

LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EL INIFAT: UNA GARANTÍA PARA LA APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS NUCLEARES.

Vicente León Betancourt, Lissett Gutiérrez Hernández, Maydelín Dorado Bermúdez, Susana Calderón Piñar y Rosa Orellana Gallego.

**Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT)
Calle 2 esq. 1 Santiago de las Vegas, Ciudad de La Habana, Cuba, CP 17200.
Email: vleón@inifat.co.cu**

RESUMEN

La utilización de la energía nuclear con fines pacíficos trae consigo numerosos beneficios en diferentes ramas económicas y sociales, pero también proporciona riesgos. Para compensar y valorar estos, así como minimizar el detrimento radiológico sobre los trabajadores ocupacionalmente expuestos, la población y el medio ambiente, existe la Protección Radiológica como disciplina científico-práctica. La aplicación de la Protección Radiológica en el INIFAT ha estado vinculada al empleo de las prácticas con fuentes no selladas de investigación (P-32 y C-14), sonda de neutrones y rayos X. Para cada una de las prácticas se elaboraron los Informes de Seguridad donde se fundamentan las justificaciones para el uso de las mismas, así como el Programa y Manual de Seguridad Radiológicas. Se recogen los procedimientos normativos de trabajo para la vigilancia radiológica del personal, los puestos de trabajo y el medio ambiente. Se cuenta además con un Plan de Emergencia Radiológica. Anualmente se han realizado inspecciones de la Autoridad Reguladora de la Seguridad Nuclear y Protección Radiológica y sus resultados satisfactorios demuestran la existencia de condiciones para el desarrollo de las prácticas con el empleo de radiaciones ionizantes. Esto confirma la garantía y la calidad del trabajo realizado y la creación de una cultura de seguridad.

Radiation Protection in the INIFAT-warranty for the uses of radiation sources.

ABSTRACT

The use of radiation sources for pacific purposes conducts to significant economic and social benefits, but also implies some risk. The Radiation Protection, as scientific-practical discipline, is intended to assess and compensate such risk an also minimize the radiological detriment in workers occupationally exposed to the radiation, the public and in the environment. The Radiation Protection in the INIFAT has been close linked to the use of non sealed sources (P-32 and C-14), neutron gauge as well as X ray equipment. For each one of the uses a Safety Report justifying the practices were prepared, as well as the Radiation Safety Program and Manual that include the local rules adopted for the radiological surveillance of workers, workplaces and environment. An emergency Plan for the uses of radiation sources is also available. The Cuban Regulatory Authority had supervised the radiation safety condition in the INIFAT through yearly inspections

they have probed the compliance with the established requirement for the use of the radiation sources. It confirms the warranty and the quality of the work done and the foundation of a safety culture.

INTRODUCCIÓN

La utilización de las técnicas nucleares en las diferentes ramas económicas y sociales, es uno de los mayores beneficios recibidos por la humanidad, derivados del descubrimiento de la radiactividad y la energía nuclear. Sin embargo, no es menos cierto que existe un riesgo asociado a la aplicación de dichas técnicas. Desde un inicio el ser humano conoció de los efectos nocivos de los rayos X. A medida que se ampliaron los conocimientos, los científicos vieron con mayor preocupación los efectos potenciales de la exposición a dosis grandes de radiación y la necesidad de regularlas. En este sentido se creó en 1928, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés) con la finalidad de establecer los principios básicos y formular recomendaciones en cuanto a la seguridad y protección radiológica. En este aspecto, las recomendaciones de la CIPR coadyuvaron a elaborar las Normas Básicas Internacionales de Protección contra las Radiaciones Ionizantes y de Seguridad de las Fuentes de Radiación (NBS) (OIEA, 1997). En su elaboración colaboraron la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Organismo Internacional para la Energía Atómica (OIEA), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la Organización Mundial de la Salud (OMS), entre otras. A partir de estas Normas, los Estados Miembros del OIEA establecen sus reglamentos.

Uno de los aspectos más importantes para lograr una protección radiológica eficiente, consiste en disponer de una base legal y una infraestructura, que ejerza el control y establezca las medidas que compulsen su cumplimiento, es decir un órgano regulador independiente. La base legal comprende el conjunto de instrumentos jurídicos (leyes, decretos, reglamentos, normas y guías) .

En nuestro país se avanzó considerablemente al crearse el Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) en 1985. El CPHR tuvo entre sus objetivos garantizar que el empleo de las radiaciones ionizantes, las sustancias radiactivas y la energía nuclear en Cuba, se llevara acabo con la mayor protección y el menor riesgo posible para el trabajador ocupacionalmente expuesto (TOE), la población y el medio ambiente. En la década del 90, estos objetivos fueron transferidos al Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN), que es considerado la Autoridad Reguladora Competente en materia de Seguridad y Protección Radiológica por la Resolución Conjunta CITMA-MINSAP (CITMA, 2002).

Teniendo en cuenta lo anterior, el propósito del presente trabajo es cumplimentar los requerimientos constructivos de la Licencia de remodelación de los laboratorios, así como los de carácter técnicos y organizativos. Con relación a estos últimos, obtener las autorizaciones legales e instrumentar los controles radiológicos, los procedimientos normativos de trabajo, la calificación de los

trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) y el público, necesarios para ampliar las técnicas nucleares en el INIFAT.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir los objetivos del trabajo se siguieron las siguientes regulaciones establecidas por el ICRP, el CPHR y el CNSN.

Principios de la Protección Radiológica

El desarrollo seguro de la aplicación de las radiaciones ionizantes y los radioisótopos, lo garantiza la Protección Radiológica como un Sistema (ICRP, 1991). Este Sistema se basa en tres principios fundamentales: la justificación, la optimización y la limitación de dosis (ICRP, 1991). La justificación se refiere a que ninguna práctica que entrañe la exposición de los individuos a las radiaciones ionizantes, deberá ser admitida a menos que su introducción, comparada con el detrimento que provoca, produzca suficiente beneficio a las personas expuestas o a la sociedad. El principio de optimización indica que la magnitud de las exposiciones potenciales deberá mantenerse tan bajas como razonablemente pueda alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales. Por otra parte, el principio de limitación de dosis se basa en que la exposición resultante de todas las prácticas relevantes esté sujeta a límites de dosis o control de los riesgos, de tal manera que se asegure que ningún individuo sea expuesto a niveles inaceptables.

Control Regulatorio de las Prácticas y Fuentes Adscriptas

El CNSN, como Autoridad Competente en materia de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica (CITMA, 2002), otorga las autorizaciones para ejecutar las prácticas con radiaciones ionizantes y radioisótopos (CITMA, 2002). La autorización es el documento oficial que faculta a su titular a realizar la práctica. Atendiendo los niveles de riesgos y la complejidad de la operación, se otorgan tres tipos de autorizaciones: las Licencias, la Inscripción en Registro y los Permisos (CITMA, 2002).

La autorización se otorga una vez comprobado el cumplimiento de las condiciones y requisitos establecidos al efecto en la regulación vigente y se emiten previa solicitud escrita de los representantes legales de las entidades. Esta solicitud deberá estar acompañada de la documentación establecida (CITMA, 2002).

Solicitud y renovación de las autorizaciones.

La aplicación de las técnicas nucleares en el INIFAT ha estado vinculada al empleo de las prácticas con fuentes no selladas de investigación (^{32}P y ^{14}C), sonda de neutrones y rayos X. En 1996, se solicitaron tres autorizaciones: dos Licencias, correspondientes a las primeras prácticas y una Inscripción en Registro a la última.

Para obtener las autorizaciones se presentaron los siguientes documentos:

- Solicitudes escritas del representante legal del INIFAT.

- Informe de Seguridad Licencia Institucional de Explotación del Laboratorio de Clase III con Facilidad de Clase II (León y Alvarez, 1996).
- Informe de Seguridad Licencia Institucional de Explotación de las Sondas de Neutrones (León y Orellana, 1996).
- Informe de Seguridad Inscripción en Registro del Laboratorio de Defectoscopía de Semillas por Rayos X (León y Micó, 1996).
- Informes de Seguridad y Plan de Emergencia Radiológica. (León, 1996).

Estos documentos se elaboraron según la Guía (CPHR, 1992), la Norma Cubana (CECM, 1981), los Decretos No.137 y No.142 (CM,1887 y 1988), ICRP(1991) y IAEA(1973).

Las renovaciones de las autorizaciones se realizaron según las Resoluciones No.25 y No.121 (CITMA, 1998 y 2000), el Decreto-Ley No.207 (CITMA, 2000), la Guía (CNSN, 2001) y el Reglamento (CITMA, 2002).

Teniendo en cuenta que el nivel de riesgo y la complejidad de la práctica de fuentes no selladas de investigación disminuyó, se solicitó su Inscripción en Registro en el 2002 y a tenor con los documentos jurídicos vigentes se elaboraron:

- El Plan de Medidas para Casos de Sucesos Radiológicos (León y Dorado, 2002).
- Actas de Cooperación con la PNR y la DGPEI para casos de incidentes radiológicos, asociados respectivamente con robos e incendios. En estas se adjuntan las fichas técnicas de las sustancias radiactivas, para proceder de acuerdo a las características físico-químicas y toxicológicas en caso de situaciones de este tipo.

En los Informes de Seguridad de cada una de las prácticas se fundamenta la justificación para el uso de estas técnicas, se identifican los elementos de importancia para garantizar la seguridad durante la ejecución y se establecen el Programa y el Manual de Seguridad Radiológicas.

Justificación de la aplicación de las prácticas

Las prácticas llevadas a cabo en el INIFAT proporcionan información sobre diferentes procesos, que no puede obtenerse aplicando métodos convencionales. En el caso de los estudios de nutrición de las plantas, las técnicas del trazador isotópico han demostrado su supremacía respecto a los métodos tradicionales (Danesi, 1992; Dargie, 2000). Generalmente, con la aplicación de estas técnicas los resultados se obtienen más rápido y son más confiables y esclarecedores (Danesi, 1992; Dargie, 2000).

El empleo de ^{32}P y ^{14}C permite estudiar la patología de plantas, las transformaciones de nutrientes en el suelo y la absorción de estos por la planta, la evaluación de fuentes alternativas de nutrientes, el efecto residual de los fertilizantes y su eficiencia. Además se emplean para estudiar la translocación y el metabolismo de los plaguicidas y procesos como la fotosíntesis y la distribución de fotoasimilados en las plantas.

Por otra parte, los rayos X se emplean en el INIFAT para detectar el daño interno en las semillas. Esto permite determinar si existen afectaciones en la semilla que inhiban la germinación, sin necesidad de destruirlas. Con este método se detectan malformaciones en el embrión, daños en el endospermo u otras afectaciones que permitan determinar si la semilla es viable.

La sonda de neutrones permite caracterizar el estado hídrico del suelo.

Estos estudios se traducen en resultados prácticos como establecer las mejores estrategias de aplicación de los fertilizantes, las dosis para aplicar los plaguicidas, la conservación de semillas con calidad, la optimización del riego y la selección de variedades tolerantes o resistentes a condiciones adversas.

Programa de Seguridad Radiológica

El Programa de Seguridad Radiológica se establece para controlar los riesgos a los que se exponen los trabajadores que ejecutan las prácticas, la población y el medio ambiente en general. Las afectaciones pueden producirse por irradiación externa, contaminación externa o contaminación interna. Estos dos últimos riesgos se consideran como potenciales y aparecen cuando se incumplen las disposiciones de la Protección Radiológica. El Programa de Protección Radiológica incluye:

Selección y entrenamiento del personal: En cuanto a la selección, el TOE debe poseer una actitud psíquico- física avalada todos los años por el médico de la Consulta de Higiene de las Radiaciones y conocer las normas de protección radiológicas vigentes en el laboratorio. Dentro del entrenamiento se establece la evaluación anual del conocimiento teórico de las normas, manual y reglamento de Protección Radiológica y su cumplimiento durante el trabajo cotidiano, lo cual es controlado por el Responsable de Protección Radiológica.

Control radiológico ocupacional: La optimización de éste servicio en 1996, condujo a que el mismo no se justificaba. No obstante, se siguió la política de mantenerle el control a quienes estén más expuestos a las radiaciones ionizantes con el objetivo de continuar obteniendo niveles de referencia acerca de la dosis de exposición. Además, se presta especial atención a la evaluación de la tasa de dosis *in situ* con un radiómetro apropiado.

Control radiológico del público: Se prohíbe el acceso del público a la zona controlada en condiciones normales de trabajo y en caso de incidentes radiológicos se evacua de la misma.

Control radiológico del medio ambiente: Al respecto por su incidencia sobre éste, se llevó un control estricto y se garantizó la seguridad del almacenamiento de las fuentes radiactivas y equipos radioisotópicos; así como la política de confinar todos los desechos radiactivos y proceder posteriormente a su evacuación, de acuerdo con la legislación vigente.

Manual de Seguridad Radiológica.

Este comprende las **instrucciones de Protección Radiológica para cada puesto de trabajo, local o zona y los procedimientos de Protección**

Radiológica, los cuales establecen de una manera inequívoca que hacer en cada caso. Además, incluye **los registros de Protección Radiológica**, aspectos esenciales de los requerimientos organizativos del CNSN.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados alcanzados hasta el presente en materia de Protección Radiológica en el INIFAT pueden agruparse como sigue:

- Creación de una infraestructura de laboratorios al concluirse los objetos de obra remodelados.
- Obtención de las tres autorizaciones en 1996, dos Licencias y una Inscripción en Registro, así como su renovación en 1998, 2000, 2002 y 2004. Esto permitió explotar un Laboratorio de Clase III con Facilidad de Clase II, una casa de cristales, y una parcela experimental de campo; un Laboratorio de Rayos X y las Sondas de Neutrones.
- Establecimiento de 14 procedimientos normativos de trabajo y de buenas prácticas de Seguridad y Protección Radiológicas, aspectos esenciales de un programa de garantía de calidad.
- Establecimiento y perfeccionamiento de controles radiológicos referidos al inventario y control del consumo de sustancias radiactivas, la gestión de desechos radiactivos, la calibración y verificación del equipo dosimétrico y los expedientes radiológicos de los TOE.
- Evaluaciones de las auditorias anuales de la Autoridad Reguladora Competente con calificaciones de condiciones de satisfactorias para el desarrollo de las prácticas, en particular, la de fuentes no selladas de investigación. Esto permitió que no se derogara ninguna de las Autorizaciones durante 10 años.
- Establecimiento del Programa y del Manual de Seguridad Radiológicas, los cuales involucraron a todas las partes y las motivó para sus cumplimiento. Dentro de éstos, se hizo énfasis en que el TOE dominara las disposiciones de Protección Radiológica y las cumpliera, así como, que tuviera conciencia de su responsabilidad social.
- Se instrumentó y se realizó la evacuación de fuentes en desuso, incluida la sonda de neutrones y desechos radiactivos por el CPHR. Esto evitó los riesgos potenciales, que pudiera ocasionar un accidente radiológico y su efecto sobre la población y el medio ambiente.
- Creación de una cultura de Seguridad. En este sentido se demostró que la institución cuenta con una organización adecuada, con una política definida de seguridad y con personal suficiente y calificado para desarrollar de manera segura las actividades de las prácticas. Además, se logró involucrar a todos los que son parte y se les motivó para garantizar su cumplimiento.

CONCLUSIONES

La obtención de las Autorizaciones y el establecimiento de los controles radiológicos y los procedimientos normativos para el trabajo con radioisótopos y radiaciones ionizantes, ha permitido al INIFAT ampliar la aplicación de las técnicas nucleares en las investigaciones agrícolas. Esto ha posibilitado abordar temáticas importantes para el desarrollo de la agricultura, como la conservación de semillas con calidad, el uso racional del agua de riego, la selección de variedades resistentes a condiciones adversas, el empleo de sustratos apropiados y la aplicación eficiente de fertilizantes y plaguicidas. Todo esto ha permitido a la Institución obtener resultados científicos reconocidos y prestar servicios científico-técnicos a otras instituciones y centros de producción. Por otra parte, la creación de una cultura de seguridad ha evitado que se produzcan accidentes radiológicos y se minimizó su impacto sobre los TOE, la población y el medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- CITMA (1998):** Resolución No. 25 Reglamento “Autorización de Prácticas Asociadas al Empleo de las Radiaciones Ionizantes” Gaceta Ordinaria No.35, La Habana,
- CITMA (2000):** Resolución No. 121 Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos”, Gaceta Oficial de la República de Cuba, La Habana, 15 de diciembre,1867-1928.
- CITMA (2002):** Resolución Conjunta CITMA-MINSAP: Reglamento “Normas Básicas de Seguridad Radiológica”, Gaceta Oficial de la República de Cuba, La Habana, 4 de enero , 1-188
- CNSN (2001):** Guía para la Elaboración del Plan de Emergencia Radiológica y Plan de Medidas para Casos de Sucesos Radiológicos, La Habana, marzo, 1- 40.
- Comité Ejecutivo del Consejo de Ministro (1981):** Norma Cubana “Reglas Básicas de Seguridad”. NC 69-01, La Habana.
- Consejo de Estado (2000):** Decreto-Ley No. 207 “Sobre el Uso de la Energía Nuclear”. Gaceta Ordinaria No.20, La Habana, 14 de febrero.
- Consejo de Ministros (1987):** Decreto No. 137: “Reglamento para la Seguridad durante la Transportación de las Sustancias Radiactivas”, Gaceta Oficial de la República de Cuba, La Habana, 10 de marzo: 395-413.
- Consejo de Ministros (1988):** Decreto No. 142: Reglamento para el Trabajo con Sustancias Radiactivas”, Gaceta Oficial de la República de Cuba, La Habana, 24 de marzo: 257-272.
- Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (1992):** Guía “Control Reglamentario de Prácticas y Fuentes de Radiaciones. CPHR 92-01, La Habana

- Danesi R. (1992).** Técnicas nucleares y desarrollo agrícola sostenible. OIEA Boletín. 34(4): 2-8.
- Dargie J. (2000).** Las técnicas nucleares y la seguridad alimentaria. Esferas de progresos. OIEA Boletín 42(1): 23-32.
- International Atomic Energy Agency (1973)** Radiation Protection Procedures, Safety Series No.38, IAEA, Vienna.
- International Commission on Radiological Protection (1991):** Recommendations of the ICRP. Publications No. 60, Pergamon Press, Oxford and New York
- León Betancourt, V. (1996):** Informe de Seguridad y Plan de Emergencia Radiológica. INIFAT, 15 pp (no publicado).
- León Betancourt, V. y F. C. Alvarez Villanueva (1996):** Informe de Seguridad. Licencia Institucional de Explotación del Laboratorio de Clase III con facilidad de Clase II, INIFAT, 22 pp. (no publicado)
- León Betancourt, V. y M. Dorado Bermúdez (2002):** Plan de Medidas para Casos de Sucesos Radiológicos, INIFAT, 8 pp. (no publicado)
- León Betancourt, V. y M. Micó (1996):** Informe de Seguridad. Inscripción en Registro del Laboratorio de Defectoscopía de Semillas por Rayos X., INIFAT, 6 pp. (no publicado)
- León Betancourt, V. y R. Orellana Gallego (1996):** Informe de Seguridad. Licencia Institucional de Explotación de las Sondas de Neutrones. INIFAT, 13 pp. (no publicado).
- Organismo Internacional de Energía Atómica (1997):** Normas Básicas Internacionales de Protección contra las Radiaciones Ionizantes y de Seguridad de las Fuentes de Radiación. OIEA, Viena.