

UNIDAD III: RADIOTERAPIA EN FARMACIA Y MEDICINA

TEMA No 2

Radioisótopos en Farmacia y Medicina.

Estudiar los fenómenos de descomposición nuclear, empleo de los radioisótopos en las ciencias sanitarias. Radioisótopos de interés.

RADIOISOTOPOS

Introducción a la Química Nuclear

La materia que nos rodea está constituida por sustancias simples y compuestas. Las sustancias son los llamados *Elementos*, de los cuales existen 98 en estado natural y que van desde el hidrógeno, el más liviano, hasta el uranio el más pesado. Se conocen también otros 13 elementos que constituyen el *grupo transuránico*, que abarca desde el elemento 93 (neptunio) hasta el elemento 105 (hahnio), recién descubierto. Las sustancias compuestas, inorgánicas u orgánicas, son el resultado de combinaciones definidas de dos o más elementos.

Los elementos están constituidos por átomos idénticos entre sí, que son la menor fracción de la materia posible de aislar por métodos químicos y que poseen todas las características físicas y químicas del propio elemento al que pertenecen. Esta definición no se ajusta literalmente a los elementos biatómicos: oxígeno (O₂), hidrógeno (H₂), cloro (Cl₂), yodo (I₂), flúor (F₂) y bromo (Br₂), cuyas propiedades son las de las moléculas respectivas.

Los átomos están constituidos por un núcleo integrado por la asociación de partículas elementales, llamada genéricamente *nucleones*, que son los protones, de carga positiva, y los neutrones, que no tienen carga. Girando alrededor del núcleo, en igual número que los protones, están los electrones, con carga negativa, los cuales neutralizan la positividad del núcleo. De este modo, el átomo es eléctricamente neutro.

El protón es básicamente el núcleo del elemento hidrógeno; su masa en reposo es de 1,007277663 u.m.a., el neutrón tiene una masa en reposo de 1,0086654 u.m.a.

No son muy conocidas las fuerzas que mantienen unidos a los nucleones entre sí. Hoy en día se supone que la unión de los nucleones se complementa mediante el intercambio de partículas intranucleares llamadas *Mesones*, cuya masa es del orden de 0,05 a 0,15 u.m.a..

El resto del átomo está integrado por los electrones orbitales (en número análogo a los protones) que, como los nucleones, son consideradas partículas elementales. Su masa es

aproximadamente 1.850 veces menor que la del protón o del neutrón (masa en reposo del electrón $5,4860 \times 10^{-4}$ u.m.a.).

Los electrones, giran alrededor del núcleo describiendo orbitas elípticas, se encuentran ubicados en capas perfectamente definidas y designadas en orden desde la más interna hacia fuera, con las letras K, L, M, etc. Los electrones de las capas externas tienen a su cargo las uniones químicas con otros elementos (electrones de valencia).

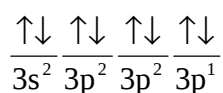
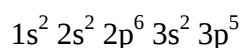
Se entiende por especie atómica, llamada *Nuclido* ó *Nucleido*, una determinada clase de átomos caracterizada por una estructura típica y contenido energético propios de una especie, siendo los parámetros que la definen Z, A, Q (contenido energético).

El número atómico, Z, identifica químicamente al elemento, sin embargo, los nucleidos pueden tener igual Z y diferente A (número másico) porque difieren en el número de neutrones. Por ejemplo, se sabe del yodo existen 23 variedades, que van desde el ^{117}I hasta el ^{139}I , todas con igual comportamiento químico (hasta tal punto que el organismo no las discrimina), pero se diferencian en algunas de sus propiedades físicas. En este caso que los nucleidos de igual Z son *Isótopos*.

Aquellos nucleidos que tienen igual A y diferente Z son *Isóbaros* entre sí. Los nucleidos que tienen igual N se llaman *Isótonos* y se llaman *Isodiáferos* los nucleidos en los cuales la diferencia $N - Z$ es constante.

Descomposición Nuclear.

Se conoce que en las reacciones químicas ordinarias intervienen exclusivamente los electrones de valencia, el cloro (Cl_2) de número atómico 17 presenta la siguiente distribución electrónica:



Orbital	Capa o Nivel de energía
$1s^2$	K
$2s^2 2p^6$	L
$3s^2 2p^5$	M

Los electrones más profundos (capas K y L) y el núcleo permanecen inalterables; las reacciones nucleares se originan por un núcleo inestable o por reacciones de un núcleo estable con partículas muy energéticas que originan isótopos radioactivos, al farmacéutico no le interesa este tipo de sustancias radioactivas sino aquellas sustancias que presentan núcleos inestables.

Existen dos tipos de descomposición nuclear:

a) La fusión:

Ocurre por la introducción de un neutrón mas en el núcleo, el núcleo se hace inestable y se divide en dos fragmentos más o menos iguales.

Este tipo de descomposición no es de interés en farmacia, debido a que solo es posible en isótopos de elementos que presentan elevado número y peso atómico como el uranio de número atómico 93 (U^{93}).

b) La desintegración nuclear:

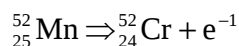
Esta descomposición ocurre a nivel del núcleo de aquellos isótopos inestables naturales o artificiales, en ésta se descomponen espontáneamente con emisión de ciertas radiaciones. Siendo precisamente las radiaciones simultaneas emitidas durante la descomposición espontánea de los isótopos radiactivos.

Tipos de Radiaciones.

Radiaciones alfa (α): se presenta por la ionización de un átomo de He^{+2} que se desplaza con una velocidad que es la décima parte de la velocidad de la luz, aunque la partícula posee un poder de ionización elevado su velocidad es demasiado escasa como para manifestar un efecto penetrante efectivo. Las materias densas como los tejidos detienen esta radiación en fracciones de mm. Su escaso poder de penetración limita su uso en Farmacia y Medicina.

Radiaciones beta (β): los rayos β presentan un gran poder penetrante como consecuencia de su elevada velocidad. Al atravesar la materia se disipa energía por dos caminos diferentes. Las partículas situadas en su recorrido se pueden ionizar, o el electrón se puede desacelerar cediendo su energía como Bremsstrahlung (energía radiante similar a los rayos X). La teoría de Broglie, referente a la doble naturaleza de la materia, encuentra un buen ejemplo en el electrón y el rayo β .

Emisión de positrones: la emisión de positrones (e^+), fenómeno relacionado con el anterior, es poco frecuente. Esta partícula es idéntica al electrón, excepto en la carga. El manganeso 52 experimenta una desintegración radioactiva con emisión de positrones:



Estas partículas son de vida muy corta. Reaccionan con los electrones, en un proceso de aniquilamiento de la materia y originan 2 rayos gamma (γ).



Rayos Gamma (γ): el rayo γ es una energía radiante de longitud de onda corta ($10^8 - 10^{10}$). Esta formada por fotones que se desplazan a la velocidad de la luz (3×10^{10} cm/seg) y presenta propiedades análogas a los rayos X. Una transformación típica, en la cual se desprenden rayos γ es la que forma un radioisótopo de xenón inestable, a partir de yodo 131 (${}^{131}\text{I}$).

Las energías del electrón, 0,31 Mev, y de los rayos γ , 1,33 y 1,17 Mev, resultan característicos de la descomposición del cobalto 60 (${}^{60}\text{Co}$). Cada isótopo se puede identificar por el tipo de radiación que emite y por la energía de esta radiación.

Una exposición excesiva a la radiación procedente de radioisótopos y de los rayos X puede causar serios trastornos en los tejidos vivos. Aunque aún se encuentran sin aclarar del todo los aspectos biológicos de la radiación, puede afirmarse que el trastorno que esta produce se debe a la acción ionizante sobre átomos que forman parte de los compuestos fundamentales, con lo cual se originan productos de descomposición que interfieren con los procesos metabólicos de la célula. Se ha identificado la presencia de H_2O_2 y de peróxidos orgánicos dentro de la célula. De acuerdo con esta teoría propuesta, estos peróxidos reaccionan con enzimas esenciales que contienen cobre (Cu), en especial con la citocromo-oxidasa, oxidando el Cu (I) de la enzima hasta Cu (II) inactivo. En una primera aproximación, se puede decir que el efecto de la radiación es proporcional a la ionización que origina.

Las personas que trabajan con materiales radioactivos deben evitar una exposición a la radiación. Por ello se utilizan equipos especiales de protección y de ventilación de los lugares apropiados para el depósito de los residuos radiactivo y un control continuo de los laboratorios y del personal que en ellos trabaja. En las aplicaciones médicas hay que considerar además la propia seguridad del paciente, el cual no debe estar sometido a una

exposición excesiva. En todos los países se han dictado disposiciones que regulan los posibles peligros que encierra el manejo de isótopos radioactivos.

Unidades de Medida.

La unidad básica de la cantidad de radiación es el curie (c). Un curie representa $3,7 \times 10^{10}$ desintegraciones atómicas por segundo. Esta unidad no indica el número de radiaciones por desintegración y por tanto, no da una medida de la energía de la radiación. Para aplicaciones médicas, resultan más convenientes el milicurie (mc) y el microcurie (μ c). El microcurie representa 37.000 desintegraciones por segundo.

Así como el gramo constituye la unidad básica de dosificación para los medicamentos ordinarios, el curie es la unidad de dosificación cuando se opera con isótopos radioactivos. El número de curies a emplear depende del efecto que se desea y se relaciona con la energía o poder de penetración de cada una de las diferentes radiaciones que emite el isótopo que se utiliza.

El roentgen (r), fue la primera unidad propuesta para medir el efecto ionizante de una radiación, y por tanto, del daño que produce en la materia biológica. Se define como la cantidad de radiación X o γ que produce $2,083 \times 10^9$ pares de iones en 1 mL de aire seco (en condiciones normales de presión y temperatura). Equivale aproximadamente, al desprendimiento de 931 ergios por gramo de agua o de tejido. Una nueva unidad, el rad, se aplica a todos los tipos de radiaciones, y se define como la cantidad de radiación que desprende 100 ergios por gramo del medio que se especifica.

El efecto de una determinada radiación en los tejidos biológicos depende del tipo de radiación. Se ha introducido el concepto de Eficacia Biológica Relativa (EBR), con el fin de proporcionar una medida de esta relación. Los valores de la EBR son, respectivamente 1,1 y 20 para las radiaciones γ (radio), β y α . El rem (roentgen equivalent man) es la dosis en rad multiplicada por el factor de EBR apropiado. El nivel máximo permisible para radiación γ sobre la piel por un período continuo de trece semanas es 3 rem. El valor correspondiente para la radiación β es de 20 rem. Ciertos órganos como ojos y gónadas, no deben recibir una dosis superior a 8 rem por un período de trece semanas.

Es también importante considerar la distancia de la fuente de radiación. La radioactividad es inversamente proporcional a la distancia que media al origen de la radiación. Si la actividad es 5.000 cuentas por minuto, a una distancia de 2,0 cm, la relación indicada:

$$\frac{5000}{X} = \frac{(1/2^2)}{(1/5^2)}$$

da un valor de 800 cuentas para la actividad a 5 cm de distancia. Esta ley es de gran importancia para prevenir los daños biológicos de las radiaciones, ya que permite calcular la distancia que ofrece seguridad.

Características que permiten distinguir a los Isótopos Radioactivos.

El radioisótopo de un elemento resulta idéntico, desde el punto de vista químico a todos los demás isótopos de aquél. Los radioisótopos de cualquier elemento difieren entre sí por la naturaleza y energía de la radiación emitida y por la velocidad de desintegración radiactiva. Cada radioisótopo presenta una velocidad de desintegración constante, y por tanto, característica. La cinética de esta desintegración corresponde a reacciones moleculares de orden cero; es decir, la velocidad de descomposición de un determinado radioisótopo es independiente de su concentración.

Empleo de los Radioisótopos en las Ciencias Sanitarias.

Los radiofármacos a saber, los radionúclidos primarios y los compuestos marcados, son sustancias que se unen a sus características químicas estructurales propias con la cualidad de emitir radiaciones y ser aptos para emplearse en biología animal o humana con fines de investigación, diagnóstico y tratamiento. Los radionúclidos primarios son generalmente compuestos inorgánicos del elemento respectivo en solución, como, por ejemplo, yoduro de sodio radiactivo ($^{131}\text{I Na}$). Los compuestos marcados son el resultado de un proceso que incorpora o une un radionúclido primario y una molécula, elegidos conforme a la finalidad que persigue (por ejemplo, DTPA $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (dietilentetraminapentacético)).

Los radionúclidos primarios pueden producirse en reactores nucleares o en aceleradores de partículas y exclusivamente por reacción, fundamentalmente el ciclotrón.

La producción de compuestos marcados se realiza mediante procesos diversos:

Algunos isótopos como el cromo-51 (^{51}Cr) y fósforo-32 (^{32}P) se utilizan con ayuda de diagnóstico.

- Otros como el yodo-131 (^{131}I) y oro-198 (^{198}Au) se usan por la acción terapéutica que ejercen en condiciones específicas.
- Algunos se han ensayado experimentalmente en técnicas de esterilización.
- Otros han resultado muy útiles en investigaciones de varios tipos:
 - a) En Bioquímica para estudios de mecanismos de reacción, etc.,
 - b) En Química Farmacéutica para determinación de solubilidades, reacciones de intercambio, etc.,
 - c) En Química Analítica para determinaciones a escala micro ya que se puede detectar la relación que emite 10^{-18} a 10^{-20} g de un producto radioactivo.

Características que se deben tomar en cuenta para su empleo como Agentes Terapéuticos y de Diagnostico.

1. Es de gran importancia la clase de radiación que emite radioisótopo, así por ejemplo, para fines de diagnóstico debe poseer una energía suficiente para atravesar los tejidos y pueda ser detectado por el respectivo detector de radiación.

Para fines terapéuticos ha de ser de energía suficiente para penetrar en los tejidos y órganos a tratar, en este caso se prefieren radiaciones β o γ .

2. El periodo de vida del radioisótopo:

Si es muy elevado, el paciente será sometido a una exposición elevada de radiación.

Si es muy corto ejercerá un efecto muy limitado, además de los problemas de índole técnico para su manipulación.

Se considerará que el período más conveniente es el de diez días.

3. las propiedades químicas son de gran interés ya que ha de poderse incorporar a una molécula que sirva de soporte o vehículo. Así por ejemplo el ^{131}I se puede utilizar en forma de $^{131}\text{I}\text{Na}$ o ser incorporado en moléculas orgánicas.

El radioisótopo no debe quedar en la circulación general, ni quedar distribuido en todos los líquidos y células del organismo, por lo contrario, se debe localizar selectivamente en los tejidos anormales, que se van a diagnosticar o que van a ser sometidos a la acción terapéutica. El ^{131}I constituye un buen ejemplo de distribución selectiva ya que se concentra en la tiroides.

Métodos de Administración de Isótopos Radioactivos.

Las aplicaciones de los radiofármacos en cuanto se refiere a la investigación y al diagnóstico clínico, comprenden distintas modalidades:

- Las investigaciones de procesos metabólicos, que incluyen la determinación de la composición del cuerpo y su estado funcional, como son el total de agua, el volumen del fluido extracelular, el sodio y potasio intercambiables, etc.
- Técnicas centellográficas que permiten la visualización de órganos o sistemas diversos en sus aspectos morfológicos, estructurales y funcionales (los radiofármacos susceptibles de usarse a este fin son agentes productores de imágenes)
- Estudio dinámico de los fluidos: sangre, orina, líquido cefalorraquídeo, etc.
- Procedimientos que conjugan técnicas de inmunología y bioquímica con los radiofármacos, posibilitando la evaluación de sustancias diversas: hormonas, vitaminas, virus, drogas existentes en la sangre u otros fluidos en concentraciones ínfimamente pequeñas (nanogramo, picogramo), primordialmente del radioinmunoensayo.

Las tres primeras aplicaciones se practican en parte o totalmente "in vivo" y la última totalmente "in vitro", siempre en función de la radiación gamma.

Las formas físicas de administración de los radiofármacos son varias, siendo las más empleadas:

- Al estado de gas; por ejemplo, el xenón (^{133}Xe) y el criptón (^{85}Kr);
- Los mismos del punto anterior, pero en solución
- Soluciones de radiofármacos como el yoduro de sodio ($^{131}\text{I Na}$), DTPA $^{131\text{m}}\text{In}$, fitato de sodio $^{99\text{m}}\text{Tc}$, etc.
- Soluciones coloidales; por ejemplo, oro coloidal (^{198}Au), sulfuro de tecnecio ($\text{S}_7^{99\text{m}}\text{Tc}_2$), etc.
- Denominadas μ y 1μ Suspensiones de partículas de tamaño entre 0,5 microagregados (por ejemplo, microagregados de $^{113\text{m}}\text{In}$).
- denominadas macroagregados (*por* μ Suspensiones de partículas de 30 a 80 ejemplo, macroagregados de albumina $^{99\text{m}}\text{Tc}$).
- Microesféras, es decir, agregados de conformación esférica suspendidos en solución salina de distintos tamaños: milimicroesféras y microesféras, (por ser, milimicroesféras de albumina $^{99\text{m}}\text{Tc}$ y microesféras de albumina $^{99\text{m}}\text{Tc}$).

Obviamente todas las formas de partículas son portadoras de radionúclido.

Todo radiofármaco que de un modo u otro se inyecta en el organismo debe ser estéril y apirógeno, requisito innecesario cuando se emplea por inhalación o vía oral.

La administración de los radiofármacos puede hacerse por vía oral, intravenosa, intraarterial, intramuscular, intratecal, inhalatoria, intersticial (para ganglios linfáticos), intraperitoneal e intraarticular)

En resumen la administración de los agentes radiactivos, o radiofármacos, se realiza de dos formas: como radionúclido simple (ej: radioyoduro de sodio ($^{131}\text{I Na}$), fluoruro de sodio (^{18}FNa), cloruro de hierro ($\text{Cl}_3^{59}\text{Fe}$)) dotado de alto nivel de localización específica tisular para el órgano de interés; o bien, como compuestos, sea en forma de moléculas o en forma de partículas marcadas como compuestos, sea en forma de moléculas o en forma de partículas marcadas susceptibles de revelarnos su trayectoria hasta que alcanzan su destino.

Se pueden administrar por métodos físicos y químicos:

Métodos Químicos: se administra el isótopo formando un compuesto que sea un componente normal de los fluidos del organismo y que permita el transporte por la sangre al sitio deseado.

Métodos Físicos:

- A. Por teleterapia: es decir tratamiento radioterápico con una fuente de radiación externa a una distancia de algunos centímetros (^{60}Co = emite rayos γ).
- B. Otro método físico es colocando el isótopo en forma metálica dentro de las cavidades del organismo o en los espacios intersticiales lo cual se consigue con láminas agujas metálicas o por inyección de una suspensión coloidal (^{198}Au).

Radioisótopos de Mayor Interés en las Ciencias Sanitarias para Aplicaciones de Diagnóstico y Terapéutica.

Yodo 131 (^{131}I)

Oro 198 (^{198}Au)

Cromo 51 (^{51}Cr)

Fósforo 32 (^{32}P)

Cobalto 60 (^{60}Co)

• Yodo-131.

Se emplea como sal sódica ($^{131}\text{I Na}$) o unido a la albúmina del suero o formando parte de moléculas orgánicas su período de vida es de 8 días y su radiación γ muy penetrante lo hace ideal para la aplicación médica.

Se concentra en la tiroides (metástasis malignas).

Se administra por VO (en forma de solución o cápsula) o por VIV (inyectable).

Usos: como medio de diagnosis y terapéuticamente.

a. Como medio de diagnosis:

- En la determinación de la función tiroidea.
- En la localización de tumores y canceres; ensayos de funciones hepáticas, etc.,.

b. Como medio terapéutico:

- Para eliminar, como tratamiento paliativo, del carcinoma de la glándula tiroides.
- En el tratamiento de bocio exoftálmico, enfermedades de gravedad.

En la siguiente tabla se presentan los radiofármacos de uso más corriente del ^{131}I :

RADIOFARMACO	ORGANO DE INTERÉS
Yoduro de sodio ^{131}I	Tiroides
Yodoalbumina ^{131}I (RISA)*	"Pool" sanguíneo, cerebro
Ortoyodohipurato de sodio ^{131}I (OIH)	Riñones
Rosa de Bengala ^{131}I Bromosulfaleína ^{131}I Microagregados de ^{131}I	Hígado
Macroagregados de ^{131}I	Pulmones

• **Tecnecio-99m.**

Es actualmente, por mucho, el radionúclido más empleado. Con sus variadas aplicaciones en el marco del diagnóstico radioisotópico, a desplazado al ^{131}I . Las razones del cambio residen especialmente en que el $^{99\text{m}}\text{Tc}$ es un emisor gama monoenergético de más baja energía con una vida media física corta (6 horas) suficiente, sin ser excesiva, para el tiempo de realización de los estudios clínicos, todo lo cual satisface las características físicas requeridas para la producción de una imagen definida, con el mínimo de radiación al paciente.

En su forma de pertencetato de sodio se comporta en el organismo de manera similar al yoduro de sodio. En distintas formas químicas, se aplica para la centellografía de cerebro, riñones, hígado y vesícula biliar, pulmones, esqueleto, tiroides, bazo, medula ósea, divertículo de MecKel, "pool" sanguíneo, glándulas salivales.

Radiofármacos del $^{99\text{m}}\text{Tc}$ de uso más frecuente:

RADIOFARMACO	ORGANO DE INTERÉS
Pertecnetato de sodio ($^{99m}\text{TcO}_4\text{Na}$), DTPA ($\text{CaNa}_3^{99m}\text{Tc}$).	Cerebro
DTPA ($\text{CaNa}_3^{99m}\text{Tc}$), Gluconato de calcio, Lactobionato, Glucoheptonato de calcio, Manitol, Dextrosa, Lactosa, Penicilamina, 2,4-dimercaptosuccínico.	Riñones
Sulfuro de tecnecio, Hidróxido de estaño, Fitato de sodio, Fitato de sodio calcio.	Hígado
Macroagregados inorgánicos, Macroagregados de albúmina, μ Microesferas(50).	Pulmones
Polifosfatos, Monofluorofosfato, Difosfonato, Pirofosfato, Metilendifosfonato.	Huesos
Albumina, μ Microesferas (0,5-4)	Estudios dinámicos
Bleomicina, Tetraciclina, Citrato	Tumores
Globulos rojos marcados "in vivo" o "in vitro"	Bazo
Vitamina B ₆ -glutámico HIDA	Vesícula y vías biliares
Albumina-tecnicio	"Pool" sanguíneo

- **Indio-113m.**

Es un emisor gama monoenergético que reúne características casi ideales. Su desventaja frente al ^{99m}Tc reside en la mayor dosis de radiación al paciente y su menor eficiencia en la cámara de centelleo

RADIOFÁRMACO	ÓRGANO DE INTERÉS
Tricloruro de indio ($\text{Cl}_3^{113m}\text{In}$)	Localización de placenta "Pool" sanguíneo
Macroagregados inorgánicos Macroagregados de albúmina Microesferas	Pulmones
Coloide(manitol, bicarbonato)	Hígado, bazo, medula
EDTMP*	Esqueleto
DTPA	Riñones, cerebro

- **Fósforo-32.**

Se administra por VO o por VIV en forma de mezcla (NaH_2PO_4 y Na_2HPO_2) en disolución marcada con P^{32} . El metabolismo y modo de distribución a los de los isótopos estables. Se elimina por orina.

Se caracteriza por incorporarse en las células cancerosas, esto lo hace apropiado en la localización de tumores cerebrales o intraoculares.

Como agente terapéutico se emplea en el tratamiento de la policitemia vera y leucemias crónicas.

Su principal desventaja es la posibilidad de una depresión excesiva de la médula espinal.

También se ha empleado como $\text{Cr}^{32}\text{PO}_4$ en suspensión coloidal para inyectar a una cavidad pleural o peritoneal, en caso de instilación debido al carcinoma.

- **Cromo-151.**

Emite rayos γ . Se emplea en forma de Na_2CrO_4 , CaCl_2 o en combinación de ambas sales, para marcar los glóbulos rojos de la sangre y proteínas del plasma cuando se desea determinar el número de glóbulos rojos circulantes, el tiempo de supervivencia de los glóbulos rojos y el volumen de plasma; lo cual es útil en la determinación de anemia hemolítica.

El Cr (III) es retenido por las proteínas del plasma.

El Cr (IV) se introduce en los glóbulos rojos y allí se reduce a Cr (III) que se une a la fracción de globulina.

- **Cobalto-60.**

Se emplea en dos formas diferentes:

1. Como metal por el efecto terapéutico de una radiación γ como sustituto de rayos X en la teleterapia, por presentar algunas ventajas tales como: más económico, mayor tolerancia por la piel, dosificación apropiada y menor absorción por tejidos y huesos sanos. En forma de metal permite la implantación dentro de nuestro organismo en forma localizada.
2. En forma de disolución para preparar la Cobalamina marcada, en el diagnóstico de anemia perniciosa, administrada por VO.

- **Oro-198.**

Se administra en forma de suspensión coloidal por inyección en las cavidades cerradas. Su acción es supresora de neoplasias.

Se usa con frecuencia para paliar estados patológicos, para los cuales no existen otros tratamientos satisfactorios. Suprime dolores y molestias al suprimir secreciones en las finales de tumores malignos.

Los radioisótopos deben ser manejados en Medicina Nuclear.

MATERIAL PERMISADO POR EL AUTOR:

PROF. SARÍN COLON