

Imagen funcional de medicina nuclear aplicada a la pediatría. Experiencia de 30 años

DRA. ESTRELLA ÁVILA RAMÍREZ,* QFB MARÍA EUGENIA COSTANTINI,*
DRA. ROSA MARÍA PALMA ROSILLO*

RESUMEN

Este artículo tiene el fin dar a conocer la experiencia de las aplicaciones a la pediatría de la medicina nuclear pediátrica, desde su origen y sus avances durante los 30 años de servicio del Instituto Nacional de Pediatría, como hospital pionero en México de la subespecialidad. Su importancia radica en que esta técnica es un apoyo diagnóstico que proporciona información funcional cualitativa y cuantitativa de órganos y sistemas del organismo humano, que en algunos casos no puede ser obtenida con otros métodos. Se describen la evolución de las diversas gammagrafías más relevantes por las características de la información que aportan como apoyo diagnóstico para enfermedades que persisten y otras que han modificado su frecuencia en estos 30 años, para los pacientes atendidos en el Instituto y de otros hospitales que no cuentan con esta metodología.

Palabras clave: Medicina nuclear, gammagrafía, cuantitativa.

ABSTRACT

The objective of this article is to describe the experience during the past thirty years in the pediatric applications of nuclear medicine at the Instituto Nacional de Pediatría as a pioneer facility in this field. The importance of nuclear medicine studies is that they allow the evaluation of pediatric patients with qualitative and quantitative information on organ and system function. Some relevant aspects on the great value of scintigraphy in patient care are described for diseases that remain unchanged and others that have rapidly changed in the last thirty years, for children from our Institute, and for those from other hospitals which lack this technology.

Key words: Nuclear medicine, scintigraphy, quantitative.

INTRODUCCIÓN

En noviembre de 1970, cuando el Instituto Nacional de Pediatría abrió por primera vez la atención de los niños mexicanos, se dio origen a la medicina nuclear pediátrica en México.

En 1943 Hevesy desarrolló el concepto de "trazadores radiactivos" conocimiento por el que fue galardonado con el Premio Nobel. Este concepto, del cual deriva el éxito más grande de la medicina nuclear, se traduce en la capacidad de seguir el camino de las moléculas marcadas del organismo, que se

pueden *cuantificar* y permiten conocer las reacciones bioquímicas y su función.¹

En la década de 1950 se introdujo el ^{99m}Tc como trazador radiactivo,² que dio origen a una revolución en la medicina nuclear. Sin embargo, durante el decenio de 1960, el uso de las imágenes con radionúclidos en niños era limitado y fue hasta los primeros años de la década de 1970 cuando se inició la aplicación de estos estudios en niños.

El crecimiento de la medicina nuclear pediátrica se debe en gran parte a que aporta información del comportamiento de numerosas patologías pediátricas, información que no puede ser obtenida o que no es fácil obtener con otras metodologías de imágenes diagnósticas.

Los aportes de la investigación de radiofarmacia han proporcionado gran variedad de radiofármacos marcados con radionúclidos de vida media corta como el ^{99m}Tc, que proporcionan una baja dosis de radia-

* Departamento de Medicina Nuclear. Instituto Nacional de Pediatría

Correspondencia: Dra. Estrella Ávila Ramírez. Instituto Nacional de Pediatría. Insurgentes Sur 3700 C. Col. Insurgentes Cuicuilco. México, DF, 04530.

Recibido: julio, 2000. Aceptado: febrero, 2001.

ción en niños. Por otro lado, los numerosos avances en la instrumentación nuclear han favorecido que las imágenes funcionales de la medicina nuclear puedan aplicarse en niños.

En nuestra institución, las primeras imágenes funcionales en niños con el empleo de isótopos radiactivos, se realizaron con I-131-Iodo, que era el trazador que se empleaba inicialmente. Se marcaban sustancias como el rosa de Bengala, usado para el estudio del sistema hepatobiliar; la albúmina humana para la localización de tumores cerebrales y en su forma coloidal para valorar la función del tejido reticuloendotelial del hígado, el bazo y la médula ósea; el hipurán, fármaco que ha sido de gran ayuda para el estudio de la función renal, que aún se sigue empleando y los macroagregados de albúmina para examinar la perfusión pulmonar. Actualmente sigue siendo vigente el importante apoyo del I-131 para el estudio de la función de la glándula tiroides.

Los equipos e instrumentos para detectar y almacenar información de imágenes de medicina nuclear han tenido un importante papel en este campo de la medicina, como el gammagrafo lineal, desarrollado por Cassen en 1951.¹ Este equipo fue utilizado en nuestro departamento como en otras partes del mundo.

En los primeros años del Instituto Nacional de Pediatría, el desconocimiento de la utilidad y la novedad de este tipo de estudios explica que el número de estudios fuera bajo. En 1971 los estudios renales y tiroideos fueron 14 y 37 respectivamente; las solicitudes para estudios de función hepática fueron 126.

Con objeto de aplicar ampliamente la medicina nuclear en niños, era necesario cumplir con una de las normas de seguridad radiológica que indica que "se debe proporcionar la más baja dosis de radiación posible" especialmente en los niños. Este objetivo se logró en 1972 cuando se adquirió el generador de ⁹⁹Mo-^{99m}Tc. Con este radiotrazador de vida media corta se proporciona baja dosis de radiación y fue posible marcar numerosos radiofármacos. Posteriormente fue necesario actualizar el equipo para obtener las mayores ventajas de las imágenes funcionales de la medicina nuclear. Esta meta se alcanzó en 1976, cuando se adquirió la primera Cámara de Centelleo Anger y se inició una nueva etapa de la medicina

nuclear aplicada a la pediatría. Con estos logros se amplió considerablemente la variedad y el número de estudios (figura 1). A continuación se describen los estudios más frecuentemente solicitados que han sido uno de los apoyos diagnósticos en los niños que acuden al INP o de otras instituciones que no cuentan con este tipo de estudios.

GAMMAGRAFÍA CEREBRAL

La técnica para la obtención de imágenes cerebrales se inició en 1973. El número de estudios rápidamente se incrementó hasta lograr un máximo en 1984. Este auge se debe a que en esa época no existían otras técnicas de imágenes que informaran sobre el complejo cerebro. Años después disminuyó el número de solicitudes, sobre todo en 1991, cuando surgieron otras técnicas de imágenes con mayor resolución anatómica, como la tomografía, la resonancia y en recién nacidos, el ultrasonido transfontanelar (figura 2).

Las técnicas nucleares utilizadas para el estudio del cerebro son: la angiografía radioisotópica cerebral, en la cual se valora el territorio vascular global después de la inyección endovenosa de un radionúclido y la regional cerebral, técnica de gran utilidad para valorar la perfusión cerebral, estudio determinante para el diagnóstico de muerte cerebral, de acuerdo con los Criterios para el Diagnóstico de Muerte Cerebral en el Instituto Nacional de Pediatría.^{4,5}

La gammagrafía planar cerebral es otro estudio que muestra los cambios de la permeabilidad de la barrera hematoencefálica, cuyas indicaciones en nuestra institución han sido, principalmente, la sospecha de tumor cerebral,³ el absceso cerebral, los traumatismos craneoencefálicos, la sospecha de hemorragia cerebral. Esta técnica ha sido reemplazada por técnicas que permiten valorar la perfusión cerebral y el metabolismo y bioquímica del tejido cerebral, como la tomografía de fotón único (SPECT) y la tomografía por emisión de positrones (PET). Las aplicaciones de estas técnicas son principalmente la epilepsia, los traumatismos y la demencia. En el Instituto se ha diseñado un protocolo para estudiar niños con epilepsia de difícil control que requieren la localización del foco epiléptico y en esta forma proceder al tratamiento quirúrgico.⁶⁻⁸

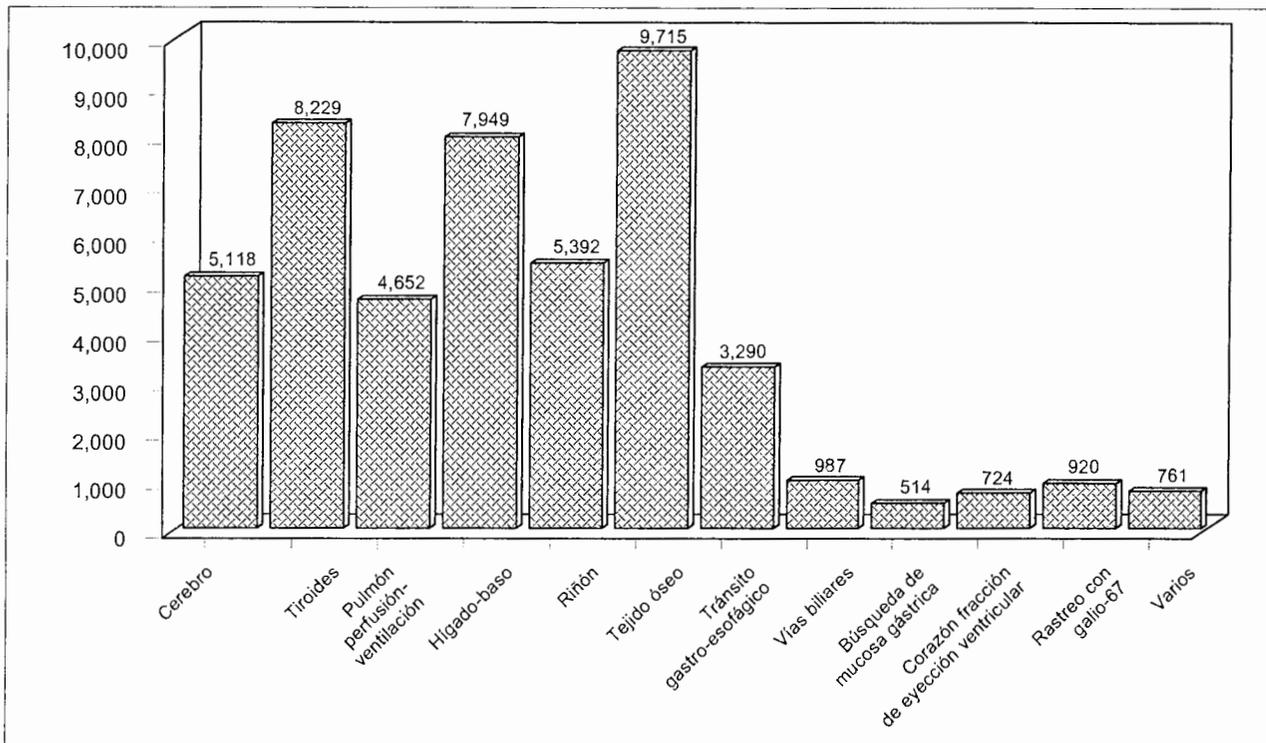


Figura 1. En el análisis de 30 años del uso de la imagen funcional gammagráfica como apoyo diagnóstico en pediatría es evidente la mayor frecuencia con que son empleadas algunas gammagrafías como la ósea, la tiroidea, la hepática y esplénica y la cerebral.

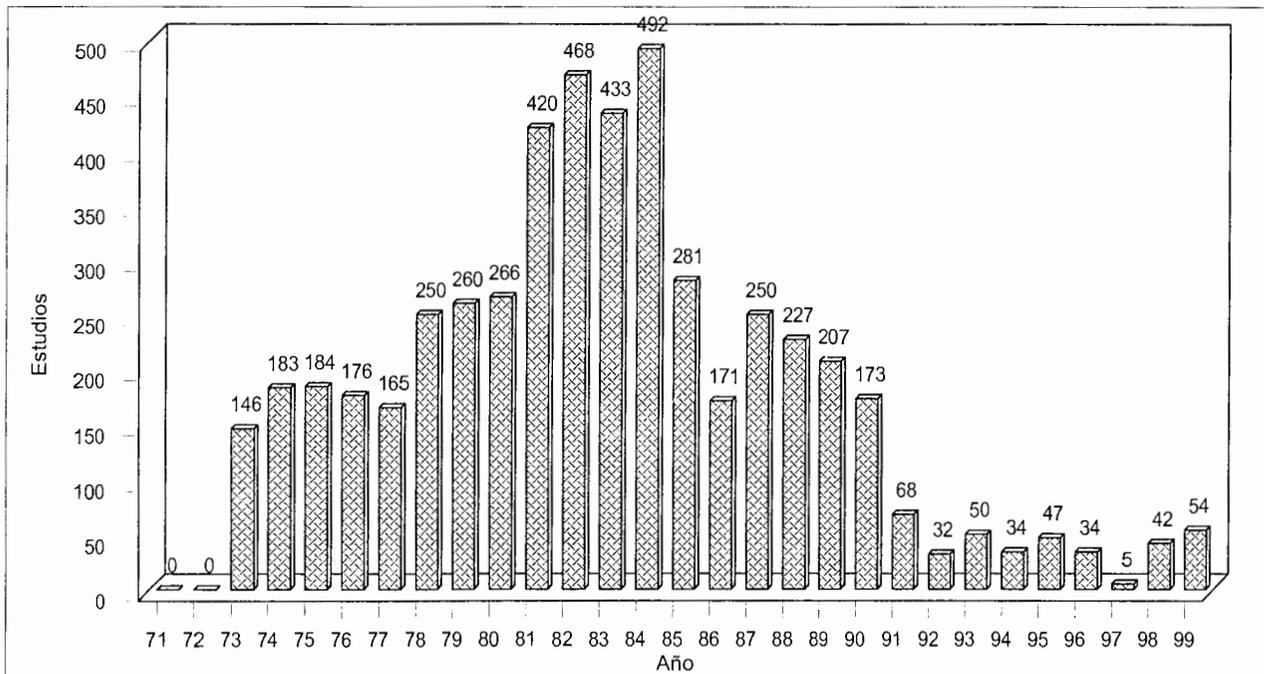


Figura 2. La gammagrafía cerebral planar tuvo sus diez años de florecimiento como apoyo diagnóstico, cuando no se contaba con otras metodologías de imágenes. Esta situación que ha cambiado con el SPECT y PET que aportan información bioquímica y funcional del tejido cerebral y su aplicación cada día abarca mayor número de enfermedades.

GAMMAGRAFÍA DE TIROIDES

Las solicitudes para gammagrafía de tiroides, ha sido constante y en los últimos años ha aumentado el número de solicitudes (figura 3). Esto se debe a que es un método sencillo que proporciona información de la anatomía, morfología y función de la glándula tiroides, información que no puede ser obtenida con otras técnicas de imágenes, no obstante que el ultrasonido de tiroides aporta información anatómica y morfológica. Es importante señalar que la gammagrafía de tiroides en el niño debe proporcionar la menor dosis de radiación posible; *siempre* se debe realizar con ^{99m}Tc y sólo en casos de duda diagnóstica o en cáncer de tiroides se usa ¹³¹Iodo.

Entre las indicaciones más frecuentes de las solicitudes son para el diagnóstico de hipotiroidismo, de bocio difuso, localización de nódulos, tiroiditis e hipertiroidismo. La valoración de la función incluye el estado bioquímico de la glándula tiroides determinando por radioinmunoanálisis. Es muy importante el papel de la gammagrafía de tiroides en el diagnóstico de hipotiroidismo congénito; con los datos que

proporciona, se clasifica el tipo de disgenesia tiroidea, con un nódulo generalmente sublingual, de atrofia o de hiperplasia tiroidea por dishormogénesis. El Instituto ha participado desde que se instaló el Programa Nacional del Tamiz Neonatal para la detección temprana del hipotiroidismo congénito. Lo más frecuente ha sido el diagnóstico de nódulo ectópico sublingual.⁹

En los nódulos solitarios de la tiroides la gammagrafía es de gran ayuda en localizarlos y establecer sus características y para clasificarlo como nódulo "frío" o nódulo "caliente". En nuestra experiencia es infrecuente el nódulo "caliente": < 3% del total de nódulos, ninguno tuvo cáncer de tiroides. Los nódulos "fríos" son más frecuentes y se asociaron a diversas lesiones: adenomas, quistes, tiroiditis, hemorragias, abscesos extratiroideos y tumores.

Los casos con hipertiroidismo tenían una glándula tiroides crecida (bocio difuso), con aumento de la captación (hiperfunción). El seguimiento de pacientes que han recibido radiación a cabeza y cuello requiere una gammagrafía de tiroides a fin de valorar el estado funcional de la glándula. Observamos una

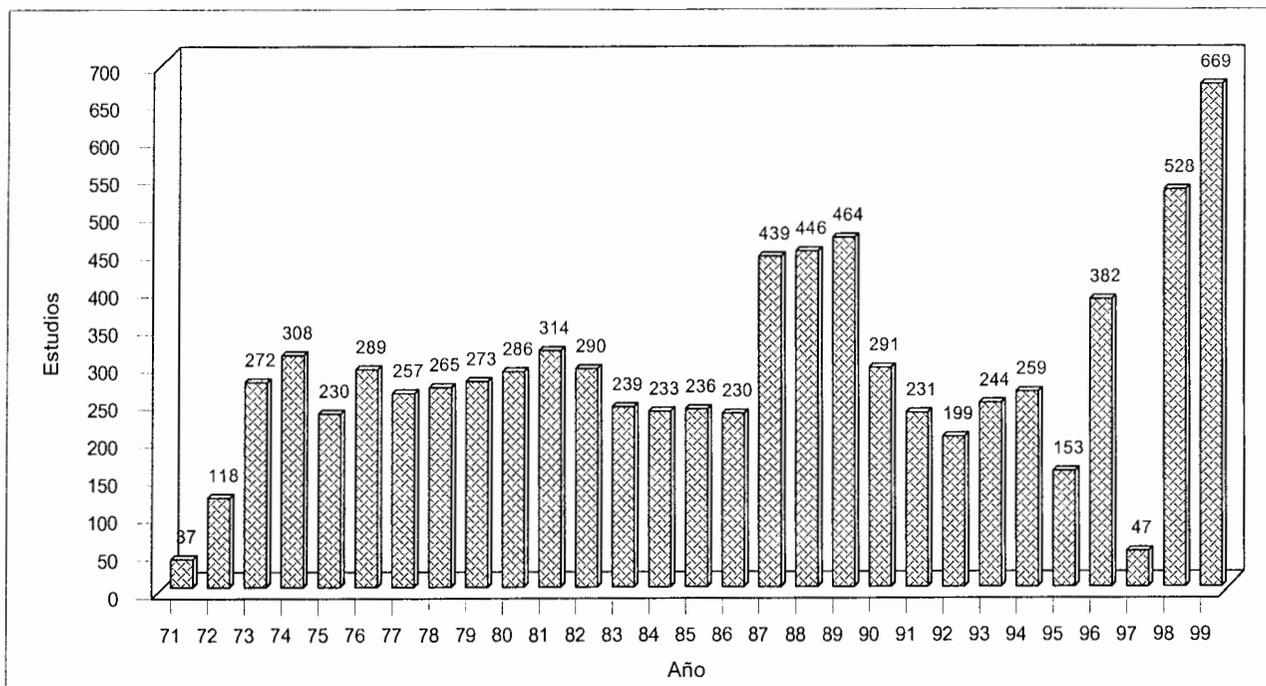


Figura 3. El estudio de la glándula tiroides requiere la imagen funcional como la gammagrafía. Su empleo ha sido constante con tendencia al incremento.

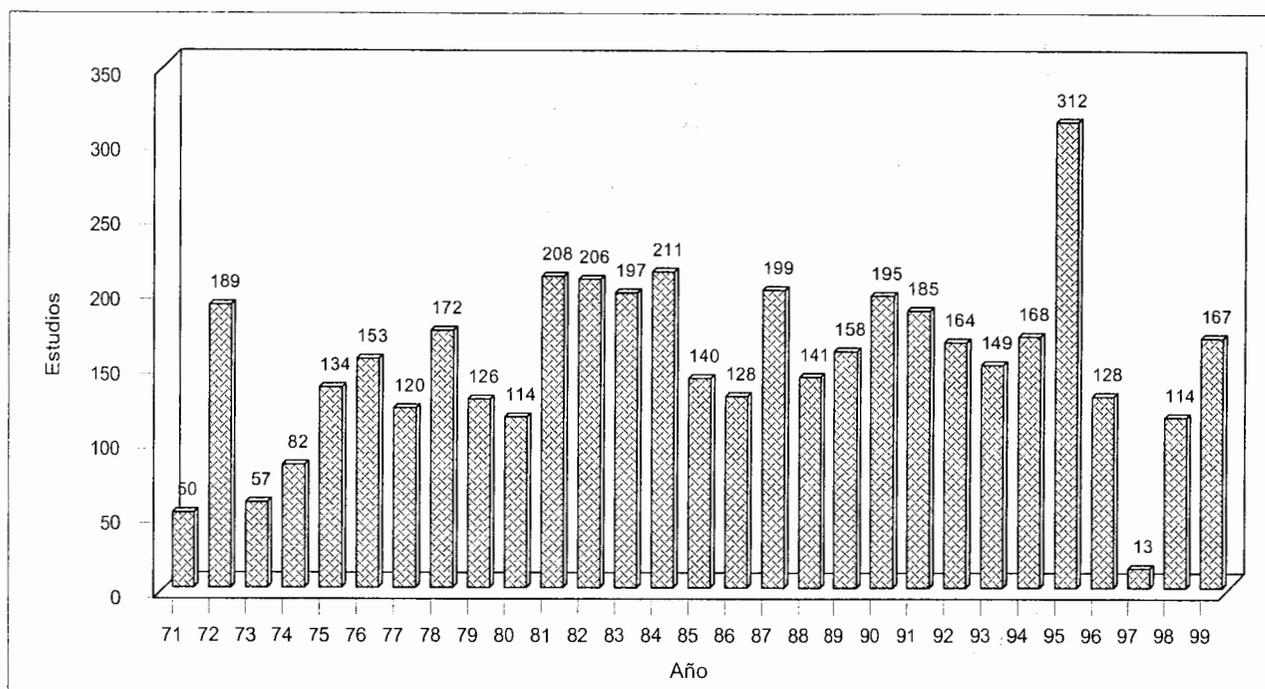


Figura 4. La gammagrafía pulmonar es insustituible para la información funcional, ya que valora la ventilación/perfusión. La técnica persiste sin grandes cambios.

alta frecuencia de hipotiroidismo en casos de hiperplasia del lóbulo que fue irradiado. El nódulo “frío” en estos casos, ha sido infrecuente.^{10,11}

El carcinoma de tiroides no es frecuente en niños; lo encontramos en el 3% de los niños estudiados en los 30 años, que fueron tratados tanto quirúrgicamente como con I-131 para lograr la ablación total del tejido residual y las metástasis. El seguimiento de estos pacientes es con rastreos gammagráficos de cuerpo completo con I-131, para conocer en qué momento se ha logrado la ablación total del tejido residual, las metástasis y por tanto la curación total. Estos estudios son de vital importancia en el seguimiento de estos pacientes, información que no se logra con otra metodología.^{12,13}

GAMMAGRAFÍA PULMONAR

El número de estudios de gammagrafía pulmonar solicitados se ha mantenido constante, no obstante que una radiografía de tórax, con el apoyo de la tomografía y la resonancia permiten sospechar patología pulmonar. Con la gammagrafía se obtiene mayor

información anatómica y morfológica. El diagnóstico del estado del flujo sanguíneo arterial que refleja la perfusión y la ventilación regional pulmonar, no se obtiene con otra técnica de imágenes.¹⁴

Las indicaciones más frecuentes de este estudio han sido para valorar la perfusión pulmonar en las malformaciones de tórax, del diafragma, en el embolismo pulmonar, el enfisema lobar congénito, la hipoplasia pulmonar, las malformaciones de grandes vasos (arteria pulmonar); en quistes pulmonares, en asma, en fibrosis quística, en la neumopatía crónica, así como en casos sometidos a toracotomía por patología pleural, diafragmática o mediastinal, para valorar la función respiratoria. También ha sido de gran valor esta información en hipertensión pulmonar (figura 4).

El embolismo pulmonar sigue siendo un problema diagnóstico. En niños algunos casos pueden cursar sin ser diagnosticados. Los signos radiográficos de embolismo pulmonar son variables e inespecíficos; incluso puede haber estudios normales. Las pruebas de funcionamiento pulmonar pueden ser normales o anormales y tienen va-

lor limitado. La gammagrafía pulmonar con Tc-99m-macroagregados de albúmina es un método sencillo seguro y sensible que da información de la perfusión arterial pulmonar, de utilidad en la valoración de las patologías que afectan el flujo sanguíneo pulmonar en niños. La gammagrafía ventilatoria es otro estudio de apoyo para el diagnóstico diferencial de enfermedades que afectan la perfusión pulmonar, como el embolismo pulmonar que afecta tanto la perfusión como la ventilación pulmonar. La gammagrafía perfusoria/ventilatoria en casos de embolismo pulmonar define la alteración de la perfusión y que la ventilación se conserva;^{15,16} valora en forma integral la función pulmonar. El estudio de ventilación pulmonar con un aerosol radiactivo (99mTc-DTPA o pirofosfatos) permite valorar patologías que alteran las vías respiratorias.

Han sido de gran utilidad los rastreos gammagráficos con galio-67 en el seguimiento de pacientes con neumopatía crónica, para conocer el grado del proceso inflamatorio y su respuesta al tratamiento.¹⁷

GAMMAGRAFÍA HEPÁTICA

La gammagrafía del tejido reticuloendotelial hepático y esplénico tuvo un gran esplendor durante los primeros 20 años de nuestra Institución, ya que no se contaba con otros métodos que dieran información anatómica, morfológica y funcional del tejido reticuloendotelial, ejemplo de lo cual es el absceso hepático amibiano. En la última década, el número de solicitudes de gammagrafía hepática ha disminuido notablemente por el advenimiento de la tomografía computada, el ultrasonido y la resonancia magnética y debido a que la frecuencia de algunas patologías ha cambiado (figura 5).

El Tc-99-coloide de sulfuro administrado por vía endovenosa es fagocitado por las células de Kupffer del tejido reticuloendotelial de hígado, bazo y médula ósea. La gammagrafía hepática es un método simple no invasivo, útil para estudio de muchos padecimientos hepáticos pediátricos. Las solicitudes más frecuentes han sido para el diagnóstico de tumores que sustituyen o desplazan el tejido hepático y esplé-

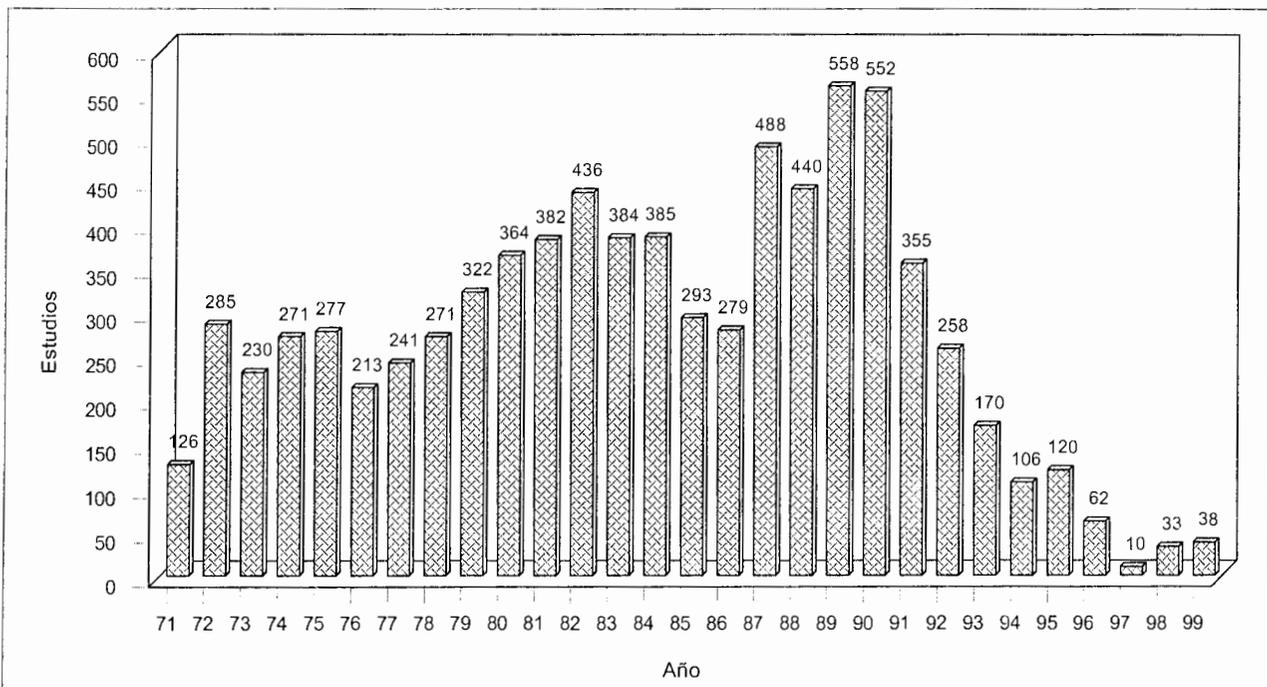


Figura 5. La gammagrafía del hígado y bazo por dos décadas fue de los estudios más solicitados por la información funcional y anatómica que aporta, aunado a la alta frecuencia del absceso hepático de origen amibiano. Es vigente su gran apoyo en patologías que afectan el tejido reticuloendotelial.

nico, procesos infecciosos focalizados o difusos, traumatismos, malformaciones congénitas, bazo accesorio, asplenia, enfermedades difusas parenquimatosas. Es de gran apoyo en malformaciones que alteran la situación del hígado y bazo, los desplazamientos por eventración o por hernia diafragmática.¹⁷

Ha sido de gran ayuda para valorar el tamaño del hígado y bazo, lo que se debe determinar cuidadosamente para relacionarlo con la edad del niño, debido a que estos órganos cambian de tamaño con relativa rapidez con el crecimiento.

En presencia de masa ocupativa hepática, la perfusión hepática muestra la vascularidad de la masa y establece el diagnóstico diferencial entre el tumor y absceso o quiste hepático.

La contribución de la gammagrafía hepática en 20 años ha sido de suma importancia por la alta frecuencia del absceso hepático amibiano. Con esta técnica fue posible conocer el tiempo necesario para la regeneración hepática. Se observó que la regeneración depende de factores como número y tamaño del absceso y del tratamiento administrado.^{18,19}

También se determina con alta sensibilidad el grado de participación del tejido hepático en pacientes con masas abdominales.

Siguen siendo frecuentes las solicitudes para valorar el aumento de tamaño hepático y esplénico, enfermedades difusas por atesoramiento, las congestivas, la cirrosis y la fibrosis hepática congénita.

En traumatismos abdominales, la gammagrafía de bazo con coloide o con eritrocitos marcados es el método más sencillo y fácil de realizar. Proporciona información de laceración del bazo y la cantidad de tejido funcional esplénico; para el seguimiento en pacientes sometidos a reconstrucción esplénica. Desafortunadamente no se ha seguido empleando por probable desconocimiento de su utilidad.²⁰

GAMMAGRAFÍA RENAL

La valoración de pacientes con enfermedad de las vías urinarias requiere de métodos que proporcionen la mejor información anatómica y funcional. Las técnicas radioisotópicas proporcionan esta información y son sencillas y seguras; pueden ser usadas en recién nacidos, prematuros y pacientes en insuficien-

cia renal. Los radiofármacos utilizados no son tóxicos; no se han informado efectos secundarios. Una característica sobresaliente de este método es la información *cuantitativa* de la función renal, dato que no se puede obtener con otra metodología.²¹

En el INP se han utilizado con éxito; ha aumentado constantemente el número de estudios en 30 años. Con base en nuestra experiencia recomendamos que éste sea el primer estudio en pacientes con sospecha de alteración de la función renal primaria o secundaria, ya que nos proporciona información anatómica y funcional cuantitativa de cada riñón (figura 6).

Según la función que se quiere valorar, se utilizará el radiofármaco específico para esa función. El ^{99m}Tc-MAG-3 se usa con una excelente correlación cuando se valora la capacidad de depuración y secreción tubular. Su indicación es en el seguimiento del trasplante renal, en la insuficiencia renal, en la valoración de la nefrotoxicidad, en el trauma renal, en la hidronefrosis, en la uropatía obstructiva. Con objeto de diferenciar entre una obstrucción anatómica o funcional, en el INP se desarrolló e implantó el protocolo para el estudio de estos pacientes con empleo de diurético y sonda vesical. Se analiza por 60 min la función renal y la respuesta al diurético.^{22,23}

En niños con infecciones recurrentes de las vías urinarias, la gammagrafía con ^{99m}Tc-DMSA es altamente sensible, considerado como el "estándar de oro" para la detección de daño renal por pielonefritis aguda y crónica. En este estudio se observan las anomalías en la captación del radiofármaco por el parénquima renal. Esta metodología se aplica también en pacientes con abscesos renales.^{25,26}

La filtración glomerular se determina con la administración endovenosa de ^{99m}Tc-DTPA, su depuración del torrente sanguíneo y el empleo de un modelo de múltiples compartimientos. Los resultados correlacionan bien con la depuración de inulina, de iodotalamato y creatinina. Desafortunadamente ha sido escasa la experiencia y aplicación de esta técnica en el Instituto.

El estudio del paciente con hipertensión requiere el empleo de métodos no invasivos que aporten información de enfermedad vascular renal. Los métodos radioisotópicos tienen un papel importante para detectar hipertensión renovascular unilateral, bilate-

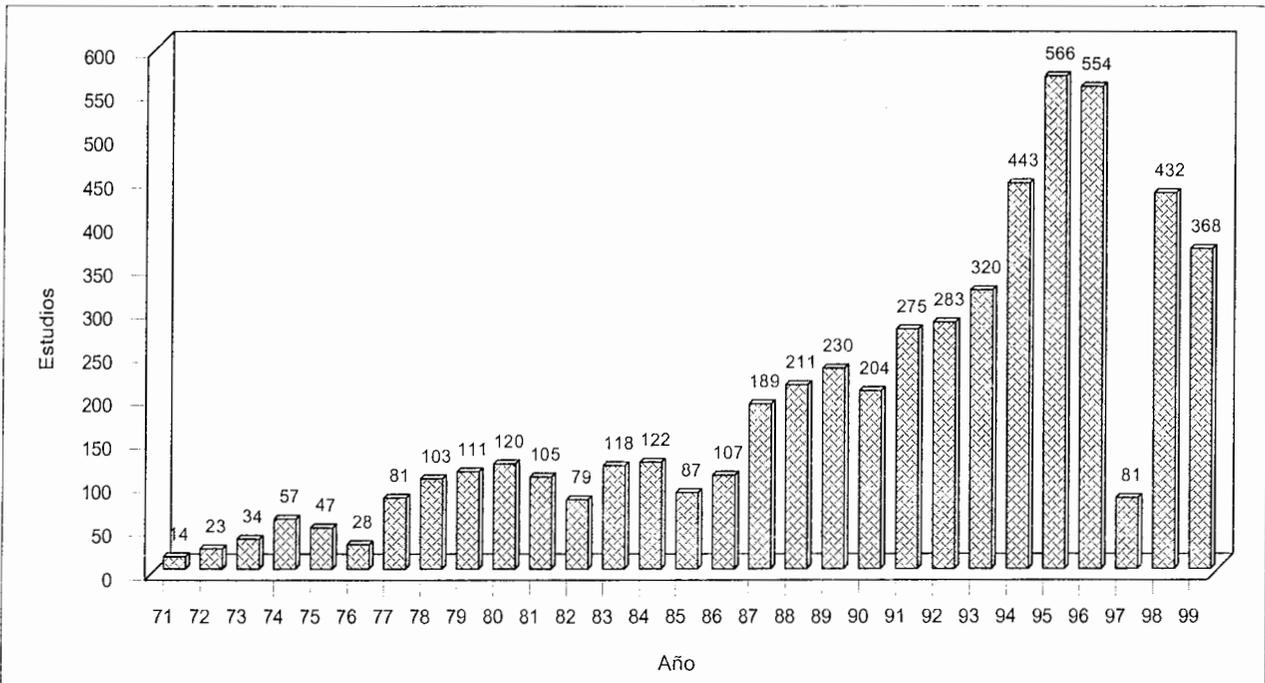


Figura 6. La valoración de la función renal requiere métodos que den información cualitativa y cuantitativa de cada riñón y de la función global que dan las técnicas radiosotópicas. Su empleo se ha incrementado.

ral y su seguimiento. Los métodos convencionales son invasivos y menos confiables en el diagnóstico de estenosis unilateral de la arteria renal. Con el empleo de $^{99m}\text{Tc-MAG-3}$ se demuestra la disminución de la perfusión y de la función del riñón afectado.

La sensibilidad y especificidad de la gammagrafía renal para el diagnóstico de hipertensión renovascular aumenta con los inhibidores de la ECA, como el captopril que bloquea la formación de angiotensina I y promueven la dilatación de las arteriolas eferentes; esto disminuye el gradiente de presión transcápilar. En estos casos siempre se realiza el estudio basal y un día después, con la administración de un inhibidor de la ECA.²⁷

El INP fue la primera institución nacional que empleó la gammagrafía renal para el seguimiento de niños con trasplante renal, inicialmente realizada con $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ y posteriormente con $^{99m}\text{Tc-MAG-3}$, por lo cual nuestra experiencia es amplia. Este estudio valora la perfusión y función renal. Esta metodología se inició estudiando al donador vivo, con objeto de conocer la función del riñón por trasplantar. En el niño que recibe el trasplante se aplica desde

las primeras 24 a las 72 horas y a los ocho días para valorar el resultado de la cirugía y para la detección temprana de complicaciones.

Con la gammagrafía renal se detectan en forma temprana un rechazo, la necrosis tubular aguda y la recuperación de la función 24 a 48 horas antes que se presenten las manifestaciones clínicas o las alteraciones bioquímicas.²⁸

La trombosis o infarto del riñón trasplantado es causa frecuente de pérdida del riñón trasplantado. En esta situación la perfusión renal está disminuida o ausente; sin embargo, esta alteración se observa también en oclusión de la arteria renal, en obstrucción de la vena renal y en rechazo agudo.²⁹

GAMMAGRAFÍA ÓSEA

El estudio con imágenes de la gammagrafía ósea es el método con más alta sensibilidad para el diagnóstico de patología ósea. El Instituto fue el primer centro que desarrolló e introdujo esta metodología para el estudio de la patología ósea en niños. En los primeros años el número de estudios se incrementó rá-

pidamente y la solicitud del mismo se ha mantenido constante (figura 7).

En los primeros años por la relativa facilidad de obtener sustancias básicas en la producción de los radiofármacos para este estudio, se trabajó por varios años con ^{99m}Tc-pirofosfatos con excelentes resultados. Actualmente estos estudios se realizan con ^{99m}Tc-metilendifosfonatos (MDP) que da imágenes de alta calidad.

Por su alta sensibilidad, su facilidad y la baja dosis de radiación al niño, (con una sola dosis se puede estudiar todo el esqueleto óseo) es el primer estudio que se solicita a niños con sospecha de patología ósea o padecimientos que involucren el tejido óseo en nuestra Institución.³¹

La gammagrafía ósea con ^{99m}Tc-MDP aporta imágenes funcionales del esqueleto óseo, la distribución del radiotrazador refleja el flujo sanguíneo, el metabolismo óseo y el crecimiento del mismo.

La farmacocinética de los ^{99m}Tc-Fosfatos se caracteriza por que sus moléculas se depositan en la malla orgánica de hidroxapatita. Por esta peculiaridad la detección de alteraciones del metabolismo óseo

de diversa etiología se realiza en las primeras 48 horas. Esta información no se puede obtener con otras metodologías de imágenes. Es importante mencionar que la gammagrafía ósea de un niño normal muestra una distribución heterogénea del radiotrazador con alta concentración en los núcleos de crecimiento.³²

La gammagrafía ósea que realizamos es principalmente con imágenes planares; su sensibilidad aumenta con imágenes magnificadas electrónicamente o con colimador "Pinhole", utilizado en el estudio de la enfermedad de Legg-Calve-Perthes o en patologías que involucran estructuras pequeñas. Su sensibilidad se ha incrementado con el SPECT (tomografía de fotón único), pues ayuda a localizar y ver la extensión de una lesión ósea. Es útil sobre todo en la columna vertebral, la cadera, las rodillas, los pies y la cabeza.³³

En estos 30 años, se ha brindado especial apoyo a los neonatos para el diagnóstico temprano de artritis séptica.³⁶ En el estudio de la necrosis aséptica de la cabeza del fémur (Legg-Calvé-Perthes) la gammagrafía ósea es una de las técnicas por imágenes más valiosas, ya que aporta información de la perfusión

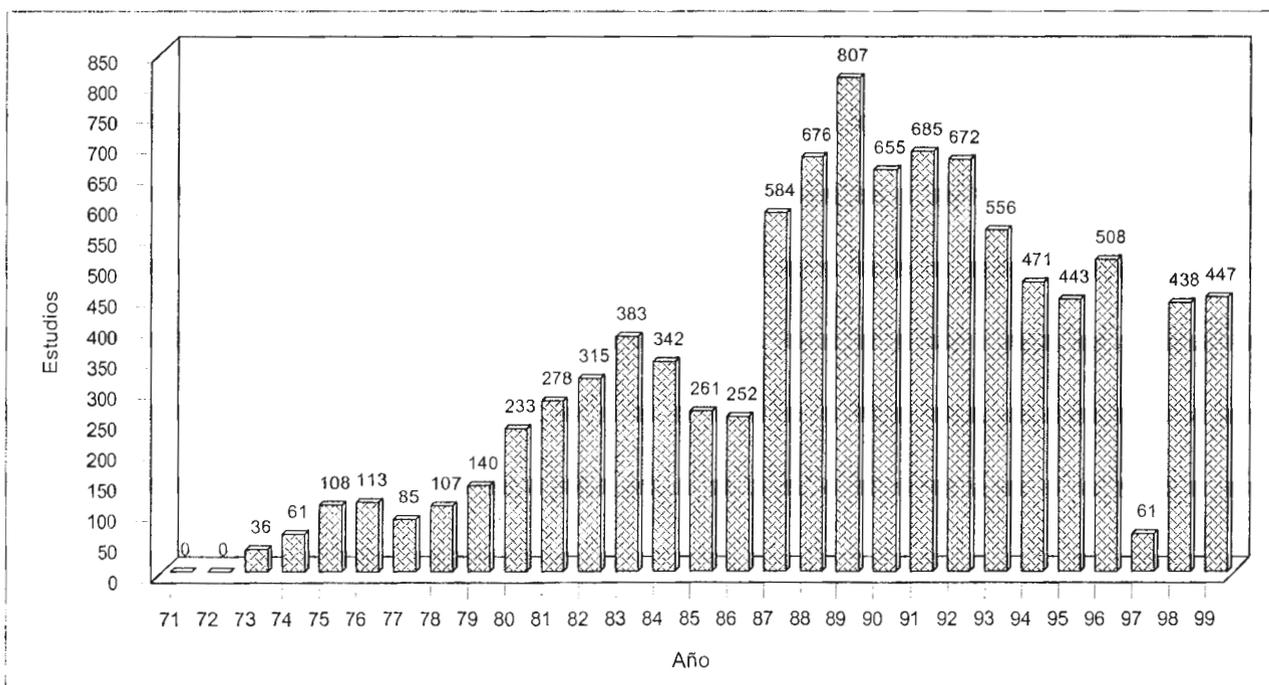


Figura 7. La sensibilidad de la gammagrafía ósea no ha sido lograda por otra metodología de imágenes; es de gran apoyo diagnóstico de la patología del sistema musculoesquelético en el niño, que se puede detectar a las 48 horas de iniciado un proceso infeccioso.

de la cabeza femoral y de los cambios en las diferentes etapas de la enfermedad, que no se pueden obtener con otras metodologías de imágenes, no obstante que recientemente se ha incrementado el uso de la resonancia magnética en el diagnóstico diferencial de esta patología.³⁶

En el Instituto, la principal indicación de la gammagrafía ósea con la técnica de "tres fases" es para el diagnóstico diferencial de celulitis/osteomielitis. Se valora la perfusión en el proceso inflamatorio y en la fase tardía, la actividad metabólica del hueso afectado.^{34,35}

Otra aplicación es en el estudio del niño con maltrato físico: con imágenes de todo el esqueleto es posible detectar fracturas recientes y antiguas.³⁷ Mediante radiografía algunas fracturas como las de estrés no se visualizan tempranamente; en estos casos es de especial apoyo la gammagrafía.³⁸

En lesiones óseas benignas y malignas la imagen gammagráfica ósea aporta información sobre las características de la perfusión y actividad metabólica de la lesión. Las bondades de esta metodología se obtienen en el seguimiento de pacientes incluidos en el protocolo de salvamento de una extremidad; se valora la resección total del tejido tumoral y la negatividad o reactivación del tumor. Nuestra experiencia ha sido de gran ayuda en estos casos y en la búsqueda de metástasis óseas en pacientes con neoplasia no ósea.³⁹

TRÁNSITO GASTROESOFÁGICO

En la década de 1980 el Instituto introdujo y desarrolló a nivel nacional la metodología para la gammagrafía del tránsito gastroesofágico. Las solicitudes para este estudio aumentaron rápidamente. Sus primeras aplicaciones fueron para detectar reflujo gastroesofágico (ERGE) y broncoaspiración; sin embargo, otros estudios con mayor sensibilidad lo desplazaron, como el monitorco del pH. Actualmente, su principal indicación es para determinar el tiempo medio de vaciamiento gástrico, estudio obligatorio en todo paciente con diagnóstico de ERGE y tratado quirúrgicamente⁴⁰ (figura 8).

Es un estudio fisiológico que utiliza el alimento líquido (leche-^{99m}Tc-Coloide) que normalmente ingiere el lactante. En niños mayores se administra una

combinación de líquidos y sólidos. La importancia de las características del alimento es que el tiempo medio de vaciamiento gástrico es diferente para líquidos y sólidos. Por otro lado se procura mantener la geometría de la metodología a fin de disminuir los factores de error; se coloca a los lactantes en decúbito dorsal y a niños mayores, sentados.

La importancia de este estudio radica en que los niños con ERGE tienen retraso del vaciamiento gástrico, lo que se asocia con alteraciones del crecimiento y síntomas respiratorios, además, se ha observado correlación del retraso del vaciamiento gástrico con disminución de la presión del esfínter esofágico inferior, con la severidad de la esofagitis y con la anomalía de la motilidad gástrica.⁴¹

GAMMAGRAFÍA HEPATOBILIAR

Las imágenes funcionales del hepatocito y del sistema biliar se iniciaron en la década de 1960 con la introducción del Rosa de Bengala; sin embargo, fue limitada en pediatría. Con el advenimiento del tecnecio ^{99m}Tc y la introducción de radiofármacos derivados del ácido iminodiacético (IDA) marcados con ^{99m}Tc, la gammagrafía hepatobiliar en niños ha prosperado, pues es un estudio sencillo no invasivo que aporta información funcional. Su principal aplicación es en el diagnóstico diferencial entre atresia de vías biliares y hepatitis neonatal. Otras indicaciones son en el síndrome colestático, el quiste de colédoco y la colecistitis.⁴²

En casos de duda diagnóstica, sobre todo en niños mayores de dos meses, se incrementa la sensibilidad del método si se administra por cinco días fenobarbital a fin de favorecer la función hepática y poder diferenciar si se trata de una colestasis o una obstrucción. La experiencia del Instituto es amplia, pero el número de estudios ha disminuido, por el advenimiento de métodos como el ultrasonido y la tomografía computada (figura 9).

GAMMAGRAFÍA PARA LA DETECCIÓN DE SANGRADO GASTROINTESTINAL

El divertículo de Meckel es una de las causas más frecuentes de sangrado gastrointestinal bajo en niños

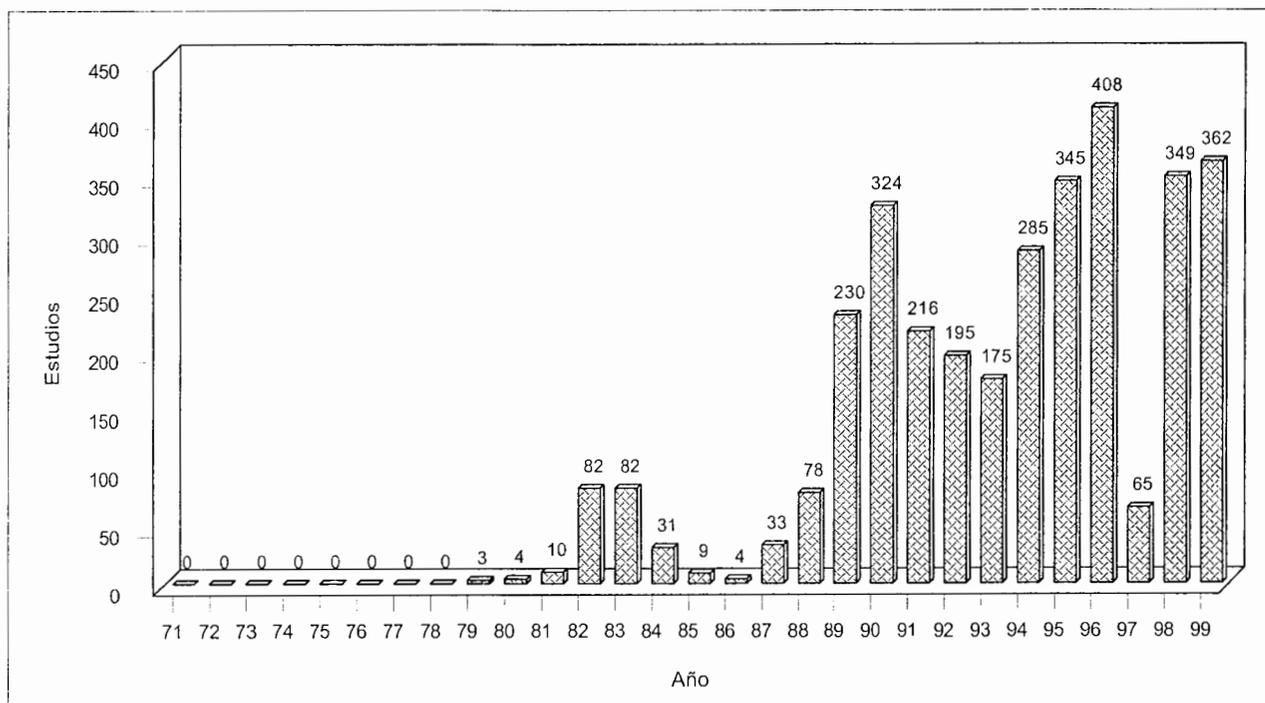


Figura 8. En el estudio del tránsito gastroesofágico y en la determinación del tiempo medio de vaciamiento gástrico, las técnicas radioisotópicas tienen un importante papel, tanto para valorar el reflujo gastroesofágico como para su tratamiento quirúrgico, que requiere conocer el tiempo medio de vaciamiento gástrico.

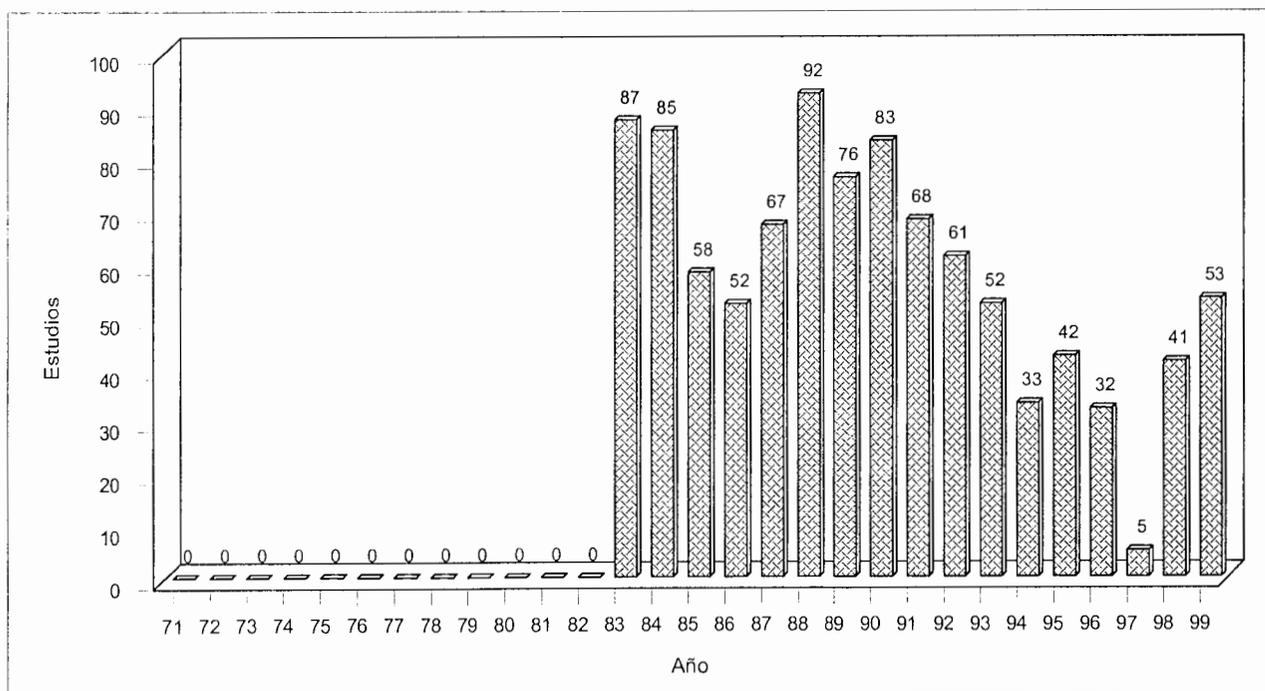


Figura 9. Ha disminuido el número de estudios de gammagrafía hepatobiliar para el diagnóstico de hepatitis vs atresia de vías biliares, debido a que el ultrasonido aporta información valiosa de estas alteraciones.

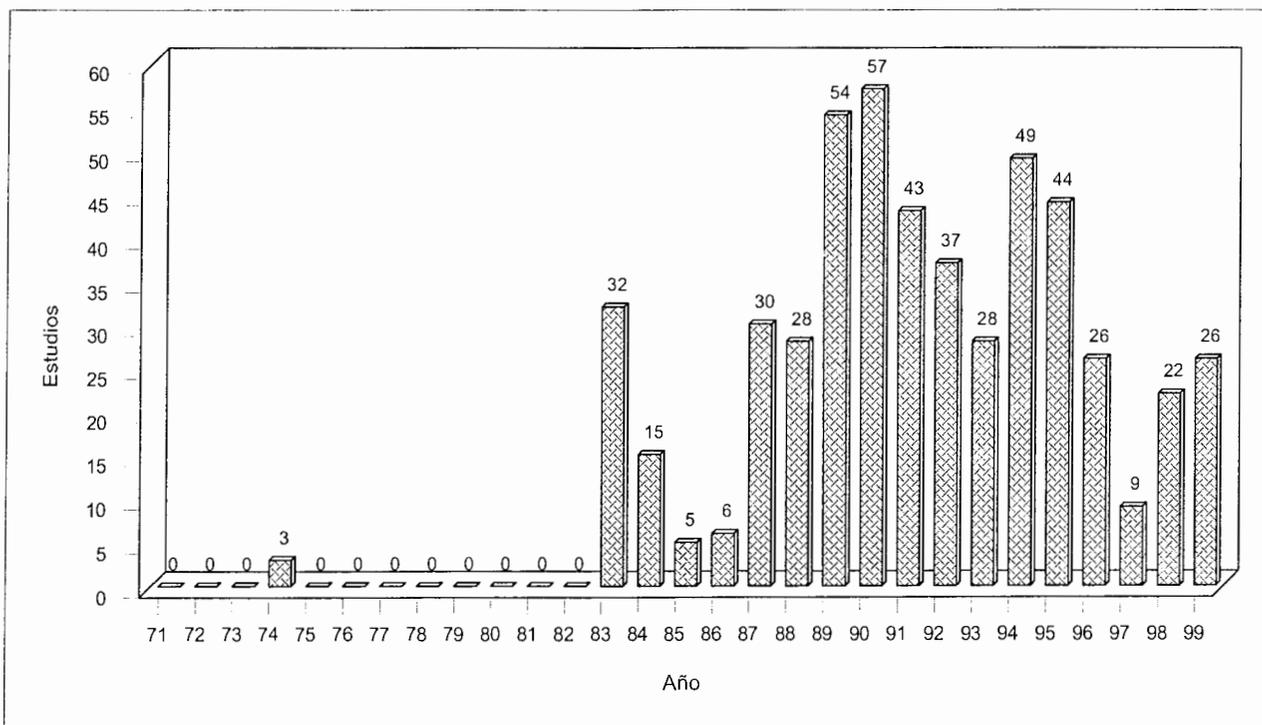


Figura 10. El sangrado del tubo digestivo en niños requiere la búsqueda de mucosa gástrica ectópica; el único estudio que da esta información es la gammagrafía con $^{99m}\text{TcO}_4$, de ahí deriva su importancia y permanencia como apoyo diagnóstico.

previamente sanos, pero con signos y síntomas que aparecen antes del segundo año de vida. En el Instituto se ha realizado la gammagrafía con $^{99m}\text{TcO}_4$ para la búsqueda de mucosa gástrica ectópica contenida en un divertículo de Meckel. Es un estudio seguro, con una buena sensibilidad para explorar la mucosa gástrica, lo que no se obtiene con otros métodos de imagen. La frecuencia de esta enfermedad es baja, pero se cuenta con buena experiencia (figura 10). En casos dudosos, la sensibilidad y especificidad de esta prueba aumenta cuando se administra pentagastrina, cimetidina o un antagonista de los receptores de histamina H_2 .^{43,44}

Otra técnica utilizada en la búsqueda de sangrado del tubo digestivo bajo es la angiografía radioisotópica que emplea eritrocitos marcados con ^{99m}Tc . Los sangrados se detectan por el acúmulo intraluminal focal de los eritrocitos marcados. Sin embargo, si existe una concentración anormal es necesario descartar malformaciones vasculares, hemangiomas, proceso inflamatorio de importancia o úlceras.⁴⁵

ESTUDIOS VARIOS

Las imágenes gammagráficas de otros órganos y sistemas se han realizado en menor número; no obstante, se ha obtenido una buena experiencia, por ejemplo la cisterno-gammagrafía indicada para el diagnóstico diferencial entre hidrocefalia comunicante y no comunicante; en la valoración de la permeabilidad del canal raquídeo y en la búsqueda de fistulas de líquido cefalorraquídeo. Estos estudios han sido sustituidos por la tomografía y la resonancia magnética. Otro estudio es la flebogammagrafía para buscar alteraciones del retorno venoso por tromboflebitis, padecimiento frecuente en pacientes con venoclisis que podrían ser causa de embolismo pulmonar. Este estudio valora la circulación venosa y la perfusión pulmonar.

La linfogammagrafía es de gran utilidad para valorar el sistema linfático regional, en pacientes con linfedema. El rastreo con galio-67 es una técnica para estudiar pacientes con fiebre de origen desconocido;

en la detccción y seguimiento de pacientes con linfoma de Hodgkin; en la búsqueda de procesos infecciosos. Se ha aplicado con buena experiencia (figura 11); sin embargo, conviene realizarla más ampliamente.⁴⁶

Otra técnica en la que el Instituto es pionero es el rastreo con I-131-MIBG, se puede considerar como “estándar de oro”, ya que es altamente específico para el diagnóstico y tratamiento de los pacientes con tumores derivados de la cresta neural. Nuestra experiencia es significativa y esperamos que esta técnica se emplee con mayor frecuencia.^{47,48}

Es fundamental señalar que las técnicas radioisotópicas que se realizan en el Departamento de Medicina Nuclear requieren, como otras técnicas de imágenes, que el pequeño permanezca lo más tranquilo y quieto posible, para tal efecto, la destreza, el cuidado, el cariño y la sensibilidad para manejar a los niños por parte del personal técnico y de enfermería ha hecho posible su realización todos estos años. Es satisfactorio informar a la comunidad médica que en estos 30 años no fue necesario sedar a los pacientes para realizarles estudio de gammagrafía.⁴⁹

En el transcurso de estos 30 años, el desarrollo, la introducción y la realización de estos estudios de gammagrafía han dejado una amplia experiencia lograda por el apoyo constante de los directivos de la Institución, así como por la constancia y la tenacidad de la Jefa del Departamento, que procuró mantener una actualización continua en el instrumental altamente especializado y en los avances de las técnicas radioisotópicas aplicadas en pediatría y en la preparación especializada del personal químico, médico y técnico, que han colaborado en el Departamento de Medicina Nuclear.

Es importante mencionar que el desarrollo de la medicina nuclear pediátrica en el INP ha sido posible por la participación de disciplinas como la radiofarmacia, el radioinmunoanálisis, la seguridad radiológica y la colaboración de todo el personal médico y paramédico de los diferentes Servicios y Departamentos del Instituto, con quienes se estableció una estrecha comunicación para conocer sus problemas, necesidades y se establecieron protocolos de investigación, para lograr la mejor atención de los niños que acuden a nuestra Institución.

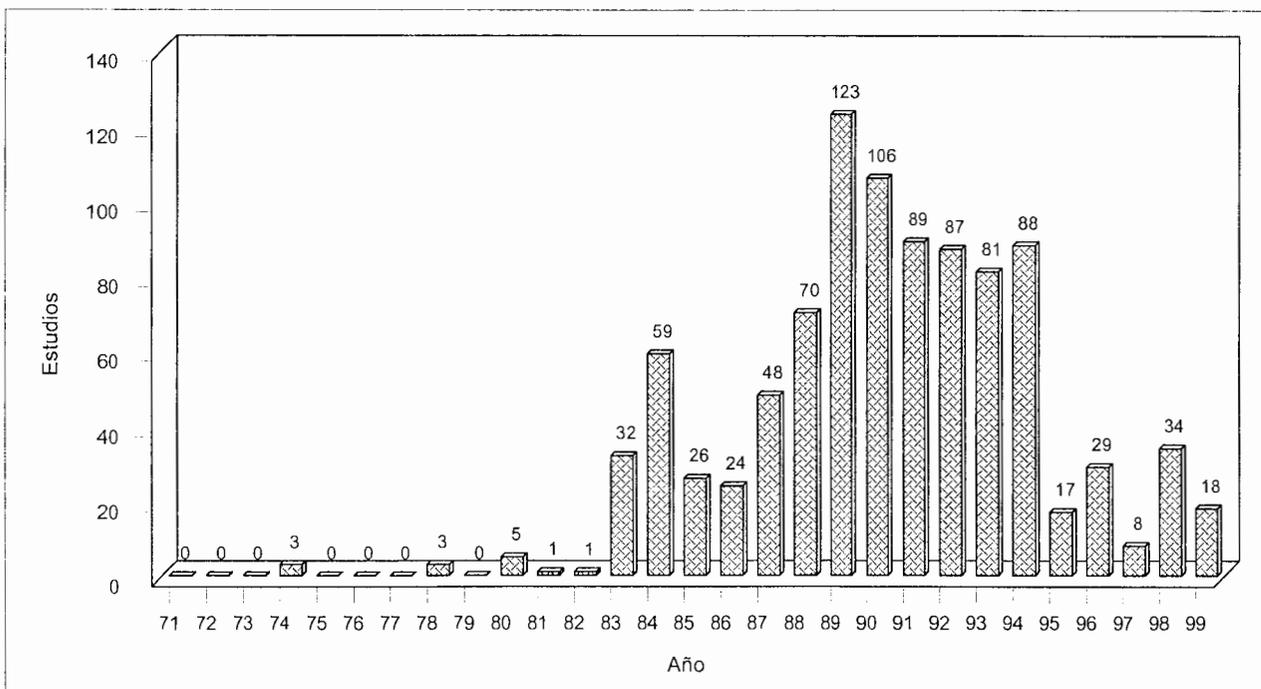


Figura 11. La baja utilización de estudios de rastreo con Galio-67 se debe al desconocimiento de sus ventajas; sin embargo, tiene importante papel en el diagnóstico y seguimiento de pacientes con linfoma de Hodgkin y en pacientes con fiebre de origen desconocido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wagner HJR. Nuclear Medicine. Myers WG, Wagner JR History. 1st ed. New York. HP Publish Co, 1975;pp3-14
2. Saha GB. Fundamentals of nuclear pharmacy. Springer-Verlag Radionuclide Generators. New York. Heidelberg Berlin, 1979;pp51-63.
3. Rueda F, Takenaga R, Shkurovich M, Avila E, Lanche M. Tumores intracranianos en niños y adolescentes. Bol Med Hosp Infant Mex 1973;6:869.
4. Task Force for the Determination of Brain Death in Children. Guidelines for the Determination of Brain Death in Children. Special Article. Arch Neurol 1982;44:587-8
5. Ashwal S, Schneider S. Brain death in children. Pediatric Neurology 1987;69-76
6. Adams C, Hwang P, Gilday D. Comparison of SPECT, EEG, CT, MIRI and pathology in partial epilepsy. Pediatr Neurol 1992;8:97-103.
7. O'tuama L, Packard A, Treves ST. Case report SPECT imaging of pediatric brain tumor with hexakis (methoxyisobutylisonitrile) technetium (I). J Nucl Med 1990;31:2040-1.
8. O'tuama L, Phillips P, Strauss L. Tow-phase [¹¹¹C]L-methionine PET scanning in diagnosis of childhood brain tumors. Pediatr Neurol 1990;6:163-70.
9. Ávila E, Rodríguez M, Velásquez A, Santana R. A pilot program of neonatal screening for hypothyroidism in Mexico. Experta Medica International Congress. Advances in Neonatal Screening BL Therrell 1987;pp453-9.
10. Patiel JH, Summerville DA, Treves ST. Iodine-123 scintigraphy and the evaluation of pediatric thyroid disorders: a ten year experience. Pediatr Radiol 1992;22:251-6.
11. Ávila E, Amador J, Miranda N, Matos L. Disfunción tiroidea post-irradiación en pacientes con linfoma de Hodgkin. Comunicación personal 1999.
12. Safa AM, Schumacher OP, Rodríguez-Antunez A. Long-term follow-up in children and adolescents treated with radioactive iodine [¹³¹I] for hyperthyroidism. N Engl J Med 1975;292:167-71.
13. Sisson JC. Applying the radioactive eraser: I-131 to ablate normal thyroid tissue in patients from whom thyroid has been resected [editorial]. J Nucl Med 1983;24:743-5.14.
14. Alderson PO, Secker WR, Strominger DB, et al. Quantitative assessment of regional ventilation and perfusion in children with cystic fibrosis. Radiology 1974;111:151-5.
15. Morales O, Ávila E. Diagnóstico gammagráfico de las deformaciones diafragmáticas en el niño. Bol Med Hosp Infant Mex 1978;35:225-33.
16. Cook G, Clarke S. An evaluation of technegas as a ventilation agent compared with kriptio-81m in the scintigraphic diagnosis of pulmonary embolism. Eur J Nucl Med 1992;19:770-4.
17. Garduño A, Díaz J, Ávila E, Gutiérrez B, Maltrana R. Embolias pulmonares sépticas vs neumonía. Problema diagnóstico. Estudio de 24 casos. Acta Pediatr Mex 1993;14:117-24.
18. Rosso J, Guillon JM, Parrot A, et al. Technetium-99m aerosol and gallium-67 scanning in pulmonary complications of human immunodeficiency virus infection. J Nucl Med 1992;33:81-7.
19. Ávila E, Álvarez E. Diagnóstico gammagráfico y evolución de la amibiasis hepática en el niño. International Atomic Energy Agency WHO 1986:233-43.
20. Ávila E, Álvarez Ch. Regeneración hepática en niños con absceso hepático amibiano. Evaluación gammagráfica. Acta Pediatr Mex 1986;7-3.
21. Bethel CAJ, Touloukian RJ, Seashore JH, Rosenfield NS. Outcome of nonoperative management of splenic injury with nuclear scanning. Am J Dis Child 1992;146:198-200.
22. Arnold RW, Subramanian G, McAfee JG, Blair BJ, Thomas FD. Comparison of 99mTc complexes for renal imaging. J Nucl Med 1975;16:357-67.
23. Jafri RA, Britton KE, Nimmon CC, et al. Technetium-99m MAG3, a comparison with Iodine-123 and iodine-131 orthiodohippurate in patients with renal disorders. J Nucl Med 1988;29:147-58.
24. Koff SA, Thrall JH, Keyes JW. Assessment of hydronephrosis in children using diuretic radionuclide renography. J Urol 1980;123:531-4.
25. Jakobs B, Nolstedt L, Svesson L, Soderlundh S, Berg U. 99m Technetium dimercaptosuccinic acid scan in the diagnosis of acute pyelonephritis in children. Pediatr Nephrol 1992;6:328-34.
26. Klopffer JF, Hauser W, Atkins HL, Eckelman WC, Richards P. Evaluation of 99mTc-DTPA for the measurement of glomerular filtration rate. J Nucl Med 1972;13:107-10.
27. Sfakianakis GN, Sfakianakis E. Lasix captopril renography in the diagnosis of renovascular hypertension. Contrib Nephrol 1990;79:219-27.
28. Zum Winkel K, Habrst H, Schenck P, et al. Sequential scintigraphy in renal transplantation. In: Medical Radioisotope Scintigraphy. Viena International Atomic Energy Agency 1969.
29. McEnery PT, Stablein DM, Arbus G, Tejan A. Renal transplantation in children. A report of the North American Pediatric Renal Transplant Cooperative Study. Cooperative Study. N Engl J Med 1992;25:1727-32.
30. Ávila E, Goldberg J, Larrondo J. El complejo 99mTc-Pirofosfato como un nuevo agente para gammagrafía ósea en el niño. Bol Med Hosp Infant Mex 1974;6:1115-24.
31. Ávila E, Palma R. Estudio del sistema musculoesquelético en pediatría nuclear. Tratado Hispanoamericano de Medicina Nuclear para Médicos Especialistas. De Eurobook SL 1995;pp868-80.
32. Ávila E, Palma R. Gammagrafía ósea en pediatría. Acta Pediatr Mex 1997;18:73-83.
33. Carty H, Maxled M, Fielding J, Gulliford P, Owen R. Isotope scanning in the "irritable hip syndrome". Skeletal Radiol 1984;11:32-7.
34. Conway JJ, Collins M, Tanz RR, et al. The role of bone scintigraphy in detecting child abuse. Semin Nucl Med 1993;23:321-33.
35. Gelsien GE, Thrall JH, Espinosa JE, Older RA. Early detection of stress fractures using Tc-99m poliphosphates. Radiology 1976;121:683-7.
36. Méndez IR, Filder BM, Mirra J. Thallium-201 scanning for the evaluation of osteosarcoma and soft-tissue sarcoma. J Bone Joint Surg [A] 1993;75:526-31.
37. Ávila E. Estudios gastroenterológicos en pediatría. Tratado Hispanoamericano de Medicina Nuclear para Médicos Especialistas. De Eurobook SL 1995;pp856-66.
38. Rosen PR, Treves S. The relationship of gastroesophageal reflux and gastric emptying in infants and children: concise communication. J Nucl Med 1984;25:571-4.

39. Majad M, Reba RC, Altman RP. Hepatobiliary scintigraphy with Tc-99m PIPIDA in evaluation of neonatal jaundice. *Pediatrics* 1981;67:140-5.
40. Valenza V, Salvatori M, Caalissti A, Manzonii C, Focacci C. Scintigraphic diagnosis of Meckel diverticulum using Tc-99m-pertechnetate. *Minerva Dietol Gastroenterol* 1990;36:139-43.
41. Smith RK, Arterburn G. Detection and localization of gastrointestinal bleeding using Tc-99m pyrophosphate *in vivo* labeled red blood cells. *Clin Nucl Med* 1980;5:55-60.
42. Burrows PE. Pediatric sedation for nuclear medicine procedures. *Pediatric Nuclear Medicine ST Treves 2nd ed.* Springer-Verlag 1994;pp12-16.
43. American Academy of Pediatrics. Committee on Drugs. Guidelines for monitoring and management of pediatric patients during and after sedation for diagnostic and therapeutic procedures. *Pediatrics* 1992;89:1110-5.
44. Montes C, Ávila E. Uso del citrato de galio-67 en pediatría. *Tratado Hispanoamericano de Medicina Nuclear para Médicos Especialistas.* De Eurobook SI 1995;pp882-7.
45. Ávila E, Martínez G, González MA. Neuroblastoma y feocromocitoma. Gammagrafía con I-131 metaiodobenciguánidina. Un recurso más para su diagnóstico y seguimiento. *Acta Pediatr Mex* 1993;14:71-6.

IX Congreso Mundial de Dermatología Pediátrica

**Del 20 al 24 de octubre del 2001
Cancún, México**

Los últimos avances clínicos y terapéuticos tratados por los especialistas y líderes en el tema. Se invita a participar con trabajos libres y minicasos.

Idioma oficial: Inglés. Traducción simultánea al español en las conferencias magistrales, simposios y controversias del salón principal.

Sede: Hotel Hilton Cancun Beach and Golf Resort.

Informes:

Secretaria general

Dra. Carola Durán McKinster

Insurgentes Sur 3700-C, México, DF, 04530. Tel.: (52) 5528-2211.

Fax: (52) 5606-6365, 5666-9882. E-mail: rrm@sevidor.unam.mx

Secretaría técnica

Servimed SA de CV

Insurgentes Sur 1188-507, México, DF, 03210. Tel.: (52) 5575-9931, 5575-9861. Fax: (52) 5559-9497, 5575-9937.

E-mail: cpedderm@servimed.com.mx.

Página web: www.servimed.com.mx