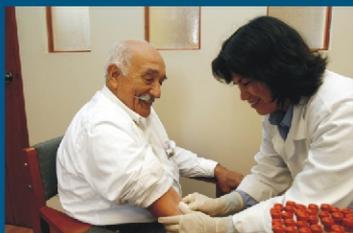


IPEN
INSTITUTO PERUANO
DE ENERGIA NUCLEAR

Informe Científico Tecnológico 2003

Instituto Peruano de Energía Nuclear



FISICA Y QUIMICA NUCLEAR
INGENIERIA NUCLEAR
CIENCIA DE LOS MATERIALES
APLICACIONES EN LA INDUSTRIA
APLICACIONES EN BIOLOGIA
APLICACIONES EN MEDICINA
APLICACIONES EN EL MEDIO AMBIENTE
PROTECCION Y SEGURIDAD RADIOLOGICA
SEGURIDAD NUCLEAR
ASPECTOS DE GESTION



**INFORME CIENTÍFICO TECNOLÓGICO
2003**

INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR – IPEN

Presidente: Dr. Modesto Montoya Zavaleta

Director Ejecutivo: Dr. Aurelio Arbildo López

Comité Editor: Antonio Prado Cuba
Carlos Gayoso Caballero
Anita Robles Ñique
Paula Olivera Lescano

Diseño de Carátula: Carlos Linares Álvarez

Domicilio Legal: Av. Canadá 1470 – San Borja
Lima 41
Perú
Telefax: 488-5233
URL: <http://www.ipen.gob.pe>
E-mail: postmaster@ipen.gob.pe

ISSN 1684-1662

Hecho el Depósito Legal N° 1501012004-6284
© IPEN, 2004

Se permite reproducción parcial y referencial, con la obligación de citar la fuente “**Informe Científico – Tecnológico 2003 del IPEN**”.

El IPEN no necesariamente está de acuerdo con el contenido, métodos y resultados expuestos por los autores en los artículos, excepto la sección Presentación considerada como versión oficial.

Impreso en Lima - Perú

Agosto 2004

CONTENIDO

	Página
PRESENTACIÓN	V
ÍNDICE DE TRABAJOS	XIII
I. FÍSICA Y QUÍMICA NUCLEAR	1
II. INGENIERÍA NUCLEAR	15
III. CIENCIA DE LOS MATERIALES	25
IV. RADIOQUÍMICA	47
V. APLICACIONES EN LA INDUSTRIA	73
VI. APLICACIONES EN MEDICINA	87
VII. APLICACIONES EN EL MEDIO AMBIENTE	101
VIII. PROTECCIÓN Y SEGURIDAD RADIOLÓGICA	121
IX. ASPECTOS DE GESTIÓN	161
ANEXOS	173
A. Publicaciones en Revistas Internacionales Indexadas	
B. Publicaciones en Revistas Nacionales	
C. Otras Publicaciones	
D. Presentación de Trabajos y Disertación en Congresos, Seminarios, Simposios y Talleres	
E. Cursos	
F. Proyectos OIEA Bienio 2003-2004	
G. Proyectos ARCAL (Acuerdo Regional para la Cooperación en América Latina)	
H. Proyectos Regionales OIEA	
I. Contratos de Investigación Ejecutados	
J. Conferencias	
K. Tesis	
L. Visita de Expertos y otras Personalidades	
ÍNDICE DE AUTORES	197

PRESENTACIÓN

Una Actividad Interdisciplinaria en Torno al Núcleo Atómico

En el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), las técnicas nucleares se aplican en casi todas las disciplinas científicas y tecnológicas. Este hecho ha generado equipos interdisciplinarios, interinstitucionales e internacionales, lo que, en el año 2003, ha permitido estrechar las relaciones del IPEN con el sector productivo, el sector salud, el sector educativo e intensificar sus actividades de regulación y fiscalización. En esa dirección, cada una de las unidades técnicas ha logrado resultados significativos.

La Oficina Técnica de la Autoridad Nacional

El IPEN, como ente regulador del uso de las radiaciones ionizantes, regula, controla y fiscaliza las condiciones de seguridad de las instalaciones que emplean este tipo de radiación, con la finalidad de proteger la salud de las personas y del medio ambiente.

A diciembre de 2003 el IPEN tiene una base de datos donde están inventariados 1862 usuarios nacionales de radiaciones ionizantes, frente a los 1610 y a los 1500 registrados en los años anteriores 2002 y 2001, respectivamente.

La fiscalización de las fuentes de radiación y servicios asociados se hace por medio de inspecciones, en las cuales se verifica los sistemas o las condiciones de seguridad radiológica. En el año 2003 se ha fiscalizado un total de 775 establecimientos a nivel nacional. De éstos, 630 (81,2 %) se ubican en la Provincia de Lima y los demás en el resto del país. En cuanto al tipo de práctica, se tiene los siguientes datos: 709 (91,4%) corresponden a fuentes radiactivas o equipos de rayos X usados en medicina, 46 (6,0%) en industria, y 8 (1,0 %) en investigación y enseñanza. Así mismo, del total de la práctica médica, el 95,8 % corresponde a instalaciones con equipos de rayos-X. En total se realizaron 1369 inspecciones frente a las 609 realizadas en 2002 y a las 530 ejecutadas en el año 2001.

De igual forma, se emitieron 781 autorizaciones, entre licencias de instalación, individuales, registros de fuentes, autorizaciones de importación y transporte de material radiactivo, esto frente a las 659 y 599 autorizaciones emitidas en 2002 y 2001, respectivamente.

En los aspectos regulatorios, se propuso el proyecto de Ley sobre Regulación del Uso de Fuentes de Radiación Ionizante, el cual se sustentó en distintos estamentos del Ejecutivo y en las Comisiones de Energía y Medio Ambiente del Congreso de la República y que, finalmente, fue promulgado el 18 de julio de 2003. Esta Ley refuerza la función de control y fiscalización del IPEN y le encarga además aplicar un régimen de sanciones administrativas a los infractores. En diciembre de 2003 fue aprobado el Reglamento de dicha Ley mediante el D.S. 041-2003-EM.

En Física y Operación de Reactores

La Dirección General de Instalaciones (INST) es responsable de la operación segura de los reactores nucleares RP0 y RP10. Para este propósito tiene los departamentos de Operación, Mantenimiento, Cálculo Análisis y Seguridad y Garantía de Calidad.

El reactor RP0, con sede en el distrito de San Borja, se orienta principalmente al entrenamiento de los especialistas en operación, mantenimiento y física de reactores y, hacia el exterior, a brindar apoyo a la enseñanza de las áreas de ciencias e ingeniería en las diferentes universidades de la capital. El reactor RP10 destaca fundamentalmente por la producción de radioisótopos. Los neutrones producidos son empleados en el análisis multielemental de muestras y en el estudio de

ciencias de materiales. El reactor tiene un soporte muy especializado de personas para la operación y mantenimiento de sus instalaciones. El reactor no trabajaría en régimen de plena seguridad si no se contara, ordenada y oportunamente, con la documentación que incluye procedimientos, manuales e informes que son solicitados por los organismos de regulación y fiscalización nacional e internacional. En el año 2003, los indicadores de informes que tratan del licenciamiento de los reactores, investigación y/o desarrollo superó la meta propuesta alcanzando un 148% (68 informes logrados para 46 programados). Respecto a las participaciones en congresos y seminarios por el personal de esta dirección, se presentaron 25 trabajos, comparados con 4 elaborados en el año anterior.

Durante el año no se ha tenido ningún incidente durante la operación de los reactores, habiéndose cumplido el 100% de las solicitudes. En cuanto a la gestión de combustible, se logró un ahorro del orden del 15% mensual en el consumo de uranio, mediante una mejor gestión en el núcleo del reactor y la disminución de horas de irradiación y, como consecuencia, también se ahorró el consumo de energía eléctrica.

Considerando que el reactor está en uso desde 1988, las acciones de mantenimiento se refuerzan, y se ejecutan estudios de corrosión de las diversas partes del reactor.

El año 2003 se actualizó el Plan de Emergencias del RP10, el que había sido elaborado en 1994. Se reabrió el RP0 para dar apoyo a los cursos de física nuclear de las universidades. Se implementó la política "todo operador es un mantenedor", permitiendo de este modo una respuesta más eficaz en las diversas situaciones del reactor.

La Planta de Producción de Radioisótopos

La Dirección General de Radioisótopos, a través de la Planta de Producción de Radioisótopos (PPRR), tiene como objetivo principal la producción de agentes para radiodiagnóstico, radiofármacos y radioisótopos, destinados a atender las necesidades del sector salud e industria. Para cumplir dicho objetivo se viene realizando actividades de desarrollo e investigación. Entre ellos hay reportes preliminares y trabajos concluidos. Entre los trabajos concluidos están la evaluación radioquímica, biológica y clínica del DOLOSAM (^{153}Sm -EDTMP), utilizado en el tratamiento paliativo de dolor óseo en pacientes con cáncer terminal. También se ha formulado y evaluado un kit liofilizado de macroagregado de albúmina (MACROTEC) el que, al ser marcado con $^{99\text{m}}\text{Tc}$, es utilizado en la obtención de imágenes pulmonares. También se presenta un resumen de la nueva ruta sintética para la obtención del clorhidrato de la 2-metilalilamina, precursor del compuesto $\text{Cu}(\text{MIBI})_4\text{BF}_4$, el cual constituye el componente principal del MIOTEC - $^{99\text{m}}\text{Tc}$, el que ayuda al diagnóstico de enfermedades cardíacas. Otro trabajo importante corresponde al área de ingeniería, sobre la semi-automatización del tablero de comando para el autoclave de la Planta de Producción de Radioisótopos, que facilita la operación del equipo sin la presencia continua del operador.

Entre los informes preliminares se encuentra la formulación de dos radiofármacos para uso en diagnóstico precoz de ciertos tipos de cáncer, basados en anticuerpos monoclonales marcados con $^{99\text{m}}\text{Tc}$ y ^{131}I . Para la evaluación de estos últimos se viene optimizando la prueba de inmunoreactividad por cromatografía de afinidad en capa fina. Para radioterapia en lesiones óseas metastásicas se está desarrollando la marcación del EDTMP con ^{177}Lu . Igualmente, se viene estudiando la influencia del estado nutricional en la biodistribución del MERTIATIDA - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ en ratas sometidas a dietas isocalóricas e hipoproteicas. Asimismo, la producción de un kit de ^{14}C -urea para la detección del *helicobacter pylori*, que facilita el diagnóstico precoz en enfermedades gástricas. Finalmente, se ha implementado un nuevo software aplicable a la documentación que se viene elaborando en la PPR para el sistema de calidad integral.

El Centro de Medicina Nuclear

En el Centro de Medicina Nuclear del IPEN se ha efectuado estudios de investigación aplicada sobre el tratamiento del cáncer de tiroides en niños y la utilidad del yodo radiactivo en esa neoplasia. Se pudo observar que el uso de este radioisótopo es un complemento beneficioso después de la

cirugía, para el manejo del cáncer de tiroides en niños y adolescentes, disminuyendo la recurrencia de la enfermedad o la progresión de la misma.

Por otro lado, se determinó la utilidad del Antígeno Prostático Específico y de la gammagrafía ósea en el diagnóstico del cáncer de próstata, que constituye la tercera neoplasia maligna más frecuente entre varones en el Perú. Se concluyó que, tanto la gammagrafía ósea, como el antígeno prostático específico, permiten realizar estadiaje y monitoreo del paciente, lo que redundará en forma positiva en su sobrevida y pronóstico.

Asimismo, se estudió la innovadora técnica de localización y detección del ganglio centinela. Este trabajo se realizó con la finalidad de determinar la eficacia de esta técnica en la detección del ganglio centinela, utilizando DEXTRAN marcado con ^{99m}Tc en pacientes con diagnóstico de cáncer de vulva. El ganglio centinela fue localizado con un estudio de gammagrafía linfática y luego se ubicó en sala de operaciones con una sonda de detección de rayos gamma. Se concluyó que esta técnica es útil para la detección del ganglio centinela en tumores primarios de vulva, permitiendo así detectar en forma precoz el compromiso regional ganglionar de la enfermedad y evitar cirugías extensas.

La Aplicaciones Nucleares

Durante el año 2003, las actividades se han ejecutado a través de los departamentos de Aplicaciones Industriales e Hidrología Isotópica - con quienes se ha logrado resolver problemas fundamentales en los procesos químicos industriales, alimentos, material médico farmacéutico y medio ambiente - destacando el uso de los isótopos estables y radiactivos. Se elaboró y se llevó a cabo una estrategia de mercadeo intensiva con la participación del personal de la Dirección de Aplicaciones, por lo que se logró la publicación de 6 artículos técnicos en revistas y la prestación de servicios a 41 entidades: 6 empresas del sector industrial, 23 empresas del sector alimentos, 10 empresas del sector médico farmacéutico y a 2 instituciones de investigación y desarrollo.

Entre los principales servicios se pueden mencionar el que se brindó a SEDAPAL, que consistió en la determinación del tiempo de tránsito del curso de agua del río Rimac, desde la localidad de Bellavista hasta la Planta de La Atarjea, y la cuantificación de la concentración de arsénico en aguas del río Aruri. Se participó en forma intensa brindando apoyo al consorcio INGECONTROL – IPEN – BRASISTEST, facilitando un equipo de gammagrafía industrial y supervisión de seguridad radiológica en el Proyecto Gas de Camisea.

Además, el OIEA contrató los servicios del IPEN para entrenar a un profesional de Costa Rica, teniendo en cuenta el nivel de especialización alcanzado por el personal peruano.

Por otro lado se ha ejecutado 07 proyectos de cooperación técnica internacional.

Investigación y Desarrollo

El IPEN realiza investigación científica y desarrollo tecnológico en áreas dirigidas a contribuir al fortalecimiento de la productividad del País. La investigación científica en el IPEN es interdisciplinaria y se centra en las áreas de ciencia de los materiales, biotecnología, energía y tecnología nuclear, entre otras.

En investigación y desarrollo se ha realizado actividades en ciencia de materiales (CM), sensores y en modelos para comprender las fases en soluciones sólidas. Estos trabajos fueron realizados en cooperación con la Universidad Nacional de Ingeniería y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Se ha desarrollado procedimientos para obtener materiales porosos a fin de que éstos puedan tener usos potenciales en microbaterías, fotocalizadores, sensores, y, en general, en materiales funcionales. Se tiene resultados preliminares de un trabajo relacionado con la obtención del óxido de tungsteno dopado con litio para microbaterías. El material primario se obtuvo en forma de recubrimiento delgado dopado con boro enriquecido usando la técnica de vacío “sputtering”.

Se ha estudiado la fijación y actividad fotocatalítica de nano-partículas de óxido de titanio (TiO_2) soportadas en polidimetil-siloxano (silicona). Las pastillas de TiO_2 – silicona (polidimetil-siloxano) han sido probadas para la degradación fotocatalítica del fenol. Se presenta resultados obtenidos para la degradación fotocatalítica del fenol, con el sistema TiO_2 / silicona irradiado en el laboratorio con una fuente de luz ultravioleta. Asimismo, se estudió el cambio de las muestras preparadas luego de haber realizado múltiples degradaciones fotocatalíticas.

En el campo de los sensores se desarrolló una nariz electrónica para la diferenciación automática de muestras a través del olor. Se utilizó un arreglo de sensores de gas con diferentes características y se implementó el sistema de adquisición de datos y el tratamiento de los mismos. Se utilizó un programa comercial (Scirius 6.5) para el análisis multivariacional de los datos y gráfica de los mismos. El prototipo fue probado utilizando pisco de diferentes fabricantes, logrando diferenciar los diferentes piscos. Adicionalmente, la nariz fue probada con diferentes muestras de jabón de tocador, te, tabaco, jugo, y café.

En el campo teórico se ha trabajado en la simulación con el método Monte Carlo. Se realizó una descripción atomística de la estructura de las aleaciones binarias modelo de tipo *bcc*. Usamos el modelo ABV de la aleación, donde se asume la aproximación de interacción par a primeros vecinos con energía de ordenación constante.

Finalmente, se han iniciado actividades tendientes a mejorar la calidad de vida de los pobladores elevando la calidad de agua de consumo humano. Se ha aplicado la tecnología de Desinfección Solar en Unidades Individuales (DSAUI) a aguas del asentamiento humano Tambo Pariachi en Huaycán. El agua contaminada fue expuesta al sol dentro de botellas de plástico PET con muy buenos resultados de descontaminación. El método empleado es sencillo y económico, y podría ser usado de manera masiva por la población, como una alternativa para obtener agua potable.

Para el futuro se continuará con las investigaciones dentro de este campo de aplicaciones, pero se empezará a incursionar fundamentalmente en los materiales minero-metalúrgicos. Utilizando procedimientos similares se desarrollará una tecnología que permita darle valor agregado a estos materiales.

Por otro lado, en el área de biotecnología el IPEN está implementando una plataforma tecnológica de punta basada en genómica dirigida a producir información de secuencias de ADN que fortalezcan la productividad de la minería y la industria textil en el país. En ese sentido, se han realizado investigaciones dirigidas a la identificación por marcadores moleculares de ADN de los principales microorganismos que participan en el tratamiento de la arsenopirita para la extracción del oro en bioreactores industriales. Información útil para aumentar el rendimiento del proceso de biooxidación a escala industrial (proyecto financiado por el CONCYTEC).

Además, se trabaja en la bioremediación de minas abandonadas mediante el uso de microorganismos y biota vegetal para la recuperación de zonas de contaminadas por efluentes ácidos y metales pesados. Los efluentes ácidos, cargados de arsénico y metales, son originados por la actividad oxidativa espontánea de microorganismos del ambiente. La identificación molecular de tales organismos, en conjunto con la aplicación de isótopos radiotrazadores, permite identificar los focos de generación de efluentes ácidos, información útil para la implementación de medidas de saneamiento ambiental de las minas abandonadas (proyecto regional financiado por OIEA).

En relación a la industria textil, se están generando marcadores moleculares de ADN asociados a la alta productividad de rebaños de alpacas de Puno, Junín y Huancavelica, donde el IPEN implementa el uso de radioisótopos para el análisis de secuencias de ADN de la alpaca en colaboración con Universidad Nacional del Altiplano, el Gobierno Regional de Puno y CONACs (proyecto auspiciado por la OIEA). Asimismo, se están generando secuencias de AND marcados con radioisótopos del algodón peruano que fomenten la identificación de variedades de alta productividad (proyecto auspiciado por la OIEA). Estos esfuerzos están dirigidos a contribuir en el fortalecimiento de la cadena productiva textil del país.

El Laboratorio de Irradiación de Alimentos

En el año 2003, se recibió como donación del OIEA, el Irradiador Gammacell Excel 220 con una actividad promedio de 887 TBq de ^{60}Co , con un valor de US\$ 198 060, siendo instalado y puesto en operación el 31 de agosto del 2003 en el edificio del CNPR del Centro Nuclear de Huarangal.

Se procedió a realizar su calibración dosimétrica utilizando un dosímetro químico estándar Fricke, el mismo que fue preparado considerando la norma ASTM E 1026-95.

En el año 2003 se realizó servicios de irradiación, dosimetría y verificación tecnológica a 35 empresas, de las cuales 25 correspondieron al área de alimentos y 10 de productos médicos. Se logró una facturación mayor al 150 % comparado al año anterior. Una entidad que requirió la mayor atención de servicios fue el Instituto de salud del Niño y la empresa SURGEMEDICAL SAC. Otro servicio importante fue la dosimetría brindada al Proyecto Moscamed – SENASA, que cuenta con 3 equipos de tipo I y una planta de tipo II.

Actualmente, el IPEN aplica la tecnología nuclear en alimentos secos o vegetales deshidratados en polvo como la harina de maca, espárragos, plátanos, lúcuma, hierbas medicinales, complementos nutricionales como la uña de gato, muña, sangre de grado, especias y condimentos como pimienta, palillo, orégano. También se irradia colorantes orgánicos naturales como el carmín, cúrcuma, achote.

El Laboratorio de Irradiación de Productos Médicos

El Instituto Peruano de Energía Nuclear viene desarrollando trabajos de innovación, desarrollo y transferencia tecnológica en el campo de banco de tejidos y biomateriales. Así, apoyados por la cooperación técnica del OIEA, se ha logrado establecer un Banco de Tejidos en el Instituto de Salud del Niño, fortalecer al Laboratorio de Irradiación de Productos Médicos de IPEN para el procesamiento de tejidos y biomateriales, y fortalecer a otras instituciones de salud involucradas en la actividad de banco de tejidos, a través de capacitaciones, en el extranjero y en nuestro país, del personal involucrado en la actividad de banco de tejidos.

También se ha establecido una red entre científicos del IPEN y profesionales de la salud pertenecientes a MINSA, ESSALUD y las Fuerzas Armadas cuyo quehacer es la actividad de Banco de Tejidos, para la revisión y adaptación de documentos sobre normatividad de la irradiación de tejidos, estándares internacionales y nacionales, así como sobre concientización pública para la donación de órganos y tejidos, elaborados por expertos de las Asociaciones Regionales de Banco de Tejidos y del OIEA.

Por otro lado, se ha desarrollado y se está llevando a cabo trabajos relacionados con el procesamiento, esterilización por radiación, control de calidad, validaciones de la dosis de esterilización en apósitos biológicos de piel de cerdo, de membrana amniótica y aloinjertos de hueso. Igualmente, se ha trabajado aspectos relacionados al aseguramiento de la calidad en bancos de tejidos y en laboratorios de irradiación.

Asimismo, se ha llevado a cabo el Primer Curso Nacional sobre “Radiación y Banco de Tejidos” en el que participaron científicos y profesionales de diferentes instituciones de salud y universidades.

Finalmente, desde 1998 hasta la fecha, se ha esterilizado por radiación 25 336 unidades de tejidos, utilizados en la práctica médica principalmente para tratar heridas por quemaduras, lesiones por trauma o en casos de tratamientos quirúrgicos de odontología y oftalmología, salvando vidas de pacientes o mejorando su calidad de vida. Actualmente, el Laboratorio de Irradiación de Producto Médicos ha iniciado trabajos para la obtención de quitosano mediante radiación para la elaboración de hidrogeles los que serán utilizados en caso de quemaduras y otras lesiones a la piel.

Protección Radiológica

Estos servicios se han incrementado en forma sustantiva, habiéndose atendido a instituciones del sector privado y del sector público. Han comprendido la prueba de fuga a fuentes selladas utilizadas en los centros mineros. De igual manera se ha realizado análisis radiométricos a fin de evaluar niveles de concentración de radiactividad en productos alimenticios de exportación. Asimismo, se ha realizado la evaluación de presencia de contaminantes radiactivos que podrían ser producto de las diferentes prácticas.

En forma cuantitativa se puede indicar que se realizaron 608 análisis radiométricos a usuarios externos, 289 correspondieron a ensayos de radiactividad de alimentos y 309 a pruebas de hermeticidad de fuentes radiactivas. En el caso de los servicios internos se realizaron 309, los que corresponden al programa de monitoreo ambiental. También se efectuaron 12 registros mensuales y 12 boletines de registros meteorológicos. Dentro de la implementación de sistemas de calidad se realizaron dos ejercicios de intercomparación. Se realizó tres informes sobre los programas de vigilancia radiológica ambiental, uno del centro nuclear RACSO, uno a nivel nacional, y uno referida al medio marino. También se efectuó 64 informes de calibración dosimétrica de detectores de radiación de usuarios internos, 12 reportes y un informe anual de dosimetría ambiental por TLD. Se elaboró un informe técnico sobre el mejoramiento del Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas. Asimismo, para los usuarios externos, se efectuaron 145 calibraciones de detectores de radiación y 52 calibraciones de equipos de rayos X. Se realizó seis evaluaciones radiológicas de instalaciones radiactivas, 12 reportes mensuales de dosimetría de ^{131}I en tiroides y 1 informe anual. En el caso de medicina radiosanitaria se efectuó 399 evaluaciones médicas de usuarios externos, y 117 de usuarios internos.

En la Planta de Residuos Radiactivos

En el año 2003, se realizó servicios de recolección, acondicionamiento y almacenamiento de fuentes radiactivas. Se realizó servicios a centros mineros y centros hospitalarios, habiéndose recolectado veinte fuentes radiactivas, doce fuentes correspondieron a ^{226}Ra , cinco de ^{137}Cs y tres de ^{241}Am . La actividad total recolectada fue de 177 GBq.

De otro lado, se realizó 51 servicios de gestión de residuos radiactivos a usuarios internos, de los cuales 35 correspondieron a la planta de producción de radioisótopos y 10 servicios al RP-10. Se recolectó 3,2 m³ de residuos sólidos y 160 m³ de residuos líquidos.

Teniendo en cuenta las disposiciones legales vigentes se tiene previsto continuar con la campaña de recolección de fuentes en desuso, de forma tal que todas las empresas licenciadas cumplan con las regulaciones de seguridad radiológica existentes en nuestro país.

En la Planta de Irradiación Multiuso Santa Anita

Cada vez son más las empresas del ámbito alimentario y de la industria médica que irradian sus productos antes de exportarlos y expendellos en el mercado interno. La Planta de Irradiación Multiuso (PIMU), desde su inauguración en abril del año 1996 hasta la fecha, brinda servicios de irradiación a una serie de productos de empresas que solicitan el servicio con propósitos de descontaminación microbiana y de radioesterilización principalmente.

La tecnología de irradiación de alimentos es una de las aplicaciones de la energía nuclear que está incidiendo directamente sobre las empresas agroindustriales creando valor agregado a sus productos con amplias ventajas competitivas, al permitirles el acceso a mercados externos con un producto adecuado a las exigencias internacionales, posibilitando el incremento de sus exportaciones.

La PIMU es una instalación diseñada y licenciada para irradiar alimentos, basada en la disposición de ambientes adecuados y en un sistema de acceso y control automatizado, donde se exponen los alimentos de interés a la acción ionizante de los rayos gamma, consiguiendo eliminar aquellos insec-

tos y microorganismos patógenos que causan su rápido deterioro y que generan enfermedades al ser humano que las consume. En esta instalación también se radioesterilizan apósitos quirúrgicos y otros productos de la industria médica.

En las Actividades de Capacitación

Durante el año 2003 la Dirección de Capacitación a través del Centro Superior de Estudios Nucleares (CSEN) ha llevado a cabo el III Programa de Maestría en Ciencias con mención en Física Médica (15 personas) y la continuación de estudios de los alumnos del VI Programa de Maestría en Ciencias con mención en Energía Nuclear (18 personas) quienes en su mayor parte realizaron sus prácticas en las instalaciones del IPEN a fin de hacer sus tesis.

En lo que se refiere a los cursos de Educación Continua, se ha superado de manera significativa las metas establecidas en los 31 años de existencia del CSEN ya que se realizaron 111 cursos a los cuales asistieron 1431 personas. Estos cursos abordaron temas nucleares con énfasis en protección radiológica.

Asimismo, se organizó 55 conferencias sobre diversos temas de ciencia y tecnología con especialistas nacionales y extranjeros y a los cuales asistieron 2293 personas.

Se destaca la participación de la Dirección de Capacitación en la organización del VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear, Congreso Regional IRPA, III Encuentro Iberoamericano de Sociedades Científicas de Protección Radiológica, que se llevó a cabo en la ciudad de Lima del 9 al 13 de noviembre de 2003 con la presencia de 173 personas de 23 países, quienes presentaron 175 trabajos en forma oral (132) y como poster (43). Como parte del Congreso se realizaron 8 cursos internacionales, 9 conferencias y 8 mesas redondas. Igualmente hubo una reunión de coordinadores del Proyecto ARCAL LV en fecha previa al Congreso, así como un Forum de las Sociedades de Protección Radiológica. Este Congreso fue coorganizado con la Sociedad Peruana de Radioprotección.

En lo que respecta a visitantes recibidos en el CSEN, se ha atendido alrededor de 2000 estudiantes de colegios.

Como puede verse, el IPEN trabaja por mejorar el bienestar de nuestra sociedad, aumentar la competitividad del país, incrementar el valor agregado de nuestros productos naturales y elevar el nivel de conocimiento científico y tecnológico del Perú. El IPEN no pretende ni podría estar sólo para lograr esos objetivos; por el contrario, convencido de la necesidad de optimizar los recursos, abre sus laboratorios y pone a disposición sus equipos para proyectos de cooperación con las empresas privadas y públicas y con instituciones científicas y tecnológicas comprometidas con el desarrollo del país.

Lima, agosto de 2004

Dr. Modesto Montoya Zavaleta
Presidente IPEN

ÍNDICE DE TRABAJOS

	Página
I. FÍSICA Y QUÍMICA NUCLEAR	1
1 SIMULACIÓN MONTE CARLO DE LA FORMACIÓN DE AGREGADOS ATÓMICOS EN LAS ALEACIONES MODELO DE TIPO BCC. Reporte Preliminar <i>Rojas, J.; Manrique, E</i>	3
2 SÍNTESIS Y LOCALIZACIÓN INTRACELULAR DE UNA TETRAFENILPORFIRINA LIPOFÍLICA EN ELECTROCITOS DE PSAMMOBATIS EXTENTA <i>Santiago, J.; Vivas, P.; Prado, M.</i>	7
3 EFECTOS DE LA IRRADIACIÓN CON NEUTRONES TÉRMICOS SOBRE LAS PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE LOS ÓXIDOS DE TUNGSTENO DOPADAS CON BORO PARA MICROBATERÍAS. Reporte Preliminar <i>Estrada, W.; Solís, J.; Rojas, J.; Gorestein, A.</i>	12
II. INGENIERÍA NUCLEAR	15
4 CONTROL DE LA CORROSIÓN DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES GASTADOS EN ALMACENAMIENTO EN HÚMEDO <i>Babiche, I.; Revilla, A.</i>	17
5 CURVA DE DURACIÓN Y FACTORES DE CARGA DEL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO NACIONAL <i>Anaya, O.; Nieto, M.; Arrieta, R.; Avila, J.</i>	21
6 SEMI-AUTOMATIZACIÓN DEL TABLERO DE COMANDO PARA AUTOCLAVE <i>Martínez, R.; Cavero, L.; Huatay, L.; Novoa, C.; Medina, M.</i>	23
III. CIENCIA DE LOS MATERIALES	25
7 DEGRADACIÓN FOTOCATALITICA DE FENOL CON NANO-PARTICULAS DE ÓXIDO DE TITANIO SOPORTADAS EN UNA MATRIZ DE POLIDIMETIL-SILOXANO <i>Zúñiga, P.; Ponce, S.; Rodríguez, J.; Solís, J.; Estrada, W.</i>	27
8 ANÁLISIS DE PELOIDES DE LA SALINAS DE CHILCA. UN ESTUDIO POR ESPECTROSCOPIA MOSSBAUER, DIFRACCIÓN DE RAYOS-X Y FLUORESCENCIA DE RAYOS-X DEL Fe-57 <i>Cerón, M.; Raysa, N.; Bustamante, A.; Olivera, P.; Bravo, J.; Quispe, J.</i>	31
9 HIGHLY POROUS THIN FILMS OBTAINED BY SPRAY-GEL TECHNIQUE <i>Solís, J.; Rodríguez, J.; Estrada, W.</i>	35
10 CORROSIÓN DE LOS BULONES EN EL REACTOR RP-10 DEL CENTRO NUCLEAR "RACSO" <i>Babiche, I.; Revilla, A.</i>	39

11	CARBONATACIÓN DEL RECUBRIMIENTO DE CONCRETO <i>Babiche, I.</i>	42
IV. RADIOQUÍMICA		47
12	EVALUACIÓN RADIOQUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL ¹⁵³ Sm- EDTMP, COMPLEMENTADO CON ESTUDIOS DE ESTABILIDAD <i>Robles, A.; Caballero, J.; Portilla, A.</i>	49
13	OPTIMIZACIÓN DEL ENSAYO DE INMUNOREACTIVIDAD POR EL MÉTODO DE CROMATOGRAFÍA DE AFINIDAD EN CAPA FINA PARA ANTICUERPOS MONOCLONALES MARCADOS CON TECNECIO 99m <i>Ramos, B.; Robles, A.</i>	53
14	SÍNTESIS DEL CLORHIDRATO DE LA 2- METILALILAMINA Y SU APLICACIÓN EN LA PREPARACIÓN DEL 2-METOXI-ISOBUTIL-ISONITRILLO (MIBI) <i>Baquerizo, E.; López, J.; Robles, A.; Ramos, B.; Castro, M.</i>	57
15	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN KIT LIOFILIZADO DE MACROAGREGADO DE ALBÚMINA, MARCADO CON ^{99m} Tc, PARA CENTELLOGRAFÍA PULMONAR <i>Petzoldt, I.; Otero, M.; Robles, A.; Agurto, G.; Caballero, J.; Benites, M.; Morote, M.</i>	59
16	PRODUCCIÓN DE UN KIT DE ¹⁴ C-ÚREA PARA LA DETECCIÓN DEL HELICOBACTER PILORI. Reporte Preliminar <i>Aliaga, E.; Mendoza, G.; Martínez, F.; Santiago, J.; Robles, A.; Huatay, L.; Caverro, L.</i>	62
17	MARCACIÓN DEL ANTICUERPO MONOCLONAL IOR-CEA1 CON ¹³¹ I POR EL MÉTODO DE LA CLORAMINA T, PARA EL DIAGNÓSTICO PRECOZ DE ENFERMEDADES NEOPLÁSICAS RELACIONADAS CON EL ADENOCARCINOMA EMBRIONARIO. Reporte Preliminar <i>Koga, R.; Vásquez, S.; Otero, M.; Caballero, J.; Herrera, J.</i>	65
18	ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAMETILENDIFOSFONATO MARCADO CON LUTECIO 177 COMO UN POTENCIAL AGENTE PARA RADIOTERAPIA EN LESIONES ÓSEAS METASTÁSICAS. Reporte Preliminar <i>Herrera, J.; Caballero, J.; Portilla, A.; Miranda, J.; Castro, M.; Soberón, M.; Benites, M.</i>	68
19	OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL ANTI-CEA LIOFILIZADO PARA SER MARCADO CON TECNECIO-99M OBTENIDO POR EXTRACCIÓN, COMPLEMENTADO CON EVALUACIONES RADIOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD <i>Robles, A.; Agurto, G.; Petzoldt, I.; Ramírez, J.; Ramos, B.</i>	70
20	INFLUENCIA DEL ESTADO NUTRICIONAL EN LA BIODISTRIBUCIÓN DEL MERTIATIDA- ^{99m} Tc EN RATAS. Reporte Preliminar <i>Ramirez, J.; Arnao, I.; Manuel, O.; Caballero, J.; Ayala, M.; Bazán, H.</i>	71
V. APLICACIONES EN LA INDUSTRIA		73
21	PROTOTIPO DE UNA NARIZ ELECTRÓNICA <i>Rojas, M.; Comina, G.; Solís J.</i>	75

22	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE RESIDENCIA DE UN DECANTADOR UTILIZANDO TÉCNICAS DE RADIODIAZADORES <i>Rojas, R.; Maghella, G.; Mamani, E.; Maguiña, J.; Leclerc, J.P.</i>	81
23	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS Y DE ARSÉNICO EN SEDIMENTOS DEL RÍO RIMAC <i>Rojas, R.; Valencia, J.; Maghella, G.; Mamani, E.</i>	83
24	DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN EL REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA) DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, UTILIZANDO RADIODIAZADORES <i>Condori, J.; Maghella, G.; Mamani, E.; Maguiña, J.; Alcahuamán, R.; Leclerc, J.P.</i>	84
VI. APLICACIONES EN MEDICINA		87
25	LINFOSCINTIGRAFÍA Y CIRUGÍA RADIOGUIADA EN TUMORES PRIMARIOS DE VULVA. Estudio Preliminar <i>Morales, R.; Santos, C.; Aguilar, C.; Cano, R.; Saavedra, P.</i>	89
26	GENETIC VARIABILITY OF HEPATITIS C VIRUSES STRAINS <i>Vásquez, S.; Koga, R.; Chunga, A.; Ronceros, G.; Retamal, A.; Zumaeta, E.; Torres, C.; García, L.; Colina, R.; Carlos, A.; Khan, B.; Cristina, J.</i>	92
27	CORRELACIÓN ENTRE ANTÍGENO PROSTÁTICO ESPECIFICO, Gammagrafía Ósea y Score de Gleason en Pacientes con Cáncer de Próstata <i>Mendoza, G.; Cano, R.; Morales, R.; Saavedra, P.; Aguilar, C.; Muñoz, L.; Benavente, V.</i>	94
28	ABLACIÓN CON YODO-131 EN NIÑOS Y ADOLESCENTES CON CÁNCER DIFERENCIADO DE TIROIDES: REVISIÓN DE 13 CASOS <i>Saavedra, P.; Cano, R.; Morales, R.; Mendoza, G.; Aguilar, C.; Muñoz, L.; Postigo, J.</i>	97
VII. APLICACIONES EN EL MEDIO AMBIENTE		101
29	DESINFECCIÓN SOLAR DE AGUAS EN TAMBO PARIACHI, HUAYCAN, LIMA, PERÚ <i>Galarza, P.; Sánchez, E.; Maurtua, D.; Rodríguez, J.; Solís, J.; Estrada, W.</i>	103
30	DETERMINATION OF TRACE ELEMENTS AND HEAVY METALS IN AGRICULTURAL PRODUCTS CULTIVATED AT THE RIMAC RIVER VALLEY IN LIMA CITY USING NUCLEAR AND RELATED ANALYTICAL TECHNIQUES <i>Bedregal, P.; Torres, B.; Olivera, P.; Mendoza, P.; Ubillus, M.; Creed-Kanashiro, H.; Penny, M.; Junco, J.; Ganoza, L.</i>	108
31	MONITOREO DE CONCENTRACIONES DE I-131 EN EL AIRE EN LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO DEL CENTRO NUCLEAR RACSO DURANTE 1990-2003 <i>Osores, J.; Anaya, A.; Jara, R.</i>	114

32	PROGRAMA DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL CENTRO NUCLEAR RACSO (2002 – 2003) <i>Osores, J.; Gonzáles, S.; López, E.; Martínez, J.; Anaya, A.; Jara, R.</i>	116
33	TIEMPOS DE RESIDENCIA ENTRE PUNTOS DE MONITOREO DEL RÍO RIMAC UTILIZANDO TÉCNICAS DE RADIOTRAZADORES <i>Rojas, R.; Maghella, G.; Mamani, E.; Maguiña, J.</i>	118
34	ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE HUARANGAL <i>Anaya, A.; Osores, J.; Gonzáles, S., López, E.</i>	120
VIII. PROTECCIÓN Y SEGURIDAD RADIOLÓGICA		121
35	CALIBRACIÓN DOSIMÉTRICA DE MONITORES DE NEUTRONES EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA <i>Benavente, T.; Rojas, E.</i>	123
36	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN IRRADIADOR PANORÁMICO PARA LA CALIBRACIÓN DE MONITORES DE RADIACIÓN <i>Benavente, T.; Rojas, G.; Mora, B.; Quispe, J.; Castillo, R.; Pintado, V.; Heredia, A.; Celedonio, E.; Defilippi L.; Santos, J.</i>	124
37	CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS LÍQUIDOS EN EL CENTRO NUCLEAR RACSO-PERÚ <i>Manchego, T.; Rodríguez, G.</i>	128
38	RED IBEROLATINOAMERICANA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA <i>Medina, E.</i>	131
39	PROGRAMAS DE FORMACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA USUARIOS DE RADIACIONES IONIZANTES EN EL PERÚ <i>Medina, E.</i>	138
40	CALIBRACIÓN DOSIMÉTRICA DEL EQUIPO DE IRRADIACIÓN TIPO I DE ⁶⁰ Co MODELO GAMMACELL 220 EXCEL SN 44R <i>Linares, M.; Huamanlazo, P.; Vargas, J.</i>	143
41	LA DOSIMETRIA PERSONAL EN EL INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR EN EL AÑO 2003 <i>Celedonio, E.; Benavente, T.</i>	145
42	CONTROL RADIOLÓGICO DE HARINA DE PESCADO EN EL PERÚ (2001- 2003) <i>López, E.; Osores, J.; Gonzáles, S.; Martínez, J.; Jara, R.</i>	146
43	MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN AMBIENTAL EN EL CENTRO NUCLEAR "RACSO" USANDO DOSÍMETROS TERMOLUMINISCENTES <i>Celedonio, E.; Benavente, T.</i>	148
44	EVALUACIÓN RADIOSANITARIA DEL PERSONAL DEL IPEN OCUPACIONALMENTE EXPUESTO DURANTE EL AÑO 2003 <i>Vizcardo, C.; Gonzáles, S.</i>	149

45	DOSIMETRÍA INTERNA DEBIDO AL ¹³¹ I EN TIROIDES DE LOS TRABAJADORES DEL IPEN OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS DURANTE EL AÑO 2003 <i>Rodríguez, D.</i>	150
46	MEJORAMIENTO DEL LABORATORIO SECUNDARIO DE CALIBRACIONES DOSIMÉTRICAS DEL PERU <i>Benavente, T.; Celedonio, E.; Defilippi, L.; Rojas, G.; Mora, B.; Quispe, J.; Castillo, R.; Pintado, V.; Heredia, A.; Santos, J.</i>	152
47	SERVICIOS DE CONTROL DE CALIDAD EN EQUIPOS DE RAYOS-X DE DIAGNÓSTICO MÉDICO REALIZADOS EL AÑO 2003 <i>Benavente, T.; Celedonio, E.; Defilippi, L.</i>	156
48	RADIACIÓN Y MEDIO AMBIENTE <i>González, S.</i>	158
49	CÁLCULO DE BLINDAJE PARA UNA SALA DE RAYOS-X CON PAREDES DE ADOBE <i>Ravello, Y.</i>	160
	IX. ASPECTOS DE GESTIÓN	161
50	INSPECCIONES REALIZADAS POR LA OFICINA TÉCNICA DE LA AUTORIDAD NACIONAL EN EL AÑO 2003 <i>Ramírez, R.; Ampuero, C.; Munive, M.; Ticllacuri, M.; Ravello, Y.</i>	163
51	INSTALACIONES DE EQUIPOS DE RAYOS-X DE USO MÉDICO INSPECCIONADOS EN LA CIUDAD DE LIMA DURANTE EL AÑO 2003 <i>Ticllacuri, M.; Ravello, Y.; Munive, M.</i>	165
52	BÚSQUEDA Y HALLAZGO DE UNA FUENTE DE BRAQUITERAPIA <i>Ramírez, R.; Ampuero, C.; Ticllacuri, M.; Munive M.; Ravello Y.</i>	167
53	RESULTADO DE LAS INSPECCIONES REALIZADAS DURANTE EL AÑO 2003 A INSTALACIONES CON EQUIPOS DE RAYOS-X MÉDICO Y DENTAL EN LA CIUDAD DE LIMA <i>Ravello, Y.; Ticllacuri, M.; Munive, M.</i>	168
54	SOFTWARE DE GESTIÓN DE DOCUMENTOS Y REGISTROS DE GARANTÍA DE CALIDAD PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS <i>Castillo, J.; Morote, M.</i>	169

I. Física y Química Nuclear

SIMULACIÓN MONTE CARLO DE LA FORMACIÓN DE AGREGADOS ATÓMICOS EN LAS ALEACIONES MODELO DE TIPO BCC.

Reporte Preliminar

Rojas J. ^(1,2) irojas@ipen.gob.pe; Manrique E. ⁽²⁾ evmc@yahoo.com

(1) Departamento de Física – IPEN / Lima, Perú

(2) Laboratorio de Simulación Computacional – Facultad de Ciencias Físicas – Universidad Nacional Mayor de San Marcos / Lima, Perú

RESUMEN

Mediante la simulación con el método Monte Carlo se realizó una descripción atomística de la estructura de las aleaciones binarias modelo de tipo bcc. Usamos el modelo ABV de la aleación donde se asume la aproximación de interacción par a primeros vecinos con energía de ordenación constante. La dinámica fue introducida por medio de una vacancia que intercambia de lugar con los átomos vecinos más próximos. Las simulaciones fueron realizadas en una red bcc con 128, 1024, 8192 y 16000 sitios, aplicando condiciones de frontera periódicas para evitar efectos de borde. Se determinó las probabilidades de formación de diferentes agregados atómicos $A_{0-m}B_m$ ($m = 0, 1, 2, \dots, 9$) como función de la concentración de los componentes y de la temperatura. Se encontró que en algunas regiones de temperatura y concentración se observa polimorfismo composicional y térmico de los agregados.

Palabras claves: Monte Carlo, orden local, cluster, Algoritmo de Metrópolis

1 INTRODUCCIÓN

Para entender y modificar las propiedades físicas de una aleación es necesario conocer las posibles fases termodinámicamente estables y los mecanismos de transición entre las mismas[1]. Las aleaciones ordenadas como FeAl, son materiales interesantes debido a que poseen propiedades mecánicas únicas y resistencia a altas temperaturas, entre otras propiedades. El problema de identificar las configuraciones atómicas en las soluciones sólidas con orden local es muy difícil usando cálculos desde primeros principios. Por esta razón es de gran interés el desarrollo de diferentes modelos [2,3] y reglas que permitan a partir de información inicial

mínima determinar la estructura y propiedades de aleaciones de cualquier composición.

En el presente trabajo se presentan los estudios realizados mediante la simulación computacional Monte Carlo (MC), acerca del comportamiento de las probabilidades de formación de agregados (PFA) en un amplio intervalo de concentraciones y temperatura.

2 EL MODELO Y LA METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN

Consideramos una aleación binaria como un conjunto de N_A átomos de tipo A y N_B átomos de tipo B, ubicados en los nudos de una red cristalina con N sitios. La red contiene N_V sitios vacíos representando las vacancias en el sistema ($N = N_A + N_B + N_V$). Cada nudo de la red puede estar ocupado por un átomo de cualquier tipo (A o B) o estar vacío, es decir las concentraciones de los átomos y vacancias satisfacen a la condición: $c_A + c_B + c_V = 1$

En el marco de la aproximación de interacción de pares a primeros vecinos, el Hamiltoniano del modelo ABV [4] de aleación binaria se expresa como:

$$H = \sum_{\langle i,j \rangle} [K s_i^2 s_j^2 + J s_i s_j + U(s_i^2 s_j + s_i s_j^2)] + H_0 \quad (1)$$

donde

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{4}(u_{AA} + u_{BB} + 2u_{AB}) + u_{VV} - u_{AV} - u_{BV} \\ J &= \frac{1}{4}(u_{AA} + u_{BB} - 2u_{AB}) \\ U &= \frac{1}{4}(u_{AA} - u_{BB}) - \frac{1}{2}(u_{AV} - u_{BV}) \end{aligned} \quad (2)$$

u_{xy}^i son las energías de interacción efectiva entre los componentes x, y ; la sumatoria se realiza por todos los vecinos mas próximos de cada sitio. La variable spin s_i toma los valores 1, -1, o 0 si el sitio i es ocupado por una especie del tipo A, B o V respectivamente. H_0 incluye los términos independientes de la configuración microscópica para una aleación dada. El termino U es el responsable del comportamiento de la vacancia. En particular, $U > 0$ significa mayor preferencia de intercambio de la vacancia con el átomo de tipo A. En el caso de $U = 0$, lo cual asumimos en el presente trabajo, la vacancia no tiene ninguna preferencia por un determinado tipo de átomo.

Como mostró Vives [5], en el caso cuando la concentración de las vacancias $c_v \ll 1$, el término K en la ecuación (1) es aproximadamente constante e independiente de la configuración, por tanto el único término relevante es el que contiene J :

$$H = J \sum_{\langle i, j \rangle} s_i s_j \quad (3)$$

que es un Hamiltoniano tipo modelo de Ising.

En el presente trabajo utilizamos el modelo estándar ABV, Ec. (3) con una vacancia, para la determinación y descripción de las propiedades en equilibrio de las aleaciones binarias. El signo del parámetro de intercambio J esencialmente determina la tendencia a segregación ($J < 0$) u ordenación química ($J > 0$). Usando el método MC simulamos la colectividad canónica del sistema definido por la Ecuación (3). Toda la dinámica del sistema se introduce mediante el movimiento de una sola vacancia que intercambia de posición con cualquiera de los átomos más próximos con igual probabilidad. De acuerdo al algoritmo estándar de Metrópolis [6], la probabilidad de intercambio de la vacancia con un átomo vecino i escogido aleatoriamente está dada por:

$$P_i = \min \left\{ 1, \exp \left(\frac{-\Delta H}{kT} \right) \right\} \quad (4)$$

donde ΔH es la variación de la energía del sistema al realizar la vacancia un intercambio tentativo de lugar con un átomo vecino.

El espacio de simulación es un cubo que contiene $M = 2L^3$ nudos de una red *bcc* con L celdas por dimensión. En los nudos de esta red se ubican $N = M - 1$ átomos. Con la finalidad de minimizar los efectos de superficie se utilizan condiciones de frontera periódicas en las tres dimensiones. A fin de aclarar la posible dependencia de los efectos de correlación con el tamaño del sistema hemos trabajado con $M = 128, 1024, 8192$ y 16000 sitios. El equilibrio térmico se alcanza, dependiendo del tamaño del sistema, luego de $800 - 2000$ pasos de Monte Carlo (MCS). Los promedios de las magnitudes de interés (probabilidad de formación de agregados, parámetros de corto alcance, energía, etc) se calcularon utilizando $10000 - 20000$ MCS luego del alcanzar el equilibrio termodinámico.

De acuerdo al modelo de las cuasipartículas propuesto por Bogdanovich y Men [7], la aleación está constituida por un conjunto finito de diferentes cuasipartículas o clusters atómicos $A_{n-m}B_m$. Los clusters de n átomos se diferencian por su composición y configuración, y como consecuencia por sus propiedades. En una aleación dada, cada tipo de cluster tiene cierta probabilidad de formación p_k , que depende de la temperatura y concentración de los componentes.

En el marco de este modelo, la propiedad $f(c)$ de la aleación se expresa como,

$$f(c) = \sum_k p_k(c, T) f_k \quad (5)$$

donde $p_k(c, T)$ es la probabilidad de formación (PF) del cluster de tipo k en la aleación de concentración c a temperatura T .

En una primera aproximación suponemos que en el modelo de aleación estudiado, el tamaño de los clusters está limitado solamente por las primeras esferas de coordinación, cuyo alcance se determina, fundamentalmente, por el valor del parámetro J . Por lo tanto en las aleaciones modelo de tipo *bcc* es posible la formación de 10 diferentes tipos de clusters, que se diferencian solo por sus composiciones, tales como: $C0 = A_9B_0, C1 = A_8B_1, \dots$

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las probabilidades de formación P_k de todos los tipos de clusters ($C0, C1, \dots, C9$) fueron determinados en un amplio rango de

concentraciones y a diferentes temperaturas.

Cada tipo de cluster alcanza su máxima probabilidad de formación en una aleación de composición determinada. La forma de $P_k(c, T = \text{const.})$ y su valor máximo para algunos clusters no varía, mientras que para otros varía sustancialmente como se aprecia en la Fig. 1. A altas temperaturas ($T > T_c$) la distribución de las PF de los clusters es semejante a la distribución estadística.

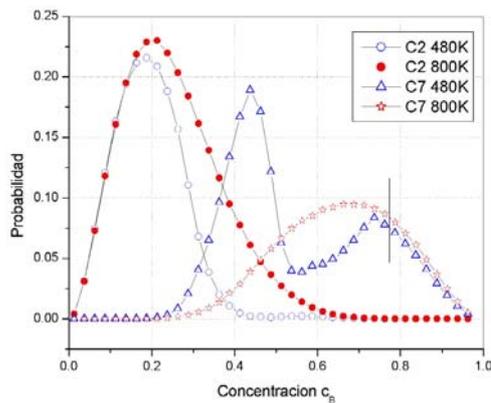


Figura 1. Probabilidades de formación de los clusters C2 y C7 versus concentración a temperaturas 480 y 800K.

A temperaturas cercanas a T_c no solamente se modifica sustancialmente el perfil de la curva de la distribución si no que ocurre un desplazamiento del máximo en el eje de concentraciones. A temperatura 480K, que es menor que la crítica, las PF de los clusters C7 presentan 2 máximos a diferentes concentraciones. En una aleación determinada predominan 2 – 4 tipos de clusters, la población de los otros tipos es casi despreciable.

Las PF de los clusters se determinaron en el rango de temperaturas desde debajo de T_c hasta valores significativamente mayores que el punto crítico. La temperatura se expresa en unidades reducidas, definida como $T_r = kT/J$, donde k es la constante de Boltzman y T la temperatura absoluta.

Como se puede apreciar de la Fig. 2, el comportamiento con la temperatura de las PF de los diferentes tipos de clusters es diferente. Un comportamiento similar de las PF de los clusters se observan en otras aleaciones con composiciones cercanas a las estequiométricas.

Un hecho resaltante es el intercambio de predominio entre ciertos tipos de clusters a

determinados valores de la temperatura. En aleaciones de otras composiciones no se observa ningún intercambio de población entre los distintos clusters.

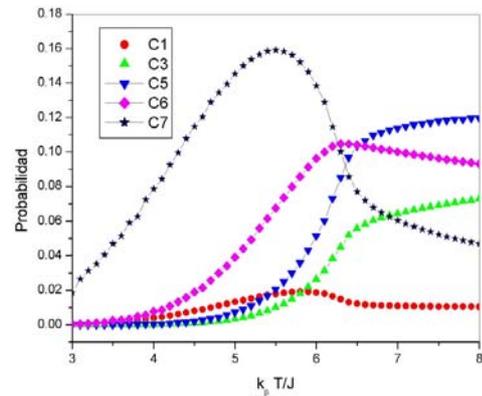


Figura 2. Variación con la temperatura de las PF de los clusters C1, C3, C5 – C7 en la aleación con $c_B = 0.5$.

El conocimiento de las PF de diferentes tipos de clusters en una aleación de composición definida y a una temperatura dada puede ayudar a una mejor comprensión de las primeras etapas de las transiciones de fases, así como elegir los parámetros más óptimos del tratamiento térmico.

Los resultados obtenidos relacionados con el comportamiento de las PF de diferentes clusters como función de la temperatura evidencian la existencia del polimorfismo térmico, es decir, a medida que varía la temperatura de la aleación el predominio de un determinado tipo de cluster es reemplazado por otro tipo de cluster. Análogamente, con la variación de la concentración de la aleación ocurre el intercambio de los clusters predominantes, produciéndose el polimorfismo composicional. Este efecto del polimorfismo térmico y composicional de los clusters, conjuntamente con las propiedades intrínsecas de los clusters podría ser la causa de la dependencia peculiar de las propiedades de las soluciones metálicas homogéneas con la temperatura y concentración [8].

Conociendo las propiedades concretas $f_k(n,m)$ de los diferentes clusters, calculadas, por ejemplo con Dinámica Molecular, mediante la Ecuación 5 se puede predecir la respectiva propiedad de la aleación. Este tipo de predicción será reportado en un trabajo futuro.

* Aparición de pequeños mínimos y máximos

4 CONCLUSIONES

En este trabajo, usando un modelo simple ABV de la aleación binaria mediante la simulación MC se estudió el comportamiento de las PF de diferentes tipos de clusters tanto en función de la temperatura como de la concentración.

El comportamiento peculiar de las propiedades de las soluciones sólidas en función de la concentración y temperatura [8] puede interpretarse como una consecuencia del polimorfismo composicional y térmico de la formación de diferentes clusters atómicos en las aleaciones.

El conocimiento de las PF en una aleación concreta puede ser útil para comprender los mecanismos de las transiciones de fases, así como para los tecnólogos en tratamientos térmicos.

5 REFERENCIAS

- [1] Christian JW. The theory of transformations in metals and alloys. Pergamon Press. 1975.
- [2] Clapp PC. Phys. Rev. B. 1971; 4(2): 255-270.
- [3] Schmauder P. Binkele. Computational Materials Science. 2002; 24(1-2): 42-53.
- [4] Yadram K, Binder K. Int. J. Mod. Phys. C. 1993; 4: 701.
- [5] Vives E, Planes A. International J. of Modern Phys. 1992; 4(3): 701-720..
- [6] N. Metropolis N, Rosenbluth A, Rosenbluth M, Teller A. J. Chem. Phys. 1953; 34(3): 1087-1092.
- [7] Bogdanovich M, Men A. Zhurnal Fis. Jim. 1980; 54(11): 2973-2978.
- [8] Rojas J. Tesis de PhD, Universidad Estatal de Jarkov, Ucrania 1985.

SÍNTESIS Y LOCALIZACIÓN INTRACELULAR DE UNA TETRAFENILPORFIRINA LIPOFÍLICA EN ELECTROCITOS DE PSAMMOBATIS EXTENTA

Santiago J.⁽¹⁾ jsantiago@ipen.gob.pe; Vivas P.⁽²⁾; Prado M.⁽³⁾ inprado@criba.edu.ar

(1) Dirección General de Promoción y Desarrollo Tecnológico-IPEN / Lima, Perú

(2) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Av. Venezuela S/N, Lima 1, Perú

(3) Instituto de Investigaciones Bioquímicas, Universidad Nacional del Sur / Argentina

RESUMEN

Se describe la síntesis y localización intracelular de un derivado de tetrafenilporfirina lipofílica en electrocitos de *Psammobatis extenta* (Rajidae). La localización intracelular se estudió observando la fluorescencia roja presentada por este derivado de porfirina. Este compuesto presentó gran afinidad por los nervios electromotores y la membrana de los núcleos de electrocitos. Ambas estructuras exhibieron fuerte fluorescencia, mientras que la mitocondria mostró una débil fluorescencia. Adicionalmente, el microanálisis de rayos X sugiere una migración de iones catiónicos y cloruro.

1 CONTENIDO

Introducción

La terapia fotodinámica del cáncer (PDT) consiste en inocular una sustancia, fotosensibilizador, y luego de su acumulación selectiva en células cancerosas se irradia de manera muy focalizada con luz de longitud de onda apropiada para generar oxígeno molecular singulete, una especie altamente reactiva que reacciona con muchas biomoléculas como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.¹ Estas biomoléculas son químicamente modificadas y, por tanto, no pueden realizar sus funciones causando la muerte de la célula. Las ventajas de este método, comparada con otras modalidades de tratamiento de cáncer, son su baja toxicidad y su capacidad para destruir tumores selectivamente. El efecto secundario más notorio es la fotosensibilización residual de la piel por varias semanas. Sin embargo, la aplicación de la PDT es restringida debido a la limitada penetración de la luz en los tejidos. De otro lado, la fluorescencia que exhiben ciertos fotosensibilizadores permite la detección de tumores.²

Una de las áreas de mayor investigación es la búsqueda de nuevos fotosensibilizadores que sean más eficientes, selectivos y de baja toxicidad. El grado de lipofilicidad de los fotosensibilizadores determina su localización y el tipo de daño celular;^{3,4,5} en general un fotosensibilizador lipofílico se acumula en la membrana de la célula y sus organelas.⁶ De otro lado, los fotosensibilizadores hidrofílicos, al igual que estados agregados, ingresan a la célula por pinocitosis y son localizados generalmente en lisosomas y endosomas.⁷ Hay muchos fotosensibilizadores, por lo general derivados de porfirinas o de ftalocianinas, bajo estudio clínico y pueden ser clasificados como lipofílicos o hidrofílicos.⁸ Sin embargo hay pocos ejemplos de macrociclos neutros con largas cadenas alifáticas estudiadas para la PDT. Se sabe que la eficiencia y selectividad hacia el tumor se incrementa ligeramente conforme aumenta la longitud de los grupos alifáticos unidos al macrociclo de ftalocianina.^{9,10}

La *Psammobatis extenta* pertenece a la familia de las Rajidae, uno de los tres grupos de peces de descarga eléctrica débil. Se escogió los electrocitos para este estudio porque son células grandes con muy pocas organelas, esto facilita el estudio de la localización intracelular del fotosensibilizador.

Los electrocitos son células altamente polarizadas, multinucleares y de forma semicircular (Fig. 1). Presentan una cara cóncava que recibe inervaciones (IF) de las neuronas electromotoras de la espina dorsal. La otra cara, convexa, no presenta inervaciones (NIF) y muestra un sistema de cavernas.¹¹ Los núcleos están localizados en la región posterior del citoplasma.¹¹

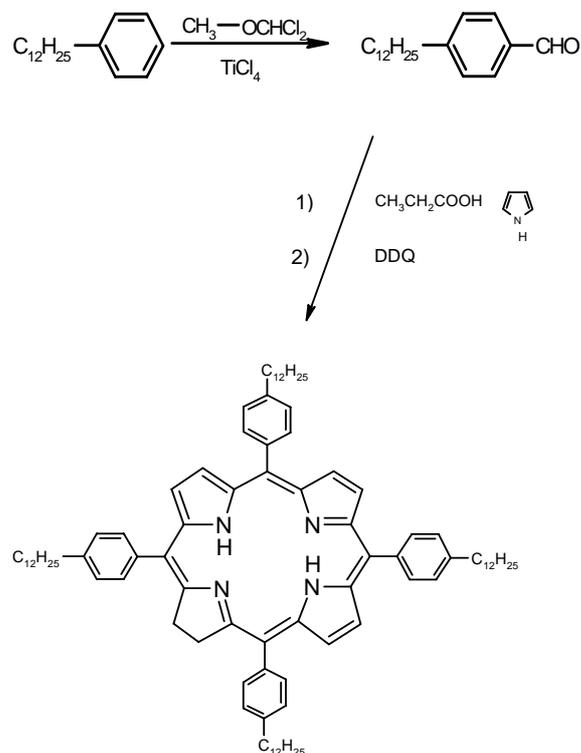
En este trabajo describimos la síntesis y la localización intracelular de 5,10,15,20-tetrakis(4-*n*-dodecilfenil)-porfirina (TPP), 1, composición elemental y cambios

morfológicos en electrocitos de *Psammobatis extenta*.

2 PARTE EXPERIMENTAL

Síntesis del fotosensibilizador

El derivado de TPP se sintetizó según el siguiente esquema:^{12,13}



La pureza de este compuesto fue controlada por $^1\text{H-RMN}$, IR, UV-Visible:

$^1\text{H-RMN}$ (CDCl_3) δ : -2.75(s,2H), 0.88(t,12H), 1.31-1.58(m,72H), 1.90(q, 8H), 2.93(t, 8H), 7.53(d, 8H), 8.10(d, 8H), 8.85(s, 8H)

UV-Vis (benceno) λ_{max} (ϵ), 421nm (7.4×10^5), 517nm (2.7×10^4), 552nm (1.5×10^4), 594nm (7.9×10^3), 650nm (6.9×10^3)

IR (KBr) 2922, 2852, 1469, 967, 780, 734 cm^{-1}

Localización intracelular de TPP

Para estudiar la afinidad de **1** por las organelas de los electrocitos se hicieron cortes criostáticos de aproximadamente 10 μm del órgano eléctrico del *P. extenta*. Estos cortes fueron realizados a lo largo del eje anteroposterior y fueron incubados en una solución 1.2×10^{-5} M de **1** en una mezcla de xileno, EtOH y buffer imidazol. Después de la fijación, los cortes fueron lavados con PBS o buffer imidazol por 5 minutos. Luego fueron mezclados con Citifluor y observados con un microscopio de fluorescencia equipado con filtros G y 580W.

Es necesario que en cumplimiento de las normas peruanas [3] y recomendaciones de la IAEA [4], la calibración dosimétrica para unidades teleterapia, de ^{60}Co , de rayos x y de electrones, deben realizarse una vez por año, como parte del programa de garantía de la calidad que debe implementarse en todo centro de radioterapia del Perú.

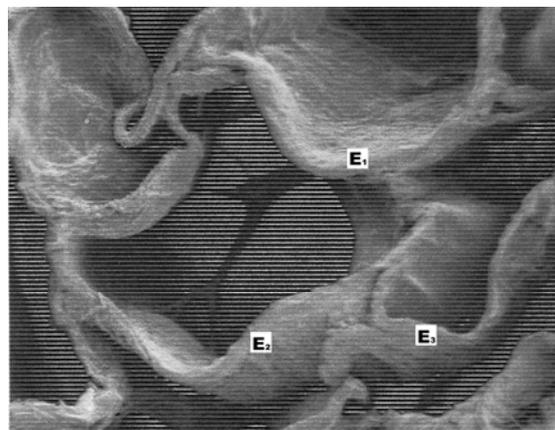


Figura 1. Micrografía SEM mostrando tres electrocitos (x100).

En la figura 2a se observa una fuerte fluorescencia en el núcleo (flecha blanca) y una débil en la mitocondria (triángulo). Si la incubación es realizada solo en cloroformo, la localización intracelular de **1** es la misma pero la micrografía muestra un mejor contraste (Fig. 2b), la flecha blanca indica las terminaciones nerviosas, la flecha negra indica los núcleos y el triángulo la mitocondria. Adicionalmente el fotosensibilizador muestra una afinidad por las terminaciones nerviosas (TN e IF).

Cambios morfológicos de los electrocitos

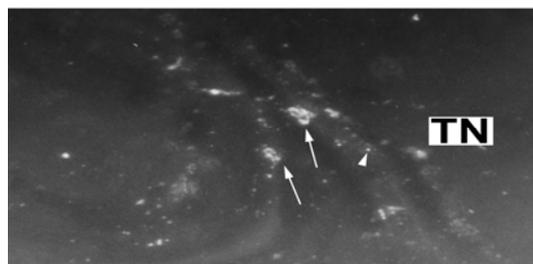


Figura 2. Micrografía de fluorescencia de electrocitos tratados con **1** en: a) xileno-EtOH-buffer imidazol y b) CHCl_3 (x100).

La figura 3a muestra una micrografía SEM de la cara no inervada de un electrocito antes del tratamiento con el derivado de TPP. Luego se procedió a la incubación de los tejidos en TPP disuelto en los sistemas a) xileno-EtOH-buffer imidazol 3.9×10^{-4} M y b)

CHCl_3 -EtOH-buffer imidazol $7,8 \times 10^{-5}$ M. La membrana celular empieza a hincharse rápidamente y la cara convexa pierde todas sus invaginaciones (Fig. 3b y 3c).

Composición elemental de los electrocitos

Para obtener información acerca de los cambios morfológicos se realizaron estudios de composición elemental por energía dispersiva de rayos X (EDAX) obteniéndose los espectros mostrados en la figura 4.

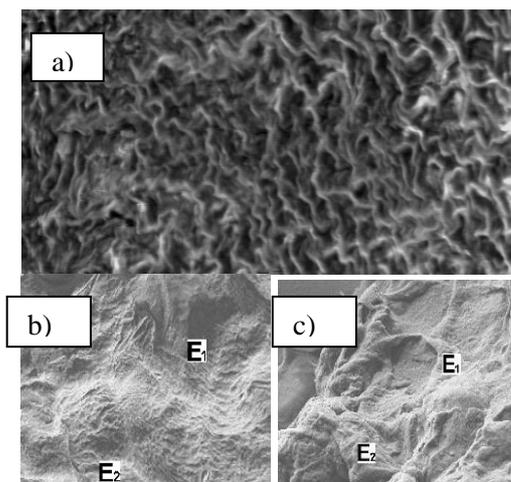


Figura 3. Micrografía electrónica de segmentos del órgano eléctrico: a) antes del tratamiento b) después del tratamiento con el derivado de TPP en CHCl_3 y c) xileno-EtOH-buffer imidazol.

Después del tratamiento del electrocito con el derivado de la TPP en los sistemas indicados, las muestras fueron concentradas y metalizadas con oro (200A), colocadas en un dispositivo (Pelco modelo 3) y orientadas para observarlas con un microscopio electrónico de barrido (SEM) JEOL 35 equipado con EDAX un detector de Si(Li) de energía dispersiva. Para las muestras tratadas en CHCl_3 , el peso relativo semicuantitativo % (K) para el oxígeno e iones sodio y cloruro fueron: 39, 17 y 15, respectivamente. Comparado con los controles negativos el pico para el Na^+ es 5 veces mayor y para el oxígeno la variación no es significativa. También, el pico del Ca^{2+} es 2 veces mayor pero para el K^+ es 6 veces menor (Fig. 4a). La misma tendencia es observada cuando los electrocitos son tratados con el sistema xileno-EtOH-buffer imidazol (Fig. 4b).

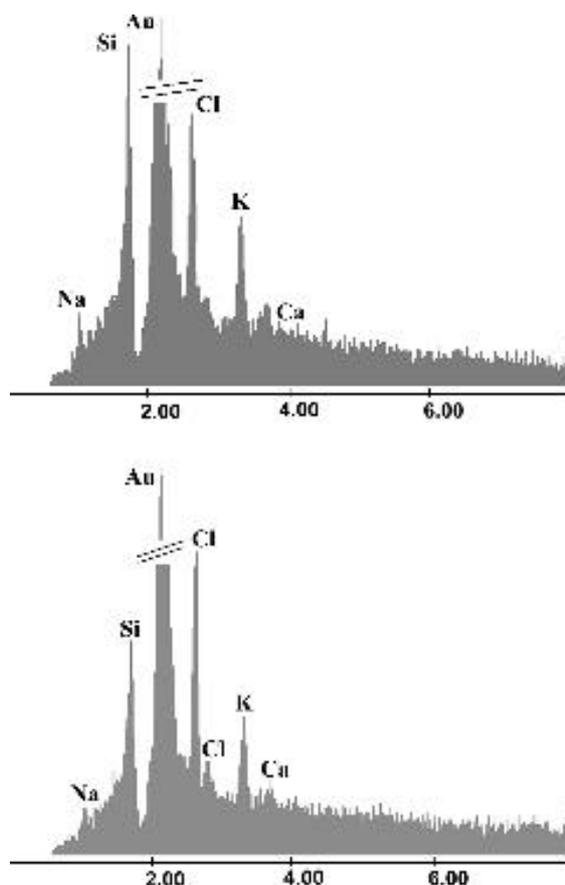


Figura 4. Espectro de energía dispersiva de segmentos del electrocito tratados con derivado de TPP en a) xileno-EtOH-buffer imidazol y b) cloroformo.

3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El derivado de porfirina utilizado tiene una gran afinidad por las terminaciones nerviosas y los núcleos. Esto se deduce por la intensa fluorescencia roja mostrada por estas regiones. Sin embargo, la afinidad por las mitocondrias es muy débil.

La afinidad de éste fotosensibilizador por las terminaciones nerviosas es explicada porque éstos tejidos son ricos en ácidos grasos. El núcleo muestra una fluorescencia de forma similar a la distribución semicircular de la cromatina de estas células (Fig. 2b), sugiriendo que el derivado de TPP interacciona con el ADN. En contraste, la mitocondria muestra una débil fluorescencia. Esta localización es inusual para un fotosensibilizador de similar polaridad, por ejemplo, una ftalocianina lipofílica se localiza en los lisosomas¹³

El microanálisis por energía dispersiva de rayos X (EDAX) muestra un incremento simultáneo en la concentración de Na^+ y Ca^{2+} y la disminución en la concentración de

K⁺ esto es una buena evidencia de la activación del canal catiónico con el derivado de porfirina. Sin embargo, el cambio más importante es la aparición de un nuevo pico correspondiente al anión cloruro (Fig. 4). El peso semicuantitativo % (K_a) para este elemento es 33% (sistema a) y 47% (sistema b), a pesar de la concentración de **1** en el sistema b) es 5 veces mayor. Estos resultados constituyen una sugestiva evidencia de la activación del canal de cloruro como consecuencia de la penetración del derivado de la TPP en los electrocitos. La masiva acumulación intracelular de Cl⁻ y especialmente la entrada de Na⁺ conlleva al hinchamiento celular y la consecuente necrosis de la célula.^{14,15} Hay que resaltar que la activación del canal de cloruro no es usual para peces de descarga eléctrica débil. Sin embargo, la activación de este canal ya fue puesto en evidencia en electrocitos de *Torpedo*, un pez de descarga eléctrica fuerte¹⁶

La entrada masiva de iones cloruro y salida de Na⁺ provoca la hinchazón de las células. Estas pierden todas sus invaginaciones, conllevando finalmente a la muerte de la célula por necrosis. Sin embargo, el hecho de que el fotosensibilizador también tenga afinidad por los núcleos y el ADN hacen pensar que también debería existir una contribución apoptótica a la muerte celular. La activación del canal de cloruro por éste derivado de TPP puede constituir una alternativa en el tratamiento de la fibrosis quística, la cual esta relacionada a una disfunción en el transporte del ión cloruro.¹⁷ En contraste, el incremento de la concentración de Ca²⁺ en electrocitos sugiere una participación de un mecanismo apoptótico.¹ Además de la interacción de **1** con el ADN, la bajísima concentración de la porfirina unida a la mitocondria puede contribuir a la muerte celular por mecanismo de apoptosis después de la excitación con luz.

4 CONCLUSIONES

El fotosensibilizador 5,10,15,20-*tetrakis*(4-*n*-dodecilfenil)porfirina presenta gran afinidad por las terminaciones nerviosas y los núcleos de los electrocitos, pero muy poca por las mitocondrias.

Los análisis de EDAX muestran una migración de iones como consecuencia de la localización del derivado de TPP en los electrocitos. Estos resultados constituyen

una fuerte evidencia de la activación de los canales de cloruro y catiónicos.

El fotosensibilizador usado en este trabajo tiene propiedades de cristal líquido.^{18,19} Sería muy interesante comparar estos resultados con otros fotosensibilizadores con estructura química similar pero sin propiedades mesomórficas.

Agradecimientos: Al Dr. M Ipohorski de la CNEA de Buenos Aires por permitir el uso de sus instalaciones, y al Dr. A V Sorrivias, del CRIBAB de Bahía Blanca por la obtención de las micrografías en el SEM-EDAX. Igualmente al Dr. F. Barrantes del INIBIB, Bahía Blanca, por sus comentarios críticos y acertados.

5 REFERENCIAS

- [1] Oleinick NL, Morris RL, Belichenko I. The role of apoptosis in response to photodynamic therapy: what, where, why, and how. *Photochem. Photobiol. Sci.* 2002; 1: 1-21.
- [2] Moan J, Christensen T. Porphyrins as tumor localizing agents and their possible use in photochemotherapy of cancer. *Tumor Res.* 1980; 15: 1-10.
- [3] Reddi E, Ceccon M, Valduga G, Jori G, Bommer J, Elisei F, Latterini L, Mazzucato U. Photophysical properties and antibacterial activity of meso-substituted cationic porphyrins. *Photochem. Photobiol.* 2002; 75: 462-470.
- [4] Malik Z, Babushkin T, Sher S, Hanania J, Ladan H, Nitzan Y, Salzberg S. Collapse of K⁺ and ionic balance during photodynamic inactivation of leukemic cells, erythrocytes and *Staphylococcus aureus*. *Int. J. Biochem.* 1993; 25: 1399-1406.
- [5] Weizman E, Rothmann C, Greenbaum L, Shainberg A, Adamek M, Ehrenberg B, Malik Z. Mitochondrial localization and photodamage during photodynamic therapy with tetraphenylporphines. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.* 2000; 59: 92-102.
- [6] Graham A, Li G, Chen Y, Morgan J, Oseroff A, Dougherty T, Pandey R. Structure-activity relationship of new octa-ethylporphyrin-based benzochlorins as photosensitizers for photodynamic therapy. *Photochem. Photobiol.* 2003; 77: 561-566.
- [7] Berg K, Moan J. Lysosomes and microtubules as targets for photochemotherapy of cancer.

- Photochem. Photobiol. 1997; 65: 403-409.
- [8] Schaffer M, Schaffer PM, Corti L, Gardiman M, Sotti G, Hofstetter A, Jori G, Duhmke E. Photofrin as a specific radiosensitizing agent for tumors: studies in comparison to other porphyrins, in an experimental in vivo model. J. Photochem. Photobiol. B: Biol. 2002; 66: 157-164.
- [9] Ometto C, Fabris C, Milanesi C, Jori G, Cook MJ, Russell DA. Tumour-localizing and -photosensitizing properties of a novel zinc(II)-octadecyl-phthalocyanine. Br. J. Cancer. 1996; 74: 1891-1899.
- [10] Fabris C, Ometto C, Milanesi C, Jori G, Cook MJ, Russell DA. Tumour-localizing and tumour-photosensitizing properties of Zinc(II)-octapentyl-phthalocyanine. J. Photochem. Photobiol. B: Biol. 1997; 39: 279-284.
- [11] Prado Figueroa M, Vidal A, Barrantes FJ. Ultrastructure of *Psammobatis extenta* (Rajidae) electrocytes and cytochemical localization of acetylcholinesterase, acetylcholine receptor and F-actin. Biocell. 1995; 19: 113-123.
- [12] Vidal A, Prado Figueroa M, Eberwein ME, Kreda E, Barrantes FJ. Co-distribution of tropomyosin and α -actinin with actin in *Psammobatis extenta* electrocytes brings out their similarity with muscle fiber cytoplasm. Comp. Biochem. Physiol. 1997; 116A: 113-118.
- [13] Ball DJ, Mayhew S, Wood SR, Griffiths J, Vernon DI, Brown SB. A comparative study of the cellular uptake and photodynamic efficacy of three novel zinc phthalocyanines of differing charge. Photochem. Photobiol. 1999; 69: 390-396.
- [14] Okada Y, Maeno E. Apoptosis, cell volume regulation and volume-regulatory chloride channels. Comp. Biochem. Physiol. 2001; 130A: 377-383.
- [15] Barros LF, Hermosilla T, Castro J. Necrotic volume increase and the early physiology of necrosis. Comp. Biochem. Physiol. 2001; 130A: 401-409.
- [16] White M, Miller C. Probes of the conduction process of a voltage-gated Cl⁻ channel from Torpedo electroplax. J. Gen. Physiol. 1981; 78: 1-18.
- [17] Schwiebert EM, Cid-Soto L, Stafford D, Carter M, Blaisdell C, Zeitlin P, Guggino W, Cutting G. Analysis of ClC-2 channels as an alternative pathway for chloride conduction in cystic fibrosis airway cells. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 1998; 95: 3879-3884.
- [18] Shimizu Y, Miya M, Nagata A, Ohta K, Matsumura A, Yamamoto I, Kusabayashi S. Mesomorphic phase transitions of 5,10,15,20-tetrakis(4-n-dodecylphenyl)-porphyrin. Chem. Letters. 1991; 25-28.
- [19] Shimizu Y, Miya M, Nagata A, Ohta K, Yamamoto I, Kusabayashi S. Mesomorphic phase transitions of tetraphenylporphyrins with four long aliphatic chains. Liq. Cryst. 1993; 14: 795-805.

EFFECTOS DE LA IRRADIACIÓN CON NEUTRONES TÉRMICOS SOBRE LAS PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE LOS ÓXIDOS DE TUNGSTENO DOPADAS CON BORO PARA MICROBATERÍAS.

Reporte Preliminar

Estrada W. ⁽¹⁾ westrada@ipen.gob.pe; Solís J. ⁽¹⁾ jsolis@ipen.gob.pe;
Rojas J. ⁽¹⁾ trojas@ipen.gob.pe; Gorestein A. ⁽²⁾ annette@ifi.unicamp.br

(1) Departamento de Física – IPEN / Lima, Perú

(2) Laboratorio de Físico – Química – UNICAMP / Brasil

RESUMEN

Se presenta los resultados preliminares de la primera parte del trabajo relacionado con la obtención del Óxido de Tungsteno dopado con Litio para microbaterías. El material primario se obtuvo en el laboratorio de Físico-Química de la Universidad de Campinas (UNICAMP) – Brasil, en forma de película delgada dopada con Boro enriquecido usando la técnica de vacío “sputtering”. Posteriormente, las películas se irradiaron con neutrones térmicos, con la finalidad de transformar el B en Li. Se realizó la caracterización estructural usando técnica de difracción de rayos-X y FTIR y medición de las propiedades electroquímicas.

Palabras claves: neutrones térmicos, irradiación, XRD, FTIR, microbaterías, Boro, Litio, Óxido de Tungsteno.

1 INTRODUCCIÓN

El problema de almacenamiento de energía eléctrica mediante baterías, en particular en forma de microbaterías es un problema actual. De la variedad de tecnologías propuestas para las baterías, aquellas basadas en Li son las más promisorias debido a su alta densidad de corriente y diseño flexible; desde el punto de vista comercial, actualmente el 63 % de las baterías para dispositivos portátiles están hechos a base de Li. Esto explica el tremendo interés por estudiar estos sistemas tanto en investigación básica como aplicada. Uno de los componentes importantes de una microbatería es el electrodo activo utilizado. Permanentemente se están ensayando diferentes tipos de electrodos basados principalmente en óxidos de metales de transición tales como el óxido de níquel, óxido de tungsteno, óxido de cobalto, óxido de molibdeno etc. Actualmente se continúa con este tipo de investigaciones y trabajando

en la obtención de nuevas estructuras a fin de mejorar la eficiencia y durabilidad de las baterías así como también la comprensión de los procesos de inserción y extracción de cationes (usualmente el Li^+); dentro de este objetivo se está trabajando en mezcla de óxidos y materiales nano-estructurados como propuestas novedosas y promisorias [1-3].

2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1 Preparación de las muestras

Las muestras de óxido de tungsteno dopadas con boro ($\text{WO}_3\text{-B}$) se prepararon usando la técnica de “sputtering”. Para ello se utilizó un equipo Balzer con una fuente RF en una atmósfera de $\text{Ar} + \text{O}_2$. El blanco consistió de una lámina circular (5 cm de diámetro) de tungsteno 99.99% de pureza al cual se le hizo 14 agujeros de 1 mm de diámetro, todas ellas equidistantes a 2 cm del centro del mismo. Estos agujeros se rellenaron con polvos de boro enriquecido.

También se hizo un surco de 1.5 cm de diámetro para ser rellanado de boro. Los substratos utilizados fueron vidrio corning 7059 pre-cubierto con óxido de estaño indio (ITO). Antes de iniciar el proceso se hizo un vacío en la cámara de $P_i = 3,1 \times 10^{-6}$ mbar; luego se introdujo el gas $\text{Ar} + \text{O}_2$ hasta una presión total de $6,7 \times 10^{-3}$ mbar, con un flujo de oxígeno de 2,5 scc/min y un flujo de argón de 51 scc/min. Las películas fueron obtenidas con una potencia de 50 W y un tiempo de 25 min.

De este modo se prepararon cinco tipos de muestras: WO_3 (sin boro), $\text{WO}_3\text{-4}$ (cuatro agujeros llenados con boro simétricamente), $\text{WO}_3\text{-8}$ (8 agujeros con boro simétricamente distribuidos), $\text{WO}_3\text{-14}$ (14 agujeros con boro) y $\text{WO}_3\text{-anillo}$ (el anillo con boro).

2.2 Irradiación con neutrones

El objetivo de la irradiación con neutrones térmicos es la transmutación de los átomos de Boro presente en las muestras a Li, gracias a la alta sección eficaz para los neutrones térmicos del isótopo ^{10}B .

La irradiación con neutrones se realizó en el reactor nuclear RP-10 del IPEN, utilizando una de las facilidades del conducto térmico.

Inicialmente se realizó una serie de pruebas con la finalidad de detectar la aparición de partículas α . Para detectar la presencia de las partículas α se colocaron junto a las muestras el detector CR-39. Luego se determinó las condiciones más apropiadas de irradiación: posición en el conducto térmico – 1.56 m de la pared del núcleo, donde el flujo de neutrones térmicos es del orden de $10^9 \text{ n}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ a una potencia nominal del reactor de 10 MW.

3 CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS Y RESULTADOS

Las muestras fueron caracterizadas en sus propiedades estructurales con Difracción de Rayos-x (XRD), Reflectancia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), y en sus propiedades electroquímicas. Estas caracterizaciones se realizaron antes y después de irradiar las muestras con neutrones.

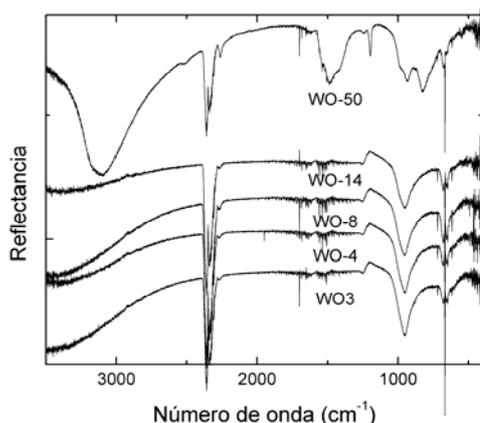


Figura 1. Variación de la reflectancia versus número de onda de las muestras antes de la irradiación.

3.1. Resultados FTIR y XRD

La Fig. 1 muestra los espectros de reflectancia infrarroja de las muestras sin irradiar. Para las muestras con bajos contenido de boro (WO_3 , WO_4 , WO_8) se

observa que los picos de absorción son similares, y se observa la banda característica de absorción alrededor de 950 cm^{-1} que corresponde a la vibración W-O; también se puede observar que a medida que aumenta el contenido de boro disminuye la intensidad de la banda de absorción alrededor de 3500 cm^{-1} , de modo que para la muestra WO_3 prácticamente este pico no se observa, del cual podemos concluir que el nivel de hidratación para este contenido de boro es insignificante. Para la muestra con relativo alto contenido de Boro (WO_5) los resultados muestran picos adicionales de absorción, indicando que el boro forma enlaces con el tungsteno y/o el oxígeno.

La Fig. 2 muestra los espectros de XRD para las muestras de WO_3 , sin irradiar, para diferentes tratamientos térmicos. La curva inferior corresponde al WO_3 sin tratamiento térmico, y en ella no se observa picos de difracción, indicando una estructura amorfa; a medida que se hace el tratamiento térmico se observa la aparición de picos de difracción correspondiente a fase monoclínica del WO_3 . Se hicieron las mismas medidas para la muestra WO_3 -50 observándose que estructuralmente tienen el mismo comportamiento que las muestras sin contenido de boro. Aún queda pendiente estudios más detallados por hacer respecto al cambio estructural.

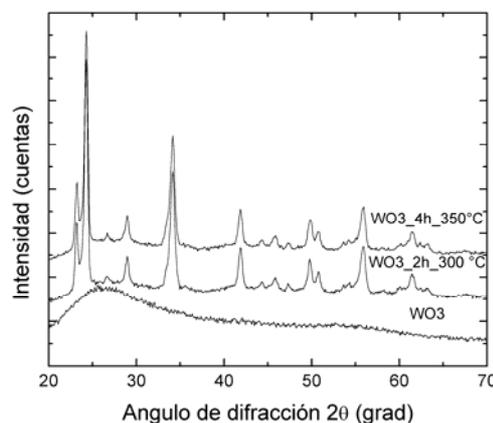


Figura 2. Difractogramas de la muestra WO_3 sin Boro antes de la irradiación.

Los resultados de las caracterizaciones con FTIR y XRD de las muestras luego de la irradiación con neutrones térmicos no muestran cambios significativos respecto a los datos antes de la irradiación.

Los resultados del análisis electroquímico se muestran en la Fig. 3. La muestra WO_3 -14

presenta mejores características en comparación con las otras composiciones. Las muestras WO-50 (1,2) están inactivas, su capacidad de entrada y salida del Li es prácticamente nulo. Con la finalidad de estudiar con mayor detalle las posibles causas del resultado negativo, como la posible formación de otros compuestos, el grado de desorden y cristalinidad, capacidad de hidratación, se está preparando otras muestra del WO₃-14B.

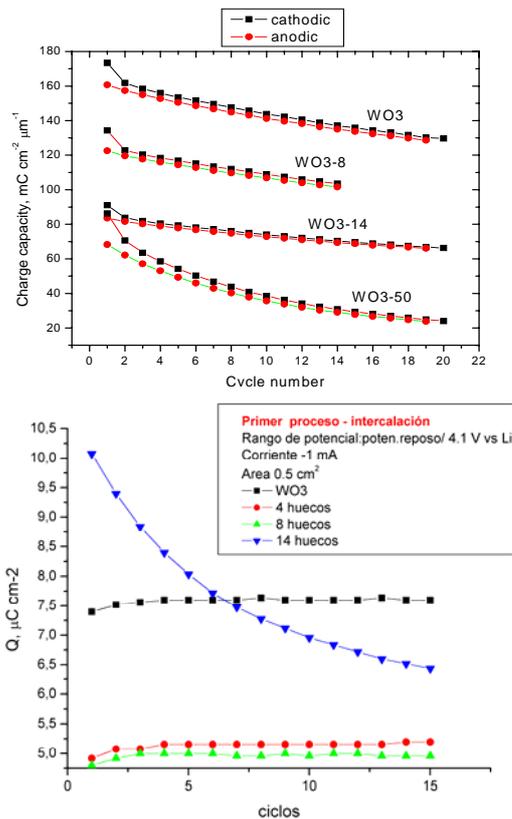


Figura 3. Capacidad de carga de las muestras en función del número de ciclos.

4 CONCLUSIONES

Se han preparado muestras de Óxido de Tungsteno dopados con diferentes concentraciones de Boro.

Durante la irradiación de las muestras con neutrones térmicos ocurre la transmutación del ¹⁰B a Li ; las partículas α que se forman probablemente crean un desorden local, perturbando los canales en la estructura del material.

5 REFERENCIAS

- [1] Julien C, Nazri GA. Solid-State Batteries. Kluwer Academic Pub., USA, 1994.
- [2] Whittgham MS. Science. 1978; 192: 1226.
- [3] Murphy DW, Christian P. Science. 1979; 205: 651.
- [4] Scarmino JS, Estrada W, Andersson A, Gorenstein A, Decker F. J. Electrochem. Soc. 1992; 139: 1236.
- [5] Wu YP, Jiang C. Solid State Ionics. 2002; 156: 283.

II. Ingeniería Nuclear

CONTROL DE LA CORROSIÓN DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES GASTADOS EN ALMACENAMIENTO EN HÚMEDO

Babiche I. cbabiche@ipen.gob.pe; Revilla A. arevilla@ipen.gob.pe

Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima 41, Perú

RESUMEN

El objetivo de este estudio es la determinación que factores promueven la corrosión de los elementos combustibles gastados durante el almacenamiento en húmedo y de este modo definir las alternativas de control de la corrosión. El trabajo se inició identificando los materiales que constituyen los elementos combustibles y las estructuras del tanque principal y pileta auxiliar, así como también la calidad del agua del RP-10. Teniendo esta información se obtendrá el protocolo que estandarizará el seguimiento y monitoreo de estos materiales. Este protocolo permitirá tomar acciones de supervisión y control evitando que se produzca un deterioro por corrosión debido a picado, corrosión galvánica y/o hendiduras, y de esta manera, asegurar la integridad de las vainas durante el almacenamiento en húmedo previo a su disposición final.

1 INTRODUCCIÓN

El Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) posee dos reactores de investigación cuyos elementos combustibles gastados deberán ser gestionados en el futuro. Para ello, uno de los problemas que nos enfrentaremos es como asegurar la integridad de los contenedores o vainas de estos elementos durante el almacenamiento en húmedo por lo menos 25 años. Para lograr este objetivo, es necesario evaluar la resistencia a la corrosión de estos materiales en las condiciones de almacenamiento en húmedo actuales, lo cual nos permitirá establecer si se requiere modificarlas para inhibir su agresividad, previo a su disposición final.

Reactor RP-10

El reactor nuclear RP-10 del Centro Nuclear "RACSO" es un reactor tipo piscina de potencia nominal 10 MW. Este reactor alcanzó su criticidad el año 1988 y utiliza elementos combustibles tipo MTR enriquecido con U^{235} al 20%, Fig.1.

Para llevar a cabo el control de la corrosión de los elementos combustibles gastados, se debe considerar como primera etapa en este estudio el identificar los materiales involucrados y la calidad de agua presente en las piscinas de los reactores.

A. Caracterización de Materiales en el RP-10

• Elemento Combustible

1.Fuel element type	FLAT PLATE
2.Longitud nominal y sección transversal (cm)	L:65.5 / ST: 6.72x0.176
3.Dimensiones nominales del meat del combustible	61.5 x 6.275 x 0.1
4.Peso nominal total del meat del combustible (g)	168.2
5.Forma química del meat del combustible	U_3O_8 -Al
6.Peso total U, peso del U^{235} (g)	U : 88.6 , U^{235} : 17.5±0.26
7.Material disperso	U_3O_8 en Aluminio
8.Material de la vaina / Método de sellado	AlMg1 / Well proven picture technique
9.Grosor de la Vaina (cm)	0.38

En general existen tres tipos de elementos combustibles:

Elemento Combustible Normal (ECN): (ISO) AlMg1 (Si 0.3, Fe 0.7, Cu 0.2, Mn 0.2, Mg 0.5 – 1.1, Cr 0.1, Zn 0.25, otros 0.15).

Elemento Reflector de Berilio (ECR): (ISO) AlSi1MgMn – (DIN) AlMgSi1 (Si 0.7 – 1.3, Fe 0.5, Cu 0.1, Mn 0.4 – 1.0, Mg 0.6 – 1.2, Cr 0.25, Zn 0.2, Ti 0.1, otros 0.15).

Elemento Reflector de Carbono (ECR): (ISO) AlMgSi – (DIN) AlMgSi0.5 (Si 0.3 – 0.6, Fe 0.1 – 0.3, Cu 0.1, Mn 0.1, Mg 0.35 – 0.6, Cr 0.05, Zn 0.15, Ti 0.1, otros 0.15).

- **Material Tanque Principal y Pileta Auxiliar**

Linner : Acero Inoxidable 316L (SS Austenítico X10CrNiTi189)

Grilla : Aluminio 99.5 IRAM 681 (Al 99.5 min., Si+Fe 0.5 max., Zn 0.1 max., Cu 0.1 max., Mg 0.05 max., Mn 0.05 max.)

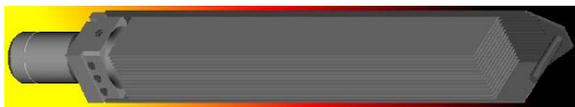


Figura 1. Esquema del elemento combustible tipo MTR.

B. Agua de la Piscina del Reactor RP-10

B.1 Química del Agua

El agua de la piscina es controlada cada vez que se opera el reactor en los parámetros de temperatura, conductividad y pH en forma continua; además, semanalmente se toma muestras de agua de la superficie, nivel intermedio, fondo y pileta auxiliar midiendo el pH, conductividad, temperatura, concentración de cloruros y fierro. Los niveles de los cinco parámetros controlados según normas internas del IPEN, los cuales son considerados los más importantes son indicados en la siguiente tabla:

Tabla 1.

Parámetro	Intervalo de Trabajo
Temperatura °C	15 < °C < 45
Conductividad µS/cm	< 2.00
pH u.p.h.	5.5 < pH < 6.5
Cloruros mg/L	< 1.00
Fierro mg/L	< 0.05

B.2 Radionucleídos en el RP-10

Se envían muestras de agua de la piscina del reactor para que se les realice un análisis radiométrico mediante espectrometría gamma de alta resolución. El contenido de radionucleído de la piscina es medido principalmente para controlar la presencia de Cesio-137. El Cesio es extremadamente soluble en el agua y la tasa de actividad está directamente relacionada a la tasa de corrosión del uranio.

C. Seguimiento y Monitoreo de la Corrosión de Elementos Combustibles Gastados

Generalmente el agua de las piscinas de los reactores es agua desmineralizada y, a temperatura ambiente, las velocidades de corrosión son bajas. Sin embargo, se debe asegurar la resistencia a la corrosión de estos materiales para el almacenamiento de los elementos combustibles gastados durante períodos largos de tiempo Ref.[2].

Para realizar la evaluación de la resistencia a la corrosión de los elementos combustibles se deben considerar los siguientes factores que influyen en su deterioro: composición de la aleación, calidad de agua (pH, conductividad, y presencia elementos pesados), efectos galvánicos y de hendidura Ref.[3]. Otros problemas que ocasionan también corrosión corresponden al daño mecánico producido en las vainas por remoción de termocuplas, ampollas causadas por el gas hidrógeno y la deformación por efectos térmicos.

Para efectuar este seguimiento y monitoreo, en el marco del proyecto RLA/4/018, se realizarán experiencias in situ y experiencias de laboratorio, siendo estas últimas de carácter opcional para cada país. Debido a la cantidad de variables que deben ser consideradas (movimiento de agua, presencia de lodos, gradientes de temperatura, actividad de radionucleídos, etc.) el desarrollo del Protocolo, es la etapa más importante del proyecto, ya que nos permitirá estandarizar los métodos de control de tal forma que los resultados sean comparables entre los países participantes.

Perú está realizando experiencias de laboratorio con el fin de caracterizar la susceptibilidad al picado del aluminio 6061 y del acero 304, materiales comunes encontrados en nuestros reactores.

Experiencia de Laboratorio

El reactor nuclear RP-10 posee elementos combustibles tipo MTR enriquecido con U²³⁵ al 20%, los cuales son fabricados de Aluminio 6061.

Se deberán realizar ensayos electroquímicos, utilizando como electrodo de trabajo Al 6061 y acero inoxidable 304L. Con una celda de tres electrodos, platino como electrodo auxiliar y Ag/AgCl como electrodo de referencia. Definiéndose previamente el área del electrodo de trabajo. La superficie del electrodo será lijada y posteriormente pulida con alúmina. El electrolito a utilizar será agua de la piscina

del reactor. Esta experiencia tendrá como finalidad la evaluación de la corrosión con respecto a la composición de la aleación, concentración del ión cloruro, conductividad, pH, etc.

En la caracterización electroquímica se utilizarán técnicas potenciodinámicas, potencioestáticas y galvanostáticas. A través de técnicas de caracterización de superficies se podrá evaluar la morfología, estructura de los productos de corrosión, etc. Para ello se deberá utilizar SEM, DRX y XPS, etc.

El desarrollo de estas técnicas se encuentra en plena implementación.

Caracterización de la agresividad del agua de la piscina del reactor RP-10 [3, 4].

Utilizando la correlación de Pathak y Godard, Ref.[4], se quiere predecir la corrosividad del aluminio en agua. Este índice de velocidad de pit (PRI) está definido como el número de semanas necesarias para alcanzar una profundidad máxima de pit de 40 mils. La correlación de Pathak y Godard tiene la siguiente expresión:

$$\text{Log PRI} = 2.5 - 0.28 \log[\text{SO}_4^-] + 0.18 \log[\text{Cl}^-] - 0.20 \log [(pH-7)^2 \times 100] - 0.42 \log (30000/R) - 0.064 \log (\text{cobrex}10^3)$$

Donde R = 1/C (conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$)

Un índice de velocidad de pitting menor que 25 semanas es indicativo de un agua agresiva.

2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el reactor RP-10 durante años se ha efectuado un riguroso control de la calidad del agua, controlando principalmente la conductividad, pH y los iones cloruro y Hierro total. Durante todo el tiempo que el reactor RP-10 ha estado operando, sólo en forma ocasional estos valores han sobrepasado los máximos de la norma, tomándose en forma inmediata las medidas necesarias para corregir esta situación.

Como una manera de caracterizar la agresividad el agua del RP-10, se utiliza la correlación de Pathak y Godard obteniéndose un índice de 429 semanas, éste indica que se está ante un agua que no es agresiva. Por lo cual, de mantenerse los

actuales niveles de elementos químicos, pH y conductividad no debería presentarse corrosión que pueda provocar la perforación de la vaina de los elementos. Esta situación concuerda con lo registrado y observado en la actualidad, no se detectándose ningún tipo de corrosión a pesar de haber estado los elementos combustibles sumergidos en agua más de 15 años.

Si se analiza el índice de Pathak y Godard obtenido y la información bibliográfica existente para el almacenamiento de elementos combustibles gastados se encuentra que los niveles presentes en el agua del RP-10 están bajo los máximos informados para evitar la corrosión y asegurar su integridad por lo menos 25 años.

De la información bibliográfica existente se encuentra que los factores más importantes para evitar la corrosión son la composición y química del agua. Manteniendo un estricto control de la conductividad, pH y presencia de impurezas (metales pesados y otros) bajo los valores sugeridos por la bibliografía sería posible prevenir la corrosión o minimizarla en períodos largos de tiempo.

Si no se controla la calidad de agua y las cuplas metálicas, los tipos de corrosión que pueden presentarse en los elementos combustibles y estructuras del reactor corresponderían a: corrosión localizada (pitting), galvánica y de hendidura.

La corrosión por picado, es la más peligrosa por ser localizada, en la cual el metal es removido preferentemente en puntos sobre la superficie manifestándose en cavidades o pits. Este ataque es generalmente limitado a pequeñas áreas mientras el área remanente permanece intacta. Este tipo de daño puede causar la penetración y sobretodo la perforación de la vaina y la posterior liberación de productos de fisión. El ión cloruro sigue siendo el más perjudicial cuando se encuentra presente en concentraciones mayores a 1 ppm en las piscinas de los reactores. El aluminio y el acero inoxidable son susceptibles a sufrir este tipo de corrosión.

La corrosión galvánica ocurre cuando dos metales, generalmente diferentes están acoplados eléctricamente en un mismo electrolito. En el caso de la piscina del RP-10, la estructura es de acero inoxidable, los elementos combustibles y algunas

estructuras son de aluminio y los racks sumergidos están compuestos de varios tipos de aluminios y aceros. Esta situación podría dar origen a corrosión galvánica.

De las aleaciones identificadas el Aluminio y el acero inoxidable forman un par galvánico, aún a bajas concentraciones del ión cloruro. Donde el aluminio actuará como ánodo presentando corrosión y el acero inoxidable como cátodo. Esta cupla o par está presente en el RP-10. De las referencias bibliográficas se confirma que la diferencia de potencial existente entre el acero inoxidable y el Aluminio es lo suficiente como para generar alteraciones en el metal menos noble (Aluminio).

De la experiencia en otras piscinas REF. [5], los pares galvánicas entre el acero inoxidable y las vainas de aluminio de los elementos combustibles y el almacenamiento en racks juegan un rol muy importante en la aceleración de los procesos de corrosión por picado.

La corrosión por hendiduras posee un mecanismo complejo y los medios para disminuirla son limitados. Se presenta en metales que producen capas de óxidos protectoras los que son especialmente susceptibles a las hendiduras. Se presentan especialmente en aluminios.

Por todo lo anteriormente mencionado, los materiales que componen los elementos combustibles e instalaciones del reactor RP-10 se puede presentar: corrosión por picado, galvánica y hendidura.

Es importante comparar las características del agua del RP-10, por lo menos con los demás países de la región, para así, mejorar las condiciones actuales de almacenamiento de los elementos combustibles gastados. Tomando las precauciones para que el almacenamiento de los elementos combustibles gastados cumplan con las condiciones de seguridad establecidas.

3 REFERENCIAS

[1] ASM International. Aluminum and Aluminum Alloys / Volume I. Introduction to aluminum and aluminum alloys

[2] Workshop on Characterization, Management and Storage of Spent Fuel from Research and Test Reactors [IAEA Project RER/9/058 in Swierk, Poland, 8-12 May 2000).

[3] Howell JP. Corrosion of Aluminum-Clad Spent Fuel in Reactor Basin Water Storage (U). NACE International Annual Conference (Corrosion '95).

[4] Pathak BR, Godard HP. Equation for predicting the corrosivity of natural fresh waters to aluminum. Nature. 1968; 218: 893-894.

[5] James P. Howell. Durability of Aluminum-Clad Spent Nuclear Fuels in Wet Basin Storage. The NACE International Annual Conference and Exposition Corrosion 96, Paper N°128, p. 128/1 –128/20.

CURVA DE DURACIÓN Y FACTORES DE CARGA DEL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO NACIONAL

Anaya O. aanaya@ipen.gob.pe; Nieto M. mnieto@ipen.gob.pe;
Arrieta R. rarieta@ipen.gob.pe; Avila J. javila@ipen.gob.pe

Dirección General de Instalaciones – IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

Se muestran las curvas de duración de demanda (CDD) y los factores de carga (FC) para los cuatro últimos años del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). En la figura 1 se muestra las CDD para los años 2000, 2001, 2002 y 2003. Con las CDD trimestrales y anuales se han obtenido los FC del SEIN que se presentan en las Tablas 1 y 2 respectivamente.

1 INTRODUCCIÓN

La curva de duración de demanda diaria es la base para realizar un despacho de carga óptimo, es decir permite ponderar la conveniencia de la generación eléctrica entre las diversas tecnologías existentes, además permite evaluar la oportunidad de operación y estimar el tiempo que deberá mantenerse operando cada una de las centrales, en un sistema eléctrico interconectado. Así se determina las centrales que funcionarían en horas de demanda pico, de demanda intermedia y de demanda Base.

La CDD anual permite evaluar la generación a largo plazo y por consiguiente es importante para establecer un plan de expansión futuro programando la construcción de nuevas plantas con mejores beneficios y satisfacer la demanda prevista.

Las CDD trimestrales sirven para considerar en el estudio las posibles variaciones de consumo por los cambios estacionales.

Las características de una CDD influyen también en la estructura de precios de la energía eléctrica y con su análisis se puede modificar la oferta y la demanda de un modo favorable para los usuarios.

Curvas de duración y factores de carga

Al seguimiento temporal de la demanda de energía eléctrica se denomina CDD, la cual permite observar la demanda a ser satisfecha con las centrales del sistema al

menor costo. Así mismo como, los requerimientos de energía se cubren con una multitud de plantas conectadas entre sí, por una red de transmisión y distribución a una multitud de clientes generalmente dispersos y con variadas características de consumo; siempre habrá una **combinación óptima** de utilizar la capacidad de generación instalada para minimizar costos y brindar el servicio al menor precio posible.

Curvas de duración del SEIN

Se tomaron los datos originales de despacho del Comité de Operación Económica (COES) referente al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional [1] con registros cada media hora, durante los 365 días del año; para los años materia de estudio. En la figura 1 se muestra las CDD para los años 2000, 2001, 2002 y 2003.

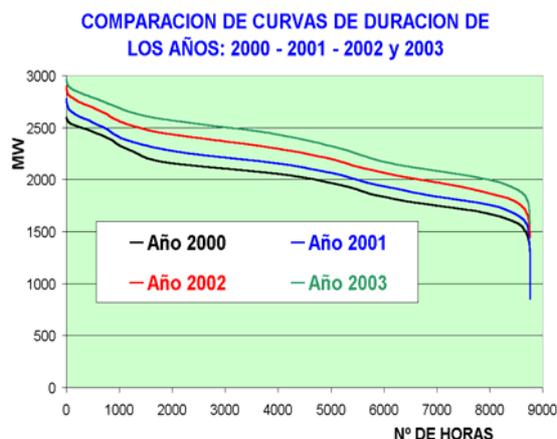


Figura 1. Curvas de Duración de demanda para los años 2000, 2001, 2002 y 2003.

En la figura 2 se muestra las curvas trimestrales de duración correspondientes al primer trimestre de los años 2000, 2001, 2002 y 2003. Se observa que las curvas de duración tienen tendencia creciente.

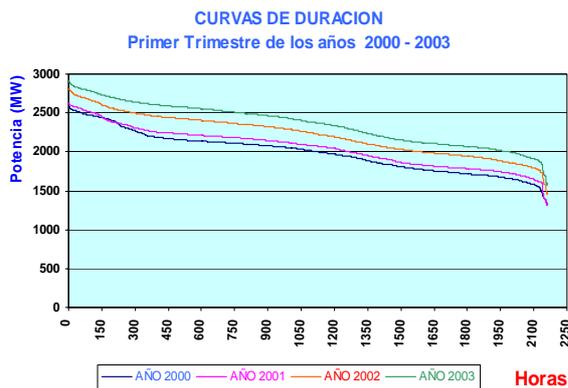


Figura 2. Curvas de Duración de demanda para el primer trimestre de los años 2000, 2001, 2002 y 2003.

Factores de carga del SEIN

El método teórico aplicado para determinar los factores de carga del SEIN ha sido el método expuesto por "Brian Manhire en el curso Interregional Training Course On WASP IV/DECPAC Model for electricity System Planning" [2]. En la ecuación (a) se resumen dicho método [3].

$$f_{c(p)} = \frac{P_{med(P)}}{P_{max(P)}} = \frac{E_{(P)}}{P_{max(P)} \cdot t_{(P)}} \dots\dots\dots(a)$$

Donde:

$P_{max(P)}$ = Demanda máxima de potencia.

$P_{med(P)}$ = Demanda media de potencia.

2 RESULTADOS

En la tabla 1 se muestra los factores de carga trimestrales para las curvas de duración de los años 2000, 2001, 2002 y 2003.

Tabla 1. Factores de carga trimestral para el SEIN.

Año	Trimestre	FACTOR DE CARGA	
		Valor	%
AÑO 2000	1º Trimestre	0.7674	76.74%
	2º Trimestre	0.7647	76.47%
	3º Trimestre	0.7740	77.40%
	4º Trimestre	0.7806	78.06%
AÑO 2001	1º Trimestre	0.7831	78.31%
	2º Trimestre	0.7759	77.59%
	3º Trimestre	0.7874	78.74%
	4º Trimestre	0.7808	78.08%
AÑO 2002	1º Trimestre	0.7904	79.04%
	2º Trimestre	0.7906	79.06%
	3º Trimestre	0.7839	78.39%
	4º Trimestre	0.7904	79.04%
AÑO 2003	1º Trimestre	0.8093	80.93%
	2º Trimestre	0.8003	80.03%
	3º Trimestre	0.8150	81.50%
	4º Trimestre	0.8098	80.98%

En la tabla 2 se muestran los factores de carga anual para los años 2000, 2001, 2002 y 2003.

Tabla 2. Factores de carga anual del SEIN para los años 2000 – 2003.

Año	FACTOR DE CARGA	
	Valor	%
AÑO 2000	0.7703	77.03%
AÑO 2001	0.7560	75.60%
AÑO 2002	0.7717	77.17%
AÑO 2003	0.7960	79.60%

3 CONCLUSIONES

Las curvas de duración de demanda anual muestran una tendencia creciente de la demanda.

Los FC de carga trimestrales de cada año, también tienen una tendencia creciente en los cuatro últimos años, esto indica una menor variabilidad de la demanda respecto a la demanda máxima.

El factor de carga anual del año 2000 es mayor al factor del año 2001, esto se debe a que los datos del primer semestre del año 2000 son una suma teórica de los despachos del sistema Centro Norte y el sistema Sur por cuanto en dicho año se realizó la interconexión de ambos sistemas.

4 REFERENCIAS

- [1] COES, (2003) Dirección. URL: <http://www.coes.org.pe>; (Pág. Consultada en los meses de Setiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre del 2003).
- [2] Brian Manhire, (1998) IEA/ANL Interregional Training Course On WASP IV System Planning. 14 September - 6 de November 1998. Probabilistic Simulation. Ohio University. USA.
- [3] Avila J., Nieto M., Anaya O., Arrieta R. (2003) Curva de demanda de electricidad o curva de duración y factores de carga. Informe Interno (IPEN), Lima.

SEMI-AUTOMATIZACIÓN DEL TABLERO DE COMANDO PARA AUTOCLAVE

Martínez R. rmartinez@ipen.gob.pe; Cavero L. lcavero@ipen.gob.pe;
 Huatay L. lhuatay@ipen.gob.pe; Novoa C. cnovoa@ipen.gob.pe;
 Medina M. mmedina@ipen.gob.pe

Planta de Producción de Radioisótopos – IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

Para reemplazar el control manual de la autoclave PEMALOR 1000 se construyó un tablero de comando semiautomatizado, utilizando un controlador electrónico, temporizadores y un SSR (relee de estado sólido) como elemento de potencia. Para ello, se optimizó la electrónica de dos relees temporizados siemens, variando los tiempos de 6 s a 80 m se realizaron diversas pruebas de funcionamiento al equipo, el mismo que cumplió con las etapas de autoclavado.

1 OBJETIVO

Optimizar el funcionamiento del autoclave para facilitar la operación del equipo y permitir que el proceso de autoclavado se realice sin la presencia continua del operador.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Instrumentos de medición

Multímetro FLUKE 87; Amperímetro AMPROBE; Fuente alimentación GoldStar GP 305; Generador Funciones GoldStar GF 8002; Osciloscopio TRIO 30Mhz.; Cronometro digital.

Materiales

Controlador temperatura COEL; Termocupla tipo J; SSR CRYDOM TD2425; Temporizador Siemens 7PU00; Indicadores de 24 y 220 Vac;

Interruptor bipolar; Transformador de 220/24Vac; Rectificador tipo puente; Condensador de 2200uf/ 50V; Electro válvula 220Vac; Llave de paso de accionamiento manual.

El funcionamiento del tablero esta basado en el control por tiempo de las etapas del autoclavado (Fig. 1)

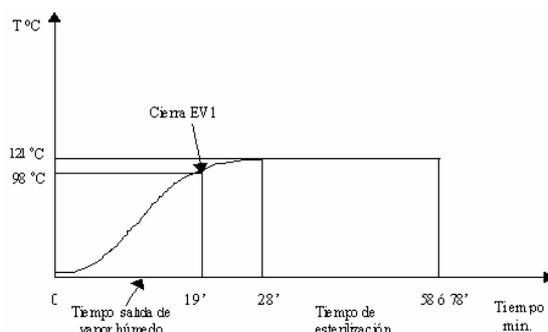


Figura 1. Diagrama de tiempos del Proceso de Auto clavado (PEMALOR 1000).

Los tiempos requeridos para cada proceso de autoclavado se pueden variar de acuerdo a los requerimientos a través de los temporizadores RT1 y RT2. (Fig. 2 y 3)

Posición	Minutos	
	RT1	RT2
0.60	5.00	0.28
1.20	11.00	1.10
2.40	24.00	4.80
3.60	39.00	10.00
4.80	56.00	16.00
6.00	71.00	26.00

Fig. 2.

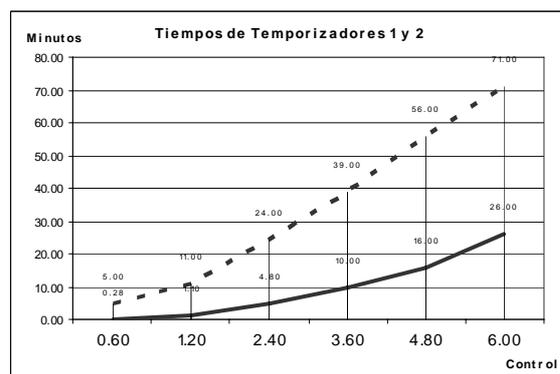


Figura 3. Diagrama de tiempo de los Temporizadores.

RT1 Controla el tiempo del proceso, RT2 Controla el tiempo de apertura de la electro válvula de purga del aire y condensado EV1,

El controlador (control PID) COEL con la Termocupla tipo J controlan la temperatura del equipo.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se cambio el funcionamiento del autoclave PEMALOR de manual a semiautomático, los resultados obtenidos en el funcionamiento del autoclave realizadas después de la modificación del tablero de comando son satisfactorios (Fig.4) Se observo la correspondencia entre la temperatura del controlador y el termómetro de mercurio, el controlador mantiene el valor de la temperatura con una variación de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante el proceso.

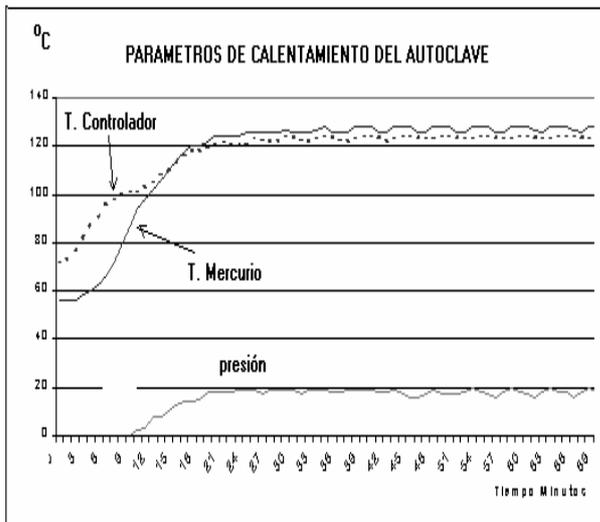


Figura 4. Gráfico de los parámetros del autoclave.

Datos técnicos:

Voltaje 220vac; Potencia 3kw.; corriente 12amp. Elemento calefactor 3000W/ 220vac; Tipo de control del controlador (PID de 0 a 200 °C), temperatura de proceso (121/ 123 °C)

DIAGRAMA ELECTRICICO: (Fig. 5)

Tablero de alimentación del equipo (STR 1-7); llave de control (C3); llave termo magnética de 20 amperios bifásicos (IT); Interruptor de comando (IC); Transformador 220/24Vac (TR); Rectificador tipo puente

(RP); Relee de estado sólido (SSR); Temporizadores (RT1,/ RT2); Electro válvula de purga (EV1)

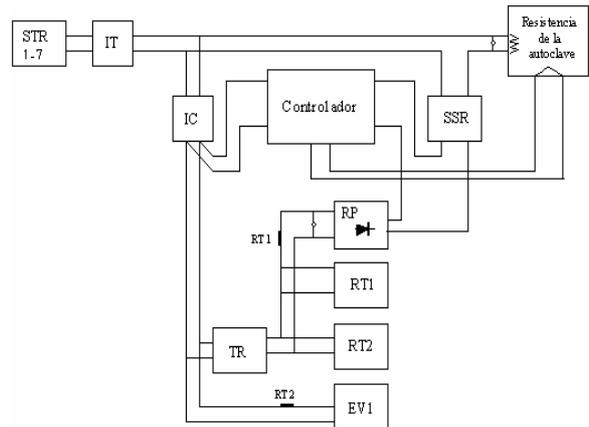


Figura 5. Diagrama en bloques.

4 CONCLUSIONES

La semi-automatización del tablero de comando del autoclave ha permitido optimizar los tiempos del proceso, control de la temperatura y facilitar el manejo del equipo por el operador.

5 REFERENCIAS

- [1] Catalogo COARTEC (PE 01309932340001D40-0); Principios y usos del autoclave.
- [2] Joseph J. Carr; Amplificadores operacionales; (Waveform Generators and Timer Circuits) 1997.
- [3] Joseph J. Carr; IC Timers, 1997.
- [4] Joseph J. Carr; Sensores, (guía de circuitos electrónicos) 1997.

III. Ciencia de los Materiales

DEGRADACIÓN FOTOCATALÍTICA DE FENOL CON NANO-PARTÍCULAS DE ÓXIDO DE TITANIO SOPORTADAS EN UNA MATRIZ DE POLIDIMETIL-SILOXANO

Zúñiga P.⁽²⁾; Ponce S.⁽¹⁾; Rodríguez J.^(1,2) jrodriguez@ipen.gob.pe;
Solís J.^(1,2) jsolis@ipen.gob.pe; Estrada W.^(1,2) westrada@ipen.gob.pe

(1) Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

(2) Facultad de Ciencias – Universidad Nacional de Ingeniería / Lima, Perú

1 RESUMEN

En este trabajo se reporta la fijación y actividad fotocatalítica de nano-partículas de óxido de titanio (TiO₂) soportadas en polidimetil-siloxano (silicona). Las pastillas de TiO₂ – silicona (polidimetil-siloxano) han sido probadas para la degradación fotocatalítica del fenol. El material ha sido caracterizado por espectroscopia infrarroja, microscopía electrónica de barrido y difracción de rayos X.

Se presentan resultados obtenidos para la degradación fotocatalítica del fenol, con el sistema TiO₂ / silicona irradiado en el laboratorio con una fuente de luz ultravioleta, con una intensidad comparable a la obtenida durante un día soleado en Lima. Asimismo se estudia el cambio de las muestras preparadas luego de haber realizado múltiples degradaciones fotocatalíticas.

2 INTRODUCCIÓN

Es conocido que el TiO₂ es un buen fotocatalizador de compuestos orgánicos, en el cual, la luz absorbida genera la formación del par electrón-hueco (e⁻/ h⁺). Los h⁺ al interactuar con los iones OH⁻ provenientes del agua, generan radicales hidroxilo (OH[•]), los cuales tienen un elevado potencial de oxidación capaz de degradar compuestos orgánicos. Los electrones por otro lado son atrapados por el oxígeno generando radicales superóxido O₂⁻[1,2].

La foto-oxidación de fenol, un contaminante orgánico modelo, utilizando nanopartículas de TiO₂ ha sido extensamente estudiada. Pero la separación de las nanopartículas de la solución una vez que el proceso de descontaminación ha concluido, se ha convertido en una seria limitante para ser considerado un método eficiente para el control de contaminación medioambiental [3]. Diferentes formas de soporte para el fotocatalizador se han probado [3], entre ellas podemos citar: películas delgadas sobre vidrios, cerámicos, perovskitas, sílica, etc.

En este trabajo se reporta el uso del polímero podimetil-siloxano (silicona), aprovechando sus propiedades de adherencia y la afinidad que posee por los compuestos metálicos ha permitido que se comporte como un sustrato que permite el anclaje del TiO₂ sin inhibir su actividad fotocatalítica la cual se ha probado con fenol.

3 EXPERIMENTAL

Se ha utilizado nano-partículas de Degussa P-25 como fotocatalizador, las cuales han sido soportadas en silicona comercial Dow Corning, mediante la fabricación de pastillas, que consisten en la mezcla de una pasta hidratada de TiO₂ con silicona, la hidratación fue necesaria para asegurar una adecuada polimerización ya que esta necesita de agua para polimerizar. Se han probado tres distintas proporciones en peso de TiO₂ : silicona de: 1:8; 2:8; y 6:8. La pasta se colocó en un molde de acrílico obteniendo luego de la polimerización pastillas de 2 mm de diámetro por 4 mm de espesor.

Los estudios por microscopía electrónica de barrido de las muestras fueron realizados con un microscopio electrónico de barrido Hitachi S 500. La estructura cristalina de las pastillas fue estudiada por difracción de rayos X en utilizando un difractor Phillips X-Pert. Las pastillas fueron caracterizadas por espectrofotometría UV-visible usando un espectro-fotómetro Varian, modelo Cary-5g por reflectancia a 3°20' de ángulo de incidencia. Las medidas fueron realizadas en el rango entre 200 y 800 nm. Medidas de reflectancia difusa infrarroja fueron realizadas con un espectrofotómetro FTIR-Shimatzu 8300 en el rango de (400-4000) cm⁻¹.

Para la degradación fotocatalítica se utilizó el reactor fotocatalítico mostrado en la Fig. 1, en él se colocaron 5 g de pastillas en 200 ml de una solución acuosa de 20 ppm de fenol a 25 °C. El reactor tiene un volumen de 500 ml, la

fuelle de luz empleada consistió de una lámpara OSRAM Ultravitalux de 300 W, colocada a una distancia conveniente para obtener una radiación UV-A (310-400 nm) de 37.5 W/m^2 , similar a la de un día soleado de Febrero en la ciudad de Lima. Se utilizó un filtro de agua entre la lámpara y la muestra con el objetivo de filtrar la componente infrarroja de la lámpara, la cual permitió controlar la temperatura a $25 \text{ }^\circ\text{C}$. La concentración de fenol fue medida por el método foto-colorimétrico de 4 amino antipirina [4] en un espectrofotómetro Spectronic 21 D.

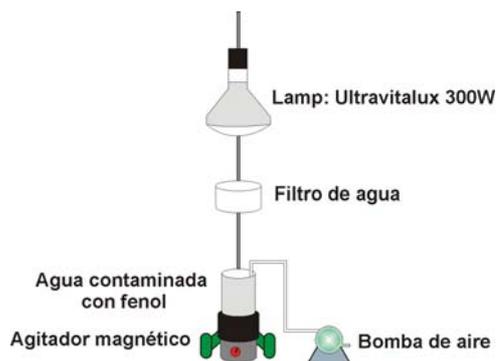


Figura 1. Esquema del reactor fotocatalítico utilizado en este estudio.

4 RESULTADOS

4.1. Caracterización de las pastillas TiO_2 -silicona

La Fig. 2 presenta las micrografías de microscopía electrónica de barrido de las pastillas obtenidas con diferentes parámetros de fabricación, allí se observa que las muestras de TiO_2 -silicona en una proporción de 1:8 y 2:8 (Figs. 2a,b) la polimerización no ha sido interrumpida como en la muestra TiO_2 -silicona de 6:8 que es frágil, sin embargo, elegimos la muestra TiO_2 -silicona de 2:8 por contener una proporción de catalizar mayor.

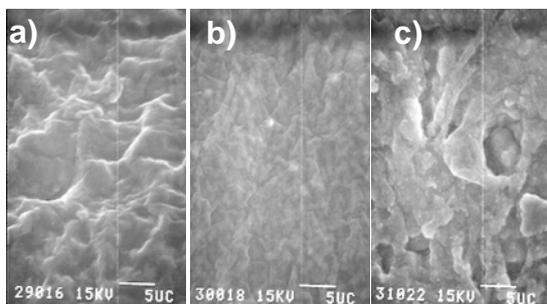


Figura 2. Micrografías SEM de las muestras preparadas con las relaciones TiO_2 -silicona de (a) 1:8, (b) 2:8 y (c) 6:8.

La Fig. 3 muestra el difractograma típico de una pastilla de TiO_2 -silicona, se observa una mezcla de las fases anatasa y rutilo en una proporción 70 a 30. La estructura no es modificada por la presencia de la silicona, por lo tanto es similar a la del TiO_2 Degussa P-25.

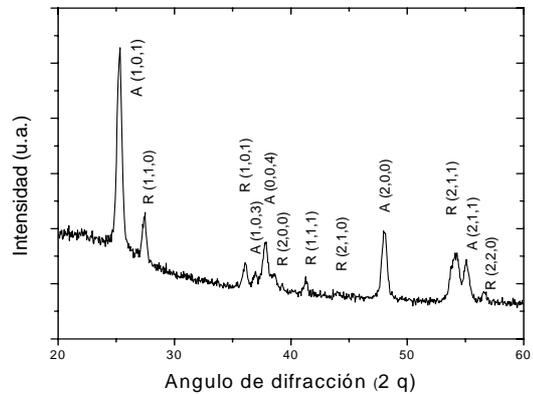


Figura 3. Difractograma de una pastilla de óxido de titanio-silicona.

La reflectancia total, difusa y especular espectral del sistema TiO_2 -silicona, Fig. 4, muestra que la componente difusa representa aproximadamente un 90 % de la reflectancia total, característica de una muestra bastante rugosa.

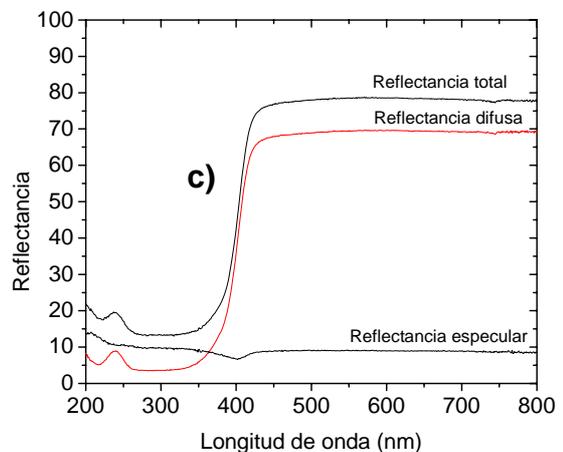


Figura 4. Reflectancia total, difusa y especular espectral casi normal de las pastillas de TiO_2 -silicona.

4.2 Fotodegradación del Fenol

La degradación fotocatalítica del Fenol se analizó con el método colorimétrico con 4 aminoantipirina. En todos los casos se utilizó 5 g de las pastillas de TiO_2 -silicona como fotocatalizador. La variación de la concentración relativa con el tiempo de irradiación se muestra en la Fig. 5. En ella se observa que concentración de fenol no varía significativamente por la adsorción en

oscuridad o mediante la fotólisis, pero mediante la fotocatalisis, se tiene una concentración relativa de fenol menor a 0.2 luego de 300 minutos de tratamiento utilizando

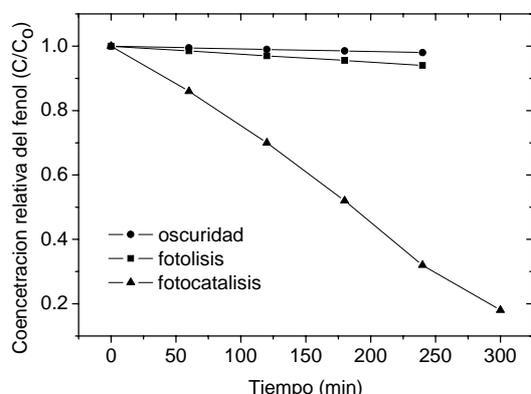


Figura 5. Degradación fotocatalítica de 200 mL de una solución de 20 ppm de Fenol. Se utilizó 5 g de Fotocatalizador y la una intensidad UV-A de 37.5 W/m²

repetidamente diferentes muestras de 5 g de pastillas de TiO₂-silicona, se analizó el envejecimiento del material fotocatalítico, para ello se fotodegradó 200 mL de 20 ppm de una solución fenólica durante 5 h, Fig. 6. Se observa una dispersión de resultados grande cuando las pastillas se utilizan por primera vez, sin embargo, cuando se usan mas de tres veces parece que se llega a un régimen casi constante o de estabilización del fotocatalizador.

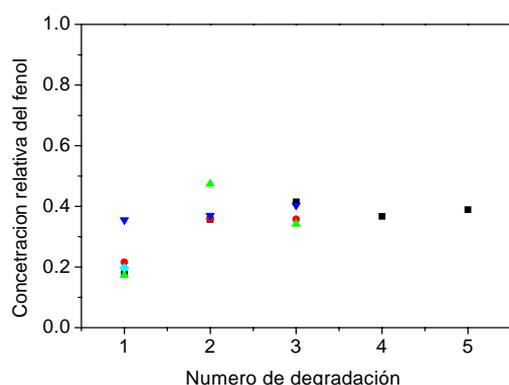


Figura 6. Degradación fotocatalítica de 200 mL de una solución de 20 ppm de fenol sobre repetidos experimentos fotocatalíticos realizados con pastillas de TiO₂-silicona el numero de veces indicado.

Se ha evaluado el envejecimiento del material sumergido en agua, durante 23 horas de exposición con radiación ultravioleta. En la Fig. 7 se muestra el espectro infrarrojo de las pastillas sin irradiar e irradiadas por 15 y 23 h con luz ultravioleta. Se observa que los picos

de absorción disminuyen en intensidad, ello probablemente se deba a que la silicona esta siendo degradada por la luz ultravioleta.

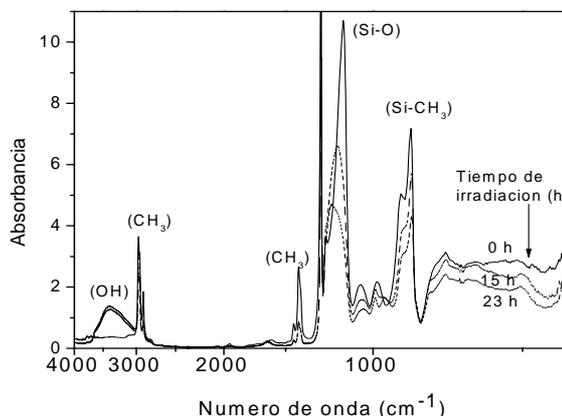


Figura 7. Espectros de absorción infrarroja del sistema óxido de titanio-silicona. Los espectros fueron tomados luego de los tiempos de irradiación ultravioleta mostrados.

Con el objetivo de determinar si las pastillas de TiO₂-silicona cambian por efectos del proceso fotocatalítico, se han observado la superficie de las pastillas por microscopia electrónica de barrido antes y después de la irradiación ultravioleta (Fig. 8). Se observó signos evidentes degradación que sufre el material luego de pasar por el proceso fotocatalítico como se muestra en la Fig (8). Sin embargo sus propiedades mecánicas no cambiaron y las fotocatalíticas (Fig. 6), al parecer estabilizan.

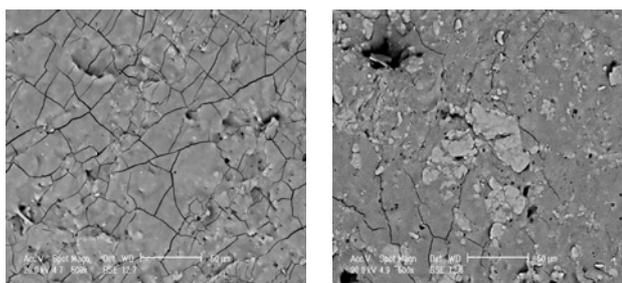


Figura 8. Micrografías MEB de las muestras de TiO₂-silicona antes la fotocatalisis (a) y después de la degradación fotocatalítica (b) del fenol.

5 CONCLUSIONES

Los resultados muestran que el TiO₂ soportado en silicona en forma de pastillas es fotocatalíticamente activo y factible para la mineralización de Fenol y podría también ser adecuado para otros contaminantes orgánicos contenidos en sistemas acuosos. Se obtuvo la proporción óptima de TiO₂:Silicona con la que se obtiene un sistema compuesto

fotocatalizador-polímero con buenas características mecánicas y fotocatalíticas fue de 2:8, sin embargo mediante análisis de MEB y espectroscopia infrarroja hay indicios que demuestran que hay alteración en el sistema TiO₂-silicona.

6 Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el proyecto SOLWATER: ICA4-CT-2002-10001, el proyecto OEA, ASO Project AE 141/2001 y el International Science Programa de la Universidad de Uppsala.

7 REFERENCIAS

- [1] Fujishima A, Hashimoto K, Watanabe T. TiO₂ Photocatalysis Fundamentals and Applications. Ed. BKC, 1ra. Edición, Japón, 1999.
- [2] Serpone N. Brief Introductory Remark on Heterogeneous Photocatalysis. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 1995; 38: 369-379.
- [3] Candal R, Rodríguez J, Colon G, Gelover S, Vigil E, Jiménez A, Blesa M. Materiales para Fotocatalisis y electrofotocatalisis. Monografías de la Red Cyted (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo). pp 143-163. 2001.
- [4] Eaton A, Clesceri L, Greenberg A. Standard Methods for examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA and WEF. 19th Edition, Washington, DC, 1995.

ANÁLISIS DE PELOIDES DE LA SALINAS DE CHILCA. UN ESTUDIO POR ESPECTROSCOPIA MOSSBAUER, DIFRACCIÓN DE RAYOS-X Y FLUORESCENCIA DE RAYOS-X DEL ⁵⁷Fe

Cerón M.⁽¹⁾; Raysa N.⁽²⁾; Bustamante A.⁽¹⁾; Olivera P. polivera@ipen.gob.pe⁽³⁾;
Bravo J.⁽¹⁾; Quispe J.⁽¹⁾

(1) *Laboratorio de Análisis de Suelos – Laboratorio de Espectroscopia Mössbauer – Facultad de Ciencias Físicas – Universidad Nacional Mayor de San Marcos / Lima, Perú*

(2) *Centro Nacional de Investigaciones Científicas / La Habana, Cuba*

(3) *Departamento de Química – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú*

1 RESUMEN

En la actualidad, los peloides o barro minero-medicinales constituyen uno de los recursos naturales de gran potencial industrial debido a sus propiedades terapéuticas, por esa razón el estudio de sus propiedades relacionadas con sus efectos curativos es objeto de interés científico. El empleo de los barro minero-medicinales para el tratamiento de diversas afecciones esta bastante difundido en nuestro país, pero su uso esta restringido a un conocimiento empírico de sus propiedades.

En el presente trabajo se reporta un estudio preliminar sobre la composición mineralógica y la identificación de las fases portadoras de hierro presentes en los peloides de una laguna ubicada en la provincia de Cañete, Lima-Perú.

Las técnicas experimentales empleadas en el desarrollo del presente trabajo fueron la difracción de rayos X, espectroscopia Mössbauer por transmisión y fluorescencia de rayos X. Así mismo, se realizaron análisis físico-químicos midiendo el grado de acidez de las muestras.

Los resultados obtenidos muestran que en los peloides analizados las fases portadoras del hierro están asociadas a la pirita y al sulfato ferroso. También se detectó la presencia de arcilla tipo bentonita.

2 INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad los médicos han recomendado los tratamientos basados en la aplicación de sedimentos naturales, puesto que descubrieron propiedades terapéuticas en ellos. Particularmente para el tratamiento

de los dolores reumáticos, para aliviar la piel irritada y revitalizar los tejidos [1-3].

Los peloides son un producto natural que se forman en las capas poco profundas del fondo de los depósitos hídricos y salinos. Básicamente, están constituidos por los minerales presentes en el suelo y en el agua (Fe, Mg, Mn, S, Zn, P y Cu), oligoelementos y minerales geológicos (silicatos, feldespato, cuarzo, mica y otros) los cuales en combinación con sedimentos naturales forman de una masa homogénea finamente dispersa [4-6]. Esta combinación le confiere propiedades físico, químicas y biológicas particulares que permiten que estas puedan ser empleadas con fines terapéuticos.

En el presente trabajo se reporta un estudio preliminar sobre la composición mineralógica y la identificación de las fases portadoras de hierro presentes en los peloides de la laguna “La Milagrosa ó Qoricocha”, ubicada en el balneario “Las Salinas” distrito de Chilca, provincia de Cañete, Lima-Perú.

3 PARTE EXPERIMENTAL

Se estudiaron diferentes tipos de peloides obtenidas de dos pozos diferentes pertenecientes a la laguna “La Milagrosa”, las cuales fueron extraídas desde una profundidad de 30 cm respecto al fondo de la laguna. La identificación de los peloides se muestra en a Tabla 1.

Con el objetivo de identificar la composición mineralógica de los peloides, algunos de estos se sometieron a un proceso de eliminación de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno. Para realizar el análisis de las muestras estas se secaron en una mufla a 27°C.

Tabla 1. Muestras analizadas.

Código	Laguna	Característica	color
MLG1	La Milagrosa (Pozo grande)	Muestra sin materia orgánica	plomizo
MLG2	La Milagrosa (Pozo grande)	Muestra con materia orgánica	plomizo
MLGC	La Milagrosa (Pozo pequeño)	Muestra con materia orgánica	crema

Las mediciones por espectroscopia Mössbauer se realizaron a temperatura ambiente en el Laboratorio de Espectroscopia Mössbauer de la Facultad de Ciencias Físicas (U.N.M.S.M) y la preparación de las muestras para el análisis químico-físico se realizó en el laboratorio de Análisis de Suelos de la misma Facultad. Los espectros Mössbauer fueron en geometría de transmisión usando una fuente de ^{57}Co en una matriz de Rh, los cuales fueron analizados empleando el programa Normos de Brand [7]. La identificación estructural de los compuestos presentes en las muestras se realizó empleando la difracción de rayos X, usando un difractómetro MINIFLEX RIGAKU el cuál empleó una radiación de $\text{Cu-K}\alpha$ ($\lambda=1,54178 \text{ \AA}$). Los análisis Físico-Químico se realizaron midiendo el grado de acidez de cada muestra empleando un meter de electrodo, tipo PH testr BNV OAKTON.

La identificación de los elementos presentes en los peloides así como su concentración se realizó mediante el análisis por fluorescencia de rayos X (FRX), en el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN).

4 RESULTADOS

4.1 Fluorescencia de rayos-X

Los resultados obtenidos por FRX se muestran en la tabla 2 y en las Figuras 1, 2 y 3 en donde se observa un alto contenido de Sr en las tres muestras. También se observa que la concentración de Cu en la muestra MLG2 es menor en comparación con la MLG1, lo cual podría atribuirse a un efecto de apantallamiento del material orgánico (humus, restos orgánicos etc) sobre el Cu. Por otro lado, la muestra MLGC presenta un bajo porcentaje de Fe respecto de las muestras MLG, mientras que la concentración de Ca es similar en las tres muestras.

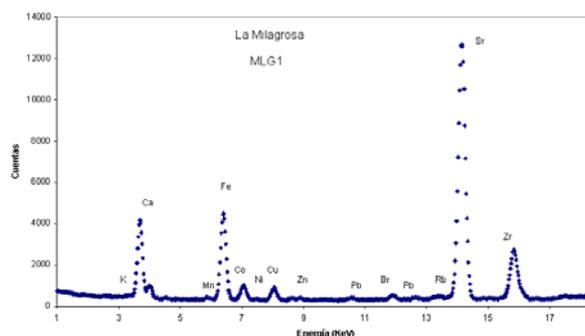


Figura 1. Espectro FRX correspondiente a la muestra MLG1.

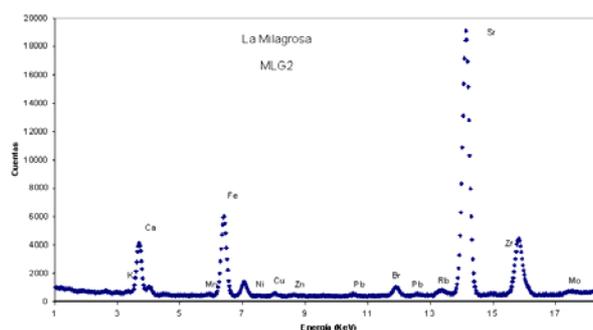


Figura 2. Espectro FRX correspondiente a la muestra MLG2.

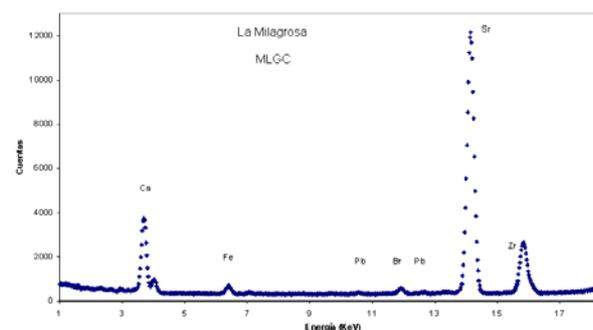


Figura 3. Espectro FRX correspondiente a la muestra MLGC.

4.2 Difracción de rayos X

Los difractogramas obtenidos por difracción de rayos X (DRX) exhiben que la muestra MLG2 presenta las fases asociadas a los minerales Calcita, Vermiculita, Cuarzo e Illita, mientras que MLG1 presenta la mismas componentes mineralógicas más el mineral Montmorillonita. Por otra parte, en la muestra MLGC se pudieron identificar las fases asociadas a los minerales Cuarzo, Sepiolita, Kaolinita y Calcita.

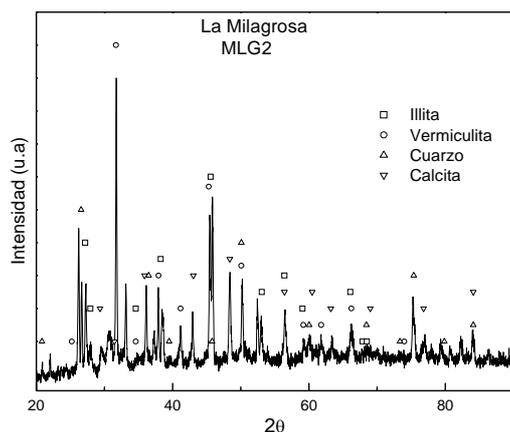


Figura 4. Difractograma de rayos X correspondiente a la muestra sin eliminación de materia orgánica MLG2.

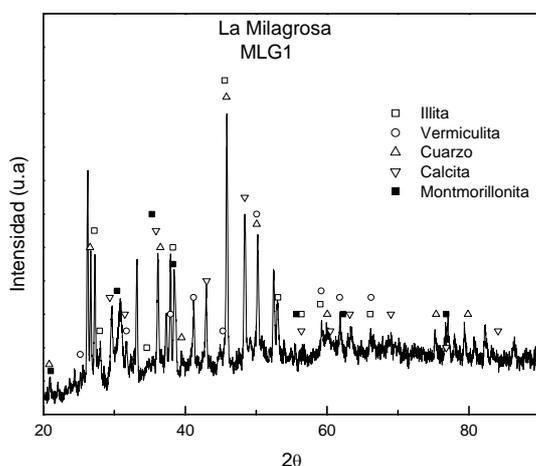


Figura 5. Difractograma de rayos X correspondiente a la muestra sin materia orgánica MLG1.

4.3 Espectroscopia Mössbauer

Los resultados obtenidos por la espectroscopia Mössbauer muestran que MLG2 presenta tres dobletes cuadrupolares asociándose éstos a sitios de Fe presentes en la pirita, sulfato ferroso y bentonita. Determinándose en la pirita sus dos estados divalentes de hierro: Fe^{+3} , y Fe^{+2} .

Los resultados obtenidos para la muestra MLG1 presentan los mismos sitios de Fe, observándose en esta muestra un mayor efecto de absorción. Por otro lado, para la muestra MLGC no se pudo obtener un espectro Mössbauer debido al bajo contenido en Fe, como se muestra en los resultados obtenidos por FRX.

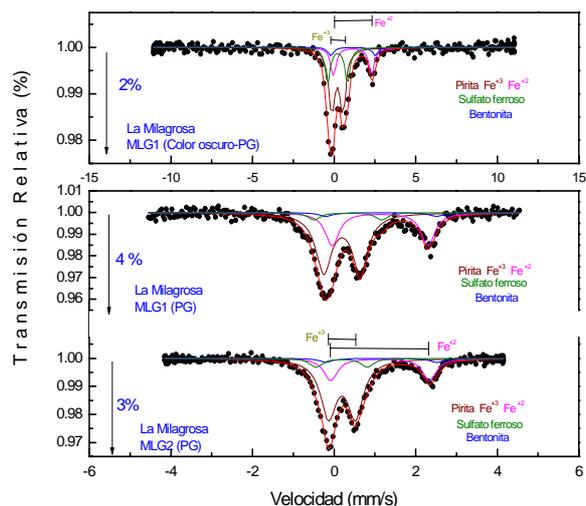


Figura 6. Espectros Mössbauer correspondientes a las peloides MLG1 y MLG2.

En la tabla 3 se muestra los parámetros hiperfinos Mössbauer de las muestras analizadas.

Tabla 3. Parámetros hiperfinos Mössbauer de Peloides de la Laguna La Milagrosa.

MUEST	D1 Fe ⁺³		D2 Fe ⁺²		D 3		D 4	
	δ (mm/s)	ϵ (mm/s)	δ (mm/s)	ϵ (m/s)	δ (mm/s)	ϵ (m/s)	δ (m/s)	ϵ (m/s)
RAS								
MLG2	0.193	0.606	1.126	2.7 3	1.156	2.7 2	0.2 06	1.1 4
MLG1	0.193	0.602	1.126	2.7 3	1.156	2.7 2	0.2 06	1.1 4
MLGC	0.193	0.602	1.126	2.7 3	1.156	2.7 2	0.2 06	1.1 4

* Los valores de δ están referidos a los del Fe.

4.4 Medida del grado de alcalinidad

La tabla 4 registra los resultados obtenidos de las medidas del grado de alcalinidad de las muestras. Estas se registraron *in situ* en el instante de extraer las muestras y *ex situ*, en el laboratorio después de tres días. Todas las muestras presentan un alto grado de alcalinidad, esto debido a su alta concentración de iones básicos presentes en las muestras como se muestran en los resultados obtenidos por FRX.

Tabla 4. Medidas del P.H de los peloides extraídos de la laguna de "La Milagrosa"

Muestras	P.H (In situ de las aguas)	P.H (en el Laboratorio)
La Milagrosa MLG	7.1	8.9
La Milagrosa MLGC	In situ no se pudo determinar porque es bastante seca	9.5

5 CONCLUSIONES

Los resultados preliminares de esta investigación muestran que los peloides analizados presentan una variada composición elemental en donde los elementos con mayor proporción son Sr, Ca y Zr. Por Espectroscopia Mössbauer se determinó que las fases portadoras de hierro presentes en las muestras analizadas son la pirita, el sulfato ferroso y la bentonita los cuales fueron confirmados por DRX.

Se vienen realizando intensos trabajos para completar la identificación mineralógica y composicional, así como estudios microbiológicos y farmacológicos para completar la caracterización de estos peloides.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Pérez M, Segarte FR. Utilización de recursos termales en la búsqueda de salud y belleza. Rev. Cubana Farm. 2001; 35(3): 207-10.
- [2] San Martín J. Peloides en general. Características físicas, efectos biológicos e indicaciones terapéuticas en: curas balnearias y climáticas, talasoterapia y helioterapia. Ed. Complutense. Madrid: España. 1994. p. 313-331.
- [3] Furet NR, Rodríguez AC, Quinteros MJ, Portilla C. Evaluación química de peloides de varias salinas de Cuba. Contribuciones a la Hidrología y Medio Ambiente en Cuba. 1996. p. 349-356.
- [4] Herrea AC, Rodríguez C, Toledo C, Furet NR, Cañizares H. Caracterización químico estructural de fangos.
- [5] Medicinales. Contribuciones a la hidrología y medio ambiente en Cuba, 1996. p. 325-339.
- [6] Brand RA. Normos Programs, Angewandte Physik, Univ. Duisburg. Ecole des Mines, Nancy. 1995.

HIGHLY POROUS THIN FILMS OBTAINED BY SPRAY-GEL TECHNIQUE

Solís J.^(1,2) jsolis@ipen.gob.pe; Rodríguez J.^(1,2) jrodriguez@ipen.gob.pe;
Estrada W.^(1,2) westrada@ipen.gob.pe

(1) Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima 41, Perú

(2) Facultad de Ciencias – Universidad Nacional de Ingeniería / Lima, Perú

ABSTRACT

Combining the spray pyrolysis and the sol-gel techniques (spray-gel) gives the possibility to produce very rough and highly diffuse films, under appropriate conditions. This technique is suitable for producing multifunctional metal oxides for gas-sensing, electrochromism, microbattery, and photocatalysis applications; due to the fact that it yields a large interface between a solid and a gaseous/liquid medium. The process basically consists in producing an aerosol from a gel, which is sprayed over a hot substrate, where the film is going to grow. In this work we present the results on highly porous SnO₂, WO₃, and phosphotungstic acid (PWA) thin films obtained by spray-gel.

1 INTRODUCTION

Porous materials are of interest in a variety of devices such as electrochromic 'smart' windows [1,2], nanocrystalline solar cells [3], batteries [4], photocatalytic reactors [5], and gas sensors [6]. The porosity yields a large interface between the solid and a liquid or gaseous medium. The electrochromism is the ability to attain different optical properties when a voltage is applied across them and relies on ion insertion/extraction from an electrolyte [1]. The optical properties are reversible so that the original state can be recovered by a reversal of the polarity. Semiconductor gas sensors use changes in the electrical conductance of a polycrystalline sensing ceramic to detect gas components. A chemical species on the semiconductor surface yields a signal that is transduced through the microstructure of the sintered ceramic to form a conductance change. Grain contacts, as well as the grain size in the oxide semiconductor microstructure, constitute key features for the transducer function [7].

Porosity can be achieved in many ways; with regard to thin films one normally relies on atomistic deposition of species under conditions giving a low ad-atom mobility so

that a fine-grained crystalline, or amorphous, structure is built up. In this work, we take an alternative route and employ the soft chemistry. Both the spray pyrolysis and the sol-gel techniques are interesting deposition techniques for thin film fabrication (simple and low cost). When they are combined properly (spray-gel) can be very useful for large area applications and the films morphology can be easily monitored controlling the precursors and deposition conditions. The process basically consists in producing an aerosol from a gel, which is sprayed over a hot substrate, where the film will grow.

In this work, we report highly porous and diffuse phosphotungstic acid (PWA), WO₃, CuWO_{4-x} and SnO₂ thin films produced by the spray-gel technique.

2 EXPERIMENTAL

The outline of the spray system used in this work is described elsewhere [8]. Combined spray pyrolysis and sol-gel techniques were used to obtain films onto either alumina substrate or glass slide. Precursor of the spraying solution for preparing the phosphotungstic acid films was an aqueous solution of 0.1M sodium tungstate (Na₂WO₄·2H₂O, 99%) mixed with orthophosphoric acid (H₃PO₄, 85%) with a molar ratio P:W of 1:12; a detailed technical description was given by Medina et al. [9]. The gel was obtained via acidification of the aqueous solution through a proton exchange resin. The films were obtained by spraying the gel onto substrates at 300 °C for 60 min. Mixed WO₃ and CuWO₄ films were prepared from a gel via acidification of 0.1 M sodium tungstate aqueous solution through a proton exchange resin. Different quantities of an aqueous solution of copper sulphate were added to the polytungsten sol to obtain a solution with a molar ratio of Cu/W from 0 to 100 %; full detail can be found in earlier work by Damian et al. [10]. These solutions were sprayed on to alumina substrates at 220 °C for 45 min. Nanocrystalline SnO₂ films were

obtained from a sol obtained from a metal alkoxide ($ter\text{-C}_5\text{H}_{11}\text{O}$) $_4\text{Sn}$ or an inorganic ($\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) precursors stabilized with an ammonia aqueous solution. The obtained sols were sprayed on to glass and alumina substrates at 130 °C for 60 min.

The microstructure of the films was analyzed by a scanning electron microscope (SEM), x-ray diffraction and infrared spectroscopy.

The electrochromism was studied with films deposited onto glass slide precoated with transparent and electrically conducting $\text{SnO}_2\text{:F}$. An EG&G PAR 273 potentiostat/galvanostat instrument was used for cyclic voltammetry for charge insertion/extraction. A three electrode-cell with an electrolyte of 1 M H_2SO_4 aqueous solution was set; the electrochromic film was placed as the working electrode (WE), a platinum layer as the counter electrode (CE) and a Saturated Calomel (SCE) as the reference electrode (RE). The voltage span was between -0.8 and 0.6 V vs SCE at a scan rate of 10 mV/s. Diffuse spectral normal transmittance/ reflectance were recorded in the $400 < \lambda < 850$ nm wavelength range using a double beam Perkin-Elmer Lambda 9 spectrophotometer equipped with an integrating sphere.

For gas sensing studies the films were deposited onto alumina substrates using preprinted gold electrodes, 0.3 mm apart, and a Pt-heating resistor on the reverse side. The samples to be tested were placed in a stainless steel chamber (4.4 L) and exposed to different butanol and ethanol vapor concentrations. The films were connected in series with both a known resistor and a 5V source. The conductance of the films was obtained by measuring the voltage drops across the resistor. Gas-sensing properties of the films were studied at 400 °C.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Phosphotungstic acid (PWA) films

The crystal structures of the films obtained by x ray diffraction and infrared spectroscopy correspond to phosphotungstic acid ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40} \cdot 21 \text{H}_2\text{O}$). A typical SEM micrograph of a phosphotungstic acid film is shown in Figure 1. The film showed a morphology based on fiber-shape bridges. This type of configuration was distributed uniformly through out the film surface, and

behaves as highly diffusing surface in the visible range.

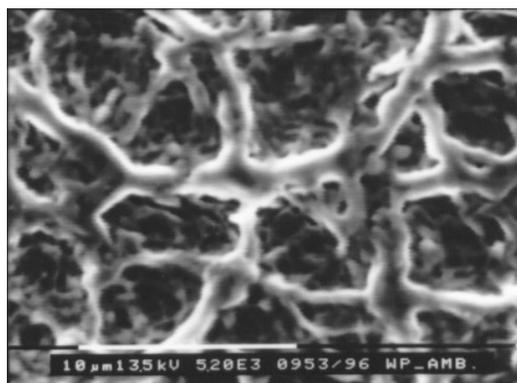


Figure 1. SEM micrograph for as-deposited PWA film.

Figure 2 displays a typical total optical transmittance and reflectance spectra for a phosphotungstic acid film for the as-deposited, colored and bleached states. The inserted charge densities during cyclic voltammetry were calculated by numerical integration of the current density with respect to time. The inserted/extracted charge density was 55.6 mC cm^{-2} .

Those results indicate that at appropriate conditions a highly porous electrochromic film can be grown using the spray-gel technique. Those films present a highly diffusing component in the transmittance and reflectance spectra.

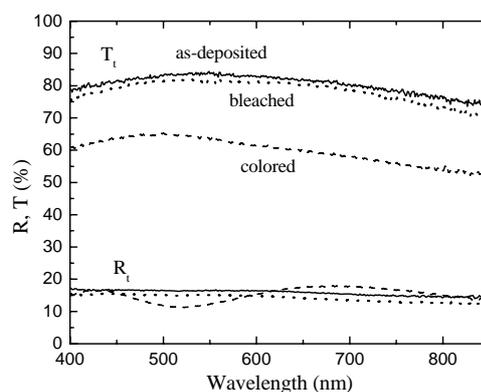


Figure 2. The total spectral transmittance and reflectance for a PWA film in as-deposited (solid line) state and after coloration (dotted line) and bleaching (dashed line) by H^+ intercalation/deintercalation.

3.2 WO_3 and CuWO_{4-x} films

The as-deposited WO_3 film was amorphous. After annealing the samples at a temperature higher than 300 °C, the film crystallizes to the monoclinic WO_3 phase. The mixed $\text{WO}_3\text{-}$

CuWO₄ films have similar behaviour, the annealed films have WO₃ as well as CuWO₄ phases. The morphology of the post-annealed WO₃ film at 600°C for 3 h is shown in Fig. 3a. The surface of the film is very rough, with interconnecting rings and the smooth fibers turn to agglomerated grains. The films obtained from solutions of Cu/W with a molar ratio of less than 10 % present surface "irregularities" which start to decrease when films are made from a molar ratio of Cu/W higher than 10 %. Fig. 3b shows the morphology of CuWO_{4-x} films obtained from a solution with the Cu/W molar ratio of 7%.

The annealed films were used for gas-sensing experiments. Figure 4 shows the results of a detailed study on the gas sensitivity of annealed CuWO_{4-x} films obtained from different solutions with a molar ratio of Cu/W from 0 to 100 % to 5 ppm of ethanol and butanol in air. It was found that the optimal molar ratio of Cu/W for the solutions used to prepare the films was 10% and 7% with high gas sensitivity to butanol and ethanol, respectively.

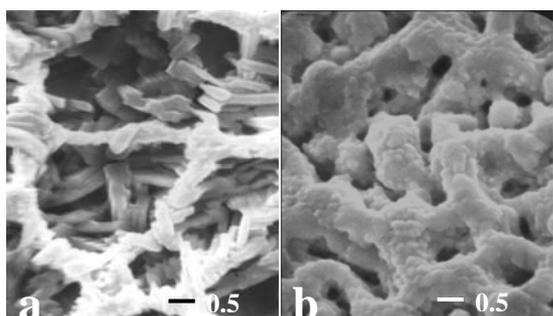


Figure 3. SEM micrograph for (a) WO₃ and (b) CuWO_{4-x} films obtained from a solution with the Cu/W molar ratio of 7%.

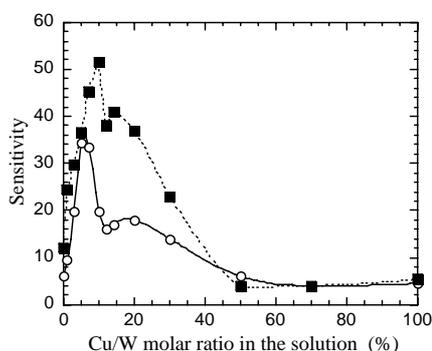


Figure 4. The gas sensitivity vs molar ratio Cu/W from the solution used to obtain the films and being exposed to 5 ppm of ethanol (○) and butanol (■) in air. The operating temperature is 400 °C.

3.3 Nanocrystalline SnO₂ films

The as-deposited SnO₂ films from an inorganic and metal alkoxide precursors were amorphous or with a very small grain size. After annealing at a temperature of 400 °C the samples crystallize to the SnO₂ with a grain size of around 20 nm. The morphology of the post-annealed SnO₂ films obtained from SnCl₄ · 5H₂O and (C₅H₁₁O)₄Sn precursors at 500°C for 2 h are shown in Fig. 5a and Fig. 5b, respectively. The surface of the film obtained from an inorganic precursor is smooth, whereas the surface of the film obtained from a metal alkoxide is very rough, with interconnecting rings.

The annealed films at 500°C were used for gas-sensing experiments. Figure 6 shows the conductance response of both films obtained from an inorganic and metal alkoxide precursors to different concentrations of ethanol in air. It was found that the gases sensing properties of the highly porous film obtained from metal alkoxide is more stable and has a short response and recover time. The compact film is not stable and has a long response time and lower sensitivity than the porous one. Different degrees of porosity of SnO₂ thin films were obtained using metal organic or inorganic precursors.

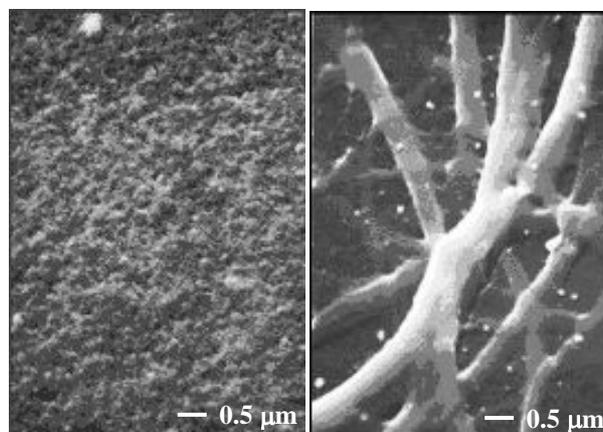


Figure 5. SEM micrographs for a nanocrystalline SnO₂ obtained from (a) an inorganic and (b) metal alkoxide precursor.

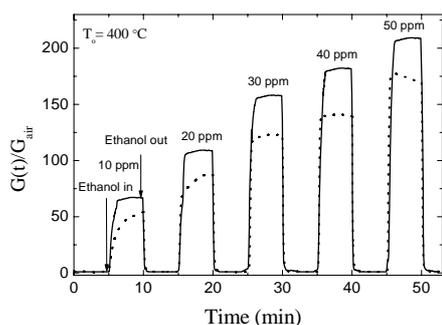


Figure 6. the conductance response vs. time, $G(t)/G_{air}$, subjected to different ethanol concentrations in air. The solid and dotted line correspond for films obtained from a metal alkoxide and inorganic precursor, respectively.

4 CONCLUSIONS

Combining the spray pyrolysis and the sol-gel techniques (spray-gel) gives the possibility to produce very rough and highly diffuse films, under appropriate conditions. This technique brings new possibilities for fabricating highly porous films of PWA, WO_3 , $CuWO_{4-x}$ and SnO_2 . The gas sensing and electrochromism properties are enhanced using these films due to a large interface contact with the liquid or gaseous medium.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been financially supported by the International Program for Physical Science of Uppsala University (IPPS), the Instituto de Investigación of Universidad Nacional de Ingeniería, and CONCYTEC (Peruvian Research Council).

6 REFERENCES

- [1] Granqvist CG. Handbook of Inorganic Electrochromic Materials. Amsterdam: Elsevier; 1995.
- [2] Granqvist CG. Solar Energy Mater. Solar Cells. 2000; 60: 201.
- [3] O'Regan B, Grätzel M. Nature. 1991; 353: 737.
- [4] Yagi Y, Hibino M, Kubo T. J. Electrochem. Soc. 1997; 144: 4208.
- [5] Fujishima A, Hasimoto K, Watanabe T. In TiO_2 Photocatalysis, Fundamentals and Applications. Edited by Donald A, Kitamura Y, Tamaki N. Tokyo: Japan; 1999.
- [6] Madou MJ, Morrison SR. Chemical Sensing with Solid State Devices. San Diego: Academic; 1989.
- [7] Yamazoe N. Sensors and Actuators B 7, 7 (1991).
- [8] Arakaki J, Reyes R, Horn M, Estrada W. Sol. Energy Mater. Sol. Cells. 1995; 37: 33.
- [9] Medina A, Solis JL, Rodriguez J, Estrada W. Sol. Energy Mater. Sol. Cells. 2003; 80: 473.
- [10] Damian MA, Rodriguez J, Solis JL, Estrada W. Thin Solid Films. 2003; 444: 104.

CORROSIÓN DE LOS BULONES EN EL REACTOR RP-10 DEL CENTRO NUCLEAR “RACSO”

Babiche I. cbabiche@ipen.gob.pe; Revilla A. arevilla@ipen.gob.pe

Dirección General de Instalaciones – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

Resumen

Algunos bulones de acero inoxidable, que soportan la canastilla de los elementos gastados ubicados en la pileta auxiliar, presentan corrosión generalizada y por picado (pitting). El contenido del ión cloruro en el agua del reactor y el tipo de acero inoxidable del bulón se identificaron como las principales causas del problema. Este trabajo describe los análisis y ensayos que condujeron a determinar el tipo de acero y a controlar en parte el fenómeno observado.

Abstract

Some screws of stainless steel that support the basket of spent fuel element located in the auxiliary pool show generalized and pitting corrosion. Chlorides in water reactor and type of stainless steel of the screw are the main reasons of the problem. This work describes the analyses and tests that lead to determine the type of steel and to partly control the observed phenomenon.

1 Introducción

Algunos bulones que soportan varias piezas metálicas del reactor y pileta auxiliar se encuentran en un proceso corrosivo (generalizado y/o picado). Todas estas piezas se encuentran sumergidas en agua liviana y desmineralizada (conductividad = 1.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$), la experiencia nos muestra que éstas estarían sujetas a una rápida corrosión por picado si es que la calidad del agua no es la adecuada.

El Grupo de Mantenimiento Químico del RP-10 tiene entre sus varios objetivos, la conservación de los materiales metálicos en condiciones óptimas de trabajo.

Basado en las referencias, la corrosión por picado de los aceros inoxidables es el mecanismo principal que podría limitar la vida útil de los bulones.

En este documento describiremos las propiedades de los aceros inoxidables martensíticos, así como también las

acciones realizadas para demostrar que algunos bulones son de SS martensítico y no de SS austenítico como manda la especificación.

2 Consideraciones Teóricas

2.1 Acero inoxidable martensítico

Son aleaciones de Fe-Cr, conteniendo de 12 a 17% de Cr y de 0.1 a 1% de C de manera que se produzca estructura martensítica por temple desde la región austenítica. Ellas pueden ser endurecidas por tratamiento térmico para formar martensita de la misma manera que los aceros al carbono ordinarios. Con 1% de C se pueden obtener altas durezas, pequeñas cantidades de otros elementos aumentan su resistencia a la corrosión, tenacidad y resistencia mecánica. Son llamados martensíticos por la microestructura que pueden desarrollar por recocido y posterior temple. Cabe notar que los SS martensíticos poseen una resistencia a la corrosión relativamente pobre comparada con los ferríticos y austeníticos.

Además los elementos aleantes bajan la temperatura M_s (temperatura de inicio de la transformación martensítica), como consecuencia habrá austenita retenida a temperatura de ambiente.

2.2 Microestructura

La microestructura de los inoxidables martensíticos está determinada principalmente por sus contenidos de cromo y carbono y por el tratamiento térmico. En la condición de recocido (815°C), la microestructura óptica de la aleación AISI 410 (12% Cr, 0.1% C) consiste en una matriz de granos de ferrita con carburos dispersos al azar.

2.3 Tratamiento térmico

Los aceros inoxidables martensíticos pueden mejorar su dureza y resistencia por tratamiento térmico para formar martensita de la misma manera que los aceros al carbono ordinarios. La aleación es

austenizada y enfriada a una velocidad suficientemente rápida para producir una estructura martensítica y luego es revenida para incrementar la tenacidad y aliviar tensiones.

2.4 Austenizado

La máxima dureza es alcanzada cuando la temperatura de Austenizado esta entre 980 y 1090°C, y se incrementa conforme el contenido de carbono se incrementa. La dureza disminuye por calentamiento por sobre los 1100°C, mientras que calentamiento por debajo de los 900°C no producirán suficiente austenita.

2.5 Velocidad de enfriamiento

El cromo contribuye en la alta templabilidad de este acero, eliminando la necesidad de un temple en agua después del austenizado y permitiendo un enfriamiento más lento para producir la estructura martensítica.

2.6 Revenido

Este tratamiento incrementa tenacidad y ductilidad. Cuando la temperatura de revenido alcanza los 430°C, se observa un efecto de endurecimiento secundario ligero, básicamente por la formación de $(Fe,Cr)_{23}C_6$.

2.7 Propiedades mecánicas

Los máximos valores de tenacidad son obtenidos a los 260°C, por encima de esta temperatura los valores disminuyen alcanzando un mínimo entre 450 a 550°C. En la práctica el rango de revenido entre 475 a 550°C se evita por la pobre tenacidad presentada por los SS martensíticos. Este decrecimiento en la resistencia al impacto corresponde al pico de endurecimiento secundario en la curva de revenido y es atribuida a la precipitación de carburos (o nitruros).

2.8 Propiedades de corrosión

La mayoría de SS martensíticos contienen el justo 12% de Cr necesario para pasivar su superficie. Su composición química está diseñada para resistencia-dureza, disminuyendo su resistencia a la corrosión. En la región de temperaturas críticas (370 a 600°C) la resistencia a la corrosión de estas aleaciones también es reducida.

3 Procedimiento

3.1 Muestreo

En la última operación de limpieza de la pileta auxiliar se extrajo los bulones que soportan la caja de elementos combustibles fallados, observando los siguientes sucesos:



3.2 Limpieza

Se procedió a limpiar cada uno de los bulones con una solución de HNO_3 (20%) obteniéndose los siguientes resultados:



3.3 Determinación del tipo de acero inoxidable

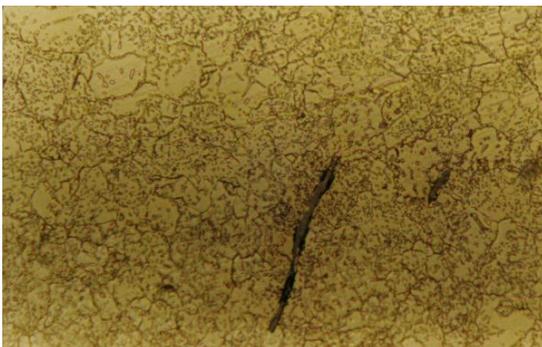
3.3.1 Mediante el contacto con un imán se determino que los bulones problema son de acero inoxidable martensítico (magnético) y no austenítico como lo indica la especificación, mediante la siguiente foto:



3.3.2 Mediante el trozado de una muestra, colocada en una briqueta, pulida, atacada con nital y solución de cloruro férrico y vista al microscopio.



Se observo lo siguiente:



4 Resultados

1. Mediante la prueba de imantación se comprobó que los bulones son magnéticos.
2. En la microestructura mostrada se observa carburos globulizados en matriz ferrítica.
3. En la microestructura se observa inclusiones de MnS.

5 Conclusiones

1. Los aceros inoxidables austeníticos y ferríticos son no-magnéticos, por lo tanto el material de los bulones es de acero inoxidable martensítico.
2. De la microestructura se concluye que el material es un acero inoxidable martensítico en condición de recocido clasificado como AISI 410.
3. Las inclusiones de MnS observadas en la micrografía es un indicio del comportamiento corrosivo de la pieza

6 Referencias

- [1] ASM Metals Handbook. Metallography, Structures and Phase Diagrams. 8th Edition. Vol. 8.
- [2] Donald R. Askeland, Ciencia e Ingeniería de los Materiales.
- [3] Uhlig Herbert. Corrosion and Control Corrosion. 2nd. Edition.

CARBONATACIÓN DEL RECUBRIMIENTO DE CONCRETO

Babiche I. cbabiche@ipen.gob.pe

Dirección General de Instalaciones - Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

INTRODUCCIÓN

El acero de refuerzo y el concreto conforman el "hormigón armado" porque presentan una buena adherencia y sus coeficientes de dilatación térmica son del mismo orden, razón por la cual estudiamos los problemas inherentes a este material como es la carbonatación, la cual es un fenómeno natural que ocurre todos los días en miles de estructuras de concreto en todo el mundo. En estructuras de concreto que no contengan acero de refuerzo, la carbonatación es, generalmente, un proceso de pocas consecuencias. Sin embargo, en el concreto reforzado, este proceso químico aparentemente inocuo, avanza lenta y progresivamente hacia adentro desde la superficie expuesta del concreto, y asalta al acero de refuerzo causando la corrosión. Aunque la carbonatación es una causa de la corrosión menos importante que los cloruros, no por ello es menos seria en términos del daño que provoca y del dinero que cuesta remediar sus efectos.

¿Qué es la Carbonatación?

La carbonatación del concreto se produce por un descenso en la alcalinidad del hormigón que puede ser debido a un "deslavado" por circulación de agua puras o ligeramente ácidas o por reacción de los componentes de carácter básico NaOH, KOH y $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de la fase acuosa del concreto con los componentes ácidos de la atmósfera, dióxido de carbono (CO_2) y azufre (SO_2), para dar carbonatos-sulfatos y agua (ver figura 1). El que normalmente se encuentra en la atmósfera es el CO_2 por lo que a este proceso de reducción de la alcalinidad se llama genéricamente "carbonatación".

¿Por qué es un problema la pérdida de pH? Porque el concreto, con su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo contra la corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino.

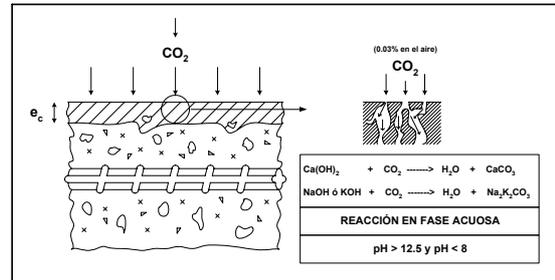


Figura 1. Carbonatación del Concreto Armado.

Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto. Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto pueda requerir años antes de que ocurra el daño por corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar.

Es muy importante identificar la presencia de la carbonatación cuando también hay cloruros en el concreto. En concretos nuevos que tienen un pH de 12 a 13, se requieren aproximadamente de 7,000 a 8,000 partes por millón (ppm) de cloruros para comenzar la corrosión del acero. Sin embargo, si el pH baja a un rango de 10 a 11, el umbral de cloruro para la corrosión es significativamente menor -100 ppm o menos-. Por esta razón, una investigación de la condición para la mayoría de las estructuras de concreto en proceso de corrosión debe siempre incluir un análisis de la profundidad de carbonatación.

Afortunadamente para los propietarios, especificadores y contratistas, la carbonatación es una condición relativamente sencilla de identificar y diagnosticar. La manera más fácil de detectar la carbonatación en una estructura es romper un pedazo de concreto (preferentemente cerca de un borde) en donde se sospeche que hay carbonatación. Después de soplar todo el polvo residual del espécimen o del substrato, se pulveriza una solución de 1 o 2 por ciento de fenolftaleína

en alcohol sobre el concreto. Las áreas carbonatadas del concreto no cambiarán de color, mientras que las áreas con un pH mayor de 9 a 9.5 adquirirán un color rosado brillante (ver figura 2). Este cambio muy apreciable de color muestra cuán profundamente ha progresado el "frente" de carbonatación dentro del concreto. Existen otros métodos y otros indicadores para detectar la carbonatación, pero éste es el método más fácil y común de detección.

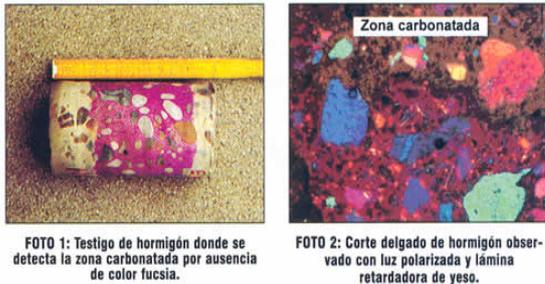


Figura 2. Carbonatación del Concreto (prueba con fenolftaleína).

Las agencias de prueba calificadas realizan estas pruebas rutinariamente como parte de una investigación de la condición en edificios y estructuras de concreto. Además de las pruebas de carbonatación, estas investigaciones de la condición incluyen con frecuencia pruebas de resistencia del concreto, valoraciones de la profundidad del recubrimiento, contenido de cloruro y permeabilidad del concreto.

Velocidad de avance del frente de carbonatación.

Dado que el ingreso del dióxido de carbono es un proceso de tipo difusivo, puede estimarse que el espesor de la capa carbonatada es proporcional a la raíz cuadrada del tiempo. Dicha proporcionalidad puede expresarse como una ecuación si se conoce el valor de la constante K o constante de carbonatación, según la ley:

$$X = K\sqrt{t} (*)$$

donde:

X = capa carbonatada (cm)
 K = constante
 t = tiempo (años)

El valor de K se puede determinar si se conoce el espesor de la capa carbonatada y la edad de la estructura. Una vez conocido su valor se puede predecir la velocidad de avance de la capa carbonatada y, por tanto,

el tiempo que tardará en llegar al acero de refuerzo. La constante K depende básicamente de 4 parámetros: La concentración de CO₂ en el aire; La permeabilidad del hormigón de recubrimiento; La humedad relativa del hormigón de recubrimiento; El contenido de CaO en la pasta de cemento hidratada del recubrimiento.

() Nota: Para hormigones expuestos a la intemperie (mojado y secado frecuentes), la velocidad de carbonatación suele ser sensiblemente menor a la indicada por la ecuación. Mejorando la calidad del hormigón se puede reducir el valor de la constante y retrasar el avance del frente de carbonatación, lo que equivale a aumentar el período de incubación y, por lo tanto, la vida útil de la estructura.*

Sólo se requiere una pequeña concentración de CO₂, que normalmente se encuentra en la atmósfera (0.03 por ciento) para que ocurra la carbonatación del concreto.

Períodos de incubación y propagación

Al periodo de tiempo desde cuando se inicia la carbonatación hasta cuando las armaduras empiezan a corroerse se le denomina **Periodo de Incubación (t_i)**, este periodo depende básicamente del espesor y de la calidad del recubrimiento, y el tiempo correspondiente al avance de la corrosión propiamente dicha se le denomina **Periodo de Propagación (t_p)** este tiempo depende básicamente de la humedad relativa en el hormigón de recubrimiento ya carbonatado y de la conductividad eléctrica del hormigón (ver figura 3). Para pH inferiores a 11, se pierde la condición de pasividad de las armaduras y, si las condiciones del medio son favorables para la corrosión (humedad, oxígeno, temperatura), el acero se oxida, provocando un aumento localizado de volumen, fisuras y hasta descascaramiento del hormigón que lo recubre. Paralelamente, se va reduciendo la sección resistente de las armaduras, pudiendo llegarse a situaciones de riesgo y hasta colapso. Se acepta que los primeros signos aparecen cuando la profundidad de corrosión en el acero ha alcanzado el valor de 100 µm. O sea que la condición límite de diseño debe ser tal que la profundidad de corrosión del acero alcance dicho valor a la edad proyectada para la vida útil. La vida útil en servicio será igual a la suma del tiempo de incubación más el de propagación; en nuestro caso: t_i + t_p.

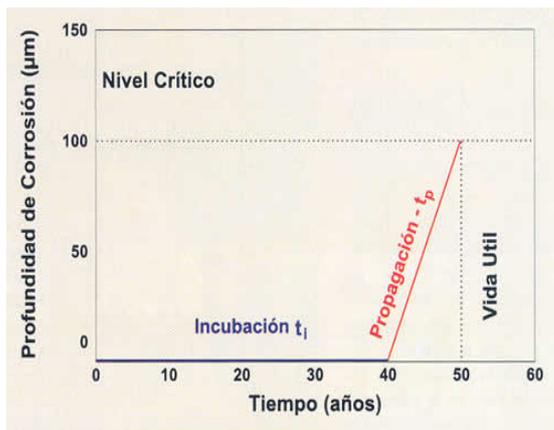


Figura 3. Vida útil del Hormigón Armado.

Factores que afectan la carbonatación.

Tal como se mencionó antes, el proceso de carbonatación es completamente natural. También se ve afectado por variables naturales que se encuentran en el concreto. El aumento de carbonatación depende, en gran medida, del contenido de humedad y permeabilidad del concreto.

Contenido de humedad del concreto. Para que tenga lugar la carbonatación, debe haber presencia de humedad. La reacción de carbonatación avanza más rápidamente cuando la humedad relativa en el concreto se encuentra entre 50 y 55 por ciento. A humedad más baja, no hay suficiente agua en los poros del concreto para que se disuelvan cantidades significativas de hidróxido de calcio. Por encima de 75 por ciento de humedad, la situación se revierte y los poros se bloquean progresivamente con agua. Aunque esto permite que se disuelva libremente el hidróxido de calcio, evita en gran medida el ingreso del dióxido de carbono. Así se explica por qué diferentes lados de la fachada de un edificio de concreto, por ejemplo, pueden variar grandemente en la profundidad de sus frentes de carbonatación. Una fachada expuesta al mar puede tener poca carbonatación debido a su contenido constantemente alto de humedad, mientras que la carbonatación puede haber avanzado a niveles más profundos en los otros lados del edificio.

Permeabilidad del concreto. El concreto permeable se carbonatará rápidamente. Muchos años de protección contra la carbonatación pueden sumarse al concreto reforzado si los constructores simplemente siguen las prácticas estándar para producir concreto de baja permeabilidad. Éstas

incluyen relaciones bajas de agua/cemento, compactación apropiada por vibración, uso de puzolanas tales como ceniza volante o humo de sílice y curado apropiado. Todas estas prácticas reducen la permeabilidad del concreto y hacen más difícil para que el dióxido de carbono se difunda a través de él.

Recubrimiento del concreto y defectos de superficie.

La carbonatación puede inclusive causar problemas de corrosión aun en concreto de alta calidad. Un recubrimiento bajo de concreto y defectos de superficie tales como grietas y pequeños hoyos proporcionan una ruta directa al acero de refuerzo. Los pequeños hoyos pueden, a veces, dar como resultado la pérdida de 12 mm o más del recubrimiento protector del concreto. Si ha de usarse un recubrimiento protector anticarbonatación, los pequeños hoyos y otros defectos de la superficie deben rellenarse primero con un "mortero nivelante" para evitar roturas en el recubrimiento protector.

Los bordes del recubrimiento de concreto son notables por su susceptibilidad a la corrosión inducida por carbonatación. Los bordes o las esquinas tienen dióxido de carbono que se difunde hacia el acero de refuerzo en dos direcciones. Si el acero en estas áreas no tuviera un recubrimiento de concreto adecuado, la carbonatación conduciría a la corrosión y podría causar astillamiento en los bordes en muy pocos años. Durante la construcción original, las esquinas son también áreas donde con frecuencia el concreto no está bien compactado. Los huecos y los agregados expuestos de la superficie reducen el recubrimiento de concreto, permitiendo que la carbonatación alcance rápidamente el acero.

Estrategias de reparación y protección

La investigación de la condición debe siempre constituir la base para un enfoque de reparación y protección. Antes de que pueda prescribirse un remedio apropiado, debe completarse un diagnóstico minucioso. Para estructuras a las que se ha diagnosticado corrosión, agrietamiento y astillamiento inducidos por la carbonatación, existen pocas opciones de reparación.

Se puede elegir la protección catódica (PC) si el daño por corrosión es severo. Sin embargo, esta es una opción costosa y requiere la continuidad eléctrica del refuerzo,

así como también costos sustanciales para el mantenimiento progresivo. La recalcalización es una técnica bastante nueva que pretende restaurar la alta alcalinidad del recubrimiento de concreto. Se trata también de una opción costosa con un historial muy limitado.

Con frecuencia, la opción más factible es reparar y proteger el concreto. Esta es una técnica de reparación directa que atiende claramente la necesidad inmediata del propietario. Sin embargo, la reparación del daño visible es sólo el primer paso para una reparación duradera del concreto dañado por la corrosión. Las áreas resanadas cubren usualmente sólo alrededor de 15 por ciento de toda el área de la superficie, pero el área total de ésta ha sido carbonatada. Si sólo se resana el daño visible, sin preocuparse por las causas subyacentes, no pasará mucho tiempo antes de que ocurra mayor astillamiento. Con frecuencia, un propietario ha pagado mucho dinero por un enfoque de reparación para verse finalmente ante más astillamientos en nuevas áreas en el término de dos años. Esto se debe a que el problema de la carbonatación nunca se resolvió de manera efectiva.

Recubrimientos Anticarbonatación. Para detener efectivamente el avance del "frente de carbonatación", con frecuencia se emplean recubrimientos anticarbonatación. Al contrario de las pinturas de mampostería o los recubrimientos elastoméricos comunes, los recubrimientos anticarbonatación están específicamente diseñados para detener el ingreso del dióxido de carbono. Existen en Europa métodos de prueba estandarizados para evaluar la resistencia al dióxido de carbono de un recubrimiento donde puede medirse el coeficiente de difusión del CO₂ en el material. Estas pruebas han demostrado que un recubrimiento anticarbonatación de alta calidad puede agregar protección a la varilla de refuerzo en una cantidad igual a muchos centímetros de recubrimiento de concreto. Los recubrimientos anticarbonatación deben ser recubrimientos respirables.

Es importante entender que no todos los recubrimientos resisten el dióxido de carbono. Muchos recubrimientos elastoméricos impermeables al agua no forman una barrera efectiva para el CO₂. El uso de tal recubrimiento puede, en efecto, acelerar la carbonatación, secando el

concreto a tal grado que permita el ingreso más rápido del CO₂.

De manera similar, los selladores penetrantes con frecuencia se usan erróneamente para proteger contra la carbonatación. Los materiales a base de silicón tales como los silanos y los siloxanos son repelentes del agua, pero no evitan que entre el dióxido de carbono a los poros del concreto. Y al secar el concreto, también pueden incrementar la rapidez de carbonatación.

Inhibidores de Corrosión. Cuando el frente de carbonatación ha alcanzado ya la profundidad del refuerzo de acero, el recubrimiento anticarbonatación, aunque detiene el progreso ulterior de la carbonatación, no podrá detener la corrosión existente que ya está teniendo lugar. La investigación ha demostrado que existe todavía suficiente humedad en el concreto para continuar corroyendo la varilla de refuerzo.

La tecnología actualmente en desarrollo de los inhibidores de corrosión puede ayudar a resolver la corrosión existente. En estas situaciones, los inhibidores de corrosión aplicados a la superficie, y que se pueden difundir a través del concreto que sirve de recubrimiento, pueden aplicarse en spray o con rodillos en la superficie de concreto antes de aplicar un recubrimiento anticarbonatación.

Este enfoque utiliza el inhibidor de corrosión para tratar la corrosión existente en la varilla de refuerzo, y el recubrimiento anticarbonatación agrega una protección efectiva.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Otero Enrique. Corrosión y Degradación de Materiales.
- [2] ICP-PUCP. Tecnología Anticorrosiva de Materiales Industriales.
- [3] Montani R. La Carbonatación, Enemigo olvidado del Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Revista Construcción y Tecnología, Diciembre 2000.

IV. Radioquímica

EVALUACIÓN RADIOQUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL ^{153}Sm - EDTMP, COMPLEMENTADO CON ESTUDIOS DE ESTABILIDAD

Robles A. arobles@ipen.gob.pe; Caballero J. icaballero@ipen.gob.pe;
Portilla A. aportilla@ipen.gob.pe

Planta de Producción de Radioisótopos - RAIS – IPEN / Lima, Perú

ABSTRACT

We have evaluated the radiochemistry purity of ^{153}Sm -EDTMP, in four different chromatography systems: water/ITLC-SG; ammonia/ITLC-SG; NH_3 : MEOH: H_2O (0.2:2.0:4.0)/whatman N° 3 and by chromatography in a packed mini-column with sephadex G25, being eluted with NaCl 0,9%. The four chromatography systems reported a major radiochemical purity of 99%, but in the ammoniacal – alcoholic system the resolution is poor; of the four systems is chosen the mini column to be a rapid and simple technique. For the biological evaluation we made biodistributions in healthy animals in different times: mice to 30 minutes; 1; 2; 3; 4 and 6 hours and in rats to the 3 and 24 hours post-injection; we determine that the ideal biological model is the rat, that the time of sacrifice is 3 hours post-injection and that the minimum percentage of dose injected to femur is 1%, for both. These evaluations were complemented with a study of stability on real time of the ^{153}Sm -EDTMP, storing between 2 to 8°C, having determined the radiochemical purity by mini-column for ten days, obtaining a stability until the 4 days with a major radiochemistry purity of 99%.

Keywords

Radiochemical Purity; EDTMP, Samarium 153, Biodistribution, Stability.

RESUMEN

Se evaluó La pureza radioquímica del ^{153}Sm -EDTMP, en cuatro sistemas cromatograficos diferentes: agua / ITLC-SG; amoniaco / ITLC-SG; NH_3 : MEOH: H_2O (0.2:2.0:4.0) / whatman N° 3 y por cromatografía en mini-columna empacada con sephadex G25, siendo eluida con NaCl 0,9%. Los cuatro sistemas cromatograficos reportaron una pureza radioquímica mayor del 99%, pero en el sistema amoniacal - alcohólico la resolución es pobre; de los cuatro sistemas se elige a la mini- columna por ser una técnica rápida y sencilla. Se realizo biodistribuciones con animales sanos a

diferentes tiempos: ratones a los 30 min.; 1; 2; 3; 4 y 6 horas y en ratas a las 3 y 24 horas post-inyección; se determino que el modelo biológico ideal es la rata, que el tiempo de sacrificio es de 3 horas post-inyección y que el porcentaje mínimo de dosis inyectada en fémur es del 1% para ambos. Estas evaluaciones fueron complementadas con un estudio de estabilidad a tiempo real del ^{153}Sm -EDTMP, almacenado entre 2 a 8°C, determinando la pureza radioquímica por mini-columna por un período de diez días, obteniendo una estabilidad hasta 4 días con una pureza radioquímica mayor del 99%.

Palabras Claves

Pureza Radioquímica; EDTMP, Samario 153, Biodistribución , Estabilidad.

1 INTRODUCCIÓN

El ácido etilen diamino tetrametilenfosfónico (EDTMP) marcado con samario-153, se desarrolló en la Universidad de Missouri en 1985 como radiofármaco terapéutico para aplicarse en el tratamiento paliativo del cáncer óseo. En vista de ello algunos países latinoamericanos empiezan a estandarizar la producción del radioisótopo samario-153, marcación del agente ligante, EDTMP y el control de calidad. En 1991, se aprueba un proyecto regional sobre producción y control de radiofármacos, RLA/2/007- ARCAL XV; organizado por el Organismo Internacional de Energía Atómica, a través de este proyecto se empieza a estandarizar la producción y control de este radiofármaco en nuestro país. A principios de 1995, se inicia los primeros ensayos para la producción de ^{153}Sm -EDTMP en los laboratorios de la Planta de Producción de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). El método de producción de este radiofármaco fue optimizado⁽¹⁾, el trióxido de samario irradiado (enriquecido al 99,6% ^{152}Sm) fue disuelto en medio ácido; la marcación ocurre en una relación molar de 8:1 (EDTMP:Samario) a temperatura ambiente. Este método produce un complejo estable con alta actividad específica, una pureza radionucleídica mayor del 99,90%

como samario-153 y una pureza radioquímica mayor del 99% a un pH de 7,5 a 8,0. En la literatura especializada^(1,2,4) se ha encontrado que existe diferentes métodos cromatograficos para determinar la pureza radioquímica, la distribución biológica se ha realizado en diferentes modelos biológicos (ratas y ratones) y el complejo formado es estable por varios días.

En este trabajo, se han comparado cuatro sistemas cromatograficos diferentes para determinar la pureza radioquímica del ¹⁵³Sm-EDTMP; se han realizado bio-distribuciones en ratas y ratones a diferentes tiempos para evaluar su comportamiento en cada modelo biológico. La estabilidad del complejo marcado, fue evaluada a tiempo real por varios días.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

• Análisis cromatográficos del ¹⁵³Sm-EDTMP

Las técnicas cromatográficas son nuevamente elegidas para la determinación de la pureza radioquímica de radiofármacos terapéuticos. Los sistemas cromatograficos empleados están en función del soporte empleado tales como cromatografía en papel (CP), cromatografía en capa fina instantánea (ITLC-SG) y cromatografía en columna (CC) donde está contenida la fase sólida, sephadex G-25. Los solventes elegidos se basan en la bibliografía consultada⁽¹⁾.

Se cuantificaron la pureza radioquímica del ¹⁵³Sm-EDTMP y las impurezas presentes, como el samario iónico (Sm +3) y el hidróxido de samario Sm(OH)₃; utilizando cuatro sistemas cromatograficos diferentes que se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Comportamiento cromatográfico del ¹⁵³Sm-EDTMP en diferentes sistemas cromatograficos.

Soporte (*)	Solvente	Relación de frente (Rf)		
		¹⁵³ Sm-EDTMP	¹⁵³ Sm ⁺³	¹⁵³ Sm(OH) ₃
ITLC – SG	Agua destilada	0.8 – 1.0	0.0 – 0.1	0.0 – 0.1
ITLC – SG	Amoniac	0.8 – 1.0	0.0 – 0.1	0.0 – 0.1
Whatman # 3	NH ₃ :MEOH:H ₂ O (0.2:2.0:4.0)	0.7 – 1.0	0.0 – 0.1	0.0 – 0.1
Sephadex G 25(**)	NaCl 0.9%	Eluido	Columna	Columna

(*) tira 10 x 100 mm

(**) cromatografía en mini-columna (sistema cerrado), volumen mini-columna 5 mL.

• Estabilidad del ¹⁵³Sm-EDTMP

Como la pureza radioquímica puede variar con el tiempo, principalmente por descomposición radiactiva, se realizó un estudio de estabilidad a tres lotes experimentales almacenados entre 2 a 8 °C, por diez días. El método cromatográfico seleccionado para determinar la pureza radioquímica es por mini-columna conteniendo como adsorbente sephadex G-25 eluida con NaCl 0,9%.

• Biodistribución del ¹⁵³Sm-EDTMP

Los estudios de biodistribución, se realizaron en animales sanos como ratones CFW y ratas wistar, con un peso entre 25 a 30 g y 250 a 300 g., respectivamente. Se les administro 0,1 mL del radiofármaco terapéutico; los ratones fueron sacrificados a diferentes tiempos post-inyección: 0,5 ; 1; 2, 3 y 6 horas; las ratas a las 3 y 24 horas. Se extrajeron los órganos de interés y se midieron las actividades en un detector de 2" NaI(Tl), tipo pozo. Los porcentajes de dosis de inyección (D.I.) fueron calculados con el método del estándar externo. Posteriormente se realiza una comparación de la distribución biológica del ¹⁵³Sm-EDTMP en ratas y ratones, a las tres horas post-inyección.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

• Análisis cromatográficos del ¹⁵³Sm-EDTMP

Tabla 2. Porcentaje de pureza radioquímica del ¹⁵³Sm-EDTMP en diferentes sistemas cromatográficos.

N° Lote exp.	Agua / ITLC-SG	Amoniac o/ ITLC-SG	NH ₃ :MEOH: H ₂ O/ whatman N°3	NaCl 0,9% / Sephadex
01	99,58 ± 0,12	99,81 ± 0,11	99,12 ± 0,08	99,80 ± 0,16
	99,33 ± 0,09	99,64 ± 0,12	99,27 ± 0,13	99,67 ± 0,21
03	99,45 ± 0,10	99,62 ± 0,18	99,17 ± 0,11	99,58 ± 0,09

(n=2)

En los cuatro sistemas cromatográficos, se obtuvo una pureza radioquímica mayor del 99 %, pero en el sistema amoniacal-alcohólico la resolución es pobre debido a que presenta arrastre a lo largo del soporte, los tres restantes son óptimos para determinar la pureza radioquímica.

- **Estabilidad del complejo del $^{153}\text{Sm-EDTMP}$**

Tabla 3. Estabilidad del $^{153}\text{Sm-EDTMP}$.

N° Lote Exp.	Porcentaje de pureza radioquímica versus tiempo post-marcación					
	30 min.	1 día	2 días	4 días	8 días	10 días
04	99,80	99,60	99,45	99,15	93,22	83,40
05	99,81	99,73	99,62	99,17	98,88	93,98
06	99,76	99,58	99,54	99,22	98,91	96,52

Todos los lotes registraron valores superiores al 99% a los 30 minutos, este porcentaje se mantiene hasta el cuarto día, a los ocho días la pureza radioquímica es menor del 99 % en los tres lotes.

- **Biodistribución del $^{153}\text{Sm-EDTMP}$**

Tabla 4. Porcentaje D. I. / Org. del $^{153}\text{Sm-EDTMP}$, en ratones.

Órgano	Tiempo de sacrificio, post-inyección				
	30 min.	1 hora	2 horas	3 horas	6 horas
Sangre	0,10 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,06 ± 0,03
Hígado	0,16 ± 0,08	0,33 ± 0,10	1,28 ± 0,27	0,50 ± 0,25	0,74 ± 0,32
Riñones	0,21 ± 0,07	0,42 ± 0,15	0,29 ± 0,08	0,26 ± 0,01	0,21 ± 0,02
Estómago	0,03 ± 0,01	0,25 ± 0,03	0,15 ± 0,01	0,05 ± 0,00	0,04 ± 0,01
Intestino	0,24 ± 0,06	0,66 ± 0,11	1,03 ± 0,25	0,37 ± 0,13	0,44 ± 0,12
Fémur	0,71 ± 0,16	1,30 ± 0,12	1,22 ± 0,08	1,42 ± 0,23	1,37 ± 0,14

(3 lotes, n=3 animales)

En la biodistribución del $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ en ratones a diferentes tiempos post-inyección, se observa que a partir de los 30 minutos hay fijación ósea, pero es significativa a la hora, a las tres horas se alcanza un máximo valor de D.I y se mantiene constante hasta las 6 horas. En el hígado se aprecia una concentración máxima del 1,28% a las 2 horas y decrece hasta 0,74% a las 6 horas, en el resto de órganos los valores de D.I/org. son menores a 1% a las 3 horas.

En la Tabla 5, la biodistribución en ratas a las 3 y 24 horas, confirman una fijación ósea del radiofármaco hasta por 24 horas; el complejo no fijado en el tejido óseo se

elimina durante las primeras 24 horas, vía excreción renal. En el hígado se aprecia una concentración máxima del 1,31% a las 3 horas, en el resto de órganos los valores de D.I/org. son menores al 2% a las 24 horas.

Tabla 5. Porcentaje D.I. /Org del $^{153}\text{Sm-EDTMP}$, En ratas

Órgano	Tiempo de sacrificio, post-inyección	
	3 horas	24 horas
Sangre	2,52 ± 0,15	0,02 ± 0,01
Hígado	1,31 ± 0,16	1,32 ± 0,12
Riñones	2,28 ± 0,25	1,08 ± 0,20
Estómago	0,27 ± 0,08	0,03 ± 0,01
Intestino	1,58 ± 0,21	0,17 ± 0,05
Fémur	2,41 ± 0,20	2,14 ± 0,11

(3 lotes, n=3 animales)

La tabla 4 y 5, permite evaluar el comportamiento del $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ en ratas y ratones, a las tres horas post-inyección. Se aprecia que la depuración corporal en ratones es más rápida que en ratas, la fijación ósea en fémur es mayor del 1% de la dosis inyectada, para ambos modelos biológicos.

4 CONCLUSIONES

En los cuatro sistemas cromatográficos, se obtuvo una pureza radioquímica mayor del 99 %, pero en el sistema amoniacal-alcohólico la resolución es pobre, los tres restantes son óptimos para determinar la pureza radioquímica.

Para controles de salida y estudios de estabilidad se elige la cromatografía por mini-columna por lo rápido y fácil del ensayo. La estabilidad del $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ es hasta 4 días almacenada entre 2 a 8°C, alcanzando una pureza radioquímica mayor del 99%.

En la biodistribución del $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ en ratones y ratas, se aprecia que la fijación ósea es mayor en ratas y que la depuración corporal en ratones es más rápida que en ratas. Se determina que las ratas wistar representa el modelo biológico ideal y que el tiempo óptimo de sacrificio es de tres horas post-inyección del radiofármaco.

5 REFERENCIAS

- [1] IAEA. Summary Report. Research Co-ordination Meeting. Optimization of the production and quality control of radiotherapeutic radionuclides and radiopharmaceuticals. Australia; October 1994. p.17-19.
- [2] Goeckeler WF, Edwards B, Volkert WA, et.al. Skeletal localization of Sm-153 chelates: Potencial therapeutic bone agents. J. Nucl Med. 1987; 28: 495-504.
- [3] Farhang M, Holmes R, Volkert N, et. al. Samarium-153-EDTMP: Pharmacokinetic, toxicity and pain response using an escalating dose shedule in treatment of metastatic bone cancer. J. Nucl Med. 1992; 33: 1451-1458.
- [4] Ketrin A. 153Sm-EDTMP and 188Re-HEDP as bone therapeutic radiopharmaceutical. Nucl. Med. Biol. 1987; 14: 223-232.

OPTIMIZACIÓN DEL ENSAYO DE INMUNOREACTIVIDAD POR EL MÉTODO DE CROMATOGRAFÍA DE AFINIDAD EN CAPA FINA PARA ANTICUERPOS MONOCLONALES MARCADOS CON TECNECIO-99m

Ramos B. bramos@ipen.gob.pe; Robles A. arobles@ipen.gob.pe

Planta de Producción de Radioisótopos (PPR) – IPEN / Lima, Perú

ABSTRACT

The labelling monoclonal antibodies with Tc 99m, must conserve their capacity to be united selectively to another molecule. For it use the method of affinity thin layer chromatography (ATLC) to determine the percentage of specific union or immunoreactivity fraction, the same one that did not give good results, for that reason is decided to optimize this technique being varied the times of fixation of antigen CEA with the stationary phase to 20 seconds and 30 minutes.

The first obtained results, are that the optimal time of contact of the antigen with the stationary phase for the test of immunoreactivity by ATLC is of 30 minutes, as much for the positive controls as for the negative controls. The percentage of union specifics obtained reaches greater values of 75 % and the percentage of non specific union reaches smaller values of 25 % result that confirms to us that the noticeable antibody conserves its immunoreactivity properties.

Key words:
Monoclonal antibody, Immunoreactivity, ATCL, Tc 99m.

RESUMEN

Los anticuerpos monoclonales marcados con Tc 99m, deben de conservar su capacidad de unirse selectivamente a otra molécula. Para ello se empleo el método de cromatografía de afinidad en capa fina (CACF) para determinar el porcentaje de unión específica o fracción inmunoreactiva, la misma que no dio buenos resultados, por ello se decide optimizar dicha técnica variando los tiempos de fijación del antígeno CEA con la fase estacionaria a 20 segundos y 30 minutos. Los primeros resultados obtenidos, son que el tiempo óptimo de contacto del antígeno con la fase

estacionaria para el ensayo de inmunoreactividad por CACF es de 30 minutos, tanto para los controles positivos como para los controles negativos. El porcentaje de unión específica obtenido alcanza valores mayores de 75 % y el porcentaje de unión inespecífica alcanza valores menores de 25 % resultado que nos confirma que el anticuerpo marcado conserva sus propiedades inmunoreactivas.

Palabras clave: anticuerpo monoclonal, inmunoreactividad, CCFA, Tc 99m.

1 INTRODUCCIÓN

El Perú, participa en el proyecto ARCAL LII, donde se vienen desarrollando, radiofármacos basados en anticuerpos monoclonales. Uno de los ensayos determinantes que nos permite conocer la no alteración de la inmunoreactividad del anticuerpo monoclonal, por la marcación directa con Tecnecio 99m, es el ensayo de inmunoreactividad. Este ensayo, puede realizarse mediante diversas técnicas como son: cromatografía de afinidad en capa fina, Inmunofluorescencia, inmunoensayo enzimático (ELISA) y células tumorales. En nuestro país, el método de elección por su rapidez, economía y no necesitar de gran infraestructura es el método de cromatografía de afinidad en capa fina. Sin embargo, los resultados al aplicar la técnica no fueron los esperados⁽¹⁾.

La inmunoreactividad es la capacidad de reconocimiento específico que posee un antígeno por su anticuerpo, esta capacidad puede evaluarse mediante: inmunoreactividad relativa y fracción de inmunoreactividad. Se elige trabajar con la fracción de inmunoreactividad ya que cuantifica la capacidad de unión exclusivamente de las moléculas marcadas, y da una medida absoluta de la inmunoreactividad. La técnica escogida es

cromatografía de afinidad (CACF) por ser rápida, económica y simple de aplicar. Esta cromatografía de afinidad se basa en la adsorción de exceso del Antígeno puro sobre un soporte como ITLC SG, y luego aplicando una muestra del anti-CEA marcado. La corrida cromatográfica se desarrolla en un solvente que permita separar el complejo Antígeno-anticuerpo del anticuerpo libre. Finalmente se mide la radioactividad de las fracciones y se calcula la fracción inmunoreactiva en porcentaje.

El presente trabajo fue realizado en los laboratorios de la Planta de Producción de Radioisótopos del Centro Nuclear de Huarangal del IPEN en Puente Piedra.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales y equipo

Kit AntiCEA (producido en-PPR-IPEN); CEA lote BA273001, laboratorios SCRIPPS con contenido de proteína 1,74 mg/mL, y CEA \geq 95%, donados por OIEA. Suero fetal bovino 30 % laboratorio Calbiochem lote B41403, buffer fosfato salino en etanol al 4 %, 10 nm; tecnecio 99m; buffer fosfato salino pH = 7,4; seroalbúmina humana al 5 % en salina; agua destilada, papel ITLC 1x10 cm marcado a los 2 cm y a los 3 cm desde la base, activadas a 110°C x 30 minutos, cámaras cromatográficas de vidrio, guantes, estufa, tubos eppendorf, caja conservadora, tips, micropipetas: 0-10 μ L; 0-200 μ L; 0-1000 μ L, contador automático gamma, estufa.

2.2 Marcación del anticuerpo monoclonal

El polvo liofilizado de anti-CEA se marcó con 5 mCi de pertecnetato de sodio, en un volumen máximo de 5 mL y se deja reaccionar por 30 minutos. La pureza radioquímica se determinó según metodología (1).

2.3 Procedimiento para la fracción inmunoreactiva

- ♦ Se prepara soporte (tiras de ITLC), tanto para control positivo, como para control negativo y por duplicado de la siguiente manera:

Control positivo

- ♦ Se colocan 200 μ L de antígeno CEA a una concentración de 10 ug/mL, sobre la tira de ITLC en la marca de 3 cm.
- ♦ Dejar impregnar por tiempo t: $t_1= 20$ segundos; $t_2= 30$ minutos.
- ♦ Recubrir las tiras impregnadas de antígeno, con una solución de Seroalbúmina humana 5 % en salina y dejar por 2 minutos.
- ♦ Enjuagar las tiras, sumergiéndolas en un tubo conteniendo agua destilada, retirar utilizando una pinza y secar en estufa a 37°C.
- ♦ Una vez secas las tiras, colocar 10 μ L del anticuerpo marcado sobre la marca de 2 cm de la tira cromatográfica preparada.
- ♦ La corrida cromatográfica, se desarrolla en buffer fosfato salino 10 mM en etanol al 4%. hasta 9 cm desde la base.
- ♦ Secar las tiras, cortar por la mitad y contar en un contador gamma.
- ♦ Realizar el control por duplicado para cada tiempo de fijación.

Control negativo

- ♦ Se colocan 200 μ L de Suero fetal Bovino a una concentración de (10 ug proteína/ 1mL), sobre la tira de ITLC en la marca de 3 cm.
- ♦ Dejar impregnar por tiempo t: $t_1= 20$ segundos; $t_2= 30$ minutos.
- ♦ Recubrir las tiras impregnadas de suero fetal bovino, con una solución de Seroalbúmina humana 5 % en salina y dejar por 2 minutos.
- ♦ Enjuagar las tiras, sumergiéndolas en un tubo conteniendo agua destilada, retirar utilizando una pinza y secar en estufa a 37°C.
- ♦ Una vez secas las tiras, colocar 10 μ L del anticuerpo marcado sobre la marca de 2 cm de la tira cromatográfica preparada.
- ♦ La corrida cromatográfica, se desarrolla en buffer fosfato salino 10 mM en etanol al 4%. hasta 9 cm desde la base.
- ♦ Secar las tiras, cortar por la mitad y contar en un contador gamma.
- ♦ Realizar el control por duplicado para cada tiempo de fijación
- ♦ La relación molar antígeno: anticuerpo se debe ser de 100:1. Para evitar la migración del anticuerpo en la cromatografía y dar resultados incorrectos.
- ♦ Cabe mencionar que durante todo el ensayo se trabajó en condiciones tales

que no se rompe la cadena de frío para la manipulación de antígeno.

2.4 % Fracción inmunoreactiva

La fracción inmunorreactiva (% FI) se determina utilizando la fórmula:

$$\% FI = (O/T)100 - \% UI$$

O: Actividad en el origen de la tira antígeno positivo.

T : Actividad total aplicada en la tira antígeno positivo.

%UI: Unión inespecífica: (Actividad en el origen/ Actividad Total)x 100, de la tira antígeno negativo.

3 RESULTADOS OBTENIDOS

Se obtuvo los siguientes resultados para un tiempo de fijación t = 20 segundos (tabla 1) y tiempo de fijación t = 30 minutos (tabla 2).

Tabla 1. Tiempo de Fijación 20 segundos.

ENSAYO	UNION INESPECÍFICA (%UI)	FRACCIÓN INMUNOREACTIV A (%FI)
1	4,82 ± 0,2	27,20 ± 1,32
2	4,22 ± 0,15	29,38 ± 1,23

Tabla 2. Tiempo de Fijación 30 minutos.

ENSAYO	UNION INESPECÍFICA (%UI)	FRACCIÓN INMUNOREACTIV A (%FI)
1	24,17 ± 1,3	82,67 ± 1,9
2	12,34 ± 1,01	73,97 ± 2,1

La Pureza radioquímica obtenida en los ensayos fueron mayores a 90 %.

Tabla 3. Pureza Radioquímica.

ENSAYO	PUREZA RADIOQUÍMICA (%)
1	95,75 ± 0,38
2	95,66 ± 2,4

Las siguientes gráficas muestran los resultados para tiempo de contacto t=20 segundos, Grafico N°1 y t=30 minutos, Grafico N°2. El gráfico N°3 nos muestra la comparación de los resultados para los tiempos de contacto ensayados.

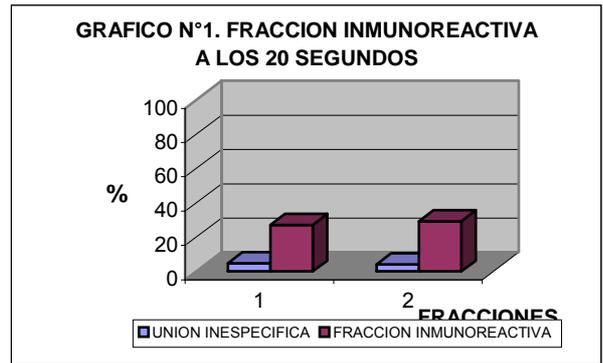


Gráfico 1. Tiempo de Fijación 20 segundos.

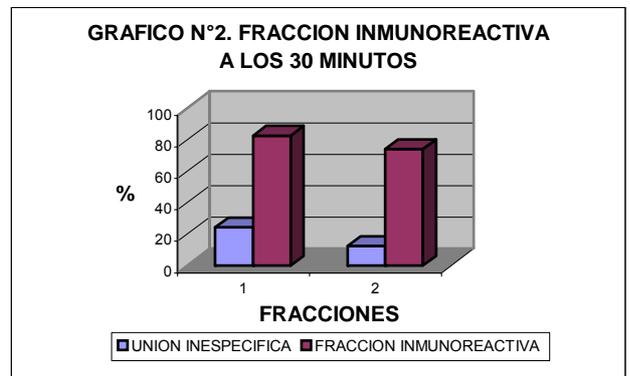


Gráfico 2. Tiempo de Fijación 30 minutos.

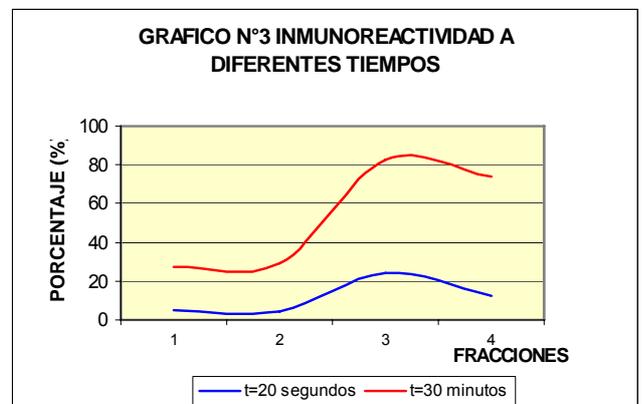


Gráfico 3. Comparación de Inmunoreactividad a Diferentes Tiempos de Fijación.

4 DISCUSIÓN

La fracción inmunoreactiva obtenida en las tiras de antígeno positivo, a un tiempo de contacto de 20 segundos, varía de 25 a 29 %, la unión inespecífica varía de 4,2 a 4,9 %. La fracción inmunoreactiva obtenida en las tiras de antígeno positivo, a un tiempo de contacto de 30 minutos, varía de 73% a 82 %, la unión inespecífica varía de 12 a 24 %.

En el gráfico 1 se aprecia claramente, que la unión del complejo antígeno-anticuerpo, es menor. En el gráfico 2 se observa, que la unión del complejo antígeno-anticuerpo marcado, es mayor para ese tiempo de fijación de 30 minutos.

En el gráfico 3 se aprecia la unión del complejo antígeno-anticuerpo, en los dos diferentes tiempos de fijación ensayados, se aprecia nuevamente que el tiempo de fijación de 30 minutos es el que da mayor % de U.E. Para los ensayos realizados, la pureza radioquímica siempre fue mayor del 95 %.

5 CONCLUSIONES

- ◆ Siguiendo el método descrito en la ref. (1) con un tiempo de fijación de 20 segundos los resultados han sido bajos, 22 a 27 % de Fracción inmunoreactiva.
- ◆ Optimizando el método descrito, con la variación de mayor tiempo de fijación del antígeno al soporte cromatográfico, de 30 minutos, se ha logrado un % entre 75 a 80 de Fracción inmunoreactiva.

- ◆ Queda pendiente analizar ensayos a diferentes tiempos para establecer el tiempo óptimo de fijación.

6 REFERENCIAS

- [1]. OIEA-IPEN. ARCAL LII (RLA/2/010) Curso Regional de capacitación sobre preparación y control de calidad de Radiofármacos basados en anticuerpos monoclonales, protocolo modelo proyecto. Febrero 2002. p. 22-23.
- [2]. Zamora PO, Ksass AS, Cardillo CR, Lambert P, Budd MJ, Rodhes BA. Affinity thin layer Chromatography test of the Immunoreactive Fraction of Radiolabeled Antibodies. *RhoMed*, Albuquerque, NM, USA. 16(18) 1994. p. 306-311.
- [3]. Abbas A, Lichtman A, Pober J. Editors. *Inmunología Celular y molecular*: Madrid: Mc Graw-Hill; 2002.
- [4]. Florentino S, Gutierrez MF, Rueda N, Rodríguez J. *La inmunología en el diagnóstico clínico*. Bogotá: Ed. CEJA; 1994.

Agradecimientos:

Al OIEA por facilitar los materiales y reactivos que ayudaron a realizar este trabajo dentro del marco de actividades del Proyecto Regional ARCAL LII. También un reconocimiento especial a la Dra. Guillermina Ferro por facilitar la información para llevar a buen término el presente trabajo.

SÍNTESIS DEL CLORHIDRATO DE LA 2- METILALILAMINA Y SU APLICACIÓN EN LA PREPARACIÓN DEL 2-METOXI-ISOBUTIL-ISONITRILO (MIBI)

Baquerizo E.⁽¹⁾; López J.⁽¹⁾; Robles A.⁽²⁾ arobles@ipen.gob.pe;
Ramos B.⁽²⁾ bramos@ipen.gob.pe; Castro M.⁽²⁾ mcastro@ipen.gob.pe

(1) Universidad Nacional Mayor de San Marcos / Lima, Perú
(2) Planta de Producción de Radioisótopos – IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

Se ha desarrollado un nuevo método de síntesis para la obtención del clorhidrato de la 2-metilalilamina, precursor del compuesto $\text{Cu}(\text{MIBI})_4\text{BF}_4$, el cual constituye el componente de formulación del MIOTEC. El MIBI-Tc 99m, es un agente de ayuda diagnóstica para la obtención de imágenes cardiacas.

El MIOTEC es un agente de radiodiagnóstico (A.R.D.), utilizado para estudios de perfusión del miocardio, el mismo que contiene como componente de su formulación al compuesto de coordinación $\text{Cu}(\text{MIBI})_4\text{BF}_4$.

La preparación de este compuesto se realizó en cinco etapas, a partir del clorhidrato de la 2-metilalilamina; debido a la carencia de ésta materia prima se tuvo que plantear diversos métodos de síntesis para su obtención. Una vez obtenida una cantidad suficiente de éste precursor se procedió con las cuatro etapas siguientes para la preparación del $\text{Cu}(\text{MIBI})_4\text{BF}_4$ de acuerdo al procedimiento de Chiotellis [2].

Las cinco etapas desarrolladas para la síntesis del $\text{Cu}(\text{MIBI})_4\text{BF}_4$ fueron:

ETAPA 1. Síntesis del clorhidrato de la 2-metilalilamina.

ETAPA 2. Preparación de la N-(2 – metilalil) - formamida.

ETAPA 3. Preparación del N - (2 – metoxi - isobutil) – formamida.

ETAPA 4. Preparación del 2-metoxi-isobutil-isonitrilo (MIBI).

ETAPA 5. Preparación del Tetrafluoroborato tetra (2-metoxi-isobutil-isonitrilo) – Cobre (I), $[\text{Cu}(\text{MIBI})_4]\text{BF}_4$.

La caracterización química del clorhidrato de la 2-metilalilamina y del $[\text{Cu}(\text{MIBI})_4]\text{BF}_4$ se realizó mediante la técnica de cromatografía

de gases con detección de masas (GC-MS) y espectroscopia infrarroja.

Comparando los espectros IR, los espectros de masas y los cromatogramas del clorhidrato de la 2-metilalilamina (Fig.1) sintetizado en el IPEN con respecto al estándar comercial observamos que los espectros y cromato-gramas son correspondientes; y el espectro IR del $[\text{Cu}(\text{MIBI})_4]\text{BF}_4$ sintetizado en el IPEN (Fig. 2), presenta los grupos funcionales característicos de este compuesto y es además correspondiente al estándar de Polonia.

Dada la correspondencia de los puntos de fusión, espectros IR, espectros de masas y cromatogramas de los productos obtenidos con respecto a los estándares, podemos decir que se encontró un nuevo método de síntesis para la obtención del clorhidrato de la 2-metilalilamina; y a partir de ella preparar el $[\text{Cu}(\text{MIBI})_4]\text{BF}_4$; asegurando así la continuidad de la producción del A.R.D. MIOTEC, para estudios de perfusión del miocardio en Medicina Nuclear.

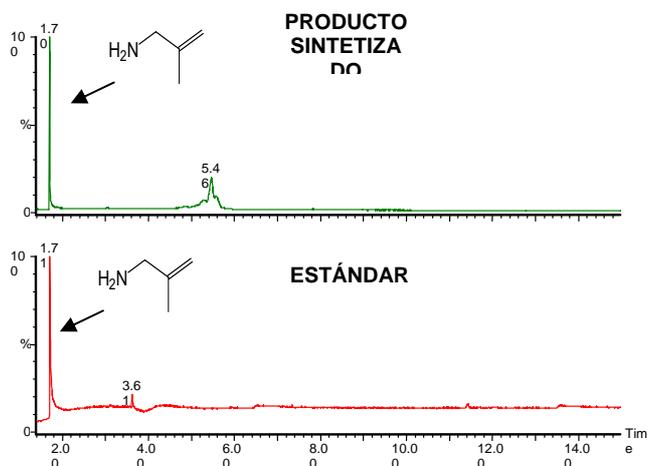


Figura 1. Cromatogramas de la 2-metilalilamina: Producto sintetizado en el IPEN y estándar.

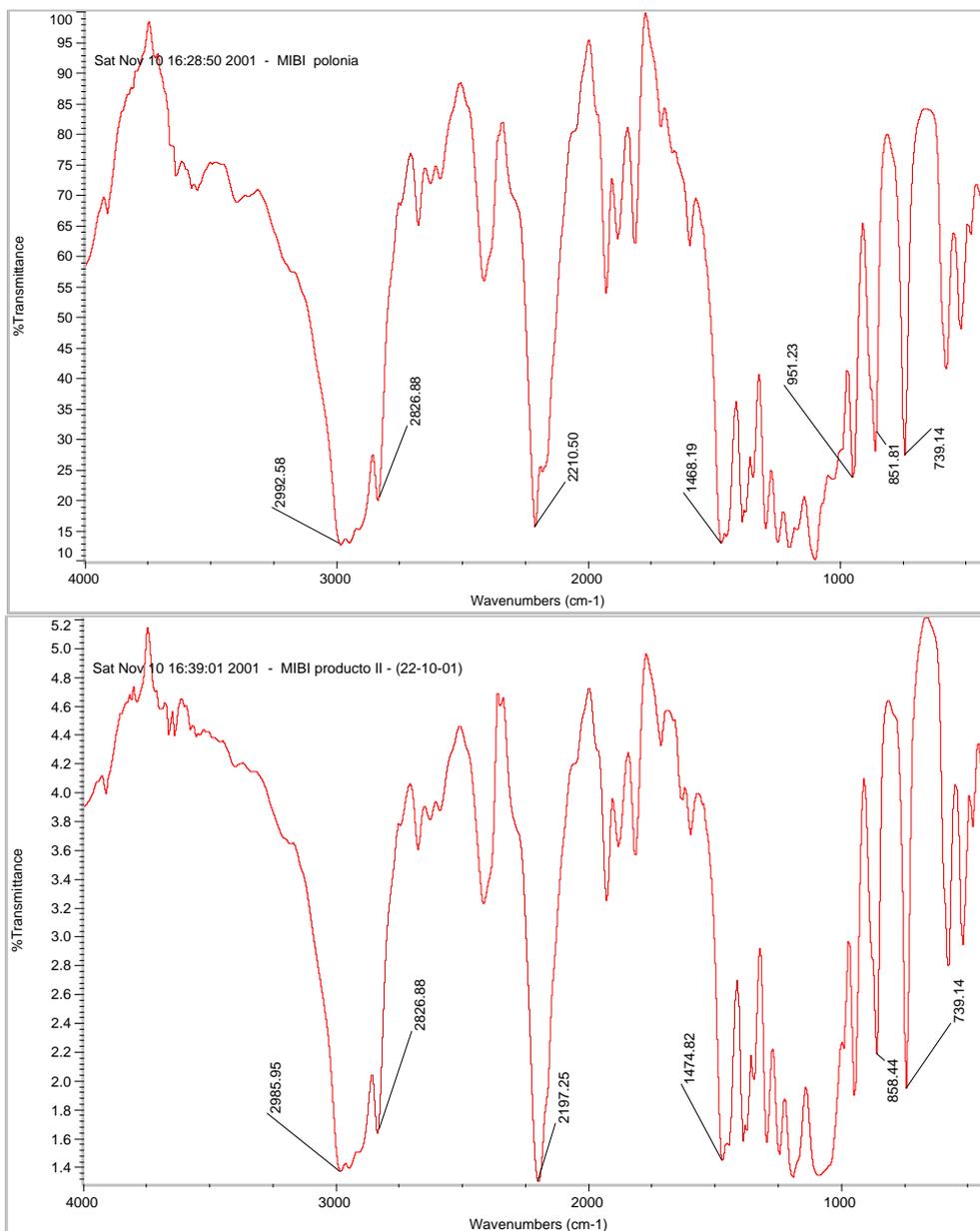


Figura 2. Espectros IR del MIBI: Estándar de Polonia y producto sintetizado.

BIBLIOGRAFÍA

[1]. Smolin E, Rapoport L. The Chemistry of Heterocyclic Compounds. New York; 1959.

[2]. Chiotellis E. Synthesis of 2- methoxy-isobutyl-isocyanide (MIBI) and its Cuprous Chelate. Greece.

FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN KIT LIOFILIZADO DE MACROAGREGADO DE ALBÚMINA, MARCADO CON ^{99m}Tc , PARA CENTELLOGRAFÍA PULMONAR

Petzoldt I. ipetzoldt@ipen.gob.pe; Otero M. motero@ipen.gob.pe;
Robles A. arobles@ipen.gob.pe; Agurto G. gagurto@ipen.gob.pe;
Caballero J. icaballero@ipen.gob.pe; Benites M. mбенites@ipen.gob.pe;
Morote M. mmorote@ipen.gob.pe

Planta de Producción – IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

Este trabajo muestra el desarrollo de un kit liofilizado de Macroagregado de Albúmina, para ser marcado con Tecnecio ^{99m}Tc y utilizado en centellografía de perfusión pulmonar.

El producto se obtuvo con un proceso controlado de desnaturalización de la albúmina con calor y agitación, seguido de un lavado para descartar las partículas muy pequeñas fuera del rango (de 10 a 90 μm) y congelamiento brusco con nitrógeno líquido, para evitar la precipitación de las partículas en suspensión antes de la liofilización. Se liofilizó por 25 horas de -32°C hasta 25°C .

Cuando el producto es marcado con tecnecio ^{99m}Tc presenta una pureza radioquímica $>97\%$ y distribución biológica en órgano crítico $>92\%$. El producto al ser controlado en tiempo real, presenta reproducibilidad de resultados en todos los ensayos y es estable por más de 18 meses. El kit una vez marcado en su forma ^{99m}Tc -MAA, presentó una adecuada perfusión pulmonar y ausencia de tecnecio libre en los estudios clínicos.

1 CONTENIDO

El Macroagregado de albúmina en suspensión es un producto que se producía en la Planta de Producción (PPR) hasta hace tres años, pero su estabilidad no superaba los seis meses, y en la macroagregación no siempre se obtenía el tamaño adecuado de partícula, por ser un proceso de desnaturalización mecánico, con temperatura y agitación. Se hicieron ensayos cambiando los tiempos y temperaturas de macroagregación (manteniendo la técnica de preparación) se obtuvieron buenos resultados en algunos ensayos, pero no eran reproducibles. Además de presentarse en ocasiones la marcación de un componente en el sobrenadante que en la distribución biológica aparecía en riñones.

Se realizan ensayos “lavando” el producto, para eliminar partículas muy pequeñas, restos

de albúmina no macroagregada que puedan estar en el sobrenadante. Se ensaya con el programa de liofilización establecido para los otros ARD, el cual da una adecuada matriz de

liofilización (foto 01) utilizando el congelamiento previo de los viales con nitrógeno líquido, para evitar la precipitación de los macroagregados en suspensión.

Se han realizado 17 ensayos del producto, de los cuales se han modificado los últimos seis con la siguiente

Técnica de Producción: Se utilizó albúmina, humana, acetato de sodio, tween 80 y $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, en solución a pH 5 desnaturalizado por calor y agitación en Baño María a una temperatura promedio de 85°C . La técnica de lavado consiste en permitir que precipiten las partículas, retirar el sobrenadante, y reemplazarlo por una solución de acetato de sodio.



Foto 01

Metodología de liofilización:

Congelamiento previo de los viales vacíos, dispensado de la suspensión y congelamiento inmediato con nitrógeno líquido. Estabilización de la temperatura de congelamiento dentro del liofilizador (1 hora) y secado por 25 horas de -32 a 25°C .

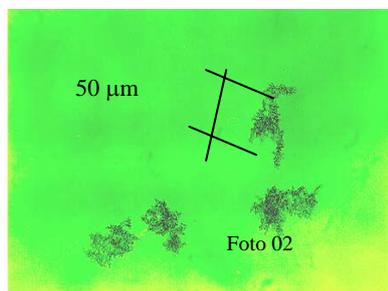
Metodología de marcación:

Reconstituir el producto con la actividad requerida de Pertecnetato de sodio en un volumen de 2 ml de suero fisiológico, agitar suavemente y dejar reaccionar por 30 minutos.

Control de calidad:

Se realizaron los siguientes controles: La PRQ por cromatografía papel Whatman # 1 / Metanol al 85%. Distribución Biológica en ratones sanos CFW, de 25 a 30 g. Tamaño de partícula .Humedad por pérdida de peso a 70°C por dos horas. Ensayo de soporte de actividad realizado a tres lotes con actividad máxima de

50 mCi, y estudios de estabilidad en tiempo real.



2 RESULTADOS

Se han obtenido resultados buenos y reproducibles: PRQ > 97%, Distribución biológica en órgano crítico > 92 % (Tabla 1).

- Tamaño de partícula promedio (foto 02), dentro del rango correcto (>90% entre 10-90 µm y ninguna mayor de 150 µm-USP 27) entre 10 y 90 µm: 95,28%.

-La humedad del liofilizado, en promedio es de 2.5% (dentro de los límites establecidos).

- Soporte de actividad en tres lotes, obteniéndose en promedio PRQ >96% y distribución biológica en pulmón > 89%. Con 50 mCi.

Los controles de estabilidad, a los 8 meses, se encuentran dentro de los límites establecidos, sin decaer la pureza (Tabla 2) ni la distribución biológica. Observándose una tendencia lineal a la estabilidad.

Los ensayos clínicos se realizaron en cuatro personas obteniéndose una adecuada visualización de los pulmones, con buena resolución. No presenta tecnecio libre hasta las dos horas desde la aplicación.

En los voluntarios sanos se apreció un adecuado pasaje de los macroagregados a la circulación de ambos pulmones y una distribución homogénea, sin defectos de perfusión.

3 CONCLUSIÓN

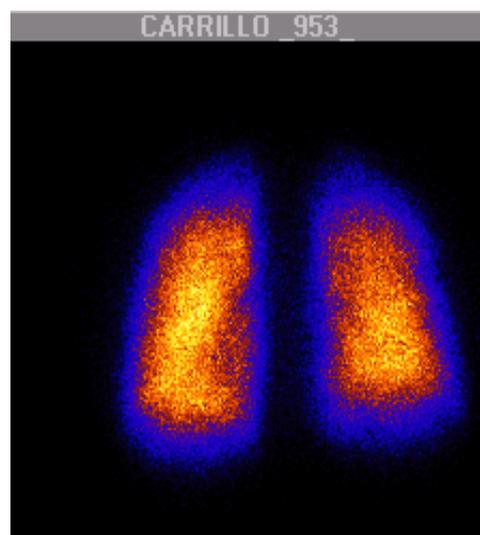
Tras los ensayos realizados, podemos concluir que logramos una metodología adecuada y reproducible, para la producción de un ARD liofilizado de MAA liofilizado, con buena

captación pulmonar en animales de experimentación, el mismo que ha alcanzado una estabilidad de -hasta el momento- 8 meses (almacenado a 4-8 °C) que se seguirá evaluando mes a mes. En la evaluación clínica realizada en voluntarios sanos se obtuvieron buenas imágenes de perfusión pulmonar con este radiofármaco.

Tenemos ahora un kit liofilizado que aventaja al kit en suspensión en estabilidad y no presenta problemas en el transporte.

4 AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del Lic. Marco Espinoza en la toma de fotografías microscópicas de las partículas, al Dr. Nelson Alvarado R., la Dra. Rosanna Morales y el Dr. Carlos Cruz por su apoyo en los estudios clínicos. A J. Ramos y a R. Koga por apoyar en los controles, a E. Aliaga por sus recomendaciones.



5 REFERENCIAS

- [1] International Atomic Energy Agency. Preparation of Kits for ^{99m}Tc radiopharmaceuticals. IAEA-TECDOC-649. Vienna: Austria; 1992.
- [2] USP 27, Año 2003 p. 1767-1768
- [3] Petzoldt I, Robles A, Cruz C. Macroagregado de albúmina en suspensión, mejoramiento del proceso de producción. ALASBIMN 1999.
- [4] CNEA, Entrenamiento 1989.
- [5] Pérez JL, et.al. Medicina Nuclear Clínica.

Tabla 1.

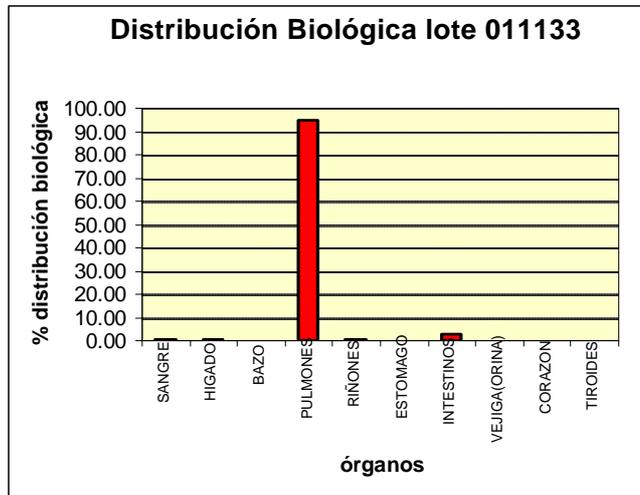
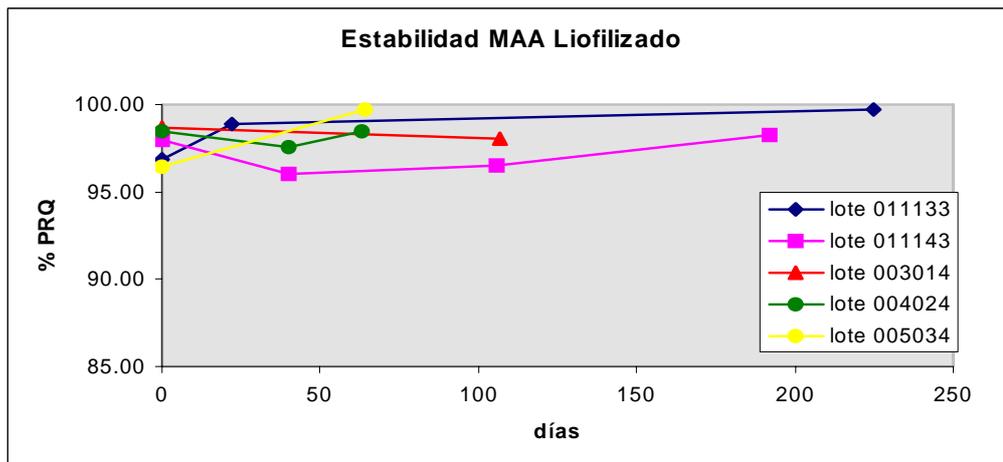


Tabla 2.



PRODUCCIÓN DE UN KIT DE ¹⁴C-ÚREA PARA LA DETECCIÓN DEL HELICOBACTER PILORI. REPORTE PRELIMINAR

Aliaga E.⁽¹⁾; Mendoza G.⁽²⁾; Martínez F.⁽²⁾; Santiago J.⁽³⁾; Robles A.⁽¹⁾; Huatay L.⁽¹⁾; Cavero, L.⁽¹⁾

(1) *Planta de Producción de Radioisótopos – IPEN / Lima - Perú*

(2) *Centro de Medicina Nuclear – IPEN / INEN / Lima - Perú*

(3) *Dirección General de Promoción y Desarrollo Tecnológico – IPEN / Lima – Perú*

RESUMEN

La detección de *H. pilori* se realiza en los hospitales mediante endoscopia, método invasivo y molesto para el paciente. El examen de aliento empleando urea marcada con ¹³C o ¹⁴C es un método no invasivo, sencillo, rápido y de elevada sensibilidad y especificidad, pero su elevado costo lo hace inaccesible a los pacientes de bajos recursos económicos. La masificación del examen de aliento facilitará el diagnóstico precoz del *H. pilori*, sobre todo la evaluación de la eficacia del tratamiento, lo que permitirá una disminución de la morbi-mortalidad y una mejora en la calidad de vida de la población afectada. Para hacer realidad esto se requiere disminuir el costo de los insumos (cápsulas de ¹⁴C-úrea y líquido capturador de CO₂) y facilitar las mediciones de ¹⁴C. En los laboratorios del IPEN se han elaborado la cápsula conteniendo 1 μCi de ¹⁴C-úrea y el líquido capturador de CO₂ con resultados similares al producto comercial, además de una llave de una sola vía que permita la obtención de la muestra de aliento en forma segura para el paciente.

1 INTRODUCCIÓN

El *H. pilori* es una bacteria que ha sido asociada a gastritis crónica, úlcera péptica, cáncer gástrico y linfoma gástrico (1,2,3,4,5,6,7,8,9). En el Perú, entre el 60 al 80% de la población está infectada con esta bacteria. La detección de *H. pilori* se realiza en los hospitales mediante endoscopia, método invasivo y molesto para el paciente. El examen de aliento empleando urea marcada con ¹³C o ¹⁴C es un método no invasivo, sencillo, rápido, de elevada sensibilidad y especificidad, pero su elevado costo lo hace inaccesible a los pacientes de bajos recursos económicos. La masificación del examen de aliento facilitará el diagnóstico precoz y adecuado del *H. pilori*, sobre todo la evaluación de la eficacia del tratamiento, permitiendo un tratamiento oportuno con una disminución en la morbi-mortalidad de la población y una mejora en

la calidad de vida de la misma. Para hacer realidad esto se requiere disminuir el costo de los insumos (cápsulas de ¹⁴C-úrea y líquido capturador de CO₂) y facilitar las mediciones de ¹⁴C, por ello en el IPEN se está elaborando un kit que consta de la cápsula de ¹⁴C-úrea, del vial con el líquido capturador de CO₂ y una llave de una sola vía.

En el presente trabajo se presentan los avances obtenidos en la producción del kit.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

La ¹⁴C-úrea fue adquirida de Moravek Biochemicals (MC 141, 55 mCi/mmol), la lactosa de Merck, el hidróxido de bencetonio de Sigma (B 2156) y se emplearon cápsulas de gelatina N° 2

2.1 Producción de la cápsula de ¹⁴C-úrea.

Se elaboraron cápsulas conteniendo cada una 1 μCi de ¹⁴C-úrea y lactosa como excipiente, en un recinto limpio para evitar la contaminación microbiana.

2.2 Producción del líquido capturador de CO₂.

Se elaboró una solución con la siguiente composición:

- Hidróxido de bencetonio 1M/metanol 1,0 mL
- Metanol 1,5 mL
- Solución alcohólica de timolftaleína 0,1 mL

El pH de la solución resultante fue de 12,3

2.3 Dispositivo de una sola vía.

Como el líquido capturador de CO₂ es cáustico, se requiere contar con un sistema de colección de la muestra de aliento que sea seguro para el paciente. Con este fin se diseñaron dos prototipos de llave de una sola vía.

3 RESULTADOS

1. *Evaluación de la cápsula producida en nuestro laboratorio:* se realizaron dos evaluaciones a una misma persona con un intervalo de 14 días, la primera evaluación se realizó empleando el producto comercial y en la segunda se empleó la cápsula elaborada en el IPEN, colectándose la muestra de aliento en el líquido capturador de CO₂ comercial. Un nivel de radiactividad inferior a 50 DPM es considerado como negativo, entre 50 y 200 DPM como indeterminado y mayor de 200 DPM como positivo. Los resultados son mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Evaluación de la cápsula.

		CÁPSULA COMERCIAL		
		P	N	I
CÁPS. IPEN	P	13		
	N		2	
	I			

2. *Evaluación del líquido capturador de CO₂:* se empleó cápsula de ¹⁴C-úrea comercial, la muestra de aliento fue colectada tanto en el líquido capturador de CO₂ comercial como en el producido en el IPEN. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 2. Evaluación del líquido capturador de CO₂

		LÍQUIDO COMERCIAL		
		P	N	I
LÍQ. IPEN	P	17		
	N		3	
	I			

3. *Evaluación del producto final:* se comparó el producto elaborado en el IPEN (cápsula y líquido capturador de CO₂) frente al comercial. Los resultados son mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Evaluación del producto del IPEN.

		PROD. COMERCIAL		
		P	N	I
PROD. IPEN	P	13		
	N		3	
	I			

4. *Evaluación del tiempo de colección de la muestra de aliento:* como el tiempo de eliminación del CO₂ en el aire espirado es variable en cada persona y en cada población se evaluó el nivel de ¹⁴C en el

aire espirado a diversos tiempos, en ocho voluntarios, los resultados son mostrados en la tabla 4.

Tabla 4. Medición del nivel de ¹⁴C en el aire espirado a diversos tiempos.

	8'	10'	12'	15'
M1	ND	37,4	58,4	69,4
M2	1420,4	1709,4	2328,4	2174,4
M3	90,4	332,4	1004,4	1343,4
M4	427,4	977,4	1888,4	1931,4
M5	105,4	274,4	312,4	390,4
M6	1820,4	1796,4	1614,4	1303,4
M7		1375,4	1836,4	
M8		480,4	878,4	

5. *Estudio clínico:* se está evaluando el kit producido en voluntarios a los cuales se les ha realizado previamente endoscopia y biopsia.
6. *Dispositivo de una sola vía:* los dos tipos de dispositivos elaborados cumplían con el requisito de dar seguridad al paciente al momento de la colección del aliento; sin embargo, el primer dispositivo al ser metálico resultó pesado, por lo que se elaboró un segundo dispositivo de acrílico, siendo éste más práctico.

4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La tabla 1 muestra que la información obtenida con las cápsulas elaboradas en nuestro laboratorio es similar a la obtenida con la cápsula comercial.

El líquido capturador de CO₂ elaborado en nuestro laboratorio da buenos resultados, aunque la cantidad de CO₂ capturado es ligeramente menor cuando se le compara con el comercial, se requiere un volumen de 3 mL para obtener un nivel de radiactividad similar al comercial. En los laboratorios de la PRDT del IPEN se está evaluando un líquido capturador de CO₂ alternativo.

Es importante definir el momento en que se debe coleccionar el aliento del paciente. La tabla 4 muestra que se requiere un tiempo mayor a los 10 minutos convencionales, obteniéndose mayores niveles de radiactividad entre los 12 a 15 minutos, por lo que el tiempo óptimo será estimado empleando una población mayor.

5 CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos hasta el momento señalan que con el producto elaborado en nuestro laboratorio, se pueden obtener resultados similares al producto comercial, por lo que es útil para su empleo en el diagnóstico de *Helicobacter pylori* mediante el test de aliento, lo que permitirá la masificación de esta prueba al poner al alcance de la comunidad médica un producto más económico.

En miras a una producción comercial se hace necesario la adquisición de una encapsuladora, una mezcladora, un rodillo de cepillos y una blístera.

6 REFERENCIAS

- [1] Blaser MJ. Epidemiology and pathophysiology of *Campylobacter pylori* infections. *Rev Infect Dis.* 1990; 12(suppl 1):99-106.
- [2] Peterson WL. *Helicobacter pylori* and peptic ulcer disease. *N Engl J Med.* 1991; 324:1043-1048.
- [3] Nomura A, Stemmermann GN, Chyou PH, et.al. *Helicobacter pylori* infection and gastric carcinoma among Japanese Americans in Hawaii. *N Engl J Med.* 1991; 325:1132-1136.
- [4] Parsonnet J, Friedman GD, Vandersteen DP, et.al. *Helicobacter pylori* infection and the risk of gastric carcinoma. *N Engl J Med.* 1991; 325:1127-1131.
- [5] Forman D, Newell DG, Fullerton F, Yarnell JW, Stacey AR, Wald N, Sitas F. Association between infection with *Helicobacter pylori* and risk of gastric cancer: evidence from a prospective investigation. *Br. Med. J.* 1991; 302:1302-1305.
- [6] Graham DY, Lew GM, Klein PD, Evans DG, Evans DJ, Saeed ZA, Malaty HM. Effect of treatment of *Helicobacter pylori* infection on the long-terminal recurrence of gastric or duodenal ulcer: a randomized, controlled study. *Ann. Intern. Med.* 1992; 116:705-708.
- [7] NIH Consensus Development Panel on *Helicobacter pylori* in Peptic Ulcer Disease. *Helicobacter pylori* in peptic ulcer disease. *JAMA.* 1994; 272: 65-69.
- [8] *Helicobacter pylori* infection and gastric carcinoma among Japanese Americans in Hawaii. *N. Engl. J. Med.* 325:1132-1136.
- [9] Parsonnet J, Friedman GD, Vandersteen DP, Chang Y, Vogelman JH, Orentreich N, Sibley RK. *Helicobacter pylori* infection and the risk of gastric carcinoma. *N. Engl. J. Med.* 1991; 325: 1127-1131.

MARCACIÓN DEL ANTICUERPO MONOCLONAL IOR-CEA1 CON ^{131}I POR EL MÉTODO DE LA CLORAMINA T, PARA EL DIAGNÓSTICO PRECOZ DE ENFERMEDADES NEOPLÁSICAS RELACIONADAS CON EL ADENOCARCINOMA EMBRIONARIO.

REPORTE PRELIMINAR

Koga R.⁽¹⁾ rkoga@ipen.gob.pe; Vásquez S.⁽²⁾ svasquez@ipen.gob.pe;
Otero M.⁽¹⁾ motero@ipen.gob.pe; Caballero J.⁽¹⁾ jcaballero@ipen.gob.pe;
Herrera J.⁽¹⁾ jherrera@ipen.gob.pe

(1) *Planta de Producción de Radioisótopos –PPR-RAIS – IPEN / Lima-Perú*

(2) *Dirección General de Promoción y Desarrollo Tecnológico-PRDT – IPEN / Lima-Perú*

RESUMEN

El Anticuerpo Monoclonal (AcMo) IOR-CEA1 es considerado como un marcador tumoral para cáncer al colón y recto principalmente. Con ayuda de las técnicas nucleares se ha logrado marcar el radioisótopo ^{131}I , que se produce en la Planta de Producción de Radioisótopos del IPEN. El AcMo IOR-CEA1 con el ^{131}I , fue marcado inicialmente según la técnica de la Cloramina T, descrita en la "Guía de radioiodonización de Amersham Life Science", donde no se obtuvieron resultados favorables y por esta razón se realizaron variantes, debido a que no se ligaba el anticuerpo con el ^{131}I , por lo que se modificó esta técnica aumentando el tiempo de incubación y concentración del agente oxidante (Cloramina T), lo que dio como resultado porcentaje promedio de pureza en radioquímica un porcentaje promedio (PQR) del $97,57\% \pm 1,53$, además se evaluó la estabilidad de la molécula teniendo como resultado que hasta el sexto día de la post-marcación presenta una PRQ >90%.

ABSTRACT

The Monoclonal antibody (AcMo) IOR-CEA1 is considered a tumor marker for colon and rectal cancer. With the aid of nuclear techniques it was to label with the radioisotope ^{131}I that is produced in the Plant of Production of Radioisotopes in IPEN. The monoclonal antibody according to the techniques of the Chloramine T, described in the 'Guide of radioiodonation of Amersham life'. We did not obtained a good result and for this reason we made modifications due to that the antibody with

the ^{131}I was tied, in this technique of the oxidant agent (Chloramine T), was incubated for more time and the concentration was increased too. Having as a result in the radiochemical purity (PQR) a percentage average of the $97,57\% \pm 1,53$; also the stability of the labelled molecule was evaluated having as a result that until the sixth day of the post-labelled we had a molecule with a PQR > 90%.

1 MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Anticuerpo monoclonal a utilizar

El Anticuerpo Monoclonal (AcMo) a utilizar en este trabajo de investigación es el IOR-CEA1, anticuerpo murino antígeno carcino embrionario; se caracteriza por tener una alta especificidad y sensibilidad en el seguimiento de pacientes con cáncer colorectal. Este reactivo es donado por el OIEA, a través del proyecto ARCAL LII del IPEN.

1.2. Método de marcación

Materiales:

Na^{131}I 100mCi/mL, para diluir se utiliza Buffer fosfato 0,25M pH=7,5; 2 mg/mL de Cloramina T, 2,4 mg/mL de L-Cysteina, 0,5 – 1,0 mg/mL de IOR-CEA1 todas los reactivos y se diluye con Buffer Fosfato 0,05M pH=7,5.

Método de marcación:

0,5-1,0mCi (5-10uL) de Na^{131}I , dispensado en un tubo de poliestireno, Agregue rápidamente a este tubo de poliestireno 50 a 100uL de una solución Buffer Fosfato

0,25M pH = 7,5. Se homogeniza con la ayuda de un vortex, luego se adiciona 10uL (5 a 10ug) de la solución del AcMo IOR-CEA1, luego agregar 25µL de Cloramina T e incubar por **60 segundos** y para detener la reacción de oxidación se le agrega 50uL L-cysteina.

Luego se toma toda la solución y se la vierte a una columna PD-10 (previamente ha sido lavada con una solución **Buffer Fosfato 0,05M**). Una vez colocada la solución dentro de la columna PD-10, se lleva a un calibrador y se mide la actividad (Actividad Inicial).

Luego se agrega una solución **buffer Fosfato 0,05M que contiene 2% de albúmina bovina**, y se colecta la muestra mililitro por mililitro, dentro de unos tubos de vidrio. Aproximadamente se colectan 20 muestras, cada tubo se lleva al calibrador, para poder ubicar la molécula marcada.

Luego se mide la actividad de la columna PD-10 para determinar el porcentaje de retención que hay en la columna.

1.3. Control de la pureza radioquímica

Tomar aproximadamente 0.1ml de la molécula marcada y colocarlo en una tira de papel Whatman nº1, previamente secadas en una estufa a 70°C por 30 minutos aproximadamente, adicionarle una gota de portador (NaI) a la tira de papel con la finalidad de tener una mejor separación y en una probeta de 500 mL. se coloca 100 mL de Metanol al 85% (Fase móvil), Se coloca la tira con la muestra sujeta con un gancho de jebe dentro de la probeta; dejando correr el solvente hasta alcanzar una altura adecuada (como mínimo 10 cm.)

Alcanzada la altura, sacar las tiras y colocarlas sobre papel absorbente y llevar a secar al horno entre 70 a 80 °C por un tiempo de 5 a 10 minutos, una vez secas las tiras, son llevadas a contar a un equipo contador de pozo.

Se procede a cortar con la ayuda de una tijera y una pinza, se coloca dentro de unos tubos de plásticos que a su vez estos tubos van dentro de un rak, colocarlo dentro del equipo contador automático Wizzard Wallac, que previamente está calibrado para contar I¹³¹.

CROMATOGRAFÍA ASCENDENTE

SOPORTE	Whatman nº1
SOLVENTE	Metanol 85%
Rf ¹³¹I-AcMo	1,0
Rf ¹³¹I	10,0

LA PUREZA RADIOQUÍMICA > 90%

2 RESULTADOS

En total se han realizado siete pruebas con esta metodología de marcación obteniendo un Porcentaje de Pureza radioquímica (PRQ) del **97,57%±1,53** (tabla nº1).

También se pudo observar que en el lote 5 hay un descenso considerable con respecto a la PRQ (94,75%), esto se debe a que la columna PD-10 utilizada para la purificación de Anticuerpo monoclonal (AcMo) marcado se había saturado de impurezas, por lo que se procedió a recuperar la columna utilizando una solución de NaOH 1,0M, agregando a la columna de dos a tres veces el volumen total de la columna y posteriormente enjuagar la columna con una solución de Buffer Fosfato 0,05M con un pH=7,5.

Con respecto a la estabilidad, mediante este procedimiento de marcación se pudo comprobar que el IOR-CEA1 marcado con el ¹³¹I se encuentra por encima del 90% hasta el sexto día de la post-marcación. (Tabla 2), esta molécula fue almacenada en refrigeración de 4 a 8°C en oscuridad.

Tabla 1. Resumen de las marcaciones del IOR-CEA1 con ¹³¹I

LOTE DE PRODUCCION	PRQ(%)
Lote nº1	97,16
Lote nº2	98,15
Lote nº3	98,06
Lote nº4	99,30
Lote nº5	94,75
Lote nº6	96,59
Lote nº7	98,76
PROMEDIO	97,54±1,53

Especificación de Pureza Radioquímica > 90%

Tabla 2. Resumen de los controles de estabilidad de IOR-CEA1 con ^{131}I

DÍAS	Prueba n°1	Prueba n°2	Prueba n°3	Promedio
Día 1	97,38	94,15	94,08	95,20%±1,89
Día 2	95,75	93,26	93,30	94,10%±1,43
Día 3	94,62	91,06	92,60	92,76%±1,79
Día 4	93,36	90,45	91,96	91,92%±1,46
Día 5	92,51	89,89	91,12	91,17%±1,31
Día 6	91,62	89,11	90,84	90,52%±1,28
Día 7	90,31	88,98	89,89	89,73%±0,68
Día 9	89,62	88,63	89,57	89,27%±0,56
Día 9	88,64	88,48	89,03	88,72%±0,28

3 CONCLUSIÓN

En forma preliminar se puede mencionar que se ha estandarizado la metodología de marcación del AcMo IOR-CEA1 con el ^{131}I por el método de la Cloramina T, con una buena estabilidad del producto, que permanece por encima de las especificaciones hasta el sexto día de la post-marcación.

Uno de los grandes problemas de trabajar con el ^{131}I se debe a que es un radioisótopo altamente energético y debido a esta energía, es que se desliga muy fácilmente cualquier proteína, produciendo radioiodonización; es por ello que con la ayuda de sustancias radioprotectoras, que en nuestro caso es la albúmina bovina al 2%; de esta manera se pudo mantener que la PRQ se mantenga por encima del 90% hasta el sexto día.

4 REFERENCIAS

- [1] Avila A, Zamorano R, Pimentel G. Obtención y purificación de fragmentos de un anticuerpo monoclonal contra el antígeno carcinoembrionario, IOR-CEA. Rev. Inst. Cancerol. 2000; 46(30): 152-159.
- [2] Colturato M, Muramoto E, Da Silva C, Araújo B. Labelling of vasoactive intestinal peptide (vip) with 131-iodine. Preliminary biological distribution studies in animal. Alasbim Journal 2003. En: <http://www.alasbimjournal.cl/alasbimn>
- [3] Guide radioiodination techniques. ^{125}I . (1993). Amersham Life Science: 59-61
- [4] Lavinas T, Da Silva C, Araujo E. Direct labeling of chemotactic peptide fornlefnleyk with radioiodine. Alasbim Journal. 2003; 5(20). En: <http://www.alasbimjournal.cl/alabimn>
- [5] Perera A, Perez C. Radiomarcaje de anticuerpos con Tecnesio 99m. Rev. Esp. Med. Nuclear. 1998;17: 302-309.
- [6] Pimentel G, López O, Quezada W, Sanchez O, Oliva J. Desarrollo del IOR-CEA1 como agente potencial para la terapia del cáncer colorectal. Abstracts XVI ALASBIMN Congress Nuclear Medicine; 1999. En: <http://alasbimjournal/congress>
- [7] Riva P, Paganelli G, Benini S, Moscatelli G, Tison V. The choice of the proper labeling isotope in defferent types of tumor: Experience in patients whit CEA expressing cancer using ^{131}I , ^{111}I and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ labeled monoclonal antibodies. Smicht;-H.A.E. Csernanay, L. Editors. New trend and possibilities in the nuclear medicine Stuttgart: Germany. Scahutter 870:560-565.

ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAMETILENDIFOSFONATO MARCADO CON LUTECIO-177 COMO UN POTENCIAL AGENTE PARA RADIOTERAPIA EN LESIONES ÓSEAS METASTÁSICAS.

Reporte Preliminar

Herrera J.⁽¹⁾ jherrera@ipen.gob.pe; Caballero J.⁽¹⁾ jcaballero@ipen.gob.pe;
Portilla A.⁽¹⁾ aportilla@ipen.gob.pe; Miranda J.⁽¹⁾ jmiranda@ipen.gob.pe;
Castro M.⁽¹⁾ mcastro@ipe.gob.pe; Soberón M.⁽²⁾; Benites M.⁽¹⁾ mбенites@ipen.gob.pe

(1) *Planta de Producción de Radioisótopos – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú*
(2) *Instituto de Bioquímica y Nutrición – Universidad Nacional Mayor de San Marcos /Lima, Perú*

RESUMEN

En 1997, la FAD aprobó el uso de ácido etilendiaminotetrametilendifosfonato (EDTMP) marcado con Samario-153 para el tratamiento paliativo de dolor óseo en pacientes con cáncer terminal. Este hecho representó un gran avance respecto al uso de la morfina y otras drogas paliativas del dolor. Actualmente, existen limitaciones para el uso masivo de este radiofármaco por su costo y período de semidesintegración relativamente corto ($t_{1/2} = 46,75$ h). Como una alternativa al Samario-53, se presenta al Lutecio-177 ($t_{1/2} = 6,7$ d) radioisótopo que tiene algunas propiedades físicas, químicas y nucleares similares y en algunos aspectos superiores a las del Samario-153; además, de su menor costo tratándose de Lutecio natural.

El Lutecio-177 se obtiene por irradiación de $\text{Lu}(\text{NO}_3)_3$ en el reactor RP-10. La molécula de EDTMP se marcó con Lutecio-177. Los ensayos previos de biodistribución del potencial agente radioterapéutico se realizaron en ratas Wistar, determinándose por técnicas nucleares, la fijación del agente en tejido óseo del modelo animal. Los resultados obtenidos en las pruebas iniciales de distribución biológica son alentadores, la fijación de EDTMP-Lu 177 en masa ósea tiene un valor de $31,82 \pm 2,97$ % de la dosis inyectada a la primera hora post-inyección.

1 OBJETIVO

Obtener el Ácido Etilendiaminotetrametilendifosfonato marcado con Lutecio 177 para ser utilizado como potencial agente radioterapéutico paliativo del dolor en lesiones óseas metastásicas.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Ácido

Etilendiaminotetrametilendifosfonato marcado con Lutecio 177

El Lutecio 177 se produce por irradiación con neutrones en el reactor RP-10 del Centro Nuclear RACSO. La actividad específica promedio es 35 mCi/mg (1,30 GBq/mg) de Lutecio. El Ácido Etilendiaminotetrametilendifosfonato (EDTMP) es marcado con Lutecio 177 por quelación. La pureza radioquímica se determinó por cromatografía en un sistema ITLC-SG / agua.

Modelos animales

Los modelos animales usados fueron ratas, cepa Wistar, machos, edad aproximada de 6 meses y peso promedio de $300 \text{ g} \pm 20$.

Los animales fueron sedados con pentobarbital antes de la administración de producto.

Distribución biológica

Se trabajó con 4 animales, a los que se les administró 0,1 mL de una solución estéril de EDTMP-Lu 177 por vena caudal a cada rata. La actividad inyectada es aproximadamente 100 μCi (3,7 MBq) por cada animal.

Las ratas fueron sacrificadas a dos tiempos diferentes: 1 y 24 horas post-inyección. Posteriormente se realizó la disección, extracción y pesado de los diferentes órganos.

Se realizó la medición de actividad de los órganos y la sangre en el contador gamma CAMBERRA con detector de NaI (TI) tipo pozo. Finalmente se determinó el porcentaje de dosis de inyección en cada órgano.

3 RESULTADOS

Marcación de EDTMP con Lutecio 177

Para la molécula marcada se han obtenido resultados de pureza radioquímica superiores a 97% .

Purificando pequeñas dosis de la solución que contiene a la molécula marcada, se ha obtenido purezas radioquímicas con valores superiores a 99%.

Distribución biológica

Se obtuvieron los siguientes resultados en el órgano de interés (masa ósea).

Tabla 1. % de Fijación de Dosis Inyectada/órgano (masa ósea) en ratas Wistar.

Rata	Tiempo de Sacrificio (horas)	% D. I. /órgano (masa ósea)	% Promedio, De
1	1	28.85	31.82 ± 2.97
2	1	34.79	
3	24	53.47	64.85 ± 11.38
4	24	76.23	

4 DISCUSIÓN

Es necesario disponer de Lutecio 177 de mayor actividad específica ya que existe competencia por la quelación entre el Lutecio inactivo y el Lutecio 177, el mismo fenómeno de competencia se presenta al ingresar la molécula marcada a un sistema biológico.

La obtención de la molécula marcada con pureza radioquímica superior a 99 % por marcación directa y sin necesidad de purificación es importante, ya que por las altas actividades involucradas para su producción como agente radioterapéutico es poco viable trabajar con productos purificados por cromatografía en columna.

Los resultados obtenidos en la prueba piloto de distribución biológica son alentadores, la fijación de EDTMP-Lu 177 en masa ósea supera los valores de 30 % de la dosis inyectada/órgano (masa ósea), después de una hora de la administración en el animal sano.

5 REFERENCIAS

- [1] Plahuta JM. The Use of Radioisotopes for Treatment of Pain Resulting from Cancer Metastatic to Bone. Associated Western Universities, NW, Inc. Student Fellow Isotope Program Office, Westinghouse Hanford Company, 1995.
- [2] Courvin LA, Lattimer JC, et.al. Clinical and Clinicopathologic Effects of Samarium-153-EDTMP Administered Intravenously to Normal Beagle Dogs. J. Nucl. Med. 1990; 31(5): 586-593.
- [3] Mirzadeh S, Knapp F. Reactor Production of Lutetium-177 an Attractive Radioisotope for Cancer Therapy. J. Nucl. Med. 1996; 37(5): 167.
- [4] Ruddy Sola GA, Bottazzini DL, Argüelles MG, Furnari JC, Vera Ruiz H. Lutetium-177EDTMP for Bone Palliation Preparation and Biodistribution. Short Communication. Eur. J. Nucl. Med. 1998; 25:8 OS 386.
- [5] Muller WA, Schaffer EH. Organ Distribution Studies of Lutetium in mouse. J. Nucl. Med. & Biol. 1978; 5: 29-31.
- [6] Serafín A. Therapy of Metastatic Bone Pain. J. Nuc. Med. 2001; 42(6).
- [7] International Atomic Energy Agency. Manual for reactor produced radioisotopes. IAEA-TECDOC-1340. Vienna: Austria; 2003.
- [8] International Atomic Energy Agency. Labelling techniques of biomolecules for targeted radiotherapy. Vienna: Austria; 2003.

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL ANTI-CEA LIOFILIZADO PARA SER MARCADO CON TECNECIO-99m OBTENIDO POR EXTRACCIÓN, COMPLEMENTADO CON EVALUACIONES RADIOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD

Robles A. arobles@ipen.gob.pe; Agurto G. agurto@ipen.gob.pe; Petzoldt I. ipetzoldt@ipen.gob.pe; Ramírez J. jramirez@ipen.gob.pe; Ramos B. bramos@ipen.gob.pe

Planta de Producción de Radioisótopos –RAIS-IPEN / Lima – Perú

ABSTRACT

The world experience shows that the technetium obtained by extraction not always shows satisfactory results for that reason we recommend to use a generator of absorption. For it we have optimized the production of anti-CEA that understands three stages: reduction, purification and formulation. The reduction of the antibody was reduced by 2-ME, we tested two relations AcMo:2ME of 1:1000 and 1:2000; the purification was done in column PD 10 and column of sephadex G25, and two formulations were tested done using a ligand MDP, as antibody ior-CEA1 and stannous fluoride anhydrous, the modifications done to the ligand and to MoAb (1 to 1,2 mg for vial) and the process of lyophilization was optimized. The labeling of MoAb was done with Tc-99m obtained by extraction by MEC, of high radiochemical purity (> 99 %) and high radionuclide purity (> 99,98%). The radiochemical evaluation is done by chromatography in thin layer, as the literature reports, to 30 minutes of labelling until 4 hours, there have been done tests of support of activity and volume, challenger cysteine, essays of immunoreactivity and it was complemented with studies of stability on real time to 4 experimental lots. We have concluded that the process of production is ideal, in 9 experimental lots, obtaining radiochemical purity major of 95 % with stability on real time 12 months with a major PRQ of 90 %.

RESUMEN

La experiencia mundial muestra que el tecnecio obtenido por extracción no siempre muestra resultados satisfactorios por lo que se recomienda utilizar un generador de absorción. Por ello hemos optimizado la producción del anti-CEA (*) que comprende tres etapas: reducción, purificación y formulación. La reducción del anticuerpo fue 2-ME, se ensayaron dos relaciones AcMo:2ME de 1:1000 y 1:2000, la

purificación fue realizada en columna PD 10 y columna de sephadex G25, y se ensayaron dos formulaciones usando como ligante MDP, como anticuerpo el ior-CEA1 y floruro estañoso anhidro, las modificaciones fueron realizadas al ligante y al AcMo (1 a 1,2 mg por vial) y el proceso de liofilización fue optimizado. La marcación del AcMo se realizó con Tc-99m, obtenido por extracción con MEC, de alta pureza radioquímica (>99%) y pureza radionucleídica (>99,98%).

La evaluación radioquímica se realiza por cromatografía en capa fina, según reporta la literatura; a los 30 minutos de marcación hasta las 4 horas, se han realizado pruebas de soporte de actividad y volumen, desafío con cisteína, ensayos de inmunoreactividad y se ha complementado con estudios de estabilidad a tiempo real a 4 lotes experimentales. Se ha concluido que el proceso de producción es óptimo, en 9 lotes experimentales producidos, obteniendo una pureza radioquímica mayor del 95% con una estabilidad a tiempo real hasta de 12 meses con una PRQ mayor del 90%, la evaluación radioquímica y estabilidad continúan.

(*) El anti-CEA – ^{99m}Tc, es utilizado para el diagnóstico precoz de cáncer colon-rectal por inmunogammagrafía, en los servicios de medicina nuclear. Trabajo desarrollado dentro del marco de actividades del Proyecto ARCAL LII.

REFERENCIAS

- [1] OIEA-IPEN. Protocolo modelo para la preparación, control de calidad de radiofármacos basados en anticuerpos monoclonales. Proyecto ARCAL LII, 2002.
- [2] De Geus B, Hendriksen CFM. In vivo and in vitro production of monoclonal antibodies: current possibilities and future perspectives. Res Immunol. 1998; 149: 533-620.

INFLUENCIA DEL ESTADO NUTRICIONAL EN LA BIODISTRIBUCIÓN DEL MERTIATIDA-^{99m}Tc EN RATAS.

Reporte Preliminar

Ramirez J.⁽¹⁾ jramirez@ipen.gob.pe; Arnao I.⁽²⁾; Manuel O.⁽¹⁾ motero@ipen.gob.pe;
Caballero J.⁽¹⁾ jcaballero@ipen.gob.pe; Ayala M.⁽³⁾; Bazán H.⁽³⁾

(1) Dirección General de Radioisótopos – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú
(2) Instituto de Bioquímica y Nutrición – Universidad Nacional Mayor de San Marcos / Lima, Perú
(3) Planta de Alimentos / Bioterio - Facultad de Zootecnia / Nutrición – UNALM / Lima, Perú

RESUMEN

El presente trabajo plantea el estudio de la influencia del estado nutricional en el diagnóstico por imágenes en los exámenes de medicina nuclear. Las condiciones que cambian la biodistribución de los radiofármacos pueden producir interpretaciones erróneas, debido a una visualización pobre del órgano o a resultados falsos positivos.

Se usó ratas *Holtzman* divididas en tres grupos, sometidas a tratamientos dietéticos isocalóricos hipoproteicos. El estado nutricional se evaluó por comparación de pesos, determinación en suero de albúmina y proteínas totales y recuento de linfocitos totales.

Después del período de estudio (21 días) se administró a los modelos animales mertiatida-^{99m}Tc por vía endovenosa y se realizó los estudios de biodistribución en los diferentes órganos y para los diferentes grupos de estudio.

1 OBJETIVO

Evaluar si el estado nutricional influye o no en la captación de un radiofármaco (Mertiatida-^{99m}Tc) en ratas sometidas a dietas isocalóricas hipoproteicas.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Mertiatida-^{99m}Tc

El mertiatida fue marcado con Tecnecio 99m. Se realizaron los controles de pH de marcación y pureza radioquímica la cual se determinó en el siguiente sistema cromatográfico: Whatman 3 / Acetonitrilo 60 % utilizándose el contador gamma Wizard Wallac 1480.

Dietas isocalóricas hipoproteicas

Se elaboraron tres tipos de dietas isocalóricas diferenciándose en el contenido proteico 17% (Grupo 1); 8,5% (Grupo 2) y 3% (Grupo 3), a las muestras de cada dieta se le realizó el análisis proximal.

Modelos animales

Ratas cepa Holtzman-USA, machos de 8 semanas de edad y peso promedio de 250 gramos. Se usó dos modelos por cada grupo.

Distribución biológica

Posttratamiento de los animales, se les administró 0,1 ml del mertiatida-^{99m}Tc vía endovenosa, una actividad aproximada de 10 μ Ci (0,37 MBq).

Cada rata fue sacrificada a los 60 minutos post-inyección. Luego se realizó las disecciones, extrayéndose y pesándose la sangre y los órganos. Las mediciones radiactivas se realizaron en un contador gamma CANBERRA con detector de NaI (TI) tipo pozo. Finalmente se determinó el porcentaje de dosis de inyección / órgano por el estándar externo.

3 RESULTADOS

Marcación de Mertiatida con Tecnecio 99m

Para la molécula marcada se obtuvo un pH de marcación de 5,5 y 96,07 \pm 0,02 % de pureza radioquímica.

Estado nutricional

En los Grupos 1 y 2 se reportaron una ganancia de peso del 30% y 12% respectivamente, frente a una pérdida de peso del 20% en el Grupo 3 comparados con los pesos iniciales.

Los valores de albúmina en suero [g/dL] fueron de $4,88 \pm 0,30$; $4,61 \pm 0,39$ y $3,65 \pm 0,13$ en los grupos 1, 2 y 3 respectivamente.

Distribución biológica

Tabla 1. % de Distribución de Dosis Inyectada/ Órgano.

% D.I. / Org	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	Rata 1	Rata 2	Rata 3	Rata 4	Rata 5	Rata 6
Sangre	0.54	0.86	0.88	0.86	1.18	4.74
Riñones	1.66	1.3	1.64	1.88	2.63	53.49
Estómago	0.88	0.11	0.11	0.13	0.23	0.1
Intestinos d.	10.75	11.95	12.82	15.26	9.28	18.51
Intestino g.	0.09	0.08	0.06	0.09	0.17	0.51

4 DISCUSIÓN

Se presentaron diferencias en los resultados de distribución biológica en excreción en el órgano crítico, por lo que se continuarán estudios para concluir esta parte de la investigación.

No se detectaron diferencias entre los grupos 1 y 2 por lo cual se debe completar los análisis de los parámetros bioquímicos para verificar si el tratamiento dietético causó variaciones en los mismos.

5 RECOMENDACIONES

Para el estudio con el radiofármaco restringir solamente la dieta sólida.

6 REFERENCIAS

- [1] Gaspar Egberto. Importance of the Nutritional Status for the Interpretation of Nuclear Medicine Examinations. 2002.
- [2] Manuel Gea Gonzales M. Efecto de la desnutrición en la anastomosis colónica de la rata. Revista Cirujano General. 2001; 23(2).
- [3] National Academy of Sciences. Nutrient Requirements of the Laboratory Rat. 1995.
- [4] Theresa Lee. Can I Make My Own Rat/Mouse Diet? From the [RMCA](#) web site, June 2002.
- [5] Clinical Laboratory Parameters for the Crl:CD (SD) BR Rats.
- [6] Aspectos bioquímicos de la recuperación de ratones Balb/c malnutridos con un hidrolizado proteico de Chlorella vulgaris.

V. Aplicaciones en la Industria

PROTOTIPO DE UNA NARIZ ELECTRÓNICA

Rojas M.⁽²⁾ c20011121@alumnos.uni.edu.pe; Comina G.⁽²⁾ gcomina@uni.edu.pe;
Solís J.^(1,2) jsolis@uni.edu.pe

(1) Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

(2) Facultad de Ciencias – Universidad Nacional de Ingeniería / Lima, Perú

RESUMEN

Se desarrolló una nariz electrónica para la diferenciación automática de diferentes muestras a través del olor. Se utilizó un arreglo de sensores de gas con diferentes características y se implementó el sistema de adquisición de datos y el tratamiento de los mismos. Se utilizó un programa comercial (Scirius 6.5) para el análisis multivariacional de los datos y gráfica de los mismos. El prototipo fue probado utilizando pisco de diferentes fabricantes, logrando diferenciar los diferentes piscos. Adicionalmente, la nariz se probó con diferentes muestras de jabón de tocador, té, tabaco, jugo, y café.

ABSTRACT

An electronic nose was developed for an automatic differentiation of different sample through odour. An array of non-specific gas sensors and a data acquisition and analysis treatment were implemented. A commercial program (Scirius 6.5) for Principal Component Analysis (PCA) was used. The electronic nose was tested with pisco from different producers and could be possible to differentiate them. Additionally, the e-nose was tested with different soap, tee, juice and coffee samples.

1 INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos necesita tener un control de calidad bastante estricto dentro de su proceso de producción. La determinación de olores y sabores es muy importante en esta industria porque eso es la clave de la aceptación del producto por el cliente. Mediante el olor o sabor uno puede decir si el producto es el mismo o se ha producido alguna modificación, por ejemplo por el olor uno puede determinar si el pescado que compra en el mercado está fresco, o con el sabor uno puede saber si el vino es de buena cosecha.

Se puede realizar este control utilizando un panel de personas muy sensibles, pero como

es un trabajo rutinario las personas al fatigarse pueden cometer errores. Para el caso específico del vino estas personas se conocen como catadores o enólogos. Estas personas entrenan a su nariz y lengua para poder discriminar las calidades de los vinos. Algunos estimados sugieren que podemos distinguir alrededor de 10 000 diferentes olores. También se pueden usar técnicas analíticas como cromatografía líquida o de gases, estas técnicas son precisas y objetivas pero sólo en determinadas partes del olor o sabor las cuales no son las partes más importantes para los sentidos del ser humano.

La nariz y lengua humana consta de una gran cantidad de células olfativas y del gusto que están en el epitelio olfativo y diseminado por la lengua, respectivamente. Lo que uno toma o huele estimula estas células que envían información a través de las neuronas al cerebro que compara con patrones almacenados y se reconoce el sabor o aroma. Imitando los sistemas biológicos, se han desarrollado narices electrónicas como se observa en la Figura 1.

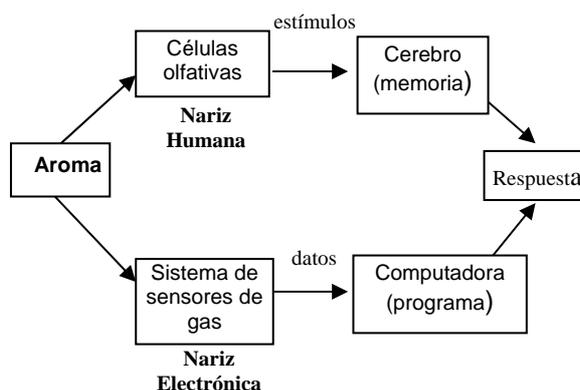


Figura 1. Esquema de una nariz humana y electrónica.

Los sensores de gas de estado sólido están basados en óxidos semiconductores cuya resistencia cambia cuando la concentración de gases en el medio ambiente cambia [1]. Estos sensores no son específicos sino que pueden detectar varios gases simultáneamente sin discriminarlos, sin

embargo tienen una mayor sensibilidad para ciertos gases. Existen sensores comerciales para diferentes gases como el CO, H₂S, alcohol, NO_x, propano, etc. Si tenemos una matriz con diferentes sensores de gas, un sistema de adquisición de datos y una herramienta matemática de reconocimiento en una computadora, este sistema se conoce como nariz electrónica [2,3]. Esta nariz electrónica es similar al sistema olfativo humano (Figura 1). En la nariz electrónica, la computadora colecta y analiza los datos, mientras que la nariz del ser humano esta controlada por el cerebro. Actualmente se esta investigando la forma de reducir la cantidad de sensores en la matriz, llegando incluso a utilizar un solo sensor [4].

Una nariz electrónica puede ser aplicado en los campos de la industria de alimentos, control ambiental, y diagnóstico médico. Las narices electrónicas pueden detectar la frescura de alimentos y bebidas, o pueden ser usados en control de calidad de papeles o producción de cosméticos. También puede ser utilizado para monitorear la calidad del aire, para identificar olores domésticos y revelar emisiones desagradables. Las aplicaciones potenciales de las narices electrónicas en el campo de la industria de alimentos son enormes; por ejemplo inspección de alimentos, inspección del pescado, control de fermentación, inspección de contenedores de líquidos, control automático de sabor, etc [5-9].

2 DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE LA NARIZ ELECTRONICA

En la Figura 2 se muestra el esquema de la nariz electrónica desarrollada.

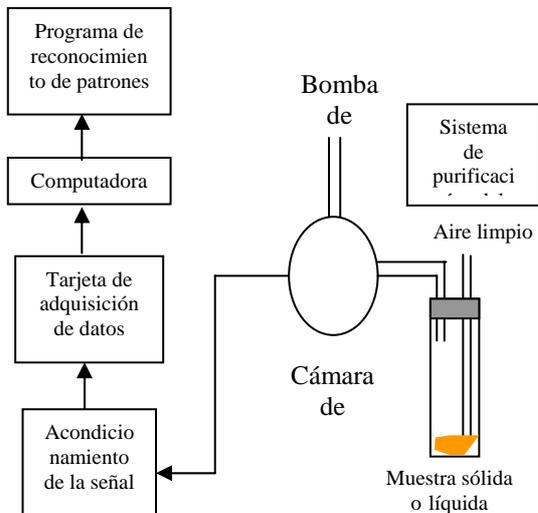


Figura 2. Esquema de la nariz electrónica desarrollada.

2.1 Cámara de medida

La campana de medida diseñada esta hecha en acero inoxidable, con una entrada para el gas y una salida. La Figura 3 muestra el corte transversal de la cámara diseñada donde las flechas indican el recorrido del gas, el diseño se hizo tomando en cuenta que el gas interacciona de una manera uniforme con los sensores de gas, para lo cual se hizo agujeros justo debajo de cada sensor. Para que el gas ingrese a la cámara se usa una bomba de vacío, la cual reduce la presión dentro de la campana, haciendo que el vapor a analizar ingrese a la misma. Dentro de la cámara se puede tener hasta 6 sensores de gas.

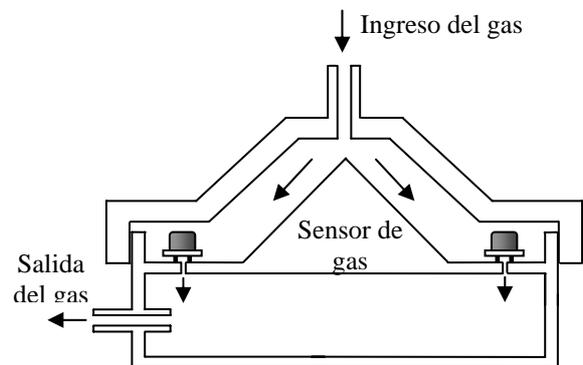


Figura 3. Vista del corte transversal de la cámara de medida.

2.2 Sistema de purificación del aire

Para tener resultados reproducibles es necesario utilizar un aire limpio. Esto se logro utilizando una trampa para gas con una solución de CaCO₃ en agua, debido a que tiene propiedades de retención de gases. Adicionalmente se hizo pasar el aire por carbón activado. El aire purificado ingresa a otra trampa de gas que contiene la muestra, este aire limpio luego se combina con vapores de la muestra para finalmente ingresar a la cámara de medida, donde se encuentran los sensores.

Además de este sistema de purificación, se cuenta con elementos para mantener la cámara limpia, pues se observo algunos inconvenientes al repetir los experimentos, principalmente influenciados por la contaminación de la cámara. Por esta razón se aplica corrientes de aire caliente, para garantizar la limpieza de la campana, además de un filtro de carbón activado, dentro de la cámara.

2.3 Sistema de Adquisición y Acondicionamiento de Señal

Se utilizaron sensores de gas de la serie TGS 800 de Figaro Inc. [10]. Estos sensores no son específicos ya que responde a varios gases en mayor o menor proporción. Estos sensores de gas están compuestos de un calentador interno, alambre de Pt, que sirve para elevar la temperatura del semiconductor que sirve para facilitar la interacción entre el gas y el semiconductor. La temperatura típica de operación de estos sensores es 400 °C y el semiconductor sensible es generalmente el SnO₂.

En la Figura 4 se tiene el esquema de conexiones de un sensor de gas típico [10], donde V_H es el voltaje para el calentador y V_C es un voltaje constante que se aplica entre la resistencia la resistencia del semiconductor sensible a los gases y una resistencia constante R_L , la variación de la resistencia del sensor se vera reflejada en el voltaje V_{RL} . Dentro de la cámara se pueden colocar 6 sensores de gas de diferente características. Para la operación de cada sensor se necesita dos voltajes uno para el calentador y otro para la medida.

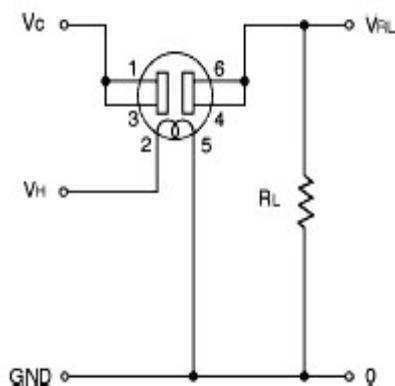


Figura 4. Diagrama básico par el funcionamiento del sensor de gas [10].

La tarjeta de adquisición utilizada fue una tarjeta de National Instruments, modelo PCI-6023E de 12 bits con 16 entradas analógicas, 2 contadores de 24 bits y un puerto bidireccional digital de 8 bits. La velocidad de adquisición puede ser de hasta 200 kS/s. Se diseño un circuito que genere voltajes independientes para el calentador de cada sensor, para lo cual se diseño un circuito que genere 6 señales analógicas a partir del puerto digital de la tarjeta de adquisición, pero al contar con solo un puerto, se multiplexó la salida del puerto

digital, usando el puerto paralelo de la PC y los IC 74ls245, intercambiando la señal del puerto digital para llevarla a cada uno de los conversores digital analógico.

La variación de la resistencia de los sensores se detecto utilizando una resistencia constante en serie R_L y midiendo la caída de potencial sobre la misma. La respuesta de los sensores, se midieron utilizando las entradas analógicas de la PCI-6023E, al mismo tiempo que se realiza el envío de datos a los sensores.

Aunque el hardware este diseñado para trabajar con voltajes variables para cada sensor, para la primera parte de nuestra investigación, solo se usaron voltajes constantes.

Para el prototipo se utilizaron 4 sensores de gas, a continuación damos las especificaciones de los mismos:

Sensores de gas marca Figaro Inc.:

- TGS 813: Sensor de Gases Combustibles
- TGS 822: Sensor de Solventes Orgánicos

Sensores de gas marca Sensera:

- HS 130AS: Sensor de Alcohol
- HS 131: Sensor de Hidrocarburos

2.4 Programas de Adquisición y Ordenamiento de Datos

El programa de adquisición y control ha sido realizado íntegramente en LabVIEW6i. Para la adquisición de las respuestas de los sensores, y el envío de datos por el puerto digital de la tarjeta se aprovecha la fácil comunicación del Labview6i con la tarjeta de adquisición PCI-6023E. El programa puede generar voltajes analógicos constantes o periódicos para el calentador de cada sensor, y almacena la diferencia de potencial en cada resistencia que esta en serie con determinado sensor de gas en función del tiempo de medida. El programa guarda los datos en un archivo, para su posterior ordenamiento en una matriz para el posterior análisis multivariado.

Se tiene que cada sensor se puede controlar independientemente y tiene una pantalla donde se grafica la variación del voltaje en la resistencia de medida en función del tiempo en tiempo real. Los sensores de gas normalmente funcionan a una temperatura

constante, pero si su temperatura varia cíclicamente se puede tener mayor información y se puede discriminar algunos gases usando solo un sensor de gas [4]. En el presente trabajo se utilizó el sistema dinámico pero no periódico sino simultáneamente a que el vapor ingresa a la cámara de medida se calentó el sensor.

2.5 Software de Analisis Multivariacional

El análisis de los datos que se integra a una nariz electrónica tiene su origen en la química analítica [11]. Debido a que es necesario comprimir y extraer toda información relevante del voluminoso conjunto de datos obtenidos, ya que en muchas ocasiones la información esencial no depende de variables aisladas sino de la interrelación entre las mismas. La técnica de análisis de componentes principales (PCA; siglas en ingles) es un método estadístico clásico. Este algoritmo cae dentro de las técnicas denominadas reconocimiento de patrones o técnicas de inteligencia artificial y permite reducir, representar y extraer información relevante al mismo tiempo [12]. El PCA es un procedimiento matemático que transforma un gran número de variables que posiblemente estén correlacionados en un número pequeño de variables no correlacionadas llamadas componentes principales. El algoritmo PCA suele ser clasificado como un método no supervisado de reconocimiento de patrones, ya que su uso más extendido con las narices electrónicas se limita a representar bidimensionalmente un conjunto de medidas para ver si se pueden formar agrupaciones ("clusters") espontáneas entre las diferentes medidas realizadas [13]. El primer componente principal toma en cuenta la máxima variabilidad en los datos, y las siguientes componentes toman en cuenta la máxima variabilidad posible remanente.

Para aplicar el PCA, se parte de un conjunto de datos compuestos, en una estructura matricial (la generada en el ordenamiento de datos) con m filas y n columnas, suponiendo que se han realizado m experimentos y se obtuvieron n variables para cada uno. Cada fila corresponde a la descripción completa de cada experimento, es decir la señal de cada sensor uno tras otro, el orden de los datos de los sensores será el mismo para cada experimento.

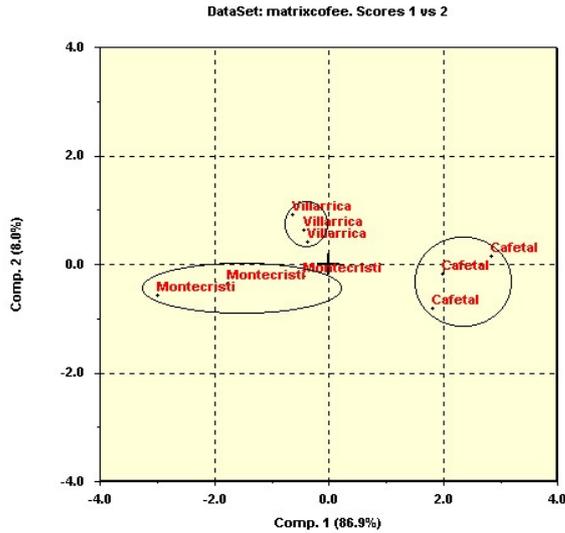
Consideramos que cada experimento o fila es un vector que pertenece a un espacio

vectorial de dimensión n expresado en base canónica. Cada coordenada esta asociada directamente a una de las variables descriptivas que proporciona la toma de datos. El análisis de componentes principales es un cambio de base, pasando de la base canónica a una nueva base formada por los autovectores de la matriz de covarianza de datos. El resultado de este análisis es una grafica en dos dimensiones que muchos le llaman grafico de "score". Después de tener la matriz de datos ordenada se utilizo el programa Scirius 6.5 para el análisis PCA.

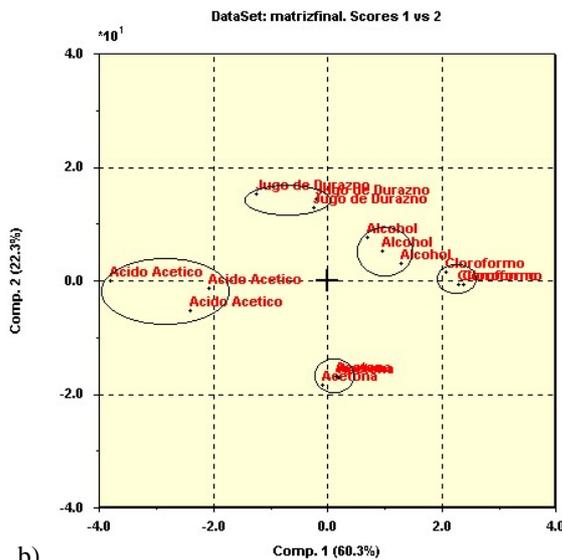
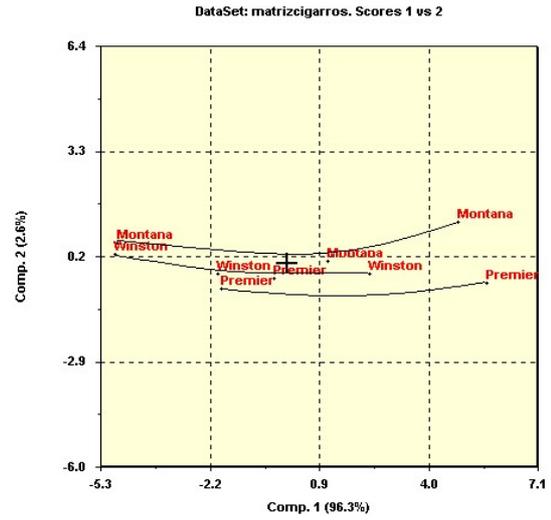
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para las medidas realizadas primero se llena la cámara de medida, se calienta el sensor a un voltaje constante y se procede a realizar la adquisición de datos. Cabe destacar, que el orden de adquisición de datos fue aleatorio, es decir, si tenemos 3 muestras A, B, C, permutamos el orden de medición en cada toma de datos. Las muestras analizadas han sido seleccionadas aleatoriamente. Para probar si nuestro sistema desarrollado funciona, se utilizaron muestras totalmente distintas y si se puede discriminarlas. Inicialmente, se buscó sólo una discriminación de sustancias diametralmente opuestas; como por ejemplo, Acetona, Cloroformo, Alcohol, Ácido Acético y Jugo de Durazno y la Figura 5a muestra su diagrama PCA de esas muestras. Los resultados fueron satisfactorios.

Después de haber probado la efectividad de la nariz en muestras distintas, buscamos hacer lo mismo con muestras similares. Se escogió muestras de café de tres marcas diferentes. La Figura 5b muestra el diagrama PCA del café Cafetal, Montecristi y Villarrica. Nuestro sistema logro diferenciar las muestras analizadas.



a)



b)

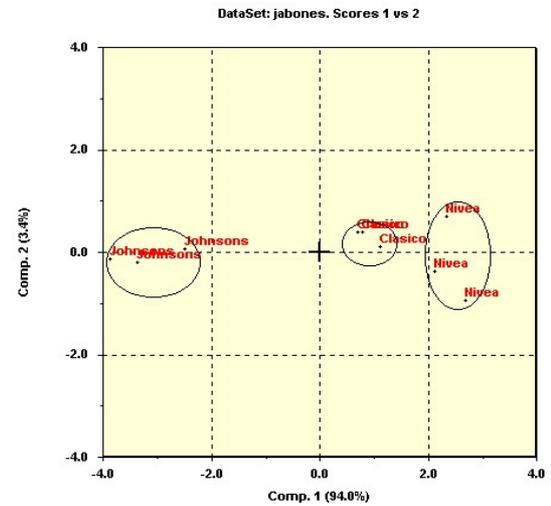


Figura 6. El diagrama del a) tabaco de cigarrillos Montana, Winston y Premier y b) de jabones de tocador Johnsons, Clásico y Nivea.

Figura 5. El diagrama PCA de a) Acetona, Cloroformo, Alcohol, Ácido Acético y Jugo de Durazno y b) café Montecristi, Cafetal y Villarrica.

La Figura 6a representa la respuesta la nariz electrónica para el tabaco de cigarrillo de distintas marcas (Montana, Winston y Premier), esta vez, los resultados no son tan claros, el tabaco de los cigarrillos analizados no pudieron ser diferenciados con nuestro prototipo.

También se logro diferenciar tres tipos de jabones de tocador de diferentes marcas (Fig. 6b). Una de las principales motivaciones de nuestro trabajo fue realizar análisis para clasificar y diferenciar piscos, de la misma clase, pero de distintos productores, se pudo observar, buena efectividad de la nariz en ese análisis.

En la Figura 8 se puede ver que los tres piscos analizados Queirolo, Vargas y Carmelo pueden diferenciarse claramente. Esta parte inicial del proyecto ha sido concluido satisfactoriamente, nuestro prototipo tiene una gran potencialidad para usarlo como diferenciador de piscos. Ahora debemos mejorar el prototipo con ayuda de enólogos especialistas en pisco.

4 CONCLUSIONES

- Se ha podido demostrar la efectividad del prototipo de nariz electrónica para la diferenciación de olores de diferentes muestras.
- El equipo, podría determinar la procedencia de una muestra problema, con una adecuada base de datos.

- La realización de los análisis genera un drift en los sensores, que significa un desgaste en el sensor, lo cual se subsana con una recalibración periódica.
- Los prototipos desarrollados serán mejorados con la ayuda de especialistas como enólogos para el caso de pisco.

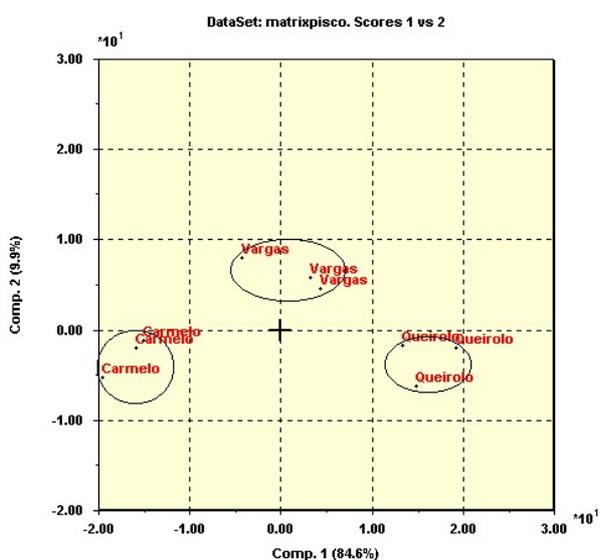


Figura 7. Diagrama PCA de pisco Carmelo, Vargas y Queirolo.

AGRADECIMIENTOS

Por el financiamiento parcial del proyecto al Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería y al Programa Internacional de Física de Universidad de Uppsala, Suecia. M.A. Rojas desea expresar su agradecimiento al Grupo Estudiantil de Instrumentación Científica de la Universidad de Ingeniería por el apoyo.

5 REFERENCIAS

- [1] Madou MJ, Morrison SR. Chemical Sensing with Solid State Devices. San Diego: Academic; 1989; p. 67-104.
- [2] Gardner JW, Barlett PN. Sensors and Actuators B. 1994; 18-19: 211-220.
- [3] Snopok BA, Kruglenko IV. Thin Solid Films. 2002; 418: 21-41.

- [4] Solis JL, Kish LB, Vajtai R, Granqvist CG, Olsson J, Schnürer J, Lantto V. Sensors and Actuators B. 2001; 77: 312-315.
- [5] Lamagna A, Reich S, Negri M, Boselli A, Cocco M, C. Natale C. Thin Solid Films. 2002; 418: 42-44.
- [6] Mielle P, Marquis F. Sensors and Actuators B. 2001; 76: 470-476.
- [7] O'Connell M, Valdora G, Peltzer G, Negri RM. Sensors and Actuators B. 2001; 80: 149-154.
- [8] Taurino A, Capone S, Distante C, Epifiani M, Rella R, Siciliano P. Thin Solid Films. 2002; 418: 59-65.
- [9] Nakata S, Akakabe S, Naksuji M, Yoshikawa K. Anal. Chem. 1996; 68: 2067-2072.
- [10] Figaro Engineering Inc., Figaro Gas sensor Technical Reference.
- [11] Abe H, Yoshimura TY, Kanaya S, Takahashi Y, Miyashita Y, Sasaki S. Analytica Chimica Acta. 1987; 194: 1-9.
- [12] Jackson JE, Qual J. Tech. 1981; 3: 1.
- [13] Gardner JW. Sensors and Actuators B. 1991; 4: 108-116.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE RESIDENCIA DE UN DECANTADOR UTILIZANDO TÉCNICAS DE RADIOTRAZADORES

Rojas R.⁽¹⁾ rojas@ipen.gob.pe; Maghella G.⁽¹⁾ gmaghella@ipen.gob.pe;
 Mamani E.⁽¹⁾ emamani@ipen.gob.pe; Maguiña J.⁽¹⁾ jmaguiña@ipen.gob.pe
 Leclerc J.P.⁽²⁾ eclerc@morris.ensic.inpl-nancy.fr

(1) Dirección de Aplicaciones – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

(2) Centro de Energía Atómica (CEA) - Francia

RESUMEN

El presente muestra los resultados de la determinación del tiempo de residencia de un decantador, utilizando técnicas de radiotrazadores.

1 CONTENIDO

Una de las principales unidades de procesamiento de agua presente en una Planta de Tratamiento de Agua Potable es el decantador de manto de lodos. Su funcionamiento consiste en mantener el manto de lodos en suspensión por medio de la extracción de aire de la campana de vacío y la descarga del volumen de agua acumulado en la campana de vacío durante la extracción. Esta operación hace que el manto de lodos esté en movimiento en sentido vertical es decir de arriba hacia abajo; esto es producido por el sistema ventilador-válvulas de puesta a la atmósfera (Fig. 1).



Figura 1. Esquema de funcionamiento de un decantador de manto de lodos.

El agua coagulada al ingresar por la parte inferior al decantador es sometida a la agitación lo que permite formar los flóculos y éstos a su vez el manto de lodos. La recolección de agua es por la parte superior, es decir que el flujo es vertical. La turbiedad de agua decantada establecida para los decantadores en nuestro medio es de 5 NTU. El volumen estimado del decantador fue de 6989.4 m³.

Para la realización del estudio se colocaron los detectores en las 4 salidas del

decantador y dos en las unidades internas del mismo, tal como se muestra en la Fig. 2.

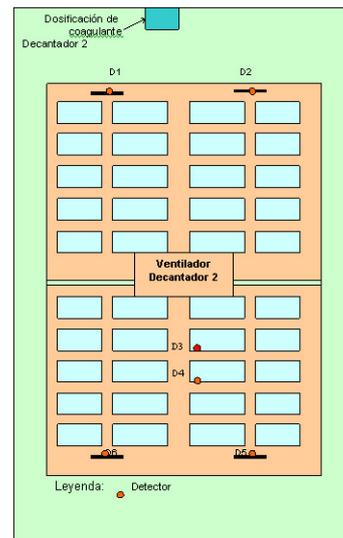


Figura 2. Ubicación de los detectores en el decantador.

El trazador empleado (I-131, proporcionado por la Planta de Producción de Radioisótopos - PPR), se inyectó en la caja de mezcla a la entrada del decantador con una muestra de la propia agua de alimentación y luego se procedió a la toma de datos.

Cálculo del tiempo de residencia teórico

A fin de estimar la duración del estudio para efectos de detección y contaje del trazador se calculó el tiempo de residencia a partir del volumen teórico de la unidad.

Considerando:

Vol. Decantador: 6989.4m³
 Q promedio: 1.66 m³/s,
 el tiempo de residencia teórico es:

$$T_{teórico} = \frac{Volumen}{Caudal}$$

$$T_{teórico} = \{6989,4 \text{ m}^3 / 1,66 \text{ (m}^3/\text{s)} * (1 \text{ h} / 3600 \text{ s)}\}$$

$$T_{teórico} = 1.17 \text{ h,}$$

Por lo que se deduce que el tiempo de toma de datos fue de de aproximadamente 3.16 h (190 minutos) y dado que el intervalo de conteaje fue $\Delta t = 10s$, la cantidad total de datos aproximadamente fue de 1140.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS

Tabla 1. Resultados de una evaluación realizada con radiotrazadores en un decantador de similares características (año 1998).

Unid	Fecha	Hora	Trazador	Actividad (mCi)	t (min)
Dec.	12/11/98	09:35 h	I - 131	40	79,17 $\pm 0,01$

Tabla 2. Resultados de la evaluación realizada con radiotrazadores en el decantador motivo de estudio (año 2003).

Unid	Fecha	Hora	Trazador	Actividad (mCi)	t (min)
Dec.	22/05/03	14:26 h	I - 131	50	54.97 ± 2.97

Tabla 3. Tiempos de residencia obtenidos por cada detector en las diferentes salidas del decantador.

Detector	t (min)
1	54.28
2	54.08
3	56.06
4	53.15
5	57.23
6	55.84

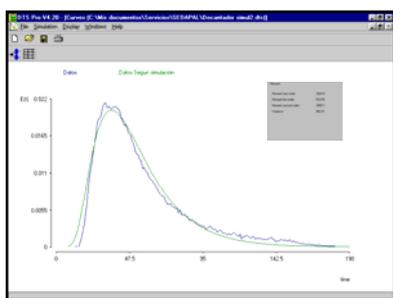


Figura 3. Curva de respuesta promedio del trazador durante la operación del decantador, con la curva de ajuste respectiva.

Tabla 4. Tiempo de residencia promedio del decantador.

Tiempo de residencia	Teórico (minutos)	Práctico (minutos)	Volumen muerto (%)
Decantador	70.2	54.97	21.69

2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como se observa a partir de la última evaluación realizada al decantador (1998), con un tiempo de 79.17 minutos y la actual (54.97 m), existirían dos aparentes razones para explicarlo; por un lado la variación de caudal con el cual está trabajando la Planta y por otra la constitución del manto de lodos, lo cual determinaría este tiempo medio de residencia. De acuerdo a la tabla N° 2 y a la Fig. 2, en la cual se muestra la disposición de los detectores, se observa que los tiempos de residencia varían entre sí, (los detectores 1,2,5 y 6 ubicados en las 4 vías de salida del decantador y los detectores 3 y 4 en las unidades internas), mostrando el detector N° 3 un tiempo algo mayor (56.06 minutos). El detector 5, muestra también un tiempo ligeramente más alto que el resto (57.23 m). Estos valores suelen presentarse dado que la distribución dentro del fluido dentro del decantador (en teoría uniforme), es desigual debido, entre otras cosas, al comportamiento del manto de lodos que determina ligeras variaciones de tránsito en su interior. Asimismo, el decantador muestra un porcentaje de volumen muerto de 29.16%. Ente las principales causa de ello tenemos: el manto de lodos, el sistema de tuberías propiamente dicho, los flóculos y el diseño del decantador.

3 CONCLUSIONES

- El tiempo de residencia del decantador es de 54.97 min. y presenta un volumen muerto de 21.69%.
- La diferencia entre los valores obtenidos en el estudio anterior y en el presente se deben por un lado a la variación de caudal de operación de la Planta y a la constitución del manto de lodos.

4 REFERENCIA

[1] IPEN – SEDAPAL. Evaluación de las unidades de tratamiento de agua de la Atarjea utilizando técnicas de trazadores. 1998.

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS Y DE ARSÉNICO EN SEDIMENTOS DEL RÍO RIMAC

Rojas R. rrojas@ipen.gob.pe; Valencia J. jvalencia@ipen.gob.pe;
Maghella G. gmaghella@ipen.gob.pe; Mamani E. emamani@ipen.gob.pe

Dirección de Aplicaciones – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

RESUMEN

Se presentan los resultados de la determinación de concentración de metales pesados y de arsénico, presentes en muestras de sedimentos correspondientes a puntos de muestreo en las márgenes del río Rímac, utilizando técnicas analíticas nucleares.

1 CONTENIDO

Uno de los principales problemas que se presentan a menudo en zonas próximas a descargas de relaves mineros es la contaminación de las tierras, subsuelos y fuentes de agua natural. A raíz de esto, se han realizado varias pruebas a fin de estimar de manera cuantitativa y cualitativa el impacto de estas operaciones mineras. En los últimos años, se ha encontrado la presencia de arsénico en aguas del río Rimac en ciertas localidades del Dpto. de Lima. Con el fin de investigar el origen de este elemento y determinar su posible relación con la composición química de los sedimentos tanto del lecho de los ríos como de los taludes laterales, se realizaron muestreos y análisis de estos sedimentos.

Los puntos de muestreo fueron definidos previamente por ser representativos de la dinámica de aguas subterráneas y sedimentos de la zona de estudios, la misma que está centrada en el área de influencia de las actividades mineras. Las muestras fueron obtenidas efectuando calicatas en cauces del río hasta encontrar sedimentos húmedos, los cuales suponían que contenían diversos compuestos de metales existentes en el subsuelo de la zona, los que fueron transportados por el flujo de aguas subterráneas; otro grupo de muestras se tomó de los taludes del cauce del río y de un área anexa a la descarga de relaves. Luego estas muestras se analizaron en la Dirección de Ciencias del IPEN.

Como resultado, se comprobó que efectivamente, la actividad minera presente en la zona determina que exista contaminación en el área de influencia de

ésta, presentándose niveles de arsénico y de elementos pesados por encima de los niveles permisibles.

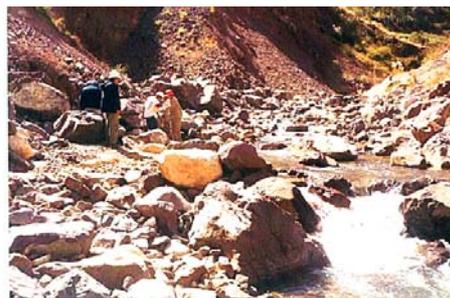


Figura 1. Punto de muestreo.

2 CONCLUSIONES

- Los resultados de las muestras de sedimentos confirman que existe contaminación por arsénico y otros metales pesados en el área de influencia de la actividad minera presente en la zona de estudio.

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN EL REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA) DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, UTILIZANDO RADIOTRAZADORES

Condori J.⁽¹⁾ jcondori@ipen.gob.pe; Maghella G.⁽¹⁾ gmaghella@ipen.gob.pe;
Mamani E.⁽¹⁾ emamani@ipen.gob.pe; Maguiña J.⁽¹⁾ jmaguiña@ipen.gob.pe;
Alcahuamán R.⁽²⁾; Leclerc J.P.⁽³⁾

(1) Dirección de Aplicaciones – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

(2) Laguna UNITRAR – UNI / Lima, Perú

(3) Centro de Energía Atómica (CEA) / Francia

RESUMEN

Se presentan los resultados de la determinación de parámetros hidráulicos en el Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA) de una planta de tratamiento de aguas residuales, mediante el empleo de la técnica de trazadores, a través de la inyección de un trazador emisor gamma I-131, proporcionado por la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR), a la entrada del reactor, con la finalidad de evaluar su comportamiento hidráulico mediante el empleo de sondas de detección.

1 CONTENIDO

La Planta de Tratamiento de aguas residuales estudiada trata las aguas domésticas provenientes de los poblados colindantes con una población aproximada de 18000 habitantes y cuenta con un caudal de diseño (Q_d) = 10 l/s, para una carga orgánica, en términos de DQO, de 500 mg/l. El tratamiento que se lleva a cabo en esta planta, está constituido por un reactor RAFA, de lecho de lodos y un sistema de lagunas de tipo facultativas en serie; la primera, de forma rectangular (8000 m³) y la segunda de forma cuadrada y con un volumen aproximado de 3750 m³.

El RAFA puede considerarse como una unidad de tratamiento primario y está conformado por un digestor y dos pequeños sedimentadores (uno a cada lado), con un volumen total aprox. de 300 m³, tal como se puede apreciar en la Fig. 1. Tanto digestor como sedimentadores tienen un punto común de entrada y de salida. El objetivo del RAFA es remover la materia orgánica en un porcentaje de 60 - 70%, exceptuando a los organismos patógenos por el poco tiempo de retención que posee (7 horas a un caudal (Q) = 10 l/s). Para este objetivo se cuenta con las lagunas facultativas en serie, las que constituyen el tratamiento secundario y terciario respectivamente. Como un

subproducto generado por el RAFA se tiene la producción de biogás que puede ser usado para la generación de energía y lodo digerido que puede ser utilizado para mejorar el suelo. Una de las ventajas de este tipo de reactores es que requiere un área de terreno menor en comparación con las lagunas primarias para tratar el mismo caudal y alcanzar la misma eficiencia.

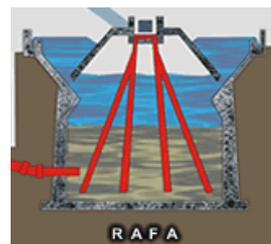
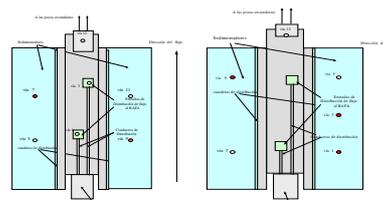


Figura 1. Vista transversal del Digestor RAFA

Los principales parámetros a considerar en un RAFA son el tiempo de retención, el sistema de alimentación, la geometría del reactor y la recolección del efluente, siendo el tiempo de retención el de mayor importancia, supeditado al gasto de aguas promedio de ingreso.

Dado que se llevaron a cabo dos experiencias, en las Figs.2 y 3 se representan la ubicación de los detectores en diversos puntos del reactor durante la ejecución de las pruebas.



Figuras 2 y 3. Vistas de Planta del Reactor RAFA, mostrando la disposición de los detectores (Exp. 1 y 2).

Para evaluar los parámetros hidráulicos del RAFA se consideraron los caudales de operación (5.041 l/s y 7.058 l/s para la 1ra. y 2da. experiencias, respectivamente), el volumen de reactor, el volumen muerto y la posibilidad de retención del I-131 en el lecho de lodos, por lo que se empleó 20 mCi de I-131 en ambos casos y se utilizó el método de inyección instantánea (Fig. 4).

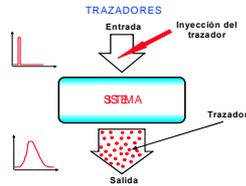


Figura 4. Evaluación de un Sistema mediante la Inyección de trazador.

El tiempo de residencia Θ se calculó, para ambos casos, teniendo en cuenta el promedio obtenido de las curvas en el detector N° 12 (a la salida del reactor), tal como se muestra en las Figs 5 y 6.

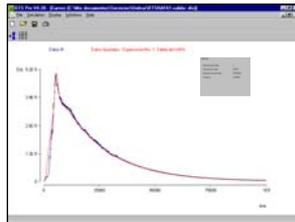


Figura 5. Curva promedio del detector N° 12 correspondientes a la 1ra. experiencia, ajustada con el modelo DTS Pro (Francés).

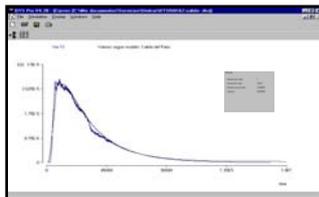


Figura 6. Curva promedio del detector N° 12 correspondientes a la 2da. experiencia, ajustada con el modelo DTS Pro (Francés)

La evaluación del RAFA en las dos experiencias con diferente caudal se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 1. Resultados del Análisis de las curvas para la 1ra. Experiencia.

Evaluación de Unidades	T. de residencia teórico (h) Q = 5,041 l/s	T. de residencia exper. (h) Q = 5,041 l/s	Volumen Muerto (%)	Volumen Muerto (m ³)
Digestor	14,50	7,705	46,86	123,2
Sedimentador	2,03	0,87	55,14	21,1
RAFA	16,53	8,575	48,10	144,3

Tabla 2.- Resultados del Análisis de las curvas para la 2da. Experiencia.

Evaluación de Unidades	T. de residencia teór. (h) Q = 7,058 l/s	T. de residencia exp. (h) Q = 7,058 l/s	Volumen Muerto (%)	Volumen Muerto (m ³)
Digestor	10,39	6,831	34,25	90,7
Sedimentador	1,46	0,474	67,53	24,6
RAFA	11,85	7,305	39,35	115,3

2 CONCLUSIONES

- El Tiempo de Residencia Θ del RAFA, para un caudal promedio de 5.041 l/s es de 8,575 h, mientras que para un caudal de 7.058 l/s, es de 7,305 h.
- El % de volumen muerto en el RAFA disminuye al aumentar el caudal.
- Existe presencia de cortocircuito en las salidas correspondientes a las vías 7 y 9 (sedimentadores izquierdo y derecho, respectivamente), lo cual puede confirmarse con las vías 1,3 (sed. derecho) y 9 (sed. izquierdo) de la 2da. experiencia, lo que demostró la presencia de fuga de agua que no interacciona con el lecho de lodos, debiéndose a alguna fisura en la tubería de alimentación a dicho lecho.
- Se obtuvo un volumen muerto promedio aproximado de todo el RAFA, considerando las dos experiencias, de 129 m³.

3 REFERENCIAS

- [1] International Atomic Energy Agency. Radiotracer Technology for Engineering Unit Operation Studies and Unit Processes Optimization. Poland; 1999.
- [2] Instituto Peruano de Energía Nuclear - Universidad Nacional de Ingeniería. Evaluación de las Características Hidráulicas de la Laguna Terciaria de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (UNITRAR) de la Universidad Nacional de Ingeniería, mediante el empleo de I-131. J. Condori, G. Maghella, E. Mamani, M. Balboa, N. Fustamante. Lima; 2002.

VI. Aplicaciones en Medicina

LINFOSCINTIGRAFÍA Y CIRUGÍA RADIOGUIADA EN TUMORES PRIMARIOS DE VULVA: ESTUDIO PRELIMINAR

Morales R.⁽¹⁾ cmn@amauta.rcp.net.pe; Santos C.⁽²⁾ csantos@inen.sld.pe;
Aguilar C.⁽¹⁾ cmn@amauta.rcp.net.pe; Cano R.⁽¹⁾ cmn@amauta.rcp.net.pe;
Saavedra P.⁽¹⁾ cmn@amauta.rcp.net.pe

(1) Centro de Medicina Nuclear – IPEN / Lima, Perú

(2) Departamento de Ginecología del Instituto de Enfermedades Neoplásicas / Lima, Perú

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de determinar la eficacia de detección del ganglio centinela con Dextran Tc99m y azul patente en nueve pacientes con tumores T1 y T2 de vulva. El propósito consistió en localizar el ganglio centinela en estos tumores. El ganglio centinela (GC) fue localizado con linfoscintigrafía y utilizando una sonda de detección en sala de operaciones. Se identificó el GC en todos los casos, Los GC estuvieron libres de neoplasia en 1/16 casos. La combinación de Dextran Tc99m y “patten blue” es una técnica útil para la detección de ganglios centinelas de tumores primarios de la vulva.

SUMMARY

The present work was carried out with the purpose of determining the effectiveness of sentinel node detection with Dextran Tc99m and patent blue in nine patients with T1 and T2 vulvar tumors. The purpose consisted on locating the sentinel node in these tumors. The sentinel node was located using lymphoscintigraphy and a detection probe in the operating room. SN was identified in all cases, it was free of neoplasia in 1/16 nodes. The combination of Dextran Tc99m and “patent blue” is a useful technique for detection of sentinel node in patients with vulvar primary tumors.

1 CONTENIDO

El estudio del ganglio centinela (GC) sirve para evitar disecciones ganglionares innecesarias en diversos tumores. El GC es definido como aquél al que llega en primer lugar el drenaje linfático de un tumor [1,2]. Cuando se identifica y biopsia este ganglio se puede conocer las características histológicas de los otros ganglios que dependen de él. Puede ser localizado utilizando colorantes vitales, como el “patten blue”, que se inyecta alrededor del tumor en

el momento de la cirugía o mediante radioisótopos, en forma simultánea o independiente [3-5]. Ambas técnicas tienen ventajas y desventajas, utilizar ambas aumenta el porcentaje de detección del ganglio centinela [6-8].

La detección del ganglio centinela en sala de operaciones brinda la posibilidad de mejorar el tratamiento de las pacientes con cáncer ginecológico [9]. En el caso del cáncer de vulva, el tratamiento usualmente consiste en realizar una cirugía extensa que involucra al tumor y a los ganglios cercanos en la zona de drenaje linfático del tumor. Identificar el ganglio centinela mediante linfoscintigrafía permite conocer el riesgo que exista metástasis de los otros ganglios y en un futuro, evitar una disección amplia [10-11].

El propósito del presente trabajo fue determinar la eficacia de detección del ganglio centinela con Dextran Tc99m y azul patente en tumores T1 y T2 de vulva utilizando linfoscintigrafías y sonda de detección en sala de operaciones.

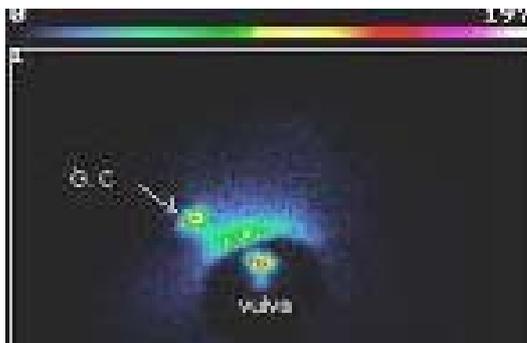
Tres horas antes de la cirugía, nueve pacientes de 29 a 84 años de edad, con neoplasias malignas de la vulva fueron sometidas a detección de ganglio centinela. Se realizó una linfoscintigrafía pre – operatoria, utilizando una cámara gamma planar GE, con un colimador de baja energía, multipropósito.

En sala de operaciones se inyectó el colorante vital “patten blue” en la unión entre la piel y el tumor vulvar. Después de identificar el ganglio centinela y el canal linfático aferente por el color azul y la radiactividad, utilizando una sonda de detección gamma, las pacientes fueron sometidas a linfadenectomía inguinofemoral uni o bilateral, seguido de resección del tumor primario.

Se identificó el GC en todos los casos. La anatomía patológica demostró un caso de

metástasis de carcinoma en un ganglio centinela. Esta paciente recibió radioterapia. 15 de 16 ganglios centinela estuvieron libres de neoplasia.

En la figura se aprecia el estudio de una paciente con un ganglio centinela en la región inguinal derecha, el cual se encontró libre de neoplasia.



2 DISCUSIÓN

La introducción de la biopsia del ganglio centinela ha traído nuevas fronteras para realizar una detección precoz del compromiso ganglionar en diferentes neoplasias [13]. Esta técnica ha puesto en discusión la necesidad de realizar disecciones ganglionares extensas, que no están exentas de morbilidad [9]. Existen publicaciones sobre las bondades del método, en especial en neoplasias de la mama y melanoma. Los estudios realizados en neoplasias de la vulva aún no son muy numerosos, debido a que esta neoplasia no es muy frecuente [10-16]. En la detección del ganglio centinela es importante llegar a una correcta identificación [17].

La combinación de Dextran Tc99m y patten blue es una técnica útil para la detección de ganglios centinelas de tumores primarios de la vulva.

3 REFERENCIAS

[1] Cabanas R. An approach for the treatment of penile carcinoma. *Cancer* 1977; 39: 456-466.

[2] Levenback C, Coleman R, Burke T et al. Intraoperative Lymphatic Mapping and Sentinel Node Identification with Blue Dye in Patients with Vulvar Cancer. *Gynecologic Oncology* 2001; 83: 276-281.

[3] Morton D, Wen D, Wong J et al. Technical details of intraoperative lymphatic mapping for early stage melanoma. *Arch Surg* 1992; 127: 392-399.

[4] Levenback C, Burke T, Gershenson D et al. Intraoperative Lymphatic Mapping for vulvar cancer. *Obstet Gynecol* 1994; 84: 163-167

[5] Levenback C, Burke T, Morris M et al. Potential applications of intraoperative lymphatic mapping in vulvar cancer. *Gynecol Oncol* 1995; 59: 216-220.

[6] Mariani G, Moresco L, Viale G et al. Radioguided Sentinel Node Biopsy in Breast Cancer Surgery. *J Nuc Med* 2001; 42: 1198-1215.

[7] Krag D, Weaver D, Alex J, Fairbank J. Surgical resection and radiolocalization of the sentinel node in breast cancer using a gamma probe. *Surg Oncol* 1993; 2: 335-340.

[8] Terada K, Coel M, Ko P et al. Combined use of intraoperative lymphatic mapping and lymphoscintigraphy in the management of squamous cell cancer of the vulva. *Gynecol Oncol* 1998; 70: 65-69.

[9] Cady B. Sentinel Node Procedure in Squamous Cell Carcinoma of the Vulva. *J Clin Oncol* 2000; 18: 2795-2797.

[10] De Hullu J, Hollema H, Piers D et al. Sentinel Lymph Node Procedure Is Highly Accurate in Squamous Cell Carcinoma of the Vulva. *J Clin Oncol* 2000; 18: 2811-2816.

[11] Surgical management of stage I and II vulvar cancer: the role of the sentinel node biopsy. Review of literature. *Int J Gynecol Cancer* 2001 Jul-Aug;11(4):255-62

[12] Sentinel node techniques in cancer of the vulva. *Curr Womens Health Rep* 2003 Feb;3(1):19-26

[13] Keshtgar MR, Eil PJ. Clinical role of sentinel-lymph-node biopsy in breast cancer. *Lancet Oncol.* 2002 ; 3:105-110

[14] Decesare S, Fiorica J, Roberts W et al. A pilot study utilizing intraoperative lymphoscintigraphy for identification of the sentinel lymph nodes in vulvar cancer. *Gynecol Oncol* 1997; 66: 425-428.

[15] De Hullu J, Doting E, Piers D et al. Sentinel node identification with Technetium-99m-labeled nanocolloid in

squamous cell cancer of the vulva. J Nucl Med 1998; 39: 1381-1385.

[16] Rodier J, Janser J, Routiot T et al. Sentinel node biopsy in vulvar malignancies: a preliminary feasibility study. Oncol Rep 1999; 1249-1252.

[17] Waddington WA, Keshtgar MR, Eil PJ. Optimal nuclear medicine support in sentinel node detection. Ann Surg Oncol. 2001 ;8:9S-12S.

GENETIC VARIABILITY OF HEPATITIS C VIRUSES STRAINS

Vásquez S. ^(1,4) svasquez@ipen.gob.pe; Koga R. ⁽²⁾ rkoga@ipen.gob.pe; Chunga A. ⁽³⁾;
Ronceros G. ⁽⁴⁾; Retamal A. ⁽³⁾; Zumaeta E. ⁽³⁾; Torres C. ⁽³⁾; García L. ⁽⁵⁾; Colina R. ⁽⁵⁾;
Carlos A. ⁽⁵⁾; Khan B. ⁽⁶⁾; Cristina J. ⁽⁵⁾

(1) Dirección General de Promoción y Desarrollo Tecnológico – IPEN / Lima, Perú

(2) Dirección General de Radioisótopos – IPEN / Lima, Perú

(3) Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins HNERM / Lima, Perú

(4) Facultad de Medicina – UNMSM / Lima, Perú

(5) Centro de Investigaciones Nucleares CIN / Montevideo, Uruguay

(6) Division of Human Health - IAEA / Vienna, Austria

ABSTRACT

Hepatitis C virus (HCV) has high genomic variability and, since its discovery, at least six different types and an increasing number of sub-types have been reported. There is not knowledge about the degree of genetic variation among HCV strains circulating in the Andean region of South America. In order to study the degree of genetic variability of strains isolated at the HNERM, in this preliminary study it was obtained the sequences from the 5' non coding region (5' NCR) belonging to 12 patients and were reported to the GenBank obtaining the accession identifications.

Serum samples were obtained from 12 patients with chronic hepatic disease being assisted at the Gastroenterology Department of Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins, (Lima, Peru). Patients were in each case evaluated through the biochemical levels of ALT, the enzyme immunoassay-Third generation from Innogenetics and the supplementary LIA test (also from Innogenetics). Viral loads were measured in each case using Amplicor HCV-Mv.2.0 from Roche. Patients under treatment with interferon plus ribavirin, as well as untreated patients were included in these studies. Once the immunological tests were performed and the viral loads obtained, the 5' non-coding region (5' NCR) of the samples that were reactive were amplified by PCR, as previously described [1]. Sequences were obtained using the automatic sequencer ABI PRISM model 377, v.3.0; or by the Sanger method with the use of Amershan reagents. The evaluated patients had a distribution by sex of 67% masculine and 33% feminine, with an age average of 47.63 for men and 50 years for women. The results of these studies are shown in Table 1. All patients had levels of ALT >100 UI/ml and were anti-HCV positives. The samples were positives for

HCV PCR. The 5' NCR PCR showed a band of 250 bp in all cases.

Table 1. Evaluation of the HNERM patients.

Patient	Age ^(a)	Sex ^(b)	Viral Load ^(c)	Treatment ^(d)
PER40	46	M	217,880	YES
PER82	41	M	363,119	YES
PER16	42	M	365,119	YES
PER18	56	M	>850,000	YES
PER61	47	M	262,299	YES
PER96	40	F	821,291	YES
PER152	61	M	35,601	YES
PER108	39	F	701,273	NO
PER62	62	F	186,889	NO
PER99	46	M	453,158	NO
PER118	42	M	>850,000	NO
PER153	58	F	>850,000	NO

(a) In years.

(b) M means male, F means female.

(c) In International Units IU/ml.

The accession numbers for each sequence of strains reported in this work are AJ438626; AJ438623; AJ438624; AJ438625; AJ438627; AJ438622; AJ438619; AJ438618; AJ438628; AJ438621; AJ438617; AJ438620.

The study contributed to the diagnosis, follow up of patients and molecular epidemiology of HCV in peruvian cases.

Molecular nucleotidic study of hepatitis C RNA- 5' NCR was also compared with results found in Brazil [2], Argentina [3], Venezuela [4] and Perú [5].

These preliminary results were presented during the ICGEB – OPS – RELAB Workshop “Molecular Biology of Viruses” at the Universidade Federal do Rio de Janeiro – Brasil, may 6-7, 2004.

REFERENCES

- [1] Chan S.W., McOmish F., Holmes E.C., Dow B., Peutherer J.F., Follet E., Yap P.L., Simmonds P., (1992), Analysis of a new hepatitis C type and its phylogenetic

- relationship to existing variants, *J. Gen. Virol.*, 73: 1131-1141.
- [2] Krug L.P., Lune V.R., Ikuta N., Fonseca A.S., Cheinquer H., Ozaki L.S., Barros S.G., (1996), Hepatitis C virus genotypes in Southern Brazil, *J. Med. Res.*, 29: 1629-1623.
- [3] Picchio G.R., Nakatsuno M., Boggiano C., Sabe R., Corti M., Darvich J., Perez-Bianco R., Tezanos-Pinto M., Kokka R., Wilber J., Mosier D., (1997), Hepatitis C HCV genotype and viral titer distribution among Argentinean hemophilic patients in the presence or absence of human immunodeficiency virus HIV, *J. Med. Virol.*, 52:219-225.
- [4] Pujol F.P., Loureiro C.L., Devesa M., Blitz L., Parra K., Beker S., Lipriandi F., (1997), Determinations of genotypes of hepatitis C virus in Venezuela by restriction fragment length polymorphism, *J. Clin. Microbiol.*, 35: 1870-1872.
- [5] Sanchez J.L., Sjogren M.H., Callahan J.D., Watts D.M., Lucas C., Abdel-Hamid M., Constantine N.T., Hyamns K.C., Hinostroza S., Figueroa-Barrios R., Cuthie J.C., (2000), Hepatitis C virus in Perú: risk factors for infection, potential iatrogenic transmission, and genotype distribution, *Am. J. Trop. Med Hyg.*, 63:242-248.

CORRELACIÓN ENTRE ANTÍGENO PROSTÁTICO ESPECÍFICO, GAMMAGRAFIA OSEA Y SCORE DE GLEASON EN PACIENTES CON CÁNCER DE PRÓSTATA

Mendoza G.⁽¹⁾ cmn@amauta.rcp.net.pe; Cano R.⁽¹⁾ cmn@amauta.rcp.net.pe;
Morales R.⁽¹⁾ cmn@amauta.rcp.net.pe; Saavedra P.⁽¹⁾ cmn@amauta.rcp.net.pe;
Aguilar C.⁽¹⁾; Muñoz L.⁽¹⁾; Benavente V.⁽²⁾

(1) Centro de Medicina Nuclear - Instituto Peruano de Energía Nuclear
(2) Dpto. de Urología - Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas

RESUMEN

Se planteó la hipótesis que la escala de Gleason es más importante que el Antígeno Prostático Específico (PSA) como factor pronóstico de metástasis óseas en cáncer de próstata. El objetivo fue identificar un grupo de bajo riesgo en el que se podría omitir la gammagrafía ósea. Se revisó historias clínicas de 165 pacientes con cáncer de próstata, a los que se hizo gammagrafía ósea, PSA y Gleason entre Enero de 1993 y Diciembre de 1995. 5,5% tuvieron cáncer bien diferenciado. 49,7% tenían gammagrafía ósea negativa. El riesgo de metástasis ósea, a pesar de niveles de PSA < 10–20 ng / mL, no es despreciable en pacientes con cáncer de la próstata y Score 7-9 de Gleason.

SUMMARY

The hypothesis was that Gleason Score was more important than PSA in predicting bone metastases in prostate cancer patients. The objective of the work was to identify a group of low risk in which bone scan could be omitted. Clinical records of 165 patients with recently diagnosed prostate cancer, who had had, between January of 1993 and December of 1995, bone scans, PSA and Gleason determinations, were reviewed. 5,5% had well differentiated cancer. 49,7% had a negative bone scan. The risk of bone metastases in spite of levels of PSA < 10–20 ng / mL is not worthless in patients with prostate cancer Gleason Score 7-9.

1 CONTENIDO

En el Perú, el cáncer de próstata es la tercera neoplasia maligna más frecuente entre varones (7,5%) [1]. El PSA es utilizado en el despistaje de cáncer de próstata [2,3], al cual se han adicionado otros nuevos elementos [5-6] con la finalidad de mejorar la especificidad de este marcador. Con la

utilización del PSA libre y su índice (PSA libre / PSA total), se ha logrado mejorar la sensibilidad y especificidad en el despistaje, evitando así biopsias innecesarias [7-12]. Para estimar el grado de diferenciación de tumor se utiliza el Índice de Gleason [13], que reconoce cinco grados de modelos histológicos y combina el modelo histológico dominante y secundario en una suma; a esto último se le denomina el Score de Gleason. [4]. Va desde 2 a 10; y se considera que un tumor es bien diferenciado si éste es < 4, tumor moderadamente diferenciado, de 5 a 7 y todo tumor con score > 7, pobremente diferenciado.

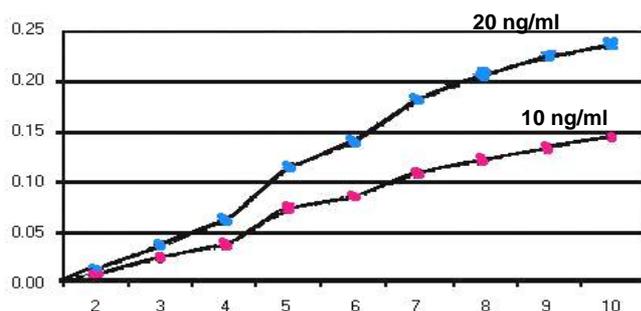
El objetivo del presente trabajo fue evaluar la correlación existente entre el grado de extensión de las metástasis óseas (determinadas por el índice de Soloway) y la concentración sérica del PSA.

Se revisaron las historias clínicas de 165 pacientes que acudieron al Servicio de Urología del Instituto de Enfermedades Neoplásicas de Enero de 1993 hasta Diciembre de 1995, diagnosticados de Cáncer de Próstata, confirmados histológicamente (Score de Gleason), y que fueron remitidos al Centro de Medicina Nuclear para la realización de dosaje sérico de PSA y Gammagrafía Ósea.

La edad osciló entre 65 – 75 años. El 94,5% de los pacientes presentaron cáncer de próstata mediana o pobremente diferenciado. La mayoría tuvieron PSA > 40,1 ng/mL. Dos de 9 pacientes con carcinoma bien diferenciado presentaron metástasis ósea; 30/79 de los pacientes con carcinoma medianamente diferenciado y 51 de 77 pacientes con carcinoma pobremente diferenciado.

Gráfico: Posibilidad de tener gammagrafía ósea positiva, según el Score de Gleason, y puntos de corte de 10 y 20 ng/mL de PSA sérico.

Score de Gleason vs. Positividad de Gammagrafía Osea



PROBABILIDAD DE G.O POSITIVA			
PSA Valor de Corte	SCORE DE GLEASON		
	7	8	9
10	0.11	0.12	0.13
20	0.18	0.21	0.22

La edad promedio de los pacientes fue de 71,3 años, similar a otras series [14, 15].

La gammagrafía ósea al momento del diagnóstico del cáncer de próstata puede ser positiva hasta en 40% de casos [16], y aunque es utilizada en el estadiaje y monitoreo de la enfermedad [17-19], se ha objetado su utilización de manera rutinaria [20].

En el presente estudio se ha utilizado PSA con puntos de corte de < 10 ng/mL y < 20 ng/mL. Al relacionarlos con el Score de Gleason y la posibilidad de positividad de metástasis ósea, se encontró que en los pacientes con Gleason 7 – 9, la posibilidad de aparición de GO positiva varía desde 15 – 25 %. Los pacientes con Gleason < 4 tienen posibilidad menor de tener GO positiva.

Se concluye que el valor predictivo del PSA respecto a la gammagrafía ósea debe ser considerado tomando adicionalmente en cuenta el Score de Gleason, para evitar establecer un estadiaje inexacto del paciente, lo cual redundará en el manejo de pacientes con cáncer de próstata. La gammagrafía ósea debe incluirse en el manejo de los pacientes con cáncer de próstata.

2 REFERENCIAS

- [1] Liria M, Alarcón E. Epidemiología Descriptiva de Neoplasias Malignas. INEN-Peru 1998:70-108
- [2] Catalona W, Smith D, Ratliff T, Basler J. Detection of organ-confined prostate cancer is increased through prostate-specific-antigen based screening. JAMA 1993; 270:948–954
- [3] Catalona W, Richie J, Ahmann F et al. Comparison of digital rectal examination and serum PSA in the early detection of prostate cancer: results of to multicentric trial of 6630 man. J Urol 1994; 151:1283–1290
- [4] Benson M, Whang I, Pantuck T, et al. Prostate specific antigen density: To means of distinguishing benign prostatic hypertrophy and prostate cancer. J Urol 1992; 147: 815–816
- [5] Pollak M, Zagars G, Vivek K. PSA doubling cheats and disease relapse after radiotherapy for prostate cancer. Cancer 1994; 742:670-678.
- [6] Vashi A, Oesterling J. Percent of free prostate-specific antigen: Entering to new was in the detection of prostate cancer. May Clin Proc 1997; 72: 337–344
- [7] Catalona W. Clinical utility of measurement of free and total prostate-specific-antigen: To review. Prostate 1996; 7: 64-69
- [8] Partin A, Subong E, Kelley C. Prospective analysis of free total to PSA ratio for prostate cancer detection and the clearance rate of PSA after radical prostatectomy. J Urol 1996; 155:416A(suppl)
- [9] Van Iersel P, Witjes W, Thomas C, et al. Review of the simultaneous detection of prostate-specific antigen and free prostate-specific antigen. Prostate 1996,7:48-57 (suppl)
- [10] Smith D, Catalona W, Keetch D. Comparison of percent free prostate-specific antigen and prostate-specific antigen density to enhance specificity of PSA screening. J Urol 1996; 155:422A(suppl).

- [11] Mettlin L, Chesley T, Murphy G et al. Association of Free PSA, Total PSA, Age, and Gland Volume in the Detection of Prostate Cancer. *The Prostate* 1999; 39:153-158
- [12] Oesterling J. PSA: To critical assessment of the most useful tumor marker for adenocarcinoma of the prostate *J Urol* 1991; 145: 907–927
- [13] Epstein J, Pizov G, Walsh P. Correlation of pathologic findings with progression after radical retropubic prostatectomy. *Cancer* 1993; 71:3582-3593
- [14] Benavente V, Morante C, Pow-Sang M. *Manual de Diagnóstico y Tratamiento del Cáncer Urológico INEN* 2001p. 8-85
- [15] Kemp P, Magire G, Bird N et al. Which patients with prostatic carcinoma require to staging bone scan? *Br J Urol* 1997; 79(4): 611–614
- Jacobs S. Spread of prostatic cancer to bone. *Urology* 1983; 21:337-344
- [16] Citrin D, Cohen T, Harberg J et al. Systemic treatment of advanced prostatic cancer. Development of to new system for defining response. *J Urol* 1981; 125: 224–227
- [17] Pollen J, Gerber K, Ashburn W et al. Nuclear bone imaging in metastatic cancer of the prostate. *Cancer* 1981; 47:2585-2594
- [18] Mc Neil B. Valued of bone scanning in neoplastic disease. *Semin Nucl Med* 1984; 14:277-286
- [19] Huben R, Schellhammer P. The role of routine follow-up bone scans after definitive therapy of localized prostate cancer. *J Urol* 1982; 128 (9): 510–512.

ABLACIÓN CON YODO-131 EN NIÑOS Y ADOLESCENTES CON CÁNCER DIFERENCIADO DE TIROIDES: REVISIÓN DE 13 CASOS

Saavedra P.⁽¹⁾ cmn@amauta.rcp.net.pe; Cano R.⁽¹⁾; Morales R.⁽¹⁾ cmn@amauta.rcp.net.pe;
Mendoza G.⁽¹⁾ cmn@amauta.rcp.net.pe; Aguilar C.⁽¹⁾; Muñoz L.⁽¹⁾; Postigo J.⁽²⁾

(1) Centro de Medicina Nuclear - Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

(2) Departamento de Cabeza y Cuello - Instituto Especializado de Enfermedades Neoplásicas / Lima, Perú

RESUMEN

Se estudió a trece pacientes (12 niñas y un varón) menores de 15 años (edad promedio 12,5 años), con Cáncer de Tiroides, derivados del Dpto. de Cabeza y Cuello del INEN al Centro de Medicina Nuclear para recibir tratamiento con Yodo-131 entre 1990 y 2002. A diez pacientes se les administró una sola dosis de I-131. Uno recibió I-131 en dos oportunidades (dosis acumulada 220 mCi); otro cuatro dosis (480 mCi en total); y otro paciente tuvo una dosis total de 650 mCi, dada en 5 veces. En el seguimiento entre 1 y 11 años post-dosis ablativa, diez niños continuaban vivos. En los otros tres casos, con metástasis pulmonar, dos fallecieron y una fue perdida de vista. El tratamiento con Yodo-131 fue un beneficioso complemento para el manejo de niños y adolescentes con cáncer diferenciado de tiroides.

SUMMARY

Thirteen patients (12 girls and a boy), younger than 15 years, with thyroid cancer, sent from INEN Head and Neck Department to the Center of Nuclear Medicine to receive treatment with Iodine-131 between 1990 and 2002, were studied. Ten patients received a single dose of I-131. One received I-131 in two opportunities (accumulated dose 220 mCi); another received four doses (accumulated 480 mCi); and a third patient had a total dose of 650 mCi, given in five opportunities. Ten children continued alive between one and eleven years after treatment with iodine 131. In the other three cases, with lung metastases, two died and one was lost to follow-up. Treatment with Iodine-131 was a beneficial complement for management of children and adolescents with differentiated thyroid cancer.

1 CONTENIDO

En el Instituto de Enfermedades Neoplásicas la frecuencia de Cáncer de Tiroides es de 0,52%, ubicándose en el 19º lugar entre las neoplasias malignas en niños menores de 15 años. [1-2]. La variante histológica más frecuente es el adenocarcinoma bien diferenciado [1-4]. La mayoría de pacientes con cáncer de tiroides desarrollado en la edad infantil presentan metástasis al momento del diagnóstico. [3-6] No existe consenso sobre el manejo post quirúrgico de esta neoplasia en niños y adolescentes. [5-9]

Se estudió a 13 pacientes menores de 15 años, con diagnóstico de Cáncer de Tiroides, derivados del Dpto. de Cabeza y Cuello del INEN al Centro de Medicina Nuclear para recibir tratamiento con Yodo-131, entre 1990 y 2002. De los casos revisados, 12 fueron de sexo femenino, y 1 de sexo masculino. La edad promedio fue de 12.5 años. En 2 pacientes se realizó tiroidectomía subtotal; en 2 tiroidectomía total y en 9 tiroidectomía total con disección funcional cervical.

El hallazgo anatomopatológico fue cáncer de tiroides tipo papilar, variante clásica, bien diferenciado en 5 pacientes; tipo papilar, variante folicular bien diferenciada, en 6; en 1 fue tipo papilar pobremente diferenciado; en 1 fue tipo papilar, patrón mixto, bien diferenciado. Se detectó metástasis ganglionar en 8/13 pacientes y metástasis ganglionar más pulmonar en 4/13.

A diez pacientes se les administró una sola dosis de I-131, de 50 mCi, en un caso y de 70 mCi, en otro. 4/13 pacientes recibieron 80 mCi; uno, 100 mCi, otro 120 mCi y los otros dos, 150 mCi. Un niño recibió I-131 en dos oportunidades, con una dosis acumulada de 220 mCi; otro recibió I-131 en 4 oportunidades (dosis acumulada 480 mCi); y otro recibió, en cinco veces, una dosis total de 650 mCi.

En el seguimiento realizado entre 1 y 11 años (promedio 3,8 años) post-dosis ablativa con I-131, 10 niños (76.9%) continuaban vivos. En los otros casos, con metástasis pulmonar, 2 pacientes fallecieron y una fue perdida de vista.

Aproximadamente 10% de las neoplasias malignas de la glándula tiroides se manifiestan clínicamente antes de los 21 años; en este grupo esta neoplasia representa aproximadamente el 1,5 % de todos los tumores. [10-11]. Las características clínicas de la presente serie son similares a otras reportadas. [7-8,12,15]. Los antecedentes de exposición de radiación en cabeza y cuello pueden ser un factor predisponente para el desarrollo del cáncer de tiroides en la infancia [12-15]; en la presente serie no se reportó este dato. Los casos de niñas fueron más frecuentes que los de niños, a diferencia de otras publicaciones [1-4]. El carcinoma papilar bien diferenciado, variante clásica, fue el hallazgo anatomopatológico más frecuente [15-18]. Existe asociación de esta neoplasia con Tiroiditis de Hashimoto; en la presente serie, tres pacientes con carcinoma papilar, presentaron además tiroiditis. El carcinoma de tiroides en niños tiende a presentarse con formas clínicas más agresivas que en el adulto, y generalmente se asocia a metástasis ganglionar. [15,19,20] Se confirma la frecuencia de metástasis ganglionar loco-regional al diagnóstico. Se ha reportado que la presencia de metástasis a distancia varía entre 1,5 a 26%, lo cual se cree guarda relación con el grado de agresividad del tumor en este grupo etáreo[21].

El tratamiento con I-131 fue un beneficioso complemento al manejo de niños y adolescentes con cáncer diferenciado de tiroides, obteniéndose remisión completa en un alto porcentaje de casos

2 REFERENCIAS

- [1] Weyl M, Stein M, Zidan J, Kuten A. Pediatric Thyroid Carcinoma: 22 Years of Experience at the Northern Israel Oncology Center (1973-1995). *Pediatr Hematol Oncol* 2000;17:85-92.
- [2] Liria M, Alarcón E. Epidemiología Descriptiva de Neoplasias Malignas. Instituto de Enfermedades Neoplásicas-Perú 1998:100-8
- [3] Arici C, Erdogan A, Altunbas H, Boz A et al. Differentiated thyroid carcinoma in children and adolescents. Clinical characteristics, treatment and outcome of 15 patients. *Horm Res* 2002; 57:153-6.
- [4] Danese D, Gardini A, Farsetti A, Sciacchitano S, Adreoli M, Pontecorvi A. Thyroid Carcinoma in children and adolescents. *Eur J Pediatr* 1997;156:190-4.
- [5] Doci R, Pilotti S, Costa A, Semeraro G, Cascinelli N. Thyroid cancer in childhood. *Tumori* 1978;64:49-57.
- [6] Vassilopoulou-Sellin R, Klein MJ, Smithj TH, Samaan NA et al. Pulmonary metastases in children and young adults with differentiated thyroid cancer. *Cancer* 1993;71:1348-52.
- [7] Schlumberger M, De Vathaire F, Travagli JP, Vassal G, Lemerle J Differentiated thyroid carcinoma in childhood: long term follow-up of 72 patients. *J. Clin Endocrinol Metab* 1987;65:1088-94.
- [8] Massimino M, Gasparini M, Ballerini E, Del Bo R. Primary thyroid carcinoma in children: a retrospective study of 20 patients. *Med Pediatr Oncol* 1995;24:13-7.
- [9] Sykes AJ, Gattamaneni HR. Carcinoma of the thyroid in children: a 25-years experience. *Med Pediatr Oncol* 1997;29:103-7.
- [10] Pugazzola L, Bongarzone S, Pilotti I V, Collini L, Gregorio S, Rao L, et al. Papillary thyroid cancer in children exposed to Chernobyl nuclear accident. Molecular analysis of tumor specimens. [Abstract]. *Thyroid* 1994;5:133.
- [11] Kirkland RT, Kirkland JL. Solitary thyroid nodules in 30 children and report of a child with a thyroid abcess. *Pediatrics* 1973;51:83-86.
- [12] Schneider AB Radiation-induced thyroid tumors. *Endocrinol Metab Clin North Am* 1990;19:495-507.
- [13] Schneider AB, Ron E, Lubin J, Stovall M, Gierlowski T. Dose-response relationships for radiation-induced thyroid cancer and thyroid nodules:

- Evidence for the prolonged effect of the radiation on the thyroid. *J Clin Endocrinol Metab* 1993;77:362-369.
- [14] Takaya K, Yoshihide F, Takao O, Kob H. Justification of conservative surgical treatment of childhood thyroid cancer: report of eleven cases and analysis of Japanese literature. *J Cancer Res* 1986;77:799-87.
- [15] Tallroth E, Backdalh M, Einhorn J, Lundel G, Lowhiagen T, Silfversward C. Thyroid carcinoma in children and adolescents. *Cancer* 1986;58:2329-2332.
- [16] Ceccarelli C, Pacini F, Lippi F, Elisei R, Arganini M, Miccoli P, Pinchera A. Thyroid cancer in children and adolescents. *Surgery* 1988;10:1143-48.
- [17] Desjardins JG, Bass J, Lebouf G, Di Lorenzo M, Letarte J, Khan AH, Simard P. A twenty-year experience with thyroid carcinoma in children. *J Pediatric Surg* 1987;23:709-713.
- [18] Scott MD, Crawford JD. Solitary thyroid nodules in childhood: is the incidence of thyroid carcinoma declining? *Pediatrics* 1976;58:521-525.
- [19] Mauras N, Zimmerman D, Goellner JR. Hashimoto thyroiditis associated with thyroid cancer in adolescent patients. *J Pediatrics* 1985;106:89-898.
- [20] Harach HR, Escalante DA, Onativia A, Lederer Outes J, Saravia Day E, Williams ED. Thyroid carcinoma and thyroiditis in an endemic region before and after iodine prophylaxis. *Acta Endocrinol* 1990;108:55-60.
- [21] Schulumberg M, De Vithaire F, Travagli JP, Vassal G, Lonerie J, Parmentier C, Tubiana M. Differentiated thyroid carcinoma in childhood: Long term follow-up of 72 patients. *J Clin Endocrinol Metab* 1987; 65:1088-1094.

VII. Aplicaciones en el Medio Ambiente

DESINFECCIÓN SOLAR DE AGUAS EN TAMBO PARIACHI, HUAYCAN, LIMA, PERÚ

Galarza P.⁽¹⁾; Sánchez E.⁽²⁾; Maurtua D.⁽¹⁾; Rodríguez J.^(2,3) jrodriguez@ipen.gob.pe;
Solís J.^(2,3) jsolis@ipen.gob.pe; Estrada W.^(2,3) westrada@ipen.gob.pe

(1) Departamento de Microbiología – Universidad Cayetano Heredia / Lima, Perú

(2) Laboratorio de Películas Delgadas – Facultad de Ciencias – Universidad Nacional de Ingeniería / Lima, Perú

(3) Dirección General de Promoción y Desarrollo Tecnológico - Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

RESUMEN

Se ha aplicado la tecnología de Desinfección Solar en Unidades Individuales (DSAUI) a aguas del asentamiento humano Tambo Pariachi en Huaycán. Los valores iniciales de contaminación encontrados (coliformes) reflejan que las aguas no son aptas para el consumo humano, pudiendo causar múltiples enfermedades en la población.

El agua contaminada fue expuesta al sol dentro de botellas de plástico PET. Los resultados indican que la descontaminación se debe a una sinergia entre la temperatura dentro de la botella de plástico y la componente ultravioleta de la radiación solar.

Se observó un cambio de las botellas PET debido a un envejecimiento acelerado que produce la luz ultravioleta, que influye directamente sobre la eficiencia de desinfección de las aguas.

El método empleado es sencillo y económico, y podría ser empleado de manera masiva por la población, como una alternativa para obtener agua potable.

1 INTRODUCCIÓN

En ámbitos urbanos de Perú existen altos niveles de contaminación hídrica. Como ejemplo podemos citar al río Rímac, cuyas aguas presentan cuatro veces la concentración de coliformes permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Sin embargo, el mayor problema persiste en las zonas rurales, ya que, a pesar de que la red de desagüe alcanza al 52 % de la población del país, sólo un 12 % de los asentamientos rurales se benefician de ella. Por otro lado, el problema se acentúa por la falta de técnicas bien establecidas para la desinfección y

descontaminación del agua. Para los habitantes por debajo de la línea de pobreza, el tradicional método de hervir el agua puede no ser una solución adecuada para su potabilización, básicamente por falta de recursos económicos. En este contexto, son necesarios procedimientos innovadores para enfrentar esta gran variedad de problemas, que difieren tanto en escala como en complejidad. Por esa razón, en el presente trabajo se evalúa la utilización de la tecnología de descontaminación de agua en unidades independientes (DSAUI) (1-3). Esta tecnología consiste en la irradiación solar de agua contaminada, contenida en botellas de plástico (recipientes de bebidas comerciales), obteniéndose al final del proceso agua apta para consumo humano.

2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para la realización de los ensayos, se eligieron aguas del asentamiento humano Tambo Pariachi, en Huaycán, situado en la periferia de Lima (km 15 de la carretera central). Allí, el agua para el consumo diario se extrae de pozos artesianos, tal como se ve en la Fig 1.



Figura 1. Pozo artesiano en el asentamiento humano Tambo Pariachi en Huaycán. Nótese la cercanía del río Rímac.

Se tomaron las muestras en el lugar en botellas esterilizadas de vidrio y fueron llevadas inmediatamente a un ambiente esterilizado. Luego de homogeneizar la muestra, se procedió al llenado de 10 botellas de plástico de polietilentereftalato de 500 mL. En un grupo de botellas, se pintó la mitad exterior de negro mate. Las botellas se colocaron horizontalmente bajo el sol. La radiación solar se midió con un radiómetro artesanal calibrado con un radiómetro Haenni Solar 130. La temperatura se tomó cada 10 minutos con un termómetro de mercurio colocado en una de las muestras. Los experimentos se llevaron a cabo durante cinco horas en botellas como las mostradas en las Figs 2a y 2b.



Figura 2. (a) Detalle de la botella de plástico PET pintada de negro. (b) Detalle de su irradiación solar.

Durante la irradiación, se recogieron dos muestras cada hora. Se midió el número más probable (NMP) de coliformes fecales y totales antes y después del tratamiento, utilizando el procedimiento de tubos múltiples con caldo de sulfato de laurilo para la identificación y con caldo Brila para la cuantificación. La incubación se llevó a cabo por 37 °C durante 48h. La presencia de *E. coli* se determinó incubando durante 48 h en caldo Ec a 44 °C. Luego de la incubación, se procedió a la lectura de los coliformes o *E. coli*, según el caso (4, 5). Se midieron los parámetros fisicoquímicos como la radiación solar, temperatura, turbidez (mediante un sistema portátil Hach) y pH (mediante un pHmetro Orion 520 A), durante el tratamiento. Las medidas de radiación solar en W/m^2 y temperatura (°C) de un experimento típico se muestran en la Fig. 3a.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 3 se observa la irradiación solar (a) y la concentración de coliformes

normalizada (b) con respecto a la concentración inicial, C_0 , durante un experimento típico de descontaminación de agua con radiación solar. Se observa que a las dos horas de irradiación se ha destruido ~90 % del total de coliformes, llegándose a la desinfección total del agua en unas cinco horas de irradiación.

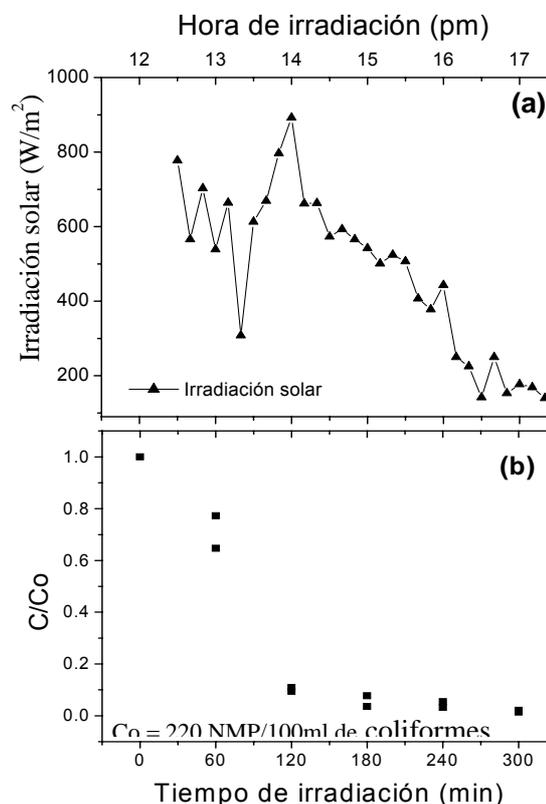


Figura 3. (a) Irradiación solar y (b) Concentración de coliformes normalizada para un experimento típico de desinfección.

En la Tabla 1, se muestran las medidas de pH y turbidez del agua del experimento de desinfección reportado en la Figura 3. Al inicio del experimento, las aguas eran neutras, pero el pH se incrementó durante la irradiación solar, debido posiblemente a la destrucción de ácidos nucleicos y proteínas, que basifican ligeramente la solución (6). En la Tabla 1 se observa un ligero decrecimiento en la turbidez a medida que el tiempo de irradiación aumenta, debido a que se produce una decantación.

Durante los experimentos realizados, se observó en el agua estudiada una variación en la concentración de coliformes de 2400 a 220 NMP/(100 mL). Esta fluctuación es asociada a variaciones estacionales en el grado de contaminación del río Rímac, que está cercano a los pozos artesianos estudiados. Esta concentración de contaminantes es alta,

por lo que el agua no es apta para el consumo humano. Sin embargo, esto es ignorado por las personas de estos lugares, las cuales incluso la llegan a beber directamente luego de ser extraída de los pozos.

Tabla 1. Medidas de pH y turbidez del agua durante la aplicación del método de desinfección.

Tiempo de irradiación (minutos)	0	60	120	360
PH	7.47	7.50	7.70	7.78
Turbidez	13.7	13.15	13.5	13.15

3.1 Influencia de la temperatura

De acuerdo a las pruebas efectuadas, se observó una relación directa entre la radiación solar y el grado de contaminación remanente, obteniéndose mejores resultados en los días más soleados. Con el objetivo de analizar la influencia de la temperatura en el proceso, se procedió a calentar una muestra a las temperaturas alcanzadas durante el experimento; en este caso, se obtuvo un decrecimiento de los coliformes de aproximadamente 30 %. Considerando este hecho, se pintó externamente la mitad inferior de las botellas con pintura negro mate, y se realizó el experimento como en el caso anterior, con las botellas colocadas horizontalmente sobre el sistema reflectante. Los resultados de *E. coli* se observan en la Figura 4.

En la Figura 4a se presenta la variación de la irradiación solar durante el tratamiento, y en la Figura 4b se puede ver la influencia positiva del pintado externo de la mitad inferior de la botella con pintura negra, que provoca un aumento de la temperatura de ~5 °C respecto de la temperatura de la botella sin pintar. Por otro lado, en la Figura 4c se observa un aumento en la eficiencia de la destrucción de *E. coli* del orden de 20 % en las botellas pintadas respecto de las botellas sin pintar.

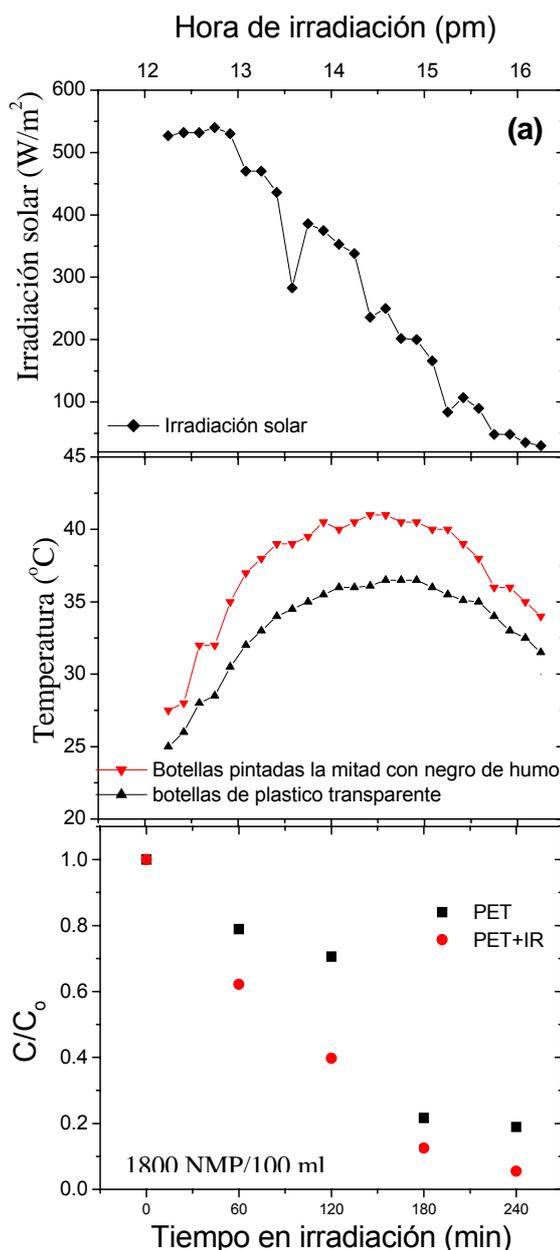


Figura 4. (a) Variación en irradiación solar, (b) variación en temperatura medida en botellas transparentes (\blacktriangle) y en botellas pintadas externamente en su mitad inferior de negro (\blacktriangledown), (c) concentración de *E. coli* normalizada, C/C_0 , en botellas transparentes (\blacksquare) y botellas pintadas de negro en la mitad inferior (\bullet) durante un experimento típico de descontaminación de agua. C_0 es la concentración inicial de *E. coli*.

3.2 Envejecimiento de las botellas PET

Para la elección de las botellas de plástico comerciales con mejor transmitancia de luz y mejor estabilidad frente a la irradiación ultravioleta, se escogieron diferentes botellas de refrescos de cola de marcas conocidas, embotellados en el Perú. Las denominaremos botellas A, B y C. La Figura 5 muestra los

espectros UV-visible de muestras de plástico de las tres botellas, obtenidos con espectrofotómetro Optometrics RS-350. Todas las muestras presentaron una transmitancia espectral aproximada de 0,85 entre 300 y 800 nm. Las muestras fueron sometidas luego a un proceso de envejecimiento acelerado por irradiación con una lámpara de mercurio de alta presión de 250 W, colocada a 12 cm de distancia.

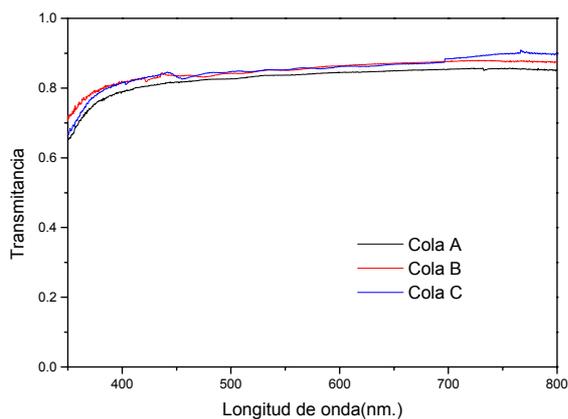


Figura 5. Espectro de transmitancia en el rango UV-visible de las diferentes botellas de plástico de bebidas comerciales.

El efecto de la radiación se muestra en la Figura 6, donde se observa que, aunque todas las muestras presentan una transmitancia inicial similar, la muestra de la botella C fue Santa Ana la que mejor se comportó frente a la irradiación ultravioleta. Después de 91 horas de irradiación, la transmitancia a 500 nm disminuyó de 0,85 a 0,52, de 0,82 a 0,40 y de 0,84 a 0,22, para las botellas de C, A y B Santa Ana Coca Cola e Inka Cola respectivamente. En el rango UV (370 nm), la transmitancia de las botellas C, A y B, disminuye de 0,76 a 0,25, de 0,74 a 0,20 y de 0,78 a 0,08, respectivamente. Este efecto de envejecimiento producido por la luz ultravioleta puede reducir la eficiencia de las botellas para la desinfección, que puede producirse al cabo de cierto tiempo de irradiación con luz solar.

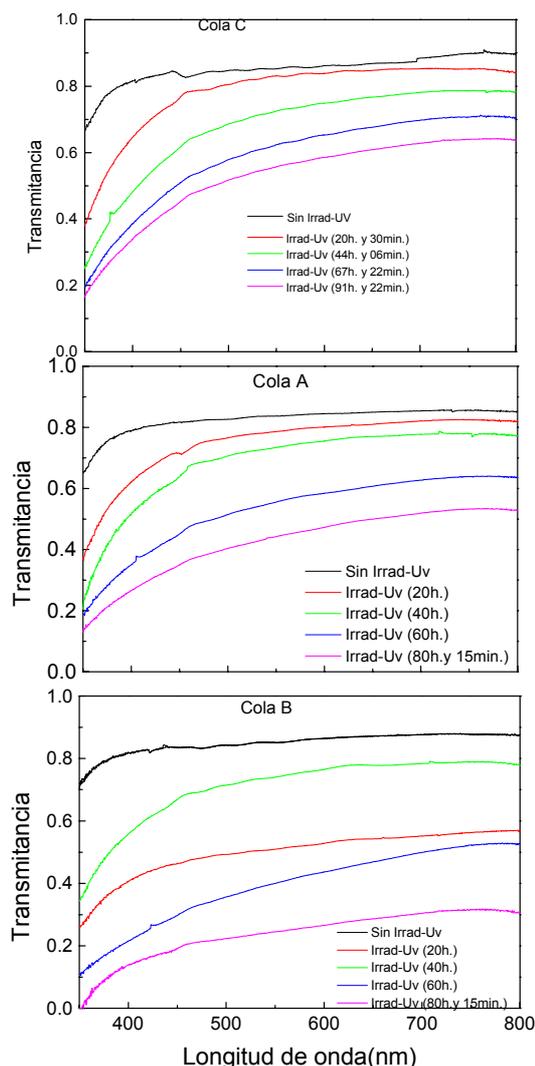


Figura 6. Transmitancia UV-visible de diferentes botellas de plástico PET de bebidas gaseosas comerciales (a) Cola C, (b) Cola A, (c) Cola B, después de haber sido sometidas a envejecimiento ultravioleta a diferentes tiempos de irradiación.

4 CONCLUSIONES

Se han irradiado con luz solar botellas de PET conteniendo agua de la zona de Huaycán, contaminada con coliformes. Los valores de contaminación encontrados reflejan que las aguas antes del tratamiento no son aptas para el consumo humano, pudiendo causar múltiples enfermedades en la población. Los resultados obtenidos luego de los ensayos indican que se ha llegado a un buen grado de descontaminación y que el efecto se debe a una sinergia entre la temperatura dentro de la botella de plástico y la componente ultravioleta de la radiación solar.

Se evaluó el comportamiento de las botellas comerciales frente a un envejecimiento acelerado producido por la irradiación con luz ultravioleta. Se ensayaron muestras de botellas de plástico de tres populares marcas de refrescos de cola envasados en Perú, encontrándose una disminución de la transmitancia al cabo de la irradiación en las tres muestras, con diferencias entre las mismas. La disminución de la transmitancia puede influir negativamente sobre la eficiencia de desinfección.

El método empleado es sencillo y económico, y podría ser empleado de manera masiva por la población, como alternativa para obtener agua potable.

5 REFERENCIAS

[1] Acra A, Raffoul Z, Karahagopian Y. Solar disinfection of drinking water and oral rehydration solutions, UNICEF, S.A.L, Beirut, Lebanon; 1984.

[2] Arafa S, Cotis MC. Solar disinfection for rural communities. Taller en Brace Research Institute, 15-27 de Agosto, Quebec, Canadá; 1988.

[3] Sommer B. Solar water disinfection: impact on vibrio cholerae and faecal coliforms. Taller CINARA, Universidad del Valle, Cali, Colombia; EAWAG/SANDEC, Duebendorf, Switzerland; 1995.

[4] EAWAG-SANDEC. Water & sanitation in developing countries. En: <http://www.sodis.ch>.

[5] Wegelin M. EAWAG News. 2000; 48: 11-12.

[6] Hug S. EAWAG News. 2000; 49: 18-20.

DETERMINATION OF TRACE ELEMENTS AND HEAVY METALS IN AGRICULTURAL PRODUCTS CULTIVATED AT THE RIMAC RIVER VALLEY IN LIMA CITY USING NUCLEAR AND RELATED ANALYTICAL TECHNIQUES

Bedregal P.⁽¹⁾; Torres B.⁽¹⁾; Olivera P.⁽¹⁾; Mendoza P.⁽¹⁾; Ubillus M.⁽¹⁾
Creed-Kanashiro H.⁽²⁾; Penny M.⁽²⁾; Junco J.⁽²⁾; Ganoza L.⁽²⁾

(1) *Instituto Peruano de Energía Nuclear Departamento de Química, Av. Canadá 1470 Lima 41- Perú*

(2) *Instituto de Investigación Nutricional, Av. La Molina 685 Lima 12 - Perú*

ABSTRACT

There are strong indications that the Rimac river valley is being contaminated with heavy metals and an excess of trace elements that come from some industrial and mining activities developed along the Rimac river valley. The agricultural products cultivated there in could be suffering the same effect. Nuclear and related analytical techniques will play an important role in the study of pollution by providing information concerning the degree of contamination in some agricultural products cultivated in the valley and consumed by the population of Lima.

1 SCIENTIFIC BACKGROUND AND SCOPE OF THE PROJECT

The Department of Lima, the capital of Peru, is situated in the central part of the Peruvian coast and has a peculiar geography consisting of a narrow coastal strip and rising rapidly into the mountains. This confers to the city of Lima the characteristic of being within 10 minutes of sandy beaches extending for 100 kilometres, but also within 20 - 40 minutes it is possible to enjoy the sunny highland valleys [1]. These valleys are irrigated by some important rivers, the river Rimac and its basin is the principal one, situated in the above mentioned Department.

The highest part of the river valley reaches approximately 5000 meters above sea level and has a large number of lakes and mountain peaks that supply water to the rivers through thawing. At around 1000 meters above sea level the valley begins to widen allowing agricultural production. Due to the geographic of Rimac river valley, the river is most used for the generation of electricity, agricultural irrigation and the water supply [2]. Figure 1 shows a map of the basin

The major production activities of the valley are: agriculture, mining, hydroelectric production and manufacturing industries. Figure 2 shows a map of the main manufacturing industries and mining activities along the valley.

Mining is the most important economic activity of Peru, it means mining is one of the most intense industries of the country. In the river Rimac valley there are many sites of mineral exploitation. The minerals are mostly mined as sulphurs including chalcopyrite (copper and iron sulphur), esfalyte (zinc sulphur), galenite (lead sulphur), tetrahedrite (copper and antimony sulphur), mercury sulphurs, etc. These have low solubility products, so that theoretically, in a first approximation, the processing plants do not unload dissolved minerals [2].

The Ministry of Health, through the General Direction of Environmental Health – DIGESA in the context of a National Program of Vigilance and Control of the Hydric Resources, is conducting the monitoring of the river Rimac along the valley from 25 monitoring stations and determining the physical, chemical and microbiological parameters at each station. The results of the analysis of the water samples show the presence of coliforms, arsenic, chromium, and lead [5]. The river is a receptor of a significant load of metals, the origin of which is the waste and the tailings of mining activities in the high valley.

One of the uses of the river water is to irrigate the agricultural production areas of the nearer valleys. Although there is no local data reported of the degree of contamination and its effects on human health, there is a strong suspicion that the agricultural products cultivated in this valley and distributed in markets of Lima, could be contaminated with heavy metals and an excess of trace elements, by means of the superficial water that irrigates the soil, as well as, the contamination of underground water caused by the infiltration from the contaminated superficial waters with the consequent potential risk to health of the population consuming the agricultural products.

There is very limited and insufficient information about the chemical and element contamination of food in Lima and of the agricultural products cultivated in the valleys. Most of the existing studies have focused on microbiological contamination.

Some farmers claim that the soil is poor causing deterioration of the quality of the crops [6].

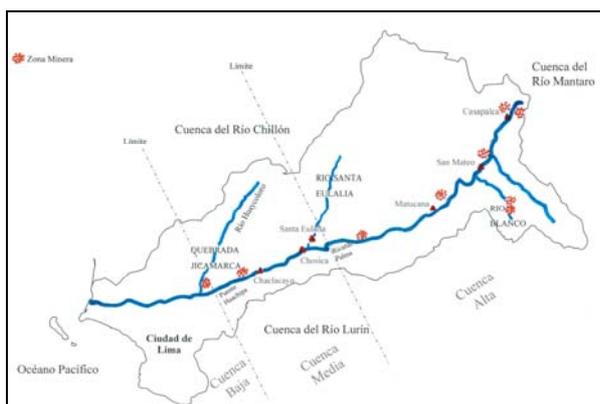


Figure 1. Map of the River Basin [3].

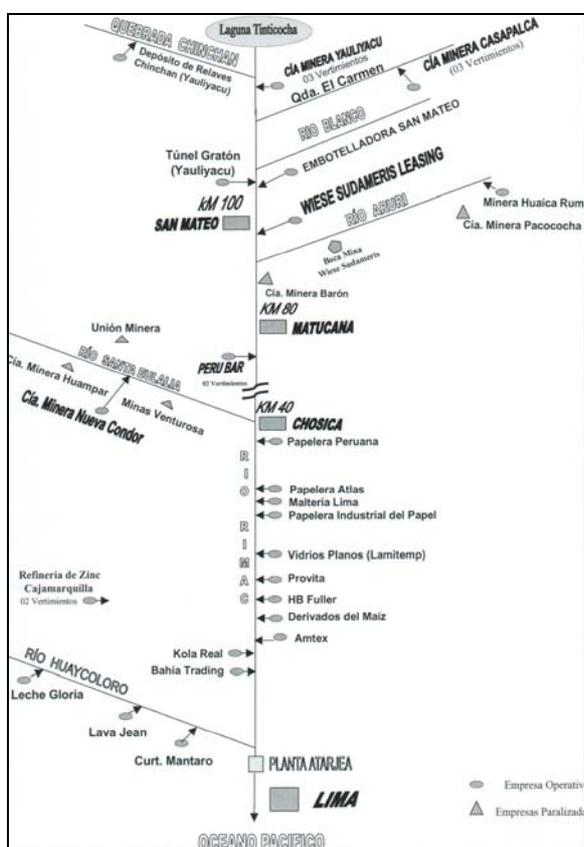


Figure 2. Industries and other activities at the Rimac River Valley [4].

The environmental impact of the contamination affects not only the cultivated areas but also the ecosystem, flora and fauna, and of course, the health of humans through the food chain.

Others factors that can affect the content of trace element in agricultural products are [7]:

1. The trace element content of the soil, that determine the amount which the plant absorbs beyond the level necessary for growth. The availability of the trace element in the soil may

depend upon its oxidation state and the pH of the soil.

2. The use of fertilizers and fungicides
3. The effect of processing and the manner in which the foods are handled and processed. It has been reported that with the use of stainless steel vessels, contamination with manganese can occur.

Associated with contamination is the risk to the health of inhabitants of cities and rural areas. The trace elements, particularly heavy metals such as lead, mercury, cadmium and arsenic are important because they can produce physiological and toxicological changes in humans when consumed.

Sixty-five elements are called trace elements, which are classified into four main groups [8].

Table 1. Physiological significance of trace elements.

1	2	3	4
Generally Essential	Partly Essential	Physiologically Beneficial	Physiological role hardly known
Mn, Co, Cu, Mo, I	Fe, Ni, Zn, B, Sn, Pb	Sc, Ti, Ga, Ge, Br, Rb, Sr, Zr, Cs, W, Pt, Au, La, Pr, Sm	Be, Al, Y, Nb, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sb, Te, Ba, Hf, Ta, Re, Os, Ir, Hg, Tl, Bi, Ce, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu

The essential trace elements have an important role in human nutrition because they perform a number of vital functions in the body as constituents of enzymes, hormones, vitamins and other biological molecules [9], and because of this, the optimum concentration of trace elements is the basis for the health of living beings, including humans [10].

The mining exploitation is a potential source of contamination, if metals, such as cobalt, copper, zinc, lead, mercury, cadmium, etc., are extracted and there is no effort to impede these metals joining the ecosystem. These will produce an overload that will cause disease and illness to living beings. Some reports [11], [12] give evidence of the toxic and harmful effects of heavy metals and their interaction with micronutrient deficiencies.

DIGESA and the Municipalities are conducting a program at the level of markets, called *the suburb market*. The objectives are to promote the hygiene, modernization and use of healthy technologies in order to give a better and safe service to the consumers; to establish a sanitary control of food in the markets; to diminish the risk associated with inadequate handling practices through the training

of vendors [13]. This program is helpful but needs to be complemented and extended because it only covers the vigilance of retail markets.

The Determination of Trace Elements and Heavy Metals in Agricultural Products Cultivated at the Rimac River in Lima City project has the following objectives:

1. Determine the degree of contamination by trace and heavy metals in agricultural products consumed by the population and cultivated along the river Rimac valley in Lima.
2. Establishing baseline values and assessment of time trends of the contamination by pollutants in order to relate their effects to the nutritional status and human health.
3. Determine the quality and safety of food that populations are consuming and provide information on the element composition of the diet for a large sector of the population to improve the quality of foodstuffs.
4. Create a list of the concentration of trace and heavy metals in the agricultural cultivated products from the identified area.
5. Provide information to the national authority for health and environmental monitoring, DIGESA, so as to allow the implementation and/or improvement of policies and programs to control the contamination and its effects on the human health.
6. Disseminate the benefits of the use of nuclear energy and nuclear analytical techniques.

Environmental studies cover a broad range of disciplines and include several tasks such as monitoring (routine analysis), research (studies of environmental pathways), modelling etc. [14] and therefore this project is being conducted in collaboration with the Instituto de Investigacion Nutricional (IIN) Nutrition Research Institute, a non profit institution working in areas related to nutrition and health, which has the responsibility for the sampling and sample preparation for the analysis. The IIN has been conducting studies about the types and quantity of food consumed by inhabitants in the city, specifically pregnant women and children. We have used this information as a reference to selected the agricultural products that will be sampled and analysed and are shown in Table 2.

Before sampling it is important to obtain background information through a pilot investigation in the wholesale markets of Lima where the agricultural products are transported before its distribution to the district markets. This

exploration will give valuable information of the origin of the selected agricultural products.

Table 2. Vegetables most consumed by pregnant women and children.

Food description	No. pregnant Women (n = 100)	Food description	No. children 6-36 months (n = 188)
Onion	100	Onion	141
Carrot	97	Carrot	104
Tomato	89	Potato	93
Pea	84	Pumpkin	67
Pumpkin	79	Tomato	61
Celery	67	Celery	48
Coriander	59	Coriander	26
Lettuce	40	Pea	26
Corn	32	Spinach	10
Spinach	31	Corn	9
Sweet potato	29	Bean	9

Another action prior to sampling is an inspection to the area that will be selected for sampling. The sampling points could be those near the monitoring stations established by DIGESA.

Sampling will be conducted by sampling and storage procedures with the participation of at least one analyst to ensure that the samples are representative and that no significant changes in composition occur during sampling, transport and storage [15].

The Chemistry Department of the Nuclear Peruvian Energy Institute has the responsibility for the analysis of the samples.

2 METHODS

2.1. Sampling

The sample collection will be done based on the background information obtained in the preliminary investigation and inspection of the sampling sites, and will be as follows:

- Selection of foods based on table II.
- As a result of the inspection of sites, identify the sampling areas
- Establish a sampling plan, following a protocol design.
- Taking samples
- Transport samples to the laboratory
- Preparation of samples for the analysis: washing, rinsing, and preservation, either by cooling or by irradiation then grinding, homogenizing and storage.

2.2. Analysis

The role of analytical chemistry in this type of studies is of vital importance. The analytical techniques that will be used are: Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA), Radiochemical Neutron Activation Analysis (RNAA), Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF), Total Reflexion X-Ray Fluorescence (TRXRF), Stripping Voltametry (SV) and Atomic Absorption Spectrometry (AAS). Table III shows the analytical techniques and the elements that will be analyzed by each.

To perform the analytical techniques mentioned above IPEN has a 10 Mw research reactor and six laboratory facilities implemented as followed: a laboratory for weighing samples and moisture determination including analytical balances, desiccators and a calibrated oven; a laboratory of NAA and XRF fitted with four gamma spectrometry equipments; a laboratory of instrumental techniques including SV equipment, AAS equipment, UV-V equipment, a fume hood and a microwave oven; a laboratory of biological samples preparation; including glove boxes and a fume hood; a radiochemical laboratory implemented with two hume hoods where samples are unpacked after irradiation and where radiochemical separation can take place; a laboratory for sample preparation including a small mill and homogeniser used for geological samples.

Table 3. Analytical Techniques vs. Elements.

Analytical Technique	Elements
INAA	Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Mo, V, Cr, As, Se, Sc, Ti, Br, Rb, Sr, Cs, W, La, Al, Ba, Hf, Ce, Na, K
RNAA	Cd, (Hg in study)
EDXRF	Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Sr, Rb, Br
TRXRF	Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb
SV	Cu, Zn, Cd, Pb
AAS	Mg, Cu, Zn, Fe, Na, K

2.3. Analytical Quality Assurance and Quality Control

The laboratory has participated in a Quality Assurance Project to establish a Quality System that allowed us improve the laboratory practice. As a consequence we obtain greater accuracy so the laboratory will be nationally accredited.

The main goal is to ensure the accuracy of the data produced, and hence their comparability [16]. The laboratory applies the following means to achieve accuracy in the analytical results:

- Existence of a quality assurance manual; where we have established the mission of

the Chemistry Department and the quality policy besides the technical procedures.

- Training personnel; who receive training through attending specialized courses or for studying and giving lectures about update publications to the entire chemistry group.
- Good housekeeping of the laboratory; the control of indoor contamination in the lab is monitored constantly. A clean working area is available for handling the analytical samples.
- The use of validated methods
- The application of statistical control principles; the use of control charts, regression analysis, t- and F-tests, analysis of variance, etc.
- External quality assurance control; participating in proficiency tests and intercomparison runs.
- Comparison with results of other methods; results can be verified by other independent methods. All methods have their own particular source of error [14]. We search for good agreement in the results of the methods.
- The use of reference materials (RMs) and certified reference materials (CRMs) in chemical analysis is the most important tool. All the analysis are carried out including these RMs and CRMs with their composition similar to the composition of the unknown sample.

3 WORKING PLAN AND OUTPUTS

3.1. Working plan for the first year

- Identifying the critical agricultural areas potentially affected by contamination from industrial activities in the vicinity of Lima, Peru
- Selecting the food to be studied according to the production and consumption importance.
- Establishment of appropriate sampling plan to obtain representative samples.
- Collecting and analysing the collected samples, using nuclear analytical techniques and complementary non-nuclear techniques.
- Evaluating of obtained results.

3.2. Outputs: Results obtained (about sampling)

The first information obtained from wholesale market was a statistic about the kind of food that these markets receive and its origin. But most of them are not about vegetables.

The first inspection along the valley permit the identification of sampling sites and of four sampling products such as beetroot, turnip, radish and cabbage. In the medium valley the main product

cultivated are fruits such as peach, apples and avocado.

3.3. Analytical results

The samples analysis stage has not begun, however the following tables shown the results obtained in the respective reference material analyzed by INAA: Table 4 shows the results of some elements obtained in the Reference Material Lichen 336 from IAEA and its standard deviation of 6 replicates. There is a good agreement with the certified values.

Table 4. Lichen 336 - IAEA (mg/kg).

Element	Certified Value	IPEN-CHEM (n=6)
Aluminium	680 (570-780)	751 ± 81
Arsenic	0.64 (0.56-0.72)	0.77 ± 0.02
Calcium	2600 (2400-3300)	2600 ± 100
Chloride	1900 (1650-2200)	2170 ± 85
Lanthanum	0.66 (0.55-0.76)	0.70 ± 0.02
Magnesium	610 (500-710)	700 ± 100
Manganese	64 (57-71)	70 ± 2
Potassium	1840 (1640-2040)	2300 ± 400
Sodium	20 (280-360)	342 ± 12
Scandium	0.17 (0.148-0.192)	0.21 ± 0.01
Vanadium	1.5 (1.2-1.7)	1.7 ± 0.2

Table 5 shows the results of the Certified Reference Material Soil 7 from IAEA analyzed in a proficiency test of a Quality Assurance Project, ARCAL XXVI. The uncertainties are the overall estimated analytical uncertainty at 95% confidence level. These have quiet good agreement with the certified value.

Table 5. CRM Soil – 7 IAEA (mg/kg) 95%C.I

Element	IPEN-CHEM	Certified Value
Aluminium	45245 ± 799	47000 (44000-5100)
Antimony	1.6 ± 0.1	1.7 (1.4 -1.8)
Arsenic	13.1± 0.2	13.4 (12.5 -14.2)
Bromine	7.7± 0.17	7 (3 -10)
Calcium	155171±792	163000 (157000 – 174000)
Cesium	5.4 ± 0.21	5.4 (4.9 – 6.4)
Cobalt	8.5 ± 0.36	8.9 (8.4 – 10.1)
Dysprosium	3.9 ± 0.14	3.9 (3.2 – 5.3)
Iron	25918 ± 106	25700 (25200–26300)
Hafnium	5.2 ± 0.17	5.1 (4.8 – 5.5)
Lanthanum	28 ± 0.0	28 (27 – 29)
Magnesium	12062±2800	11300 (11000–11800)
Manganese	612 ± 7.8	631 (604 – 650)
Potassium	12334± 257	12100 (11300–12700)
Rubidium	51 ± 1.26	51 (47 – 56)
Samarium	5.4 ± 0.08	5.1 (4.8 –5.5)
Scandium	8.4 ± 0.13	8.3 (6.9 – 9.0)
Sodium	2291± 45	2400 (2300 – 2500)
Thorium	8.6 ± 0.15	8.2 (6.5 – 8.7)
Titanium	2946 ± 70	3000 (2600 – 3700)
Vanadium	65 ± 0.71	66 (59 – 73)
Uranium	3.4 ± 1.29	2.6 (2.2 – 3.3)
Ytterbium	2.6 ± 0.06	2.4 (1.9 – 2.6)

4 PLANS FOR FUTURE WORK

Other valleys providing agricultural products to Lima required surveillance of the degree of contamination by heavy metals and trace elements. These are the Lurin and Chillón valleys. We consider of utmost importance to extend the project to the agricultural products of the said valleys.

5 REFERENCES

- [1] GEOGRAPHY PERU ENCICLOPEDIA. Lexus, Spain, (1998) .
- [2] ROJAS, A. R., “Contaminación del Río Rimac por Metales Pesados provenientes de la industria minera”, Reunion Interamericana sobre el Control de Vertimientos de Sustancias Toxicas, Sao Paulo, Brasil, (1986).
- [3], [4], [5] DIGESA Report, “Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos. Results of Quality of River Rimac Water, Lima, Peru, (2000-2001).
- [6] ANDARES MAGAZING, LA REPUBLICA NEWSPAPER, “Aguas Peligrosas”, Lima, (2001).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Elemental Analysis of Biological Material, Technical Report Series No. 197, Vienna, (1980).pp. 29-37
- [8] PAIS, I., Environmental Sampling for Trace Elements, edited by Bernd Market, Germany (1994), pp.73-91.
- [9] PARR, R.M., Application of Nuclear Analytical Techniques in Human Nutrition Research as exemplified by Research Programs of the IAEA. JRANC, Vol. 110, No.2, (1987), 491-502.
- [10] PAIS, I., Environmental Sampling for Trace Elements, edited by Bernd Market, Germany (1994), pp.73-91.
- [11] Chowdhury, B.A., Chandra, R.K., Biological and Health Implications of Toxic Heavy Metal and Essential Trace Element, Programme Food Nutrition Sci, (1987), 11(1), 55-113.
- [12] Peraza, M.A., et al., Effects of Micronutrients on Metal Toxicity, Environment Health Perspective, 106, Suppl 1, (1998) 203-17.
- [13] DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL, DIGESA, Programa el Mercado de mi Barrio, Lima, Peru, (2001).
- [14] TECHNIQUES AND INSTRUMENTATION IN ANALYTICAL CHEMISTRY, Quality Assurance for Environmental Analysis, Belgium, (1995), Ch. 1.

- [15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Elemental Analysis of Biological Material, Technical Report Series No. 197, Vienna, (1980).pp. 57-71.
- [16] TECHNIQUES AND INSTRUMENTATION IN ANALYTICAL CHEMISTRY, Quality Assurance for Environmental Analysis, Belgium, (1995), Ch.

MONITOREO DE CONCENTRACIONES DE I-131 EN EL AIRE EN LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO DEL CENTRO NUCLEAR RACSO DURANTE 1990-2003

Osores J. iosoress@ipen.gob.pe; Anaya A.; Jara R.

Departamento de Control Ambiental – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima – Perú

RESUMEN

Dentro del programa de vigilancia radiológica ambiental del IPEN, se realizó el monitoreo de las concentraciones de radionucleidos artificiales emisores gamma en aire para detectar las descargas atmosféricas de material radiactivo por parte de las instalaciones del Centro Nuclear RACSO. Las muestras de aire fueron colectadas en filtros utilizando muestreadores de volumen medio y analizadas por espectrometría gamma. La principal fuente de nucleidos detectada entre 1990 y 2003 fue ^{131}I procedente de la Planta de Producción de Radioisótopos, con niveles no mayores de 10 Bq/m^3 , por lo cual no representa riesgo radio-epidemiológico para los trabajadores no ocupacionalmente expuestos y la población de Huarangal.

ABSTRACT

In the radiological environmental surveillance programme of IPEN, the concentrations of artificial gamma-emitting radionuclides were monitored in the air to detect atmospheric releases of radioactive material by facilities of the RACSO Nuclear Center. The air samples were collected on filters using medium-volume samplers and analyzed using gamma-spectrometry. The main source of nuclides detected between 1990 and 2003 was ^{131}I coming from the Plant of Radioisotopes Production, with nongreater levels of 10 Bq/m^3 , thus does not represent radioepidemiological risk for the workers not occupational exposed and the Huarangal population.

1 CONTENIDO

Como parte del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental, establecido para el Centro Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra "RACSO", se realiza desde 1990 el monitoreo de las descargas de radionucleidos a la atmósfera por parte de las instalaciones radiactivas relevantes

como son la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR) y el Reactor Nuclear (RP10). Para ello, se ha establecido un plan de muestreo de aerosoles y partículas en suspensión utilizando dos equipos colectores de aire marca Merlín Gerín, modelo APA con una capacidad de aspiración de 20 m^3 por día; uno de ellos ubicado a 50 metros de la chimenea de la PPR y el otro ubicado a 100 metros de la chimenea del RP10, ambos equipos fueron colocados en la dirección predominante del viento (Sur-Oeste).

Los dispositivos para retención de partículas en suspensión consisten en filtros planos circulares de acetato de celulosa de 5,5 cm de diámetro; los dispositivos para la retención de radioiodos están constituidos por cartuchos plásticos circulares de 5,5 cm. de diámetro y 2,5 cm. de alto en cuyo interior presentan carbón activado con una eficiencia de retención del 85% (Merlín Gerín Ref. 12217).

El muestreo se llevó a cabo con una frecuencia semanal para los cartuchos de carbón activado y mensual para los filtros de partículas en suspensión. Luego del periodo de monitoreo, los dispositivos fueron sometidos a ensayo analítico por espectroscopia gamma en un sistema radiométrico conformado por un detector de germanio hiperpuro con una eficiencia intrínseca del 15%, una cadena electrónica marca Canberra y una tarjeta multicanal marca Ortec. El tiempo de contaje fue de 4000 segundos para los cartuchos de carbón activado y 60000 segundos para los filtros de partículas en suspensión.

La actividad específica, expresada en Bequerelios por metro cúbico, así como la concentración mínima detectable y la incertidumbre expandida con una confianza de 95% se determinaron siguiendo los procedimientos establecidos por el Departamento de Control Ambiental del IPEN (1) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (2).

Los resultados analíticos obtenidos entre 1990 y 1991 se encontraron por debajo de la concentración mínima detectable ($0,001 \text{ Bq/m}^3$), en 1992 se detectó por primera vez la presencia de I^{131} en los meses de Mayo y Junio. A partir de 1993, las descargas de este radionucleido fueron constantes. Los ensayos analíticos efectuados en los filtros de partículas en suspensión dieron como resultado valores por debajo del límite de detección instrumental para otros radionucleidos artificiales emisores gamma de importancia ambiental.

Entre 1993 y 1995 se observa la predominancia de I^{131} en aire a partir del segundo trimestre de cada año, no llegando a sobrepasar los niveles de $1,00 \text{ Bq/m}^3$ (Figura 1).

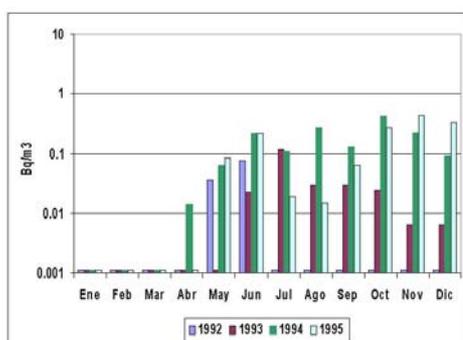


Figura 1. Concentración de I^{131} en aire (1992-1995).

En la Figura 2 se aprecia una elevación de las concentraciones de radioiodo por encima de $1,00 \text{ Bq/m}^3$, en los años 1996 y 1999; a partir del año 2002, los niveles sobrepasan con mayor frecuencia este valor; sin embargo, solo en dos ocasiones las concentraciones alcanzaron los $5,00 \text{ Bq/m}^3$ (Figura 3).

El incremento de las concentraciones de I^{131} presentado en los últimos años puede explicarse porque la PPR inició sus operaciones de producción en forma sostenida a partir de 1990, contando con una baja demanda inicial y con filtros de retención para radioiodos nuevos, ubicados en el sistema de extracción de aire de la planta. Sin embargo, con el transcurso de los años, la demanda de este radioisótopo, así como calidad y eficiencia de retención de estos filtros ha variado.

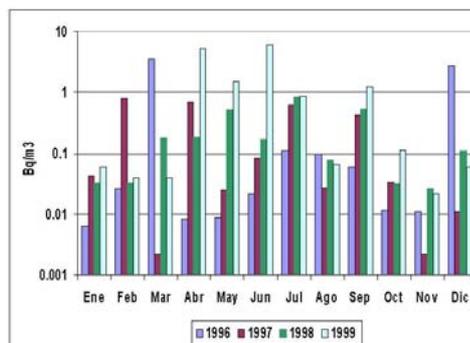


Figura 2. Concentración de I^{131} en aire (1996-1999).

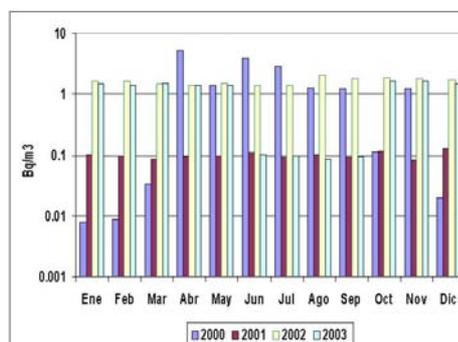


Figura 3. Concentración de I^{131} en aire (2000-2003).

Sin embargo, tomando en cuenta las bajas concentraciones detectadas, el tiempo de permanencia de trabajadores que no están ocupacionalmente expuestos en las zonas de muestreo y la distancia del poblado más cercano (3), la probabilidad de ocurrencia de un efecto estocástico debido a este radionucleido es prácticamente nula.

2 REFERENCIAS

- [1] IPEN-COAM. 2000. Procedimiento para la ejecución y validación del método de ensayo por espectrometría gamma. IPEN. Perú. p. 21-40.
- [2] IAEA. 1989. Measurement of Radionuclides in food and the environment. TRS 295. Austria. p. 47-60.
- [3] Cuzcano, R. 1997. Aportes a la elaboración de un modelo de dispersión atmosférica de contaminantes radiactivos en el Centro Nuclear RACSO. Tesis. Perú. p. 31-35.

PROGRAMA DE VIGILANCIA RADIOLOGICA AMBIENTAL EN EL CENTRO NUCLEAR RACSO (2002 – 2003)

Osores J. josores@ipen.gob.pe; Gonzáles S. sgonzales@ipen.gob.pe; López E.;
Martínez J.; Anaya A.; Jara R.

(1) *Departamento de Control Ambiental – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú*

RESUMEN

Con la finalidad de identificar la presencia de radionucleidos de importancia radiosanitaria, descargados al medioambiente por las instalaciones radiactivas del Centro Nuclear RACSO, se llevó a cabo durante los años 2002 y 2003 el Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental en un área de cobertura que abarca un entorno circular de 5 Km de radio con respecto al Reactor RP-10 del Centro Nuclear RACSO.

Durante este período de evaluación, no se han encontrado evidencias de un impacto radiológico ambiental de magnitud por parte del Centro Nuclear RACSO en el ecosistema del valle de Huarangal.

1 CONTENIDO

El Centro Nuclear RACSO cuenta con dos instalaciones relevantes; el Edificio del Reactor RP-10 y la Planta de Producción de Radioisótopos, así como otros laboratorios de investigación y desarrollo en ciencias nucleares. Estas actividades van a generar emisiones al medio ambiente razón por la cual es importante verificar que estas descargas no constituyan riesgo potencial para el ecosistema ni para el público comprometido a fin de dar cumplimiento al artículo 55, Cap. V del Reglamento de Seguridad Radiológica.

Se desarrolló el muestreo ambiental de acuerdo al programa establecido en la Tabla 1; estas muestras fueron acondicionadas en función de sus características fisicoquímicas[1] y se llevaron a cabo las lecturas instrumentales en un sistema de espectrometría gamma de alta resolución de acuerdo al Procedimiento Técnico PR Nro.008-00-COAM [2].

Los resultados son expresados en Bequerelios por unidad de masa o volumen, con una incertidumbre expandida del 95%. Los radio nucleidos evaluados para este periodo (2002-2003) fueron I-131, Ir-192 y

Te-123m como elementos potenciales de descargas y Cs-137 como radionucleído de importancia ambiental.

Los ensayos analíticos efectuados durante el presente periodo revelaron la presencia de I-131 en aire, producto de las descargas de la Planta de Producción de Radioisótopos (Tabla 2). Los ensayos realizados en otras muestras ambientales presentaron valores por debajo del límite de detección instrumental para Ir-192, Cs-137 y Te-123m.

Se puede observar que el Centro Nuclear libera a la atmósfera, en forma periódica pero con muy bajos niveles, el I-131 a partir de la chimenea de la PPR. Además se han identificado muy bajos niveles de otros radionucleídos en el sedimento colectado de la planta de tratamiento de efluentes cloacales pero sin embargo los ensayos en las aguas de esta instalación no muestran evidencias de contaminación radiactiva, razón por la cual se cree que la presencia de estos radionucleídos se deben al proceso de concentración de la partícula sedimentaria como consecuencia de descargas efectuadas en años anteriores y que no corresponderían al periodo comprendido en este estudio y además, no constituyen riesgo potencial para el medio ambiente [3]. No se estimaron dosis al público debido a que la Unidad Agropecuaria de Huarangal, centro poblado más cercano al RP10, se encuentra ubicado a 1,5 Km. de los puntos de emisión y en base a los factores de dispersión, la dosis estimada no sería relevante.

2 REFERENCIAS

- [1] IPEN-COAM. 2000. Procedimiento para la ejecución y validación del método de ensayo por espectrometría gamma. Procedimiento Técnico PR Nro.008-00-COAM. IPEN. Lima, Perú. Págs: 21-40.
- [2] IAEA. 1989. Measurement of Radionuclides in food and the environment. TRS 295. Austria. Págs: 47-60.

[3] Gonzales, S.; Osoreo, J.M.; Lopez, E.; Martinez, J., Jara, R. y Anaya, A. 2000. Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental en el Área de influencia del Centro Nuclear RACSO. Instituto

Peruano de Energía Nuclear. Dirección General de Seguridad Radiológica. Lima, Perú.

Tabla 1. Programa de Muestreo Radiológico Ambiental en el Centro Nuclear RACSO años 2002-2003

Muestra	Frecuencia de muestreo	Zonas de muestreo	Análisis	Frecuencia de Análisis
Aerosoles (Polvo en Aire)	Mensual	EM: Estación Meteorológica PPR: 20 mt. de chimenea PPR	Gamma	Quincenal
Aerosoles (I-131 en aire)	Semanal	EM: Estación Meteorológica PPR-A: Jardines de PPR	¹³¹ I	Semanal
Suelo	Trimestral	Mapa: E5-D3-B4-B6	Gamma	Trimestral
Agua cloacal	Mensual	Poza de efluentes cloacales	Gamma	Mensual
Agua Superficial	Trimestral	Huarangal	Gamma	Trimestral
Agua Subterránea	Trimestral	Huarangal	Gamma	Trimestral
Sedimento de Río	Trimestral	Río Chillón	Gamma	Trimestral
Sedimento cloacal	Mensual	Planta Efluentes Cloacales	Gamma	Mensual
Leche de Vaca	Trimestral	Pia Monte Gloria	Gamma	Bimestral
Prod. Agrícolas	Trimestral	Huarangal	Gamma	Trimestral

Tabla 2. Concentración Mensual Promedio de I-131 en aire - Estación: 20 mt. de chimenea PPR (Bequerelios/m³ ± Incertidumbre Expandida 95%)

Meses	2002		2003	
Enero	1.6600	± 0.0042	1.4310	± 0.0036
Febrero	1.6500	± 0.0041	1.3800	± 0.0035
Marzo	1.4884	± 0.0037	1.5780	± 0.0039
Abril	1.4234	± 0.0036	1.4118	± 0.0035
Mayo	1.5291	± 0.0038	1.4999	± 0.0037
Junio	1.4208	± 0.0036	0.1587	± 0.0004
Julio	1.4505	± 0.0036	0.1973	± 0.0005
Agosto	2.0790	± 0.0052	0.0987	± 0.0002
Septiembre	1.7940	± 0.0045	0.1110	± 0.0003
Octubre	1.9161	± 0.0048	1.4397	± 0.0036
Noviembre	1.8423	± 0.0046	1.7174	± 0.0043
Diciembre	1.7383	± 0.0043	1.4069	± 0.0035

TIEMPOS DE RESIDENCIA ENTRE PUNTOS DE MONITOREO DEL RÍO RÍMAC UTILIZANDO TÉCNICAS DE RADIOTRAZADORES

Rojas R. rrojas@ipen.gob.pe; Maghella G. gmaghella@ipen.gob.pe;
Mamani E. emamani@ipen.gob.pe; Maguiña J. imaquiña@ipen.gob.pe

Dirección de Aplicaciones – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima – Perú

RESUMEN

Se presentan los resultados de la determinación de los tiempos de tránsito de las aguas del río Rímac y Santa Eulalia, entre puntos de monitoreo de análisis químicos que se tienen entre estos ríos y una empresa de saneamiento de agua en temporada de estiaje. Para el estudio se utilizó como radiotrazador I-131, proporcionado por la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR).

1 CONTENIDO

El área de estudios comprendió tramos donde el agua fluye por superficie a través de los cauces naturales de los ríos y de túneles, pasando por tramos de tuberías de presión de las centrales hidroeléctricas y pozas de sedimentación. Esta área se encuentra en un sector del cauce del río Rímac comprendido entre el Km. 110 aproximadamente de la Carretera Central y la empresa de saneamiento de agua y un sector del río Santa Eulalia comprendido entre una de las centrales hidroeléctricas que conforman el sistema de generación de energía eléctrica y su confluencia con el río Rímac.

Los estudios efectuados corresponden al período de estiaje de las cuencas donde los caudales de los ríos son los mínimos que tienen durante el año, y los caudales encontrados durante los trabajos de campo provienen principalmente de aguas represadas en diversas lagunas que conforman el sistema hidroeléctrico y de abastecimiento de agua. Para ello se monitorearon los siguientes tramos, los cuales son descritos en la Tabla 1:

Tabla 1. Condición de los tramos evaluados desde el 1er. hasta el 5to. Tramo.

Tramo	Condición
1er. Tramo. El tramo incluye una poza de sedimentación	Superficie
2do. Tramo	Túnel y tubería
3er. Tramo. En este tramo las aguas del río Rímac reciben el aporte de aguas del río Santa Eulalia. El tramo incluye una poza de sedimentación	Túnel y tubería
4to. Tramo	Túnel y tubería
5to. Tramo	Túnel, tubería y superficie

CURVAS DE PASO DEL TRAZADOR

Se muestra en el Gráfico 1 la curva de paso del trazador del 1er. Tramo y que corresponde al tiempo transcurrido desde la hora de inyección del trazador I-131 en el km. 110, hasta su detección al final de dicho tramo (km. 97). Se observa un pico máximo y el centroide (5h. 19 min.), que nos señalan el tiempo de tránsito en dicho tramo.



Gráfico 1. Tiempo de tránsito en el 1er. Tramo

En la Tabla 2 se indica el tiempo de aparición del pico de máxima concentración del paso del trazador y otros parámetros relacionados con el flujo del agua. Las unidades de la concentración del trazador

son cuentas por minuto (cpm). Similar análisis se realizó para cada tramo.

Tabla 2. Parámetros de Flujo en el 1er. Tramo.

Parámetros	Tiempo
Tiempo de tránsito	5 h 19 min.
Tiempo de aparición de trazador	4 h 42 min.
Tiempo del pico máximo	5 h 12 min.
Tiempo de paso del 99% del trazador	7 h 00 min.

En la Tabla 3 se presenta el resumen del estudio realizado por cada tramo y al final el tramo completo de 94 Km. entre el 1er. y el 5to. tramo.

Los parámetros de cada uno de los tramos arriba indicados fueron medidos en el campo, pero los parámetros entre el 1er. tramo y el 5to. tramo son estimados y se obtuvieron sumando los parámetros de los tramos parciales que lo conforman.

Los dos caudales que se indican en el 3er. Tramo, se deben a que en este punto se unen 6 m³ /s provenientes de la cuenca del río Rímac y 20 m³/ seg. que corresponden al caudal total incluyendo los 14 m³/ seg. provenientes de la cuenca del Santa Eulalia. Estos son caudales aproximados.

Tabla 3. Resumen de los tiempos de tránsito de cada tramo incluyendo el tramo total.

TRAMOS	DISTANCIA (Km)	CAUDAL (m ³ /s)	TIEMPO DE TRANSITO (h)
1er. Tramo	17	6	5h. 19min.
2do. Tramo	22	6	4h. 27min.
3er. Tramo	21	6 – 20	4h. 01min
4to. Tramo	14	20	2h. 17min.
5to. Tramo	20	20	7h. 47min.
1er. Tramo – 5to. Tramo	94	6 – 20	23h. 51min.

2 CONCLUSIÓN

El tiempo de tránsito de las aguas del río Rímac en su recorrido de 94 Km. entre el 1er. Tramo de monitoreo y el 5to. tramo durante el periodo de estiaje es de 23 h. 51 min.

3 REFERENCIA

- [1] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Determinación del Tiempo de Tránsito de Conducción de Aguas de la Central Hidroeléctrica San Gabán II.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE HUARANGAL

Anaya A.; Osores J. josores@ipen.gob.pe;
González S. sgonzales@ipen.gob.pe; López E.

Departamento de Control Ambiental – Instituto Peruano de Energía Nuclear – Perú

El Instituto Peruano de Energía Nuclear cuenta con la Estación Climatológica Ordinaria – CEO Huarangal que se mantiene operativa desde 1980, con el apoyo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI). La Estación cuenta con equipos convencionales para la medición de los parámetros meteorológicos: temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, dirección de viento, velocidad de viento y presión atmosférica; que permiten llevar el control permanente en el área de influencia del Centro Nuclear RACSO. La información obtenida es de utilidad para estudios de dispersión atmosférica y aplicable a los potenciales casos de emergencia radiológica.

Anualmente, se emiten 12 planillas climatológicas y 12 boletines meteorológicos, las mismas que son enviados al SENAMHI.

En la zona de influencia del Centro Nuclear RACSO, la dirección de viento predominante es SSW (Sur-Suroeste).

En la Tabla 1 se presentan los valores de temperatura media diaria (en grados centígrados) registrados en la Estación Meteorológica de Huarangal en el período 2000 – 2003.

Tabla 1. Temperatura Media Diaria (°C)

Meses	2000	2001	2002	2003
Enero	22.7	23.7	23.4	22.3
Febrero	25.2	25.7	24.8	24.9
Marzo	25.2	26.2	25.5	24.7
Abril	24.4	23.7	23.3	22.8
Mayo	19.9	19.2	20.9	20.3
Junio	16.3	19.2	16.4	17.5
Julio	15.6	15.5	14.4	16.3
Agosto	15.8	15.6	14.3	15.7
Setiembre	17.0	16.2	16.2	15.8
Octubre	18.6	17.7	18.7	18.5
Noviembre	19.5	19.0	19.2	19.9
Diciembre	21.7	21.4	21.5	21.1

Fuente: Boletines Meteorológicos CEO Huarangal.
Enero – Diciembre 2000, 2001, 2002, 2003.

REFERENCIAS

- [1] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Boletines Meteorológicos de la Estación Meteorológica de Huarangal. Enero – Diciembre 2000, 2001, 2002, 2003.
- [2] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Planillas Climatológicas de la Estación Meteorológica de Huarangal Enero – Diciembre 2000, 2001, 2002, 2003.

VIII. Protección y Seguridad Radiológica

CALIBRACIÓN DOSIMÉTRICA DE MONITORES DE NEUTRONES EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Benavente T. tbenavente@ipen.gob.pe; Rojas E. fisrado@ipen.gob.pe

Dirección General de Seguridad Radiológica–Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

RESUMEN

El Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas (LSCD) del IPEN realiza calibraciones dosimétricas de monitores de neutrones empleados en protección radiológica, con la finalidad que los usuarios puedan obtener mediciones exactas y trazables de la dosis equivalente. La calibración dosimétrica consiste en calcular el factor de calibración del monitor y su incertidumbre asociada, de acuerdo a las recomendaciones de la ISO. Para la calibración dosimétrica se emplea una fuente de neutrones de $^{241}\text{Am-Be}$ de 29,6 GBq y un procedimiento basado en las recomendaciones del TRS 285 [1].

1 CONTENIDO

Una de las funciones del LSCD, es realizar la calibración dosimétrica de los monitores de radiación usados en protección radiológica, a nivel nacional, a fin de que los profesionales ocupacionalmente expuestos realicen mediciones exactas de la dosis equivalente.

La calibración se realiza con una fuente de neutrones de $^{241}\text{Am-Be}$ de actividad 29,6 GBq, con un flujo $q = 1,76 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ y un factor de conversión de fluencia a tasa de dosis equivalente $\dot{h}_\phi = 3,8 \times 10^{-14} \text{ Sv.m}^2$.

Los monitores de neutrones en forma usual tienen un moderador de neutrones, de forma que el detector solo registra neutrones térmicos.

El factor de calibración dosimétrica se calcula usando la siguiente relación [2]

$$N = \frac{\dot{Q}}{(r+a)^2} \cdot \frac{1}{L} \quad (1)$$

donde,

N factor de calibración
 R distancia fuente – superficie del moderador
 a corrección por punto efectivo de medida
 L $(l - l_0)$, lecturas en el campo de radiación y lecturas de fondo respectivamente
 Q $(q \cdot \dot{h}_\phi) / 4 \pi$

Utilizando el método de regresión lineal mediante la relación en (1) se obtiene el valor del factor de calibración y la corrección por punto efectivo de medida.

$$N = B^2 \cdot Q \quad (2)$$

$$a = A/B \quad (3)$$

El factor de calibración dosimétrica depende de la geometría de la fuente, de la contribución de la radiación dispersa y de la exactitud en el posicionamiento.

Para el cálculo de la incertidumbre global del factor de calibración dosimétrica, en un determinado rango, se utiliza la incertidumbre estadística y la precisión del monitor. [3]

2 REFERENCIAS

- [1] International Atomic Energy Agency. Guidelines on calibration of Neutron Measuring Devices. Technical Reports Series 285. Vienna: Austria; 1988.
- [2] International Atomic Energy Agency. Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments. Safety Reports Series 16. Vienna: Austria; 2000.
- [3] ISO 17025. Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración; 1999.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN IRRADIADOR PANORÁMICO PARA LA CALIBRACIÓN DE MONITORES DE RADIACIÓN

Benavente T. tbenavente@ipen.gob.pe; Rojas G.; Mora B.; Quispe J.; Castillo R.; Pintado V.; Heredia A.; Celedonio E.; Defilippi L.; Santos J.

Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

RESUMEN

En el Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas del Instituto Peruano de Energía Nuclear (LSCD/IPEN), se ha realizado el diseño e implementación de un irradiador de radiación gamma, tipo panorámico, para efectuar la calibración dosimétrica de monitores de radiación a nivel de protección radiológica, en condiciones seguras para los profesionales ocupacionalmente expuestos. En este trabajo se han considerado las fuentes radiactivas, los blindajes estructurales y los sistemas de desplazamiento. El irradiador contiene dos fuentes radiactivas de ^{137}Cs (185 GBq y 740 MBq) y una de ^{60}Co (1,85 GBq), cuyos haces han sido caracterizados en términos de tasa de kerma en aire. Los resultados obtenidos de los factores de calibración con este irradiador, para los valores comprendidos entre 5,0 $\mu\text{Gy}/\text{min}$ y 250,0 $\mu\text{Gy}/\text{min}$, difieren en menos del 3 % con los resultados obtenidos con un irradiador de haz colimado de ^{137}Cs .

Palabras clave: calibración, monitores de radiación, irradiador

ABSTRACT

At the Secondary Standard Dosimetry Laboratory of the Peruvian Institute of Nuclear Energy has been carried out the design and implementation of a gamma radiation irradiator, panoramic type, to carry out the dosimetric calibration of radiation monitors at level of radiological protection, under sure conditions for occupational exposed professionals. In this work we have been considered the radioactive sources, the structural shielding and the systems of displacement. The irradiator contains two radioactive sources of ^{137}Cs (185 GBq and 740 MBq) and one of ^{60}Co (1,85 GBq), whose beams have been characterized in terms of kerma rate in air. The obtained results of the calibration factors with this irradiator, for values between 5,0 $\mu\text{Gy}/\text{min}$ and 250,0 $\mu\text{Gy}/\text{min}$, differ in less than 3 % with the obtained results with an irradiator of collimated beam of ^{137}Cs .

Key words: calibration, survey meters, irradiator

1 INTRODUCCIÓN

Los irradiadores de radiaciones ionizantes están conformados por una o más fuentes radiactivas y el sistema que las contiene, el cual mantiene los niveles de exposición dentro de los límites de dosis permisibles, en la posición de apagado. El haz de radiación emitido por el irradiador, en la posición de encendido, puede ser caracterizado en términos de kerma en aire, o en otras magnitudes dosimétricas, para realizar la calibración dosimétrica de detectores y monitores de radiación.

En el Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas del Instituto Peruano de Energía Nuclear (LSCD/IPEN) existió la necesidad de contar con haces de radiación gamma de ^{137}Cs y ^{60}Co , para cumplir con los requerimientos de calibración dosimétrica de monitores, empleados en protección radiológica [1]. En este sentido, se consideró conveniente diseñar e implementar un irradiador, tipo panorámico, que esté conformado por fuentes radiactivas puntuales y un contenedor que mantenga las condiciones de seguridad. Asimismo, para la construcción de los sistemas de contención y desplazamiento de las fuentes se consideró emplear materiales y dispositivos accesibles y económicos.

En el presente trabajo se describen las consideraciones técnicas y de seguridad, que han sido tomadas en cuenta para el diseño y la implementación de un irradiador panorámico, constituido por dos fuentes radiactivas de ^{137}Cs y una de ^{60}Co . También, se describe la caracterización de los haces de radiación y se comparan los factores de calibración dosimétrica de un monitor típico, obtenidos en términos de tasa de kerma en aire, con un haz de este irradiador y el de un irradiador de haz colimado de ^{137}Cs , para valores de tasa de kerma comprendidos entre 5,0 $\mu\text{Gy}/\text{min}$ y 250 $\mu\text{Gy}/\text{min}$.

2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL IRRADIADOR

Para el diseño del irradiador panorámico se consideró contar con tres fuentes radiactivas puntuales en el interior de un contenedor blindado, cada una de las cuales debería tener la facilidad de poder desplazarse desde el interior del contenedor (posición apagado) hacia el exterior del mismo (posición encendido), mediante dispositivos comandados desde el exterior de la sala de irradiación (sala de control).

Con la finalidad de poder realizar las calibraciones dosimétricas en un amplio rango de tasa de exposición se considero utilizar tres fuentes radiactivas, existentes en el LSCD/IPEN, dos fuentes de ^{137}Cs (185 GBq y 740 MBq) y una de ^{60}Co . Para conocer el espesor necesario del contenedor, a fin de mantener los niveles de tasa de exposición en niveles aceptables en las proximidades del irradiador, se realizaron los cálculos de los blindajes, empleando los códigos MShield y MCNP [2,3,4].

Se construyó el contenedor con dimensiones internas suficientes para poder ubicar los sistemas de desplazamiento de las fuentes radiactivas (0,10 m x 0,12 m x 1,00 m). Para esto, se emplearon bloques de plomo de espesor 0,05 m, con bordes angulados a fin de reducir la radiación de fuga en sus uniones. Para cubrir la parte superior del contenedor se empleó un bloque de plomo, con agujeros para permitir el paso de las guías de las fuentes radiactivas.

Los sistemas de desplazamiento de las fuentes radiactivas están constituidos por dispositivos retráctiles electromecánicos (antenas), las guías (tubos) y el soporte de las fuentes. Las antenas permiten desplazar a cada una de las fuentes desde el interior hacia el exterior del contenedor y viceversa, y son controladas desde la sala de control. Las guías, constituidas por tubos de PVC, aseguran el desplazamiento vertical de la antena y por tanto de la fuente. El soporte de la fuente se encuentra en la parte superior de la antena y está constituido por dos dispositivos concéntricos de acrílico, uno de ellos fijado a la antena y el otro, el cual contiene a la fuente, es móvil, facilitando la colocación y el retiro de la fuente.

Una vez ubicado el sistema de desplazamiento en el contenedor, se realizó en frío la alineación de la fuente con los

indicadores de posición, para ello se emplearon sistemas de alineación láser y óptico. Asimismo, se efectuaron pruebas para garantizar la repetibilidad en el desplazamiento y en la posición de la fuente. Luego de colocar las fuentes radiactiva en sus respectivos contenedores, se realizaron mediciones de tasa de exposición, obteniendo en contacto 5 mR/h y 600 $\mu\text{R/h}$ a 0,50 m de la superficie del irradiador.



Figura 1. Irradiador panorámico implementado en el LSCD/IPEN.

CARACTERIZACION DEL HAZ DE RADIACION

Para caracterizar el haz de radiación gamma de ^{137}Cs , del irradiador panorámico, se realizaron mediciones del kerma en aire con una cámara de ionización a diferentes distancias de la fuente radiactiva, en la dirección del eje longitudinal de la sala de irradiación [5]. El centro efectivo de la cámara de ionización y el centro de la fuente radiactiva fueron alineados utilizando sistema láser y óptico.

En las mediciones se utilizó el estándar secundario de protección radiológica, conformado por la cámara de ionización N.E. 2575 (600 cm³) y el electrómetro N.E. Ionex 2500 [6]. Las mediciones fueron referenciadas a una presión de 103,25 hPa, a una temperatura de 20 °C y a una humedad relativa de 60%. Los valores de la tasa de kerma en aire para distancias fuente-cámara, comprendidas entre 2 m y 7 m, fueron estimados para un factor de cobertura de $k=2$, con una incertidumbre global del orden del 4 % [7,8].

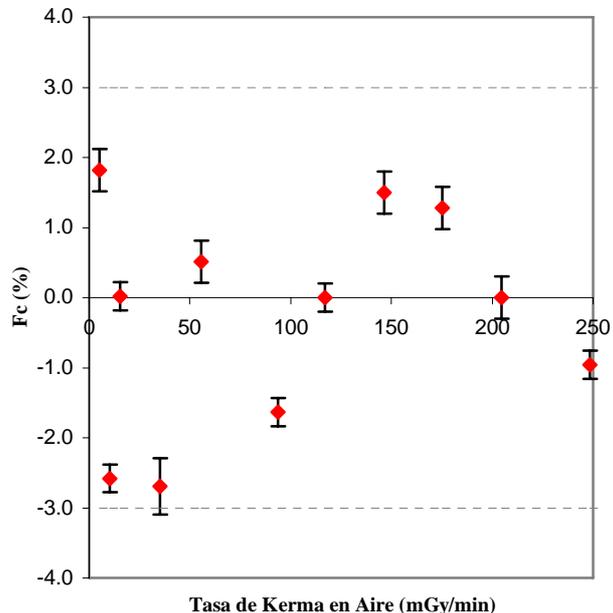
Con el objetivo de estimar la diferencia entre los factores de calibración dosimétrica obtenidos con el haz de radiación del irradiador implementado y con el de un irradiador de ^{137}Cs , modelo OB6, de haz colimado, se realizaron mediciones con monitores de radiación típicos, en un rango de tasa de kerma en aire comprendido entre 5,0 $\mu\text{Gy}/\text{min}$ y 250,0 $\mu\text{Gy}/\text{min}$. En la Figura 2 se muestra que las diferencias relativas entre los factores de calibración dosimétrica obtenidos son menores que el 3 %.

3 CONCLUSIONES

En el LSCD/IPEN se ha diseñado e implementado un irradiador de radiación gamma, tipo panorámico, el cual viene siendo utilizado en la calibración dosimétrica de monitores de radiación, en diferentes magnitudes empleadas en protección radiológica. En su implementación se han empleado dispositivos alternativos, y materiales disponibles en el laboratorio.

El irradiador panorámico permite realizar las prácticas con radiaciones ionizantes de acuerdo a las recomendaciones de seguridad radiológica para los profesionales ocupacionalmente expuestos, debido a que es comandado desde la sala de control, donde el valor promedio de la tasa de

exposición corresponde al valor del fondo radiactivo de la instalación. Asimismo, cuando el irradiador se encuentra en la posición de apagado el valor promedio de la tasa de



◆ Figura 2. Diferencias entre los factores de calibración (F_c) obtenidos con el irradiador panorámico con respecto al irradiador de haz colimado.

exposición es 600 $\mu\text{R}/\text{h}$, a 0,5 m de su superficie.

Los resultados obtenidos de los factores de calibración, de los monitores de radiación, utilizando este irradiador se diferencian en menos del 3 % con los factores de calibración obtenidos con el irradiador de ^{137}Cs , modelo OB6, de haz colimado. La implementación del irradiador también ha permitido mejorar la repetibilidad durante las mediciones y por tanto mantener la incertidumbre expandida de los factores de calibración en el orden del 4%, para un factor de cobertura $k=2$.

4 REFERENCIAS

- [1] International Atomic Energy Agency. International Basis Safety Standards for Protection Against Ionization Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series 115. Vienna: Austria; 1996.
- [2] Grove Engineering Inc. Micro Shield Tools Version 1.0, 1992.
- [3] Los Alamos National Laboratory. Monte-Carlo N-particle code MCNP4B2, Los Alamos; 1997.

- [4] Organización Panamericana de Salud. Protección contra la radiación ionizante de Fuentes Externas Utilizadas en Medicina; 1981.
- [5] International Atomic Energy Agency. Calibration factor in terms of air kerma. Vienna: Austria; 1997.
- [6] Nuclear Enterprises Ltd. Manual del electrómetro Ionex 2500/3; 1980.
- [7] Internatioinal Standard Organization. Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración, ISO 17025. 1999.
- [8] International Atomic Energy Agency. Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments. Safety Reports Series 16. Vienna: Austria; 2000.

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS LÍQUIDOS EN EL CENTRO NUCLEAR RACSO-PERÚ

Manchego T.^(1,2) mmtledo71@hotmail.com; Rodriguez G.⁽²⁾ grodriguez@ipen.gob.pe

(1) Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

(2) Universidad Nacional de Ingeniería

RESUMEN

Los residuos radiactivos líquidos en el Centro Nuclear RACSO, deben su presencia a la generación de productos de fisión, productos de corrosión, activación o captura neutrónica, así también como a los producidos por las actividades realizadas en los laboratorios auxiliares del reactor RP-10 y en la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR). Los residuos que vamos a tratar son los líquidos provenientes de los tanques de decaimiento del RP-10 (4 Cisternas de 10 m³) y de la PPR (2 Cisternas de 30 m³).

Los residuos radiactivos líquidos para su precipitación química requieren previamente ser caracterizados mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y radiológicos, que nos indiquen las condiciones en que pueden ser precipitados los contaminantes radiactivos. Cualquiera sea la forma de la precipitación, para mejorar la calidad y por tanto la optimización del proceso se requiere reconocer la composición y concentración de sus componentes.

1 ANÁLISIS

La metodología a emplear obedece a técnicas espectroscópicas para la determinación de la actividad del radioisótopo presente; técnicas instrumentales o analíticas que permitan completar la información básica para la etapa de tratamiento que en el caso de la Planta de Gestión de Residuos Radiactivos (PGRR) se ha implementado una infraestructura especialmente diseñada y automatizada de precipitación química.

Las propiedades físicas nos indicarán la masa del radioisótopo, que son concentraciones en el orden de partes por millón, por lo que la precipitación demanda acompañar sales químicamente similares al radioisótopo y de medios floculantes y coagulantes como forma de contribuir a crear

el medio adecuado de retención de los contaminantes radiactivos.

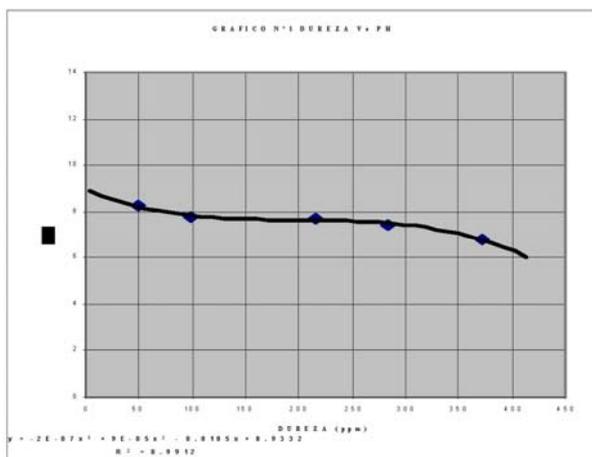
Las propiedades químicas, nos debe revelar el tipo de reactivo que asocia a cada uno de los radioisótopos presentes, sin dejar de considerar el contenido de cationes y aniones presentes. Estas determinaciones nos permitirán caracterizar los líquidos de modo tal, que se pueda realizar óptimamente la precipitación química.

En la Tabla 1 se muestra los resultados obtenidos de los análisis cualitativo y cuantitativo para las muestras líquidas radiactivas provenientes del RP-10, PPR y PGRR.

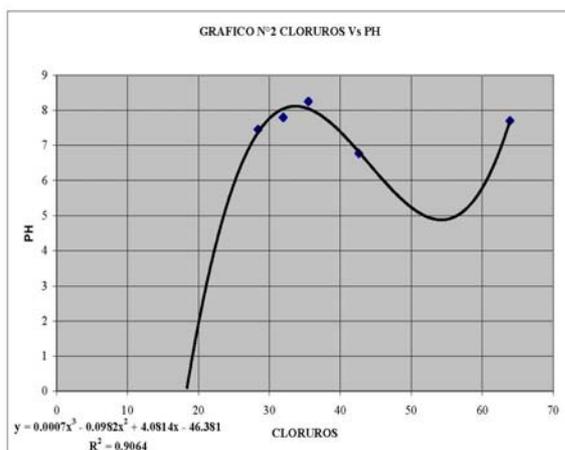
Tabla 1. Resultados del análisis físico químico de la planta de decaimiento de la PPR y RP-10.

Procedencia	Tipo de Análisis		
	PH	Dureza (ppm)	Cloruros (ppm)
RP-10 Cist1	8,25	49	35,5
RP-10 Cist2	7,70	215,6	63,9
RP-10 Cist3	7,80	98	31,95
PPR Cist1	6,77	372,4	42,6
PGRR	7,45	284,2	28,4

Los Gráficos N° 01 y 02 muestran la relación de dureza y cloruros vs el pH. Para ambos casos, el rango de pH no se encuentran muy distanciados, porque en la práctica puede variar significativamente, ya que en el uso de los reactivos en los laboratorios de donde provienen son modificados según la práctica.



En el Gráfico N° 01 se revela una variación importante de la dureza, debido en primer lugar, a que se encuentran los líquidos provenientes del tratamiento por resinas para su ingreso al sistema de refrigeración del núcleo del reactor que es de muy baja presencia salina y baja conductividad; y en segundo lugar, se encuentran los líquidos eventualmente contaminados provenientes de los laboratorios experimentales auxiliares.



En el Gráfico N° 02, se puede observar que en el rango de pH, se presenta también la variación significativa de la presencia de cloruros según la procedencia de los líquidos, aunque la diferencia no es muy significativa como sí lo es la dureza, ya que en el caso de la cisterna 2, donde la dureza se eleva aproximadamente 4,5 veces, para la misma cisterna, los cloruros se elevan a 1,8 veces.

Según se desprende también del análisis, se hace necesario ampliar la toma de muestras que permitan obtener una mayor variación o rango de pH presentes en las cisternas y hacer comparaciones en que tanto varía los cloruros y la dureza, cuando los líquidos se mantienen separados según la procedencia y cuando los líquidos se combinen. Este aspecto es importante, ya que interesa privilegiar la precipitación química con líquidos mezclados independientemente de su procedencia, pues con ello se gana en optimización del proceso.

La caracterización de los residuos líquidos, es una actividad permanente que se realiza en el aspecto radiológico, cuando se notifica las concentraciones presentes antes de definir el destino de los líquidos, y que son reconocidos por la Autoridad Nacional como límites derivados de descarga.

A las pruebas de dureza y cloruros presentes, se deben incorporar también las determinaciones de carbonatos, bicarbonatos y sulfatos bajo el rango de pH, para completar una evolución histórica por ejemplo a 5 años, las características físico, químicas y radiológicas de los líquidos radiactivos.

Para la caracterización química se debe retomar la participación de tesis e integrar la evaluación al comportamiento de estos líquidos con la precipitación química, siempre en el objetivo de optimizar el proceso, como de manejar diversas alternativas que pueden presentar los líquidos al ser tratados.

2 REFERENCIAS

- [1] American Society for Testing and Materials. Annual Book of Standards, ASTM D 1126 –92. 1994.
- [2] Alpha. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Metodo 3500 Ca-D; 1995.
- [3] American Society for Testing and Materials. Annual Book of Standards, ASTM D 1067 –92. 1994
- [4] Alpha. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Método 2320 B; 1995.

[5] American Society for Testing and Materials. Annual Book of Standards, ASTM D 1125 –91. 1994.

[6] Alpha. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Método 4500 Cl-B. 1995.

RED IBEROLATINOAMERICANA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Medina G., E. medina@ipen.gob.pe

Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

RESUMEN

Las diversas actividades desarrolladas en América Latina y el Caribe han permitido que especialistas que trabajan en diferentes áreas de Protección Radiológica se conozcan e intercambien experiencias en temas de interés común. Uno de los medios utilizados para difundir las actividades desde 1991 y por 10 años consecutivos ha sido el Boletín "Protección Radiológica", del cual se editaron 65000 ejemplares que fueron distribuidos a especialistas de más de 40 países gracias al apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

El desarrollo de la tecnología de información permite que haya un permanente intercambio de mensajes y en forma inmediata entre especialistas, lo cual se complementa con la información disponible en diversos sitios de Internet. La experiencia en la implementación de la página web: www.radioproteccion.org.pe en 1998, que fuera subvencionada inicialmente por el OIEA permitió que se conozcan las actividades desarrolladas en los Proyectos ARCAL sobre Protección Radiológica. Esto se apreció cuando se modificó la página web en el año 2003 luego de que fuera visitada más de 5000 veces.

Hoy se hace necesario consolidar este esfuerzo mediante la creación de una red iberolatinoamericana, es decir una red virtual sobre Protección Radiológica, la cual sea una respuesta a las inquietudes de los especialistas de mantener una permanente comunicación y abrir canales para un mayor intercambio de experiencias en diversos temas. Esto permitirá la participación activa ya que es una invitación a expresarse por este medio con las experiencias, documentos, trabajos científicos, publicaciones, artículos, debate, etc. que tienen en sus manos y además para difundir los eventos técnicos y las actividades que se desarrollan en cada país.

La base para esta red puede ser la página web y la lista de interés "radioprotección" creada el 15 de marzo de 2002 y que cuenta con más de 360 miembros de 23 países, de habla hispana principalmente y en donde los integrantes pueden mandar y recibir información sobre cursos y actividades científicas, artículos, opiniones, comentarios y todo aquello que promueva la comunicación, colaboración y fomente la integración de sus miembros.

Palabras claves: Protección Radiológica, Red Ibero-latinoamericana, Comunicación.

ABSTRACT

The diverse developed activities in Latin American and the Caribbean have allowed that diverse specialists that work in different topics of Radiation Protection interchange experiences in subjects of common interest. One of used means to spread the activities from 1991 and by 10 consecutive years has been the Bulletin "Protección Radiológica", of which 65000 units were published that were distributed to specialists of but of 40 countries thanks to the support of the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the Pan-American Health Organization (PAHO).

The development of the technology of the information allows that there is a permanent interchange of messages and in immediate form between specialists, which is complemented with the information available in diverse sites of Internet. The experience in the implementation of the web site: www.radioproteccion.org.pe in 1998, initially supported by the IAEA, allowed that the activities developed in Projects ARCAL about Radiation Protection are known. When it was modified the web site in 2003 noticed that it had been visited but of 5000 times.

Today it is made necessary to consolidate this effort by means of the creation of a Iberian and Latin American Network, is to say a virtual networking on Radiation Protection,

which is an answer to the restlessness of the specialists to maintain a permanent communication and to open channels for a greater interchange of experiences in diverse subjects. This will allow the active participation since it is an invitation to express itself by this means with the experiences, scientific documents, works, publications, articles, etc. that they have in his hands and in addition to spread the technical events and the activities that are developed in each country.

It is possible to be begun this network with the web site "radioproteccion.org.pe" and the list of interest "radioprotección" created the 15 of March of 2002 and that counts on but of 360 members from 23 countries, of hispanic speech mainly and where the members can send and receive information on courses and scientific activities, articles, opinions, commentaries and everything what it promotes the communication, collaboration and foments the integration of their members.

Key works: Radiation Protection, Iberian and Latin American Network, Communication.

1 INTRODUCCIÓN

Los especialistas de América Latina y el Caribe vienen participando en diversas actividades de protección radiológica debido principalmente a que en 1984 se dio inicio formalmente a las actividades de cooperación técnica en materia nuclear con la creación del Programa ARCAL del OIEA y en donde se han destacado los Proyectos: "Protección Radiológica" (1985-1993), "Estructura normativa y organización regulatoria" (1994-1996), "Directrices para el control de fuentes de radiación" (1997-2000) y "Mejoramiento de la efectividad de la gestión reguladora" (2001-2002).

Los Proyectos en mención han contribuido a incrementar los conocimientos sobre diferentes aspectos de protección radiológica y especialmente a mejorar los vínculos profesionales, los cuales se han difundido mediante el Boletín ARCAL "Protección Radiológica" y la página web del Proyecto ARCAL.

BOLETÍN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

A fin de establecer una mayor comunicación entre los especialistas de la región y dar a conocer actividades que se desarrollan en el Proyecto ARCAL, en el mes de Junio de 1991 se editan los primeros 5000 ejemplares del Boletín de este Proyecto gracias al apoyo, en la edición y distribución, del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y del Coordinador de Proyecto de Perú.

Hasta el mes de Junio de 2001, se editaron 22 números del Boletín con un total de 65 000 ejemplares que fueron distribuidos a especialistas e instituciones de 40 países, especialmente de la región latinoamericana y del Caribe. La suscripción fue gratuita. El Boletín dejó de editarse debido a la suspensión de la ayuda económica de los organismos internacionales.

El Boletín fue un importante medio de difusión de las actividades de ARCAL y de las que se llevaban a cabo en la región y en el mundo. La edición periódica permitió que la información se actualice permanentemente y se puedan conocer los eventos técnicos, las nuevas publicaciones en el tema, las normas nacionales e internacionales, las noticias de las Sociedades de Protección Radiológica y temas relacionados con la especialidad.

Una de las conclusiones de cada Proyecto ARCAL fue que el Boletín cumplía su objetivo y se había convertido en "un medio útil de transmisión de información entre especialistas de la región".

PÁGINA WEB

Una de las actividades del Proyecto ARCAL XX "Directrices para el control de fuentes de radiación" fue desarrollar una página web para difundir las actividades del Proyecto con el apoyo del OIEA. En 1998 esto se hace realidad con la página web: www.arcalxx.org.pe bajo la responsabilidad del Coordinador de Proyecto de Perú. Posteriormente esta página cambia de nombre a: www.radioproteccion.org.pe. Hasta el mes de septiembre de 2003 alrededor de 10 000 visitas se había recibido

en la web.

Inicialmente la información proporcionada en la web era sobre los acuerdos de las reuniones del Proyecto ARCAL (reuniones de coordinadores y reuniones técnicas de trabajo) y sobre los documentos que se iban generando en la misma. Se proporcionaba información sobre los antecedentes de ARCAL, sobre los Coordinadores del Proyecto, eventos técnicos, entre otros.

Posteriormente, al finalizar los Proyectos ARCAL que dieron origen a esta página web y apoyaron esta actividad, y al dejar de contar con el apoyo del OIEA, la página web pretende mostrar las actividades de protección radiológica que libremente puedan publicar los interesados, ya sea de la región o de otras latitudes. Pretende mantener información de la Sociedades afiliadas a la Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe (FRALC), incluir documentos técnicos, mostrar las noticias de interés, difundir las páginas web de instituciones relacionadas con el tema, etc.

Actualmente toda la información relacionada con las actividades de ARCAL se pueden apreciar en la página web: <http://arc.cnea.gov.ar/>

LISTA DE INTERÉS

Una Lista de Interés consiste en un listado de personas a las que se les envía mensajes de correo electrónico. Su fin es lograr la participación de varias personas en discusiones sobre temas específicos y lograr la distribución de informaciones a un grupo con interés común. Para estas personas el uso del correo electrónico es cotidiano y emplean la Lista como una fuente más de información. Se tiene una propia dirección de correo electrónico y es a esta dirección común a la que se envían los mensajes que luego serán distribuidos a todos los suscritos. Al recibir los mensajes, las personas pueden responder con opiniones o sugerencias (que a su vez todos los demás recibirán), o responder en privado al autor del mensaje, si la respuesta no es de interés general de la Lista o no incumbe a los otros miembros.

Entre otras ventajas, la Lista permite: formular preguntas que se dirigen a cientos

de colegas simultáneamente, recibir los mensajes directamente en el buzón y enviarlos o leerlos en cualquier momento, formarse una opinión del estado de la profesión, acceder a la información formal e informal, establecer vínculos con profesionales del mismo campo de interés, enriquecerse de ideas y críticas con colegas reconocidos, o disfrutar de un estatus de igualdad entre emisores y receptores.

Por medio de la Lista, los interesados pueden conocer las actividades, programas desarrollados por otros centros, cooperar, compartir recursos, consultar dudas e intercambiar experiencias a la hora de poner en marcha nuevos proyectos. Es un primer paso en el camino hacia las comunidades virtuales. La Lista es, en definitiva, una forma de comunicación muy viva y dinámica.

El administrador o persona encargada del mantenimiento de la Lista y de su buena marcha, puede optar por una Lista abierta, en la que se suscriba quien lo desee; o bien por una Lista cerrada, limitada a aquellas personas que cumplan una serie de requisitos: pertenencia a grupo profesional, interés demostrado por la temática de la Lista, etc.

Es común que los miembros puedan intercambiar archivos (texto, imágenes, programas, etc.), pero el problema es la saturación de buzones de los suscritos que en muchos casos puede no interesarles esa información concreta o también los ficheros pueden tener virus de forma inadvertida. Una solución a este problema es utilizando los "Servidores de ficheros" donde se pueden depositar los ficheros y sólo los miembros de la Lista, que deseen recuperarlos se dirigen a esta dirección para su descarga. Igualmente se pueden revisar mensajes antiguos enviados a la Lista.

Otra opción utilizada en una Lista, es recibir periódicamente mensajes que generalmente serán boletines o publicaciones electrónicas de formato sencillo sobre temas específicos. La suscripción es generalmente gratuita. En este tipo de Lista, el usuario no puede enviar mensajes a las personas que forman la Lista, tan sólo puede dirigirse a la dirección electrónica del responsable. Estas publicaciones son muy útiles para las personas que desean estar informados de

temas muy específicos.

En la Lista puede haber uno o varios miembros que se responsabilizan de la moderación de los mensajes. Así, cuando se envían los mensajes por sus participantes, el/los moderadores los supervisan y determinan si se envían a toda la Lista o no. La ventaja de este tipo de Lista radica, en que los usuarios nunca recibirán mensajes fuera de tema. El inconveniente es que los mensajes pueden llegar a todos los participantes fuera de tiempo, pues éstos no serán recibidos hasta que hayan sido revisados y reenviados por el moderador.

La otra opción es que la Lista no tenga moderación por lo que, todas las personas suscritas pueden unirse al debate sin ninguna restricción. Su ventaja está en que los mensajes son recibidos inmediatamente. La desventaja, recibir mensajes fuera de tema, de baja calidad o erróneos.

En términos generales los aspectos positivos de la Lista son: 1) Acceso a información formal e informal, 2) Compartir experiencias de trabajos y la posibilidad de encontrar respuestas útiles desde cualquier lugar del mundo, en poco tiempo, 3) Establecimiento de vínculos con nuevos colegas y profesionales del mismo campo de interés, 4) Enriquecimiento de ideas y críticas con colegas reconocidos, 5) Estatus de igualdad entre emisores y receptores, 6) Envío y lectura de mensajes en cualquier momento.

En definitiva, la aplicación práctica de la Lista se orienta hacia dos frentes: información y comunicación. Una Lista es una fuente de información profesional de incalculable valor, ya que sus mensajes, que además quedan archivados, aportan datos actuales y novedosos. Además, la Lista posibilita la comunicación simultánea entre profesionales, ya que es común que se establezcan vínculos entre suscriptores. Una buena prueba de que la Lista es una herramienta profesional excepcional, es la escasa atención que han recibido de las empresas que comercian en Internet. El desinterés mercantil en las Listas es proporcional al interés de los profesionales en tener foros libres de publicidad. Un aspecto importante de la Lista es que no están sujetas a limitaciones temporales ni espaciales. Otra de las ventajas de la Lista

es su autorregulación.

También se puede considerar como ventajas de la Lista: 1) Receptividad hacia los sistemas electrónicos de información, 2) Bajo coste de infraestructura, 3) La información no produce costos, 4) Escasas necesidades de espacio, 4) Fácil distribución de la información, 5) Poco personal para el mantenimiento, 6) Gran impacto en la comunidad científica, 7) Inmediatez de la información.

Sin embargo, cada vez es más frecuente y preocupante el uso del e-mail para enviar mensajes publicitarios, en muchas ocasiones con propaganda indeseable, pero la moderación de la Lista es eficaz ya que todos los mensajes son previamente leídos y filtrados. Otro aspecto son los mensajes sin relación al contenido de la Lista. Provocan el desánimo de los demás miembros, ya que restan valor a la Lista. En este caso los administradores deben desanimar cortésmente a los miembros que las provocan, recordándoles la misión de la Lista.

Un problema es la baja participación de los suscriptores. Típicamente sólo entre el 5% y el 10% de los suscriptores participan activamente en la Lista, respondiendo a las preguntas presentadas o planteando temas de discusión. Pero también pueda ser que también haya excesivo protagonismo del administrador, por lo que hay que entender que su misión es, además de gestionar los aspectos administrativos, es estimular un correcto uso de la Lista, pero evitando intervenir con exceso y acapararla, creando así una Lista demasiado personalizada. Tiene que intentar mantenerse al margen en lo posible, dejando que los demás colaboren activamente, creando y participando en los debates.

Es importante mantener ciertas reglas entre los miembros de una Lista, tales como: 1) Escribir lo más conciso posible. Los mensajes son un reflejo de nuestra persona, 2) Al contestar a una Lista no colocar la cita completa del mensaje al que se contesta, evitar los mensajes personales a una Lista y evitar los diálogos "uno a uno", responder con hechos probados, no con argumentos de oídas, revisar si la respuesta ya fue contestada por más personas, 3) No

limitarse a escuchar sino también aportar opiniones, 4) En lo posible no enviar mensajes adjuntos, 5) No utilizar la Lista para enviar publicidad, 6) Usar el campo "Asunto:" de la cabecera del mensaje con una frase escueta del contenido del mensaje, 7) Cuidado con el humor y el sarcasmo, 8) Resumir lo que se está contestando, 9) Reportar los hallazgos. Reunir todas las respuestas en un artículo y enviarlo al grupo, 10) Si se usan comentarios, ideas o material de otras personas, se debe mencionar la procedencia, 11) Considerar que cuando se envía algo a la red, la información es de dominio público, 12) Se debe identificar el remitente, 13) Antes de mandar un mensaje a la Lista, considerar si es el lugar apropiado, 14) Evitar la escritura con faltas de ortografía, releer antes de enviar, 15) No usar la Lista para hacer una prueba o ver si está funcionando su correo electrónico, 16) No mandar "cartas cadena", en las que se pide enviar copias para que ocurra algo: salvar enfermos de cáncer, buscar personas desaparecidas, alarma sobre virus...

Hay que recordar que la Lista es un recurso muy valioso para todas las personas que participan; todos deben esforzarse por conservarla y mejorarla, por lo que las dudas, comentarios y críticas relativas a la Lista, deberán hacerse llegar al administrador, así como las peticiones para borrarse, pedir información adicional y nunca a la dirección de la Lista. La Lista está abierta a todos los integrantes y todos deben saber autorregularse. Igualmente, nunca se debe colocar groserías. No enviar sistemáticamente mensajes de desaprobación a uno o varios de los participantes, no enviar mensajes irrelevantes, anuncios, notas fuera de tema, publicidad, etc. Se debe participar con dudas, comentarios y preguntas interesantes. El objetivo es incrementar los conocimientos y fomentar la cultura a través de la libertad de expresión.

LISTA RADIOPROTECCIÓN

El 15 de marzo de 2002 se crea la Lista de interés: "Radioproteccion" con muy pocos miembros. Esta lista se encuentra en un servidor comercial y actualmente tiene mas de 360 miembros de 23 países, de habla hispana principalmente y en donde los

integrantes pueden mandar y recibir información sobre cursos y actividades científicas, artículos, opiniones, comentarios sobre protección radiológica y todo aquello que promueva la comunicación, colaboración y fomente la integración de sus miembros.

Durante su vigencia se han enviado 603 mensajes hasta septiembre de 2003, en donde se han intercambiado ideas y experiencias sobre diversos temas, tales como cultura de la seguridad, capacitación de personal, trabajo seguro con Yodo 131, dosimetría individual, aspectos reguladores, normas específicas, radioterapia y embarazo, radiactividad ambiental, telefonía celular y protección, accidentes radiológicos, radiología dental, día de la protección radiológica, etc.. También algunos miembros regularmente envían noticias de interés comportándose como boletines de interés profesional.

La Lista es abierta y la dirección electrónica del moderador es: medinao@terra.com.pe

Los detalles de esta Lista son:

Descripción

Categoría: [Otras](#)

Este es un medio de comunicación entre las personas interesadas en temas relacionados con la protección contra las radiaciones ionizantes y la seguridad de las fuentes de radiación. Los integrantes de la lista pueden mandar y recibir información sobre cursos y actividades científicas, artículos, opiniones, comentarios y todo aquello que promueva la comunicación, la superación técnica y fomente la integración de sus miembros.

Mensajes más recientes:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2003	20	32	73	47	11	28	23	22	34			
2002			56	67	31	27	13	41	17	17	14	30

Direcciones de correo-e en el Grupo

Publicar: Radioproteccion@gruposyahoo.com
Suscribir: Radioproteccion-subscribe@gruposyahoo.com
Borrar: Radioproteccion-unsubscribe@gruposyahoo.com
Propietario: Radioproteccion-owner@gruposyahoo.com

Para ser miembro de la lista solo hace falta conocer el uso del correo electrónico y tener ganas de compartir información y discutir sobre temas comunes. Para la suscripción solamente se debe mandar un mensaje en blanco a: Radioproteccion-subscribe@gruposyahoo.com y una vez incorporado voluntariamente se puede enviar un mensaje de presentación indicando el nombre completo, institución donde trabaja, país y de ser posible el interés en determinados temas de protección radiológica.

RED IBEROLATINOAMERICANA

En la práctica, todo lo realizado hasta el momento esta dando lugar a formar una poderosa red de colaboración entre investigadores e interesados en temas de protección radiológica de entidades nacionales e internacionales, tanto públicas como particulares, la cual con ayuda de la tecnología de la información puede dar lugar a utilizar de mejor manera los recursos en este campo.

Por ahora, se debe dar mayor apoyo y uso a la lista de interés y a la página web, para lo cual los interesados deben conocer mejor el uso de estos medios y la utilidad que tiene para sus miembros, se debe introducir diversas mejoras y consolidar los puntos fuertes, se debe conocer la opinión de los miembros respecto a diversos temas que

permitan mejorar su uso y utilidad.

Además, se puede variar la temática de los mensajes tratando de incorporar anuncios de Congresos y eventos nacionales e internacionales, anuncio de revistas, libros, CD, documentación y recursos accesibles en Internet y aportaciones personales de los miembros de la lista (resúmenes de artículos, etc.). Esto se debe complementar con una actualización permanente de la página web.

Existe la posibilidad de ampliar la red con nuevas incorporaciones de miembros y con la posible alianza con redes de otros países que tratan temas similares.

2 CONCLUSIÓN

La red iberolatinoamericana de protección radiológica esta formación. Se han creado las herramientas necesarias que deben ser utilizadas por sus miembros y mejoradas por los mismos. Se debe tender al uso de las redes avanzadas (mayor ancho de banda) que van a producir cambios importantes en el ámbito de la investigación y la educación, otorgando nuevas herramientas que nos acercan cada vez más a otras comunidades científicas del mundo.

Se deben realizar investigaciones entre equipos de trabajo distantes geográficamente, mejorar la interacción y apoyo entre investigadores y buscar

transferir grandes cantidades de información por medio de redes de alta velocidad. Además se debería explotar el uso de las videoconferencias.

Hay que tomar en cuenta que se están gestando redes avanzadas mediante la cual se acelerará el desarrollo de la sociedad de la información en América Latina al proporcionar una infraestructura avanzada de comunicación que permitirá conectar a más de 700 universidades y centros de investigación de la región y a los investigadores colaborar más fácilmente en proyectos de investigación que trasciendan las fronteras nacionales. Al superar las limitaciones de falta de infraestructura que existen actualmente para dicha colaboración se pretenden fomentar asociaciones internacionales dentro de América Latina y con otras regiones del mundo que permitan avanzar más aceleradamente en el campo de la investigación.

Se debe buscar el apoyo económico y soporte material de instituciones nacionales e internacionales para continuar con las aspiraciones de mantener la red en Ibero América.

3 REFERENCIAS

- [1] Medina Gironzini, E. Alternativa para una mejor comunicación en América Latina y el Caribe. Proyecto ARCAL XVII/OIEA. Protección Radiológica en América Latina y el Caribe. Trabajos presentados al III Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear. Lima, 1995.
- [2] Medina Gironzini, E. Integración Regional a través de ARCAL. Symposium on Globalization of Nuclear Activities. Rio de Janeiro, Brasil, 15-18 Junio 1997.
- [3] Proyecto ARCAL XX. Informe de la Reunión Final de Coordinadores de Proyecto. Quito, Ecuador, 27 noviembre – 8 diciembre 2000.
- [4] Merlo Vega, JA, Sorli Rojo, A. Las Listas de distribución como herramienta profesional. Métodos de información 1999;6(31):53-60. Texto completo en: <http://exlibris.usal.es/merlo/escritos/pdf/m ei.pdf>
- [5] Castillo, J. Comunidades virtuales: la superación de las Listas de distribución como foro de reunión y trabajo de profesionales. El Profesional de la Información. 1999; 8(6):14-28. Abstract en: <http://dois.mimas.ac.uk/DoIS/data/Articulos/julqtichqy:1999:v:8:i:6:p:14-28.html>
- [6] Servicio Correo Electrónico RedIRIS. Normas de estilo en el correo electrónico. Texto completo en: <http://www.rediris.es/mail/estilo.html>

PROGRAMAS DE FORMACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA USUARIOS DE RADIACIONES IONIZANTES EN EL PERÚ

Medina G., E. medina@ipen.gob.pe

Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

RESUMEN

En el Perú las personas que trabajan con radiaciones ionizantes deben contar con una autorización (Licencia Individual) según lo establecido en el Reglamento de Seguridad Radiológica, que es la norma de carácter obligatorio. La autorización es otorgada por la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional (OTAN) que es el órgano técnico del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) encargado de las funciones de control de radiaciones en el país, luego de que el postulante demuestra que además de conocer el uso específico de la técnica donde emplea radiaciones, conoce los aspectos de seguridad y protección radiológica.

Desde su creación en 1972, el Centro Superior de Estudios Nucleares (CSEN) del IPEN ha llevado a cabo diversos cursos de capacitación a fin de que las personas puedan trabajar en forma segura con radiaciones ionizantes en medicina, industria e investigación.

En este trabajo se presenta el análisis de los programas de protección radiológica que ha desarrollado el CSEN en sus 30 años de existencia y que ha permitido la capacitación de más de 2200 personas en el país, lo cual a su vez ha posibilitado la obtención de la respectiva Licencia Individual.

En la actualidad los cursos se organizan de acuerdo al trabajo específico con radiaciones (radiodiagnóstico médico, radiología dental, medicina nuclear, radioterapia, radiografía industrial, medidores nucleares, etc.) y son parte del programa de educación continua del CSEN.

ABSTRACT

In Peru, people who work with ionizing radiations must have an authorization (Individual License) as established in the Radiological Safety Regulations, which are the mandatory rules. The Technical Office of the National Authority (OTAN), which is the technical organ of the Peruvian

Institute of Nuclear Energy (IPEN) in charge of controlling radiations within the country, grants the authorization after the candidate demonstrates that he/she knows the specific use of the technique using radiations, as well as the aspects related to safety and radiological protection.

Since it was created in 1972, the Superior Center of Nuclear Studies (CSEN) from IPEN has carried out different training courses so that people can work safely with ionizing radiations in medicine, industry and investigation.

The analysis of the radiological safety programs carried out by CSEN during the last 30 years, which allowed the training of more than 2200 people in the country and, at the same time, made possible the securing of the respective Individual License, is presented in this work.

The courses are currently organized according to the specific work with radiations (diagnostic radiology, dental radiology, nuclear medicine, radiotherapy, industrial radiography, nuclear gauges, gamma irradiator, etc.) and are part of the continuous education program of CSEN.

1 INTRODUCCIÓN

Los cursos de protección radiológica que se vienen dictando en el Perú han estado casi siempre relacionados con las regulaciones que exigen el cumplimiento de una adecuada capacitación y la aprobación de los exámenes de suficiencia a fin de que los usuarios puedan contar con la respectiva autorización que los faculta a trabajar con radiaciones ionizantes. Esta es una de las razones por las cuales los programas de capacitación se han modificado en el transcurso del tiempo y en ellos también se han estado considerando las recomendaciones internacionales.

El Instituto Peruano de Energía Nuclear creado en 1975, tiene como una de sus principales funciones planificar y ejecutar

acciones de capacitación, desarrollando y coordinando programas de especialización y perfeccionamiento en el campo nuclear, y además, en el aspecto regulatorio, emite normas, reglamentos y regulaciones sobre Protección Radiológica y fiscaliza su cumplimiento a nivel nacional.

Desde su creación el Centro Superior de Estudios Nucleares del IPEN es el principal centro de difusión y capacitación en el país en los temas nucleares y especialmente en protección radiológica.

CREACIÓN DEL CSEN

Entre 1955 y 1975 existía la Junta de Control de Energía Atómica (JCEA) que fue el organismo encargado de desarrollar las actividades de control en todo lo concerniente a la energía atómica y a la producción de las materias primas que la generen. La JCEA antecedió al Instituto Peruano de Energía Nuclear.

En la centésima trigésima cuarta sesión del Directorio de la JCEA que se llevó a cabo el 23 de noviembre de 1972 se crea el Centro Superior de Estudios Nucleares (CSEN) en reemplazo del Instituto Superior de Estudios Nucleares, con el objetivo de capacitar personal en los campos relacionados con las ciencias nucleares mediante el dictado de cursos, seminarios y conferencias a fin de especializar al personal que el país requiere para el desarrollo de la energía nuclear en su vasto campo de sus aplicaciones.

Desde su creación el CSEN ha desarrollado numerosas actividades académicas resaltando las Maestrías en Energía Nuclear (6) y Física Médica (4) con la Universidad Nacional de Ingeniería, además se organizó una Maestría en Física Nuclear con la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y una Maestría en Química Nuclear con la Pontificia Universidad Católica del Perú. Se efectuaron 2 Diplomados Medicina Nuclear y 4 Cursos de larga duración para Técnicos en Energía Nuclear. Igualmente se efectuaron numerosos cursos para profesores de educación secundaria (energía nuclear, física nuclear, radioquímica y radiobiología). En todos los cursos se incorporaron los temas de protección radiológica en las curriculas.

Además se han efectuado numerosos cursos sobre aplicaciones de las radiaciones ionizantes en la industria, medicina e

investigación y cursos sobre protección radiológica.

EVOLUCIÓN DE LOS PROGRAMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Los programas de los cursos de protección radiológica han ido evolucionando en cuanto a contenido y especificidad en lo que se refiere a la orientación respecto a quienes esta dirigido, y además estos programas se han ido modificando en función a las exigencias regulatorias. Por esta razón se han identificado 4 etapas claramente definidas que se detallan a continuación.

Etapas 1: 1972 – 1980

El CSEN inicia sus actividades en la JCEA hasta que en 1975 se crea el IPEN. En sus inicios el CSEN organizó cursos de protección radiológica para el personal del IPEN contando para ello con la colaboración de algunos profesores extranjeros que visitaban sus instalaciones. La duración de los cursos fue variada, desde unos pocos días (20 horas de clases aproximadamente) hasta unas 3 semanas con mas de 30 horas de clases.

En esta etapa se llevan a cabo 8 cursos y se capacita a 143 personas.

Etapas 2: 1981 – 1989

A partir de esta etapa los cursos de protección radiológica son mas requeridos por las personas que trabajan en instalaciones radiactivas debido a las regulaciones tal como el “Reglamento de Protección Radiológica” y el “Reglamento de Instalaciones de Fuentes de Radiaciones Ionizantes” que fue promulgado mediante una Resolución del IPEN el 27 de octubre de 1980.

En estas disposiciones se exige que el personal de las instalaciones nucleares, radiactivas y de equipos generadores de radiaciones ionizantes deba contar con Licencias que son específicas y aplicables únicamente a una instalación determinada y con validez definida. Para ello deberían cumplir con uno de los requisitos que era la capacitación en protección radiológica.

Esta reglamentación se aplicó principalmente a personal de reactores y de instalaciones radiactivas en donde se definió el Supervisor

quien estaba capacitado para dirigir las actividades en una instalación específica.

Por esta razón los primeros cursos de protección radiológica estuvieron dirigidos a capacitar a los Supervisores de estas instalaciones. Estos cursos se denominaron: Radioprotección para Supervisores y tenían una duración de 2 semanas, es decir 54 horas de clases: 33 horas de teoría, 15 horas de prácticas y 6 horas para los 2 exámenes parciales. Los temas eran: Conceptos generales, radiactividad, interacción de la radiación con la materia, medida de las radiaciones, dosimetría, riesgos de las radiaciones, blindajes, efectos biológicos de las radiaciones, contaminación interna, gestión de residuos y transporte, legislación y reglamentación. Se dictan 4 cursos de estas características.

Posteriormente estos cursos estuvieron dirigidos a la aplicación de las radiaciones en la industria y medicina y por eso se dictan 2 tipos de cursos: Radioprotección en la aplicación médica y Radioprotección en la aplicación industrial, los cuales tienen una duración de 20 horas aproximadamente. Además de los temas mencionados en los cursos para Supervisores, se incluyen los usos de las radiaciones ionizantes y se dan detalles sobre la producción de los rayos X, características, usos y medidas de protección radiológica. Se dictan 7 cursos bajo esta modalidad.

Posteriormente se modifica el contenido de los cursos ya que los programas se hacen en relación al tipo de radiación que se está usando. Los cursos son denominados: Radioprotección en el uso de fuentes radiactivas y Radioprotección en el uso de rayos X. Todos con una duración de 20 horas aproximadamente. Solamente se efectuaron 3 cursos sobre fuentes radiactivas debido a que los asistentes, aunque eran mayoritariamente del campo industrial, tenían que recibir clases sobre usos de las radiaciones y aspectos de protección radiológica en la industria y medicina. Por esa razón estos cursos tienen una modificación en esta etapa y se orientan únicamente al campo industrial, mientras que los cursos sobre rayos X estaban más orientados al campo médico, pero se mantiene así hasta el final de este período. Bajos estas modalidades se efectúan 13 cursos.

En toda esta etapa se desarrollan 24 cursos que y se capacita a 443 personas. Las personas que aprobaron los exámenes correspondientes podían tramitar la Licencia correspondiente.

Etapa 3: 1990 – 1997

El 29 de septiembre de 1989 se aprueba el “Reglamento de Protección Radiológica” mediante un Decreto Supremo en donde se dispone que la manipulación de fuentes de radiaciones ionizantes o realización de labores que impliquen exposición a radiaciones ionizantes, se permitirá exclusivamente a personas que posean Licencia Individual. Para ello será necesario demostrar conocimientos de protección radiológica en el campo específico donde se trabaje.

En el CSEN se continúa con el dictado de algunos cursos de Radioprotección en el uso de fuentes radiactivas y de rayos X hasta que se decide cambiar el contenido de los mismos y hacerlos más específicos de acuerdo a la aplicación específica de las radiaciones, por ejemplo: Cursos de Protección Radiológica en el uso médico de rayos X.

En esta etapa se dictan 17 cursos y se capacita a 354 personas. Como en la etapa anterior, las personas que aprueban los cursos continúan sus trámites para obtener su respectiva Licencia Individual.

Etapa 4: 1998 – 2002

Como en el caso anterior, esta etapa se inicia con la puesta en vigencia del “Reglamento de Seguridad Radiológica” que fue aprobado el 20 de mayo de 1997 mediante un Decreto Supremo, en donde se menciona que la manipulación, operación o trabajo con fuentes de radiaciones ionizantes será permitida solo a personas autorizadas mediante una Licencia Individual, siempre que cumpla con los requisitos exigidos. El Reglamento concedió el plazo de un año para que todas las personas se adecuen a las disposiciones del mismo.

Esta etapa se caracteriza porque los cursos de protección radiológica fueron más específicos y tuvieron mayor demanda debido a las exigencias regulatorias.

El CSEN organiza y desarrolla los cursos pero los exámenes a los participantes los

realiza la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional (OTAN). La aprobación del examen es un requisito para tramitar la Licencia Individual.

Los cursos contemplan algunos temas comunes:

Conceptos Generales. Estructura atómica. Nomenclatura. Radiactividad y Radioisótopos. Actividad. Radiación electromagnética Radiaciones Ionizantes. Interacción de las radiaciones con la materia. Atenuación. Magnitudes y unidades de radiación. Exposición. Dosis absorbida. Dosis equivalente. Dosis efectiva. Detección de las radiaciones. Detectores. Dosímetros personales. Efectos biológicos de las radiaciones.

Fundamentos de Seguridad y Protección Radiológica. Principios básicos. Justificación, limitación de dosis y optimización. Métodos para controlar la exposición: tiempo, distancia y blindaje. Cálculo de distancias seguras.

Normativa. Autoridad Nacional. Sistema de control de las radiaciones. Reglamento de Seguridad Radiológica. Normas específicas. Licencia de instalación. Licencia Individual. Inspecciones. Sanciones.

De acuerdo al tipo de curso se incorporan los temas específicos, por ejemplo: Rayos X. Producción y características. Equipos, características, Protección Radiológica en el uso de rayos X.

La mayor parte de los cursos tienen una duración máxima de una semana (20 horas de clases) en donde se incluyen las clases prácticas que se llevan a cabo, en varios casos, en instalaciones radiactivas o de rayos X, dependiendo del curso. La duración de los cursos depende de la relevancia de la práctica en cuanto a riesgo.

La denominación actual de los cursos mas frecuentes es:

- Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico
- Protección Radiológica en Radiología Dental
- Protección Radiológica y Seguridad en Medicina Nuclear
- Seguridad Radiológica en Teleterapia
- Seguridad Radiológica en el uso de Medidores Nucleares

- Seguridad Radiológica en Radiografía Industrial
- Seguridad Radiológica en Irradiación Gamma

Adicionalmente hay cursos sobre seguridad radiológica en la comercialización y transporte de material radiactivo, sobre Protección Radiológica en el mantenimiento de equipos de rayos X utilizados para vigilancia y control de paquetes, sobre protección radiológica en el uso de fuentes beta, Protección Radiológica en aceleradores de partículas, entre otros.

Adicionalmente, en el último año se ha iniciado el dictado de cursos de actualización en seguridad radiológica, los cuales una duración de 5 horas y están dirigidos a las personas que ya poseen conocimientos en el tema y requieren actualizar sus conocimientos y además cumplir con las normas a fin de renovar la Licencia Individual.

La evolución de los cursos en estos últimos años ha sido:

1998: 19 cursos (350 personas)
1999: 14 cursos (163 personas)
2000: 9 cursos (104 personas)
2001: 13 cursos (200 personas)
2002: 41 cursos (522 personas)

En esta etapa se han realizado 96 cursos en donde se han capacitado a 1339 personas. El 43% de los cursos fueron realizados en el año 2002 y se capacitó al 39% de las personas en este año.

2 CONCLUSIONES

Desde la creación del CSEN se han realizado 145 cursos de protección radiológica lo cual ha permitido la capacitación de 2279 personas. El 66% de los cursos se han llevado a cabo en los últimos 5 años, lo cual ha permitido la capacitación del 59% del total de participantes en los 30 años de existencia del CSEN.

La exigencia regulatoria fue importante para el desarrollo de los cursos de protección radiológica. Las personas que trabajan con radiaciones ionizantes comprenden el mayor porcentaje de las personas capacitadas. La mayor parte de estas personas cumplió con tramitar la respectiva Licencia Individual en la OTAN.

Los cursos han evolucionado positivamente en cuanto a contenido y en lo que se refiere a ser específicos de acuerdo a cada aplicación. Adicionalmente se han ido incorporando los conceptos emanados de los organismos internacionales y especialmente en los cursos del año 2002 se ha empezado a incluir la información proporcionada en los cursos específicos sobre Seguridad Radiológica que ha desarrollado el Organismo Internacional de Energía Atómica en la región latinoamericana.

La mayor parte de los profesores de los cursos que imparte el CSEN son profesionales del IPEN que cuentan al menos con un post grado en protección radiológica y con amplia experiencia profesional en diversos temas. Esto se complementa con el uso de equipos e infraestructura del IPEN.

Desde 1972 se han ido incrementando el número de cursos y de personas capacitadas. En la etapa 1 se dictaron 7 cursos para 143 personas, en la etapa 2 se dictaron 24 cursos para 443 personas, en la etapa 3 se dictaron 17 cursos para 354 personas y en la última etapa fueron 96 los cursos que permitieron la capacitación de 1339 personas.

3 REFERENCIAS

- [1] Medina Gironzini, Eduardo. Reglamentación y normativa sobre protección radiológica en el Perú. Primer Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear, Buenos Aires, 21-25 octubre 1991.
- [2] Resolución Nro. 005-80/ANSNPR. Reglamento de Protección Radiológica. Lima, 1980.
- [3] Resolución Nro. 005-80/ANSNPR. Reglamento de Instalaciones de Fuentes de Radiaciones Ionizantes. Lima, 1980.
- [4] Decreto Supremo Nro.018-89-EM/VME. Reglamento de Protección Radiológica. Lima, 1989.
- [5] Decreto Supremo Nro.009-97-EM. Reglamento de Seguridad Radiológica. Lima, 1997.
- [6] Ramírez Q., R. y Medina G., E.. "Desarrollo histórico y tendencias de las actividades regulatorias del Instituto Peruano de Energía Nuclear-Autoridad Nacional". Tercer Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear, Cusco, 23-27 octubre 1995.
- [7] Centro Superior de Estudios Nucleares. Actas de cursos (1972-2002). Lima.

CALIBRACIÓN DOSIMÉTRICA DEL EQUIPO DE IRRADIACIÓN TIPO I DE ^{60}Co MODELO GAMMACELL 220 EXCEL SN 44R

Linares M. mlinaires@ipen.gob.pe; Huamanlazo P. phuamanlazo@ipen.gob.pe;
Vargas J. jvargas@ipen.gob.pe

(1) Dirección General de Seguridad Radiológica–Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

RESUMEN

El IPEN en agosto del año 2003 recibió como parte de un proyecto del OIEA un equipo de irradiación Tipo I, con una actividad nominal de 24 000 Ci. La primera calibración dosimétrica se realizó con el dosímetro químico estándar FRICKE, el cual fue preparado basado en la Norma ASTM E 1026-95. La determinación de la dosis absorbida en el centro de la cámara ó isocentro, tuvo una desviación menor del 1% comparado con la certificación de la MDS Nordion's Dosimetry Laboratory.

1 CONTENIDO

El Instituto Peruano de Energía Nuclear cuenta con un nuevo y moderno equipo de irradiación, Gammacell 220 Excel, a partir del mes de agosto del 2003 y con el cual viene brindando servicios de irradiación de alimentos y productos médicos a pequeña escala, garantizando la inocuidad en alimentos, requisito necesario hoy en día debido a las normas y exigencias sanitarias implantadas tanto a nivel nacional como internacional, en lo concerniente a la calidad de alimentos. Asimismo se brinda servicios de irradiación de material médico y apósitos quirúrgicos con la finalidad de esterilizarlos.

La tecnología de irradiación consiste en la exposición de diferentes productos a la radiación ionizante producida por una fuente radiactiva. Es un método físico al igual que los métodos que utilizan calor o frío.

Este equipo instalado en los laboratorios del centro Nuclear RACSO en Huarangal, está constituido por una fuente de Cobalto 60 que emite radiación gamma (radiaciones ionizantes) que al incidir sobre los alimentos permite disminuir la carga microbiana, eliminar la presencia de microorganismos patógenos, desinfectar de insectos y parásitos, inhibir la germinación y retardar la maduración; dependiendo del tipo de producto, cumpliéndose de esta manera con el objetivo principal de mejorar la calidad higiénico-sanitaria y extender el periodo de

comestibilidad del alimento irradiado, para cuyo efecto se aplican diferentes dosis absorbidas cuya unidad es el Gray (Gy).

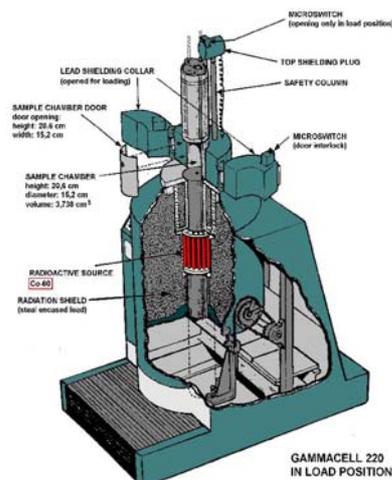


Figura 1. Esquema del Gammacell 220 Excel SN 44R.

Las principales ventajas que ofrece esta tecnología se centran en que el producto puede ser irradiado en su empaque final, sin incrementar significativamente la temperatura de éste y no deja residuos tóxicos, por lo que reemplaza a los aditivos y fumigantes químicos; muchos de ellos prohibidos y en proceso de prohibición en nuestro país puesto que representan un problema de salud pública y aportan a la contaminación del medio Ambiente.

Actualmente el IPEN aplica esta tecnología en alimentos secos o vegetales deshidratados en polvo como la harina de maca, espárragos, plátanos, lúcuma; en plantas y hierbas medicinales (complementos nutricionales) como la uña de gato, pasuchaca, muña, graviola, sangre de grado, manayupa; en especies y condimentos como la pimienta, palillo, orégano; en colorantes orgánicos naturales como el carmín, cúrcuma, achote; en hierbas aromáticas como la manzanilla, anís, hierbaluisa, té; en productos frescos o congelados como: camarones, langostinos, tentáculos de pulpo, conchas de abanico. A

la vez se esterilizan productos médicos, farmacéuticos y cosméticos.

Asimismo la aplicación de esta tecnología permite realizar pruebas de verificación tecnológica que consiste en someter al producto a un análisis dosimétrico y a la administración de diferentes dosis de irradiación, con la finalidad de encontrar la dosis óptima que permita reducir la población bacteriana y de hongos de acuerdo a las especificaciones recomendadas por las normas técnicas vigentes, sin afectar significativamente las características nutritivas y sensoriales del producto.

Las organizaciones Internacionales como la FAO, OIEA y la OMS han llegado a la conclusión de que una dosis máxima de 10 KGy no representa riesgos a la salud. En la actualidad más de 40 países han aprobado para el consumo alrededor de 50 productos tratados por esta tecnología.

1.1 Tablas de datos y dosis

Tabla 1. Especificaciones técnicas del Gammacell.

Constante	0.025251
Error Estándar Y	0.000316
R cuadrado(R²)	0.999989
Grados de Libertad	3.000000
Coefficiente X	0.005312
<hr/>	
Tasa Dosis (aire)	19.12167 kGy/h
Dosis NORDION	18.96242 kGy/h
% Desviación	0.83982

Tabla 2. Dosis de irradiación promedio más utilizadas.

Tiempo [s]	Dosis Promedio (KGy)
15	0.10517
25	0.15761
35	0.21136
45	0.26418
55	0.31746

2 REFERENCIAS

- [1] ASTM STANDARDS - Guia E-1261-94 "Guide for selection and application of dosimetry systems for radiation processing of food", Annual Book Of ASTM Standards, Vol 12.02
- [2] Sehested, K., "The Fricke Dosimeter", Manual on Radiation Dosimetry, edited by Holm, N.W., and Berry, R. J., Marcel Dekker, pp. 313-317, 1970
- [3] Fricke, H., and Hart, E. J., "Chemical Dosimetry", Radiation Dosimetry, 2nd Edition, Vol 2, Academic Press. pp. 167-239, 1966
- [4] ASTM STANDARD: E 1026-95 "Using the Fricke Reference Standard Dosimetry System"
- [5] ASTM STANDARD: E275 "Practice for Describing and Measuring Performance of Ultraviolet, Visible, and Near Infrared Spectrophotometers", Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.05
- [6] Soares, C.G., Bright, E.L., and Ehrlich, M., "NBS Measurements Services: Fricke Dosimetry in High-Energy Electron Beams", NBS Special Publication 250-4, 1987.
- [7] ASTM STANDARD: E 1400-95^a "Standard Practice for Characterization and Performance of a High-Dose Radiation Dosimetry Calibration Laboratory"
- [8] "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", International Organization for Standardization, 1993 ISBN 92-67-10188-9. Available from the International Organization for Standardization, 1 rue de Varembe, Case Postale 56, CH-1211, Geneva 20, Switzerland.
- [9] MANUAL DEL GAMMACELL 220

LA DOSIMETRÍA PERSONAL EN EL INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR EN EL AÑO 2003

Celedonio E. celedonio@ipen.gob.pe; Benavente T. tbenavente@ipen.gob.pe

Departamento de Radioprotección y Dosimetría - SERA - IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

Las dosis recibidas por los profesionales ocupacionalmente expuestos (POE) del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), debida a las prácticas con radiaciones ionizantes, en el ámbito de la medicina, industria e investigación son evaluadas por el Departamento de Radioprotección y Dosimetría del IPEN.

Los resultados obtenidos de las dosis efectiva y equivalente del POE-IPEN en el año 2003, para ninguno de los subgrupos involucrados, superan los límites de dosis anual establecido por el Reglamento de Seguridad Radiológica del Perú.

1 CONTENIDO

La medición por medios físicos de las dosis recibidas por los trabajadores en las diferentes instalaciones y prácticas con radiaciones ionizantes permite evaluar la seguridad radiológica en las instalaciones, así como el cumplimiento de niveles de protección de las personas. [1]

La dosimetría personal, debida a la exposición externa, es realizada con dosímetros de película, los cuales permiten estimar la dosis efectiva y dosis equivalente.

El POE del IPEN de las instalaciones del Reactor de Potencia 10 (INST), en la Planta de Producción de Radioisótopos (RAIS), en Seguridad Radiológica (SERA), en Investigación y Desarrollo (PRDT) y en el Centro de Medicina Nuclear (CEMN), son periódicamente evaluados, a fin de cumplir con lo dispuesto en el Reglamento de Seguridad Radiológica del Perú. [2]

El Departamento de Radioprotección y Dosimetría realiza la evaluación mensual de la dosimetría del POE del IPEN, mantiene permanentemente actualizado los registros de dosis, y la base de datos de los reportes de dosis de años anteriores.

La Fig. 1 muestra la dosis efectiva media en

los subgrupos INST, RAIS, SERA, PRDT y CEMN en el año 2003: 1,11 mSv; 3,86 mSv; 0,82 mSv; 0,70 mSv y 3,05 mSv, respectivamente.

Los resultados obtenidos de las dosis efectivas del 9POE del IPEN en el año 2003 muestran que el valor medio de la dosis efectiva de los subgrupos evaluados no supera el límite anual de 20 mSv, establecido por el Reglamento de Seguridad Radiológica. Asimismo, se ha determinado una dosis efectiva colectiva del POE-IPEN de 200 mSv en el periodo evaluado.

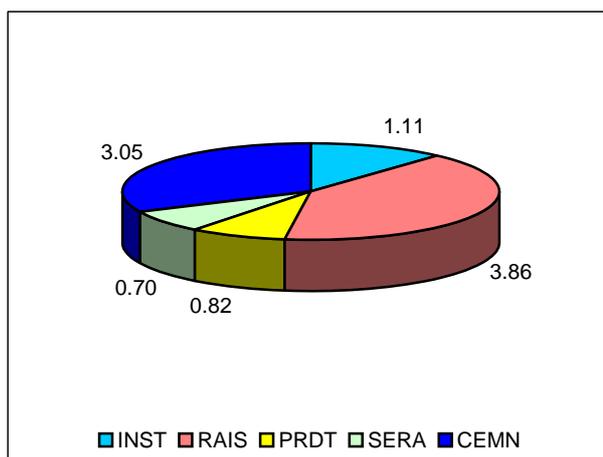


Figura 1. Dosis efectiva media.

Finalmente, se podría considerar que el POE del IPEN cumple con los procedimientos establecidos y con los principios de la protección radiológica en las diferentes prácticas que realizan.

2 REFERENCIAS

- [1] Internacional Atomic Energy Agency. Normas Básicas de Seguridad N° 115. Viena: Austria; 1996.
- [2] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Protección Radiológica; 1997.

CONTROL RADIOLÓGICO DE HARINA DE PESCADO EN EL PERÚ (2001- 2003)

López E.; Osoros J. josores@ipen.gob.pe; Gonzáles S. sgonzales@ipen.gob.pe; Martínez J.; Jara R.

Departamento de Control Ambiental – Instituto Peruano de Energía Nuclear – Perú

RESUMEN

La evaluación de radiactividad es un control requerido por diversos países a fin de asegurar la inocuidad radiosanitaria de los productos que ingresan por exportación. El Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) cumple una importante labor en beneficio del sector comercial al brindar el servicio de análisis radiométrico de acuerdo a estándares internacionales de calidad.

ABSTRACT

The radioactivity evaluation is a control required by diverse countries in order to assure the radiosanitary quality of the imported products. The Nuclear Energy Peruvian Institute (IPEN) fulfills an important work in benefit of the commercial sector, offering the service of radiometric analysis according to international standards of quality.

1 CONTENIDO

El ser humano está expuesto a fuentes de radiaciones ionizantes naturales y artificiales. Con el desarrollo científico y tecnológico han aparecido nuevas fuentes de radiación antropogénicas, incrementándose la probabilidad de contaminación radiactiva, motivo por el cual la mayoría de los países solicita Informes de Control Radiológico para garantizar el ingreso de productos radiosanitariamente inocuos.

En el Perú, la pesquería, es una de las principales actividades productivas, habida cuenta de que constituye cerca del 20% del total de las exportaciones. El mar peruano posee gran diversidad de recursos que lo ubican como uno de los principales países del mundo por su captura marina y como el principal productor mundial de las distintas calidades de harina y aceite de pescado. La especie más usada en la elaboración de harina de pescado es la anchoveta (80%). La sardina, la caballa y el jurel, se reparten el 20% restante.

La harina de pescado es el principal producto de exportación habiendo facturado US \$ 835 millones durante el año 2001. Hacia setiembre de 2003, las exportaciones de harina de pescado alcanzaron un millón 125 mil 200 toneladas, constituyendo el 27 % de la producción global, convirtiendo a nuestro país en el segundo productor a nivel mundial.

El análisis radiométrico tiene por objetivo identificar y cuantificar los elementos radiactivos de interés radiosanitario, asegurando a la población el uso y consumo de productos radiológicamente inocuos. El control radiométrico es requerido para diversos fines comerciales tales como la importación, exportación y licitaciones, coadyuvando en este sentido, al desarrollo económico del país.

El Laboratorio de Radiometría del Departamento de Control Ambiental tiene entre sus funciones, la ejecución de análisis radiométricos en diversas matrices entre ellas alimentos, diversos productos de uso comercial y frotices de pruebas de fuga en fuentes radiactivas selladas, asimismo, la medición y evaluación periódica de los niveles de radiactividad en el medio ambiente. Dispone de un sistema de calidad de acuerdo a la Norma ISO/IEC 17025 el cual ha sido reconocido a través de un Certificado otorgado por parte del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

El Laboratorio participa regularmente en Programas de Intercomparación realizados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y el Departamento de Energía de Estados Unidos (US DOE). En el Perú, como consecuencia del accidente de Chernobil, el Ministerio de Salud, a través del Decreto Supremo N° 021-87-SA del 28 de Abril de 1987, estableció los niveles máximos permitidos de contaminación radiactiva referidos a Cs-134 y Cs-137 en alimentos importados.

En la actualidad, el Reglamento de Seguridad Radiológica (D.S. 009-97-EM), en

su Anexo II.3, establece los niveles de intervención para el retiro o sustitución de alimentos por contaminación radiactiva, esta actividad se lleva a cabo en productos lácteos, papillas, harina de pescado y otros insumos de exportación e importación, los cuales son analizados por espectrometría gamma de centelleo sólido para determinar la presencia de elementos radiactivos artificiales como Cs-137.

En muestras de harina de pescado, se analiza principalmente el radionucleido Cs-137 habida cuenta de que constituye uno de los más importantes desde el punto de vista radiosanitario.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis radiométrico de Cs-137 en muestras de harina de pescado realizados durante el período comprendido entre los años 2001 y 2003. En todos los casos, los niveles de Cs-137 en las muestras están en por debajo de la concentración mínima detectable y de los límites requeridos por el comercio internacional (100 Bq/kg).

Tabla 1. Análisis Radiométrico de Cs-137 en Muestras de Harina de Pescado.

Año	Nº muestras	Actividad promedio (Bq/kg)
2001	85	<13,40
2002	78	<10,44
2003	70	<14,11

2 REFERENCIAS

- [1] Departamento de Control Ambiental. Reportes de Ensayo 2001-2003.
- [2] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Seguridad Radiológica. 1997.
- [3] Artículo "Perú exportó en lo que va del año el 27% de producción mundial de harina de pescado" <http://radio1160.terra.com.pe/modules.php?name=News&file=print&sid=12208>
- [4] PROINVERSION. Página Web. URL: <http://www.proinversion.gob.pe>. 2004
- [5] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Catálogo de Servicios de Protección Radiológica. <http://www.ipen.gob.pe>

MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN AMBIENTAL EN EL CENTRO NUCLEAR "RACSO" USANDO DOSÍMETROS TERMOLUMINISCENTES

Celedonio E. eceledonio@ipen.gob.pe; Benavente T. tbenavente@ipen.gob.pe

Departamento de Radioprotección y Dosimetría – SERA / IPEN – Perú

RESUMEN

Para evaluar posibles variaciones significativas en la vecindad del Centro Nuclear "RACSO" se ha medido la radiación ambiental, debida a la radiación gamma, empleando dosímetros termoluminiscentes de fluoruro de calcio activado con disprosio (TLD $\text{CaF}_2\text{:Dy}$). Los TLD fueron ubicados en cuatro estaciones (G, F, A y AZ). Los resultados obtenidos de las tasas de exposición en las direcciones mencionadas, en el año 2003 son: 9,6 $\mu\text{R/h}$ (10,2 %); 7,2 $\mu\text{R/h}$ (10,4 %); 7,6 $\mu\text{R/h}$ (10,6%), 6,8 $\mu\text{R/h}$ (9,8%), respectivamente.

1 CONTENIDO

La medición de la radiación ambiental en la vecindad del Centro Nuclear permite evaluar y garantizar la protección de la población y del medio ambiente, contra los riesgos radiológicos asociados a las radiaciones ionizantes[1].

En el presente estudio se considera que la radiación ambiental está compuesta de la radiación gamma terrestre y la radiación cósmica, y que sólo las radiaciones penetrantes contribuyen a la dosis en los TLD [2]

Las mediciones de radiación ambiental se realizan en cuatro estaciones, cuya ubicación con respecto a la posición del Reactor de Potencia de 10 MW, se muestra en la siguiente Tabla [3].

ESTACIÓN	DISTANCIA (m)	DIRECCION
G	550	S
F	475	SO
A	500	NE
AZ	750	E

Se utilizaron dosímetros termoluminiscentes de $\text{CaF}_2\text{:Dy}$, debido a su alta sensibilidad en el rango de $(10^{-5} - 10^6)$ R. Para mejorar la confiabilidad en el resultado de las mediciones, los TLD fueron caracterizados con ^{90}Sr y calibrados con ^{137}Cs , en el LSCD del IPEN.

Las tasas de exposición en las estaciones G, F, A y AZ, en el año 2003, son: 9,6 $\mu\text{R/h}$ (10,2 %); 7,2 $\mu\text{R/h}$ (10,4 %); 7,6 $\mu\text{R/h}$ (10,6%), 6,8 $\mu\text{R/h}$ (9,8%), respectivamente. Estos han sido calculados con un nivel de confianza del 95%, considerando las correcciones por precisión, calibración y características del material dosimétrico.

Los resultados de la exposición de radiación ambiental muestran una variación menor que el 20,0%, con respecto a los resultados hallados en los estudios pre-operacionales. Asimismo, de las mediciones realizadas durante los últimos cinco años se obtuvieron variaciones menores al 5 %, con respecto a los resultados hallados en el 2003.

El estudio realizado ha permitido desarrollar una técnica para medir niveles de radiación ambiental y abre la posibilidad de desarrollar estudios similares en diferentes regiones del Perú.

2 REFERENCIAS

- [1] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Protección Radiológica; 1997.
- [2] ICRU. Measurement of dose Equivalents from External Photon and electron Radiations. ICRU, Report 34; 1992.
- [3] Comisión Nacional de Energía Atómica. Evaluación de la zona de emplazamiento y del área de influencia del Centro Nuclear de Investigaciones del Perú; 1981.
- [4] Benavente T, Celedonio E. Medición de la Radiación Ambiental en el Centro Nuclear "RACSO" usando TLD. Revista de Investigación de Física, UNMSM. 1998; 1.

EVALUACIÓN RADIOSANITARIA DEL PERSONAL DEL IPEN OCUPACIONALMENTE EXPUESTO DURANTE EL AÑO 2003

Vizcardo C. cvizcardo@ipen.gob.pe; Gonzáles S. sgonzales@ipen.gob.pe

Departamento de Control Biomédico – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

RESUMEN

La exposición ocupacional a la radiación ionizante puede ocurrir como resultado de diversas actividades humanas incluyendo el trabajo asociado con el uso de fuentes radiactivas, equipos de rayos X en medicina, investigación científica e industria.

Las instalaciones nucleares y radiactivas deben establecer un programa de vigilancia médica del personal ocupacionalmente expuesto (POE) basado en los principios de la salud ocupacional, a fin de evaluar su aptitud psico-física inicial y permanente para las tareas asignadas.

1 CONTENIDO

La evaluación médica del personal que trabaja con radiaciones ionizantes sigue los principios generales de la medicina ocupacional, debiendo efectuarse exámenes previo al inicio del trabajo con radiación y revisiones periódicas posteriores que aseguren la capacidad del personal de operar no sólo en condiciones normales, sino también especiales y de emergencia. El personal no deberá tener condiciones físicas o hábitos que limiten su amplitud de movimientos, el uso de vestimentas, equipos y accesorios de protección.

Son condiciones inhabilitantes: padecer o tener antecedentes que puedan predisponer a súbita incapacidad física o psíquica; padecer lesiones, heridas o enfermedades incompatibles con el trabajo con fuentes radiactivas abiertas (enfermedades de piel, respiratorias, renales etc.); hallarse en estado o en convalecencia de enfermedades que se puedan agravar en situaciones especiales por irradiación y/o contaminación o su tratamiento correspondiente (embarazo, lactancia, hemopatías, enfermedades de la piel, renales etc.) La frecuencia de los exámenes es determinada por el médico radiosanitario, tomando en cuenta el estado de salud, el tipo de trabajo, trabajadores que pueden haber superado los límites de dosis, etc.

Los registros médicos son confidenciales y elaborados según los lineamientos de la Autoridad Regulatoria.

El control médico de los trabajadores ocupacionalmente expuestos está establecido en el Reglamento de Seguridad Radiológica.

El control médico ocupacional del POE IPEN se realiza a través de exámenes médicos anuales y de la atención médica asistencial permanente.

Para los exámenes médicos se establecen convenios con diferentes centros hospitalarios.

El objetivo de la evaluación radiosanitaria del POE es evaluar la salud de los trabajadores asegurando la compatibilidad entre el estado de salud y las condiciones de trabajo y obtener información de base para los casos de sobreexposición accidental.

En el año 2003 se han evaluado 125 historias clínicas, evidenciándose una mayor incidencia de enfermedades compatibles con la edad promedio (40-55 años) del POE IPEN. No se han registrado casos de enfermedades relacionadas al riesgo que involucra el trabajo con radiaciones ionizantes.

2 REFERENCIAS

- [1] Vizcardo C. Informe Anual de Medicina Radiosanitaria del Personal Ocupacionalmente Expuesto del IPEN 2003.
- [2] International Atomic Energy Agency. Occupational Radiation Protection, Safety Report Series Safety Guide N° RS-G-1.1. 1999.
- [3] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Seguridad Radiológica. 1997.

DOSIMETRÍA INTERNA DEBIDO AL ¹³¹I EN TIROIDES DE LOS TRABAJADORES DEL IPEN OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS DURANTE EL AÑO 2003

Rodríguez D. drodriguez@ipen.gob.pe

Laboratorio de Dosimetría de la Contaminación Interna (LDCI) – Instituto Peruano de Energía Nuclear/ Lima-Perú

RESUMEN

Los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), son evaluados por dosimetría individual interna por ¹³¹I empleando un detector plano de NaI(Tl) 2"x2" y el procedimiento desarrollado por el Laboratorio de Dosimetría de la Contaminación Interna (LDCI) para la estimación de la actividad y dosis por medida in-vivo.

Las evaluaciones realizadas y registradas durante el año 2003 nos permiten concluir que la Dosis Efectiva Comprometida por incorporación de ¹³¹I del TOE-IPEN no supera 1 mSv. Estos valores no incluyen el aporte de la dosis externa.

ABSTRACT

Results of internal contamination control of ¹³¹I in occupational exposed workers (TOE) of Peruvian Nuclear Energy Institute (IPEN) during the year 2003 are reported here. This work was done at Internal Contamination Dosimetry Laboratory using our established protocols with a Thyroid Uptake System Camberra 7350 and our «Procedures for assessment of activity and dose due to uptake of ¹³¹I in thyroid by *in vivo* measurements».

These results shown that the committed effective dose by ¹³¹I incorporation is not higher than 1 mSv. Those values do not include the external dose contribution.

1 CONTENIDO

El LDCI realiza el control de la incorporación interna de I-131 en tiroides de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) de la Planta de Producción de Radioisótopos (RAIS) del Centro Nuclear – IPEN con la finalidad de mantener condiciones de trabajo en niveles aceptables y seguros (1).

La frecuencia de medición establecida por el LDCI es semanal y posterior al proceso de producción de I-131 que se realiza en RAIS.

Mensualmente el LDCI emite un reporte de dosis donde, se presenta en forma detallada la relación de las personas que asisten a evaluación, el tipo de tarea causante de la incorporación, la actividad incorporada, dosis equivalente comprometida (tiroides) (Sv) y dosis efectiva comprometida (Sv).

La evaluación del TOE se realiza empleando el "Sistema de Medida de Yodo en Tiroides" Camberra modelo 7350 con detector de NaI (TI) 2"x2" y el "Procedimiento para la determinación de la actividad y la dosis debido a la incorporación de ¹³¹I en tiroides por medida in-vivo" desarrollado y elaborado en el LDCI en concordancia con las recomendaciones internacionales (2,3,4).

En el gráfico No 1 se presenta con diagrama de barras la Dosis Efectiva Comprometida debido a incorporación interna registrada por los TOE de RAIS durante el año 2003. En este gráfico se aprecia que los valores de Dosis se encuentran por debajo de 1 mSv y el valor mas elevado de dosis lo registra el trabajador designado por "U" por lo que en el Gráfico No 2 se presenta la Dosis por mes de este trabajador.

Tal como se aprecia en el Gráfico No 2 la dosis mensual por incorporación interna registrada por el trabajador "U" durante el año 2003 no supera 0.2 mSv. La mayor incorporación se registro en el mes de setiembre alcanzando el valor de 0.18 mSv.

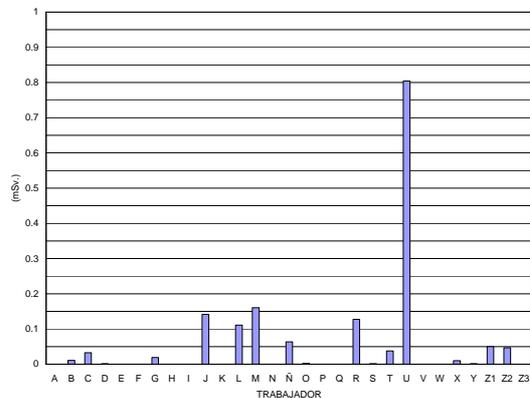


Gráfico 1. Dosis Efectiva Comprometida por Incorporación de ¹³¹I del TOE-RAIS año 2003.

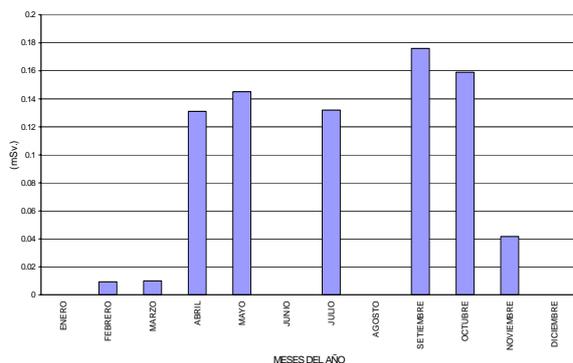


Gráfico 2. Dosis Efectiva Comprometida por Incorporación de ¹³¹I del trabajador "U" (TOE-RAIS) año 2003.

2 CONCLUSIONES

De los resultados presentados se concluye que la Dosis Efectiva Comprometida por incorporación interna de I-131 en tiroides registrada por los trabajadores ocupacionalmente expuestos de RAIS durante el año 2003 no supera 1 mSv (no se considera el aporte de la dosimetría externa).

Los valores de dosis representados en los gráficos 1 y 2 sólo refleja el número de veces que el trabajador asistió a medición y no el número de veces que debieron haberse sometido a control, por lo que existe la probabilidad que haya algunas lecturas de contaminación no registradas en los trabajadores del grupo reportado en el presente estudio.

La dosis total recibida por el TOE-IPEN resulta de integrar el aporte de la dosis interna y externa.

3 REFERENCIAS

- [1] Oficina Técnica de la Autoridad Nacional. Reglamento de Seguridad Radiológica, IPEN, Lima-Perú (1997).
- [2] Organismo Internacional de Energía Atómica. Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección Contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación, Colección Seguridad No 115, OIEA, Viena (1996).
- [3] Organismo Internacional de Energía Atómica. Assessment of Occupational Exposure Due to Intakes of Radionuclides, Safety Standards Series No RS-G-1.2, OIEA, Vienna (1999)
- [4] Organismo Internacional de Energía Atómica. Assessment of Radiation Doses from Intakes of Radionuclides by Workers, Draft Safety Reports Series, OIEA, Vienna (versión Enero 2003).

MEJORAMIENTO DEL LABORATORIO SECUNDARIO DE CALIBRACIONES DOSIMÉTRICAS DEL PERÚ

Benavente T. benavente@ipen.gob.pe; Celedonio E.; Defilippi L.; Rojas G.; Mora B.; Quispe J.; Castillo R.; Pintado V.; Heredia A.; Santos J.

(1) Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

RESUMEN

El Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas del Instituto Peruano de Energía Nuclear (LSCD/IPEN), ubicado en el Centro Nuclear "RACSO", es el laboratorio de referencia nacional de metrología de las radiaciones ionizantes en el Perú, y tiene la función de mantener los estándares secundarios y emplearlos en las calibraciones dosimétricas, a fin de mejorar la exactitud y la trazabilidad en las mediciones. En este trabajo se da a conocer las funciones y las actividades que desarrolla el LSCD/IPEN, su infraestructura, facilidades de irradiación, equipamiento y las características de los estándares. Asimismo, se muestran los resultados de las pruebas de coincidencia del haz de radiación del ^{137}Cs (0,8 %), de la estabilidad en la respuesta de los estándares (< 0,5 %) y de las incertidumbres en la determinación del kerma en aire (3,4%), los que demuestran el buen desempeño del laboratorio.

Palabras clave: dosimetría, metrología, radiación ionizante

ABSTRACT

The Secondary Standard Dosimetry Laboratory of the Peruvian Institute of Nuclear Energy (LSCD/IPEN), located in the Nuclear Center "RACSO", is the national reference laboratory of the ionizing radiation metrology in Peru, and it has the function to maintain the secondary standards and to use them in the dosimetric calibrations, in order to improve the accuracy and the traceability in the measurements. In this work it is given to know the functions and the activities that develop the LSCD/IPEN, its infrastructure, irradiation facilities, equipment and the characteristics of the standards. Also, it shows the results of coincidence tests of ^{137}Cs (0,8 %) radiation beam, of the stability in the response of the standards (<0,5%) and of the uncertainties in the determination of the kerma in air (3,4%), those that demonstrate the good performance of the laboratory.

Key words: Dosimetry, Metrology, Ionizing Radiation

1 INTRODUCCIÓN

El Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas del IPEN (LSCD/IPEN), ha sido construido en el año 2002, con el objetivo de que el Perú cuente con un laboratorio de referencia nacional de metrología de las radiaciones ionizantes, a fin de mejorar la exactitud y la trazabilidad de las mediciones en el sector salud, industrial y de investigación. Su construcción se llevó a cabo de acuerdo a las recomendaciones técnicas y de seguridad radiológica internacionales, requeridas para este tipo de instalaciones [1],[2].

El LSCD/IPEN, ubicado en el Centro Nuclear "RACSO", se encuentra en etapa de implementación y viene participando en el Proyecto de Cooperación Técnica con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) denominado "Mejoramiento del Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas en el Perú". Esta participación ha permitido obtener nuevo equipamiento de medición y facilidades de irradiación, así como implementar los sistemas de seguridad en las salas de irradiación [3].

El LSCD/IPEN cuenta con los estándares nacionales de referencia en radioprotección y en radioterapia, que proporcionan resultados de elevada confiabilidad, por su gran estabilidad en el tiempo y porque son trazables a los laboratorios primarios de calibración dosimétrica (LPCD). El LSCD tiene como función mantener la estabilidad de los estándares secundarios y realizar su calibración periódica en los LPCD, a fin de garantizar la trazabilidad de las mediciones en el Perú [4].

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer las funciones y las actividades que desarrolla el LSCD/IPEN, su infraestructura, facilidades de irradiación, características de sus estándares e instrumentación. Finalmente, se presentan algunos resultados

que demuestran el buen desempeño del laboratorio.

FUNCIONES Y ACTIVIDADES DEL LSCD/IPEN

El LSCD/IPEN es el laboratorio nacional de referencia de calibración y estandarización de las radiaciones ionizantes y tiene como función principal mantener la trazabilidad metrológica entre los LPCD y los usuarios nacionales de las radiaciones ionizantes, a nivel de radioterapia, radioprotección y radiodiagnóstico. El objetivo del LSCD/IPEN es mejorar la exactitud y la fiabilidad de la dosimetría de las radiaciones en el Perú, principalmente en la radioterapia, así como apoyar la labor de centros y laboratorios que originen y divulguen conocimientos sobre dosimetría aplicada [5].

La trazabilidad metrológica en el LSCD/IPEN se garantiza empleando estándares secundarios en las calibraciones, transfiriendo de esta forma los factores de calibración de los estándares primarios hacia los instrumentos de campo. Desde 1999 se viene participando en las intercomparaciones dosimétricas organizadas por la Red de Laboratorios Secundarios de Dosimetría del OIEA y de la Organización Mundial de la Salud (OMS). En coordinación con la División de Salud Humana del OIEA se ha realizado las calibraciones de los estándares secundarios, se ha participado en los Programas de Auditoria de Calidad de Dosis por TLD postal, a nivel de radioterapia y radioprotección, así como en la Intercomparación de Factores de Calibración de Cámaras de Ionización utilizadas en Terapia.

Actualmente, el LSCD/IPEN viene realizando calibraciones dosimétricas de monitores de radiación, de haces de radiación y de activímetros, así como actividades sobre dosimetría personal y ambiental por termoluminiscencia, evaluaciones de protección radiológica y control de calidad en unidades de rayos x (convencional, odontológico, de mamografía, fluoroscopia y tomografía axial computarizada).

INFRAESTRUCTURA

En la construcción del LSCD/IPEN se han considerado los requerimientos establecidos por la Red de Laboratorios Secundarios de

Dosimetría del OIEA, con respecto al número de ambientes, al control de las condiciones ambientales y a los blindajes estructurales, a fin de evitar niveles de exposición inaceptables de los miembros del laboratorio y del público [6].

El laboratorio tiene dos salas de irradiación (X y gamma), una sala de control, una sala de fuentes radiactivas, un laboratorio de metrología de los estándares secundarios, un laboratorio para realizar mediciones electrónicas y un laboratorio de dosimetría TLD. También se dispone de un laboratorio de control de calidad de equipos de rayos x, de un laboratorio de calibración de monitores de contaminación, de oficinas para el personal técnico, de una sala de máquinas para los sistemas de aire acondicionado y de una sala para los componentes del equipo de rayos x.

FACILIDADES DE CALIBRACION Y EQUIPAMIENTO

En el LSCD/IPEN se han instalado bancos de calibración que pueden desplazarse a través de rieles a lo largo de las salas de irradiación, los cuales permiten ubicar, con la ayuda de los sistemas de alineamiento láser y óptico, a los detectores y a las cámaras de ionización con buena precisión. Asimismo, se han instalado sistemas de seguridad en las puertas de las salas de irradiación y sistemas de circuito cerrado de televisión, a fin de realizar las operaciones desde la sala de control y evitar exposiciones innecesarias de los trabajadores.

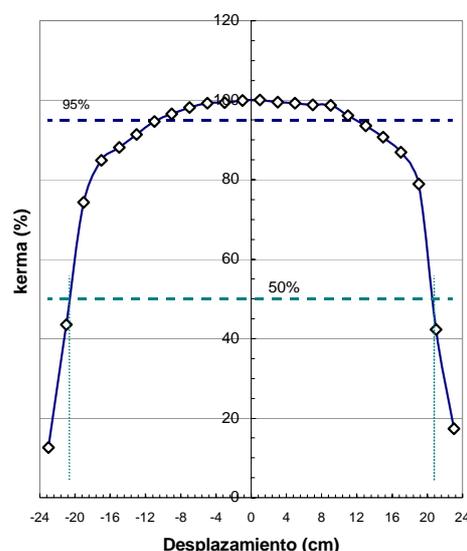


Figura 1. El campo de radiación del ^{137}Cs medido a una SCD = 1,5 m y $FS_{\text{nom}} = 41,0$ cm, tiene un diámetro $FS_{\text{med}} = 41,3$ cm.

Se dispone de irradiadores de haces de radiación gamma de ^{137}Cs (740 GBq) y de ^{60}Co (370 MBq), de un irradiador panorámico de un haz de radiación no colimado de ^{137}Cs de 185 GBq. El laboratorio también cuenta con haces de radiación x de calidad ISO de espectro ancho, emitidas por un equipo de rayos x de 320 kVp. La Figura 1 muestra el perfil del haz colimado de radiación gamma del irradiador de ^{137}Cs (740 GBq).

Los equipos de medición están conformados principalmente por electrómetros y cámaras de ionización, entre los que se encuentran los estándares secundarios y los equipos que vienen siendo utilizados para realizar las calibraciones dosimétricas y el monitoreo. También se tiene una cámara de transmisión y una cámara tipo pozo, con insertos de ^{192}Ir y ^{137}Cs , para efectuar la calibración de fuentes radiactivas de baja y alta tasa de dosis empleadas en braquiterapia. Asimismo, se cuentan con fantomas de perspex, fantomas de agua y con instrumentos calibrados y precisos para medir el tiempo, la temperatura, la presión y la humedad relativa.

INSTRUMENTOS DE REFERENCIA

El LSCD/IPEN cuenta con estándares secundarios de protección radiológica y radioterapia, los cuales han sido calibrados en el Laboratorio de Dosimetría del OIEA, principalmente en las magnitudes kerma en aire y dosis absorbida en agua, a las condiciones de referencia de temperatura, presión y humedad relativa de 20,0 °C, 101,325 kPa y 50%, respectivamente. Las calibraciones fueron realizadas para el sistema compuesto por la cámara de ionización y el electrómetro.

Los estándares secundarios de protección radiológica están conformados por un electrómetro (IONEX) y dos cámaras de ionización (N.E. 2575 y N.E. 2500/3), calibradas en términos de kerma en aire para las calidades del ^{137}Cs , ^{60}Co , y rayos x de espectro ancho.

Los estándares secundarios de radioterapia están constituidos por un electrómetro (NPL) y dos cámaras de ionización, calibradas en kerma en aire y dosis absorbida en agua, (N.E. 2561 y N.E. 2536/3), para las energías del ^{137}Cs , del ^{60}Co , y la cámara de ionización N.E. 2536/3, calibrada para rayos x de espectro ancho. La Figura 2 muestra los resultados de las pruebas de estabilidad

realizadas entre mayo del 2002 y agosto del 2003.

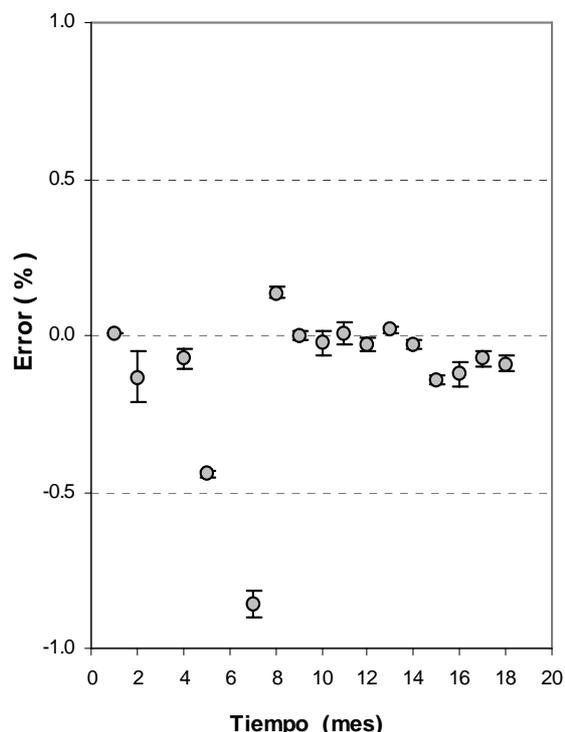


Figura 2. Resultados de las pruebas de estabilidad realizadas entre Mayo del 2002 y Agosto del 2003. Se puede observar que la estabilidad es menor que 0,5 % para las condiciones actuales.

2 CONCLUSIONES

La construcción del LSCD/IPEN y su implementación, hasta ahora alcanzada, han permitido mejorar la calidad de los servicios brindados y la seguridad radiológica de los trabajadores al realizar estas actividades. Asimismo, se ha visto incrementado el potencial para desarrollar actividades de metrología en el Perú, que serán de gran utilidad y apoyo a los diferentes usuarios de las radiaciones ionizantes, especialmente en el campo de la salud y la industria.

La adquisición de instrumentación adecuada ha permitido reducir la incertidumbre en las mediciones y especialmente en los factores de calibración. Actualmente, para un factor de cobertura $k=2$, se determina el kerma en aire con una incertidumbre global de 3,4 %. Este valor de la incertidumbre se reducirá aun más, luego que la cámara de ionización LS-01 de 1000 cm³, sea calibrada en un LPCD para ser empleada como el estándar secundario de protección radiológica. Por otro lado, el mejoramiento de las condiciones ambientales ha permitido obtener resultados

más estables en los estándares secundarios, por ejemplo se han obtenido errores menores que el 0,5%.

Es importante lograr obtener la acreditación, de acuerdo a la Norma ISO 17025, para los servicios que brinda el LSCD/IPEN, y para los estándares de rayos x de diagnóstico y de mamografía, que serán utilizados para realizar las calibraciones de los dispositivos de control de calidad a nivel nacional. También, se debe continuar con la implementación de equipos e instrumentos, tales como una unidad de radioterapia de ^{60}Co , equipos de diagnóstico de rayos x y mamografía, fantomas y fuentes radiactivas estándares, para la calibración en braquiterapia y medicina nuclear.

Es imprescindible desarrollar actividades que permitan la participación del laboratorio en los proyectos de la región, a fin de poder ser considerado un laboratorio de referencia regional. Asimismo, se debe continuar con la participación en los programas de Intercomparación en radioprotección, radioterapia, medicina nuclear y radiodiagnóstico.

3 REFERENCIAS

- [1] International Atomic Energy Agency. Secondary Standard Dosimetry Laboratory Network Charter. Vienna: Austria; 1999.
- [2] International Atomic Energy Agency. Establishment of a National calibration and standardization Center, a Secondary Standard Dosimetry Laboratory. Vienna: Austria; 1982.
- [3] International Atomic Energy Agency. International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115. Vienna: Austria; 1996.
- [4] International Atomic Energy Agency. Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments, Safety Reports Series N°16. Vienna: Austria; 2000.
- [5] International Atomic Energy Agency. Absorbed Dose Determination in Photon and Electron beam: An International Code of Practice, Technical Reports Series No. 277. Vienna: Austria; 1998.
- [6] NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, Structural Shielding design and Evaluation for Medical Use of X Rays and Gamma Rays of energies up to 10 MeV, Report No. 49, NCRP, Washington (1976).

SERVICIOS DE CONTROL DE CALIDAD EN EQUIPOS DE RAYOS-X DE DIAGNÓSTICO MÉDICO REALIZADOS EL AÑO 2003

Benavente T. tbnavente@ipen.gob.pe; Celedonio E. eceledonio@ipen.gob.pe;
Defilippi L. fisrado@ipen.gob.pe

(1) Radioprotección y Dosimetría – Dir. Gral. de Seguridad Radiológica - IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

El Control de Calidad de Equipos de Rayos X empleados en diagnóstico tiene como objetivo verificar el buen funcionamiento del equipo de rayos X así como la adecuada correspondencia entre los valores indicados y medidos de los parámetros del equipo que son de utilidad para la obtención de la imagen radiográfica. El año 2003 se han

El Control de Calidad de equipos de rayos X de uso en diagnóstico médico (CCR) consiste en un conjunto de pruebas que permiten conocer el estado de funcionamiento del equipo de rayos X así como la adecuada correspondencia entre los valores indicados y medidos de los parámetros del equipo que son de utilidad para la obtención de la imagen radiográfica verificando que estos se encuentran dentro de los límites recomendados por los organismos internacionales.[1]. El CCR contribuye en la reducción de la tasa de exámenes rechazados y de las dosis de radiación que innecesariamente son recibidas por el paciente [2].

En el Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas (LSCD) se han desarrollado procedimientos de CCR, siguiendo estas recomendaciones. Estos procedimientos contemplan los equipos de rayos X utilizados en exámenes dentales (periapical y panorámico), convencionales (fijo y transportable), así como en mamógrafos, tomógrafos y fluoroscopios

En atención a los servicios el LSCD ha realizado el año 2003 63 servicios de control de calidad, de los cuales el 59% son de uso convencional, el 26% son de uso dental, el 6% son de uso tomográfico, el 6% son de uso mamográfico y el 3% son de uso fluoroscópico.

Las pruebas realizadas consisten en mediciones de radiación de fuga, sistema de colimación, tensión aplicada al tubo, tiempo de exposición, tasa de kerma en aire, filtración total, así como de las dosis impartida

evaluado 63 equipos de rayos X, los cuales el 59% son de uso convencional, el 57% de los equipos no cumplen con el valor de la tolerancia para la tasa de kerma en aire y el 3% de los equipos evaluados aprobó la totalidad de las pruebas del control de calidad.

1 CONTENIDO

Los resultados obtenidos muestran que el 57% del total de equipos evaluados no cumplen con la tolerancia en la prueba de la tasa de kerma en aire (8% por repetibilidad, 5% por linealidad y 44% por rendimiento), el 44% en la prueba de colimación, el 41% en la prueba de tensión aplicada al tubo (5% por repetibilidad y 37% por exactitud), el 38% en la prueba de tiempo de exposición (3% por repetibilidad y el 35% por exactitud), el 27% en la prueba de dosis impartida, el 6% en la prueba de filtración total y el 2% en la prueba de radiación de fuga, como se observa en la Fig.1.

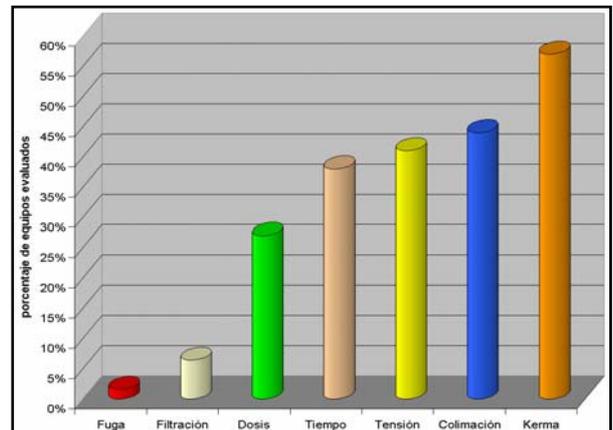


Figura 1. Porcentaje de número de equipos que no cumplen con las tolerancias en las diferentes pruebas.

Sólo el 3% de los equipos aprobó la totalidad de las pruebas, el 16% de los equipos aprobó más del 75% de las pruebas, el 71% de los equipos aprobó más del 50% de las pruebas, el 29% de los equipos aprobó menos del 50% de las pruebas y el 8% de

los equipos aprobó menos del 25% de las pruebas realizadas.

2 REFERENCIAS

- [1] Organismo Internacional de Energía Atómica. Protocolo de Control de Calidad en Equipos de Rayos X, ARCAL XLIX, diciembre 2001.
- [2] Organización Panamericana de la Salud. Organización, Desarrollo, Garantía de Calidad y radioprotección en los servicios de radiología, imaginología y radioterapia; 1997.

RADIACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Gonzáles S. sgonzales@ipen.gob.pe

Dirección de Protección Radiológica – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

RESUMEN

Tradicionalmente, en materia de protección radiológica, se considera que el medio ambiente está protegido si el hombre está protegido, así, los efectos de las radiaciones ionizantes se analizan desde el punto de vista de su impacto en el hombre.

Actualmente, debido a las experiencias de Chernobil, se han hecho investigaciones importantes en la búsqueda de reformular las políticas de protección radiológica para el medio ambiente natural.

ABSTRACT

Traditionally in radiological protection matters, it is considered that if man is protected, then the environment is protected. Therefore, the effects of the ionizing radiation are assessed from the perspective of its impact on man.

Due to the Chernobil experience, several important studies have been done to reformulate politics about radiological protection for the natural environment.

1 CONTENIDO

Los organismos vivos están expuestos a la radiación ionizante de muchas formas: rayos cósmicos que penetran a la atmósfera terrestre o la radiación proveniente del suelo; son formas naturales de radiación ionizante. El uso de materiales radiactivos para diversas aplicaciones beneficiosas en medicina, industria y otros son formas artificiales.

La mayor preocupación sobre los efectos de la radiación ionizante están relacionados con sus posibles efectos en la salud, se supone que la probabilidad de efectos nocivos o perjudiciales para los seres humanos es mayor cuando las exposiciones exceden del intervalo de las tasas de dosis de la radiación de fondo. Es de esperar lo mismo para otros organismos, considerándose que al contaminarse los diferentes eslabones de la cadena alimentaria se propician la exposición del hombre a la radiación, debido a la transferencia de radionucleidos.

En un comienzo, las evaluaciones radiológicas priorizaban las consecuencias para el hombre, habida cuenta su alta radiosensibilidad y la tendencia a la protección de la especie humana, quedando implícito que si el hombre estaba protegido entonces los otros organismos también. En tiempos recientes se ha demostrado la existencia de ecosistemas contaminados, de difícil acceso para el hombre, donde no tendría lugar la prioridad antes mencionada. Asimismo en el accidente de Chernobil (1986) se observó efectos perjudiciales para el medio ambiente en zonas localizadas debido a excesivas dosis de radiación de corta duración en plantas y animales.

Para la evaluación de riesgos en los organismos vivos existen diferencias fundamentales.

En el hombre, las consideraciones éticas nos sitúan como el principal objeto de protección. Para otros organismos, la evaluación de riesgo es más compleja, habida cuenta de las diferentes actitudes del hombre hacia algunas especies (raras o de lenta reproducción). Sin embargo, ello no significa que los efectos radioinducidos en algunos miembros de una población podrían tener consecuencias significativas para la población en su conjunto.

Las radiaciones ionizantes se comportan como un factor influyente que altera el estado de equilibrio dinámico existente en las poblaciones naturales. En consecuencia, la exposición debido a las actividades humanas no puede evaluarse al margen de otros factores de repercusión ambiental (clima, altitud, etc.) o aquellas creadas por el hombre (agroquímicos, efluentes gaseosos, etc.) Cuando las radiaciones ionizantes y los productos químicos, ambos provenientes de actividades humanas, inciden en una población, resulta difícil atribuir con exactitud la causa específica. Las radiaciones adicionales recibidas por organismos vivos diferentes al hombre no han tenido ningún efecto aparente en las plantas y animales silvestres, sin embargo, a raíz de accidentes graves, se ha observado daños tanto en organismos individuales y poblaciones pudiendo ocasionar efectos prolongados en

comunidades y ecosistemas, a causa del aumento de la radiación crónica. Existe poca información sobre la variación temporal en las tasas de dosis en las diferentes etapas del ciclo biológico y factores ecológicos.

El Radón 222 y el Polonio 210 contribuyen notablemente a la tasa de dosis de radiación natural de fondo en medios terrestres y acuáticos, respectivamente.

Existe consenso internacional para mayores investigaciones sobre la distribución de radionucleidos emisores alfa relacionados a objetivos biológicos importantes por ejemplo, el embrión en desarrollo.

El nivel de radiosensibilidad de los organismos es muy variado. Los mamíferos son los más radiosensibles seguidos de las aves, peces, reptiles y los insectos. Las plantas muestran un amplio rango de radiosensibilidad que por lo general coincide con el de los animales. Los musgos, líquenes, algas y los microorganismos como las bacterias y virus son los menos sensibles a las exposiciones agudas de radiación. La radiosensibilidad de los organismos depende de la etapa de vida donde ocurre la exposición. Los embriones y las formas jóvenes son más sensibles que las adultas. En general, la información existente sustenta que la producción de descendientes viables mediante la gametogénesis y la reproducción, es un atributo poblacional más radiosensible que la inducción a la mortalidad individual.

2 REFERENCIAS

- [1] International Atomic Energy Agency. Effects of the Radiation of Land and Animals in Levels implied by Current Radiation Protection Standards. TRS 332. Vienna: Austria; 1992.
- [2] IAEA Bulletin "Safety and Security". Vol. 43, N° 3, 1999.
- [3] IAEA Bulletin "Protecting the Air". Vol. 39, N° 1, 1997.

CÁLCULO DE BLINDAJE PARA UNA SALA DE RAYOS-X CON PAREDES DE ADOBE

Ravello Y. yavello@ipen.gob.pe

Oficina Técnica de la Autoridad Nacional – IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

Se ha determinado la seguridad radiológica de una sala de rayos X con paredes de adobe (tapial). Se empleó las ecuaciones desarrolladas por Douglas Simpkin y las recomendaciones dadas en el Reglamento Nacional[1]. El equipo es móvil de 90 kVp y 30 mA. Los resultados obtenidos demuestran que la sala es adecuada para la protección del público.

1 CONTENIDO

Se ha estimado la seguridad radiológica de una sala de rayos X con paredes de adobe (tipo tapial - pared de aproximadamente 60 cm de espesor), tomando como material de referencia para los cálculos el yeso cuya densidad es de $1,8 \text{ g/cm}^3$ [2] (la densidad del adobe está dentro del rango de 1,6 a $1,9 \text{ g/cm}^3$ [3]), debido a que no hay datos radiológicos del adobe.

El método de cálculo empleado es el desarrollado por Douglas Simpkin [4,5], el cual se basa en una serie de medidas experimentales con diferentes tipos de equipos de rayos X en diferentes materiales, las cuales han sido ajustadas a expresiones matemáticas [4,5] para su facilidad en el cálculo.

El equipo de rayos X que se empleará en la sala de rayos X es del tipo móvil, de 90 kVp y 30 mA, con una carga de trabajo de 60 mA-min/semana. El factor de límite de diseño empleado es de $0,02 \text{ mSv/semana}$.

2 RESULTADOS

Los resultados del cálculo son:

- Espesor de la pared primaria: 39 cm;
- Espesor de las paredes secundarias: 12 cm.

En la estimación del espesor de la pared secundaria se ha tomado en cuenta la radiación de fuga, en las condiciones usuales de medición.

3 CONCLUSIONES

En vista que los resultados muestran un espesor de adobe menor a la de la pared, se concluye que la sala es adecuada para la protección del público.

4 REFERENCIAS

- [1] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Seguridad Radiológica, D.S. 009-1997-EM.
- [2] WCI, Inc. <http://www.wcillc.com>
- [3] Información proporcionada por SENCICO.
- [4] Simpkin, D.J. and Dixon, R.L., Secondary Shielding Barriers for Diagnostic X-ray Facilities: Scatter and leakage revisited. Health Physics. 1998; 74(3): 350.
- [5] Simpkin, D.J., Transmission Data for Shielding Diagnostic X-ray Facilities, Health Physics. 1995; 68(5): 704.

IX. Aspectos de Gestión

INSPECCIONES REALIZADAS POR LA OFICINA TÉCNICA DE LA AUTORIDAD NACIONAL EN EL AÑO 2003

Ramírez R.⁽¹⁾ r Ramirez@ipen.gob.pe; Ampuero C.⁽²⁾ campuero@ipen.gob.pe; Munive M.⁽¹⁾ Munive@ipen.gob.pe; Ticllacuri M.⁽¹⁾ mticllacuri@ipen.gob.pe; Ravello Y.⁽¹⁾ yavello@ipen.gob.pe

(1)Control de Instalaciones y Salvaguardias de la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional – IPEN

(2))Norma y Autorizaciones de la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional – IPEN

RESUMEN

Una de las funciones del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) como ente regulador del uso de las radiaciones ionizantes [1] es la de fiscalizar instalaciones que usen estas fuentes. En el año 2003 se ha visitado un total de 775 establecimientos a nivel nacional, 630 (81,2 %) de dichos establecimientos se ubican en la Provincia de Lima, en cuanto al tipo de practica: 709 (91,4%) fue en medicina, 46 (6,0%) en industria, y 8 (1,0 %) en investigación y enseñanza. Así mismo, del total de la práctica médica el 95,8 % corresponde a instalaciones con equipos de rayos X.

1 CONTENIDO

En un procedimiento de fiscalización [2] el inspector debe de realizar lo siguiente:

- presentación como autoridad ante el titular de la instalación.
- revisión de registros y documentos (funciones, procedimientos e instrucciones, registros de pacientes, informes de calibración y mantenimiento de los equipos, dosimetría personal, etc)
- observar la aplicación de los procedimientos importantes para la seguridad radiológica,
- realizar un inventario de fuentes de radiación ionizante, medición de niveles de radiación de cada instalación
- redactar un Acta de Inspección donde se asientan los aspectos revisados, las observaciones, y los hallazgos detectados, así como los hechos más significativos desde el punto de vista de la seguridad radiológica, la cual es visada por el inspector y por el titular de la instalación.

El proceso de fiscalización y control en el año 2003 a cargo de la OTAN ha llegado a inspeccionar 775 instalaciones [3][4], a lo largo del territorio nacional, siendo realizados

630 (81,2%) de dichos establecimientos se ubican en la Provincia de Lima. En cuanto al tipo de práctica que realizan las instalaciones fiscalizadas, se pueden agrupar en medicina, industria, investigación y enseñanza, comercialización y servicios cuya incidencia se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Instalaciones Inspeccionadas en el Año 2003 a nivel nacional.

PRÁCTICA	TOTAL	
	#	%
Médica: Rayos X Dental, Convencional y Especial, Radioterapia, Medicina Nuclear	709	91,37
Industrial: Radiografía y Gammagrafía, Medidores Nucleares, Perfilaje de Pozos Petroleros, Irradiadores	46	5,93
Investigación y Enseñanza	8	1,03
Comercialización y Servicios	6	0,77
Otros: Vigilancia de Equipajes, Rayos X en uso Veterinario	7	0,90
TOTAL INSTALACIONES	775	

2 CONCLUSIONES

La promulgación de la ley y su difusión a contribuido sustancialmente a los procesos de fiscalización a nivel nacional, lo cual se reflejó en el numero de instalaciones visitadas.

A pesar del aumento de las inspecciones a nivel nacional estas no se realizan en todo el ámbito nacional, tal cobertura se tiene en proyecto para los próximos años.

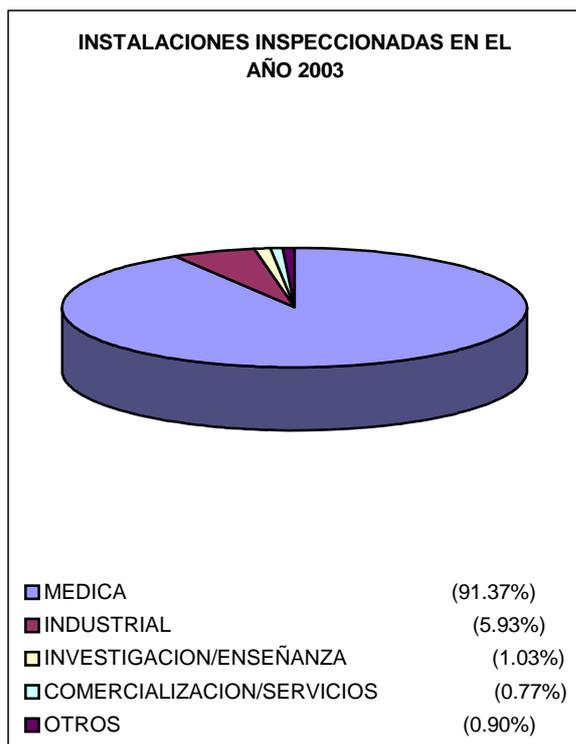
3 REFERENCIAS

- [1] Ley N° 28028 de regulación del uso de fuentes de radiación ionizante.

[2] Decreto Supremo N° 041-2003-EM, reglamento de autorizaciones, fiscalización, control, infracciones y sanciones de la Ley N° 28028.

[3] Base de Datos de usuarios registrados.

[4] Actas de Inspección del Año 2003.



INSTALACIONES DE EQUIPOS DE RAYOS-X DE USO MÉDICO INSPECCIONADOS EN LA CIUDAD DE LIMA DURANTE EL AÑO 2003

Ticllacuri M. mticllacuri@ipen.gob.pe; Ravello Y. yavello@ipen.gob.pe;
Munive M. mmunive@ipen.gob.pe

Oficina Técnica de la Autoridad Nacional – IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

El uso de equipos de rayos-x en la práctica de diagnóstico médico es de suma importancia en el sector salud. Se presenta una evolución mensual del número de equipos inspeccionados en la Ciudad de Lima en el año 2003. Asimismo, se da cuenta del número de ambientes inspeccionados en este tipo de prácticas.

1 CONTENIDO

La mayor cantidad de instalaciones que usan fuentes de radiaciones ionizantes en el país se concentra en la práctica médica. Estas instalaciones usan fuentes radiactivas y equipos de rayos-x.

En la Ciudad de Lima, se concentra un buen porcentaje de estas instalaciones siendo esta la razón principal del presente reporte.

La Oficina Técnica de la Autoridad Nacional tiene en las inspecciones una herramienta de fiscalización en el buen uso de fuentes de radiaciones. Apoyado con los dispositivos legales como la Ley N° 28028 y el Decreto Supremo N°041-2003-EM, se busca disminuir el grado de informalidad de usuarios que trabajan con radiaciones, muy en particular con aquellos que usan equipos de rayos x diagnóstico.

Una primera información que se obtuvo de las inspecciones realizadas en el año 2003 fue la cuantificación de los equipos de rayos x bajo control.

Una instalación que posee equipos de rayos x lo debe destinar en ambientes adecuados para la prestación del servicio ya que debe garantizarse la protección radiológica al operador de los equipos y a personas ajenas a la práctica que se encuentren en los alrededores.

La Tabla 1 muestra un resumen cuantitativo del número de equipos que fueron

inspeccionados en el año 2003. Debe resaltarse que solo para efectos de conteo, dentro de los equipos llamados convencionales se incluyen los equipos de fluoroscopia, angiografía y litotricia. Por el contrario, los equipos foto radiografía han sido contabilizado de manera separada con la intención de saber con cuantos de estos equipos se cuenta en la actualidad a sabiendas de su antigüedad y limitaciones frente a los equipos modernos con que cuentan muchas instalaciones.

Asimismo, en el conteo de equipos de rayos-x para el servicio dental no se hizo distinción alguna entre los equipos periapicales y panorámicos.

2 CONCLUSIONES

Los valores señalados en la Tabla 2 no deben sorprender porque en un determinado mes el número de equipos inspeccionados sea inferior al número de ambientes. La razón por la que esto ocurre es simple. Este es el caso en que una instalación ha cambiado de dirección o ya no presta el servicio correspondiente. Sin embargo, la contabilidad se efectúa a fin de justificar los recursos destinados para llegar a comprobar tal situación.

Esta es una manera de medir la informalidad de los usuarios que no comunican a la Autoridad Regulatoria dichos cambios, modificaciones o decisiones para entrar en condición de fuera de servicio.

Se estima que por lo común y frecuente que son las campañas de despistaje de osteoporosis, existen más equipos de Densitometría Ósea.

3 REFERENCIAS

- [1] Ley N° 28028, "Ley de Regulación del Uso de Fuentes de Radiación Ionizante".
- [2] Decreto Supremo N° 041-2003-EM, "Reglamento de Autorizaciones, Fiscalización, Control, Infracciones y

Sanciones de la Ley N° 28028 – Ley de Regulación del Uso de Radiación Ionizante".

[3] Base de Datos de usuarios registrados.

[4] Actas de Inspección del Año 2003.

Tabla 1. Equipos de Rayos X Inspeccionados en el Año 2003.

TIPO DE EQUIPO	NUMERO DE EQUIPOS MES A MES												TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Convencional	41	30	40	44	39	21	40	31	34	35	24	5	384
Foteroentgen	1	0	0	2	0	0	4	0	1	1	2	0	11
Mamografía	9	7	4	2	6	4	2	6	4	4	2	1	51
Densitometría Ósea	0	1	3	2	0	2	2	1	1	1	0	0	13
Tomografía (TAC)	0	1	0	3	3	2	1	3	0	1	1	0	15
Dentales	30	25	27	36	34	39	43	31	37	27	17	12	358
TOTAL DE EQUIPOS	81	64	74	89	82	68	92	72	77	69	46	18	832

Tabla 2. Instalaciones y Ambientes Inspeccionados en el Año 2003.

INSTALACIONES INSPECCIONADAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL AÑO
REGISTRADAS	32	39	42	28	40	58	47	59	32	29	9	3	418
NO REGISTRADAS	13	9	13	18	22	15	7	12	23	7	8	14	161
TOTAL POR MES	45	46	55	46	62	73	54	71	55	36	17	17	579
AMBIENTES	82	70	84	94	90	89	97	89	81	71	51	18	916

BÚSQUEDA Y HALLAZGO DE UNA FUENTE DE BRAQUITERAPIA

Ramírez R. rramirez@ipen.gob.pe; Ampuero C. campuero@ipen.gob.pe;
Ticllacuri M. mticllacuri@ipen.gob.pe; Munive M. mmunive@ipen.gob.pe;
Ravello Y. yravello@ipen.gob.pe

Oficina Técnica de la Autoridad Nacional – IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

El 27 de enero del 2003 se perdió una fuente de Cs-137 de 1,45 GBq, el cual era empleado para braquiterapia en un Hospital de la ciudad de Lima. La notificación del suceso se realizó después de 5 días de detectada la pérdida tras lo cual se procedió a su búsqueda. La fuente fue hallada en un relleno sanitario de Lima, 3 días después de la notificación. La dosis máxima estimada para una persona ubicada a 10 cm de la fuente por dos horas fue de 22 mSv y para el personal que participó en la recuperación de la fuente fue de 3,1 mSv.

1 CONTENIDO

El 27 de Enero del 2003, el físico médico dio la alarma de la desaparición de una fuente de cesio 137 durante una inspección rutinaria del Departamento de Braquiterapia de un hospital en la ciudad de Lima.

A partir de este hallazgo y con la denuncia presentada por el Hospital, se procedió a la búsqueda de la fuente.

Se utilizaron dos equipos de medición del tipo SAPHYMO (medidores de alta sensibilidad) y un monitor de radiación marca VICTOREEN modelo 190.

En el primer día de búsqueda, se verificaron las instalaciones del hospital. Luego de la cual, se determinó que podía estar en la lavandería o en el relleno sanitario.

En el segundo día de búsqueda se verificó las instalaciones de la lavandería, no encontrando la fuente.

En el tercer día de búsqueda, se verificó el relleno sanitario, tras lo cual, se encontró la fuente 2 metros por debajo del nivel del suelo.

Se trasladó la fuente a la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional donde se procedió a medir e identificar la fuente hallada.

Esto luego fue comunicado al hospital, quienes luego procedieron a llevárselo a sus instalaciones.

Las dosis estimadas para una actividad de la fuente de 1,45 GBq, son de 22 mSv para el personal que haya estado a 10 cm de la fuente por un lapso de 2 horas, y de 3,1 mSv para el personal que participó en el hallazgo en el relleno sanitario de Zapallal, al sur de Lima.

2 FOTOS



Personal del IPEN en el relleno sanitario.



Fotografía de la Fuente perdida. El color negro es debido a que la fuente fue incinerada junto con los residuos del hospital.

RESULTADO DE LAS INSPECCIONES REALIZADAS DURANTE EL AÑO 2003 A INSTALACIONES CON EQUIPOS DE RAYOS-X MÉDICO Y DENTAL EN LA CIUDAD DE LIMA

Ravello Y. yavello@ipen.gob.pe; Ticllacuri M. mticllacuri@ipen.gob.pe;
Munive M. mmunive@ipen.gob.pe

Oficina Técnica de la Autoridad Nacional – IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

Se ha identificado que en la campaña de inspecciones realizada durante el año 2003, a las instalaciones de equipos de rayos-X médico y dental en la ciudad de Lima, el mayor problema regulatorio se encuentra en las licencias de los operadores, registrándose un 82% de instalaciones con operadores sin licencia individual, frente a un 39% de instalaciones sin licencia de operación.

1 CONTENIDO

En la campaña regular de inspecciones del 2003 de las instalaciones que operan equipos de rayos X médico y dental, en la ciudad de Lima, se inspeccionaron 480 instalaciones.

Según el tipo de equipos de rayos X inspeccionados, éstos son:

Práctica	Porcentaje
Dental	43%
Diagnóstico General	46%
Mamografía	7%
Densitometría Ósea	2%
Tomografía	2%

En cuanto a las autorizaciones otorgadas por el IPEN, los resultados son:

Licencias individuales:

Vigentes	Vencidas	Sin Licencia
14%	4%	82%

Este resultado se obtuvo por conteo en cada instalación inspeccionada, y no en forma individual, es decir, no se ha tomado en cuenta el número de operadores en cada instalación.

Licencias de instalación:

Vigentes	Vencidas	Sin Licencia
28%	33%	39%

CONCLUSIONES

En primer lugar, los resultados muestran una falta de responsabilidad y desconocimiento de la normativa y de las condiciones de las licencias otorgadas por parte de los Titulares de las instalaciones.

En segundo lugar, una falta de información en la capacitación de los profesionales de la salud en la normativa del uso de fuentes de radiaciones ionizantes.

Y en tercer lugar, la necesidad de una mayor fiscalización por parte de la Autoridad Regulatoria.

Se espera que a partir de la vigencia de la Ley 28028 sobre el control de radiaciones ionizantes, se pueda controlar mejor estas instalaciones.

SOFTWARE DE GESTIÓN DE DOCUMENTOS Y REGISTROS DE GARANTÍA DE CALIDAD PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS

Castillo J.⁽¹⁾ info1@ipen.gob.pe; Morote M.⁽²⁾ mmorote@ipen.gob.pe

(1) Oficina de Informática y Estadística / IPEN

(2) Planta de Producción de Radioisótopos / Dirección General de Radioisótopos / IPEN

RESUMEN

Se ha desarrollado una aplicación denominada "SICAL 1.0" para llevar a cabo y de manera conjunta, la informatización de los procesos asociados a la Gestión de Documentos y Registros de Garantía de Calidad, de tal manera que se pueda manejar alrededor de 1000 elaborados que comprende la documentación de la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR), entre ellos, manuales, instrucciones de trabajo, especificaciones técnicas, registros, procedimientos operativos y funcionales. Estos se vienen elaborando y se encuentran en redacción, revisión o aprobación y corresponden a la producción de radioisótopos, radiofármacos, agentes para radiodiagnóstico y controles de calidad que se realizan en la PPR.

1 ALCANCE

Este software es aplicable a la documentación que viene elaborando la PPR sobre la producción y control de calidad, asimismo, se puede aplicar a otras áreas técnicas del Centro Nuclear, las mismas que pueden estar integradas dentro de la red institucional.

2 DESARROLLO

El sistema ha sido desarrollado en Borland Delphi 7, asimismo, se utiliza el Servidor de Base de Datos Borland Interbase 6.5 como medio de almacenamiento.

SICAL 1.0 se ocupa de la gestión de toda la documentación, el workflow necesario para su aprobación, la distribución, el histórico y el control de nuevas versiones, entre otros.

Tiene las siguientes características:

- Trabaja con documentos creados en Microsoft Office 97/2000 (*Word, Excel,*

PowerPoint y Outlook), Adobe Acrobat, Acrobat Reader y AutoCad.

- Controla totalmente la impresión que los usuarios realicen e incluso impide que el usuario guarde, modifique o copie el contenido del documento cuando no tenga autorización.

- Localiza el documento deseado utilizando unas sencillas funciones de búsqueda.

- Procesa los documentos de manera controlada, de tal forma que no se pierda ni modifique la información durante las etapas de desarrollo, garantizando de esta manera la integridad y coherencia de los datos.

- Controla totalmente desde que un documento empieza su ciclo como nuevo hasta que termina como publicado, para que posteriormente pase a un histórico. Durante el cual el documento pasa por sucesivos estados, los cuales son manejadas por distintos usuarios, en función a la tarea que cada uno desempeña en el documento; finalmente el documento se convierte al formato PDF y desde ese momento empieza a entrar en vigencia y pueda ser leído por los usuarios autorizados. Terminada la vigencia del documento, automáticamente aparece en pantalla una señal de alerta indicando que se requiere otra versión.

- Existen 2 niveles de seguridad, una al nivel de módulos y otra al nivel de documento. El primero establece las opciones de ingreso a los módulos del sistema de acuerdo a un perfil del usuario, es decir puede tener acceso o no a los módulos de Almacén, Organizador, Estadística y Configuración. El segundo para los usuarios que participan en el desarrollo de los documentos de acuerdo a las tareas asignadas, es decir pueden tener derecho o no a la lectura, modificación, revisión, impresión y copiado.

- Presenta un sistema de alerta, el cual mediante un mensaje en pantalla informa a los usuarios del sistema sobre la presencia

de un documento en estado de revisión, aprobación o puesta en vigencia.

MENÚ PRINCIPAL DEL PROGRAMA



Almacén.- Permite crear, modificar, eliminar, buscar e imprimir documentos. Modificar las configuraciones de generación de archivos PDF, controlar los estados del documento, enviar los anexos por e-mail, así como el cambio de la contraseña de acceso al sistema para el usuario actual.

Organizador.- Visualiza los documentos vigentes en formato PDF de los diferentes tipos de elaborado que son parte del libro sobre el cual tiene derecho.

Estadísticas.- Se puede conocer el tiempo medio desde la creación hasta la aprobación del documento (de todo el sistema y de cada uno de los usuarios), número de documentos creados en un determinado periodo de tiempo y cuantos son nuevos o revisiones de documentos ya existentes. La información se muestra gráficamente o como informes de texto.

Configuración.- Permite la gestión de libros, de usuarios y sus respectivos permisos, ámbitos o dependencias, catálogos de tipo de documentos, entre otros.

3 CONCLUSIÓN

SICAL 1.0 ha demostrado ser una herramienta de seguimiento y control de la documentación que viene desarrollando la PPR para la implementación del Sistema de Calidad.

4 RECOMENDACIÓN

SICAL 1.0 es una herramienta que puede utilizarse en otras áreas técnicas del IPEN, logrando de esta manera la creación de una Base de Datos Institucional.

5 REFERENCIAS

[1] Borland Software Corporation, "Developer's Guide Borland Delphi 7", USA, 2002.

[2] Marco Cantú, "La Biblia de Delphi 5", Editorial Anaya Multimedia, Madrid; España, 2000.

[3] Jose Castillo, "Generar archivo pdf desde delphi". <http://cc.borland.com/codecentral/ccweb.exe/listing?id=21953>, 15 Julio 2004.

Módulo: Almacén de documentos.

Almacén de Documentos-01 SISTEMA DE CALIDAD PPRR

Almacén de Documentos

Nuevo Modificar Eliminar Buscar Imprimir Enviar Opciones PDF Password Cerrar

Filtros:

- Almacén de Documentos
 - Por estado del documento
 - RD-En Redacción
 - RV-En Revisión
 - RD-Revisado
 - AP-Aprobado
 - PU-Publicado

Estado	Elaborado	Ambito	Dep.	N°	Versión	Páginas	Título
PU	MP	JP00	PPR	24	1	35	MANUAL DE SEGURIDAD
PU	MP	JP00	PPR	28	1	75	MANUAL DE CODIFICACION DE DOCUMENTOS
PU	RE	DT00	PPR	29	1	125	PRIMER REGISTRO
PU	MP	JP00	PPR	30	1	45	EVALUACION ESTADOS
PU	MP	JP00	PPR	31	1	56	SEGUNDA PRUEBA
PU	MP	JP00	PPR	33	1	657	GESTION DE LA CALIDAD
PU	IT	AC10	PPR	34	1	456	CONTROL DE ESTIRILIDAD
PU	MP	JP00	PPR	36	1	124	MANUAL DE PROCESOS
RD	MP	JP00	PPR	38	1	15	MANUAL DE OPERACION

Mensajes del sistema:

Usuario	Mensaje	Fecha
icastillo	TIENE ELABORADOS PENDIENTES DE REVISAR	

Usuario: MARIO FRANCISCO MOROTE ORELLANA

ANEXOS

A. Publicaciones en Revistas Internacionales Indexadas	174
B. Publicaciones en Revistas Nacionales	175
C. Otras Publicaciones	175
D. Presentación de Trabajos y Disertación en Congresos, Seminarios, Simposios y Talleres	176
<i>D.1 Internacionales</i>	176
<i>D.2 Nacionales</i>	176
E. Cursos:	178
<i>E.1 Cursos Dictados en el Centro Superior de Estudios Nucleares del IPEN</i>	178
<i>E.2 Cursos Dictados en Provincias</i>	184
<i>E.3 Cursos de Post Grado:</i>	185
• <i>Maestría en Física Médica</i>	185
• <i>Maestría en Energía Nuclear</i>	185
F. Proyectos OIEA Bienio 2003-2004	186
G. Proyectos ARCAL (Acuerdo Regional para la Cooperación en América Latina)	186
H. Proyectos Regionales OIEA	187
I. Contratos de Investigación Ejecutados	187
J. Conferencias	187
<i>J.1 Conferencias Dictadas en el Centro Superior de Estudios Nucleares del IPEN</i>	187
<i>J.2 Conferencias Dictadas en el Centro Nuclear RACSO</i>	189
<i>J.3 Conferencias Externas</i>	190
<i>J.3.1 Exposiciones en Otras Instituciones</i>	190
<i>J.3.2 Exposiciones en Conferencias, Congresos, Seminarios, Talleres y Mesas Redondas</i>	192
K. Tesis	193
L. Visitas de Expertos y otras Personalidades	193

ANEXO

AÑO 2003

A. PUBLICACIONES EN REVISTAS INTERNACIONALES INDEXADAS

Guedes, S.; Hadler, J.C.; Lunes, P.J.; Zuñiga, A.; Tello, C.A.; Paulo, S.R.
The use of the U(n,f) Reaction Dosimetry in the Determination of the λ_f Value through Fission-track Techniques.

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 496: 215-221, 2003

Damián, M.A.; Rodríguez, Y.; Solís, J.L.; Estrada, W.

Characterization and Butanol/ethanol Sensing Properties of Mixed Tungsten Oxide and Cooper Tungstate Films Obtained by Spray-sol-gel.

Thin Solid Films 444: 104-110, 2003

Torres, B.; Montoya, E.; Mendoza, P.; Bedregal, P.; Ubillús, M.; Olivera, P.
Determination of Gold and Silver in Cooper Concentrates, Using k_0 Based Neutron Activation Analysis.

Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 257(3): 597-601, 2003

Medina, A.; Solís, J.L.; Rodríguez, J.; Estrada, W.

Synthesis and Characterization of Rough Electrochromic Phosphotungstic Acid Films Obtained by Spray-Gel Process.

Solar Energy Materials & Solar Cells 80: 473-481, 2003

De Menezes, M.A.; De Sabino, C.; Franco, M.B.; Kastner, G.F.; Montoya, E.H.

K_0 Instrumental Neutron Activation Analysis Establishment at CDTN, Brazil, A Successful Story.

Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 257(3): 627-632, 2003

Zuñiga, A.; Ravnic, M.; Cuya, R.

MTR Fuel Element Burn-up Measurements by Reactive Method.
Kern Technique 2003

Fettich, J.; Padhy, A.; Nair, N.; Morales, R.; Tanumihardidja, M.; Nair, G.

Comparative Clinical Efficacy and Safety of Phosphorus-32 and Strontium-89 in the Palliative Treatment of Metastatic Bone Pain. Results of an IAEA Coordinated Research Project.

World Journal of Nuclear Medicine 2: 226-231, 2003

Soroa, V.; Bernal, P.; García, E.; Fraxeda, R.; Estrella, O.; Orellana, P.; Touya, E.; Yerovi, M.; Barragán, L.; Morales, R.; et.al.

Centellografía Renal Dinámica Basal.

Alasbimn Journal 6(22): 123, 2003

Disponible en

http://www2.alasbimnjournal.cl/alasbimn/CD/DA/sec_b/0,1206,SCID%253D7504,00.html

Prado Figueroa, M.; Santiago, J.

Intracellular Localization of a Lipophilic Alkyl Long-chain Tetraphenylporphyrin and Chloride Channel Activation in Psammobatis Extenta Electrocytes.

Biocell 27: 121, 2003

Álvarez, R.P.; Van Espen, P.J.M.; Pla, R.R.; Montoya Rossi, E.; Delgado, R.A.; Godo Torres, P.P.; González, M.C.

Compositional Classification of Archaeological Pottery Based on NAA and EPXMA.

Journal of Trace and Microprobe Techniques 21(4): 677-695, 2003

Bernal, P.; Orellana, P.; Soroa, V.; Estrella, O.; Touya, E.; Fraxedar, R.; García, E.; Barragán, L.; Morales, R.; et.al.

Centellografía Renal Dinámica con Diurético.

Alasbimn Journal 6(22): 2003 Disponible en:

http://www2.alasbimnjournal.cl/alasbimn/CD/DA/sec_b/0,1206,SCID%253D6124,00.html

García, E.; Fraxeda, R.; Estrella, O.; Orellana, P.; Touya, E.; Bernal, P.; Soroa, V.; Cerquera, A.; Lago, G.; Morales, R.; Yarovi, M.; et.al.

Centelleografía Renal Dinámica con Inhibidores de Enzima Convertidora de Angiotensina.

Alasbimn Journal 6(22): 2003 Disponible en :

http://www2.alasbimnjournal.cl/alasbimn/CDA/sec_b/0,1206,SCID%253D6131,00.html

Fraxeda, R.; Garcia, E.; Estrella, O.; Soroa, V.; Bernal, P.; Orellana, P.; Cerquera, A.; Touya, E.; Lago, G.; Morales, R.; Yarovi, M.; et.al.

Centelleografía Renal Dinámica en el Trasplante Renal.

Alasbimn Journal 6(22): October 2003
http://www2.alasbimnjournal.cl/alasbimn/CDA/sec_b/0,1206,SCID%253D6137,00.html

Robles, A.; Ramos, B.; Caballero, J.; Otero, M.; Herrera, J.

Purificación del Benzoil-mercaptoacetiltriglicina Cimplimentado con Evaluaciones Biológicas.

Alasbimn Journal 5(21), July 2003

B. PUBLICACIONES EN REVISTAS NACIONALES

Urquiaga, J.; et.al.

Hallazgo Incidental de Aptación de Tc99m Sestamibi en Panículo de Grasa Pericárdica, como Causa de Posible Falso Positivo, en un Estudio de Perfusión Miocárdica con SPECT.

Revista Peruana de Cardiología XXIX 1: 44-45, 2003

Urquiaga, J.; et.al.

Artefactos en Imágenes de Perfusión Miocárdica SPECT.

Revista Peruana de Cardiología XXIX 1: 44-45, 2003

Prado, M.; Barrera, F.; Vivas, P.; Santiago, J.

Síntesis y Localización Intracelular de un Derivado Lipofílico de Porfirina en Electrocitos.

Rev. Per. Quím. Ing. Quím. 5: 3-8, 2003

Samanamú, C.; Ninán, O.; Santiago, J.

Terapia Fotodinámica: Una Luz de Esperanza contra el Cáncer.

Rev. Per. Quím. Ing. Quím. 6: 69-78, 2003

Damian, M.A.; Rodríguez, Y.; Solis, J.L.; Estrada, W.

Películas de Oxidos Mixtos de Cobre y Tungsteno Obtenidas por Sol-Gel: Caracterización Estructural y Evaluadas Como Sensor de Vapor. Revista de la Facultad de Ciencias de la UNI 7, 58, 2003

C. OTRAS PUBLICACIONES

Montoya, E.; Glowacki, M.; Zapata, J.; Mendoza, P.

Chemical Characterization of Archaeological Ceramics using K₂O Based INAA. A Study in the Production and Distribution of Middle Horizon Pottery from Cuzco, Peru. En: IAEA, Nuclear Analytical Techniques in Archaeological Investigations. STI/DOC/416, Vienna, 2003. pp. 163-183.

Robles, A.; Ramos, B.; Herrera, J.; Caballero, J.; Otero, M.

Purificación del Benzoil-Mercaptoacetil Triglicina, Complementado con Evaluaciones Biológicas.

Alasbimn Journal 5(21): 2003.

Jorge, C.; Nieto, J.; Ponce, S.; Rodríguez, J.; Solis, J.; Estrada, W. **Remoción de Arsénico del Agua Mediante Irradiación Solar en Lima, Perú.** En: Remoción de Arsénico Asistida por Luz Solar en Comunidades Rurales de América Latina. Informe Proyecto OEA AE 141/2001, Organización de Estados Americanos (AICD), M. Litter, H. Mansilla (Eds.), La Plata, 2003.

Galarza, P.; Sánchez, E.; Maurtua, D.; Rodríguez, J.; Solis, J.; Estrada, W. **Desinfección Solar de Aguas en Tambo Pariachi, Huaycán, Lima, Perú.** En: Desinfección Solar de Aguas en Comunidades Rurales de América Latina, Informe Proyecto OEA AE 141/2001, Organización de Estados Americanos (AICD M. Litter, H. Mansilla (Eds.), La Plata, 2003.

Alvarado, N.; Eskenazi, S.; Valle, M.P.; Montoya, J.; Castro, M.; Montiel, L.; Velarde, V.; Jáuregui, I.; Cueto, C. **Results after Therapy of Pain from Bone Metastases with Samarium- 153 in Our Centers in Lima, Peru.** En: World Journal of Nuclear Medicine 3, Supplement 1, January 2004.

D. PRESENTACION DE TRABAJOS Y DISERTACIÓN EN CONGRESOS, SEMINARIOS, SIMPOSIOS Y TALLERES

D.1 INTERNACIONALES

Rodríguez, J.; Estrada, W.; Comina, G.; Luyo, C.; Quintana, M.; Ricra, E.
Depósitos de Materiales Fotocatalíticos.
En: II Encontro sobre Aplicacoes Ambientais de Processos Oxidativos. Campinas, Brasil
25-27.08.2003. pp. 37-41.

Clido, J.; Nieto, J.; Ponce, S.; Rodríguez, J.; Solís, J.; Estrada, W.
Remoción de Arsénico del Agua Mediante Irradiación Solar. En: II Encontro sobre Aplicacoes Ambientais de Processos Oxidativos. Campinas, Brasil
25-27.08.2003. pp. 127.

Rodríguez, J.; Nieto, J.; Ponce, S.; Solís, J.; Estrada, W.; Quintana, M.
Películas Delgadas de TiO₂ Depositadas por Rociado Piroclítico en el Interior de Tubos de Vidrio para la Foto-Degradación de una Solución Acuosa de Fenol. En: II Encontro sobre Aplicacoes Ambientais de Processos Oxidativos. Campinas, Brasil
25-27.08.2003. pp. 128.

Robles Ñ., A.
Síntesis del clorhidrato de la 2 - metilalilamina, precursor del tetrafluoroborato de tetraquis (2- metoxiisobutilisonitrilo) cobre (I), [Cu(MIBI)₄]BF₄. En: XIX Congreso Latinoamericano de la Asociación de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear (ALASBIMN), 2003, Cancún, México.

Agurto Ch., G.
Diseño de una formulación para la obtención de 99mTc-(V)-DMSA. En: XIX Congreso Latinoamericano de la Asociación de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear (ALASBIMN), 2003, Cancún, México.

Koga F., R.
Optimización de la cuantificación de la concentración de proteína en macroagregado de albúmina (MAA), utilizando un equipo de ultrasonido. En: XIX Congreso Latinoamericano de la

Asociación de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear (ALASBIMN), 2003, Cancún, México.

Solis, J.L.; Rodríguez, J.; Estrada, W.
Highly Porous Thin Films obtained by Spray-Gel Technique. In: XI Latinoamerican Congress of Surface Science and Its Applications, XI CLACSA, Pucon, Chile.
7-12.12.2003

D.2 NACIONALES

Vásquez, S.; Chunga, E.; Ronceros, G.; Retamal, A.; et.al.
Análisis genético del virus de la hepatitis C en pacientes del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins. En: II Jornadas Científicas Sanfernandinas, V Jornadas de Investigación en Salud, 2003, Lima Perú. Anales de la Facultad de Medicina 64(3), Lima, 2003. pp. 21

Vásquez, S.; Ronceros, G.; Loayza, N.; Colina, R.; Koga, R.; et.al.
RNA del virus de la hepatitis C en donantes de sangre anti-HCV positivos. En: II Jornadas Científicas Sanfernandinas, V Jornadas de Investigación en Salud, 2003, Lima Perú. Anales de la Facultad de Medicina 64(3), Lima, 2003. pp. 41

Zúñiga, A.; Avila, J.; Bruna, R.; Acosta, N.; Anchante, H.; Tirado, A.; Aquino, A.
Simulación de las dosis en mamografía. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 46

Ramírez, R.
Preparación de planes locales de contingencia ante accidente nuclear de submarino nuclear en puerto. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 50

Del Valle, C.
Seguridad y vigilancia radiológica desarrollada en el reemplazo, por rotura, del cable de izaje del irradiador de la PIMU. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades

de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 68

Oyardo, J.; Mallaupoma, M.
Cálculo de dosis en poblaciones cercanas a una disposición de residuos radiactivos de baja- mediana actividad. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 132

López, E.; Gonzáles, S.; Osores, J.; Martínez, J.; Jara, R.
Programa de aseguramiento de la calidad en el Departamento de Control Ambiental del Instituto Peruano de Energía Nuclear. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 133

Martínez, J.
Uso del Tri-Butil Fosfato (TBP) en la extracción de Y-90 para la determinación de ⁹⁰Sr En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 134

Medina, E.
Red Iberolatinoamericana de Protección Radiológica. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 180

Medina, E.
Aporte de la Sociedad Peruana de Radioprotección al desarrollo de la protección radiológica. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 181

Cuya, T.
Determinación del factor de forma total, radial y axial para el núcleo del reactor RP-10. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades

de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 204

Cuya, T.; Bruna, R.
Comparación teórico-experimental del exceso de reactividad y flujos térmicos en el núcleo del RP-10. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 204-205

Cuya, T.; Medina, R.
WIMCIT: An in-house development integrated code for neutron analysis in MTR reactors with mixed core. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 205-206

Cuya, T.; Llamas, I.
Determinación del inventario radiactivo de los elementos combustibles gastados del RP-10. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 206

Gallardo, A.; Lázaro, G.; Nieto, M.
Análisis hidráulico del accidente de pérdida de refrigerante en el reactor RP-10. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 207

Gallardo, A.; Lázaro, G.; Nieto, M.
Análisis hidráulico del sistema de refrigeración de emergencia del núcleo del reactor RP-10. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 207

Gallardo, A.; Lázaro, G.; Nieto, M.
Análisis termohidráulico del accidente de pérdida de refrigerante en el reactor RP-10. En: VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear; III Congreso Iberoamericano de Sociedades

de Protección Radiológica, 2003, Lima, Perú. Lima, Ed. Hozlo, 2003. pp. 208

Rodríguez, J.

Óxidos de Metales de Transición para la Purificación de Agua. En: Simposio Nacional de Química e Ingeniería Química. Lima, Perú. 17-18.10.2003

Morales, J.; Damián, A.; Solís, J.; Estrada, W.

Películas Delgadas de WO₃:X (X:Cu y V) Obtenidas por la Técnica Spray. En: Simposio Nacional de Química e Ingeniería Química. Lima, Perú. 17-18.10.2003

Solís, J.; Nieto, J.; Aguilar, J.; Ponce, S.; Rodríguez, J.; Estrada, W.

Degradación de Fenol mediante Fotocatálisis con Películas Delgadas de TiO₂ Depositadas por Rociado Piroclítico en el Interior de Tubos de Vidrio. En: X Simposio Peruano de Energía Solar (X SPES). Cusco, Perú. 17-22.11.2003

Zúñiga, P.; Rodríguez, J.; Ponce, S.; Solís, J.; Estrada, W.

Degradación Fotocatalítica de Fenol con Nano-Partículas de Óxido de Titanio Soportadas en una Matriz de Polidimetil-Siloxano. En: X Simposio Peruano de Energía Solar (X SPES). Cusco, Perú. 17-22.11.2003

Jorge, C.; Nieto, J.; Ponce, S.; Rodríguez, J.; Solís, J.; Estrada, W.

Remoción de Arsénico del Agua mediante Irradiación Solar. En: X Simposio Peruano de Energía Solar (X SPES). Cusco, Perú. 17-22.11.2003

E. CURSOS

E.1. Cursos Dictados en el Centro Superior de Estudios Nucleares del IPEN

Inmunología

Fecha : 13 al 17 de enero
Profesores : Aguilar J., Hurtado P., Herrera P., Marcelo A., Lozada I.
Participantes : 23

Protección Radiológica en el Mantenimiento de Equipos de Rayos X para Control de Equipajes

Fecha : 16 al 20 de enero
Dirigido a : Personal de la empresa CADDIN

Profesores : Rodríguez G., Amaya F., Medina E.
Participantes : 1

Protección Radiológica en Radiología Dental

Fecha : 18 y 25 de enero
Profesores : Defilippi L., Medina E.
Participantes : 4

Inspectores de Instalaciones de Radiodiagnóstico Médico (Módulo I)

Fecha : 21 y 22 de enero
Dirigido a : Personal del IPEN
Profesores : Ravello Y., Vizcardo C., Ramírez, R.
Participantes : 4

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 27 de enero al 1 de febrero
Profesores : Amaya F., Munive M.
Participantes : 11

Física Nuclear para Profesores (Básico)

Fecha : 27 al 31 de enero y 5 de febrero
Profesores : Munive M., Ravello Y., Villanueva J., Medina E., Lázaro, G.
Participantes : 28

Radiobiología para Profesores (Básico)

Fecha : 3 al 10 de febrero
Profesores : Espinoza M., Osorio J.
Participantes : 21

Taller Básico de Formación de Especialistas en Prospectiva Tecnológica

Fecha : 5 al 17 de febrero
Profesor : Ortega F.
Participantes : 42

Protección Radiológica en Radiología Dental

Fecha : 8 y 15 de febrero
Profesores : Amaya F., Defilippi L., Medina E.
Participantes : 4

Protección Radiológica en Radiología Dental

Fecha : 8 y 15 de febrero
Dirigido a : Personal de la Clínica de la Asociación Peruano Japonesa
Profesores : Defilippi L., Medina E.
Participantes : 6

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 11 al 15 de febrero
Profesores : Lázaro G., Ticllacuri M., Medina E.
Participantes : 5

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 17 al 22 de febrero
Profesores : Defilippi L., Medina E.
Participantes : 7

Aplicaciones Nucleares en la Industria, Minería y Medio Ambiente

Fecha : 17 al 21 de febrero
Profesores : Sebastián C., Maguella G.
Participantes : 41

Actualización sobre Seguridad Radiológica en Gammagrafía Industrial

Fecha : 22 de febrero
Dirigido: Personal de la empresa Qualitest
Profesor : Medina E.
Participantes : 5

Internet I : Aplicado al Trabajo Científico y Tecnológico

Fecha : 24 al 28 de febrero
Profesor : Ticona R.
Participantes : 53

Ultrasonido (Nivel II)

Fecha : 3 al 14 de marzo
Dirigido: Personal de la empresa Petrolera Transoceánica
Profesor : Villacorta H.
Participantes : 4

Protección Radiológica en Radiología Dental

Fecha : 8 y 15 de marzo
Profesores : Defilippi L., Amaya F., Medina E.
Participantes : 5

Internet II : Redes, Recursos y Seguridad

Fecha : 10 al 14 de marzo
Profesor : Risco M.
Participantes : 38

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 11 al 14 de marzo
Profesores : Lázaro G., Ticllacuri M., Medina E.
Participantes : 11

Actualización sobre Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 15 de marzo
Dirigido a : Personal de las empresas Volcán y Antamina
Profesor : Medina E.
Participantes : 6

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 17 al 22 de marzo
Profesores : Amaya F., Ticllacuri M., Defilippi L., Medina E.
Participantes : 5

Energía Nuclear y Protección Radiológica (Básico)

Fecha : 24 al 28 de marzo
Dirigido a : Postulantes a prácticas pre profesionales en el IPEN
Profesores : Ravello Y., Aparicio C., Munive M., Ticllacuri M., Medina E.
Participantes : 65

Seguridad Radiológica en Gammagrafía Industrial

Fecha : 24 al 31 de marzo
Profesores : Lázaro G., Condori J., Medina E.
Participantes : 11

Líquidos Penetrantes (Nivel I)

Fecha : 25 al 28 de marzo
Profesor : Visurraga R.
Participantes : 10

Seguridad Radiológica en Gammagrafía Industrial

Fecha : 27 al 31 de marzo
Dirigido a : Personal de la empresa Ingecontrol
Profesores : Medina E., Ticllacuri M., Condori J.
Participantes : 30

II Seminario sobre Energía Nuclear para Periodistas y Comunicadores

Fecha : 29 de marzo
Profesores : Zúñiga A., Sebastián C., Mallaupoma M., Medina E.
Participantes : 14

Actualización sobre Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 29 de marzo
Profesor : Marco Munive
Participantes : 5

Actualización sobre Seguridad Radiológica en Gammagrafía Industrial
Fecha : 5 de abril
Dirigido: Personal de la empresa SGS del Perú
Profesor : Medina E.
Participantes : 4

Ultrasonido (Nivel I)
Fecha : 8 al 23 de abril
Profesor : Villacorta H.
Participantes : 24

Protección Radiológica en el Mantenimiento de Equipos de Rayos X para Control de Equipajes
Fecha : 14 al 16 de abril
Dirigido: Personal de la empresa Universal Trading del Perú S.A.
Profesores : Amaya F., Rodríguez G., Medina E.
Participantes : 5

Metodología para Elaborar Proyectos en Ciencia y Tecnología (Marco Lógico)
Fecha : 21 al 26 de abril
Profesor : Zúñiga A.
Participantes : 11

Actualización sobre Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico
Fecha : 26 de abril
Profesor : Munive M.
Participantes : 7

Seminario sobre Usos de Iridio-192 en Braquiterapia
Fecha : 30 de abril
Profesores : Zúñiga A., Paucar R., Sarriá G.
Participantes : 48

Tecnología de Irradiación de Alimentos
Fecha : 5 al 9 de mayo
Profesores : Vargas J., Torres Z., Vivanco M.
Participantes : 6

Actualización sobre Seguridad y Protección Radiológica en el Uso de Fuentes Radiactivas abiertas en Investigación
Fecha : 7 de mayo
Dirigido a : Personal del Centro Internacional de la Papa
Profesores : Medina E., Villanueva J.
Participantes : 6

Protección Radiológica en Radiología Dental
Fecha : 10 y 17 de mayo
Profesores : Defilippi L., Medina E.
Participantes : 4

Radiografía Industrial (Nivel I)
Fecha : 12 al 21 de mayo
Profesor : Villacorta H.
Participantes : 21

Actualización sobre Seguridad y Protección Radiológica en Medicina Nuclear
Fecha : 17 de mayo
Dirigido a : Personal del Centro de Medicina Nuclear IPEN – INEN
Profesor : Defilippi L.
Participantes : 7

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico
Fecha : 19 al 24 de mayo
Profesores : Medina E., Anchante H.
Participantes : 3

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)
Fecha : 26 al 30 de mayo
Profesores : Amaya F., Lázaro G., Medina E., Ticllacuri M.
Participantes : 13

Seguridad y Protección Radiológica en Medicina Nuclear
Fecha : 9 al 13 de junio
Profesores : Ticllacuri M. Ramírez R.
Participantes : 9

Seguridad Radiológica en Gammagrafía Industrial
Fecha : 9 al 13 de junio
Profesores : Lázaro G., Ticllacuri M., Condori J., Medina E.
Participantes : 10

Seminario – Taller para Docentes de Protección Radiológica
Fecha : 12 de junio
Dirigido a : Docentes del IPEN
Profesores : Medina E., Ramírez R.
Participantes : 17

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)
Fecha : 13 y 14 de junio
Dirigido a : Personal de la empresa Backus and Johnston S.A.
Profesor : Medina E.

Participantes : 10

Protección Radiológica en Radiología Dental

Fecha : 14 y 21 de junio
Profesores : Defilippi L., Medina E.
Participantes : 8

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 16 al 21 de junio
Profesores : Lázaro G., Ticllacuri M., Anchante H., Medina E.
Participantes : 6

Partículas Magnéticas (Nivel I)

Fecha : 17 al 24 de junio
Profesor : Villacorta H.
Participantes : 12

Energía Nuclear y Protección Radiológica (Básico)

Fecha : 23 al 27 de junio
Dirigido a : Postulantes a prácticas pre-profesionales en el IPEN
Profesores : Ravello Y., Aparicio C., Rodríguez G., Lázaro G., Medina E.
Participantes : 27

Actualización sobre Seguridad Radiológica en Radiografía Industrial

Fecha : 25 de junio
Dirigido: Personal de la empresa RELAPA (Refinería La Pampilla)
Profesores : Medina E., Rodríguez G.
Participantes : 5

Protección Radiológica en el Uso de Equipos de Rayos X para Supervisión y Control de Paquetes

Fecha : 26 y 27 de junio
Dirigido a : Personal de la empresa Antamina
Profesores : Medina E., Defilippi L.
Participantes : 2

Actualización sobre Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 28 de junio
Dirigido a : Personal de la empresa M&M Consultores
Profesor : Medina E.
Participantes : 2

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 12, 19, 26 de julio y 2 de agosto
Dirigido a : Personal del Hospital Cayetano Heredia
Profesores : Munive M., Ticllacuri M.
Participantes : 18

Protección Radiológica en Radiología Dental

Fecha : 12 y 19 de julio
Profesor : Defilippi L.
Participantes : 7

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 14 al 19 de julio
Profesores : Ticllacuri M., Munive M., Defilippi L., Medina E.
Participantes : 11

Actualización sobre Seguridad Radiológica en Gammagrafía Industrial

Fecha : 19 de julio
Dirigido a : Personal de las empresas Qualitest y MEPSA
Profesor : Medina E.
Participantes : 7

Química de Sol - Gel

Fecha : 21 al 25 de julio
Profesor : Candal R. (Argentina)
Participantes : 31

Seguridad Radiológica en Irradiadores Industriales

Fecha : 21 al 25 de julio
Dirigido a : Personal de SENASA
Profesores : Ticllacuri M., Condori J., Medina E., Ramírez R.
Participantes : 8

Actualización sobre Seguridad Radiológica en Gammagrafía Industrial

Fecha : 24 de julio
Profesor : Medina E.
Participantes : 4

Nuevas Tendencias en el Procesamiento de Datos e Interpretación Aplicadas a las Tecnologías Industriales y Medio Ambiente

Fecha : 31 de julio
Profesores : Brisset P., Legoupil S. (Francia)
Participantes : 26

Actualización sobre Seguridad y Protección Radiológica en Medicina Nuclear

Fecha : 9 de agosto
Profesor : Defilippi L.
Participantes : 8

Seguridad y Protección Radiológica en Medicina Nuclear

Fecha : 11 al 15 de agosto
Profesores : Ticllacuri M., Defilippi L., Medina E.
Participantes : 10

Protección Radiológica (Básico)

Fecha : 13 al 15 de agosto
Dirigido a : Personal del Escuadrón de Desactivación de Explosivos de la PNP
Profesores : Munive M., Ticllacuri M., Ramírez R.
Participantes : 22

Actualización sobre Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 16 de agosto
Profesor : Munive M.
Participantes : 3

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 18 al 23 de agosto
Profesores : Anchante H.
Participantes : 6

Seguridad Radiológica en Gammagrafía Industrial

Fecha : 25 de agosto al 1 de septiembre
Profesores : Condori J., Medina E.
Participantes : 11

Ultrasonido (Nivel I)

Fecha : 25 de agosto al 3 de septiembre
Profesor : Villacorta H.
Participantes : 22

Actualización sobre Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 28 de agosto
Dirigido a : Personal de la empresa Sider Perú S.A.
Profesor : Medina E.
Participantes : 2

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 4 al 6 de septiembre

Dirigido a : Personal de la empresa Minera Yauliyacu
Profesor : Ticllacuri M.
Participantes : 7

Actualización sobre Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 6 de septiembre
Dirigido a : Personal de la empresa Minera Antamina
Profesor : Medina E.
Participantes : 2

Actualización en Win Office

Fecha : 8, 10 y 12 de septiembre
Dirigido a : Personal del IPEN
Profesor : Mario Silva
Participantes : 28

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 9 al 12 de septiembre
Profesores : Medina E., Ticllacuri M.
Participantes : 8

Protección Radiológica en Radiología Dental

Fecha : 13 y 20 de septiembre
Profesores : Amaya F., Defilippi L., Medina E.
Participantes : 7

Actualización en Win Office

Fecha : 15, 17 y 19 de septiembre
Dirigido a : Personal del IPEN
Profesor : Silva M.
Participantes : 13

Seguridad y Protección Radiológica en el Uso de Fuentes Radiactivas Abiertas en Investigación

Fecha : 16 al 19 de septiembre
Profesores : Ticllacuri M., Medina E.
Participantes : 11

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 22 al 27 de septiembre
Profesores : Anchante H., Medina E.
Participantes : 8

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 25 y 26 de septiembre
Dirigido a : Personal de la empresa Minera Antamina
Profesores : Medina E., Ticllacuri M.
Participantes : 3

Actualización sobre Seguridad Radiológica en Gammagrafía Industrial

Fecha : 27 de septiembre
Profesores : Amaya F., Condori J.
Participantes : 5

Actualización sobre Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 27 de septiembre
Profesor : Defilippi L.
Participantes : 6

Seguridad Radiológica en Gammagrafía Industrial

Fecha : 6 al 11 de octubre
Profesores : Munive M., Condori J., Medina E.
Participantes : 13

Protección Radiológica en Radiología Dental

Fecha : 11 y 18 de octubre
Profesores : Defilippi L., Medina E.
Participantes : 2

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 13 al 18 de octubre
Profesores : Anchante H., Medina E.
Participantes : 5

Actualización sobre Seguridad y Protección Radiológica en Medicina Nuclear

Fecha : 14 de octubre
Profesores : Medina E., Defilippi L.
Participantes : 9

Actualización sobre Seguridad Radiológica en Gammagrafía Industrial

Fecha : 18 de octubre
Dirigido a : Personal de la empresa Qualitest S.A.
Profesor : Condori J.
Participantes : 5

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 18 y 25 de octubre
Profesor : Munive M.
Participantes : 5

Metodología para Elaborar Proyectos en Ciencia y Tecnología (Marco Lógico)

Fecha : 27, 28 y 30 de octubre, 4, 6 y 11 de noviembre
Profesor : Zúñiga A.
Participantes : 15

Actualización sobre Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 8 de noviembre
Dirigido a : Participantes del VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear
Profesor : Mallaupoma M.
Participantes : 9

Actualización sobre Seguridad Radiológica en Medicina Nuclear

Fecha : 8 de noviembre
Dirigido a : Participantes del VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear
Profesor : Mallaupoma M.
Participantes : 6

Actualización sobre Seguridad Radiológica en la Industria

Fecha : 8 de noviembre
Dirigido a : Participantes del VI Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear
Profesores : Mallaupoma M., Ramírez R.
Participantes : 9

Taller Internacional sobre Nuevas Tecnologías para la Desinfección y Descontaminación de Agua

Fecha : 14 de noviembre
Profesores : Bandala E., Blesa M., Hermann J., Blanco J., Fernández P., Gumy D., Hatzikioseyan A., Remoudaki E., García D., Jiménez M., Orellana G., Collares M., Voncent M., Rebollar M., Rodríguez J.
Participantes : 91

Protección Radiológica en Radiología Dental

Fecha : 22 y 29 de noviembre
Profesores : Defilippi L., Medina E.
Participantes : 7

Tecnologías de Películas Delgadas y Aplicaciones (Internacional)

Fecha : 24 al 28 de noviembre
Profesor : Gorenstein A. (Brasil)
Participantes : 20

Actualización sobre Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 29 de noviembre
Dirigido a : Personal de la empresa MWH del Perú
Profesor : Ticllacuri M.

Participantes : 2

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 1 al 6 de diciembre
Profesores : Anchante H., Medina E., Defilippi L.
Participantes : 9

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 9 al 11 de diciembre
Profesores : Munive M., Medina E.
Participantes : 7

Actualización sobre Seguridad Radiológica en Gammagrafía Industrial

Fecha : 13 de diciembre
Dirigido a : Personal de la empresa END S.A.
Profesor : Medina E.
Participantes : 3

E.2. Cursos Dictados en Provincias

Seguridad Radiológica en el Uso de Rayos X para Análisis Químico

Fecha : 25 y 26 de abril
Dirigido a : Personal de la empresa Southern Perú
Lugar : Toquepala
Profesor : Medina E.
Participantes : 9

Actualización sobre Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 25 de mayo
Dirigido a : Personal de la empresa Knight Piesold S.A.
Lugar : Cajamarca
Profesor : Medina E.
Participantes : 19

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 27 y 28 de junio
Dirigido a : Personal de la empresa Backus and Johnston S.A.
Lugar : Trujillo
Profesor : Ramírez R.
Participantes : 9

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 11 y 12 de julio
Dirigido a : Personal de la empresa Backus and Johnston S.A.
Lugar : Pucallpa

Profesor : Medina E.
Participantes : 8

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 8 y 9 de agosto
Dirigido a : Personal de la empresa Backus and Johnston S.A.
Lugar : Chiclayo
Profesor : Ticllacuri M.
Participantes : 8

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 15 y 16 de agosto
Dirigido a : Personal de la empresa Backus and Johnston S.A.
Lugar : Cusco
Profesor : Medina E.
Participantes : 9

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 22 y 23 de agosto
Dirigido a : Personal de la empresa Backus and Johnston S.A.
Lugar : Arequipa
Profesor : Medina E.
Participantes : 15

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 27 y 28 de agosto
Dirigido a : Personal de la empresa Cemento Andino S.A.
Lugar : Tarma
Profesor : Aguirre A.
Participantes : 10

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 4 al 6 de septiembre
Dirigido a : Personal de la empresa Minera Yauliyacu
Lugar : Oyón
Profesor : Ticllacuri M.
Participantes : 7

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico

Fecha : 22 y 24 de octubre
Dirigido a : Personal de la empresa BHP Billiton Tintaya S.A.
Lugar : Arequipa
Profesor : Ticllacuri M.
Participantes : 12

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 22 y 23 de octubre

Dirigido a : Personal de la empresa
BHP Billiton Tintaya S.A.
Lugar : Arequipa
Profesor : Ticllacuri M.
Participantes : 19

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 1 y 2 de noviembre
Dirigido a : Personal de la empresa
Corporación Sagitario S.A.
Lugar : La Oroya
Profesor : Rodríguez G.
Participantes : 10

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 22 y 23 de noviembre
Dirigido a : Personal de la empresa
Corporación Sagitario S.A.
Lima : Quiruvilca
Profesor : Munive M.
Participantes : 12

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 2 y 3 de diciembre
Dirigido a : Personal de la empresa
minera Yanacocha
Lugar : Cajamarca
Profesor : Ramírez R.
Participantes : 31

Seguridad Radiológica en el Uso de Medidores Nucleares (Densímetros)

Fecha : 18 y 19 de diciembre
Dirigido a : Personal de la empresa
MINSUR S.A.
Lugar : Juliaca
Profesor : Ticallacuri M.
Participantes : 10

E.3. Cursos de Post Grado

MAESTRIA EN FÍSICA MÉDICA

Curso de Física Atómica y Nuclear

Fecha : 28 de abril – 29 de agosto
2003
Profesor : Montoya M.
Participantes : 17

Curso de Anatomía y Fisiología

Fecha : 28 de abril – 29 de agosto
2003
Profesor : Huapaya D.
Participantes : 22

Curso de Instrumentación Nuclear

Fecha : 28 de abril – 29 de agosto
2003
Profesores : Zúñiga A., Cifuentes E.
Participantes : 15

Curso de Radiobiología

Fecha : 28 de abril – 29 de agosto
2003
Profesor : Gonzáles S., Osoreo J.
Participantes : 19

MAESTRIA EN ENERGIA NUCLEAR

Curso de Física Nuclear

Fecha : 23 de septiembre 2002 –
28 de febrero 2003
Profesor : Montoya M.
Participantes : 30

Curso de Dosimetría de Radiaciones

Fecha : 23 de septiembre 2002 –
28 de febrero 2003
Profesor : Zúñiga A.
Participantes : 30

Curso de Matemáticas Especiales

Fecha : 23 de septiembre 2002 –
28 de febrero 2003
Profesor : Jara F.
Participantes : 30

Curso de Protección Radiológica

Fecha : 28 de abril – 4 de
septiembre 2003
Profesor : Mallaupoma M.
Participantes : 18

Curso de Instrumentación Nuclear

Fecha : 28 de abril – 4 de
septiembre 2003
Profesor : Zúñiga A., Cifuentes E.
Participantes : 18

Curso de Producción y Uso de Radioisótopos

Fecha : 28 de abril – 4 de
septiembre 2003
Profesor : Condori J.
Participantes : 18

F. PROYECTOS OIEA BIENIO 2003 – 2004

Desarrollo de Recursos Humanos y Apoyo a la Tecnología Nuclear
PER/0/021

Mejoramiento de un Laboratorio de Patrones Dosimétricos Secundarios
PER/1/013

Tecnología de Radiotrazadores Aplicados a la Conservación del Medio Ambiente en el Sector Minero Metalúrgico
PER/2/015

Automatización y Control de Calidad de la Producción de Radioisótopos
PER/4/022

Aplicación de Técnicas Nucleares para el Análisis, Conservación y Datación de Materiales Arqueológicos del Patrimonio Cultural Peruano
PER/8/013

Introducción de Cultivos de Cebada y otros Granos Nativos
PER/5/024

Radioesterilización de Comidas Precocidas para Hospitales
PER/5/026

Técnicas Nucleares en Minería e Industria
PER/8/011

Análisis de Seguridad para un Repositorio de Desechos Radioactivos de Nivel Bajo e Intermedio
PER/9/023

G. PROYECTOS ARCAL (ACUERDO REGIONAL PARA LA COOPERACIÓN EN AMERICA LATINA)

Preparación, Control de Calidad y Validación de Radiofármacos basados en Anticuerpos Monoclonales (Proyecto Modelo)
RLA/2/010 (ARCAL LII)

Sostenibilidad de Sistemas de Calidad en Laboratorios que usan Técnicas Analíticas Nucleares y Complementarias

RLA/2/011 (ARCAL LXXVI)

Control de Calidad en la Reparación y Mantenimientos de la Instrumentación Utilizada en Medicina Nuclear
RLA/4/017 (ARCAL LIII)

Estandarización de Técnicas de Nefrología Nuclear (Proyecto Modelo)
RLA/6/037 (ARCAL XXXVI)

Maestría en Física Médica
RLA/6/041 (ARCAL LIV)

Diagnóstico Precoz de la Infección por Helicobacter Pylori mediante la Utilización de Técnicas Nucleares
RLA/6/042 (ARCAL LVI)

Aseguramiento y Control de Calidad en Estudios de Mamografía
RLA/6/043 (ARCAL LV)

Aplicaciones de la Biología Molecular al Diagnóstico de Enfermedades Infecciosas
RLA/6/044 (ARCAL LVI)

Mejoramiento de la Calidad en Radioterapia (Proyecto Modelo)
RLA/6/046 (ARCAL LVIII)

Desarrollo de una Red Regional de Telemedicina
RLA/6/048 (ARCAL LXXIII)

Mejoramiento del Tratamiento del Cáncer de Cuello Uterino a través de Radiaciones
RLA/6/049 (ARCAL LXXIV)

Sistema de Calidad para la Producción de Tejidos para Injertos Esterilizados por Irradiación
RLA/7/009 (ARCAL LIX)

Aplicaciones de Biomonitores y Técnicas Nucleares Relacionadas Aplicadas a Estudios de Contaminación Atmosférica
RLA/7/010 (ARCAL LX)

Transferencia de Tecnología de Trazadores y Sistemas de Control Nucleónico a Sectores Industriales de Interés Económico
RLA/8/028 (ARCAL LXII)

Harmonización y Optimización de Procedimientos de la Gestión y

Procedimientos Operacionales en las Plantas de Irradiación Industriales
RLA/8/030 (ARCAL XLIII)

Aseguramiento de la Calidad de Laboratorios que Brinden Servicios de Protección Radiológica (Proyecto Modelo)
RLA/9/032 (ARCAL XLI)

Aplicación de las Normas Básicas de Seguridad en la Práctica Médica
RLA/9/035 (ARCAL XLIX)

Harmonización Regulatoria y Desarrollo de Programas de Gestión de Calidad para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos
RLA/9/042 (ARCAL LXV)

Mejoramiento de la Efectividad de la Gestión Regulatoria (Proyecto Modelo)
RLA/9/043 (ARCAL LXVI)

Fortalecimiento y Harmonización de las Capacidades Nacionales para dar Respuesta a Emergencias Radiológicas
RLA/9/045 (ARCAL LXVII)

Mejoramiento de la Seguridad de Reactores de Investigación
RLA/9/046 (ARCAL LXVIII)

Harmonización de Procedimientos de Dosimetría Interna
RLA/9/049 (ARCAL LXXVIII)

H. PROYECTOS REGIONALES OIEA

Fortalecimiento de la Infraestructura Institucional del Sector Nuclear mediante la Planificación Estratégica
RLA/0/020

Gestión del Combustible Gastado de un Reactor de Investigación
RLA/4/018

Gestión Sostenible de Aguas Subterráneas
RLA/8/031

Estudio de la Contaminación del Lago Titicaca
RLA/8/034

I. CONTRATOS DE INVESTIGACIÓN EJECUTADOS

- Uso de un Anticuerpo ELISA en Proteínas no Estructurales FMD para el Control y Erradicación de Enfermedades de Animales
- Mejoramiento de la Producción de Leche en la Región de Cañete, Perú
- Rol de las Técnicas de Radionuclidos en el Manejo de Hidronefrosis en Recién Nacidos en el Perú
- Evaluación Comparativa de Modalidades de Teleterapia en el Perú
- Desarrollo de una Base Computarizada de Datos para el Manejo de Información en Ganadería (Lima)
- Evaluación de la Seguridad de Instalaciones Superficiales para el Almacenamiento de Desechos
- Determinación de Niveles de Contaminación por Plomo y Cadmio en Mujeres Embarazadas que Viven en una Zona Minera del Perú
- Desarrollo de una Metodología para la Producción y Control de Calidad de Fuentes Selladas en Miniatura
- Determinación de Elementos Traza y Metales Pesados en Productos Agrícolas Cultivados a lo Largo del Río Rimac

J. CONFERENCIAS

J.1 CONFERENCIAS DICTADAS EN EL CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS NUCLEARES DEL IPEN

Genes, Genoma y Evolución Funcional en el Sistema Nervioso
Málaga Trillo, Edward. 09.01.03

Análisis, Comparación y Verificación Experimental de Modelos de Plasma Focus
Rodríguez Palomino, Luis. 16.01.03

Efectos de las fronteras de Gránulos en las Propiedades Ópticas de Películas Metálicas Poli-Cristalinas

Sotelo Campos, Juan. 23.01.03

Desarrollo de Radiofármacos en Cuba Basado en Anticuerpos Monoclonales
Ignacio Zayas, Francisco. 30.01.03

Aplicaciones Nucleares en la Industria y Medio Ambiente
Sebastián Calvo, Carlos. 06.02.03

Publicación de Artículos Científicos
Ishiyama Cervantes, Raúl. 13.02.03

Avances y Perspectiva del Programa Nacional de Mosca de la Fruta para la Erradicación de las Moscas de la Fruta de Importancia
Quenta Cherre, Félix. 20.02.03

Perspectivas de Uso de las Celdas de Combustible en el Sector Productivo y el Gas de Camisea
Arroyo Ulloa, Maximiliano. 27.02.03

Estudios de la Torsión de Moléculas Individuales de ADN
Bustamante, Carlos. 05.03.03

Formación Profesional en Protección Radiológica y en Física Médica en Europa
Bedogni, Roberto. 13.03.03

Programa de Capacitación Asistida para Tecnólogos Médicos en Medicina Nuclear
Núñez, Margarita. 20.03.03

Sistema de Retención de Sólidos Contenidos en Gases Contaminantes del Medio Ambiente
Rivero Soria, Rodolfo. 27.03.03

Recuperación de los Glaciares Andinos
Valdivia Herrera, Ramiro. 03.04.03

El Oxido de Tungsteno como Sensor de Gas
Solís, José. 10.04.03

50 Aniversario del Descubrimiento de la Estructura del ADN - Presentación de Ponencias
Wheeler, Jane; Icochea, Eliana;
Becerra, Augusto; Guerrero, Ivonne;
Pacheco, José. 24.04.03

50 Aniversario del Descubrimiento de la Estructura del ADN - Mesa Redonda
Espinoza, José; Montoya, Isabel; Ñopo,

Luis; Rubin, Verónica; Espinoza, Marco. 25.04.03

El Uso de las Líneas de Adición Cromosómica para Facilitar el Mapeo Genético de Especies Silvestres de Algodón
Becerra, Augusto. 08.05.03

ADN Mitocondrial y Cromosoma y en Poblaciones Humanas
Rubin De Celis, Verónica. 15.05.03

Datación Radiocarbónica en Materiales Arqueológicos
Figini, Anibal. 22.05.03

Detección del Helicobacter Pylori por Técnica Isotópica: Test de Aliento con Carbono 14
Mendoza, Germán. 29.05.03

Física de Rayos Láser
Elías Chipoco, Luis. 05.06.03
Termodinámica y Cinética de Moléculas Biológicas Individuales
Bustamante, Carlos. 12.06.03

Tratamiento Hidrogeológico de las Aguas Superficiales y Subterráneas del Yacimiento de Antamina
Aguirre Carpio, Carlos. 19.06.03

Radioterapia Tridimensional Conformada
Margni, Alejandro. 26.06.03

Situación de la Minería en el Perú
Hoyos Ordoñez, Juan. 26.06.03

Gestión Integrada de Medio Ambiente, Seguridad y Salud
Herrera Herrera, Percy. 03.07.03

Oportunidades para Proyectos de Cooperación Técnica Internacional
Acuña, Oscar. 10.07.03

Flexible Dye-Sensitized Solar Cells
Hagfeldt, Ander. 17.07.03

La Conservación y Restauración de los Retablos: Estado de la Cuestión y Nuevas Perspectivas
Bruquetas, Rocío; Carrassón, Ana. 17.07.03

Biodeterioro de Bienes Culturales. Método de Control e Irradiación Gamma

Valentin, Nieve ; Ramière, Regis.
24.07.03

Aplicaciones del Láser en Fisoquímica
Piuzzi, Francois. 07.08.03

La Prospectiva y la Gestión Estratégica de la Incertidumbre
Ortega, Fernando. 14.08.03

Inteligencia Artificial y Comunicaciones Ópticas Ultrarrápidas
Calvo, Franz; Gonzalez, Carmen.
21.08.03

Desarrollo y Aplicaciones de la Tecnología Nuclear
Rodríguez, Ramón. 28.08.03

Simulación con el Método de Montecarlo de la Ordenación Local y Formación de Agregados en las Aleaciones Binarias
Rojas, Justo. 04.09.03

El Ruido Urbano y sus Efectos en la Salud
Quiñonez Manga, Marisa. 11.09.03

Optical Properties of the Widebandgap Semiconductor Silicon - Modelaje y Dispersión Atmosférica
Weingartner, Roland; Brown, Michael.
18.09.03

Perspectivas de la Biología Molecular en el Perú
Verástegui, Javier. 25.09.03

Análisis por Inyección de Flujo
Montoya, Eduardo. 02.10.03

Gestión de las Aguas Subterráneas. La Sustentabilidad de un Recurso Hídrico
Mamani, Enoc. 09.10.03

Tecnología Nuclear en la Industria de Procesos Químicos
Sebastián Calvo, Carlos. 16.10.03

Tecnología de un Waferstepper
Kuijpers, Ronald. 27.10.03
La Tecnología y Normatividad de las Firmas y Certificados Digitales
Guzmán Cobeñas, Maria Del Pilar.
30.10.03

Usos y Aplicaciones de Reactores de Investigación
Ellis, Ronald. 06.11.03

La Ciencia y la Tecnología y la Empresa
Valdez, José. 13.11.03

Tecnología de Información y Comunicación: Motor de Desarrollo Social
Valdivia Maldonado, Pedro. 20.11.03

Contribución Tecnológica del ITP en el Desarrollo de la Pesquería Peruana
Neira Granda, Juan. 27.11.03

Biotecnología de Minerales
Guerrero, José. 04.12.03

Sistemas Integrados de Gestión
Paredes Rodríguez, Artemio. 11.12.03

J.2 CONFERENCIAS DICTADAS EN EL CENTRO NUCLEAR RACSO

Characterization and Gas Sensing Properties of Mixed Tungsten Oxide and Copper Tungstate Films obtained by Spray Sol-Gel
Estrada, Walter. 19.02.03

Medición de la temperatura Neutrónica en Diferentes Posiciones de Irradiación del RP-10
Bruna, Rubén. 26.02.03

Aplicación del Método Perturbativo Diferencial al Análisis de Sensibilidad en Problemas de Golpe de Ariete en Redes Hidráulicas
Gallardo, Alberto. 05.03.03

Environmental Radioactivity at the Antarctic Peruvian Scientific Station Machu Picchu
Osore, José. 12.03.03

Software Development for Neutron Analysis in MTR Reactors using WIMS and Citation Codes
Cuya, Ricardo. 19.03.03

Purificación del Benzoil-Mercaptoacetiltriglicina Complementado con Evaluaciones Biológicas
Robles, Anita. 26.03.03

Determination of Trace Elements in River Water by K_0 based Neutron Activation Analysis
Mendoza, Pablo. 02.04.03

In situ Profile and Thickness Measurement of Pyrolytic Thin Films
Rodríguez, Juan. 09.04.03

Localización Intracelular de un Derivado de Porphirina en un Tipo de Electrocito y Activación del Canal de Cloro
Santiago, Julio. 16.04.03

Simulación de Montecarlo para la Distribución de Fragmentos de la Fisión del Uranio, Inducida por Neutrones, según su Masa y Energía Cinética
Rojas, Justo; Montoya, Modesto. 23.04.03

Optimización del Rendimiento del Acondicionamiento de un Motor de Inducción usado en un Barco Solar
Sifuentes, Ever. 30.04.03

Medición del Quemado de Elementos Combustibles MTR por el Método de Reactividad
Zúñiga, Agustín. 07.05.03

Validación de la Técnica L.A.L. (Gel Clot) en los Agentes de Radiodiagnóstico y Radioisótopos
Morote, Mario. 14.05.03

Estudio por Carbono 14 de las Ingresiones Marinas Pleistoceno - Hológeno de las Costas de la Provincia de Buenos Aires, Argentina
Figini, Anibal. 21.05.03

Aplicaciones de Multifractales en Agricultura y otras Áreas
Posadas, Alonso. 02.07.03

Aplicaciones de la Microscopía Electrónica de Barrido en la Industria
Aguilar, José. 16.07.03

Formulación del Complejo 99mTc(V)-DMSA
Agurto, Wilmer. 23.07.03

Microestructura y Actividad Fotocatalítica del Oxido de Titanio
Candal, Roberto. 06.08.03

Cálculo Neutrónico de Parámetros Cinéticos en el Control de los Reactores
Lázaro, Gerardo. 13.08.03

Creatividad y Protección
Combe, Olga. 20.08.03

Identificación de Gases Utilizando el Ruido Inducido en Sensores de Gas
Solís, José. 27.08.03

Avances Recientes en la Tecnología FISH
Espinoza, Marco. 03.09.03

Oxido de Tungsteno Nano Estructurado como Sensor de Gas
Reyes, Luis. 10.09.03

Modelaje Atmosférico
Brown, Michael. 17.09.03

Espectrometría Alfa con Huellas Nucleares
Zúñiga, Agustín. 24.09.03

Uso del Código de Práctica del OIEA para la Radioesterilización de Aloinjertos de Hueso
Castro, Emma. 01.10.03

Diagnóstico PCR del Virus de la Hepatitis C
Vásquez, Silvia. 15.10.03

Determinación de Bajos Niveles de Tritio por Enriquecimiento Electrolítico y Lectura por Centelleo Líquido
Rodríguez, Domnina. 22.10.03

El Consumidor Limeño y su Grado de Información y Aceptación de los Alimentos Conservados por Irradiación
Prado, Antonio. 29.10.03

Uso de Fuentes Selladas de Fósforo-32 en Braquiterapia
Vela, Mariano. 05.11.03

Formulismo de Green en el No Equilibrio en Transporte de Electrones en Moléculas
Zúñiga, Agustín. 12.11.03

Evaluación de la Exposición Ocupacional Debido a Radionuclidos en el Instituto Peruano de Energía Nuclear
Rodríguez, Domnina. 19.11.03

Narices Electrónicas
Solís, José. 26.11.03

Determinación de Cobalto, Níquel, Cobre, Zinc y Plomo en Agua de Mar por Fluorescencia de Rayos-X en Reflexión Total
Quijandría, Silvana. 10.12.03

J. 3 CONFERENCIAS EXTERNAS

Aplicaciones de la Visión Computarizada en la Biotecnología

Pérez, E. 04. 08.2003

Mamografía de Alta Calidad. Tópicos de Control de Calidad e Informes Médicos

Thompson, O. 26.08.2003

Perspectivas de la Biología Molecular

Bustamante, C. 23.09.2003

El acuífero del Río Piura - Estudio de la Contaminación del Río Puyango

Tumbes y el Acuífero del Río Zarumilla

Benavent, I.; Otiniano, J.;

García, E. 13.10.2003

Remediation of Mining and Milling Residues and Effluents Relevant IAEA Activities - Bioremediation of Mining and Milling Residues and Effluents

Falck, W. E. 20.10.2003

J.3.1 EXPOSICIONES EN OTRAS INSTITUCIONES

Montoya, M.

Clonación, sueño o pesadilla de la

humanidad. Auditorio del Centro Juvenil Salesiano. 12.02.2003

Montoya, M.

Genoma Humano y Clonación.

Academia Pre-Universitaria TRILCE.

28.02.2003

Montoya, M.

Aporte Tecnológico del Perú al Mundo.

Auditorio de Petroperú. 11.03.2003

Montoya, M.

Ciencia, Tecnología e Investigación.

Auditorio de la Universidad Peruana Unión.

31.03.2003

Montoya, M.

Perfiles Educativos en la Curricula de Física. Rol de las Aplicaciones Nucleares.

Universidad Nacional de

Trujillo. 11.04.2003

Montoya, M.

Desarrollo de las Armas Nucleares y las Salvaguardias.

Instituto Científico y Tecnológico del Ejército (ICTE). Auditorio de la Escuela Militar de Chorrillos.

15.04.2003

Montoya, M.

Aplicaciones de la Energía Nuclear.

Universidad Nacional de San Agustín,

Arequipa. 16.04.2003

Montoya, M.

Ciencia para la Paz.

Tribunas Científicas de la Fundación Invesciencias. 23.04.2003

Montoya, M.

El Estado actual de la Ciencia en el Perú.

Universidad Nacional de Ingeniería.

22.05.2003

Montoya, M.

Proyecto: Centro de Medicina Nuclear para el Departamento de Ayacucho.

Auditorio de la Dirección Regional de

Ayacucho. 23.05.2003

Montoya, M.

Ciencia, Tecnología, Valores y

Desarrollo. Universidad Nacional de

Ancash Santiago Antunez de Mayolo.

13.06.2003

Montoya, M.

La Descentralización de la Medicina

Nuclear hacia La Libertad. Universidad

Nacional de Trujillo. 18.06.2003

Montoya, M.

Valores en Ciencia y Tecnología.

Facultad de Ciencias de la Universidad

Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.

11.07.2003

Montoya, M.

Promoción de la Medicina Nuclear en el

País. Auditorio del Hospital Almazor

Aguinaga Asenjo. 20.08.2003.

Montoya, M.

Aplicaciones Nucleares en el Desarrollo

Nacional. Universidad Nacional Pedro

Ruiz Gallo. 20.08.2003

Montoya, M.

Contaminación de la Bahía El Ferrol y

Perspectivas de Solución. Universidad

Nacional del Santa. 03.09.2003

Montoya, M.

Ciencia, Tecnología y Empresa.

Auditorio de la Facultad de Odontología,

Universidad Nacional Federico Villarreal.

12.12.2003

Montoya, M.
El Rol de los Técnicos en la Enseñanza de la Energía Nuclear. Politécnico Nacional del Santa. 18.12.2003

J.3.2 EXPOSICIONES EN CONFERENCIAS, CONGRESOS, SEMINARIOS, SIMPOSIOS, TALLERES Y MESAS REDONDAS

Montoya, M.
Taller Científico Tecnológico dirigido a docentes de Trujillo. Colegio Seminario de San Carlos y San Marcelo. 06.03.2003

Montoya, M.
Armas Físicas y Nucleares. En: Mesa Redonda sobre Armas de Destrucción Masiva. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 28.04.2003

Montoya, M.
Universidad, Ciencia y Desarrollo Regional. En: II Foro Regional Descentralización y Desarrollo Sustentable Empleo y Competitividad Regional. Universidad Nacional de Ancash Santiago Antunez de Mayolo. 09.05.2003

Montoya, M.
La Clonación Reproductiva. En: Congreso Internacional Genética, ADN y Clonación. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. 28.05.2003

Montoya, M.
Taller sobre Enseñanza de la Física en los Niños Pequeños. En: Congreso Nacional Calidad y Equidad en la Educación Inicial. Museo de la Nación. 05.06.2003

Montoya, M.
Ciencia, Investigación y Desarrollo. En: II Ciclo de Conferencias 2003, COCEFIQM. Gran Teatro Norte de la Universidad Nacional de Ingeniería. 09.06.2003

Montoya, M.
Avances de la Biotecnología en el Perú. En: Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 18.07.2003

Montoya, M.
Investigación y Desarrollo. En: Forum Ingeniería y Desarrollo Nacional.

Universidad Nacional de Ingeniería. 21.07.2003

Montoya, M.
Simulación con Monte Carlo de la Distribución de Masas y Energía Cinética de los Fragmentos de Fisión Inducida por Neutrones Termale del U-235. En: II Encuentro Científico Internacional de Invierno. 30.07.2003

Montoya, M.; Espinoza, M.
58° Aniversario del Lanzamiento de la Primera Bomba Atómica en Hiroshima. 06.08.03

Montoya, M.
Ciencia, Tecnología y Valores. En: XIV Simposio Peruano de Física. Trujillo. 11.08.2003

Montoya, M.
Presente y Futuro de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación Aplicados a la Educación. Auditorio del Museo Nacional de Arqueología, Antropología e Historia del Perú. 13.08.2003.

Montoya, M.
La Ciencia y Tecnología: Conceptos y Relaciones Institucionales. En: I Seminario Nacional Derecho, Ciencia y Tecnología. Auditorio de la Facultad de Derecho y Ciencias Políticas de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega. 10.09.2003

Montoya, M.
Los Escenarios Futuros de la Sociedad de la Información y los Desafíos de la Juventud. En: Audiencia Pública La Juventud Peruana en la Sociedad de la Información. Hemiciclo Raúl Porras Barrenechea del Palacio Legislativo. 24.09.2003

Montoya, M.
Investigación y Desarrollo. En: Jornada de Investigación Científica. Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Trujillo. 15.10.2003

Montoya, M.
Hacia la Implementación del Programa de Ciencia y Tecnología. En: Encuentro Ciencia, Tecnología y Empresa. CONCYTEC. 11.11.2003

Montoya, M.
Aportes al DCB-2004, Contenidos Básicos de Área. En: Taller de Consulta sobre Propuesta Curricular del Ministerio de Educación. Centro Champagnat. 13.11.2003

Montoya, M.
EL IPEN y la Innovación Tecnológica. En: Foro Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación con el Tema. Hemiciclo Raúl Porras Barrenechea del Congreso de la República. 17.11.2003

Montoya, M.
Políticas de Educación Superior para el Desarrollo Regional. En: Seminario Nacional Educación y Empleo para el Desarrollo Local y Regional. Sociedad Nacional de Industrias. 18.11.2003

Montoya, M.
Las Redes Académicas en el Perú: Un Nuevo Reto. Universidad Ricardo Palma. 03.12.2003

Montoya, M.
Ciencia y Tecnología para la Competitividad Nacional. En: II Exposición de Proyectos de Tecnología y Desarrollo. Universidad César Vallejo de Trujillo. 06.12.2003

K. TESIS

Balboa Guerra, Macneill; Fustamante Fuentes, Nilsson.
Evaluación del comportamiento hidráulico de la laguna terciaria de la planta de tratamiento de aguas residuales de la UNI-UNITRAR mediante el uso de trazadores radioactivos. Tesis Ingeniero Sanitario. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental, 2003. 134 p.

Quijandría Casanova, Silvana.
Determinación de Cobalto, Níquel, Cobre, Zinc y Plomo en agua de mar por fluorescencia de rayos X en reflexión total. Tesis Licenciatura en Química. Lima, Perú, Universidad Nacional Federico Villarreal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Escuela Profesional de Química, 2003. 93 p.
Molero Villalobos, Paulina.

Conocimientos sobre protección radiológica dental en alumnos de la Clínica Estomatológica Luis Vallejos Santoni de la Universidad Andina del Cusco. Tesis Cirujano Dentista. Cusco, Perú, Universidad Andina del Cusco. Facultad Ciencias de la Salud, 2003. 85 p.

L. VISITAS DE EXPERTOS Y OTRAS PERSONALIDADES

Van Dyck
Encuentro Científico Internacional
02.-05.01.2003
Ellis, Donald
Encuentro Científico Internacional
02.-05.01.2003

Ignacio Zayas, Francisco
Preparación, Control de Calidad y Validación de Radiofármacos Basados en Anticuerpos Monoclonales
26.01.2003–01.02.2003

Hirata, C.R.
Vulnerabilidad del Acuífero de Piura
03.-07.02.2003

Girzikowsky, Reinhard
Instalación y Puesta a Punto del Laboratorio de Patrones Secundarios
13.02.2003-07.03.2003

De Bermoudes, Olga
Elaboración de un Mapa Hidrogeológico de la Región de Piura
03.-07.05.2003 / 19.-23.05.2003

Hutton, Bryan
Curso de Tecnólogos de Medicina Nuclear
16.-19.03.2003
Cabrejas, Mariana
Curso de Tecnólogos de Medicina Nuclear
16.-19.03.2003

Núñez, Margarita
Curso de Tecnólogos de Medicina Nuclear
16.-19.03.2003

Watanabe, Naoguchi
Curso de Tecnólogos de Medicina Nuclear
16.-19.03.2003

- Cáceres, Carlos
Formulación Programa Producción Mosca de la Fruta
24.-26.03.2003
- García-Agudo, Edmundo
Seminario Nacional sobre Formulación de Proyectos de Cooperación Técnica
13.-15.04.2003
- Rondinelli Junior , Francisco
Planificación Estratégica
21.-25.04.2003
- Fernández, Octavio
Formulación Perfil de Proyecto sobre Malaria
23.-25.04.2003
- Leclere, Jean Pierre
Asesoría en Tecnología de Radiotrazadores
12.-23.05.2003
- Figini, Anibal
Asesoría Uso Técnicas de Carbono-14
19.-23.05.2003
- Ramiere, Regis
Primer Curso de Capacitación en Restauración de Retablos
14.-25.07.2003
- O'Dacre, Joseph Michael
Misión preparatoria de la Visita de Evaluación en el Campo de la Seguridad Integral Física (IPPAS) del OIEA
23.-25.07.2003
- Hagemann, Axel
Misión preparatoria de la Visita de Evaluación en el Campo de la Seguridad Integral Física (IPPAS) del OIEA
23.-25.07.2003
- Stadalnikas, Arvydas
Misión Preparatoria de la Visita de Evaluación en el Campo de la Seguridad Integral Física (IPPAS) del OIEA
23.-25.07.2003
- Brisset, Patrick
Asesoría en el Campo de las Aplicaciones de la Energía Nuclear en la Industria
25.07.2003 – 01.08.2003
- Legoupil, Samuel
Asesoría en el Campo de las Aplicaciones de la Energía Nuclear en la Industria
25.07.2003 – 01.08.2003
- García Agudo, Edmundo
Coordinación de las Actividades del Proyecto Manejo Sostenible de las Aguas Subterráneas (RLA/8/031)
11.-18.08.2003
- Brisset, Patrick
Curso Regional de Trazadores en la industria del Cemento
24.-29.08.2003
- Robertson, David
Instalación y Puesta a Punto del Irradiador Gammacell 220
23.-30.08.2003
- Thompson, Codas
Misión Proyecto Aseguramiento y Control de la Calidad en Estudios de Mamografía (ARCAL RLA/6/043)
25.-26.08.2003
- Brown, Michael
Uso de Modelos en Estudios de Modelaje Ambiental
12.-29.09.2003
- López, Adlin
Puesta a Punto de las Cámaras Gamma de los Centros de Medicina Nuclear de Chiclayo y Sullana
15.-26.09.2003
- Cerquera, Angela María
Aplicaciones Médicas de la Energía Nuclear - Hospital Almanzor Aguinaga de Chiclayo y Hospital de Apoyo III de Sullana
20.-31.10.2003
- Fortín, V.
Misión de Salvaguardias del OIEA
03.-05.11.2003
- Gryntakis, E.
Misión de Salvaguardias del OIEA
03.-05.11.2003
- Apt, Ken
Gerencia de Instalaciones Nucleares
05.-07.11.2003

Ellis, Ron
Gerencia de Instalaciones Nucleares
05.-07.11.2003

Loose, Verne
Gerencia de Instalaciones Nucleares
05.-07.11.2003

Cruz Rozón, Fausto A.
**Harmonización y Optimización de
Procedimientos de Operación de Plantas
de Irradiación**
10.-14.11.2003

O' Dacre, Johon
**Misión del Servicio Internacional de
Protección Física de las Instalaciones y
Materiales Nucleares (IPPAS)**
10.-18.12.2003

Grant, Thomas
**Misión del Servicio Internacional de
Protección Física de las Instalaciones y
Materiales Nucleares (IPPAS)**
10.-18.12.2003

Rodríguez, Carlos E.
**Misión del Servicio Internacional de
Protección Física de las Instalaciones y
Materiales Nucleares (IPPAS)**
10.-18.12.2003

Murria, Dale W.
**Misión del Servicio Internacional de
Protección Física de las Instalaciones y
Materiales Nucleares (IPPAS)**
10.-18.12.2003

Stadalnikas, Arvydas
**Misión del Servicio Internacional de
Protección Física de las Instalaciones y
Materiales Nucleares (IPPAS)**
10.-18.12.2003

Cohen-Unger, Susan
**Misión del Servicio Internacional de
Protección Física de las Instalaciones y
Materiales Nucleares (IPPAS)**
10.-18.12.2003

INDICE DE AUTORES

A

Aguilar, C.	89,94,97
Agurto, G.	59,70
Alcahuamán, R.	84
Aliaga, E.	62
Ampuero, C.	163,167
Anaya, A.	114,116,120
Anaya, O.	21
Arnao, I.	71
Arrieta, R.	21
Avila, J.	21
Ayala, M.	71

B

Babiche, I.	17,39,42
Baquerizo, E.	57
Bazán, H.	71
Bedregal, P.	108
Benavente, T.	123,124,145,148 152,156
Benavente, V.	94
Benites, M.	59,68
Bravo, J.	31
Bustamante, A.	31

C

Caballero, J.	49,59,65,68,71
Cano, R.	89,94,97
Carlos, A.	92
Castillo, J.	169
Castillo, R.	124,152
Castro, M.	57,68
Cavero, L.	23,62
Celedonio, E.	124,145,148,152, 156
Cerón, M.	31
Colina, R.	92
Comina, G.	75
Condori, J.	84
Creed-Kanashiro, H.	108
Cristina, J.	92
Chunga, A.	92

D

Defilippi L.	124,152,156
--------------	-------------

E

Estrada, W.	12,27,35,103
-------------	--------------

G

Galarza, P.	103
Ganoza, L.	108
García, L.	92
González, S.	116,120,146,149,158
Gorestein, A.	12

H

Heredia, A.	124,152
Herrera, J.	65,68
Huamanlazo, P.	143
Huatay, L.	23
Huatay, L.	62

J

Jara, R.	114,116,146
Junco, J.	108

K

Khan, B.	92
Koga, R.	65,92

L

Leclerc, J.P.	81,84
Linares, M.	143
López, E.	116,120,146
López, J.	57

M

Maghella, G.	81,83,84,118
Maguiña, J.	81,84,118
Mamani, E.	81,83,84,118
Manchego, T.	128
Manrique, E.	3
Manuel, O.	71
Martínez, F.	62
Martínez, J.	116,146
Martínez, R.	23
Maurtua, D.	103
Medina, E.	131,138
Medina, M.	23
Mendoza, G.	62,94,97
Mendoza, P.	108
Miranda, J.	68
Mora, B.	124,152
Morales, R.	89,94,97
Morote, M.	59,169
Munive, M.	163,165,167,168
Muñoz, L.	94,97

N		Torres, B.	108
Nieto, M.	21	Torres, C.	92
Novoa, C.	23		
O		U	
Olivera, P.	31,108	Ubillus, M.	108
Osores, J.	114,116,120,146		
Otero, M.	59,65	V	
P		Valencia, J.	83
Penny, M.	108	Vargas, J.	143
Petzoldt, I.	59,70	Vásquez, S.	65
Pintado, V.	124,152	Vásquez, S.	92
Ponce, S.	27	Vivas, P.	7
Portilla, A.	49,68	Vizcardo, C.	149
Postigo, J.	97		
Prado, M.	7	Z	
Q		Zumaeta, E.	92
Quispe, J.	31,124,152	Zúñiga, P.	27
R			
Ramírez, J.	70,71		
Ramírez, R.	163,167		
Ramos, B.	53,57,70		
Ravello, Y.	160,163,165,167,168		
Raysa, N.	31		
Retamal, A.	92		
Revilla, Á.	17,39		
Robles, A.	49,53,57,59,62,70		
Rodríguez, D.	150		
Rodríguez, G.	128		
Rodríguez, J.	27,35,103		
Rojas, E.	123		
Rojas, G.	124,152		
Rojas, J.	3, 12		
Rojas, M.	75		
Rojas, R.	81,83,118		
Roncero, G.	92		
S			
Saavedra, P.	89,94,97		
Sánchez, E.	103		
Santiago, J.	7,62		
Santos, C.	89		
Santos, J.	124,152		
Soberón, M.	68		
Solís J.	12,27,35,75,103		
T			
Ticllacuri, M.	163,165,167,168		