidad y actividad de estas fuentes se sumaba a las de las fuentes de braquiterapia y esta información podía ser grabada en la cápsula, antes de colocar las fuentes.

Preparación de los puestos de trabajo

Se prepararon los puestos de trabajo para las operaciones:

- PT1, para el desmantelamiento de dispositivos y caracterización de las fuentes extraídas. Consistió en una mesa, cubierta con plástico. No se requirió blindaje por ser las actividades de las fuentes muy bajas. Estaban disponibles: las herramientas para desmantelar los dispositivos, un monitor de radiación y un contenedor para colocar temporalmente las FRD.
- PT2, para la manipulación y caracterización de las fuentes de braquiterapia. Se preparó frente a la caja fuerte de la pared, usando una mesa y blindajes disponibles en el lugar. Las superficies propensas a contaminación se cubrieron con plástico. Se definió un punto de medición para colocar las fuentes y a un metro de este se colocó el monitor de tasas de dosis.
- PT3, para el cierre y verificación de la cápsula. Se colocaron blindajes de plomo alrededor de la cápsula y las superficies fueron cubiertas con plástico. Las herramientas para la manipulación y cierre de la cápsula estaban disponibles.

Ensayos en frío del ensamblaje y cierre de la cápsula en forma especial

Para cumplir los requisitos de material radiactivo en forma especial [1], el ensamblaje y cierre de la cápsula debe realizarse siguiendo el Protocolo establecido.

Se revisó que todos los componentes de la cápsula, así como las herramientas para su manipulación y cierre estuvieran disponibles y en buen estado. Se verificó que la Hoja de Control de la cápsula contenía todos los datos referentes al control de calidad del fabricante y que los valores estaban dentro de la tolerancia aceptada. Se hicieron varios ensayos en frío del ensamblaje y cierre de la cápsula.

Desmantelamiento de dispositivos y extracción de las FRD

Varios dispositivos con fuentes de control fueron desmantelados. Las fuentes extraídas se caracterizaron y se colocaron temporalmente en un contenedor. La información sobre los dispositivos y las FRD fue registrada y se tomaron fotos de estos (figura 3).



Figura 3. Desmantelamiento de dispositivos y extracción de las fuentes

Uno de los dispositivos, Radium Standard, contenía una fuente en forma de lámina que no estaba hermética, al abrirlo se detectó que había contaminación en la fuente y partes del dispositivo, que se dispersó al puesto de trabajo y algunas herramientas. La fuente se colocó dentro de una bolsa plástica en un contenedor, para posteriormente acondicionarla en la cápsula. Las herramientas fueron descontaminadas y el plástico del puesto de trabajo se recogió como desecho radiactivo. Otro equipo (Simplex Universal Dosimeter), no pudo ser desmantelado, debido a que al hacer controles de contaminación se detectó contaminado en el exterior, y podía apreciarse un polvo dentro del mismo. Este polvo podía contaminar la instalación y se pondría en riesgo el resto de las operaciones de acondicionamiento. El equipo se colocó en una bolsa plástica y se almacenó en la instalación.

En total se desmantelaron 6 equipos. Conociendo la actividad de estas fuentes y la de las fuentes de braquiterapia, se tenía toda la información necesaria para grabar la cápsula.

Caracterización y encapsulado de las fuentes de braquiterapia

La caracterización de las FRD de braquiterapia se realizó en el PT2. Se comenzó con las fuentes almacenadas en la caja fuerte (figura 1). Se hicieron controles de contaminación. No se detectó contaminación en ninguna de las gavetas, ni las fuentes. Algunas FRD esta-

ban dentro de portafuentes, que fueron abiertos para extraerlas (figura 4).



Figura 4. Extracción de las FRD de los portafuentes.

Las fuentes fueron caracterizadas: se tomaron fotos de cada una; se realizaron controles de contaminación; se midió la tasa de dosis a 1m de la FRD para estimar la actividad. Los valores de actividad obtenidos se corresponden con los reportados en los registros históricos. Las FRD fueron transferidas a la cápsula.

Otras fuentes de braquiterapia se almacenaban en el contenedor color naranja, dentro de 3 contenedores de plomo (figura 1). No se detectó contaminación radiactiva en los controles realizados. Estas fuentes fueron transferidas (una a una) al PT2 para su caracterización (como se describió anteriormente). Las fuentes estaban dentro de cápsulas que tuvieron que ser abiertas para extraer las fuentes.

Todas las fuentes de braquiterapia fueron caracterizadas y encapsuladas. La información fue registrada y las fotos de cada fuente se adjuntaron al registro. Las fuentes de control también se colocaron en la cápsula.

Cierre y medición de la cápsula

Una vez completada la cápsula con las fuentes radiactivas, esta se cerró y verificó el sellado siguiendo el protocolo establecido (figura 5). Los resultados de los controles de verificación demostraron que la cápsula había quedado sellada y cumplía con los requisitos de material radiactivo en forma especial. Se completó y firmó la Hoja de Control.

Almacenamiento de la cápsula acondicionada

El contenedor de transporte no se había recibido en el Hospital cuando se realizó el acondicionamiento de las fuentes de Ra-226. La cápsula en forma especial, con las fuentes radiactivas fue colocada en un contenedor para su almacenamiento en la instalación (figura 5), garantizando condiciones de seguridad física y radiológica. La tasa de dosis máxima en la superficie del contenedor era de 3.9 mSv/h, por lo que se colocaron blindajes de plomo.



Figura 4. Extracción de las FRD de los portafuentes.

Control radiológico final

Al concluir los trabajos de acondicionamiento y estar la cápsula sellada y almacenada de manera segura, se realizaron controles radiológicos, según se describe en el Programa de Protección Radiológica. Se midieron las tasas de dosis en la instalación y el pasillo aledaño, así como en el local donde se realizan los tratamientos de braquiterapia. Los niveles medidos están en el mismo orden de los resultados obtenidos en la caracterización radiológica inicial.

Se tomaron frotas para los controles de contaminación en los contenedores, dispositivos, caja fuerte donde se almacenaron las fuentes, así como en los puestos de trabajo. Las frotas fueron medidas en una zona con bajo fondo radiactivo. Se realizaron mediciones directas a las herramientas, y otros objetos pequeños. Se detectó contaminación en el dispositivo que contenía la fuente contaminada y otros materiales que estuvieron en contacto con este o usados para descontaminar. Los materiales contaminados se almacenaron como desechos radiactivos. No se detectó contaminación en ninguna otra área de la instalación.

Dosis recibidas por los operadores

Como se describe en el PPR, los operadores usaron dosímetros TL de cuerpo entero y extremidades. Estos fueron evaluados en el Laboratorio de Dosimetría Ex-

terna de CPHR al finalizar la misión. Las dosis recibidas estuvieron por debajo de las restricciones de dosis establecidas en el PPR: dosis efectivas de 1 mSv y dosis equivalente en extremidades o en la piel de 10 mSv. Se usaron además dosímetros electrónicos personales de lectura directa con alarma durante las operaciones, que sirvieron para alertar al operador de incrementos en las tasas de dosis en los lugares de trabajo.

Conclusiones

Como resultado de los trabajos se puede concluir:

- Las fuentes de Ra-226 quedaron acondicionadas y almacenadas de manera segura, listas para ser transportadas a la empresa de reciclaje.
- Todas las fuentes fueron caracterizadas y la información registrada.
- La cápsula acondicionada fue cerrada y verificada de acuerdo al Protocolo, demostrando que cumple los requisitos de material radiactivo en forma especial.
- La buena coordinación entre todas las partes interesadas (la Autoridad Reguladora de Islandia, el Hospital Universitario Nacional, el OIEA y el CPHR) fue esencial para el éxito de las operaciones de acondicionamiento de las fuentes de Ra-226.
- El mantenimiento de los registros históricos brinda información esencial que facilita las operaciones y ayuda a garantizar la seguridad de las mismas.
- La adecuada planificación de los trabajos contribuyó a garantizar la seguridad de las operaciones.
- Los controles radiológicos demostraron que no quedó contaminación radiactiva en la instalación.

Referencias bibliográficas

- [1]. International Atomic Energy Agency (IAEA). Certificate of Competent Authority Special Form Radioactive Materials. Certificate USA/0696/S-96. Revision 8. Vienna: IAEA, 2020.
- [2]. International Atomic Energy Agency (IAEA). Management of Disused Sealed Radioactive Sources, IAEA Nuclear Energy Series, No. NW-T-1.3, Vienna (2014).
- [3]. International Atomic Energy Agency (IAEA). Conditioning and Interim Storage of Spent Radium Sources. IAEA-TECDOC-886. Vienna: IAEA, 1996.
- [4]. International Atomic Energy Agency (IAEA). Categorization of Radioactive Sources. IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.9. Vienna: IAEA, 2005.

Recibido: 12 de julio de 2023

Aceptado: 15 de julio de 2023

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización, ni la comunicación del presente trabajo.

CRedit /Gestión de proyectos: Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez, Juan Miguel Hernández García. **Conceptualización:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez, Juan Miguel Hernández García. **Análisis formal:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez, Juan Miguel Hernández García. **Conservación de datos:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez, Juan Miguel Hernández García. **Metodología:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez. **Obtención de financiación:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez. **Visualización:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez. **Redacción - primera redacción:** Mercedes Salgado Mojena. **Redacción - revisión y edición:** Niurka González Rodríguez. **Visualización:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez.

Perfeccionamiento de la asistencia médica para diagnóstico, prevención y control de las enfermedades endocrinas con el uso de buenas prácticas en la determinación de analitos

 María de Lourdes Morera Carrillo,  Ramón L. Rodríguez Cardona,  Gladys M. López Bejerano,  Manuel S. Fernández Rondón,
Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzadas, La Habana, Cuba;
mlourdes@aenta.cu

Resumen

En el trabajo se muestra el cumplimiento del concepto de calidad, de la Organización Mundial de Salud (OMS), al implementar y usar las “Buenas Prácticas”, (que se sustentan y están armonizadas con la Norma Internacional NC-ISO15189:2016), sus particularidades, requisitos generales, los beneficios inmediatos y a largo plazo que representan, para sus tres actores fundamentales, paciente, médico y analista.

Palabras clave: Cuba; enfermedades endocrinas; laboratorios; gestión de la calidad; salud pública; guías de reglamentación.

Improving medical care for the diagnosis, prevention and control of endocrine diseases with the use of good practices in the determination of analytes

Abstract

The work shows compliance with the concept of quality, of the World Health Organization (WHO), by implementing and using the "Good Practices", (which are supported and harmonized with the International Standard NC-ISO15189: 2016), its particularities, general requirements, the immediate and long-term benefits that they represent, for its three fundamental actors, patient, doctor and analyst.

Key words: Cuba; endocrine diseases; laboratories; quality management; public health; regulatory guides.

Introducción

En Cuba los servicios médicos no están vinculados a laboratorios certificados por la Resolución No 3/2015 del Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos (CECMED), de Buenas prácticas [1], solamente se certificaron por este concepto 3 laboratorios, y ninguno pertenecía al Ministerio de Salud Pública (MINSAP), estos fueron Laboratorio de la Defensa Civil, Laboratorios del Centro de Biología Molecular, y el laboratorio de determinación de Analitos del Centro de Isótopos (CENTIS).

Para dar robustez, a los resultados del laboratorio se combinan estos, con los otros medios diagnósticos, el Ultrasonido, y examen físico, uniéndose los tres actores fundamentales, médico, paciente y analista.

La definición de la Organización Mundial de Salud (OMS) [2], que más se identifica con esta normativa es la

siguiente; “con un mínimo de recursos, lograr un máximo de efectividad, un tratamiento seguro, oportuno.

Otro autor Donabedian (citado por Torres Samuel) [3] definió como los pilares de la calidad en servicios médicos a los siete atributos por los cuales se reconoce y juzga: eficacia, efectividad, eficiencia, optimización, aceptabilidad, accesibilidad, y legitimidad.

La figura que mostraremos a continuación, es tomado del Manual de la OMS 2016 [4].

La figura muestra tal como señala el manual, que en el laboratorio se realizan muchos procedimientos y procesos y cada uno de ellos debe llevarse a cabo de forma correcta para poder garantizar la exactitud y la fiabilidad de las pruebas. Un error en cualquiera de las partes del ciclo puede dar lugar a un mal resultado del laboratorio. Si se quiere garantizar la calidad, es necesario un método de detección de errores en cada fase.



Figura 1. Dependencia de la Tc (a) y las dimensiones de la celda elemental (b) con la dosis de exposición en cerámicas de YBCO irradiadas con ^{60}Co .

Materiales y métodos

Para la realización de este trabajo se utilizaron métodos y técnicas como la revisión documental, intercambio de información, y tormentas de ideas. Se introdujeron los requerimientos del contenido de gestión y técnico de normas nacionales adoptadas de organizaciones reconocidas internacionalmente como la Organización Internacional de Normas ISO, para la implementación de un sistema de Gestión de la Calidad Laboratorios Clínicos y normas internacionales entre ellas entre ellas NC-ISO 15189:2016 [5], ISO 22367, ISO 35001, Asimismo se manejaron métodos grupales, intercambios de experiencias con personal altamente calificado. Se aplicaron herramientas recomendadas por la literatura para la confección de la lista de chequeo. Adicionalmente se usaron métodos de elaboración de materiales docente para la preparación de personal médico, analistas y paramédicos. Se realizó una evaluación in situ de los locales destinados a la toma de muestra y archivos. Por último se armonizó el modelo de solicitud de análisis

con los requisitos preanalíticos de la norma, oficializándose este con el MINSAP.

Los hospitales objeto de estudio fueron el Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología (INOR) y Hospital Clínico Quirúrgico Docente "General Calixto García", que en sus departamentos de endocrinología y de medicina nuclear, brindan las muestras que serán procesadas para ensayos hormonales en el Centro de Isótopos (CENTIS), que tiene como encargo estatal realizar el Servicio de Determinación de Analitos (SDA), usando métodos de radioinmunoanálisis (RIA).

Resultados

1. Se logró la recertificación de las Buenas Prácticas por la regulación 3 del Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos (CEC-MEC).
2. Se fortalecieron las capacidades en NC-ISO 15189 y temas relacionados en los hospitales pilotos estudiados, en los especialistas, técnicos y médicos

vinculados al servicio de endocrinología, relacionados con el proyecto.

3. Se estrecharon vínculos en las partes interesadas pertinentes de las entidades hospitalarias MINSAP, CGDC, y CENTIS.
4. Se generaliza el proyecto al contratarse uno sectorial con el MINSAP, que gerencia la AENTA para certificar un laboratorio de Biología Molecular.
5. Mejoras en los modelos del MINSAP de la Serie 60 que fueron aprobados y oficializados para su correcta implementación en hospitales pilotos.
6. Elaboración de un Anexo para la Contratación de los servicios del CENTIS que minimice los errores en la etapa preanalítica.
7. Elaboración y monitoreo de plan de mejoras.
8. Diseños de cursos de calidad.

Referencias bibliográficas

- [1]. Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos (CECMED). Buenas Prácticas del CECMED. Resolución No 3/2020. La Habana: CECMED, 2020.
- [2]. Organización Mundial de Salud (OMS). Calidad de la Atención [internet]. OMS, 2023. Disponible en: https://www.who.int/es/health-topics/quality-of-care#tab=tab_1.
- [3]. TORRES SAMUEL M. INFOcalSER: Investigación en calidad del servicio, información y productividad. [blogs de internet]. Disponible en: <https://infocalser.blogspot.com/2011/10/modelo-de-calidad-de-la-atencion>.
- [4]. Organización Mundial de Salud (OMS). Sistema de Gestión de la calidad en el laboratorio: manual. OMS, 2016. Disponible en : [https:// apps.who.int/iris/handle/10665/252631](https://apps.who.int/iris/handle/10665/252631). ISBN 9789243548272
- [5]. Laboratorios Clínicos Requisitos para la calidad y competencia. NC-ISO 15189: 2016.

Recibido: 12 de julio de 2023

Aceptado: 15 de julio de 2023

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización, ni la comunicación del presente trabajo.

CRedit /Conceptualización: María de Lourdes Morera Carrillo. **Gestión de proyectos:** Ramón L. Rodríguez Cardona. **Análisis formal:** María de Lourdes Morera Carrillo, Ramón L. Rodríguez Cardona, Manuel S. Fernández Rondón. **Conservación de datos:** María de Lourdes Morera Carrillo. **Investigación:** María de Lourdes Morera Carrillo. **Supervisión:** Ramón L. Rodríguez Cardona, Manuel S. Fernández Rondón. **Metodología:** María de Lourdes Morera Carrillo. **Obtención de financiación:** María de Lourdes Morera Carrillo, Ramón L. Rodríguez Cardona. **Validación:** María de Lourdes Morera Carrillo. **Recursos:** María de Lourdes Morera Carrillo, Gladys M. López Bejerano. **Software:** María de Lourdes Morera Carrillo, Gladys M. López Bejerano. **Visualización:** María de Lourdes Morera Carrillo. **Escritura – borrador original:** María de Lourdes Morera Carrillo. **Redacción - primera redacción:** María de Lourdes Morera Carrillo. **Redacción – revisión y edición:** María de Lourdes Morera Carrillo.

Aplicaciones de las membranas amnióticas en Cuba: experiencias y perspectivas

 Adriana Díaz Curbelo,  Dania Rodríguez Nápoles,  Lisandra Morales Álvarez,
 Isabel M. Otero Abreu
Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN)
iotero@ceaden.edu.cu

Resumen

Las propiedades cicatrizantes, analgésicas y antimicrobianas de los apósitos de membrana amniótica (MA) han sido reportadas en la literatura científica desde inicios del siglo XX. Por otra parte, la MA facilita el crecimiento, adhesión, diferenciación y migración de las células epiteliales, constituyendo una opción ideal para la obtención de andamios biológicos biocompatibles, para su uso en medicina regenerativa y terapias avanzadas.

En el Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN), por más de 20 años, se ha implementado y validado una metodología para la producción MA radioesterilizada como dispositivo médico. Según la normativa vigente en Cuba este producto es considerado un dispositivo médico, clase III, debido a su origen. Sus múltiples propiedades beneficiosas permiten una recuperación mucho más rápida del paciente. Además, su fácil obtención y el relativo bajo costo de su producción hacen de la misma una alternativa muy valiosa sobre otros productos. Es por ello que ha sido empleada en varias instituciones hospitalarias para el tratamiento de diferentes afecciones oftalmológicas y dermatológicas, con resultados prometedores. Recientemente, el CEADEN participó en un proyecto financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) dirigido a la obtención de andamios biológicos y la ingeniería de tejidos. Además, está en ejecución un proyecto de investigación financiado por la Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada (AENTA) para la obtención y aplicabilidad de la MA como andamio biológico o natural.

Palabras clave: Cuba; ojos; piel; injertos; membranas fetales; salud pública; radioesterilización.

Applications of amniotic membranes in Cuba: experiences and perspectives

Abstract

The healing, pain relieving effect and antimicrobial properties of amnion grafts have been reported in the scientific literature since the beginning of the 20th century. Amniotic membrane (AM) is ideal for clinical and advanced therapies. It facilitates the growth, adhesion, differentiation, and migration of epithelial cells. It is an ideal biocompatible, biological scaffold for regenerative medicine applications and advanced therapies.

A validated methodology for the production of radio sterilized amniotic membrane as a medical device has been implemented at the Centre for Applied Technologies and Nuclear Development (CEADEN) for more than 20 years. According to actual Cuban standards, this product is a class III medical device, because of its origin. It has been employed in several ophthalmological and dermatological pathologies, with promising results. Due to its outstanding properties, AM is highly in demand, allowing a faster recovery of patients. In addition, it is relatively easy to obtain with low-cost production, transforming it into a valuable alternative to other products. Recently, CEADEN participated in project supported by the International Atomic Energy Agency (IAEA) focused on scaffolds and tissue engineering. In addition, it is developing a research project financed by the Agency for Nuclear Energy and Advanced Technologies (AENTA) with the aim of obtain and apply AM as a biocompatible scaffold.

Key words: Cuba; eyes; skin; grafts; fetal membranes fetales; public health; radiosterilization.

Introducción

La membrana amniótica (MA) es un tejido avascular y constituye la capa más interna de las membranas fetales, con un grosor variable entre 0,02 - a 0,5 cm. Reviste la lámina coriónica y la placenta y contribuye a la producción del líquido amniótico durante el período más temprano del desarrollo embrionario. Es una membrana resistente, delgada, semitransparente, rica en colágeno tipo I, III, IV, V, VI y VII, proteoglicano y otras glicoproteínas como laminina, fibronectina [1, 2] (figura. 1), entre otros componentes. Fue introducida en el campo de la salud humana en 1910, como sustituto de injerto cutáneo [3] y ha sido utilizada como una alternativa ideal, en la restauración de la piel y en cirugía reconstructiva oftálmica con una excelente relación costo-beneficio [4].

La actividad de Banco de Tejidos radioesterilizados en Cuba data de la década de los años 50 del siglo pasado y se ha fortalecido desde 1996 a partir de proyectos de cooperación en el marco del Programa: "Radiación y Bancos de Tejidos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)" [5] (INT/6/049, RLA/7/009, RLA6/062, RLA1018, entre otros). Como parte de esta colaboración y con el apoyo de la Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada (AENTA), se ha recibido capacitación, equipamiento e insumos. Las investigaciones realizadas han sido presentadas en eventos científicos nacionales e internacionales y publicadas en revistas científicas. Cuba pertenece a la Asociación Latinoamericana de Banco de Tejidos (ALABAT), ha formado expertos OIEA en la temática, participado activamente en la confección de documentos que rigen la actividad de producción de tejidos radioesterilizados y ha realizado talleres nacionales que aportan conocimiento a otras instituciones.

Los apósitos de MA humana radioesterilizada es uno de los dispositivos médicos producidos en el país, gracias a esa colaboración. El Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN) ha validado la metodología de producción [6], de acuerdo con los requisitos vigentes. Estos han sido empleados en diversas investigaciones, en cooperación con instituciones pertenecientes al Ministerio de Salud Pública (MINSAP).

El envejecimiento poblacional en Cuba es un hecho a enfrentar y con él un incremento de trastornos como las úlceras varicosas, las escaras, las enfermeda-

des oftálmicas, entre otras. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en 2019 en Cuba vivían con discapacidad producida por padecimientos de la piel y del tejido subcutáneo aproximadamente 417 personas por cada 100 000 habitantes [7]. Por otra parte, las quemaduras se han mantenido entre las primeras cinco causas de muerte por accidentes y constituyen la primera causa de morbilidad por accidentes domésticos. Entre los años 2009-2012 fueron hospitalizados, debido a quemaduras, 5096 adultos, y de ellos, 1485 fueron denotados con peligro para la vida debido a la profundidad y extensión de las lesiones sufridas [8]. En el país no se producen aloinjertos de piel, lo cual es una gran dificultad para el tratamiento del gran quemado. El empleo de los apósitos MA humana radioesterilizada posibilitaría recubrir las áreas de autoinjertos y de quemaduras leves, aportando alivio al paciente y mejorando las probabilidades de cicatrización. Por otra parte, de acuerdo con los datos aportados por la consulta de Flebolinfología del Instituto Nacional de Angiología y Cirugía Cardiovascular de Cuba, la tasa de prevalencia total de úlceras varicosas es elevada, de 7,9 por cada 1000 habitantes. De forma general, estas afecciones de salud aumentan los costos hospitalarios, reducen la calidad de vida de los pacientes, provocan afectaciones laborales y en muchos casos son dolencias de lenta evolución que podrían beneficiarse de la utilización de estos apósitos.

En el caso de las aplicaciones oftalmológicas, síndromes como el Stevens-Johnson o el penfigoide, los traumatismos químicos, las enfermedades degenerativas crónicas como el pterigión recurrente, las neoplasias y algunas infecciones pueden ocasionar defectos estructurales y funcionales de muy complicada resolución [9], donde la MA es una opción viable. Otras aplicaciones se extienden al campo de la ortopedia [10, 11] y otras patologías que pueden ser tratadas mediante el empleo de este producto [12-15], el cual ha demostrado su efectividad, posibilitando un ahorro importante de medicamentos y otros insumos.

Actualmente un nuevo campo de aplicación de la MA está siendo explorado, dada la necesidad de obtener andamios biológicos para utilizarlos en medicina regenerativa. Los andamios deben ser biocompatibles, biodegradables, brindar sustrato y soporte mecánico temporal de adhesión para las células facilitando su

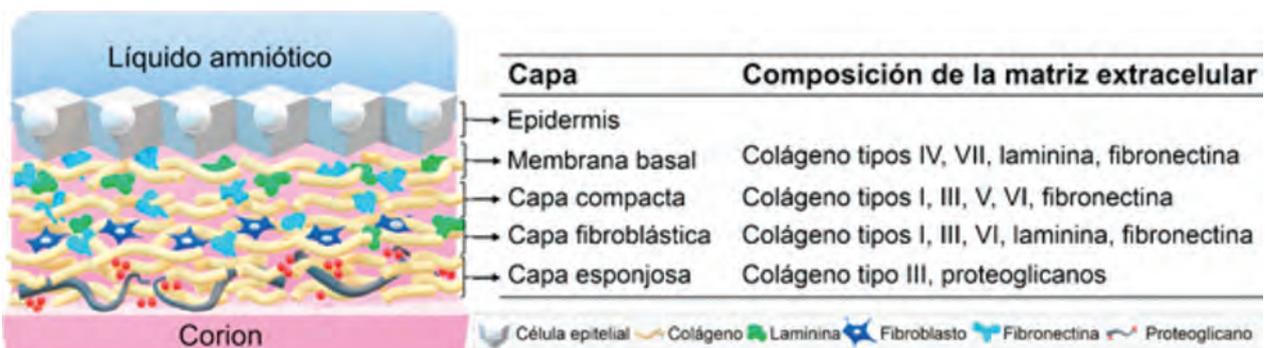


Figura 1. Composición de la matriz extracelular en las capas de MA (Tomado de LEAL MARÍN, et. al. 2021) [2].

funcionamiento, proliferación, diferenciación y migración para la formación de tejidos funcionales. Mundialmente la MA es uno de los primeros biomateriales utilizados como andamio, debido a su relativa alta disponibilidad, origen biológico, es inmunológicamente inerte debido a la ausencia de antígenos de superficie, por lo cual disminuye el riesgo de la aparición de una reacción de rechazo. Secreta varias proteínas antiinflamatorias, inhibe la producción de factores pro-inflamatorios y produce péptidos vasoactivos, factores de crecimiento y citoquinas. La MA actúa como promotor de la migración epitelial, la adhesión, la diferenciación y previene la apoptosis. Además es capaz de reducir la fibrosis, la formación de escaras y el dolor, presenta efectos antimicrobianos y promueve la cicatrización [1, 2] [16].

Asimismo, se han desarrollado investigaciones para la obtención y aplicación de andamios biológicos a partir de MA con resultados satisfactorios en estudios *in vitro* e *in vivo* tanto en animales como en humanos [10], [15, 16]. De esta manera, se espera que los andamios de MA sean reabsorbidos por los tejidos nativos, mediante un proceso de regeneración tisular, que incluya la recuperación de las funciones originales.

El presente trabajo pretende realizar un resumen de los resultados obtenidos, en el CEADEN, durante 20 años de producción de la MA radioesterilizada, como dispositivo médico. Así como, analizar los nuevos desafíos para el aumento de los niveles productivos de los apósitos de MA y la diversificación de productos derivados de la misma con nuevas aplicaciones, fundamentalmente, el campo de la medicina regenerativa.

2. Membranas amnióticas como apósitos biológicos, desarrollados por el CEADEN

2.1 Obtención y aplicación de los apósitos de MA

La MA radioesterilizada es un dispositivo médico categorizado, por su origen, de clase III, el más elevado según la evaluación establecida por el Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos (CECMED) [17]. Es por ello, que el primer paso a tener en cuenta para su elección y procuración debe ser la selección de la madre donante. Dicha selección es realizada por un especialista en coordinación de trasplantes que previamente obtiene su consentimiento informado. Se siguen, además, estrictos criterios de inclusión-exclusión y se garantiza su trazabilidad hasta su utilización por el usuario final. Mediante el programa de Atención Materno Infantil (PAMI) Cuba vela por la salud de sus embarazadas y tiene implantado un sistema de control sanitario durante toda la gestación [18] donde, entre otros indicadores de salud materno-infantil, se monitorea la presencia de HBsAg (virus de hepatitis B), VHC (virus de hepatitis C), VIH-1/2 (virus de inmunodeficiencia humana tipo 1 y tipo 2) y VDRL (sífilis), lo cual permite al especialista en coordinación de trasplantes seleccionar con mayor certeza aquellas donantes que cumplan con los requisitos de inclusión establecidos.

Previo a la procuración se repiten estas determinaciones, aumentando de esta manera la seguridad del tejido tanto para el personal que los procesa y emplea en los tratamientos, como para los pacientes receptores. Además, otro factor indispensable en el proceso es que aproximadamente el 100% de los partos ocurren en instituciones médicas, lo cual garantiza la calidad de la procuración.

Para certificar la calidad del producto final (apósito) en el CEADEN, el proceso de producción se realiza en el marco de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC), según la norma NC-ISO 13485 [19] y de acuerdo con los requisitos establecidos en la Guía para la Operación de Bancos de Tejidos [20], el Código de Prácticas para la Esterilización por Irradiación de Tejidos Humanos para Uso Clínico (CoP) [21] y otros aplicables. Con este fin, se establecieron los procedimientos normalizados y se realizó la validación de todo el proceso de producción. También se estableció la pertinencia del CoP propuesto por el OIEA para la determinación de la dosis radioesterilizante para el apósito [6], [22]. Se comparó la calidad obtenida y la carga microbiana de las MAs procedentes de parto fisiológico y cesárea y el efecto de diferentes dosis de radiación gamma sobre el espesor y permeabilidad de las membranas [6], [22]. Se concluyó que las MAs obtenidas de parto fisiológico pueden también ser procesadas dado que sus características no difieren significativamente y las cargas microbianas finales permiten aplicar dosis de radiación inferiores a la dosis máxima permisible de 20 kGy. Valores superiores afectan sustancialmente las características histológicas como disminución del grosor y aumento de permeabilidad de la membrana [6].

Las membranas procuradas son procesadas según los procedimientos y requisitos mencionados y la dosis de irradiación que se emplea para la esterilización se determinan de forma individual, para cada lote de producción [21]. Aquellos que sean consistentes con las especificaciones de calidad establecidas, son distribuidos a los hospitales junto a un manual de usuario, un certificado de calidad y planillas de desempeño para evaluar la aplicación clínica del apósito en cada paciente y garantizar la retroalimentación del productor con el cliente. Esta retroalimentación permite medir el desempeño del dispositivo, detectar posibles eventos adversos y conocer las necesidades del cliente.

Los apósitos de MA han sido utilizados, a pequeña escala, por algunos hospitales, obteniendo muy buenos resultados en lesiones cruentas de la piel y en cirugía reconstructiva oftálmica. Con ellos es posible cubrir áreas extensas, lo cual no se logra sólo con autoinjertos. Además, forman una barrera contra la invasión bacteriana y la deshidratación, promoviendo la epitelización y la neovascularización. Al recubrir las terminaciones nerviosas reducen el dolor, además, estimulan la formación de tejido de granulación sobre la lesión, preparándola para recibir los autoinjertos de piel. Los apósitos de MA favorecen una mejor calidad de la cicatrización y reducen el estrés fisiológico del paciente, en consecuencia, se realizan una menor cantidad de curaciones

y disminuyen el tiempo de estadía hospitalaria y el costo del tratamiento.

2.2 Niveles productivos de los apósitos de MA y desafíos

La tabla 1 muestra los envases producidos y el área total (en cm²) de apósito, obtenidos durante cinco años, en el CEADEN. El área es variable entre lotes, debido a que las dimensiones de las membranas procuradas varían en dependencia de disímiles factores como la edad, condiciones nutricionales de la gestante, cantidad de embarazos previos, entre otros. Se debe destacar que el número de lotes está determinado por la cantidad de partos de madres aptas para la donación, entre otros criterios que determinan la aceptación del tejido antes de su procesamiento. El número de envases obtenidos a partir de una MA depende del área procurada y del uso posterior del apósito. Por ejemplo los apósitos destinados a pacientes quemados deben ser lo más amplios posible, para aplicaciones oftalmológicas se cortan con una dimensión aproximada de 4 cm², mientras que para el tratamiento de úlceras estarán en el intermedio de ese rango (aproximadamente 25 cm²). La tabla 2 muestra la variabilidad observada entre los lotes.

Es difícil planificar o predecir la cantidad de amnios a procesar en un período, dado los estrictos criterios de selección de las donantes y la tendencia a la disminución de las tasas de natalidad y fecundidad. El sitio oficial de la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) en su Anuario Demográfico de Cuba 2022 [23], ofrece más detalles e informa que en ese año la tasa bruta de natalidad disminuyó hasta 8,6 por cada 1000 habitantes, con solo 95 403 nacimientos, de ellos 15 278 en La Habana, para una tasa de natalidad del 7,2, la más baja de todo el país. La tasa de fecundidad general fue de 39,2 por cada 1000 mujeres entre 15 y 49 años (tabla 3). Se aprecia la disminución paulatina de los nacimientos a nivel nacional y en la provincia de La Habana [23].

Tabla 1. Producción de apósitos de MA radioesterilizada, en el CEADEN, durante 5 años

Año	Envases obtenidos	Área total (cm ²)
2008	348	7559,2
2009	883	15055,55
2010	254	6256,6
2011	407	13143,21
2012	712	22036
Total	2604	64050,56

Tabla 2. Variabilidad entre lotes

Lote	# bolsas	Área (cm ²)
1	42	1072,43
2	10	287,44
3	32	820,38
4	17	561,34

5	38	783,8
6	32	593,86
7	25	748,46
8	31	690,12
9	12	502,17
10	22	619,89
11	20	816,57
12	11	632,02
13	14	636,36
14	16	513,97
15	19	781,63
16	17	964,87
17	15	690,94
18	18	746,77
19	16	680,19

Tabla 3. Indicadores de natalidad, años 2018-2022

Año	Tasa bruta de natalidad de Cuba/1000 hab	Total de nacidos vivos en Cuba	Tasa bruta de natalidad en La Habana/1000 hab	Total de nacidos vivos en La Habana	Tasa de fecundidad general/1000 mujeres
2018	10,4	116 333	9,3	19 823	44,3
2019	9,8	109 716	9,0	19 154	42,5
2020	9,4	105 038	8,5	18 187	41,5
2021	8,9	99 096	7,7	16 337	39,9
2022	8,6	95 403	7,2	15 278	39,2

En una instalación de banco de tejidos que cuente con la infraestructura necesaria y tenga implantado un SGC de acuerdo a la norma NC-ISO 13485 se pudieran alcanzar niveles productivos mayores. Se requiere un plan de concientización de las donantes potenciales, del personal que procura el tejido y de los que potencialmente pueden utilizarlo en el tratamiento de sus pacientes. El incremento de la producción no solo supliría las necesidades nacionales sino que podría ser un producto comercializable [2].

Alrededor del 50 % de la producción de los últimos 10 años se ha aplicado en el tratamiento de úlceras de diversas causas, en primer lugar las varicosas y en segundo las úlceras por presión. Un 30 % se ha destinado a procedimientos de oftalmología, un 18 % a la cura de pacientes quemados, principalmente pediátricos y el 2 % se ha utilizado en otras patologías (celulitis, heridas y pie diabético) (figura 2). En ningún caso se han reportado reacciones adversas, y se ha evidenciado la disminución del estrés del paciente y de los costos hospitalarios al reducirse el dolor, acelerarse la cicatrización y disminuir la cantidad de curaciones. Estos resultados fueron corroborados por una investigación donde se em-

pleó la terapia combinada de acupuntura láser con la aplicación de apósitos de MA radioesterilizada. Se obtuvo alivio del dolor en un 94 % de los pacientes tratados y se redujo la producción de exudado en el 100 % de los mismos, en las primeras semanas. Además, fue observada la aceleración de la cicatrización, mejoría de la calidad del tejido y disminución de la inflamación. En algunos casos se logró la cicatrización total de las lesiones [24].



Figura 2. Usos de los apósitos de MA radioesterilizada

El injerto de MA radioesterilizada ha sido utilizado en la cirugía de pterigium por varios cirujanos con excelentes resultados y bajos porcentajes de recurrencia [25, 26]. Actualmente, constituye la primera elección para el tratamiento de afecciones de la superficie ocular externa pudiendo ser utilizados como injerto definitivo o como parche ocluser transitorio, con el objetivo de lograr la reepitelización y la estabilización del espesor corneal. Asimismo, ha desplazado a la cirugía de conjuntiva como restauradora de la superficie ocular, siendo aplicada como injerto junto a los trasplantes de células límbicas [27, 28].

3. Andamios biológicos a partir de MA radioesterilizada

En el desarrollo de la actividad de banco de tejidos, surgió la especialidad de ingeniería de tejidos, la cual consiste en la combinación de células y sustratos como andamios, a partir de biomateriales (incluyendo tejidos) para mejorar o reemplazar funciones biológicas de tejidos y órganos dañados. El andamio debe reproducir las características de la matriz extracelular y las células deben diferenciarse de manera efectiva en presencia de factores de crecimiento [29]. Estos son utilizados en medicina regenerativa ofreciendo nuevas opciones de tratamientos para diferentes problemas de salud.

Los andamios son estructuras que proveen soporte a células o moléculas y promueven la formación de tejidos. El objetivo principal del uso de andamios es proporcionar una plantilla temporal, la cual se degrada por completo cuando las células se diferencian en un tejido similar al huésped. Estos biomateriales brindan un relleno para la lesión que se quiere tratar y facilitan el anclaje, la proliferación, la diferenciación y la migración celular, proveyendo el soporte mecánico temporal para el crecimiento de tejido nuevo con una orientación de estructura 3D y permitiendo la formación de tejidos funcionales. Un andamio ideal debe ser fácil de producir y manipular, biocompatible, biodegradable y poseer

propiedades mecánicas acordes al sitio donde se va a implantar [2].

La MA es un biomaterial utilizado con este fin por varios investigadores [8], [18-20] para la construcción de un soporte descelularizado sobre el cual se pueden colocar las células de interés para el tratamiento de distintas enfermedades. Una vez lograda la descelularización del tejido se requiere su caracterización mediante técnicas que permitan verificar su eficiencia, visualizar los componentes del andamio y monitorear el efecto del tratamiento empleado sobre la conservación de la estructura, los componentes extracelulares y las cualidades biomecánicas. También debe evaluarse la porosidad, biodegradabilidad, biocompatibilidad, así como, la diferenciación celular sobre el andamio, entre otros aspectos. Varias técnicas pueden ser empleadas con este fin como la microscopía, caracterización molecular (cuantificación de ADN, proteínas, colágeno), inmunohistoquímica, espectroscopía infrarroja, ensayos de hinchamiento, transparencia, pruebas mecánicas, evaluación de la toxicidad, entre otros [13], [30, 31]. Otro aspecto de gran importancia es la evaluación de la biofuncionalidad para el fin previsto mediante ensayos preclínicos y clínicos.

Actualmente, en el marco de un proyecto sectorial financiado por la Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada (AENTA) de Cuba se caracteriza un producto obtenido a partir de la MA, con el objetivo de emplearlo como andamio biológico in situ, de manera que células madre autólogas obtenidas de sangre periférica o de tejido adiposo sean capaces de proliferar y ayudar en la cura de úlceras de diferente origen. Igualmente, es objetivo, su aplicación en oftalmología mediante la implantación de células límbicas autólogas para la corrección de daños limbales.

4. Otras aplicaciones de las MA como andamios

Son muchas las posibilidades que tiene la MA para su uso en medicina regenerativa y que deberán ser objeto de futuras investigaciones [32]. Otros ejemplos recientes de su aplicación son en la reconstrucción de la cavidad oral para la corrección de defectos en la mucosa, del paladar y en cirugía temporomandibular. También en otorrinolaringología y cirugía reconstructiva facial. En ortopedia es un sustrato ideal para el cultivo de condrocitos promoviendo la regeneración de cartílagos e induciendo la osteogénesis por lo cual potencialmente podría ser utilizada en ingeniería regenerativa de huesos y dientes [33]. Además, se han cultivado sobre ella células para la reconstrucción del tejido urotelial [34], de vasos sanguíneos [35] entre otras posibilidades [32]. Es una membrana cuyas características varían entre las donantes e incluso dependen de la zona del saco amniótico de donde se obtuvo. Esto podría constituir una limitante en la reproducibilidad del producto final que se obtiene y debe ser mejor estudiado [35].

Conclusiones

Las MA radioesterilizadas son un producto promisorio para la salud pública en nuestro país, por su fácil obtención y relativo bajo costo, así como por sus múltiples ventajas y aplicaciones. Hasta el momento ha sido utilizada como apósito y una variante como andamio está en desarrollo para ser utilizado en una primera etapa en úlceras y para el trasplante de células lúmbicas. Otras aplicaciones podrán ser objeto de futuros proyectos de investigación con el fin de ampliar las posibilidades de tratamiento de diversas afecciones mediante la ingeniería de tejidos y la medicina regenerativa.

Agradecimientos

Los autores agradecen al OIEA y a la AENTA, el apoyo recibido en la capacitación, la ejecución de proyectos de investigación de nuevos desarrollos y para la producción de dispositivos médicos provenientes de la MA. También agradecen la participación de los centros hospitalarios que contribuyen al estudio de nuevas aplicaciones.

Referencias bibliográficas

- [1]. ARRIZABALAGA JH, NOLLERT MU. The human amniotic membrane: a versatile scaffold for tissue engineering. *ACS Biomater. Sci. Eng.* 2018; 4(7): 2226-2236. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.8b00015>.
- [2]. LEAL MARTÍN S, THOMAS K, NICOLA H, et. al. Human Amniotic Membrane: a review on tissue engineering, application, and storage. *J Biomed Mater Res.* 2021; 109(18):1198-1215.
- [3]. DAVIS JW. Skin transplantation with a review of 550 cases at the Johns Hopkins Hospital. *Johns Hopkins Med J.* 1910; 15:307.
- [4]. GUTIERREZ S, ALSINA M, SAMPIETRO L, PEDREGOSA S, AYALA P. Estudio coste-beneficio del trasplante de membrana amniótica para úlceras venosas de extremidades inferiores refractarias a tratamiento convencional. *Actas Dermosifiliográficas.* 2011; 102(4): 284-288. <https://doi.org/10.1016/j.ad.2011.01.003>.
- [5]. KAIRIYAMA E, MARTINEZ ME, SÁNCHEZ E, OTERO IM. Overview of radiation and tissue banking in Latin America. *Cell and Tissue Bank.* 2018; 19(2): 249-257.
- [6]. OTERO IM, RODRÍGUEZ D, YI D, SÁNCHEZ E. Apósitos de membrana amniótica radioesterilizados: una alternativa factible para el sistema de salud cubano. *Convención Internacional de salud: Cuba-Salud 2015.* ID: 1534.
- [7]. Organización Panamericana de Salud (OPS). Causas principales de mortalidad y pérdidas en salud de nivel regional, subregional y nacional en la Región de las Américas, 2000-2019. Organización Panamericana de Salud (OPS), 2021.
- [8]. MIQUET LM, VÁZQUEZ CL, RODRÍGUEZ RG, TAMARGO TO. Comportamiento del peso corporal durante la atención del paciente en una unidad de quemados. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición.* 2013; 23(1): 1561-2929.
- [9]. ORTEGA JM, CHAVES MJ, SALGADO A, PÉRES S. La membrana amniótica en oftalmología: del recubrimiento-injerto a la ingeniería tisular. *Rev Esp Inv Oftalmol* 2014; 4(2): 117-122.
- [10]. HASMAD H, YUSOF MR, MOHD RAZI ZR, et. al. Human amniotic membrane with aligned electrospun fiber as scaffold for aligned tissue regeneration. *Tissue Eng Part C Methods.* 2018; 24(6): 368-378. <https://doi.org/10.1089/ten.tec.2017.0447>.
- [11]. SABOURI L, FARZIN A, KABIRI A, et. al. Mineralized human amniotic membrane as a biomimetic scaffold for hard tissue engineering applications. *ACS Biomater. Sci. Eng.* 2020; 6(11): 6285-6298. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.0c00881>.
- [12]. NEJAD RA, HAMIDIEH AA, AMIRKHANI MA, SISAKHT MM. Update review on five top clinical applications of human amniotic membrane in regenerative medicine. *Placenta,* 2021; 103: 104-119. <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2020.10.026>
- [13]. FÉNELON M, CATROS S, MEYER C, et. al. Applications of human amniotic membrane for tissue engineering. *Membranes.* 2021; 11(6): 387. <https://doi.org/10.3390/membranes11060387>.
- [14]. HASHEMI SS, MOHAMMADI AA, MOSHIRABADI K, ZARDOSHT M. Effect of dermal fibroblasts and mesenchymal stem cells seeded on an amniotic membrane scaffold in skin regeneration: a case series. *J Cosmet Dermatol.* 2021; 20(1): 1-8. <https://doi.org/10.1111/jocd.14043>.
- [15]. NOURI M, EBRAHIMI M, BAGHERI T, et. al. Healing effects of dried and acellular human amniotic membrane and Mepitelas for coverage of skin graft donor areas: a randomized clinical trial. *Bull Emerg Trauma.* 2018; 6(3): 1955-200. <https://doi.org/10.29252/beat-060302>.
- [16]. FITRIANI N, WILAR G, NARSA AC, et. al. Application of amniotic membrane in skin regeneration. *Pharmaceutics* 2023; 15(3): 748. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15030748>.
- [17]. Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos. (CECMED). Evaluación estatal de equipos y dispositivos médicos. Regulación E 86-16. La Habana: CECMED, 2016.
- [18]. SANTANA MC, ESQUIVEL M, HERRERA VR, et. al. Atención a la salud materno-infantil en Cuba: logros y desafíos. *Rev Panam Salud Publica.* 2018; 42: e27. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.27>.
- [19]. NC-ISO 13485:2018. Equipos Médicos –Sistemas de Gestión de la Calidad-Requisitos para propósitos reguladores. 2018
- [20]. ÁLVAREZ SALDÍAS I. Guía para la operación de bancos de tejidos. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2013.
- [21]. KAIRIYAMA E. Código de prácticas para la esterilización por irradiación de tejidos humanos para uso clínico: requisitos para la validación y control de rutina. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2013.
- [22]. OTERO IM, BARRERA, L, RODRÍGUEZ D. Sterilization of amnion grafts under code of practice of radio-sterilization application. *Nucleus.* 2004; (35): 48-51.
- [23]. Oficina Nacional de Estadística e Información de la República de Cuba (ONEI). Anuario Demográfico de Cuba 2022. La Habana: ONEI, Julio 2023.
- [24]. ORELLANA A, OTERO IM, RAPADO M, et. al. Evaluación clínica de las tecnologías combinadas de láser-amnio y láser-hidrogel para el tratamiento de úlceras venosas de miembros inferiores. *Actas de Congreso Cuba-Salud.* 2015. ID:1476.
- [25]. ARAGONÉS B. Utilización de la membrana amniótica radioesterilizada en cirugía de pterigium. *Rev Cubana Oftalmol.* 2006; 19(2).
- [26]. FERNÁNDEZ K, GÓMEZ Z, CASTILLO A, et. al. Autoinjerto conjuntival y membrana amniótica en la cirugía del pterigión primario. *Rev Cubana Oftalmol.* 2012; 25(2).
- [27]. HERNÁNDEZ Y, PÉREZ Z, LEÓN Y, et. al. Recubrimiento conjuntival en afecciones corneales. *Rev Cubana Oftalmol.* 2018; 31(4).
- [28]. RODRÍGUEZ DE Paz U. Autoinjerto limboconjuntival con membrana amniótica en la insuficiencia lúmbica total unilateral. *Rev Cubana Oftalmol.* 2014; 27(4): 640-646.
- [29]. FERDOUS K, MASARU T, SHEIKH A. Fabrication of polymeric biomaterials: a strategy for tissue engineering and medical devices. *Journal of Materials Chemistry B.* 2015; 3: 8224- 8249.
- [30]. TAGHIABADI E, NASRI S, SHAFIEYAN S, et. al. Fabrication and characterization of spongy denuded amniotic membrane based scaffold for tissue engineering. *Cell J.* 2015; 16(4): 476-487.
- [31]. SRIPRIYA R, KUMAR R. Denaturation of human amniotic membrane by a novel process and its characterizations for biomedical applications. *Prog Biomater.* 2016; 5:161-172. <https://doi.org/10.1007/s40204-016-0053-7>.
- [32]. ELKHENANY H, EL DERBY A, ELKODOUS MA, et. al. Applications of the amniotic membrane in tissue engineering and regeneration: the hundred year challenge. *Stem Cell Research & Therapy.* 2022; 13:8. <https://doi.org/10.1186/s13287-021-02684-0>.
- [33]. CHEN YJ, CHUNG MC, JANE YAO CC, et. al. The effects of acellular amniotic membrane matrix on osteogenic differentiation and ERK1/2 signaling in human dental apical papilla cells. *Biomaterials,* 2012; 33: 455-463.

- [34]. JERMAN UD, VERANI P, KREFT ME. Amniotic membrane scaffolds enable the development of tissue-engineered urothelium with molecular and ultrastructural properties comparable to that of native urothelium. *Tissue Engineering: Part C*. 2014; 20(4): 317-327. <https://doi.org/10.1089/ten.tec.2013.0298>.
- [35]. AMENSAG S, MCFETRIDGE PS. Rolling the human amnion to engineer laminated vascular tissues. *Tissue Engineering: Part C*. 2012; 18(11): 903-912. <https://doi.org/10.1089/ten.tec.2012.0119>

Recibido: 12 de julio de 2023

Aceptado: 15 de julio de 2023

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización, ni la comunicación del presente trabajo.

CRedit /Conceptualización: Isabel M. Otero Abreu, Adriana Díaz Curbelo. **Curación de datos:** Isabel M. Otero Abreu, Dania Rodríguez Nápoles. **Análisis formal:** Isabel M. Otero Abreu, Dania Rodríguez Nápoles, Adriana Díaz Curbelo. **Adquisición fondos:** Isabel M. Otero Abreu, Dania Rodríguez Nápoles, Adriana Díaz Curbelo. **Investigación:** Isabel M. Otero Abreu, Dania Rodríguez Nápoles, Adriana Díaz Curbelo, Lisandra Morales Álvarez. **Metodología:** Isabel M. Otero Abreu, Adriana Díaz Curbelo. **Administración del proyecto:** Isabel M. Otero Abreu, Adriana Díaz Curbelo. **Supervisión:** Isabel M. Otero Abreu, Adriana Díaz Curbelo. **Validación:** Isabel M. Otero Abreu, Dania Rodríguez Nápoles. **Visualización:** Isabel M. Otero Abreu, Dania Rodríguez Nápoles, Adriana Díaz Curbelo. **Escritura – borrador original:** Isabel M. Otero Abreu, Adriana Díaz Curbelo. **Redacción – revisión y edición:** Adriana Díaz Curbelo, Lisandra Morales Álvarez.

Revistas certificadas

como Publicaciones Seriadadas Científico–Tecnológicas

2023

Cuba & Caña.....	AZCUBA
Anuario del Centro de Estudios Martianos	CE
Acta Botánica Cubana	CITMA
Anuario L/L. Estudios Lingüísticos	CITMA
Anuario L/L. Estudios Literarios	CITMA
Avances.....	CITMA
Avanzada Científica	CITMA
Biotecnología Aplicada	CITMA
Boletín Científico Técnico INIMET	CITMA
Boletín del Archivo Nacional	CITMA
Ciencia en su PC.....	CITMA
Ciencias de la Información.....	CITMA
Ciencias de la Tierra y el Espacio	CITMA
Ciencias Holguín	CITMA
Cubazoo	CITMA
Granma Ciencia	CITMA
Hombre, Ciencia y Tecnología	CITMA
Infociencia.....	CITMA
Innovación Tecnológica	CITMA
Isla, Ciencia y Tecnología	CITMA
Memorias de Geoinfo.....	CITMA
Normalización.....	CITMA
Nucleus	CITMA
Revista Cubana de Ciencias Sociales	CITMA
Revista Cubana de Filosofía	CITMA
Revista Cubana de Meteorología	CITMA
Serie Oceanológica.....	CITMA
Temas de Economía Mundial	CITMA
VacciMonitor	CITMA
Cuba: Investigación Económica.....	MEP
Arquitectura y Urbanismo.....	MES
Centro Agrícola	MES
Cuban Journal of Agricultural Science.....	MES
Cultivos Tropicales	MES
Ingeniería Energética	MES
Ingeniería Industrial	MES
Investigación Operacional	MES
Islas	MES

Revistas certificadas

Minería y Geología	MES	Revista Forestal Baracoa.....	MINAG
Novedades en Población	MES	Investigaciones Medicoquirúrgicas	MINAG
Pastos y Forrajes	MES	Ciencia y Tecnología de Alimentos.....	MINAL
Pedagogía Universitaria	MES	Cubaenvases	MINAL
Retos Turísticos	MES	Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras	MINAL
Revista CENIC Ciencias Biológicas	MES	ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar	MINAZ
Revista CENIC Ciencias Químicas	MES	INFOMIN	MINBAS
Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias	MES	Anuario de Investigaciones Culturales.....	MINCULT
Revista Cubana de Ciencia Agrícola	MES	Bibliotecas.....	MINCULT
Revista Cubana de Educación Superior	MES	Catauro.....	MINCULT
Revista Cubana de Química	MES	Clave.....	MINCULT
Ingeniería Mecánica	MES	Siga La Marcha.....	MINCULT
Revista de Protección Vegetal	MES	Temas.....	MINCULT
Revista de Salud Animal	MES	Órbita Científica	MINED
Revista del Jardín Botánico Nacional	MES	Varona.....	MINED
Santiago	MES	Pedagogía Profesional	MINED
Tecnología Química	MES	Revista IPLAC	MINED
Universidad de La Habana	MES	Luz	MINED
Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones ...	MES	Transformación.....	MINED
Universidad y Sociedad.....	MES	Maestro y Sociedad	MINED
Centro Azúcar	MES	Pedagogía y Sociedad.....	MINED
Ingeniería Hidráulica y Ambiental	MES	Revista Cubana de Medicina Militar	MINFAR
Biotecnología Vegetal	MES	Investigaciones Medicoquirúrgicas	MININT
Economía y Desarrollo	MES	Anuario del Centro de Investigaciones Jurídicas	MINJUS
Cofin Habana	MES	ACIMED	MINSAP
Anuario de la Facultad de Ciencias Económicas		Acta Médica del Centro.....	MINSAP
y Empresariales	MES	Anuario Científico CECMED	MINSAP
Revista de Producción Animal.....	MES	Archivo Médico de Camagüey.....	MINSAP
Retos de la Dirección	MES	Correo Científico Médico.....	MINSAP
Revista Cubana de Ingeniería	MES	Educación Médica Superior.....	MINSAP
Congreso Universidad.....	MES	Folia Dermatológica Cubana	MINSAP
Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias	MES	Gaceta Médica.....	MINSAP
Estudios de Desarrollo social: Cuba y América Latina	MES	Humanidades Médicas.....	MINSAP
Revista de Arquitectura e Ingeniería.....	MICONS	Medi Ciego	MINSAP
Agrotecnia de Cuba	MINAG	Medicentro Electrónica	MINSAP
Café Cacao	MINAG	Medisan.....	MINSAP
Ciencia y Tecnología Ganadera.....	MINAG	MEDISUR	MINSAP
Citrifrut.....	MINAG	Panorama. Cuba y Salud	MINSAP
Fitosanidad.....	MINAG	Revista del Hospital Psiquiátrico de La Habana	MINSAP
Revista Computarizada de Producción Porcina.....	MINAG	Revista Cubana de Farmacia.....	MINSAP
Revista Cubana de Ciencia Avícola	MINAG	Revista Cubana de Anestesiología	
Revista Cubana del Arroz	MINAG	y Reanimación.....	MINSAP

Revista Cubana de Angiología y Cirugía Vasular	MINSAP	Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación	MINSAP
Revista Cubana de Cirugía	MINSAP	Acuacuba	MIP
Revista Cubana de Endocrinología	MINSAP	Transporte, Desarrollo y Medio Ambiente	MITRANS
Revista Cubana de Enfermería	MINSAP	Estudio	UJC
Revista Cubana de Estomatología	MINSAP		
Revista Cubana de Genética Comunitaria	MINSAP		
Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Medicina Transfusional	MINSAP		
Revista Cubana de Higiene y Epidemiología	MINSAP		
Revista Cubana de Informática Médica	MINSAP		
Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas	MINSAP		
Revista Cubana de Medicina	MINSAP		
Revista Cubana de Medicina General Integral	MINSAP		
Revista Cubana de Medicina Tropical	MINSAP		
Revista Cubana de Obstetricia y Ginecología	MINSAP		
Revista Cubana de Oftalmología	MINSAP		
Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología	MINSAP		
Revista Cubana de Pediatría	MINSAP		
Revista Cubana de Plantas Medicinales	MINSAP		
Revista Cubana de Reumatología	MINSAP		
Revista Cubana de Salud Pública	MINSAP		
Revista Cubana de Salud y Trabajo	MINSAP		
Revista de Ciencias Médicas de La Habana	MINSAP		
Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río	MINSAP		
Revista de Información Científica	MINSAP		
Revista Electrónica "Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta"	MINSAP		
Revista Habanera de Ciencias Médicas	MINSAP		
Revista Médica Electrónica	MINSAP		
Revista Cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular	MINSAP		
Finlay	MINSAP		
Edumecentro	MINSAP		
CorSalud	MINSAP		
Revista Cubana de Ciencias Informáticas	MINSAP		
Multimed	MINSAP		
Revista Cubana de Alimentación y Nutrición	MINSAP		
Revista Cubana de Neurología y Neurocirugía	MINSAP		

Instrucciones a los AUTORES para publicar en nucleus

Para la redacción de los manuscritos a publicar en las secciones de **Ciencias Nucleares e Innovación Tecnológica**

- Los artículos originales deben tener una extensión máxima de 10 cuartillas (a una columna) incluidas tablas (un máximo de 5) e ilustraciones (un máximo de 5). Se enviarán por correo electrónico, en Word y en Arial 12 a 1,5 espacios, o entregar en la propia redacción de la revista en soporte electrónico. El total de líneas por páginas es 30 como máximo.
- Los artículos tendrán el siguiente orden: Resumen (español e inglés), Introducción, Materiales y métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones, Recomendaciones (opcional), Agradecimientos (opcional), Referencias bibliográficas. Estas secciones deben estar bien definidas, aunque no necesariamente con subtítulos. No se escribirá punto al final de los subtítulos de las diferentes secciones.
- Cada trabajo deberá acompañarse de una carta firmada por el autor correspondiente, donde se declare que no existe **Conflicto de Intereses** entre los autores y además donde se confirme que dicho trabajo no se ha enviado a otra publicación con anterioridad.
- Los artículos están sujetos a arbitraje y a la aprobación del Consejo Editorial.
- Las contribuciones a la Revista se divulgan sin costo alguno para los autores. Una vez aceptados para su aprobación, los derechos de reproducción (copyright) son propiedad de la casa editorial.

Autor (es): Especificar nombres y dos apellidos así como la institución de procedencia.

Título: No debe exceder de 120 letras, o 20 palabras, ni contener abreviaturas, fórmulas químicas, ni nombres patentados (en lugar de genéricos). Como caso excepcional se aceptará la inclusión de siglas de uso común y generalizado en la literatura científico-técnica internacional. El título debe aparecer en español e inglés.

Resumen: No debe exceder de 250 palabras, ni contener siglas, abreviaturas ni referencias bibliográficas. Como caso excepcional se aceptará la inclusión de siglas de uso común y generalizado en la literatura científico-técnica internacional. Debe indicar los objetivos principales y alcance de la investigación, describir los métodos empleados, resumir los resultados y enunciar las conclusiones principales. Debe aparecer escrito en estilo impersonal, en pretérito, en español e inglés.

Se reflejará el contenido del documento a partir de 3 a 10 palabras claves al pie del resumen y en orden de importancia. Se escribirán en español, al pie del resumen en español y en inglés, al pie del resumen en idioma inglés. Por su parte el INIS insertará los descriptores correspondientes a la indización de cada trabajo.

ORCID: (código de identificación única para los investigadores): Representa una identificación inequívoca de un autor de una publicación. Este código es gratuito y para adquirirlo es necesario registrarse en el sitio <https://orcid.org/register>.

Introducción: Exponer con toda la claridad posible, la naturaleza y alcance de la investigación, revisar las publicaciones pertinentes, indicar el método de investigación si se estima necesario, mencionar los principales resultados de la investigación y expresar la conclusión o conclusiones principales sugeridas por los resultados.

Materiales y métodos: La mayor parte de esta sección se debe escribir en pasado y dar toda clase de detalles. La finalidad principal es describir y que los resultados sean reproducibles. En los materiales hay que incluir las especificaciones técnicas y las cantidades exactas, así como la procedencia o el método de preparación. Se deben emplear los nombres genéricos o químicos.

Resultados: Se debe hacer una descripción amplia, clara y sencilla de los experimentos, ofreciendo un panorama general pero sin repetir los detalles experimentales de los Materiales y Métodos. Se deben presentar los datos más representativos. La exposición se debe redactar en pretérito.

Discusión: Se deben presentar de forma expositiva los principios, relaciones y generalizaciones que los Resultados indican. Se deben señalar las excepciones o las faltas de correlación y delimitar los aspectos no resueltos. Mostrar cómo concuerdan (o no) los resultados e interpretaciones con los trabajos anteriormente publicados. Se deben exponer las consecuencias teóricas del trabajo y sus posibles aplicaciones prácticas. Resuma las pruebas que respaldan cada conclusión. Los tiempos verbales oscilarán entre el presente y el pasado.

Conclusiones: Se deben formular de forma clara y ordenada. No deberán incluir referencias bibliográficas.

Recomendaciones (opcional): Se deberá cuidar de reflejar solamente aquellas que consideren opciones para lograr un mayor desarrollo en la temática reflejada en el artículo y que resulten factibles de ejecutar.

Agradecimientos (opcional): Se debe agradecer cualquier ayuda científico-técnica importante recibida de cualquier persona que haya colaborado en el desarrollo del trabajo. Entre otros aportes se pueden considerar la provisión de equipos, materiales especiales, así como la participación significativa en la revisión y presentación del artículo.

Referencias bibliográficas: Todos los documentos consultados se hacen constar al final del trabajo bajo el epígrafe Referencias bibliográficas. No se usan notas al pie de página. Se deben enumerar solo obras importantes y publicadas e incluir, de forma priorizada, trabajos de publicación reciente. Los trabajos originales no sobrepasarán las 20 citas; las revisiones, de 25 a 50. Se deben cotejar todas las partes de cada referencia contra la publicación original antes de presentar el artículo. Las referencias se deben enumerar en el texto con números arábigos, entre corchetes, en el lugar en

que se apliquen y siguiendo un orden de aparición consecutivo. Las referencias, con todos los datos requeridos (apellido, nombre del autor (es), título del trabajo, título de la publicación, año; volumen, número de la publicación, página inicial–página final), se incluirán después de las Conclusiones, o de los Agradecimientos, en caso de existir estos últimos. Si tiene 5 o más autores, se mencionarán los 4 primeros, seguidos de «et al.». Los títulos de las publicaciones periódicas se deben adecuar al sistema INIS (véase IAEA–INIS–11).

A continuación, a modo de ejemplo, se presentan dos referencias de trabajos en publicaciones periódicas:

[12] HILLEGONDS DJ, FRANKLIN S, SHELTON DK, VIJAYAKUMAR S, VIJAYAKUMAR V. The Management of Painful Bone Metastases with an Emphasis on Radionuclide Therapy. *J. Natl. Med. Assoc.* 2007; (99): 785–794.

[24] SRIVASTAVA SC. Treatment of joint and bone pain with electron emitting radiopharmaceuticals. *Indian J. Nucl. Med.* 2004; 19(3): 89–97.

Las referencias a trabajos publicados en Memorias de un evento deberán incluir la siguiente información: apellido, nombre del autor (es), título del trabajo; memorias de que evento (su denominación en el idioma original o transliteración en caso de idioma con alfabeto distinto al latino), lugar y fecha de la realización del mismo, así como entidad organizadora del evento y fecha de la publicación. A continuación se ofrecen referencias, a modo de ejemplo:

[13] WHITE JR, CHAPMAN DM, BISWAS D. Fuel Management Optimization Based on Generalized Perturbation Theory. *Proceedings of the Conference on Advances in fuel Management.* Toronto, Canada, June 9–12 1986. Canadian Nuclear Society. 1986.

[4] DI GEORGIO M. Respuesta multidisciplinaria desarrollada en Argentina ante un suceso radiológico. VIII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear. I Congreso Latinoamericano del IRPA. V Congreso Nacional de Protección Radiológica. 11 al 15 de octubre 2010. Medellín, Colombia. 2010.

Las referencias a trabajos de revistas en Internet deben incluir: Los autores (4 como máximo, et al). Título del artículo. Abreviatura de la revista. Año ; Volumen (número): páginas. Disponible en: URL del artículo. A modo de ejemplo:

[17] GUPTA M, CHOUDHURY PS. Systemic radionuclide therapy for bone pain palliation in cancer patients. *Cancer News.* 2014, (consultado 20 de Jun 2016). 18(2): 12–14. Disponible en: <http://www.rgcirc.org/UserFiles/cancer-news-june-2014.pdf>

Contribución de autoría (CREDIT): Los roles de autoría serán identificados en el orden siguiente, se incluye a cada autor en el rol que le corresponde y omitiendo los roles que no procedan en cada caso:

1. Conceptualización: xxxxxx
2. Curación de datos: xxxxxx
3. Análisis formal: xxxxxx
4. Adquisición de fondos: xxxxxx
5. Investigación: xxxxxx
6. Metodología: xxxxxx

7. Administración del proyecto: xxxxxx
8. Recursos: xxxxxx
9. Software: xxxxxx
10. Supervisión: xxxxxx
11. Validación: xxxxxx
12. Visualización: xxxxxx
13. Redacción – borrador original: xxxxxx
14. Redacción – revisión y edición: xxxxxx

Cada rol se define de la siguiente forma:

1. **Conceptualización:** ideas; formulación o evolución de los objetivos y metas generales de la investigación.
2. **Curación de datos:** actividades de gestión para anotar (producir metadatos), depurar datos y mantener los datos de la investigación (incluido el código de software, cuando sea necesario para interpretar los propios datos) para su uso inicial y su posterior reutilización.
3. **Análisis formal:** aplicación de técnicas estadísticas, matemáticas, computacionales u otras técnicas formales para analizar o sintetizar datos de estudio.
4. **Adquisición de fondos:** adquisición del apoyo financiero para el proyecto que conduce a esta publicación.
5. **Investigación:** realización de una investigación y proceso de investigación, realizando específicamente los experimentos, o la recolección de datos/evidencia.
6. **Metodología:** desarrollo o diseño de la metodología; creación de modelos.
7. **Administración del proyecto:** responsabilidad de gestión y coordinación de la planificación y ejecución de la actividad de investigación.
8. **Recursos:** suministro de materiales de estudio, reactivos, materiales, pacientes, muestras de laboratorio, animales, instrumentación, recursos informáticos u otras herramientas de análisis.
9. **Software:** programación, desarrollo de software; diseño de programas informáticos; implementación del código informático y de los algoritmos de apoyo; prueba de los componentes de código existentes.
10. **Supervisión:** responsabilidad de supervisión y liderazgo en la planificación y ejecución de actividades de investigación, incluyendo la tutoría externa al equipo central.
11. **Validación:** verificación, ya sea como parte de la actividad o por separado, de la replicabilidad/reproducción general de los resultados/experimentos y otros productos de la investigación.
12. **Visualización:** preparación, creación o presentación del trabajo publicado, específicamente la visualización/presentación de datos.
13. **Redacción–borrador original:** preparación, creación o presentación del trabajo publicado, específicamente la redacción del borrador inicial (incluyendo la traducción sustantiva).
14. **Redacción – revisión y edición:** preparación, creación o presentación del trabajo publicado por los miembros del grupo de investigación original, específicamente revisión crítica, comentario o revisión – incluyendo las etapas previas o posteriores a la publicación.

Abreviaturas, siglas y símbolos: Deben ser los aceptados internacionalmente. Las abreviaturas y siglas se deben explicar la primera vez que se mencionan. Los símbolos y caracteres griegos, al igual que los subíndices y supraíndices, se deben definir claramente. Los símbolos que no sean de uso corriente deberán ser descritos con claridad en el texto.

Tablas: Se deben ordenar con numeración arábica e incluirse al final del trabajo. No se pondrá punto al final del encabezamiento de la tabla.

Figuras: Los términos, las abreviaturas y los símbolos utilizados en las figuras deben ser los mismos que aparecen en el texto. No se utilizarán caracteres, ni símbolos poco frecuentes (son preferibles los círculos, cuadrados o triángulos en blanco o rellenos). Si son muy complejos se deben aclarar en una leyenda concisa. Los símbolos y caracteres deben ser claros y de tamaño suficiente, de manera que al reducirlos para la publicación sean legibles. Cuando se confirme que el número a publicar de la revista incluirá la variante impresa, para la diferenciación de varias curvas que concurren en una misma figura no se utilizarán colores, sino diferentes tipos de caracteres.

Ecuaciones y fórmulas: Las ecuaciones matemáticas se deben escribir en letras cursivas, con precisión, en especial los subíndices y supraíndices. Evite el uso de exponentes complicados y la repetición de expresiones elaboradas.

El significado de los símbolos se explica debajo de la ecuación. En la descripción de los símbolos se utilizan dos puntos (:).

Ejemplo:

$$e = v.t$$

donde:

e: Espacio recorrido

v: Velocidad

t: Tiempo

El producto de dos o más unidades en forma de símbolos se indica con una cruz (x) como signo de multiplicación.

Ejemplo:

N x m (Newton metro)

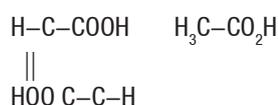
T x km (toneladas kilómetro)

En la división de unidades expresada en símbolos, se utiliza la línea horizontal (—), la línea oblicua (/) o las potencias negativas.

Ejemplo:

km/m, km x h⁻¹

En las fórmulas químicas los enlaces deben ir centrados y lo más unido posible a los átomos que se enlazan.



Unidades: Como norma general se deberá emplear el Sistema Internacional de Unidades y prescindir de símbolos y abreviaturas inadecuados.

Escritura de números

1. Los números enteros con más de tres dígitos se escriben en períodos de tres, de derecha a izquierda, dejando entre sí un espacio. Se exceptúan los números de télex, teléfonos, números de casas en las direcciones, páginas, años, leyes, decretos, resoluciones y patentes.
2. En la numeración decimal, la separación de la parte entera de la decimal, se hace mediante una coma (,). La parte entera, se escribe en grupos de tres dígitos, de derecha a izquierda, a partir de la coma, separada entre sí, por un espacio. La parte decimal se escribe también en grupos de tres dígitos, de izquierda a derecha, a partir de la coma.
3. Cuando se escriben números seguidos unos de otro, se separan con puntos y coma (;) si son decimales, y mediante comas (,) si todos los relacionados son enteros.
4. Después de un valor numérico cualquiera, los símbolos se escriben dejando un espacio entre dicho valor y la primera letra del símbolo. Ejemplos: 15 %, 10 °C.

Para la redacción de manuscritos a publicar en Otras Secciones

Los artículos de las demás secciones de la revista deben tener como objetivo difundir, con rigor científico y de forma asequible al público en general, temas relacionados con la energética nuclear, las diversas aplicaciones de las técnicas nucleares, energía nuclear, la seguridad nuclear, la protección radiológica, salvaguardias y no proliferación. Los trabajos no deben exceder las 10 cuartillas, incluidas ilustraciones y tablas. Deben contener resumen y título en español e inglés. El título, las tablas e ilustraciones, así como las referencias bibliográficas, seguirán las mismas indicaciones que rigen para los artículos de la sección Ciencias Nucleares e Innovación Tecnológica. Las secciones son las siguientes:

- Panorama Nuclear
- Ámbito Regulatorio
- Salvaguardias y No Proliferación
- En la Espiral
- De Interés.

Los artículos de estas secciones están sujetos a la aprobación del Consejo Editorial. A consideración del Consejo Editorial podrán ser sometidos también a arbitraje.

INFORMACIÓN GENERAL

La revista será publicada únicamente en versión digital, excepto que previamente se confirme por la editorial la publicación también en la variante impresa. Nucleus es revista arbitrada, certificada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, que acredita oficialmente el carácter científico-tecnológico de la publicación seriada, y que contribuye a su homologación internacional. Los autores serán informados oportunamente acerca del estado del proceso editorial de sus trabajos. En particular, acerca de la acep-

tación o no por el Consejo Editorial de los artículos para su publicación en la revista.

Cuando la revista se publique en versión impresa, los autores recibirán de forma gratuita dos ejemplares de la revista en la que aparece publicado su artículo.

VÍAS DE PRESENTACIÓN DE LOS MANUSCRITOS

En la redacción de la revista:

Calle 20 No 4111–4113 e/ 18–A y 47, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba

Por correo electrónico: nucleus@cubaenergia.cu

Por la web: www.cubaenergia.cu/nucleus/nucleus.htm

Instructions for AUTHORS to publisher on nucleus...



Devoted to **Nuclear Science** and **Technological Innovation**

- Original papers should not exceed 10 pages (one column) including tables (up to 5) and illustrations (up to 5). Papers shall be either sent by email, in Word format, Arial 12th size font with 1,5 line spacing, or shall be directly delivered to the Editorial Department of the journal in an electronic medium. There is a maximum of 30 lines per page.
- Papers shall have the following order: Summary (in English and Spanish) Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Conclusions, Recommendations (optional), Acknowledgements (optional) and Bibliographic References. These sections should be well defined, though not necessarily with headlines.
- Each work must be accompanied by a letter signed by the corresponding author, stating that there is no **Conflict of Interest** between the authors and also confirming that said work has not been previously submitted to another publication.
- Papers are subject to a peer review and approval of the Editorial Board.
- Contributions to the journal are distributed free of charge to authors. Once selected for their approval, copyright is owned by the publishing house.

Author(s): Specify full name(s) and surname(s) as well as the institution.

Title: It should be both in English and Spanish and should not exceed 120 characters, or 20 words, nor include acronyms, abbreviations, chemical formulas or registered names (instead of generic names). Exceptionally, including acronyms of general use in Scientific and technical literature shall be accepted.

Abstract: It should not exceed 250 words, nor should contain acronyms, abbreviations or references. It should indicate the main objectives and scope of the research, describe the used methods, summarize the results and state the main conclusions. It should be written impersonally, in past tense in both Spanish and English. The document content will be based on 3 to 10 key words at the bottom of the abstract, arranged in order of importance, both in Spanish and in English at the bottom of the corresponding abstract in each language. INIS shall include its appropriate descriptor index(es) in each paper.

ORCID: (unique identification code for researchers): Represents an unequivocal identification of an author of a publication. This code is free and to acquire it it is necessary to register on the site <https://orcid.org/register>.

Introduction: Explain the nature and scope of the research as clearly as possible, review relevant literature; indicate the research methods, if necessary; mention the main research results and state the conclusion or main conclusions drawn by the results.

Materials and methods: Most of this section should be written in past tense and full details shall be provided. The main purpose is to make a description and reproduce the results. The materials should include technical specifications, the exact quantities used, as well as the source or preparation method. Generic or chemical names should be used.

Results: A broad, clear and simple description of experiments should be made, providing an overview but without repeating the details on the materials and methods used in the experiments. The most representative data should be provided. The statement should be written in the past tense.

Discussion: Principles, relationships and generalizations from the results must be set out. Exceptions of lack of correlation should be noted, and unresolved issues should be identified. It is important to show how consistent (or not) are the results and interpretations with previously published papers. The theoretical implications of the work and its possible practical applications should be stated. Evidence supporting each conclusion should be summarized. Present and past tenses are to be used.

Conclusions: It should be made as clear as possible. Bibliographic references shall not be included.

Recommendations (optional): Only options considered to provide a sound basis to support the topic of the article and feasible to be implemented shall be included.

Acknowledgements (optional): Include acknowledgements for any major technical assistance received from any person who has contributed to the review and submission of a paper, experiment or provision of equipment, special materials, etc.

Bibliographic References: All consulted documents must be listed under this heading. Footnotes are not to be used. Only important and recently published papers should be included by priority order. Manuscripts should not exceed 20 quotations, revisions – from 25 to 50. All parts of each reference listing should be checked against the original before submitting the article. The references in the text should be numbered with Arabic numerals in square brackets in their corresponding place in the paper and following a consecutive order of appearance. References with all its required data i.e. last name, name of author(s), title, journal title, year, volume (number): initial page – final page are to be included after the Conclusions or Acknowledgments in case there are some of the latter. If there are 5 or more authors, only the first 4 should be mentioned, followed by “et al.” The titles of journals must conform to the INIS System (see IAEA–INIS–11).

Two bibliographic references of journals are included here below as examples:

[12] HILLEGONDS DJ, FRANKLIN S, SHELTON DK, VIJAYAKUMAR S, VIJAYAKUMAR V. The Management of Painful Bone Metastases with an Emphasis on Radionuclide Therapy. *J. Natl. Med. Assoc.* 2007; (99): 785–794.

[24] SRIVASTAVA SC. Treatment of joint and bone pain with electron emitting radiopharmaceuticals. *Indian J. Nucl. Med.* 2004; 19(3): 89–97.

References to papers published in the Proceedings of a meeting or conference should include the following information: surname, author’s name (s), title of the paper; it should also specify in which meeting or conference Proceedings it was included (its denomination in the original language or transliteration in case of language with an alphabet other than Latin), place and date of the event, as well as the organizing institution and date of publication. The following references are included as an example:

[13] WHITE JR, CHAPMAN DM, BISWAS D. Fuel Management Optimization Based on Generalized Perturbation Theory. Proceedings of the Conference on Advances in fuel Management. Toronto, Canada, June 9–12 1986. Canadian Nuclear Society. 1986.

[4] DI GEORGIO M. Respuesta multidisciplinaria desarrollada en Argentina ante un suceso radiológico. VIII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear. I Congreso Latinoamericano del IRPA. V Congreso Nacional de Protección Radiológica. 11 al 15 de octubre 2010. Medellín, Colombia. 2010.

References to articles published in internet should include:

The authors (4 as maximum, et al). Title of the article. Abbreviation of the journal. Year; Volume (Number): pages. Available in: the article’s webpage. As for example:

[17] GUPTA M, CHOUDHURY PS. Systemic radionuclide therapy for bone pain palliation in cancer patients. *Cancer News.* 2014, (consulted on June 20th 2016). 18(2): 12–14. Available in: <http://www.rgcirc.org/UserFiles/cancer-news-june-2014.pdf>

Authorship contribution (CREDIT): The authorship roles will be identified in the following order, each author is included in the role that corresponds to him and omitting the roles that are not applicable in each case:

1. Conceptualization
2. Data curation
3. Formal analysis
4. Acquisition of funds
5. Research
6. Methodology
7. Project administration
8. Resources
9. Software
10. Supervision
11. Validation
12. Visualization
13. Writing – original draft
14. Writing – proofreading and editing

Each role is defined as follows:

1. Conceptualization: ideas; formulation or evolution of the objectives and general goals of the investigation.
2. Data curation: Management activities to annotate (produce metadata), clean data, and maintain research data (including software code, where necessary to interpret the data itself) for initial use and subsequent reuse.
3. Formal analysis: application of statistical, mathematical, computational or other formal techniques to analyze or synthesize study data.
4. Acquisition of Funds: Acquisition of financial support for the project leading to this publication.
5. Investigation: conducting an investigation and investigative process, specifically conducting the experiments, or collecting data/evidence.
6. Methodology: development or design of the methodology; model creation.
7. Project administration: responsibility for managing and coordinating the planning and execution of the research activity.
8. Resources: supply of study materials, reagents, materials, patients, laboratory samples, animals, instrumentation, computer resources or other analysis tools.
9. Software: programming, software development; computer software design; implementation of computer code and supporting algorithms; Test existing code components.
10. Supervision: responsibility for supervision and leadership in the planning and execution of research activities, including external mentoring to the core team.
11. Validation: Verification, either as part of the activity or separately, of the overall replicability/reproducibility of the results/experiments and other products of the research.
12. Display: Preparation, creation, or presentation of published work, specifically the display/presentation of data.
13. Writing–original draft: preparation, creation, or presentation of published work, specifically writing the initial draft (including substantive translation).
14. Writing – revision and editing: preparation, creation or presentation of the published work by the members of the original research group, specifically critical review, commentary or revision – including the pre- or post-publication stages.

Abbreviations, acronyms and symbols: should be those internationally accepted. The abbreviations and acronyms should be explained the first time mentioned. Symbols and Greek characters

Figures: The terms, abbreviations and symbols used in the Figures should be the same of the text. Do not use characters or uncommon symbols (blank or filled in triangles, circles or squares are preferred). If they are too complex, they must be specified in a concise caption. Symbols and characters must be clear and readable when reduced in size.

Whenever it is confirmed that the journal to be published shall include a printed version, in order to differentiate the various curves included in a single figure, different types of characters and not colours shall be used.

Equations and formulas: mathematical equations should be written accurately, especially subscripts and superscript. Avoid using complex exponents and repetition of elaborate expressions. The meaning of symbols is explained below the equations. To describe symbols a colon is used. [:]

Example:

$$e = v.t$$

Where:

e: Space travelled

v: Speed

t: Time

The product of two or more units in the form of symbols is indicated by a cross (x) as a sign of multiplication.

Example:

N x m (Newton meter)

T x km (tonnes)

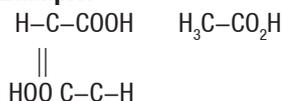
In the division of units expressed in symbols, a colon [:], a slash or slant [/] or negative exponents are to be used.

Example:

km / m, km x h⁻¹

In chemical formulas the bonds must be centered and as close as possible to the bonded atoms.

Example:



Units: As a general rule, the International System of Units must be used and inadequate symbols and abbreviations must be avoided.

Writing numbers

1. Whole numbers with more than three digits are written in groups of three, from right to left, leaving a space between them. Exceptions to the preceding rule are telex numbers, telephones, house numbers in addresses, pages, years, laws, decrees, resolutions and patents
2. In decimal numbering, a comma (,) is used to separate whole numbers and its decimal portion. The whole number is written in groups of three digits, from right to left, from the comma, separated from each other, by a space. The decimal

portion is also written in groups of three digits, from left to right, from the comma.

3. When numbers are written next to each other, they are separated by semicolons (;) if they are decimals, and by commas (,) if all the numbers mentioned are whole.
4. After any numeric value, the symbols are written leaving a space between that value and the first letter of the symbol. Examples: 15 %, 10 °C.

Publications in OTHER SECTIONS

The articles in other sections of the journal should be aimed at disseminating, with scientific rigor and in a way accessible to the public in general, issues related to nuclear energy, the different applications of nuclear technology, nuclear safety, radiation protection, safeguards and non proliferation. Papers should not exceed 10 pages, including illustrations and tables. They should contain an abstract and title in English and Spanish. The title, tables and illustrations shall follow the same directions applied to papers from the Nuclear Science and Technological Innovation Section. The sections are:

- Nuclear Outlook
- Regulatory Area
- Safeguards and Non-proliferation
- In the Spiral
- Matters of Interest

The articles in these sections are subject to the approval of the Editorial Board. Considering the editorial board suggestions, the articles could be also submitted to arbitration.

GENERAL INFORMATION

The journal is only to be published in electronic format, except in case the publication of a printed version of the journal is previously confirmed by its Editorial Board. Nucleus is a peer-reviewed journal, approved by the Ministry of Science, Technology and Environment of Cuba, which officially certifies its scientific and technological character, and contributes to its recognition as a journal equivalent to other international publications.

The authors shall be duly informed about the editorial process of their papers, in particular, about the approval or not by its Editorial Board of the papers to be published.

Whenever the journal is published in a printed version, the authors shall receive free of charge two copies of the journal in which the paper in question is published.

ARTICLES SHALL BE EITHER SENT BY ORDINARY MAIL TO THE JOURNAL'S POSTAL ADDRESS:

Nucleus Editorial Dept.

Calle 20 No. 411 e/ 41 y 47, Miramar, Playa, CP 11300, Havana, Cuba;

BY Electronic mail: nucleus@cubaenergia.cu

OR Website: www.cubaenergia.cu/publicaciones>nucleus

aenta

Agencia de Energía Nuclear
y Tecnologías de Avanzada

Ciencias nucleares y tecnologías de avanzada para el desarrollo sostenible

Misión:

Gestionar conocimientos, servicios y productos relacionados con la tecnología nuclear, fuentes renovables de energía y otras tecnologías de avanzada, de acuerdo con las prioridades de desarrollo sostenible del país.

Aplicaciones tecnológicas en:

Salud, Industria, Agricultura,
Energías Renovables y Medio Ambiente

Instituciones:

- Centro de Isótopos (CENTIS)
- Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR)
- Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN)
- Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGIA)
- Centro de Ingeniería Ambiental de Camagüey (CIAC)
- Instituto de Cibernética, Matemática y Física (ICIMAF)



Calle 20 No. 4109 e/ 41 y 47 Miramar, Playa, La Habana
Teléf.: 202 2524 Fax: (537) 204 1188
www.aenta.cu
Contacto AENTA: presidencia@aenta.cu