

07.69.04

C.N.E.A. BIBLIOTECA	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	1969

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE ENERGIA

PANORAMA DE LAS APLICACIONES DE RADIOISOTOPOS
EN AMERICA LATINA

G. B. Baró - J. G. Flegenheimer

Puerto Rico - Mayo 1969

PANORAMA DE LAS APLICACIONES DE RADIOISOTOPOS
EN AMERICA LATINA

por

G.B. Baró y J.G. Flegenhimer
Comisión Nacional de Energía Atómica
Buenos Aires - Argentina

Me siento honrado de encontrarme hoy aquí y de tener esta oportunidad de conversar con Vds. sobre las aplicaciones de radioisótopos, un tema de gran importancia para el futuro de las repúblicas de este hemisferio. Igualmente me complace mucho tener la ocasión de visitar a Puerto Rico, que me permite apreciar las bellezas naturales de este lugar, el Centro Nuclear y conocer muchos amigos que trabajan en este tema.

Si bien el propósito de esta conferencia ha sido el de presentar a Vds. un panorama general de las aplicaciones de los radioisótopos en Latinoamérica, debo señalar previamente que solamente me siento autorizado a hablar con cierto conocimiento, acerca del trabajo que sobre este tema se ha desarrollado en nuestro país, la Argentina. Creo que esto revela un hecho importante, que es el siguiente: a pesar de que en Latinoamérica hablamos prácticamente el mismo lenguaje no nos conocemos todavía mucho, incluso entre los profesionales que estamos trabajando en las mismas disciplinas. Por lo tanto, yo considero que precisamente esta Reunión nos ofrece la oportunidad de conocernos mucho mejor y por eso deseo expresar aquí mi gratitud a los organizadores de la misma y en particular al Dr. Gomberg por su generosa hospitalidad.

En primer lugar veamos cual es el estado de la tecnología nuclear en nuestros países, donde pueden ser producidos los radioisótopos y para que se usan. Podríamos preguntarnos también si realmente los necesitamos, quienes los usan y cual será el futuro para la Aplicación de radioisótopos en Latinoamérica.

Como Vds. conocen, existen hoy en día varios reactores que están en operación en America Latina. En Argentina y Brasil por ejemplo hace más de 10 años que funcionan reactores, esto es, desde el año 1958. Venezuela también hace varios años que dispone de un reactor, Colombia de otro y México posee ahora un Triga Mark 3. Posiblemente Uruguay y Chile terminaran en breve de instalar reactores de investigación, y otros países lo harán también en lo futuro.

Teniendo en cuenta los reactores de Argentina y Brasil, los tres reactores de Puerto Rico y los que hemos mencionado aquí, existen en funcionamiento unos 10 reactores de investigación en Latinoamérica.

Esto no quiere decir por supuesto que todos los países construyan o compren reactores nucleares para producir radioisótopos y luego aplicarlos. En realidad, desde el punto de vista estrictamente económico, resultaría más conveniente importarlos de los grandes centros de producción.

Pero yo desearía señalar lo siguiente: si un país posee un reactor nuclear que pudo haberse construido o comprado para cualquier otro fin, y se dispone también de un grupo radioquímico cerca del mismo, entonces no será muy difícil producir radioisótopos. Si uno puede producir radioisótopos, tampoco entonces es muy difícil encontrar a alguien que los necesite.

En la Argentina, quizás la razón principal para construir el primer reactor, fue la de entrenar a los físicos del reactor. En ese momento existía también un grupo importante de radioquímicos, que contaba con la ventaja de varios años de experiencia con radioisótopos producidos en el sincrociclotrón de Buenos Aires y en el acelerador Cockroft-Walton. De manera que no bien el reactor comenzó a funcionar, pudo iniciarse la producción de radioisótopos en forma casi rutinaria. Todavía hoy, después de varias modificaciones que ha sufrido el reactor por parte de los rectoristas, se siguen fabricando radioisótopos con él.

La próxima etapa, por lo menos en nuestro caso, fue la siguiente:

Al principio se comienza produciendo en el reactor los radioisótopos más comunes y aquellos de período relativamente corto. Se observa entonces que se despierta en el medio un gran interés para usar los radioisótopos en distintas disciplinas, de manera que la demanda crece exponencialmente. Por otro lado, los radioquímicos se ven obligados a diversificar la producción a fin de cubrir todas las necesidades. Rápidamente la demanda excede la capacidad de producción del reactor y es necesario importar la mayor parte de los radioisótopos. Por supuesto, en este momento, el grupo de rectoristas estará deseando construir un nuevo reactor, más grande que el anterior y que pueda satisfacer la demanda para los años futuros. Prácticamente el nuevo reactor es diseñado y operado para producir radioisótopos. En la Argentina estamos ahora probando el reactor RA-3 de 5 MW, con un flujo de alrededor de 2×10^{13} n/cm².s.

Una planta para producir radioisótopos de 2000 m², adyacente al reactor, estará en condiciones de entrar en funcionamiento para fines de este año. Salvo la producción de grandes fuentes de irradiación se estima que la Argentina podrá cubrir totalmente la demanda interna y exportar radioisótopos a los países vecinos.

Pero no solamente nos interesa la producción, sino que quizás sea más importante considerar el consumo de radioisótopos. Veamos en la figura 1 el consumo de radioisótopos en la Argentina a partir del año 1954.

No disponemos de otros datos más completos para los otros países Latinoamericanos, pero suponiendo que el consumo de radioisótopos sea prácticamente el mismo para Brasil, la cifra de Argentina podría multiplicarse por 4 ó 5 y tendríamos el consumo para toda América Latina. De esta cifra es probable que la mayor parte de los radioisótopos de período largo haya sido importada. En los países que poseen reactores, los radioisótopos de período corto (digamos menores de un mes), es probable que hayan sido producidos en forma local. Se puede suponer que a medida que más reactores de investigación entren en operación, la mayor parte de los radioisótopos de período corto podrían ser producidos localmente.

Aquí quizás cabe preguntarse si en el futuro no convendría aunar esfuerzos entre los países Latinoamericanos, y tener entonces solamente algunos grandes centros de producción, distribuidos regionalmente, para cubrir la demanda de todos los países.

En la Fig. 2 podemos observar para que se usan estos radioisótopos.

Por supuesto estos datos pueden variar considerablemente de año en año, ocurriendo que algunas veces se compran irradiadores para radioterapia o para agricultura y usos industriales, y otros años, en cambio, no se importan grandes fuentes. En la Argentina hubo épocas en que se compraron una gran parte de fuentes para uso médico en radioterapia. Hoy en día el total de fuentes para uso médico suman 35.000 Ci de ^{60}Co ; 7000 Ci de ^{137}Cs y unos 300 Ci entre fuentes menores de ^{226}Ra , ^{192}Ir y ^{90}Sr .

La Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires cuenta con un gamma-cell de 11.000 Ci de Co-60 para irradiación de plantas y semillas; la Comisión dispone de otro de 10.000 Ci, uno de Sr-90 de 100 Ci para irradiación de líquidos, y tiene en vías de instalación, un equipo de telecobalto rotativo de 2000 Ci. A mediados de este año entrará en operación una planta de irradiación semi-industrial con capacidad de alrededor de 1 ton/h para un Megarad, con materiales de densidad 1, cuando opere a plena carga de 10^6 Ci. Inicialmente operará a un cuarto de su capacidad máxima.

Existen en Latinoamérica varios equipos de irradiación y muchos de ellos han sido ofrecidos por los países miembros del CIEN, en la Reunión para el estudio de la Irradiación de alimentos, celebrada en Montevideo en diciembre del año pasado. Méjico posee 2 aceleradores tipo Van de Graaff de 0,6 y 2 MeV respectivamente, una fuente de 3,7 KCi de Co-60 y otra de 2 KCi también de Co-60 además de un acelerador de electrones tipo Dynamitrón de 5 MeV y 12 mA.

Ecuador ha ofrecido un gamma-cell-200 y Brasil en Bello Horizonte posee una fuente de 4000 Ci de Co-60 y otra de 1600 Ci de Co-60. En Centro América tenemos una fuente de 2400 Ci Co-60, tipo celda sumergida, y en Puerto Rico conta

mos con dos fuentes: una de 8000 Ci de Co-60 y otra de 10.000 Ci de Cs-137. Venezuela, Perú, Paraguay, Uruguay y otros países, cuentan también con fuentes de irradiación parecidas a las mencionadas.

Si bien en lo que respecta a los campos de aplicación, estos pueden variar un poco de país en país, creo que en casi todos se observa un fenómeno como en la Argentina. De acuerdo al cuadro que hemos visto, es evidente que en el campo de las aplicaciones médicas y biológicas es donde más se han utilizado los radioisótopos en general. Actualmente existen en nuestro país unas 3.749 autorizaciones para el uso de material radiactivo, correspondiendo cerca del 90% al uso médico y biológico. Las autorizaciones para uso de material radiactivo se refieren en nuestro país a entidades o a usuarios individuales, pudiendo poseer cada uno varios permisos, dependiendo en cada caso del radioisótopo utilizado y tipo de aplicación.

Actualmente, una gran variedad de compuestos radiactivos marcados se utilizan en nuestro país ya sea para fines médicos o biológicos. Entre ellos, 38 productos se fabrican en forma rutinaria, y un número similar de compuestos especiales son preparados cuando el interesado así los solicita.

Las aplicaciones médicas y biológicas han sido promovidas originalmente por la Comisión por medio de varios sistemas: el primero de ellos consiste en el dictado de Cursos de radioisótopos, cuyos participantes son en su mayoría (cerca de un 87%) médicos o biólogos. Desde el año 1958 se han realizado por cuenta de la Comisión más de 35 cursos de este tipo, algunos de ellos también dictados en ciudades del interior del país.

Por otro lado la Comisión de Energía Atómica en la Argentina, contribuye a mantener un Centro de Medicina Nuclear en el Hospital Escuela de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires. En este Centro no solamente los alumnos médicos del Curso pueden completar su entrenamiento en Medicina nuclear, sino que un grupo de médicos pagados por la Comisión desarrolla y pone a punto técnicas radioisotópicas de utilidad en las distintas ramas de la medicina.

Existe además un sistema de convenios que ofrece la Comisión a los hospitales y otras instituciones, para apoyar todos aquellos trabajos que implican la aplicación de material radiactivo en las ciencias biológicas. En numerosos casos la Comisión suministra el material radiactivo en forma gratuita o con descuentos que pueden alcanzar hasta el 90% sobre los precios de catálogos, a instituciones de bien público que trabajen sin fines de lucro.

Sobre este tema se producen en la Argentina, de ciento cuarenta a ciento cincuenta publicaciones científicas por año.

Las aplicaciones industriales se han desarrollado algo más lentamente en la Argentina, si bien han tenido significación para la industria, como se puede deducir de la encuesta realizada por el Organismo Internacional de Energía Atómica en el año 1963. Las aplicaciones industriales son de gran importancia desde el punto de vista económico y por esta razón también han sido promovidas originalmente por la Comisión de Energía Atómica en la Argentina. Sobre ellas me referiré más extensamente en otra conferencia de esta reunión, pero para tener un panorama de las mismas, adelantaremos aquí algunas referencias.

Por ejemplo, podemos considerar que la gammagrafía industrial ya ha alcanzado mayoría de edad en la Argentina. En un comienzo los servicios fueron realizados por la Comisión, hoy existen más de 90 empresas y profesionales autorizados para realizar este tipo de trabajo en forma comercial. La Fig. 3 nos puede dar una idea de como han evolucionado estas técnicas en nuestro país, a través del número de permisos otorgados por la CNEA.

Existen planes para producir fuentes de Ir-192, en forma local, con el nuevo reactor de Ezeiza.

Los medidores de espesor para metales laminados, papel y plásticos, también han sido desarrollados originalmente por la Comisión y ahora son producidos comercialmente por firmas de plaza. Un total de unos 50 calibradores nucleares entre medidores de espesor, nivel, densidad y humedad se encuentran funcionando en el país en unas 27 empresas.

En este sentido, la política de la Comisión ha sido la de producir los prototipos de los equipos nucleares, para luego facilitar el diseño en forma totalmente gratuita a las compañías privadas interesadas en fabricarlos comercialmente. Aquí debemos decir que aunque el mercado en Latinoamérica para esta clase de equipos todavía es bastante limitado, existe en casi todos los países un creciente desarrollo industrial, el cual traerá aparejado una mayor demanda de las aplicaciones industriales de los radioisótopos en un futuro próximo.

Muchas otras aplicaciones, no totalmente dentro del campo industrial, han sido desarrolladas o realizadas en forma rutinaria o como contribución a estudios especiales en nuestro país, y aunque se detallarán en otras comunicaciones de esta reunión, considero oportuno mencionarlas aquí: Determinación de pérdidas o fugas en cañerías, ya sea para gases o líquidos; mediciones de caudales en ríos o canales; desgaste de motores; aplicaciones hidrológicas, como el registrador automático para medir espesores de nieve en la cordillera de Los Andes; estudios del transporte de sedimentos en costas marítimas y en el Río de la Plata; tiempo de permanencia en secadores rotativos; inventarios de masas de mercurio en celdas electrolíticas; ubicación de raspadores en grandes cañerías subterráneas; estudios con trazadores radiactivos en la industria metalúrgica, etc. Estas son algunas de las aplicaciones más significativas que se realizan en la Argentina. Muchas de ellas son efectuadas

en forma rutinaria por la Comisión, como servicios a la industria y a otras instituciones que los solicitan.

Los países que poseen reactores están también explotando los beneficios de las modernas técnicas de análisis por activación para resolver problemas analíticos de diversa índole.

En Brasil, por ejemplo, se han aplicado estas técnicas para la determinación de hafnio en muestras de zirconio; sodio en el agua desmineralizada del reactor y en grafito; oro en minerales y varios otros elementos en muestras de diversa naturaleza. Se trabaja también en análisis por activación de cabellos para identificación de personas y se dispone de excelentes facilidades de irradiación y medición de muestras.

En la Argentina, se ha puesto a punto un método de análisis por activación de uranio en aleaciones, midiendo los neutrones retardados. A pedido del Poder Judicial de Buenos Aires se ha determinado el contenido de arsénico en pelos y uñas de origen humano y los resultados han servido para decidir un juicio. Se ha estudiado también mediante estas técnicas la eficiencia de lubricantes por activación de las partículas de desgaste en motores y recientemente se ha desarrollado un método no destructivo para la determinación de arsénico y antimonio en aleaciones de plomo y estaño. Análisis de muestras biológicas de distintos orígenes son también ejecutados en forma semirutinaria.

Con el funcionamiento del reactor RA-3 y las facilidades disponibles, la aplicación del análisis por activación se irá ampliando cada vez más intensamente en la Argentina. Países como Venezuela, Colombia y Uruguay, han comenzado a interesarse en el desarrollo de estas técnicas, y es seguro que muy pronto aparecerán trabajos sobre este tema.

Otras de las aplicaciones de importancia regional en Latinoamérica y que no podemos dejar de mencionar aquí, lo constituyen las aplicaciones de los radioisótopos en hidrología. Un problema que se plantea en las provincias andinas y en Chile, es conocer previamente la nieve acumulada en la cordillera de Los Andes, para poder estimar luego el agua disponible en los ríos durante el verano, un ejemplo ha sido la gran sequía que sufrieron las provincias de Mendoza y San Juan este año. Posiblemente el uso más generalizado de equipos de medición de espesores de nieve basados en radioisótopos, pueda contribuir a solucionar este problema.

En Chile se han concretado aplicaciones de radioisótopos en hidrología para determinar flujo y dirección de aguas subterráneas en la Pampa del Tamarugal, en la zona de Canchones y de Salar Pintado de la Provincia de Tarapacá.

América Latina también tiene interés en la aplicación de las técnicas nucleares en la prospección y problemas relacionados con la minería. Sobre este tema hubo

recientemente un Simposio organizado por el OIEA en Buenos Aires. Estos métodos, aparte de exploración para agua, petróleo, o minerales radiactivos, no han sido usados aún extensamente, pero es indudable que América Latina, con sus grandes reservas de recursos naturales, ofrece un excelente campo para su aplicación.

En la agricultura y ganadería de Latinoamérica, se están usando también trazadores en diversas aplicaciones; nos basta para ello revisar un poco la bibliografía disponible. Así vemos que en Colombia se ha utilizado el P-32 para estudios de fertilizantes fosfatados en el desarrollo de la cebada; en Brasil se ha estudiado la fijación de dióxido de carbono por bacterias nitrificantes, y en Chile se ha empleado el P-32 y el I-131 para el estudio de la acción de la oxitetraciclina en el crecimiento de los pollos. Son conocidos también en toda América los trabajos que se realizan en Turrialba, Costa Rica, donde se han especializado en aplicar radioisótopos en la agricultura en situación tropical. En Argentina se han realizado numerosos trabajos relacionados con el estudio de suelos y microbiología de suelos, carencia de minerales en la ganadería, y algo sobre marcación de insectos y ratones.

Veamos ahora algo sobre las grandes fuentes de irradiación en Latinoamérica. Como hemos dicho hay varios países que cuentan con fuentes de irradiación, por lo menos arriba de 1000 Ci de Co-60. Se usan con fines terapéuticos de Medicina, pero también ha comenzado a despertarse interés ahora por su empleo en estudios de preservación de alimentos, polimerización de plásticos, estudios de efectos químicos y bioquímicos de las radiaciones, orientados a temas de aplicación, dosimetría de campos de radiación, esterilización industrial y dosimetría para radioterapia. En varios países también se han iniciado trabajos para erradicar insectos dañinos, mediante la técnica de irradiación para producir machos estériles. Venezuela, Costa Rica, Perú y otros países, tienen intensos programas sobre este tema. En Curazao se ha logrado erradicar la mosca de la fruta.

En la Argentina, como hemos dicho, pronto entrará en operación una planta de irradiación semi-industrial, destinada principalmente a servicios de irradiación para esterilización de productos farmacéuticos, y estudios de mercado para procesos que requieran fuentes intensas de radiación. Esta planta ha sido ofrecida a todos los países latinoamericanos, en la primera reunión sobre conservación de alimentos, que tuvo lugar en Montevideo en diciembre de 1968, ya que por sus características, una vez terminada, será una de las más grandes del mundo.

Es oportuno señalar aquí que en relación con la aplicación de radiaciones a la medicina, se ha creado un Centro Regional de Referencia para patrones secundarios de dosimetría, con asiento en El Centro Atómico de Ezeiza, por un convenio entre la Organización Mundial de la Salud y la Comisión de Energía Atómica de la Argentina. El mismo estará destinado a la calibración de instrumental de dosimetría que se utiliza en radioterapia, desarrollo, investigación y capacitación en temas de la especialidad, y asesoramiento para todos los países del área regional latinoamericana.

Hasta aquí hemos visto una muy ligera apreciación de las aplicaciones de los radioisótopos en nuestros países; veamos ahora que podemos esperar en el futuro. La mayoría de nuestros países son, todavía, exportadores de materias primas, pero esta situación está cambiando rápidamente. Por supuesto, no debemos caer en la trampa de considerarlos a todos en igual forma. Latinoamérica está formada por países bien diferenciados entre sí, constituyendo a menudo regiones geográficas bien definidas, poseyendo cada uno su propia idiosincrasia, productos brutos nacionales diferentes, y fuentes energéticas propias. Algunas de las naciones Latinoamericanas se industrializan rápidamente, otras evidencian un incremento de población por año bastante elevado. Estos dos factores requerirán en esas zonas, que las fuentes de energía aumenten considerablemente, a fin de mantener y mejorar el nivel de vida de sus habitantes. Una vez agotadas las reservas de combustibles fósiles y colmadas las posibilidades de la energía hidroeléctrica, es obvio que se habrá de recurrir a las usinas nucleares. La Argentina tendrá su primer reactor de potencia para 1972 (316 MWe) y no existen dudas de que la energía de origen nuclear, ha de jugar un importante rol en Latinoamérica, en lo futuro. Este avance en la tecnología nuclear, ha de traer también una expansión en las aplicaciones de los radioisótopos y de las radiaciones ionizantes, en todos los campos de la ciencia y la industria.

A la producción y uso de materiales fisionables relacionados con los reactores de potencia, no los consideraremos aquí, ya que los mismos escapan al tema de la "aplicación de radioisótopos". Pero al respecto, quizás estén disponibles dentro de los 10 años venideros, muchos núclidos transuránicos, como el Neptunio-237, el Americio-241 y el Californio-252. Los dos primeros podrán aplicarse con éxito para la construcción de baterías nucleares, y el Cf-252 como fuente portátil de neutrones, para ser utilizada en análisis por activación.

Todo esto requerirá, evidentemente, costosas instalaciones y esfuerzos tecnológicos extraordinarios. Sería una ventaja muy grande entonces, que los centros regionales para la tecnología nuclear fuesen una realidad en Latinoamérica. Estos Centros no solamente resultarían ventajosos desde el punto de vista económico, sino que el intercambio de ideas entre distintos grupos con intereses comunes, daría sus frutos, como se ha demostrado entre los médicos y radioquímicos en la Argentina.

También en Latinoamérica la necesidad de obtener rápidamente resultados y publicarlos no es todavía muy fuerte, como lo es en otros países. Aún es posible explorar enfoques originales cuyo éxito final no sea seguro, pero que puedan brindar grandes beneficios.

Latinoamérica está cambiando hoy rápidamente. Tenemos mucho que hacer todavía, pero no puedo terminar esta charla sin señalar su futuro en forma optimista.

BIBLIOGRAFIA

4th Inter-american Symposium on the peaceful application of Nuclear Energy.
Mexico City, April 9-13, 1962.

5th Inter-american Symposium on the peaceful application of Nuclear Energy.
Valparaiso, Chile, March 9-13, 1964.

2nd. Inter-american Symposium on the peaceful application of Nuclear Energy.
Buenos Aires, 1959.

Primera Conferencia Interamericana de Radioquímica. Montevideo, Uruguay,
23 al 26 de julio de 1963.

Industrial Radioisotopes Economics Technical Reports No. 40 I.A.E.A.
Vienna, 1965.

Estudio de flujo y dirección de aguas subterráneas en Canchones, Salar Pintados
y Pampa del Tamarugal. Chile, 1966.

PRNC - 112. Symposium on Nuclear Energy and Latinamerican development,
October 30-31, 1967.

Utilización de material radiactivo en la República Argentina durante el año 1958.
Celso Papadopoulos, Publicación de la CNEA, Argentina, 1958.

Utilización de material radiactivo en la República Argentina durante los años 1959,
1960 y 1961. Publicación de la CNEA, Argentina, 1967.

Utilization of Research Reactor. Proceedings of study group meeting. Sao Paulo,
4-8 November 1963.

Activation Analysis applied to Forensic investigation. F.W. Lima, H. Shibata
and T.T. Atalla. I.E.A. No. 72, Octubre 1964, Sao Paulo, Brasil.

GROWTH OF TOTAL CONSUMPTION OF RADIOISOTOPES IN ARGENTINA EXCLUDING RADIATION SOURCES

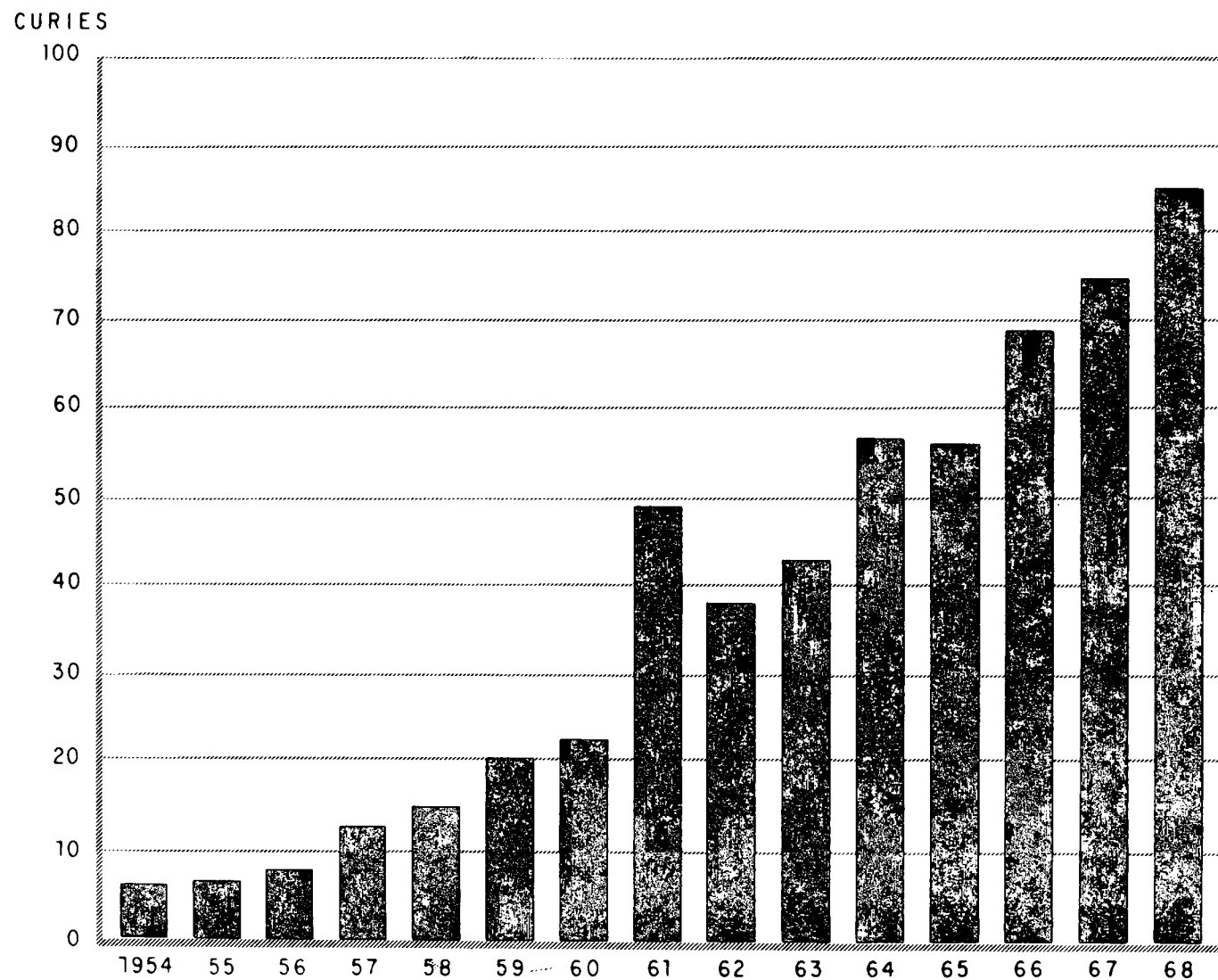


Figura 1.

APLICACIONES DE LOS RADIOISOTOPOS EN LA ARGENTINA

DISTRIBUCION DEL CONSUMO EN 4 AÑOS DESDE 1963 A 1966 POR CAMPO DE APLICACION

	DISTRIBUCION DEL CONSUMO DE RADIOISOTOPOS %	DISTRIBUCION DEL CONSUMO DE MOLECULAS MARCADAS %	DISTRIBUCION DEL CONSUMO DE FUENTES SELLADAS %	NUMERO DE INSTITUCIONES O EMPRESAS AUTORIZADAS
MEDICINA	70,8	70,0	20,8	223
INDUSTRIA	1,0	<0,1	70,9	64
INVESTIGACION (FUNDAMENTALMENTE BIOLOGICA)	28,0	29,5	6,9	45
AGRICULTURA	0,2	<0,4	1	19

Figura 2.

Figura 3.

DEMANDA DE FUENTES RADIATIVAS SELLADAS Y EQUIPOS
DE GAMMAGRAFIA EN LOS ULTIMOS DIEZ AÑOS

