

LAS TÉCNICAS NUCLEARES: AVANCES Y PERSPECTIVAS DE SUS APLICACIONES EN CUBA

Por: Aerulio Tulio Hernández
Eduardo Fundora Miguel
Fotos: Jorge Gallego Gallego

This paper deals with progress in and perspectives of nuclear technique applications in Cuba with case studies in different fields of economy.

Para lograr soluciones efectivas a los graves problemas económicos que afectan a los países subdesarrollados se requiere la ejecución de programas de desarrollo que contemplen la introducción y aplicación, conjugada de tecnologías avanzadas. Un ejemplo actual en este sentido es el referido a las técnicas nucleares y los métodos biotecnológicos. La aplicación de la biotecnología a la agricultura puede contribuir de manera importante al mejoramiento de las variedades de interés agrícola. Asimismo, una vía utilizada para obtener variedades vegetales en plazos menores a los tradicionales consiste en la utilización de las radiaciones ionizantes para la inducción de mutaciones. Según información del Organismo Internacional de Energía Atómica, se han obtenido en varios países más de 150 variedades de plantas de interés económico. En Cuba, mediante este método, se han logrado mutantes de interés genético o económico de caña de azúcar, pastos, frijoles, viandas, ajo y otros cultivos. (Tabla 1.)

La obtención de mutantes vegetales mediante el empleo combinado de los métodos biotecnológicos y las técnicas de irradiación ofrece una opción muy ventajosa que vincula los

beneficios manifiestos de la ingeniería genética y de las técnicas de fusión de células procedentes de diferentes organismos con el significativo incremento de la probabilidad de mutaciones inducidas por la acción de las radiaciones ionizantes sobre el material vegetal. Esta variante se ha sumado al arsenal de los recursos científico-técnicos, con que cuentan los especialistas para enfrentar el reto del desarrollo socioeconómico. En Cuba ya se trabaja en este campo. Se cuenta para ello con las instalaciones básicas necesarias y un número suficiente de cuadros especializados.

Las posibilidades y ventajas relativas de la aplicación de las técnicas nucleares, evidenciadas en el ejemplo anterior se extienden a muchos campos específicos de la medicina, la agricultura y la industria.

Para diagnósticos más precisos y la prevención y tratamiento más eficaces de las enfermedades

Entre los objetivos de mayor importancia para la práctica médica se considera la obtención de información rápida y precisa, por métodos no invasivos o traumáticos acerca de los posibles trastornos funcionales de los distintos órganos. Una forma de lograr esta información es la utilización de radisótopos o compuestos marcados, los cuales se incorporan al organismo del paciente y cumplen la función de trazadores. La detección de las radiaciones emitidas por el radisótomo sirve de base para la realización de estudios dinámicos y la obtención de secuencias de imágenes totales o parciales del órgano en distintos tiempos. Estas imágenes, junto con la información estructural o anatómica que

Cultivo	Características de las líneas obtenidas	Fase o estado de la introducción
Caña	Eliminación de la floración	Evaluación en campo
Pasto	Retardo de la floración y elevado contenido de hojas	Evaluación en campo
Frijol	Resistencia a la roya e incremento de la productividad	Evaluación en parcelas experimentales
Ajo	Resistencia a la Alternaria Porri	Evaluación en parcelas experimentales
Soya	Incremento de la productividad	Evaluación en parcelas experimentales
	Resistencia a Peronospora y Oidium (en invierno) y a Xanthomonas (en primavera); buenos índices productivos	
Maíz	Mayor número de granos en mazorcas yelevada calidad	Evaluación en campo
Maní	Incremento de la productividad	Evaluación en parcelas experimentales
Boniato	Resistencia al Tetuán	Evaluación en campo
Yuca	Incremento de capacidad forrajera	Evaluación en campo

brindan otros métodos como la radiografía con rayos X, el ultrasonido, la tomografía axial computarizada (TAC) y la resonancia magnética nuclear (RMN) ofrecen de conjunto información de gran utilidad para alcanzar un diagnóstico médico más preciso y oportuno.

Las técnicas de radioinmunoanálisis (RIA), basadas también en el uso de los radiotrazadores permiten, a su vez, analizar cientos de sustancias diferentes como las hormonas, las vitaminas, los productos segregados por virus infecciosos y otras, lo cual desempeña un importante papel en la

servicios a la población a corto plazo. (Tabla 2.)

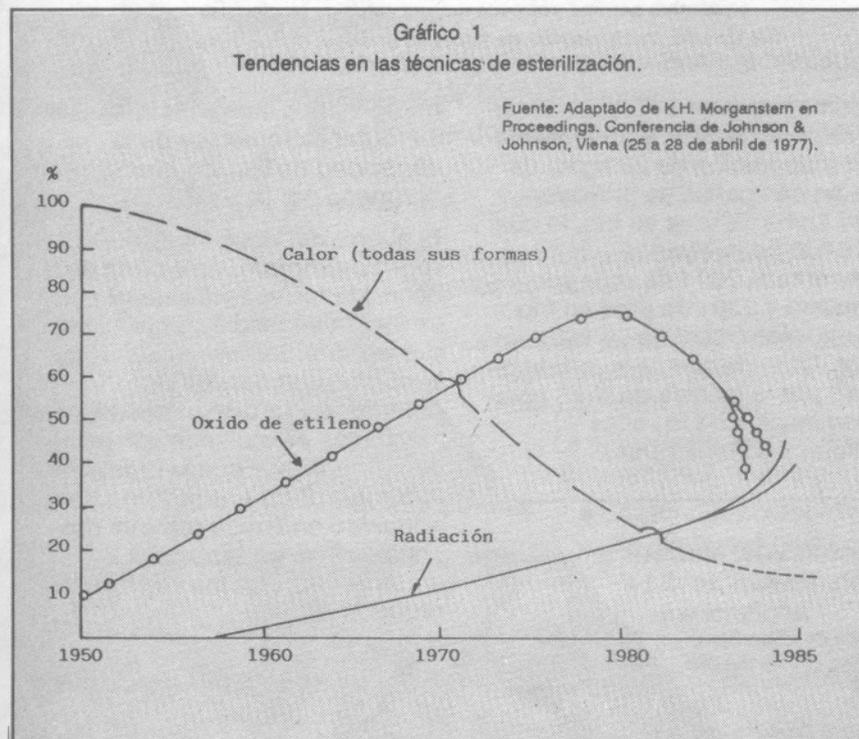
Un objetivo de gran importancia por su incidencia social y económica está relacionado con el propósito de lograr en los próximos 15 años la reducción en un 25% de la mortalidad por cáncer ajustada por edades. En la actualidad una de cada 5 muertes en Cuba se debe al cáncer. Elementos decisivos para lograr la reducción de la mortalidad por esta enfermedad son la realización de un diagnóstico precoz y el tratamiento oportuno. En ese sentido un papel fundamental lo desempeña la radioterapia para lo cual se utilizan en el país equipos

respecto a otros métodos tradicionales de esterilización, basados en el uso del calor o del óxido de etileno. La tendencia de empleo de los métodos de esterilización se muestra en el gráfico 1.

Como se puede apreciar, el empleo de la radioesterilización tiende a desplazar a los otros mencionados con anterioridad. En el año 1986 más de 130 irradiadores de Co-60 de capacidad Industrial funcionaban en 42 países con una capacidad de procesamiento de aproximadamente 200 millones de pies cúbicos de dispositivos o productos médicos al año.

En Cuba se ha trabajado en este campo utilizando para estos fines las instalaciones de Co-60 existentes en el país. Entre otros se han irradiado dispositivos de material plástico, ungüentos oftálmicos, antibióticos y talco de uso médico-farmacéutico. Se han establecido las condiciones experimentales y las dosis requeridas para la radioesterilización de la vacuna antimeningocócica B y de la gamma globulina inmunoespecífica contra la meningitis B. Durante varios años se han irradiado con iguales objetivos tejidos óseos para injertos. La aplicación de las técnicas de irradiación permitió ahorrar más de 100 mil pesos, solamente durante los años 1987-1988, además de cumplir una valiosa función social por la utilización de productos médicos y médico-farmacéuticos radioesterilizados o radiodescontaminados en los servicios de salud y las investigaciones biomédicas.

La experiencia lograda y los volúmenes previstos de crecimiento de la industria médico-farmacéutica sirven de fundamento para el análisis que se lleva a cabo por el Ministerio de Salud Pública y la SEAN acerca de la instalación en nuestro país de una planta para fines de radioesterilización a escala industrial.



investigación y el diagnóstico médico.

Todas estas aplicaciones que implican la utilización de sustancias radiactivas no selladas en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades se enmarcan en la medicina nuclear, disciplina que se desarrolla de forma creciente en nuestro país. En Cuba se cuenta en la actualidad con 15 departamentos de medicina nuclear en funcionamiento y 6 más comenzarán a prestar sus

de telegammaterapia y terapia por rayos X, así como la terapia intracavitaria. A partir de este año se pondrá en explotación para fines similares un acelerador de electrones.

Otro aspecto de singular importancia en cuanto a la prevención de enfermedades lo constituye la esterilización de productos o dispositivos de uso médico-farmacéutico.

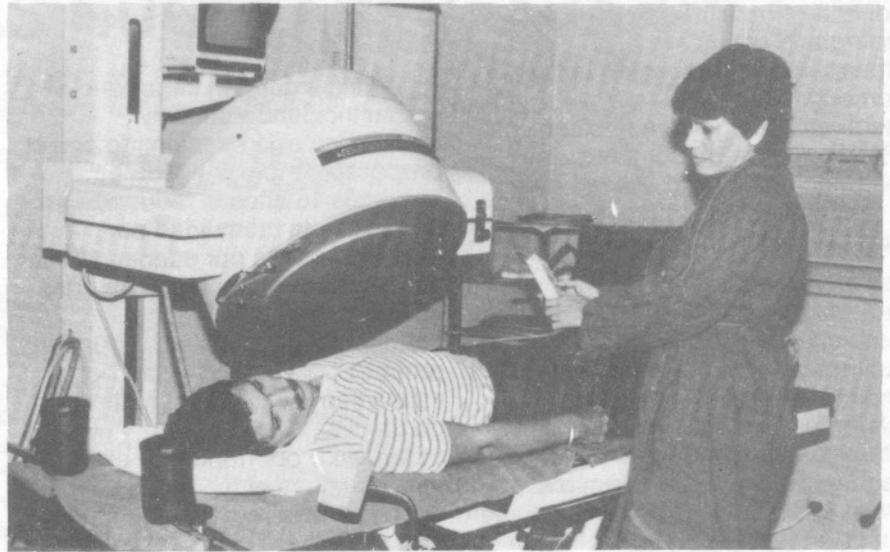
La radioesterilización es un método alternativo ventajoso con

Como se puede apreciar, las técnicas nucleares se han sumado a los esfuerzos multidisciplinarios para elevar de forma sostenida la calidad de los servicios de salud pública.

Aprovechamiento optimizado de los fertilizantes y adecuada utilización del agua de riego

Generalmente la planta utiliza solamente entre el 30 y el 50% del fertilizante nitrogenado inorgánico aplicado. El resto se pierde por volatilización, desnitrificación o percolación de nitratos que pasan al agua subterránea. Si los fertilizantes no son aplicados en el momento adecuado, la pérdida de estos puede elevarse a cifras superiores al 90-95%.

Investigaciones realizadas en Cuba mediante la utilización de fertilizantes marcados con N-15 han permitido establecer los momentos y dosificaciones adecuadas para la aplicación de los fertilizantes nitrogenados en el cultivo del arroz en suelos ferrálticos cuarcíticos amarillos rojizos lixiviados. La introducción a corto plazo a la práctica agrícola de estos resultados permitirá lograr una utilización del fertilizante con un índice de aprovechamiento de un 13% superior en la siembra



La cámara gamma posibilita realizar estudios funcionales del sistema cardiovascular de forma no invasiva, rápida y precisa.

de primavera y un 12% superior en las siembras de frío. Esto significa una recuperación de 28 kg/ha de urea en campañas de primavera y de 34 kg/ha de urea en frío, lo cual en 10 000 ha cultivadas representaría 280 t de urea en primavera y 339 t de urea en frío con un valor global de 99 168 pesos. Otra vía que se investiga en el país por la técnica de N-15 para la disminución de los altos consumos de fertilizantes

nitrogenados inorgánicos consiste en lograr incrementos de la capacidad de fijación biológica del nitrógeno por la planta.

El ahorro del agua mediante el riego programado a partir de las necesidades específicas del suelo se facilita en medida significativa mediante la determinación de la humedad con sondas de neutrones. Por este método los resultados se obtienen con mucha mayor rapidez y con la precisión requerida. Para ello se han adquirido en época reciente dos equipos y se ha iniciado el entrenamiento de los especialistas requeridos.

Mejor aprovechamiento de los recursos hídricos

Todo lo relacionado con la evaluación de las reservas hídricas y el suministro de agua recibe gran atención en nuestro país. En este sentido las técnicas nucleares, en especial las basadas en los trazadores isotópicos, son de significativa utilidad. La aplicación de estos métodos ha permitido obtener respuestas rápidas y precisas sobre la recarga natural de las cuencas de aguas subterráneas y la composición isotópica de pozos y manantiales

Tabla 2
Distribución de las entidades usuarias del MINSAP

Provincia	Total	Servicios de medicina nuclear	Servicios de terapia	Otros usos con fuentes abiertas
Pinar del Río	2	1	2	-
Ciudad de La Habana	19	10	6	10
Matanzas	1	1	1	-
Cienfuegos	1	1	-	-
Villa Clara	1	1	1	-
Sancti Spíritus	2	1	1	1
Ciego de Avila	1	-	1	-
Camagüey	3	1	2	1
Las Tunas	1	1	1	-
Holguín	1	1	1	-
Gamma	1	1	1	-
Santiago de Cuba	2	1	1	2
Guantánamo	1	1	1	-
TOTAL	36	21	19	14

Centro de Información de la Energía Nuclear

UNA BUENA SUGERENCIA

Sin duda, usted necesita información científico-técnica y dispone de poco tiempo. Nuestro centro puede ayudarlo a resolver este problema.

¿Cómo?

Con los servicios que le brindamos:

- Préstamo en sala, circulante e interbibliotecario
- Búsqueda retrospectiva de la información
- Diseminación selectiva de la información
- Traducción oral de materiales de corta extensión en idioma ruso, alemán, inglés y francés
- Publicación bimensual del Boletín de Información Señal, con los índices de las revistas que se reciben en el centro y con las referencias de libros y reportes técnicos
- Préstamos de películas científico-técnicas procedentes del Organismo Internacional de Energía Atómica
- Fotocopia de documentos del centro, de otras entidades o del usuario

Además

Contamos con los recursos informativos que garantizan nuestros servicios:

- La base de datos INIS, que le permite conocer alrededor del 95% de las referencias de la información publicadas en el mundo sobre temática nuclear
- La mayoría de las publicaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica
- Una amplia colección de revistas especializadas de diferentes países
- Libros, folletos, documentos primarios en papel o microficha

Recuerde

Estamos en la mejor disposición de satisfacer oportunamente sus necesidades informativas.

Centro de Información
de la Energía Nuclear
Calle 20 No. 4111,
teléfono 29-3787 2-4580



en zonas de interés de Pinar del Río y Matanzas.

Las causas de la colmatación en los embalses y de la elevada mineralización, como una de las causas de la salinización de los acuíferos son otros de los estudios que se llevan a cabo en nuestro país con técnicas de trazadores isotópicos.

La aplicación de las técnicas nucleares en la economía ha evidenciado que estas prestan una ayuda importante para el rescate de la voluntad hidráulica.

se requiere garantizar el diagnóstico cuanto antes de la preñez y que con posterioridad al nacimiento de las crías el ciclo reproductor comience lo antes posible.

Estudios efectuados en Cuba señalan pérdidas de 119 a 272 pesos por vacas con producción de leche entre 7 y 14 litros diarios y ciclos entre 21 y 24 días, debido a los días vacíos.

Las técnicas de RIA y otras afines son herramientas muy útiles para solucionar estos problemas. Por

con el fin de lograr la experiencia necesaria para la introducción a escala nacional de los métodos mencionados.

Un método efectivo de control de plagas: la técnica del insecto estéril

Serías afectaciones ocasionan las plagas a la agricultura de nuestro país. Solamente por el ataque del bórer en la agricultura cañera se reportaron pérdidas de más de 195 millones de pesos en el quinquenio 1981-1985.

Entre los métodos modernos para el control de plagas se encuentra la técnica del insecto estéril (TIE), basada en la esterilización por irradiación de grandes cantidades de insectos y su liberación en las zonas afectadas.

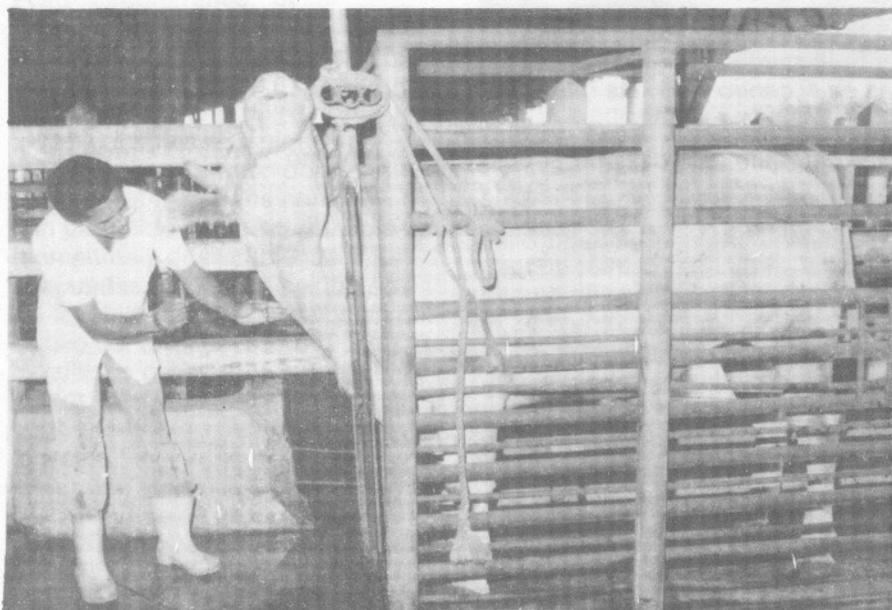
En Cuba, se ha avanzado principalmente en los trabajos relacionados con el control por TIE de *Diatraea Saccharalis* (bórer) y *Spodóptera Frugiperda* Smith (palomilla del maíz). Se han desarrollado a escala de laboratorio las condiciones necesarias para la cría masiva de los insectos, se establecieron las dosis esterilizantes y subesterilizantes de estas especies y se realizan en la actualidad los estudios de competitividad de los mutantes subestériles obtenidos y su descendencia estéril.

Para el quinquenio 1991-1995 se prevé la realización de los experimentos a mayor escala en áreas seleccionadas de importancia agrícola, afectadas en la actualidad por las plagas.

El control de plagas mediante TIE se inserta de manera priorizada en los programas de aplicaciones de las técnicas nucleares en la agricultura y la agroindustria azucarera.

Alimentos más duraderos y de mayor calidad

A partir de la inauguración en 1987 de la planta de irradiación de alimentos Producto 1 se ha trabajado en la confirmación a escala piloto y semindustrial de los resultados logrados previamente a



Los métodos de radioinmunoanálisis (RIA) se aplican en los estudios relacionados con la reproducción, la nutrición y la salud animal.

Incremento de la producción animal

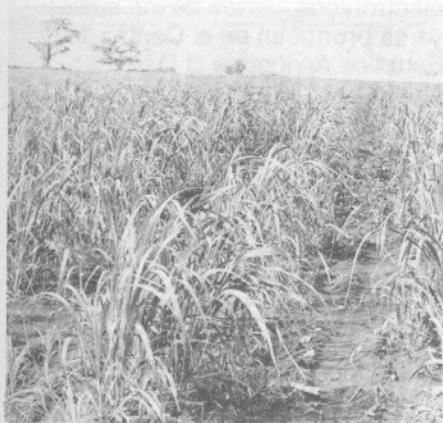
Garantizar una producción elevada y estable de carne y leche es una tarea de vital importancia social y económica.

Para lograr este objetivo se requiere, como un elemento básico, aumentar el número de crías producidas en la vida del animal, lo cual depende de diferentes factores relacionados con su nutrición, salud y reproducción. En particular se debe acortar el período que media entre los partos, o sea, disminuir el número de "días vacíos". Para ello

ejemplo, el diagnóstico de la gestación mediante la titulación de progesterona en leche se efectúa entre 21 y 24 días con posterioridad al servicio de inseminación artificial, lo cual permite acortar aproximadamente en 3 veces el plazo de detección de la gestación y la disminución en medida significativa del número de días vacíos en las vacas, así como un mejor manejo del rebaño. Esto repercute de forma directa en el incremento de la producción de leche y carne.

En la actualidad se han iniciado experimentos a escala piloto en dos empresas pecuarias del país

escala de laboratorio sobre la conservación mediante la irradiación de productos frescos (papas, cebolla, ajos) y se han ampliado las investigaciones a otros productos de interés (cacao en grano y especias). La elaboración de programas de aplicaciones en las diferentes esferas de actividades económicas contribuye a la identificar nuevas necesidades de utilización de la planta. Los estudios sobre las posibilidades de aplicación del método de irradiación para prolongar la conservación de subproductos y derivados de la agroindustria azucarera se enmarca de forma especial en estos programas.



Mayor eficiencia y productividad de los procesos industriales

El método de los trazadores radiactivos y las técnicas analíticas nucleares se aplican para realizar evaluaciones del funcionamiento de las instalaciones y conocer la composición química de los productos y subproductos que intervienen en las diferentes fases de los procesos industriales.

La información que se obtiene es básica para tomar medidas que permiten lograr la optimización del funcionamiento de los equipos y elevar la eficiencia y productividad de los procesos, así como lograr una mejor utilización de los subproductos o derivados.

La aplicación conjugada de la biotecnología y las técnicas nucleares es un medio eficaz para acortar los plazos de obtención de variedades mejoradas de los cultivos.

Estos métodos se aplican de forma creciente en la industria azucarera de nuestro país. En las últimas dos zafras se han realizado evaluaciones de esta índole en cinco centrales y se han elaborado recomendaciones acerca de las medidas técnicas necesarias para alcanzar un mejor funcionamiento de las instalaciones industriales (sulfitadores, cristalizadores, clarificadores de meladura y otros). Se prevé la aplicación de estos métodos también en la industria básica. De forma específica se considera en este último caso, la aplicación del método de reflexión de neutrones para la determinación de la humedad en los materiales de los procesos industriales. La introducción de este método para el control de la humedad en los hornos de secado de la industria del níquel deberá reportar un ahorro de alrededor de 1000 t de petróleo al año. En la actualidad se cuenta con un equipo prototipo que será probado próximamente en el combinado níquelífero "Ernesto Che Guevara", en Moa.

En la actualidad la Secretaría Ejecutiva para Asuntos Nucleares, junto con el MINAZ y el MINBAS, trabaja en la conformación de programas específicos de aplicaciones de las técnicas nucleares en estas importantes esferas de la economía, en las cuales se incluye de forma priorizada este tipo de aplicaciones.

¿Qué ofrecerán las técnicas nucleares a nuestra economía en los próximos años?

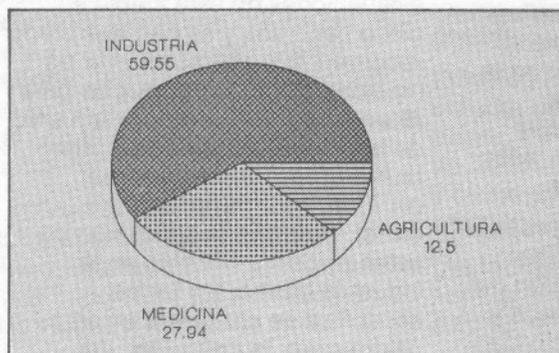
En los últimos 10 años se han logrado avances notables en la promoción e introducción de las técnicas nucleares en diferentes ramas de la economía. En el gráfico 2 se muestra la distribución porcentual de las aplicaciones en 3 esferas de gran importancia y en el gráfico 3 se presenta de forma cualitativa la situación actual por provincias de las aplicaciones de técnicas nucleares.

La Secretaría Ejecutiva para Asuntos Nucleares, creada en



Gráfico 2

Distribución por ramas de la economía de las entidades que aplican técnicas nucleares. Datos de 1989.



1980, ha llevado a cabo una política consecuente para coordinar los esfuerzos y ubicar a los especialistas necesarios en los diferentes organismos. Asimismo, se presta gran atención a lograr un adecuado aprovechamiento del considerable número de especialistas vinculados a estas actividades en el país.

A modo de ejemplo, solamente en la esfera agropecuaria existen más de 160 técnicos de nivel superior que trabajan directamente en estas líneas y cuyo esfuerzo ha permitido la obtención de alrededor de 17 resultados científico-técnicos, que están en proceso de introducción a la práctica.

mismos recursos a los problemas propios del país. En este sentido, especial interés adquieren los avances logrados en dos aspectos básicos para las aplicaciones nucleares: la producción nacional de compuestos marcados y el diseño y construcción de equipamiento electrónico para la actividad nuclear, los cuales habrán de ampliarse de forma significativa con la puesta en marcha durante el próximo quinquenio del Centro de Isótopos y el Centro de Aplicación y Desarrollo de la Instrumentación Nuclear.

La obtención de compuestos marcados con una nomenclatura superior a 50 productos permitirá

Un aspecto al que se presta debida atención es la correcta valoración de los recursos nacionales y los que se obtienen mediante la colaboración con otros países y la asistencia técnica internacional, así como las amplias posibilidades de los cuadros y especialistas cubanos en la búsqueda de soluciones con esos

la sustitución de alrededor del 30% de las importaciones actuales, con un monto de cerca de un millón de pesos anuales, del cual más de la mitad es en moneda libremente convertible (MLC).

En la actualidad se obtienen, a escala limitada, alrededor de 20 productos diferentes de aplicación en la medicina y la esfera pecuaria.

La producción de equipamiento electrónico nuclear, solamente por concepto de sustitución de importaciones de analizadores multicanales reportará un ahorro de 280 mil pesos MLC y está prevista, además, la producción de series cortas o prototipos de más de 20 equipos o dispositivos electrónicos, varios de los cuales ya se producen en el Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear.

En la actualidad la SEAN desarrolla un intenso trabajo junto con los organismos del Estado, para la elaboración y ejecución de programas cuyos principales objetivos son la introducción acelerada en la esfera productiva de los logros en la investigación científico-técnica, así como la precisión de las líneas de trabajo, los objetivos y resultados a alcanzar a corto y mediano plazo con los recursos y esfuerzos comunes.

Una visión integrada de los principales resultados a introducir a mediano plazo lo ofrece el Programa Científico Técnico (PCT) Aplicaciones de la Energía Nuclear en la Economía, para el quinquenio 1991-1995, el cual fue aprobado recientemente por el Consejo Científico Superior de la Academia de Ciencias de Cuba.

La coordinación y ejecución de estos programas representan una garantía para arribar a fines del próximo quinquenio con resultados positivos en términos cuantitativos y cualitativos, en lo referente al aporte de las técnicas nucleares en la solución de problemas priorizados de nuestra economía nacional.



Gráfico 3

Diferentes técnicas nucleares utilizadas en el país.

