



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Química

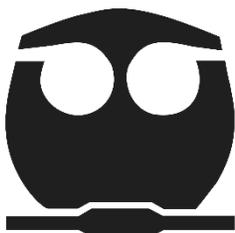


**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE CONTAMINANTES
RADIOLÓGICOS EN UVAS Y VINOS DE
MESA, POR MÉTODOS NUCLEARES.**

TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS



PRESENTA
FUENTES GAMA FRIDDA CONCEPCIÓN



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX

Año 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: ORTIZ PALMA PEREZ JUAN DIEGO

VOCAL: MIRANDA MARTÍNEZ INÉS

SECRETARIO: ESPINOSA GARCIA GUILLERMO CIRANO

1er. SUPLENTE: GODINEZ RODRIGUEZ JOSE LUIS

2do. SUPLENTE: MARTÍNEZ ZARATE ANA LILIA

SITIO DONDE SE REALIZÓ EL TEMA:

Instituto de Física, UNAM. Proyecto de aplicaciones de dosimetría.

Edificio VAN DE GRAAFF, LAB. A-23

ASESOR DEL TEMA

DR. GUILLERMO CIRANO ESPINOSA GARCÍA

SUSTENTANTE

FUENTES GAMA FRIDDA CONCEPCIÓN

Agradecimientos

Agradezco al Dr. Guillermo Cirano Espinosa por la dirección de esta tesis, sus comentarios y asesoría.

También se agradece a José Ignacio Golzarri por su amabilidad y apoyo técnico, haciendo posible este trabajo.

Este trabajo se desarrolló en el laboratorio de Proyectos y Aplicaciones de la Dosimetría del Instituto de Física de la UNAM. Con el apoyo económico parcial del proyecto UNAM-DGAPA-PAPIIT IN-102819: “estudio de contenidos radiológicos en agua, suelo, alimentos y aire (parte V)”.

INDICE

CONTENIDO

PÁGINA

Introducción	1
Capítulo 1 Aspectos fundamentales en alimentos	3
1.1 Composición y clasificación de las uvas	3
Composición.....	3
Clasificación	7
1.2 Información agroeconómica de la uva en México	9
1.3 Mercado nacional e internacional de la uva	12
1.4 El Vino	13
1.5 Elaboración de vino	17
1.4 Mercado nacional e internacional del vino	18
1.6 Normatividad y regulación de contaminantes nucleares en alimentos	19
1.7 Contaminación radiológica en alimentos.....	20
1.8 Efectos en la Salud	21
Capítulo 2 Aspectos fundamentales de las radiaciones	23
2.1 Antecedentes.....	23
2.1.1 Unidades	24
2.2 El decaimiento radiactivo	24
2.2.1 Vida media.....	25
2.3 Radioisótopos	25
2.3.1 Decaimiento alfa (α).....	25
2.3.2 Decaimiento beta (β)	26
2.3.3 Decaimiento gamma (γ).....	26

2.4 Núclido.....	27
2.4 Interacción de la radiación con la materia	27
2.5 Cadenas de decaimiento radiactivo naturales.....	29
2.5 Espectrometría gamma.....	32
Capítulo 3 Instrumentación	34
3.1 Sistema electrónico.....	35
3.2 Detector de Germanio Hiperpuro	36
3.3 Computadora	38
Capítulo 4 Metodología	39
4.1 Selección de Muestras.....	40
4.2 Calibración de energía	42
4.3 Medición del fondo.....	44
4.4 Preparación de las muestras	46
4.5 Análisis de los fotopicos.....	47
4.6 Análisis de contenido radiológico en las muestras	48
Capítulo 5 Resultados y Discusión.....	50
5.1 Vinos de mesa nacionales	50
Vino Tinto marca 4 Sierras	50
Vino tinto Cuatro Soles	52
Vino Rosado LA CETTO.....	53
Vino Cabernet Sauvignon LA CETTO.....	54
5.2 Uvas enteras.....	55
Uva roja globo con semilla.....	55
Uva Sugarone Sin Semilla.....	57

Uvas Red Flame con semilla	58
5.3 Cáscaras de uva	59
Cáscara de uva Roja Globo.....	59
Cáscara de uvas Sugarone	60
Cáscara de uva Red Flame	61
5.4 Discusión de resultados	62
Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones.....	65
Anexo 1 Definiciones	66
Bibliografía.....	70

Introducción

Es de gran importancia para el ámbito científico y para la inocuidad alimentaria, conocer si algún contaminante radiactivo está presente en los alimentos, así como la cantidad de radiación a la que los consumidores pueden estar expuestos. Los elementos radiactivos forman parte del subsuelo desde el momento en que se originó el planeta, entre ellos se encuentran el ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th y ^{40}K , y se les considera contaminantes naturales. La forma en que pueden llegar a las plantas es mediante las raíces, durante la absorción de nutrientes, y así integrarse a la cadena alimentaria.

Otro tipo de contaminantes como ^{239}Pu , ^{137}Cs , ^{134}Cs y ^{131}I , no se encuentran en la naturaleza, sino que son originados a partir de la actividad humana, y llegan a los alimentos como consecuencia de accidentes radiológicos o actos dolosos.

Luego de los accidentes nucleares ocurridos en Three Mile Island, EE. UU. en 1979 y en Chernóbil, Ucrania en 1986, la FAO en coordinación con la OMS y el Comité Europeo, establecieron una serie de límites y metodologías para determinar el tipo de contaminantes presentes y determinar límites en la radiación a la que está expuesta la población que consume los alimentos contaminados. Todo esto se encuentra formando parte del Codex Alimentarius, es su sección CODEX STAN 193-1995.

Para efectos del presente estudio, se seleccionaron uvas de mesa y vinos mexicanos, que fueron analizados hasta determinar su contenido radiológico. Existe una estrecha relación entre estos alimentos debido a que el vino se produce a partir de uvas, por lo que, con el análisis de estos dos alimentos, se extiende el alcance del estudio a gran parte de la producción nacional de uva en sus diferentes variedades.

La producción nacional de uva se localiza en el norte, principalmente Sonora, con 88% del total de uva de mesa y Baja California con 65% de la uva para vino. Lo cual coincide con la presencia de minas de Uranio en funcionamiento, 10 de ellas en

Sonora y 2 en Baja California. Por lo que genera gran interés conocer el contenido radiológico de las uvas que se producen en esa área.

Del total de uva sembrada en 2017, 63% es uva de mesa y 24.4% son variedades para elaborar vino, mientras que el 12.6% restante se deshidrata. Claramente el vino es la principal industria a la que está destinada la uva.

En México, el consumo de vino per capita oscila en 0.75 litros por año. Aunque el consumo es bajo, el mercado interno se satisface principalmente con vinos importados, sólo el 30% corresponde a producto nacional.

El principal objetivo de este estudio es conocer el contenido radiológico de los alimentos de consumo. En segundo lugar, se busca desarrollar la metodología adecuada, de acuerdo con la normatividad internacional.

Esta tesis se compone por cinco capítulos:

- Capítulo 1: Se aborda la información que sustenta la presente tesis en aspectos generales de los alimentos seleccionados.
- Capítulo 2: Se menciona algunos aspectos básicos de la física de radiaciones con el fin de que la presente investigación y la metodología empleada, sean comprensible y cuenten con el debido sustento.
- Capítulo 3 Describe la instrumentación utilizada para llevar a cabo el análisis correspondiente a cada una de las muestras.
- Capítulo 4. Se describe la metodología empleada paso a paso, así como, las medidas consideradas para llevar a cabo la experimentación, la instrumentación y el protocolo empleado para la técnica
- Capítulo 5: Describe a detalle los resultados y el análisis de cada muestra realizada para poder culminar con conclusiones claras y concisas.

Al final de estos, se presentan las conclusiones obtenidas con base en los resultados y se emiten las recomendaciones pertinentes.

Capítulo 1 Aspectos fundamentales en alimentos

Para el presente estudio se seleccionaron uvas de mesa producidas en México y vinos de mesa mexicanos, producidos en la región norte del país. En este primer capítulo se presenta la información correspondiente de ambas matrices alimentarias.

1.1 Composición y clasificación de las uvas

Composición

La uva es el fruto que se obtiene de la vid (*Vitis vinífera*), se forma a partir del pistilo (u ovario) que crece pudiendo contener semilla, cuyo origen fueron los óvulos de la flor. La uva es una baya, sus diferentes características dependerán de la variedad y de las condiciones cultivo (CVM,2018). La composición media reportada para las especies de uva de mesa cultivadas en América, según la USDA, aparece en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1 Macronutrientes y minerales en 100g de uva de mesa (USDA, 2019)

Nutrimento	Cantidad	Unidades
Agua	80.54	g
Proteína	0.72	g
Grasas totales	0.16	g
Carbohidratos	18.1	g
Fibra total	0.9	g
Azúcares totales	15.48	g
Calcio, Ca	10	mg
Hierro, Fe	0.36	mg
Magnesio, Mg	7	mg
Fósforo, P	20	mg
Potasio, K	191	mg
Sodio, Na	2	mg

Zinc, Zn	0.07	mg
Cobre, Cu	0.127	mg
Selenio, Se	0.1	µg

Las uvas se componen de diferentes estructuras, siendo las principales: semilla, pulpa y cáscara. Podemos ver cada estructura y algunas de sus partes ilustradas en la figura 1-1.

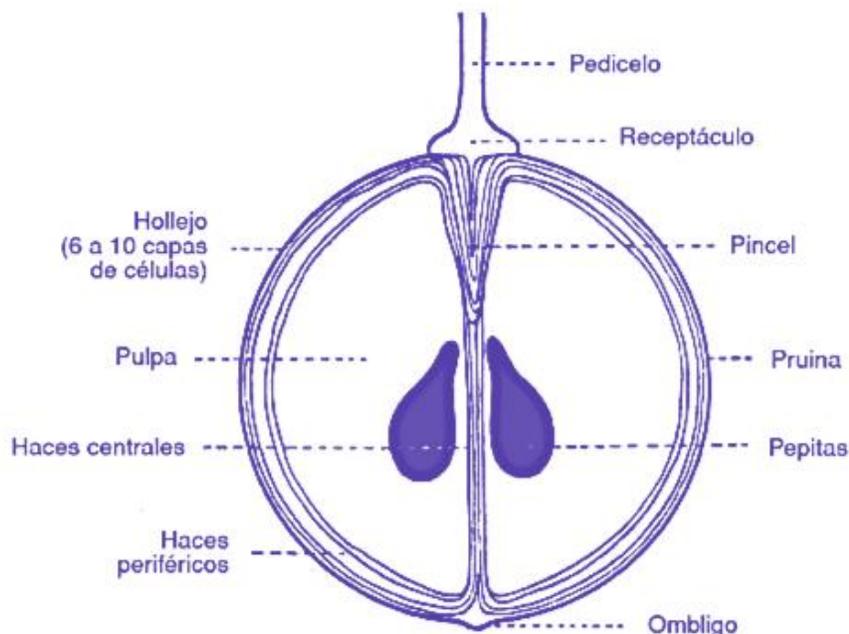


Figura 1-1 Corte esquemático de una uva (Hidalgo T., 2006)

Semillas

Constituyen hasta 6% del peso de una uva, en ellas están contenidos el ácido oleico y linoleico, y otros compuestos funcionales como taninos, polifenoles (leucoantocianos o procianidinas, y catequinas), ácido gálico y ácido cafeico. La composición media de la semilla es:

- Agua 25-45%
- Materias glucídicas 34-36%
- Aceites 13-20%

- Taninos 4-6%
- Compuestos nitrogenados 4-6.5%
- Minerales 2-4%
- Ácidos grasos 1% (de los cuales 13-28% es oleico, 70-75% es linoleico)

Pulpa

Representa de 75-85% del peso de la uva. Es un tejido de almacenamiento de sustancias, que se encuentran contenidas en vacuolas. El agua representa más del 80% en peso, y tiene una densidad entre 1.065 -1.100 g/ml. Los azúcares se encuentran en concentraciones de 150-250 g/L de mosto, siendo los principales glucosa y fructosa. En la pulpa, la acidez titulable se obtiene como la suma de ácido málico y tartárico, ya que se encuentran en proporciones similares, la acidez oscila entre 3-7 g/L de mosto, donde los principales ácidos orgánicos son tartárico y málico, y trazas de ácido cítrico (Belitz, 2009). Los minerales con mayor abundancia son Potasio, Sodio, Calcio, Magnesio y Hierro, como se muestra a continuación:

Tabla 1-2 Minerales presentes en las principales estructuras de la uva, en mg/g (Hidalgo, 2006)

Mineral	Cáscara	Semilla	Pulpa
Potasio	360	230	480
Sodio	14	10	24
Calcio	150	228	52
Magnesio	30	51	34
Hierro	6	3	0

Como podemos observar, los minerales se encuentran en cantidades similares cuando tenemos el mismo peso de cada una de las estructuras, eso es de especial importancia en aquellos productos que no se elaboran con uvas enteras, sino con diferentes cantidades de cáscara, pulpa y semillas.

Los compuestos nitrogenados en la pulpa se encuentran entre 40-2 mMol/L de mosto, de los cuáles las proteínas se encuentran de 241.5-100mg/L y los

aminoácidos libres se encuentran de 2-8 g/L. Otra sustancia de interés presente en la pulpa es la pectina, que se encuentra en una concentración de 0.2-0.7 g/L.

Cáscara

También conocida como hollejo, representa del 8-20% del peso de la uva, su objetivo principal es el de proteger el interior de baya. Está compuesta principalmente de polisacáridos insolubles, y es la parte donde se depositan otras sustancias como polifenoles, taninos, antocianinas y leucoantocianinas, al final de la maduración.

La parte más externa de la cáscara recibe el nombre de cutícula, es rica en lípidos, especialmente ácido linoleico y linolénico. La cutícula está cubierta con pruina, ésta contiene factores de crecimiento para las levaduras y es responsable del aspecto mate y pulverulento. En la epidermis e hipodermis se encuentran la mayoría de las moléculas antioxidantes (polifenoles, antocianinas o flavonoides), y las que imparten aroma (taninos).

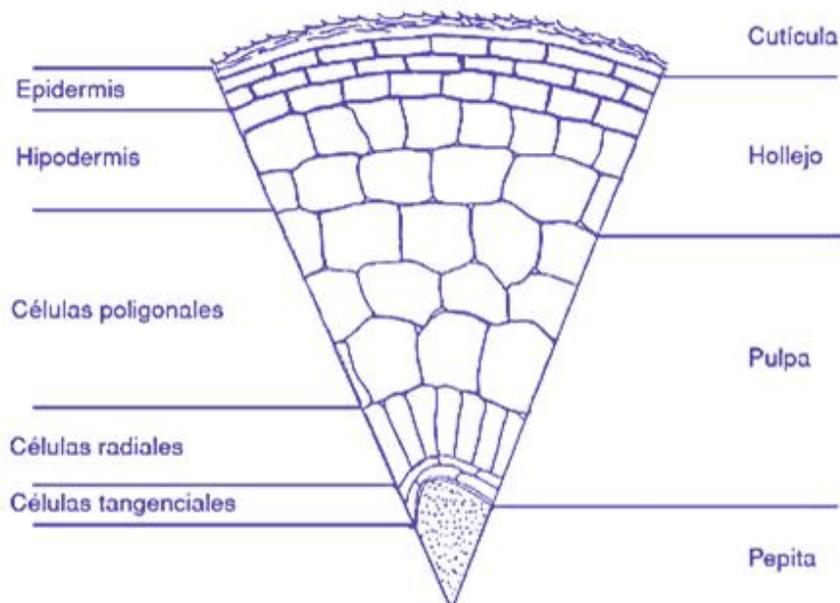


Figura 1-2 Esquema de los tejidos que conforman el grano de uva (Hidalgo, 2006)

Clasificación

Tanto las uvas para uso industrial, que se usa para producción de uva pasa, vinos, zumos y otros alimentos; como para las uvas de mesa, se clasifican las bayas con base en sus diferentes características, a continuación mencionaremos las principales clasificaciones que se encuentran en la bibliografía, en el CODEX STAN 255-2007, y en la NMX-FF-026-1994 Uva De Mesa (*Vitis Vinifera* L.) Especificaciones.

Forma

Para esta clasificación se considera la forma de la baya, de manera individual, lo cual es característico de la variedad a la que pertenece. Las bayas se dividen 10 categorías cuya forma se ejemplifica en la siguiente figura:

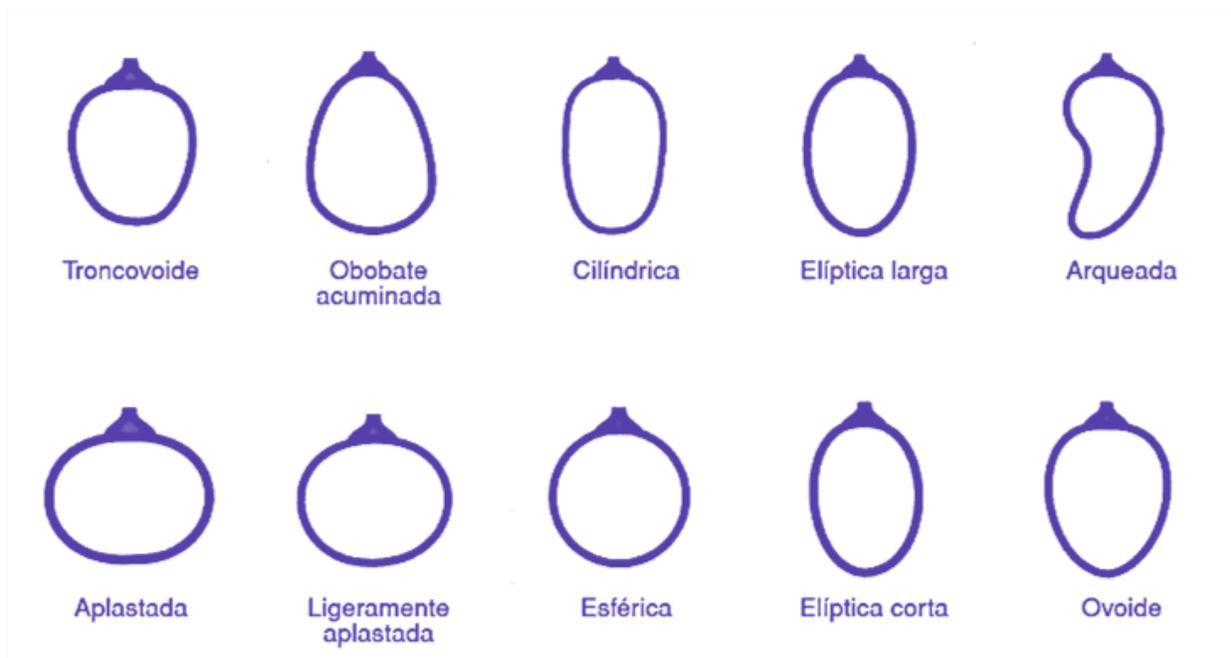


Figura 1-3 Formas de uva (Hidalgo, 2006)

Calibre o tamaño

El calibre se determina con base en el peso. Se aproxima el diámetro según el peso de 100 bayas (P100), y clasifican en 5 categorías:

- Muy pequeñas: diámetro <8mm, P100 <35g
- Pequeñas: diámetro 8-12mm, P100 36-110g
- Medianas: diámetro 13-18mm, P100 111-330g
- Grandes: diámetro 19-24mm, P100 331-700g
- Muy grandes: diámetro >24mm, P100 >700g

Para aplicar el criterio de aceptación o rechazo, se puede pesar el racimo completo, y el peso mínimo aceptable es de 75g.

Hay una consideración importante dentro de la clasificación por calibre, en las uvas de mayor tamaño, el peso de la pulpa es mayor que el peso de la cáscara. Esa relación se mide de en otros alimentos como el cociente de pulpa/cáscara, en las uvas se hace a la inversa, como cáscara/pulpa. Para uvas de mesa, por ejemplo, se prefiere que el cociente sea un valor pequeño, porque representa frutos con más pulpa; para la fabricación de vinos, se puede optar por un valor más alto debido a la importancia de la cáscara, por los componentes que le confiere al vino.

Aroma y Gusto

Esta clasificación se hace principalmente en uvas para vino, pudiendo ser: muy aromáticos moscateles, aromáticos moscateles, aromáticos y poco aromáticos; además, las variedades “terruño” o “foxée”.

Color

La clasificación en uvas de mesa es: rojas, verdes, negras.

En las uvas para vino el color es muy importante, ya que parte de los compuestos coloridos en la cáscara pasan al vino, y en el caso de algunas variedades, la pulpa

también presenta coloración, y éstas solamente se utilizan en ciertos estilos de vino. Las uvas se clasifican como: blancas, rosadas, tintas y tintoreras.

1.2 Información agroeconómica de la uva en México

La vid puede ser cultivada a diferentes alturas, desde 0-3000 metros sobre el nivel del mar, necesitando de 400-1100 mm de precipitación anual. Es una planta que resistente bajas temperaturas, incluso algunas heladas, pero su temperatura óptima oscila entre 15 y 25 °C. Requiere suelos franco-arenosos o arcillados de poca profundidad, bien drenados y con un pH de 5.5-7. La vid puede ser plantada por estacas, acodos o injerto; con una distancia de 3 metros, y cuando se extiende se sujeta a un tutor vertical para poder tener las uvas disponibles (SIAP,2018).

Los estados donde se siembran uvas son: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí Sonora y Zacatecas. Siendo las más importantes Sonora, Zacatecas, Baja California, Aguascalientes y Coahuila.

Tabla 1-3 Estados productores de uva en el periodo 2012-2017 (SIAP, 2018).

Rank	Entidad federativa	Volumen (toneladas)		Variación (%) 2012-2017
		2012	2017	
	Total nacional	279,967	339,957	21.4
1	Sonora	260,904	310,926	19.2
2	Zacatecas	12,198	15,525	27.3
3	Aguascalientes	204	5,924	2,804
4	Baja California	3,929	5,839	48.6
5	Guanajuato	323	676	110
6	Coahuila	529	517	-2.3
7	San Luis Potosí	0	475	NA
8	Durango	0	49	NA
9	Baja California Sur	13	22	71.9
10	Puebla	3	4	62.0
	Resto	1,865	0	-100

La uva para vino se siembra principalmente en 5 estados:

- Baja California: concentra el 65% de la producción de vid, es conocida como la franja del vino. El clima de inviernos húmedos y veranos secos y templados favorece las cosechas
- Coahuila: su clima es extremadamente caluroso durante el verano, y con cambios bruscos de temperatura durante el invierno
- Querétaro: posee tierra fértil con características climáticas óptimas para la vid, está ubicada a 2,000 metros sobre el nivel del mar y temperaturas que oscilan entre 25° C durante el día y 0° C en las noches
- Aguascalientes: las zonas de cosecha se encuentran entre dos cadenas montañosas, teniendo un clima templado con lluvias en verano y un suelo con gran cantidad de sales solubles
- Zacatecas: Sus condiciones climáticas favorecen la producción de variedades finas de uvas ricas en azúcar y de rápida maduración.



Figura 1-4 Mapa de estados productores de uvas vinícolas y las principales variedades producidas (SIAP, 2018)

La uva que se cultiva en México se destina principalmente al consumo en fresco, inmediatamente después se encuentra la industria vinícola. En 2017, 66% de la uva producida fue para uva de mesa, el 23% corresponde a uva industria para fabricación de vinos, jugos y concentrados, el 11% restante corresponde a uva pasa. Se cultivaron en total, 31,419 hectáreas y se produjeron 351, 309 toneladas de uva (CMV, 2018). Actualmente, 93.16% de la superficie sembrada se encuentra mecanizada y cuenta con asistencia técnica; 99.93% utiliza riego general (SIAP, 2018).

Se conocen alrededor de 8000 variedades de uva, de las cuales unas 80 se cultivan en México, y aproximadamente la mitad son utilizadas para producir vino.

Las variedades de uva para vino que se siembran son principalmente Cabernet Sauvignon, Carignan, Salvador y Merlot, pero el 43% de la producción está conformado por pequeñas cantidades de distintas variedades, las cuales son elegidas y creadas según las necesidades del vinicultor.

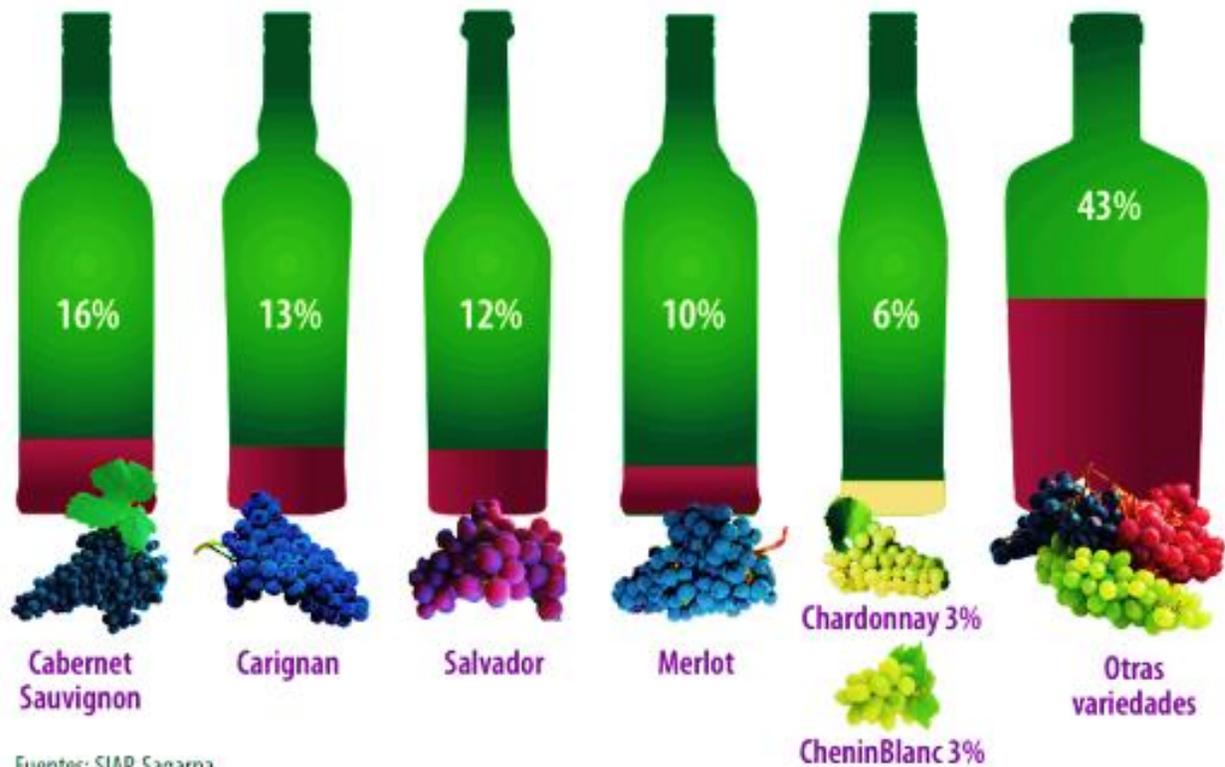


Figura 1-5 Diagrama de variedades de uva vinícola producida en 2017 (CVM, 2018)

Las variedades de uvas de mesa con mayor producción son Flame Seedlees o Red Flame, Sugraone o Superior Seedless, Perlerette y Red Globe, juntas representan el 86% del total (SIAP,2018).



Figura 1-6 Diagrama de variedades de uva de mesa con porcentaje de producción en 2017 (SIAP, 2018)

1.3 Mercado nacional e internacional de la uva

Según datos del Observatorio de Complejidad Económica, OEC por sus siglas en inglés, las exportaciones de uva representaron ganancias para México por \$553MD que equivale al 3.4% del total generado en 2017. Mientras que las importaciones representaron un gasto de \$136MD, que equivalen al 1.3% del total gastado en importaciones en 2017.

México ha ocupado el segundo lugar en exportación de uva fresca en América durante los últimos 20 años, y se ha mantenido entre los primeros 10 a nivel mundial la mayor parte del tiempo. El principal destino de la uva producida en México es EE. UU., que consume 87% y Canadá el 9.5%. La mayoría de las uvas son importadas de EE. UU. (69%), Chile (20%) y Perú (10%).

1.4 El Vino

El segundo alimento analizado en este trabajo es el vino de mesa, y se seleccionaron marcas mexicanas con la finalidad de conocer el contenido radiológico de las principales zonas productoras, además del objetivo general de establecer una metodología de análisis específica para este producto.

El vino es un alimento que posee una larga tradición en Europa, y fue introducido en México alrededor del siglo XVI, por los conquistadores. Con el paso del tiempo se desarrolló toda una industria para producirlo de manera local en lo que solía ser la Nueva España. En la actualidad, la producción de uva vinícola y vinos se concentra en la zona norte de México (CVM, 2018).

En 2018 el consumo per capita de vino alcanzó los 0.75L anuales. Cada año se producen cerca de 20 millones de litros, que equivale al 29% de la demanda, el 71% restante se satisface con vinos importados, principalmente de España y Chile. (CVM, 2018)

La composición del vino está influenciada por factores ambientales, la variedad de uva, el almacenamiento y la manipulación durante el proceso. Muchos de los componentes provienen del mosto y otros de la fermentación y degradación de productos.

Tabla 1-4 Contenido medio de nutrimentos en vinos de mesa en 100g (USDA, 2019)

Nutrimento	Cantidad	Unidades
Agua	86.49	g
Proteína	0.07	g
Grasas Totales	0	g
Carbohidratos, Por Diferencia	2.61	g
Fibra Total	0	g
Azúcares Totales	0.62	g
Calcio, Ca	8	mg
Hierro, Fe	0.46	mg

Magnesio, Mg	12	mg
Fosforo, P	23	mg
Potasio, K	127	mg
Sodio, Na	4	mg
Zinc, Zn	0.14	mg
Cobre, Cu	0.011	mg
Selenio, Se	0.2	µg
Tiamina	0.005	mg
Riboflavina	0.031	mg
Niacina	0.224	mg
Vitamina B-6	0.057	mg
Folato, Total	1	µg
Colina, Total	5.7	mg
Caroteno	1	µg
Luteína + Zeaxantina	6	µg
Vitamina K	0.4	µg
Etanol	10.6	g

Carbohidratos

Están presentes de 0,03–0,5% en los vinos totalmente fermentados, son principalmente glucosa, fructosa y algunas pentosas no fermentables. Los vinos fermentados incompletamente contienen concentraciones más altas de fructosa. La relación media entre glucosa y fructosa en el azúcar residual es de 0,58:1. Las pentosas presentes en los vinos consisten en 0,05-0,13% de arabinosa, 0,02–0,04% de rhamnosa y xilosa en cantidades de traza.

Alcoholes

El contenido de etanol del vino sirve como característica de calidad. Un nivel de alcohol superior a 144 g/L indica la adición de etanol.

El metanol se produce en vinos a un nivel muy bajo entre 38–200mg/L, la mayoría son alcoholes propilo, butilo y amilo. El contenido 2,3butanediol es de 0.4–0.7 g/L, que se deriva del diacetilo por fermentación de la levadura. El glicerol se encuentra de 6-10g/L, este se origina en los azúcares y aporta sabor y cuerpo al vino. El sorbitol puede aparecer en cantidades muy bajas, pero el D-Manitol no debe estar presente en vinos saludables, ya que representa infección por bacterias en niveles de hasta 35g/L.

Ácidos

El pH del vino está entre 2.8 y 3.8, mientras que la acidez valorable es de 4-9 g/L, expresado como ácido tartárico. Los procesos de degradación de ácidos y la precipitación de tartratos, disminuyen el contenido de ácidos en los vinos maduros. Los vinos tintos generalmente contienen menos ácidos que los vinos blancos. Los vinos de los países mediterráneos y los vinos de alta calidad son bajos en contenido de ácidos.

Los ácidos presentes en el vino son tartárico, málico y cítrico, los ácidos de la fermentación y de la degradación ácida son succínico, carbónico, láctico y bajas cantidades de algunos ácidos volátiles. La presencia de ácido acético y propiónico, así como altas cantidades de ácido láctico es indicativo de un vino enfermo.

Compuestos nitrogenados

Los compuestos nitrogenados del mosto se precipitan mediante la unión a los taninos durante el triturado y machacado de la uva, pero el 70- 80% de ellos se metabolizan por la levadura durante la fermentación. Los aminoácidos libres, son los principales compuestos que permanecen en el vino.

Minerales

El contenido de minerales en el vino es inferior al del mosto ya que una parte es eliminada mediante precipitación con el ácido tartárico. El contenido de cenizas está entre 1.8–2.5 g/L. La composición media de las cenizas es: K₂O 40%, MgO 6%, CaO 4%, Na₂O 2%, Al₂O₃ 1%, CO₂ 18%, P₂O 16%, SO₃ 10%, Cl 2%, SiO₂ 1%.

El contenido de hierro (como Fe₂O₃) del vino es de 5.7– 13.4 mg/L, pero puede elevarse hasta 20–30mg/L debido al procesamiento inadecuado de las uvas.

Compuestos antioxidantes

Los vinos contienen principalmente compuestos fenólicos como moléculas antioxidantes, los cuales son benéficos para su conservación y para la salud del consumidor. En general, el vino tinto posee concentraciones más altas que el vino blanco. En la maduración del vino tinto, los compuestos fenólicos se polimerizan y se vuelven insolubles, reduciendo el sabor astringente. Estos polímeros reciben el nombre de proantocianidinas.

Tabla 1-5 Fenoles presentes en vinos blanco y tinto, en mg/L (Belitz, 2009)

Compuesto	Vino Blanco	Vino Tinto
Ácido Gentísico	0.15–1.07	0.44–0.046
Ácido Vainílico	0.09–0.38	2.3–3.7
Ácido Ferúlico	0.05–4.40	0.05–2.9
Ácido p-Cumárico	1.57–3.20	2.6–4.5
Ácido Cafeico	1.50–5.20	3.15–13
Ácido Gálico	0.50–2.80	13–30
cis-Resveratrol	<0.10	0.27–0.88
trans-Resveratrol	<0.25	0.71–2.5
cis-Polidantina		0.02–0.68
trans-Polidantina		0.02–0.98
(+)-Catequina	3.8–4.20	60–213
(-)-Epicatequina	1.7–3.8	25–82
Quercetina		0.5–2.6

1.5 Elaboración de vino

La elaboración del vino es también conocida como vinificación, y es el proceso entero que se lleva a cabo para obtener una bebida alcohólica, denominada vino, a partir del mosto de uvas, mediante la fermentación de éste.

Se han mencionado algunas propiedades de la uva que son deseables para la elaboración de vino, y se seleccionan variedades específicas para este fin. Las condiciones y métodos del cultivo no son tema de discusión en este trabajo, pero para el análisis de esta matriz alimentaria, consideramos necesario tener un panorama general del proceso

El vino blanco al igual que el rosado, es elaborado con el mosto de uvas blancas o con el mosto de uvas con cáscara coloreada y pulpa blanca, evitando su maceración.

Otra característica del vino blanco, y del rosado, es que el mosto se fermenta en ausencia de la cáscara, a diferencia de los vinos tintos, donde es una práctica común mantener la cáscara en varios pasos del proceso

Por lo tanto, el vino tinto se elabora con mosto de uvas tintas, y se deja madurar con la cáscara, incluso durante la fermentación. Mantener la cáscara significa que hay una mayor cantidad de materia que retirar, por lo que pasos de filtración y separación de esos componentes son añadidos al proceso. Así mismo, es común dejar el vino tinto madurar en barricas, antes de embotellarlo.



Figura 1-7 Pasos de elaboración de vinos Blanco, Tinto y Rosado, no espumosos (Hidalgo, 2006)

1.4 Mercado nacional e internacional del vino

El mercado nacional del vino está compuesto de alrededor de 200 empresas que, en 2017, produjeron 2,144,725 de cajas (12 botellas de 750ml/caja), lo cual representa el 29% de la oferta total. Mientras que los vinos importados tienen el 71% con un volumen de 5,159,550 cajas. (CVM,2018)

Las exportaciones de vino generaron un ingreso de \$7.5MD, los cuales representan 0.059% del total producido con las exportaciones. De estas exportaciones, 43% fue a EE. UU. y 38% a Japón. (OEC,2019)

Las importaciones produjeron un gasto de \$245MD, que representa 0.069% del total. Se importaron de España 29%, Francia 19%, Italia 16%, Chile 17%, Argentina 8.2 y EE. UU. 7.7%. (OEC,2019)

Tabla 1-6 Datos del consumo nacional de vino (CVM,2018)

Mercado Interno	Participación Importaciones 70%	Participación Vino Nacional 30%
VOLÚMEN TOTAL EN LITROS	62,134,000 litros	19,400,000 litros
VOL. TOTAL EN CAJAS	6,903,000 cajas	2,160,000 cajas
VALOR TOTAL	10,300 millones de pesos	4,232,400 mdp
CONSUMO PER CAPITA	0.750 ml	

1.6 Normatividad y regulación de contaminantes nucleares en alimentos

En 1985 tuvo lugar el accidente nuclear de Chernóbil, con lo cual se incentivó a la creación de normas internacionales para regular la distribución de alimentos contaminados dentro y fuera de países donde haya accidentes nucleares. Ese mismo año se estableció en el CODEX ALIMENTARIUS la Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas Presentes en los Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995). En esta norma se establece la metodología de análisis, que se basa en espectrometría gamma, usando un detector de Germanio Hiperpuro. Se señalan los límites recomendados para alimentos, de los radionúclidos que se producen a consecuencia de accidentes nucleares, y se incluye el Uranio, aunque sea un contaminante natural.

Respecto a la legislación mexicana, en 1994 se elaboró la NOM-088-SSA1-1994 de Contaminación por Radionúclidos en Alimentos de Consumo Masivo Importados, en ella se establece la metodología de espectrometría gamma para realizar el análisis en alimentos, los radionúclidos de interés para identificar y los límites permisibles de contaminantes naturales. La norma fue cancelada en 2005 y desde

entonces no se cuenta con otra regulación para contaminación por radionúclidos en alimentos.

1.7 Contaminación radiológica en alimentos

Los límites que aparecen en el CODEX ALIMENTARIUS se aplican de forma obligatoria en aquellos alimentos que son exportados y que hayan sido contaminados por accidentes nucleares o emergencias radiológicas. Sí se exceden los niveles, los gobiernos locales son quienes deberán decidir sobre la distribución de los alimentos dentro de su territorio, pero se prohíbe exportarlos.

Para calcular el nivel medio de exposición de las personas por productos alimenticios con radiactividad residual, se requieren datos muy específicos del país o zona donde se distribuyen, como: tasa de consumo anuales, coeficientes de dosis de ingestión dividido por grupos de edad, y los factores de importación/producción.

Para la dosis interna media de las personas, E (mSv), en el CODEX aparece siguiente fórmula:

$$E = GL(A) \cdot M(A) \cdot eing(A) \cdot IPF$$

$GL(A)$: es el nivel de orientación (Bq/kg)

$M(A)$: es la masa de alimentos consumidos anualmente por edad (kg)

$eing(A)$: es el coeficiente de dosis de ingestión por edad (mSv/Bq)

IPF : es el factor de importación/producción, que es el cociente de alimentos importados respecto a los producidos, ambos del país objeto de examen

Al final, resultados son comparados con la tabla de dosis efectiva que se presenta a continuación:

Tabla 1-7 Tabla de dosis efectiva de radionúclidos en alimentos (CODEX, 1995)

Radionúclido	Nivel de orientación en alimentos (Bq/kg)
Pu 238	10
Pu 239	
Pu 240	
Sr 90	100
Ru 106	
I 129	
I 131	
U 235	
S 35	1000
Co 60	
Sr 89	
Ru 103	
Cs 134	
Cs 137	
Ce 144	
Ir 192	
H 3	10000
C 14	
Te 99	

1.8 Efectos en la Salud

Las personas están expuestas a diario a la radiación de origen natural que proviene de muchas fuentes, como los más de 60 materiales radiactivos naturales presentes en el suelo, el agua y el aire. Diariamente inhalamos e ingerimos radionúclidos presentes en el aire, los alimentos y el agua. Asimismo, estamos expuestos a la radiación natural de los rayos cósmicos (WHO,2016).

La exposición humana a la radiación proviene también de fuentes artificiales que van desde la generación de energía nuclear hasta el uso médico de la radiación para fines diagnósticos o terapéuticos.

La exposición a bajos niveles de radiación no causa efectos inmediatos en la salud, pero puede aumentar el riesgo de cáncer a lo largo de la vida (EPA,2017). Los estudios en este campo llevan registros de grandes cantidades de personas expuestas a la radiación, incluidos sobrevivientes a la bomba atómica y trabajadores de la industria de la radiación. Los mismos demuestran que la exposición a la radiación aumenta la posibilidad de contraer cáncer, y el riesgo aumenta directamente con la dosis: a mayor dosis, mayor riesgo. Por el contrario, el riesgo de cáncer se reduce al disminuir la dosis: a menor dosis, menor riesgo. La exposición a radiaciones de 50 – 100 milisieverts ó j/kg, normalmente no produce efectos perjudiciales para la salud, porque la radiación inferior a estos niveles es un factor secundario para el riesgo general de cáncer (EPA,2017).

Capítulo 2 Aspectos fundamentales de las radiaciones

A lo largo de este capítulo se explican aspectos básicos de la física de radiaciones, y el fundamento de la metodología de espectrometría gamma.

2.1 Antecedentes

El estudio de la radiactividad se remonta a los inicios de la ciencia moderna. Desde 1895, Wilhelm Röntgen descubrió los rayos X mediante sus experimentos con rayos catódicos. Un año después, Antonie Becquerel extendió el estudio observando la relación entre la fluorescencia de las sales de Uranio y los rayos X. Obteniendo como resultado que, las sales emitían energía espontáneamente, a diferencia de los rayos X, fenómeno al que llamó radiación radiactiva o radiactividad.

Fue hasta los trabajos de Maria Curie, dónde ella demostró que la intensidad de la radiación emitida por unidad de masa es proporcional a la cantidad de Uranio. En honor a este descubrimiento se le llamó Curie o Curio (Ci) a la unidad que representa $3,7 \times 10^{10}$ desintegraciones nucleares por segundo, basado en lo que se observó en 1g de Radio 226. Con estos trabajos se conoció la naturaleza radiactiva del Uranio y el Torio, que es un fenómeno característico de ellos, y no tiene relación con su estado físico o químico.

En 1899, Ernest Rutherford estudió los componentes de la radiación, e identificó que puede ser de tres formas, a las que denominó: α , β y γ .

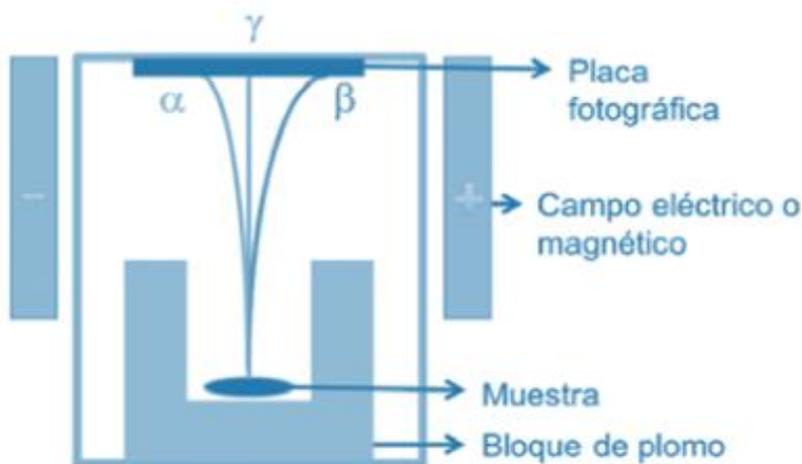


Figura 2-1 Radiaciones emitidas por una sustancia radiactiva (Ávila R., 2006)

2.1.1 Unidades

La radiación se mide de diferentes maneras. El curio (Ci), es la unidad original de actividad, se define como el número de desintegraciones/s para 1 gramo de radio 226. La unidad del SI de actividad de radiación es el becquerel (Bq), que equivale a 1 desintegración/s.

El rad (dosis de radiación absorbida) es la unidad para la cantidad de radiación absorbida por 1 gramo de material. La unidad del SI es el gray (Gy), que se define como los joules de energía absorbidos por 1 kilogramo de tejido corporal. El rem (radiación equivalente en seres humanos) es una unidad que mide los efectos biológicos de diferentes tipos de radiación. La unidad del SI es el sievert (Sv).

Tabla 2-1 Unidades de medición de la radiación (Timberlake, 2013)

Medición	Unidad original	Unidad SI	Relación
Actividad	Ci	Bq	1 Ci= 3.7x10 ¹⁰ Bq
Dosis absorbida	rad	Gy	1 Gy= 100rad
Daño biológico	rem	Sv	1 Sv= 100rem

2.2 El decaimiento radiactivo

El decaimiento radiactivo es un fenómeno natural en el que un núcleo radiactivo emite espontáneamente una partícula, y esto lo transforma en un núclido diferente. Este proceso se rige por las leyes de la estadística y su comportamiento se define como la probabilidad de desintegración de un núclido en el tiempo, usando la siguiente ecuación:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Donde:

N: número de núcleos radiactivos presentes

N₀: número inicial de núcleos radiactivos

λ: Constante de decaimiento

t: tiempo

2.2.1 Vida media

La vida media de un radionúclido, o periodo, es el tiempo requerido para reducir la cantidad de núcleos radiactivos a la mitad, se expresa con la siguiente ecuación:

$$t_{1/2} = \frac{N_0}{2}$$

2.3 Radioisótopos

El fenómeno de decaimiento radiactivo se da emitiendo radiación, tres formas posibles son: alfa (α), beta (β) y gamma (γ). Cada forma de radiación posee un tipo de partícula que es emitida por el núcleo inestable.

2.3.1 Decaimiento alfa (α)

Está dado por la emisión de partículas α desde el núcleo, formadas por dos neutrones y dos protones, similar a la composición de un núcleo de ${}^4_2\text{He}$.

Estas partículas tienen un alto poder de ionización, pero solamente son capaces de recorrer algunos centímetros en el aire y milímetros de materiales sólidos. Son emitidas principalmente por núcleos pesados con números de masa (A) mayores que 140 uma. La probabilidad de esta desintegración disminuye para valores de número atómico (Z) menores que 82 uma.

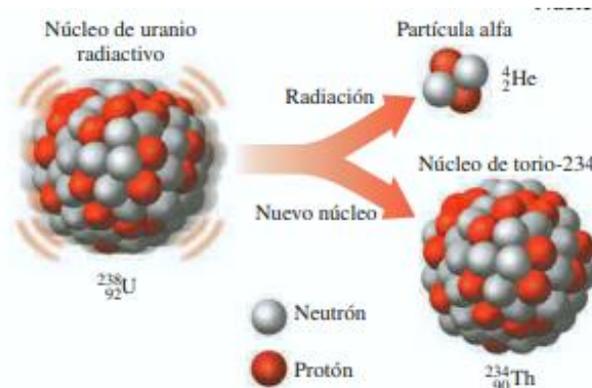


Figura 2-2 Diagrama de decaimiento alfa (Timberlake, 2013)

2.3.2 Decaimiento beta (β)

Está dado por la emisión de partículas β desde el núcleo para compensar la relación de protones y neutrones en él. Estas partículas poseen la masa de un electrón y carga negativa (electrón β^-) o positiva (positrón β^+). La emisión de un β^- implica la transformación de un neutrón en un protón y, la emisión de una β^+ sucede cuando un protón se transforma en un neutrón.

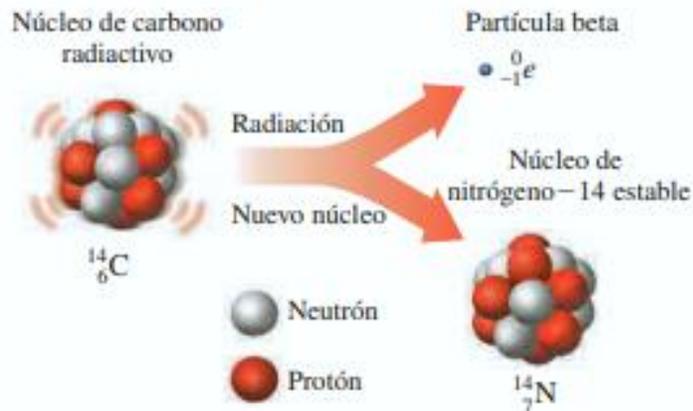


Figura 2-3 Diagrama de decaimiento beta (Timberlake, 2013)

2.3.3 Decaimiento gamma (γ)

La radiación gamma es un tipo de radiación electromagnética que se produce cuando un núcleo excitado pasa a un nivel e menor energía, la diferencia de energía entre los dos estados es liberada en forma de fotón.

Esta transformación no afecta en la masa ni en la carga del núcleo, sino en su estado de energía



Figura 2-4 Diagrama de decaimiento gamma (Timberlake, 2013)

2.4 Núclido

Las emisiones radiactivas se conocen también como desintegraciones, debido a las partículas que son emitidas del núcleo. Como consecuencia de esto, pueden cambiar propiedades del núcleo tales como: número atómico o de protones (Z), número de masa (A), número de neutrones (N).

Debido a esta transformación, se producen cuatro tipos de núclidos:

Tabla 2-2 Clasificación de los núclidos

Núclido	Z	A	N
Isómero	igual	igual	igual
Isótopo	igual	distinto	distinto
Isóbaro	distinto	igual	distinto
Isótono	distinto	distinto	igual

2.4 Interacción de la radiación con la materia

Este trabajo se enfoca en la medición de radiación gamma, que posee una alta capacidad de penetración en la materia. Cuando pasa a través de la materia, se producen tres tipos de interacciones: el efecto fotoeléctrico, efecto Compton y producción de pares.

Efecto fotoeléctrico

Este se produce cuando un fotón incide en un electrón ligado al núcleo, y el electrón es expulsado. Este fenómeno ocurre porque la energía del fotón es mayor que la energía de enlace del electrón, el electrón absorbe la energía del fotón y es liberado como un fotoelectrón.

El vacío que se produce en la capa electrónica por la salida del electrón es llenado por un reordenamiento de electrones, lo cual libera más energía en forma de radiación electromagnética característica.



Figura 2-5 Diagrama de un núcleo al presentar el efecto fotoeléctrico (IAEA,2020)

Efecto Compton

Se produce por la interacción de un fotón incidente y un electrón de las capas externas del átomo, débilmente ligado. Parte de la energía del fotón es absorbida por el electrón, al igual que una parte de su momento lineal, y el electrón es dispersado. El fotón es desviado y pierde parte de su energía, que fue transferida al electrón.

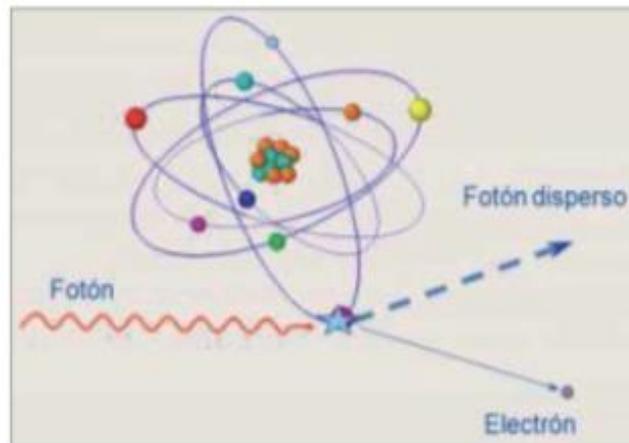


Figura 2-6 Diagrama de dispersión Compton de un fotón por un electrón (IAEA,2020)

Producción de pares

Ocurre como consecuencia de la interacción entre un fotón incidente y un núcleo atómico. El fotón avanza en dirección al núcleo hasta que es frenado por la densidad

electrónica, cediendo su energía. Como consecuencia de esto, se forma un electrón y un positrón, que son expulsados del núcleo.

Para energías de fotón muy por encima del umbral de 1.022 MeV, la producción de pares es el modo dominante de interacción con la materia, como es el caso de los Rayos X y la radiación gamma.

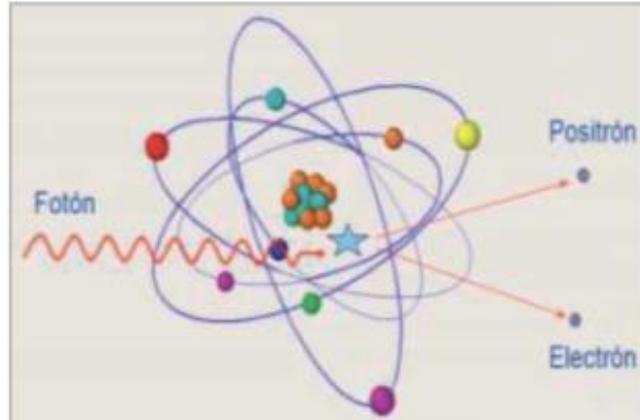


Figura 2-7 Diagrama de eventos de la producción de pares (IAEA,2020)

2.5 Cadenas de decaimiento radiactivo naturales

Los elementos Uranio y Torio son dos radionúclidos naturales frecuentemente encontrados en zonas de excavación o minas, además de ser átomos de gran tamaño, sus desintegraciones conforman las más importantes cadenas de decaimiento radiactivo, al formarse otros núcleos radiactivos sucesivamente hasta llegar a uno estable. Ninguno de los dos elementos se detecta mediante espectrometría gamma, sino que se observa la presencia de otros miembros de las cadenas que si presentan emisiones de radiación gamma. Esto puede observarse a continuación, en los diagramas de cada cadena:

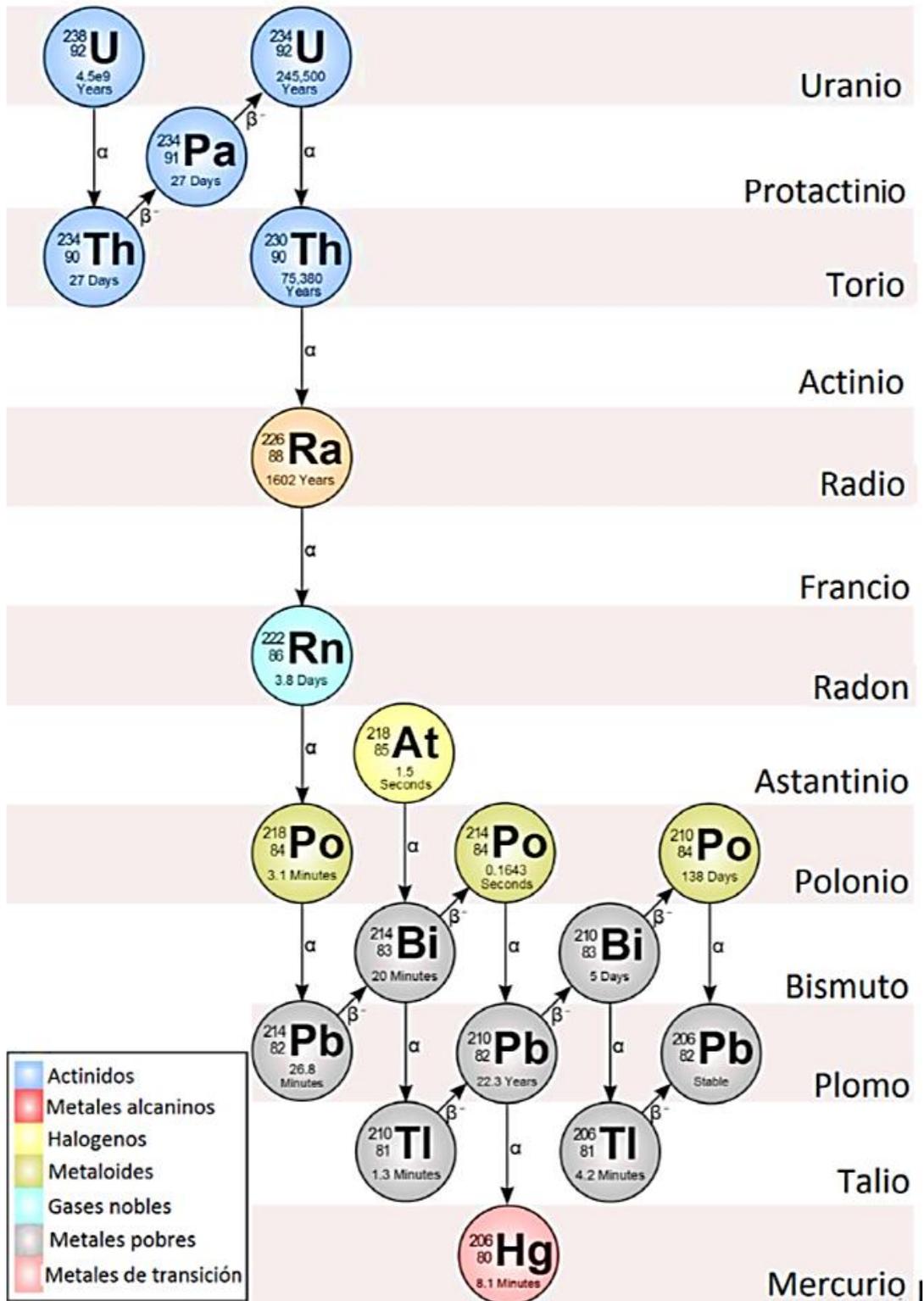


Figura 2-8 Cadena radiactiva 238-U (Espinosa, 2018)

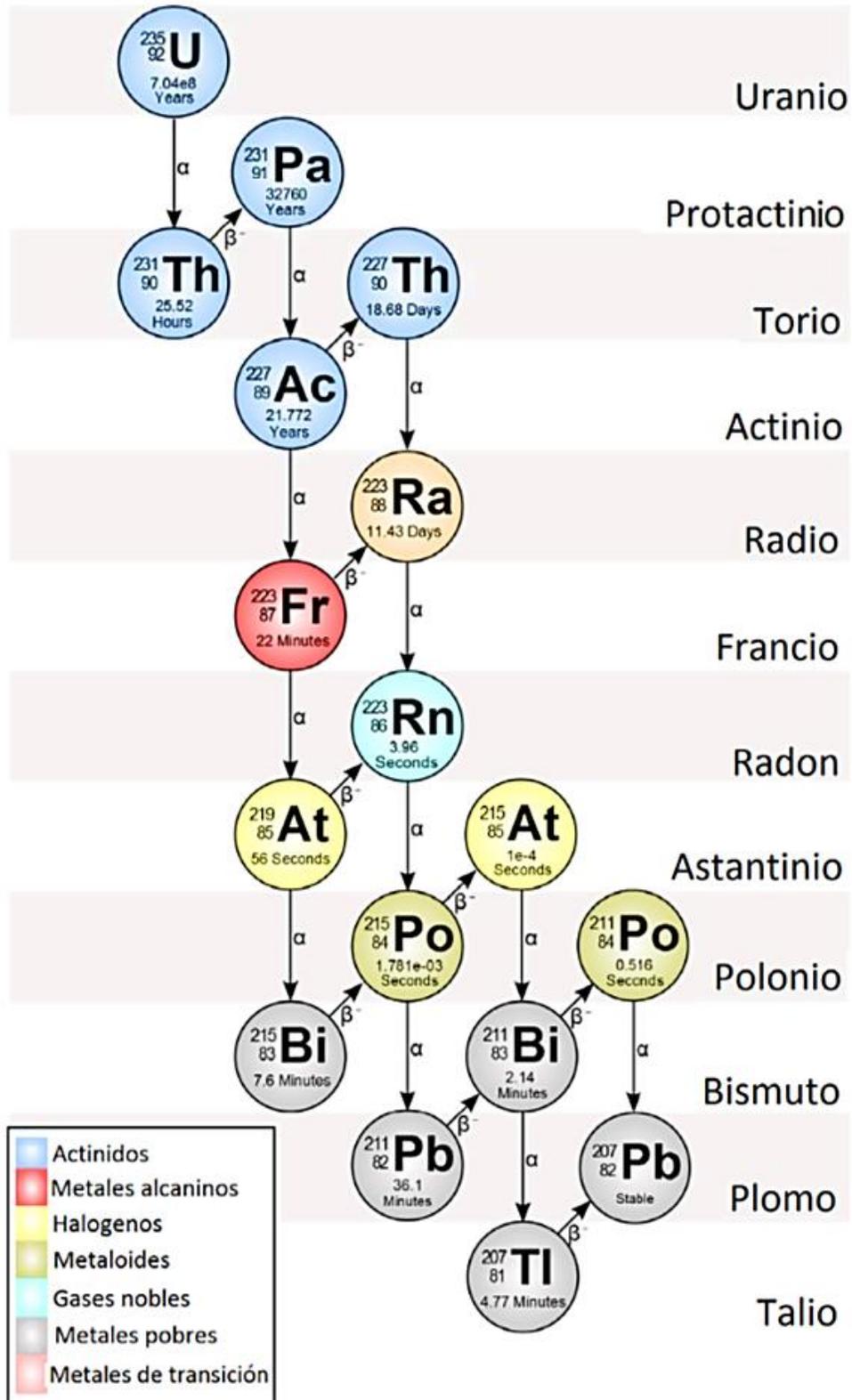


Figura 2-9 Cadena radiactiva ^{235}U (Espinosa, 2018)

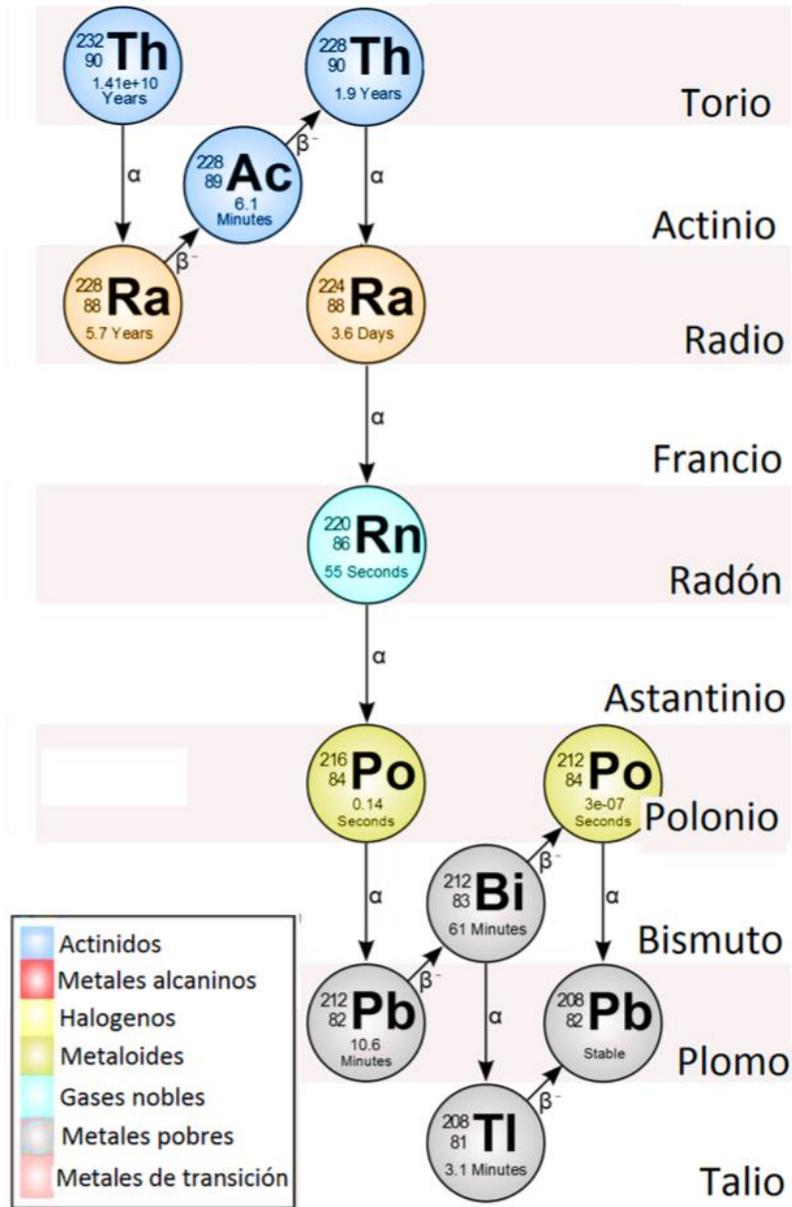


Figura 2-10 Cadena radiactiva del ^{232}Th (Espinosa, 2018)

2.5 Espectrometría gamma

El método consiste en la distribución de las energías de cada uno de los elementos que emiten radiación gamma.

Para realizar el análisis se requiere un detector de radiación, instrumentación electrónica y un analizador multicanal.

Detector de Germanio Hiperpuro (HPGe)

El detector HPGe es un detector semiconductor. Está formado por cristales de Germanio, que contienen impurezas de indio o arsénico. Cuando la radiación gamma incide en ellos, liberan electrones por vía del efecto fotoeléctrico.

Los electrones producen un pulso eléctrico al salir del detector. El tamaño del pulso está directamente relacionado con la energía de la radiación que incidió en el cristal, de esa manera que es posible determinar su energía.

Estos detectores funcionan a temperaturas alrededor de -70°C para eliminar en su totalidad los electrones libres y utilizar diferencias de potencial de aproximadamente 3,000 V (Pérez F., 2001).

Para analizar el pulso, son necesarios varios procesos: detección de radiación y conversión en corriente eléctrica y/o pulsos de voltaje; preamplificación, que tiene la función de acoplamiento de impedancia; amplificación de esta señal, y análisis. En este caso se usa un analizador de pulsos multicanal (16 mil canales).

El multicanal hace un histograma de frecuencias del tamaño de los pulsos, con ello es posible hacer una correlación entre el tamaño del pulso contra la energía que lo produjo, entonces el histograma obtenido por el multicanal se convierte en un espectro de energía de las radiaciones que incidieron en el detector. Para hacer la correlación, es necesario calibrar experimentalmente el detector y el sistema electrónico con una fuente radiactiva de energía conocida. Cada elemento radiactivo se caracteriza por una energía de emisión específica.

Capítulo 3 Instrumentación

En este capítulo se describe el equipo de espectrometría gamma utilizado en el análisis. Para explicar el funcionamiento de las partes que conforman el equipo, éstas se dividen en tres grupos principales: el sistema eléctrico, el detector de Germanio Hiperpuro y una computadora.



Figura 3-1 Fotografía del equipo de espectrometría gamma (PAD-IFUNAM)

A continuación, se presenta un diagrama que explica el orden en el que se encuentran conectadas todas las partes:

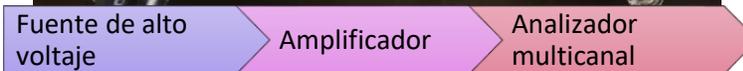


Figura 3-2 Diagrama del equipo para espectrometría gamma

3.1 Sistema electrónico

A continuación, se describen las partes que componen el sistema electrónico:

- **Fuente de poder:** Tiene como función alimentar voltaje al sistema electrónico para su operación.
- **Fuente de alto voltaje:** Se encarga de regular el voltaje que llega al detector. Es capaz suministrar hasta 5000v, siendo el voltaje utilizado de 2800v \pm 0.1%.
- **Preamplificador:** Ayuda a acoplar los pulsos eléctricos que recibe del detector, para enviarlos al amplificador, mejorando la calidad del análisis y reduciendo el ruido.
- **Amplificador:** aumenta el tamaño de la señal recibida del preamplificador antes de enviarla al multicanal
- **Analizador multicanal:** Clasifica la señal recibida según su amplitud, entre los 16,000 canales que lo conforman. Para ello ordena y cuenta los pulsos que fueron amplificados. La amplitud es proporcional a la energía, y la altura está en el intervalo 0-1 volts.



3.2 Detector de Germanio Hiperpuro

El detector está protegido por un blindaje de plomo viejo, y está conectado a un criostato que contiene nitrógeno líquido para mantenerlo a baja temperatura (-63°C). En el siguiente diagrama pueden observarse las partes que acompañan al detector:

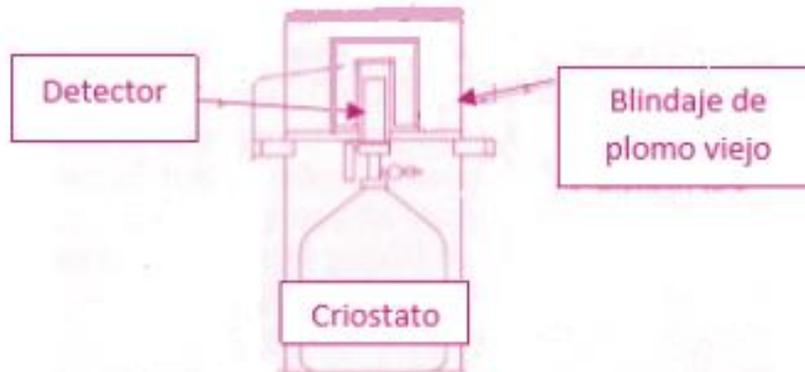


Figura 3-4 Diagrama de partes que acompañan al detector HPGe

En la parte superior posee una coraza o blindaje de Plomo, en donde se coloca el recipiente plástico que contiene las muestras. Esta coraza tiene un tamaño alrededor de 30 cm³, el interior posee una cavidad de 15cm de diámetro donde se encuentra el detector, y se introducen las muestras en el recipiente de plástico. La función del blindaje es disminuir la cantidad de radiaciones externas.



Figura 3-5 Fotografía del blindaje de plomo viejo del detector (PAD-IFUNAM),

El detector de Germanio Hiperpuro es un traductor de radiación ionizante en corriente de electrones que, mediante un arreglo de capacitores y resistencias, producen pulsos eléctricos que se envían al preamplificador.



Figura 3-6 Fotografía del detector de Germanio Hiperpuro dentro del blindaje de plomo viejo (PAD-IFUNAM)

El detector se conecta con un criostato que contiene nitrógeno líquido (-195 °C) para mantenerlo a baja temperatura durante el procedimiento. Un Dewar protege el criostato, es la parte externa que podemos manipular para colocar el nitrógeno líquido.



Figura 3-7 Fotografía del contenedor Dewar (PAD-IFUNAM)

3.3 Computadora

Se utiliza un equipo de cómputo para ejecutar la herramienta MAESTRO-32 versión 6.1 de la marca ORTEC®, con ella podemos registrar la medición y obtener el correspondiente espectro. Se puede analizar el espectro, identificar los principales fotopicos y obtener el valor de las áreas en cada uno de ellos. Los cálculos realizados con el software son:

- ✓ Área gruesa
- ✓ Área neta
- ✓ Centroide
- ✓ Energía de fotopico
- ✓ Canal del fotopico
- ✓ Cuentas por segundo
- ✓ Biblioteca de radioisótopos

Capítulo 4 Metodología

En este capítulo se explica la metodología empleada para el análisis usando espectrometría gamma. En el diagrama 4-1, se presenta la secuencia de procedimientos y el orden en que realizaron, para llevar a cabo el análisis. Cada uno de ellos es explicado puntualmente a lo largo del capítulo.



Figura 4-1 Diagrama de pasos del procedimiento experimental

4.1 Selección de Muestras

Las muestras de uva de mesa se eligieron con base en su importancia en el mercado nacional, las 3 variedades principales, cuya producción suma el 86% del total nacional (SIAP,2018), son:

- Red Flame (37%)
- Sugarone (22%)
- Red Globe (16%)

Estas variedades se producen en Sonora, aunque para su comercialización sólo se identifican bajo el nombre de la marca o empresa que las distribuye, por variedad y país. Normalmente no se declara la región de la que provienen, en el empaque.

Con base en la información nutrimental presentada en el Capítulo 1, se observa que la cáscara contiene una proporción cercana de minerales a la de la pulpa. Para poder identificar en dónde se depositan los contaminantes en caso de encontrarse, se analiza la cáscara de cada variedad por separado.

Para los vinos de mesa, se seleccionaron marcas nacionales de la zona norte del país:

- Vino tinto de uva Nebiollo de la marca 4 Sierras producido en Sonora,
- Vino rosado de mezcla de uvas de la marca LA CETTO producido en Baja California,
- Vino tinto de uva Cabernet Sauvignon de la marca LA CETTO producido en Baja California,
- Vino tinto de uva Cabernet Sauvignon de la marca 4 Soles producido en Aguascalientes.

En la tabla 4-1 se encuentra la información de cantidad y procedencia de las muestras examinadas.

Tabla 4-1 Datos de las muestras seleccionadas y analizadas

Muestra	Lugar de Origen	Cantidad analizada
Uva entera Roja Globo	Sonora	500 g
Uva entera Red Flame	Sonora	500 g
Uva entera Sugarone	Sonora	500 g
Cáscara de uva Roja Globo	Sonora	500 g
Cáscara de uva Red Flame	Sonora	500 g
Cáscara de uva Sugarone	Sonora	500 g
Vino tinto 4 Sierras	Sonora	750 mL
Vino tinto 4 Soles	Aguascalientes	750 mL
Vino tinto LA CETTO	Baja California	750 mL
Vino rosado LA CETTO	Baja California	750 mL

4.2 Calibración de energía

La calibración del sistema de detección se realiza para garantizar la proporcionalidad entre la energía emitida por las fuentes de radiación y el canal al que se asocia. Utilizando patrones de energía, que son fuentes radiactivas de energía conocida, se colocan en el detector durante 2,000 segundos, y se realiza la medición de sus energías para obtener el correspondiente espectro.

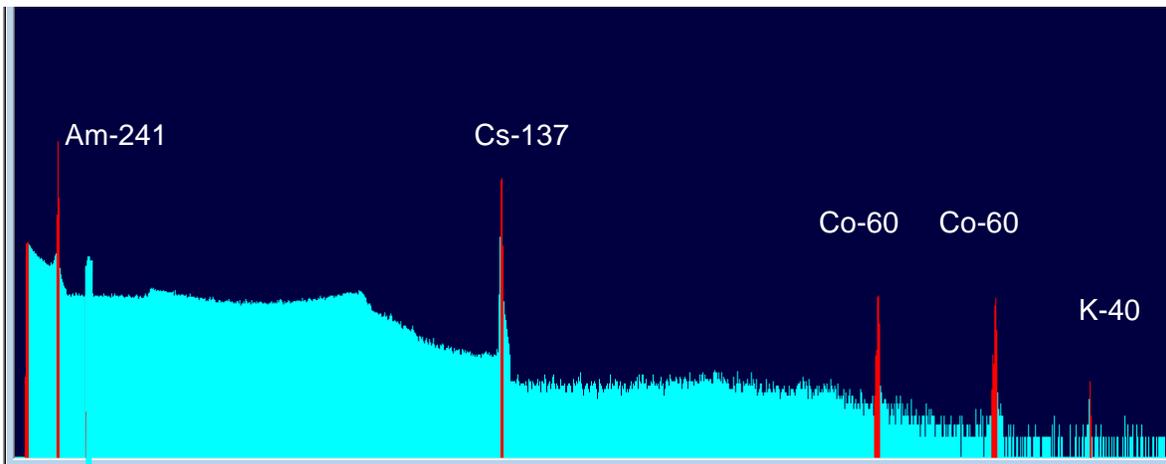


Figura 4-2 Espectro de calibración obtenido en el laboratorio

Con ayuda del software MAESTRO-Ortec®, se obtiene el espectro que aparece en la figura 4-2, en él se observa la relación de la cantidad de emisiones detectadas, que están en el eje vertical y se expresan como cuentas, por canal o marcador, los cuales se encuentran en el eje horizontal. En el espectro se observan algunos picos en color rojo, estos corresponden a las fuentes utilizadas, y sobresalen debido a que poseen mayor número de emisiones, o cuentas.

Una vez obtenido el espectro se verifica que los picos coincidan con el valor teórico de energía del elemento. El programa ofrece la información del valor de energía al que corresponde cada canal, con esta información se hace una regresión lineal para garantizar la linealidad de la respuesta del sistema de detección en el intervalo de energía utilizado (0-1500 keV). Si la respuesta es lineal, podemos relacionar directamente el canal con un valor de energía.

Tabla 4-2 Datos de las fuentes usadas en la calibración

Radioisótopo	Energía (keV)	Cuentas
Am 241	60	401
Cs 137	662	4518
Co 60	1173	8015
	1332	9099
K 40	1460	9983

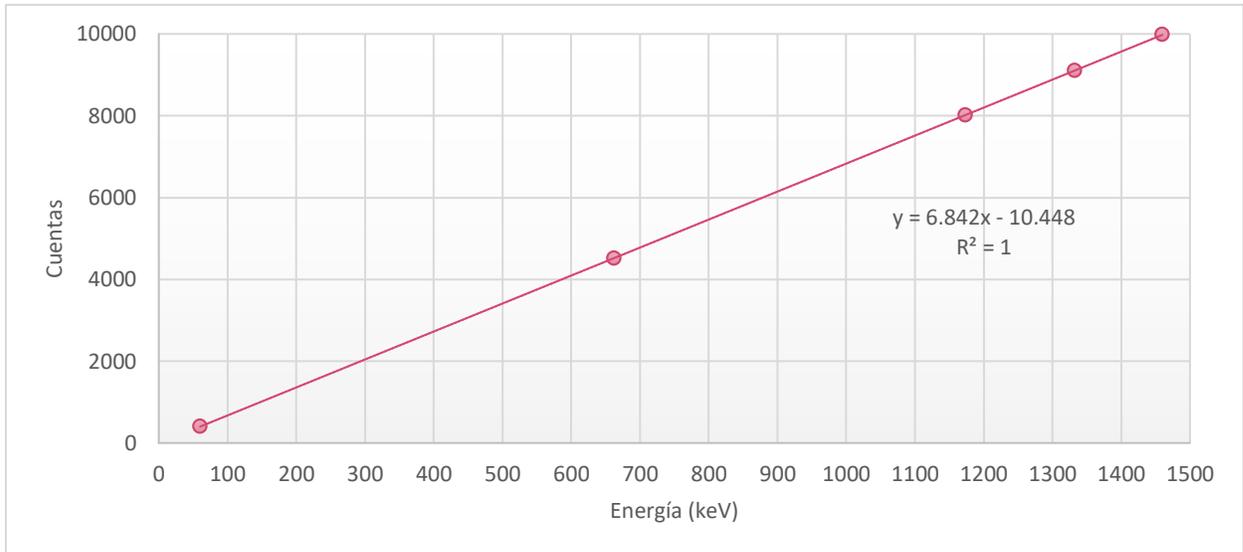


Figura 4-3 Curva de calibración de energía, con regresión lineal.

4.3 Medición del fondo

A continuación, se determina el espectro de fondo, éste se encuentra compuesto por la energía de todas fuentes de radiación naturales del medio ambiente, la radiación cósmica es la más importante, seguida de los núcleos radiactivos Rn 222 y K 40.

A este espectro, característico del lugar y el sistema que se está utilizando, se le agrega el espectro gamma de los contenidos radiactivos de la muestra. Por lo que posteriormente, se tiene que restar la información canal por canal, de la muestra y el fondo.

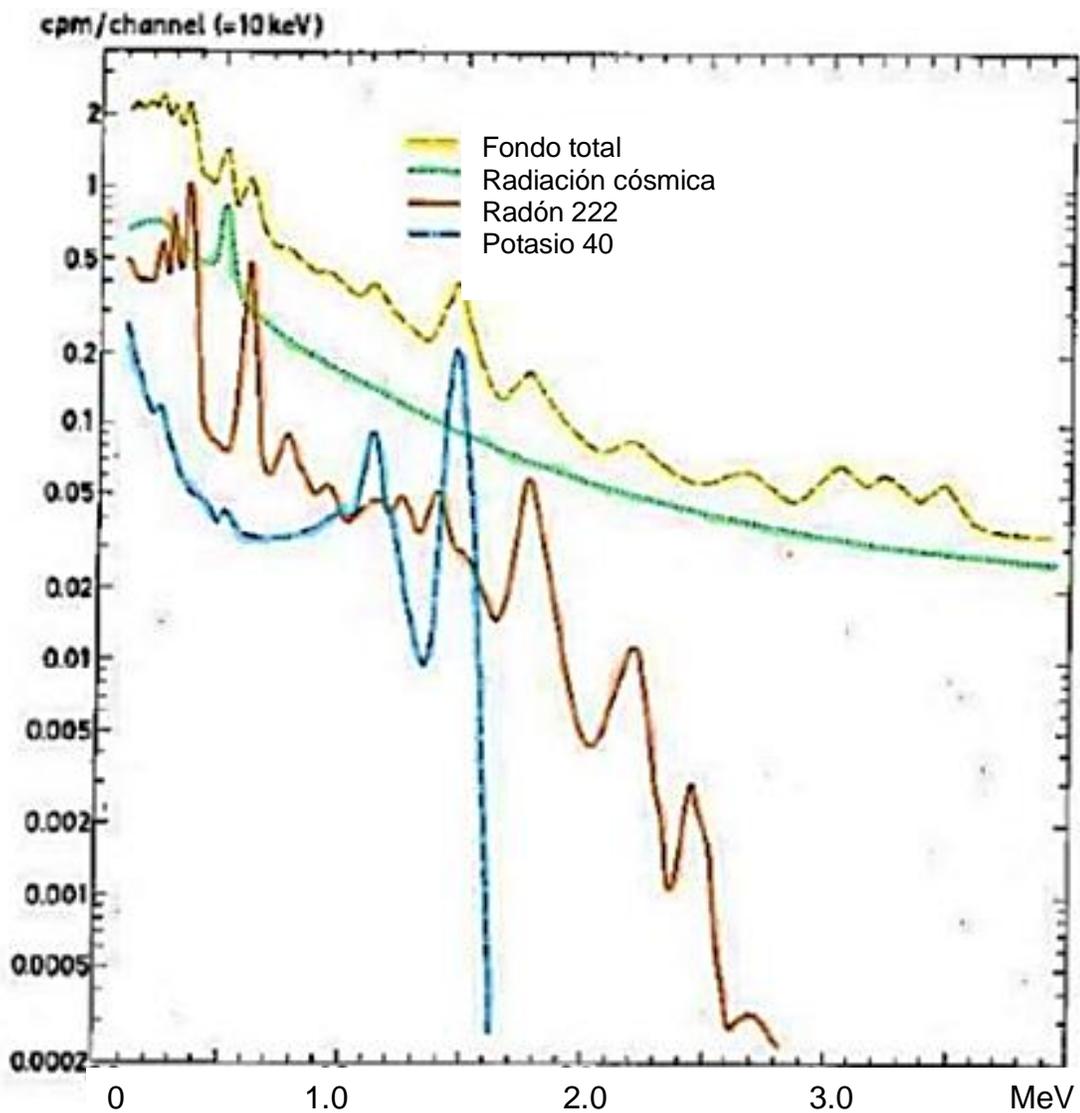


Figura 4-4 Composición del espectro de fondo (Valle,2016)

La medición del fondo se realiza durante 24h. Se obtiene el espectro correspondiente, donde se ubican los valores energía con mayor número de cuentas, que aparecen como picos. Los valores de energía donde se encuentran estos picos se asocian con el radioisótopo al que pertenece mediante la biblioteca de valores teóricos que posee el programa.

El espectro se puede observar en el gráfico 4-2. Este espectro relaciona directamente el número de cuentas con el valor de energía. Lo cual no ocasiona un cambio en la forma o distribución de los datos, sino que ayuda a presenta la información de los elementos directamente, ya que el canal propio del equipo de espectrometría, pero la energía está directamente relacionada al núcleo radiactivo.

En el espectro se identificaron 11 picos, con el valor de energía se asocia el elemento radiactivo que está presente. Además, el programa nos ofrece información estadística de cada uno de los picos, como el área bajo la curva (ANF) e incertidumbre asociada (INCF), dicha información se resume en la tabla 4-3.

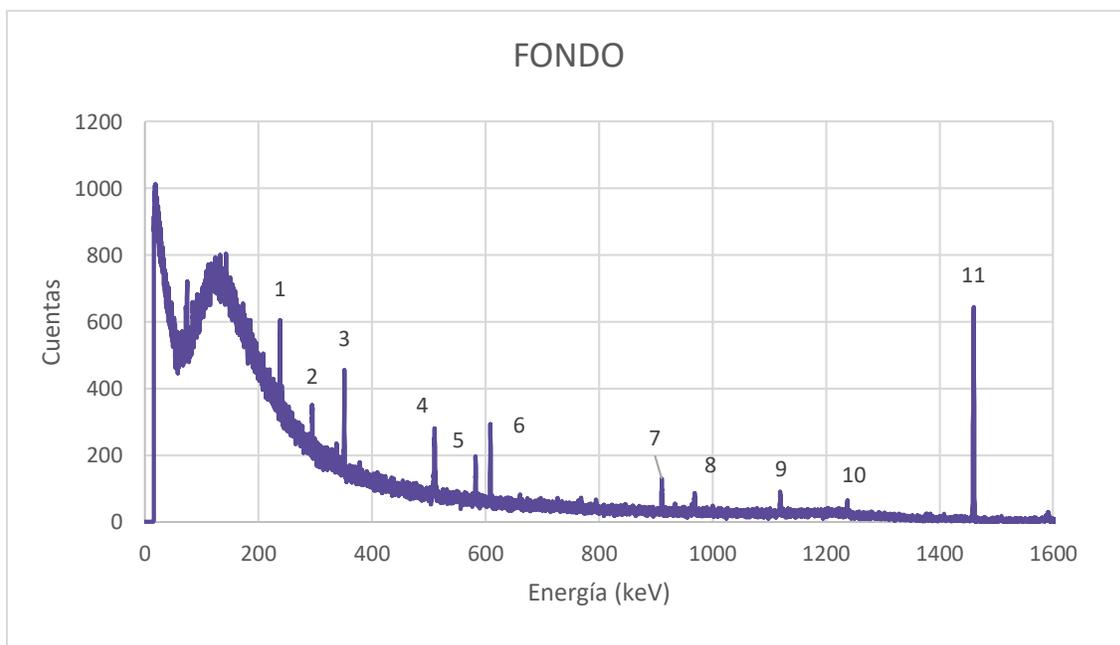


Gráfico 4-2 Espectro de fondo del sistema de análisis usado.

Tabla 4-3 Resultados del análisis del espectro de fondo

Pico	Radioisótopo	Energía (keV)	ANF±INCF
1	Pb 212	239	1543±127
2	Pb 214	296	892±99
3	Pb 214	353	1778±92
4	Tl 208	511	854±86
5	Tl 208	584	929±63
6	Bi 214	610	1763±70
7	Ac 228	912	442±45
8	Ac 228	970	236±40
9	Bi 214	1121	238±41
10	Ta 182	1239	140± 33
11	K 40	1461	2756±109

4.4 Preparación de las muestras

Se utilizaron 500g de cada muestra de uvas enteras, se eliminaron los tallos, y se pesaron en una báscula granataria. No se requieren otros pasos para la preparación de la muestra.

Para analizar las cáscaras, éstas se removieron manualmente y hasta obtener 500g, que se pesaron en báscula granataria.

En el caso de los vinos, se utilizó el total del contenido en las botellas (750mL).

Cada muestra se introdujo en bolsas de plástico herméticas y luego en un contenedor de plástico cilíndrico, de 15 cm de diámetro con tapa. No se realizó ningún tratamiento químico ni de separación de componentes.

4.5 Análisis de los fotopicos

Los espectros obtenidos se analizan de la siguiente manera, primero se identifican los picos del espectro, éstos se denominan fotopicos, y corresponden a la energía y número de fotones (cuentas, C_i) que llegan al detector. Cada fotopico posee una forma Gaussiana, por lo que se puede calcular el centroide, cuyo valor de energía se asocian a un elemento radiactivo.

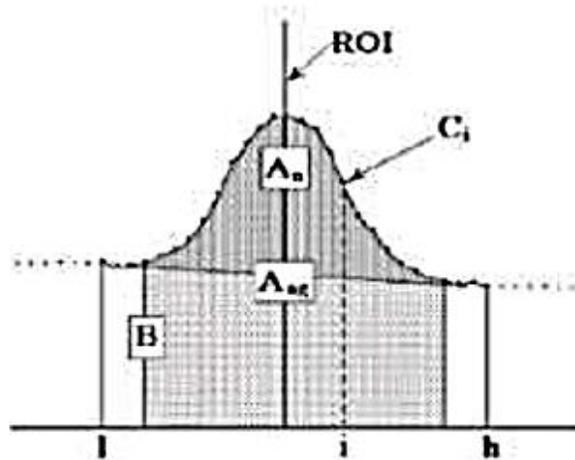


Figura 4-5 Fotopico obtenido en un espectro y su análisis

Las partes del fotopico están definidas por ecuaciones matemáticas, las cuales se muestran a continuación:

- **B:** área de la base, está definida por la ecuación:

$$\left(\sum_{i=l}^{l+2} C_i + \sum_{i=h-2}^h C_i \right) \frac{h-l+1}{6}$$

- **Ag:** área gruesa, es la suma de las cuentas por canal en el intervalo del fotopico, del límite inferior al superior:

$$A_g = \sum_{i=l}^h C_i$$

- **Aag**: área gruesa ajustada, se define como la suma de todos los canales marcados, pero no usados en la base, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Aag = \sum_{i=l}^{h-3} Ci$$

- **AN**: área neta es el área gruesa ajustada menos la base calculada y ajustada, se calcula con la siguiente expresión:

$$AN = Aag - \frac{B(h-l-5)}{(h-l+1)}$$

1 y 5 es la sensibilidad dada por el equipo.

- **INC**: La incertidumbre de AN se calcula con el radio del ancho del fotopico ajustado al número de canales usados para realizar el ajuste de la base, usando la siguiente ecuación:

$$INC = \sqrt{Aag + B \left(\frac{h-l-3}{6} \right) \left(\frac{h-l-3}{h-l+1} \right)}$$

6 es el número de canales, 3 a la derecha y 3 a la izquierda del centro.

El cálculo de esta información se obtuvo con ayuda del software MAESTRO versión 6.1 de ORTEC®, y los fotopicos se ubicaron manualmente en los espectros obtenidos.

4.6 Análisis de contenido radiológico en las muestras

Para analizar el contenido radiológico en las muestras, se hace la diferencia de áreas que hay entre la muestra y el fondo usando la siguiente ecuación:

$$\Delta AN = ANM - ANF$$

ANM: área neta de la muestra

ANF: área neta del fondo

Se calcula la incertidumbre de la diferencia de áreas (ΔAN), según siguiente la ecuación:

$$INC_{\Delta AN} = \sqrt{INC_M^2 + INC_F^2}$$

INC_M : incertidumbre del fotopico de la muestra

INC_F : incertidumbre del fotopico del fondo

La presencia de radionúclidos en las muestras se determina con base en la actividad de los elementos que emiten radiación gamma, y sobresalen en el espectro obtenido. Con el cálculo de la diferencia de áreas bajo la curva (ΔAN), con respecto al fondo, se hacen las siguientes afirmaciones del elemento radiactivo:

- No Existe en la Muestra (NEM): Si ΔAN es negativa
- Dentro Del Fondo (DDF): Si ΔAN es positiva pero menor que su incertidumbre
- Presente: Si ΔAN es positiva y mayor que su incertidumbre ($INC_{\Delta AN}$)

Capítulo 5 Resultados y Discusión

En este capítulo se presentan los resultados experimentales del análisis de contenido radiológico en las 4 muestras de vino, seguido por las 3 muestras de uvas enteras y, por último, la cáscara de las uvas.

Los resultados que se presentan son: el espectro obtenido de la muestra con fotopicos numerados y, la tabla de datos del análisis de los elementos encontrados en el espectro de la muestra comparados con los encontrados en el espectro de fondo. En la tabla se puede observar el valor de las áreas con su respectiva incertidumbre, la resta de áreas, y en cada caso se señala si el isótopo radiactivo pertenece a la muestra o al fondo.

5.1 Vinos de mesa nacionales

Vino Tinto marca 4 Sierras

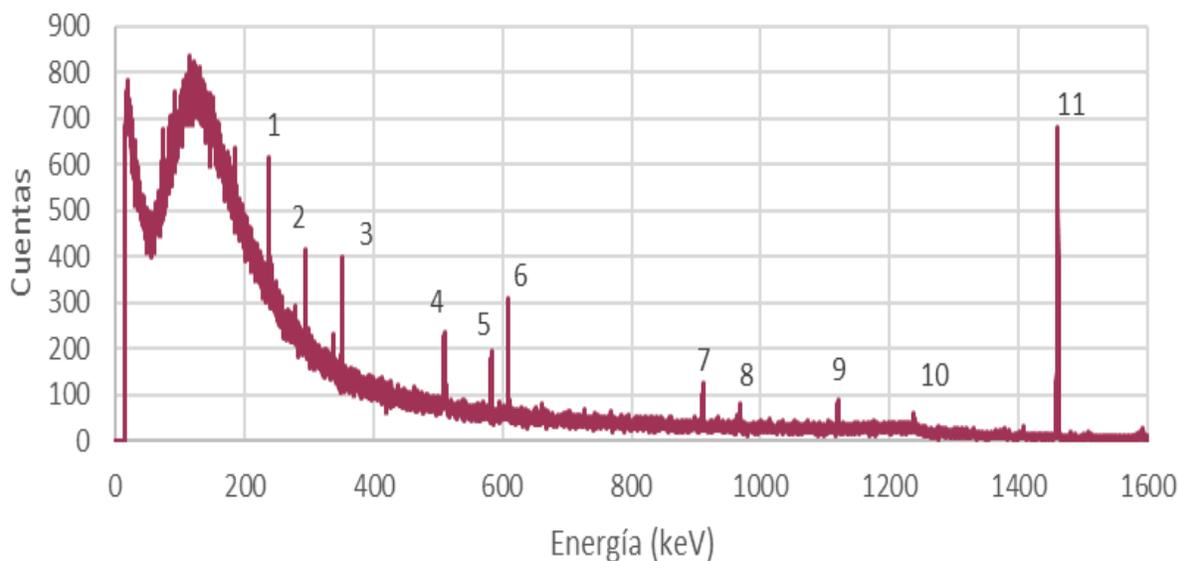


Gráfico 5-1 Espectro de vino marca 4 Sierras

Tabla 5-1 Análisis contenido radiológico en vino marca 4 Sierras

Fotopico	Radioisótopo	Energía (keV)	ANF	ANM	Δ AN	Resultado
1	Pb 212	239	1543±127	1846±123	303±177	DDF
2	Pb 214	296	892±99	1167±97	275±139	DDF
3	Pb 214	353	1778±92	1834±88	56±127	DDF
4	Tl 208	511	854±86	595±84	-259±120	NEM
5	Tl 208	584	929±63	994±60	65±87	DDF
6	Bi 214	610	1763±70	1782±69	19±98	DDF
7	Ac 228	912	442±45	420±47	-22±65	NEM
8	Ac 228	970	236±40	204±40	-32±57	NEM
9	Bi 214	1121	238±41	336±38	122±56	DDF
10	Ta 182	1239	140±36	147±34	-7±49	NEM
11	K 40	1461	2756±109	2853±114	97±158	DDF

NEM: no existe en la muestra DDF: dentro del fondo

En el espectro de vino 4 Sierras, no se encontraron isótopos radiactivos diferentes a los del fondo. Se muestran los valores de las áreas del fondo y de la muestra, así como de la resta, y se calcula la incertidumbre de la resta de áreas.

En la última columna aparece el resultado. En este caso, todos los fotopicos encontrados corresponden a elementos del fondo, por lo que la muestra se encuentra libre de contaminantes radiológicos.

Vino tinto Cuatro Soles

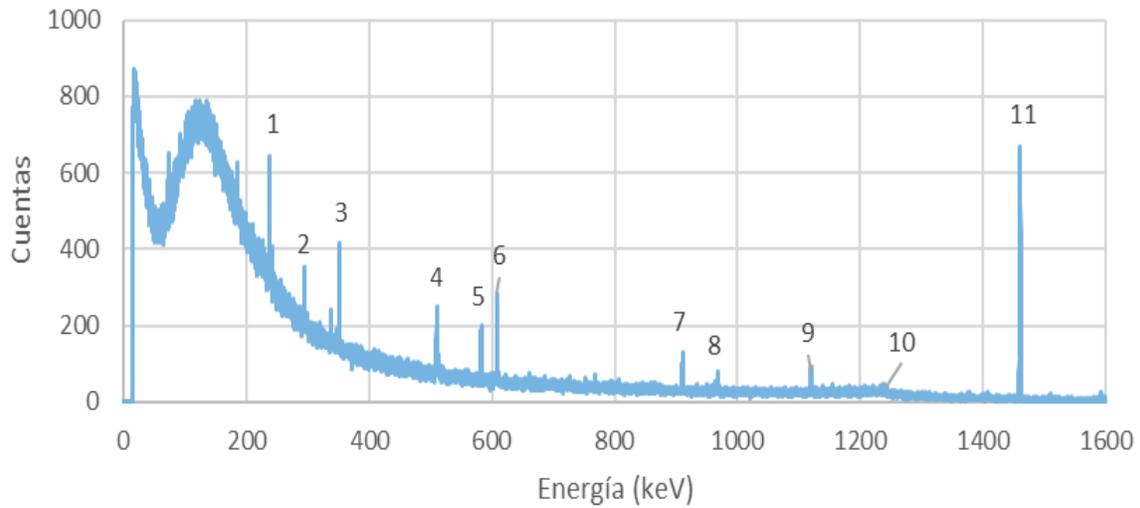


Gráfico 5-2 Espectro de vino marca Cuatro Soles

Tabla 5-2 Análisis de contenido radiológico en vino marca Cuatro Soles

Fotopico	Radioisótopo	Energía (keV)	ANF	ANM	Δ AN	Resultado
1	Pb 212	239	1543±127	1667±124	124±177	DDF
2	Pb 214	296	892±99	1021±97	129±139	DDF
3	Pb 214	353	1778±92	1844±89	66±128	DDF
4	Tl 208	511	854±86	630±82	-224±119	DDF
5	Tl 208	584	929±63	999±59	70±86	DDF
6	Bi 214	610	1763±70	1799±68	36±98	DDF
7	Ac 228	912	159±44	123±42	-36±61	NEM
8	Ac 228	970	236±40	157±39	-79±56	NEM
9	Bi 214	1121	238±41	238±41	0±58	DDF
10	Ta 182	1239	97±33	9±32	-88±46	NEM
11	K 40	1461	2756±109	2717±110	-39±155	NEM

NEM: no existe en la muestra DDF: dentro del fondo

Vino Rosado LA CETTO

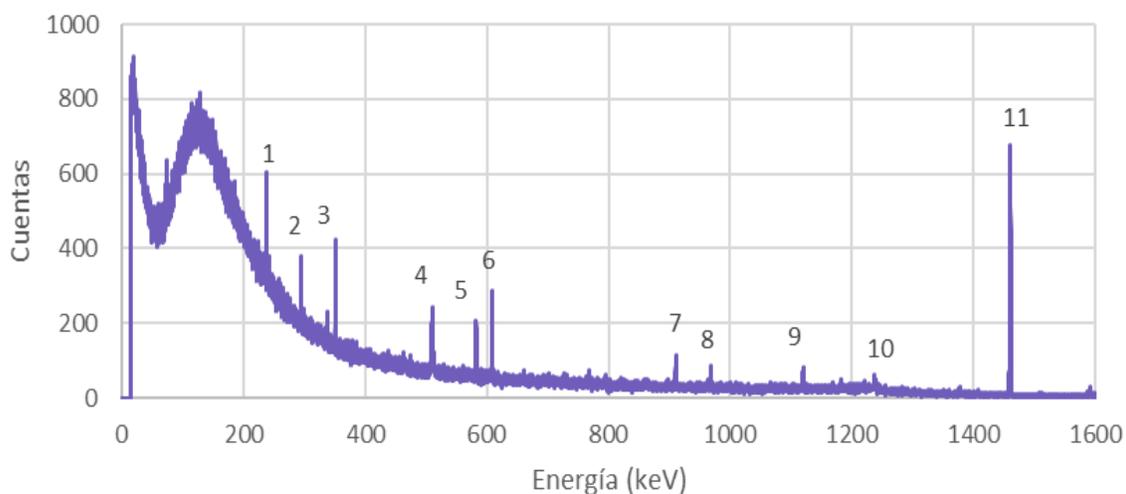


Gráfico 5-3 Espectro de vino rosado marca LA CETTO

Tabla 5-3 Análisis de contenido radiológico en vino rosado marca LA CETTO

Fotopico	Radioisótopo	Energía (keV)	ANF	ANM	Δ AN	Resultado
1	Pb 212	239	1543±127	1634±123	91±177	DDF
2	Pb 214	296	892±99	1244±95	352±137	DDF
3	Pb 214	353	1778±92	1809±88	31±127	DDF
4	Tl 208	511	854±86	794±82	-60±119	NEM
5	Tl 208	584	929±63	894±61	-35±88	NEM
6	Bi 214	610	1763±70	1746±68	-17±98	NEM
7	Ac 228	912	442±45	403±45	-39±64	NEM
8	Ac 228	970	236±40	243±40	7±57	DDF
9	Bi 214	1121	238±41	173±41	-65±58	NEM
10	Ta 182	1239	140±33	82±35	-58±48	NEM
11	K 40	1461	2756±109	2646±110	-110±155	NEM

NEM: no existe en la muestra DDF: dentro del fondo

Vino Cabernet Sauvignon LA CETTO

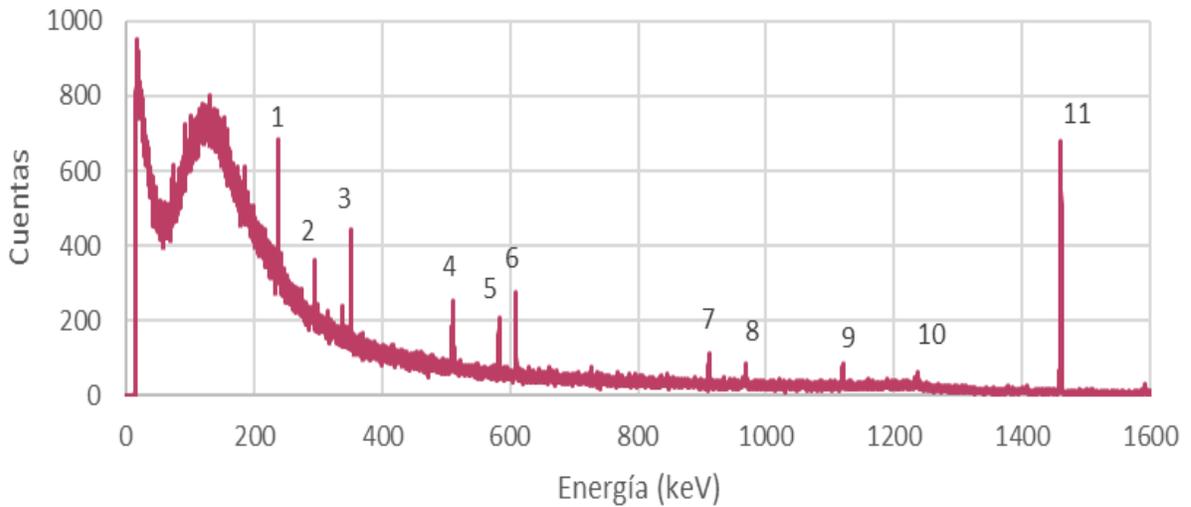


Gráfico 5-4 Espectro de vino Cabernet Sauvignon marca LA CETTO

Tabla 5-4 Análisis de contenido radiológico en vino Cabernet Sauvignon marca LA CETTO

Fotopico	Radioisótopo	Energía (keV)	ANF	ANM	Δ AN	Resultado
1	Pb 212	239	1543±127	1929±122	386±176	DDF
2	Pb 214	296	892±99	985±95	93±137	DDF
3	Pb 214	353	1778±92	1778±94	-34±127	NEM
4	Tl 208	511	854±86	738±81	-116±118	NEM
5	Tl 208	584	929±63	962±60	33±87	DDF
6	Bi 214	610	1763±70	1705±69	-58±98	NEM
7	Ac 228	912	442±45	380±46	-62±64	NEM
8	Ac 228	970	236±40	220±98	-16±38	NEM
9	Bi 214	1121	238±41	249±42	11±59	DDF
10	Ta 182	1239	140±33	95±3	-45±47	NEM
11	K 40	1461	2756±109	2862±111	106±156	DDF

NEM: no existe en la muestra DDF: dentro del fondo

5.2 Uvas enteras

Uva roja globo con semilla

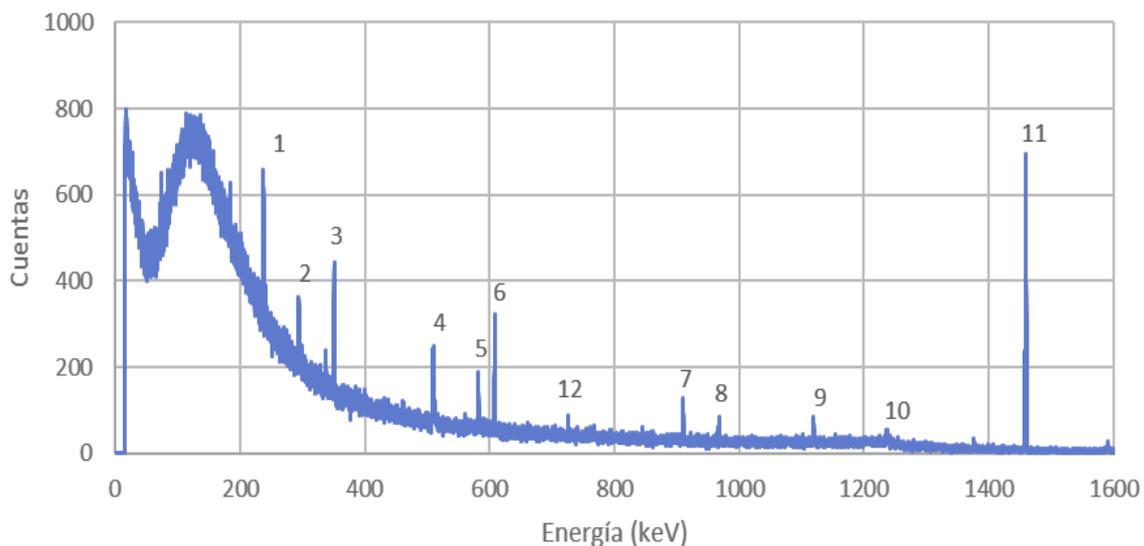


Gráfico 5-5 Espectro de uva Roja Globo con semilla

Tabla 5-5 Análisis de contenido radiológico en uva Roja Globo con semilla

Fotopico	Radioisótopo	Energía (keV)	ANF	ANM	Δ AN	Resultado
1	Pb 212	239	1543±127	2181±122	638±176	DDF
2	Pb 214	296	892±99	1022±97	130±139	DDF
3	Pb 214	353	1778±92	1962±90	184±129	DDF
4	Tl 208	511	854±86	697±84	57±91	DDF
5	Tl 208	584	929±63	915±49	-14±72	NEM
6	Bi 214	610	1763±70	1753±71	-10±64	NEM
7	Ac 228	912	442±45	457±45	15±47	DDF
8	Ac 228	970	236±40	233±40	-3±4	NEM
9	Bi 214	1121	238±41	261±40	34±4	DDF
10	Ta 182	1239	140±36	115±32	-25±48	NEM
11	K 40	1461	2756±109	2748±112	-8±156	NEM
12	Bi 212	728	14±47	253±44	239±64	Presente

NEM: no existe en la muestra, DDF: dentro del fondo

Como se observa en el espectro, la muestra de uvas Roja Globo, posee un elemento diferente de los encontrados en el fondo. Está numerado como el fotopico 12, y aparece en la escala de energía con un valor de 728keV. Según este valor de energía, se trata del isótopo radiactivo Bi 212.

El Bi 212 es un contaminante de origen natural que proviene del decaimiento radiactivo del Th 232, y en efecto, es el octavo elemento que aparece en su cadena de decaimiento, presentada en el capítulo 2. Al provenir de una cadena, se debe confirmar su presencia mediante la de otros elementos que forman parte de la misma cadena, en este caso, podemos observar que hay un aumento en la actividad del Pb 212, el valor de área que aparece en la tabla de resultados es de 253 ± 44 , mientras que en fondo la actividad es de 14 ± 47 .

El Th es un elemento que se encuentra naturalmente en los suelos de cultivo, por lo que es absorbido por la planta hasta llegar a las bayas. La cantidad de Th presente en la muestra está aún dentro del fondo, razón por la cual no se puede calcular específicamente la concentración. Esto a su vez, significa que se encuentra por debajo de las recomendaciones internacionales y no compromete la inocuidad del alimento.

Uva Sugarone Sin Semilla

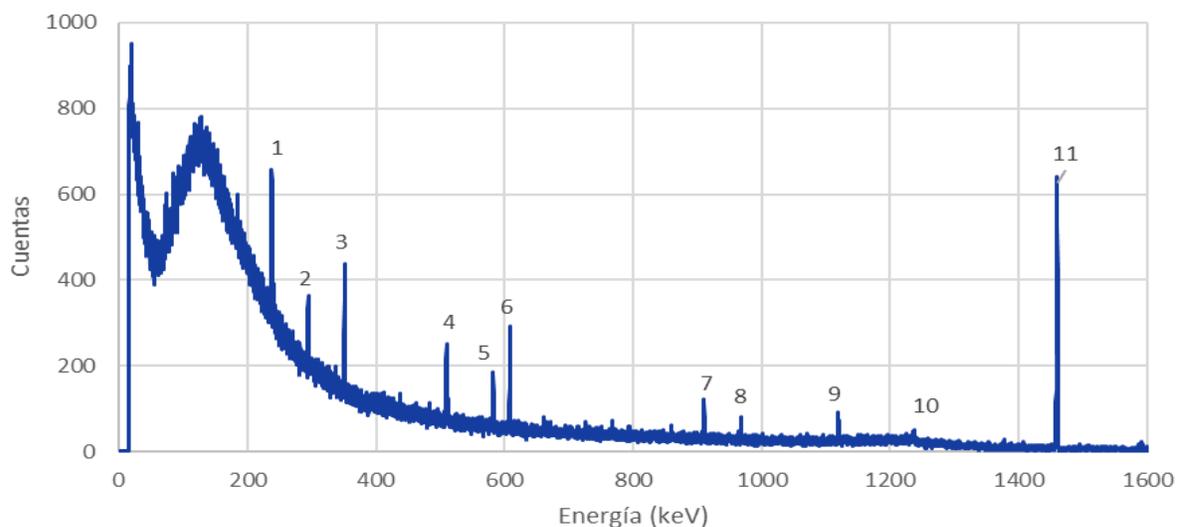


Gráfico 5-6 Espectro de uva Sugarone sin semilla

Tabla 5-6 Análisis de contenido radiológico en uva Sugarone sin semilla

Fotopico	Radioisótopo	Energía (keV)	ANF	ANM	Δ AN	Resultado
1	Pb 212	239	1543±127	1851±123	308±177	DDF
2	Pb 214	296	892±99	967±97	75±139	DDF
3	Pb 214	353	1778±92	1913±90	135±129	DDF
4	Tl 208	511	854±86	747±83	-107±120	DDF
5	Tl 208	584	929±63	898±60	-31±87	NEM
6	Bi 214	610	1763±70	1729±69	-34±98	NEM
7	Ac 228	911	442±45	439±47	-3±65	NEM
8	Ac 228	969	236±40	266±38	32±55	DDF
9	Bi 214	1121	238±41	211±41	-27±58	NEM
10	Ta 182	1239	140±36	115±32	-25±46	NEM
11	K 40	1461	2756±109	2963±111	207±156	DDF

NEM: no existe en la muestra DDF: dentro del fondo

Uvas Red Flame con semilla

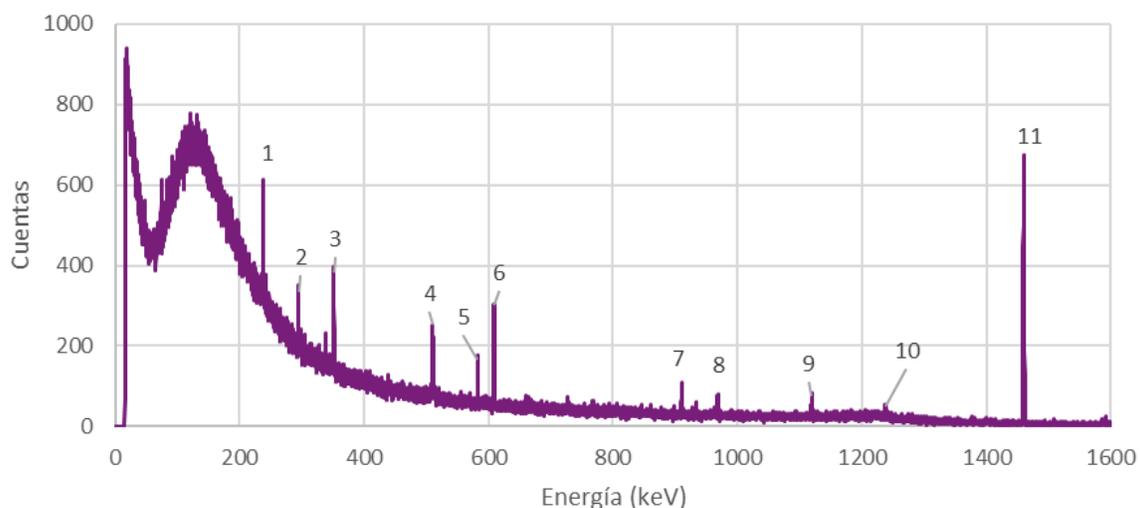


Gráfico 5-7 Espectro de uva Red Flame con semilla

Tabla 5-7 Análisis de contenido radiológico en uva Red Flame con semilla

Fotopico	Radioisótopo	Energía (keV)	ANF	ANM	Δ AN	Resultado
1	Pb 212	239	1543±127	1786±121	243±175	DDF
2	Pb 214	296	892±99	894±96	2±139	DDF
3	Pb 214	353	1778±92	1696±89	-82±129	NEM
4	Tl 208	511	854±86	778±81	-76±118	NEM
5	Tl 208	584	929±63	818±61	-111±87	NEM
6	Bi 214	610	1763±70	1620±69	-143±98	NEM
7	Ac 228	911	442±45	413±45	-29±64	NEM
8	Ac 228	969	236±40	231±39	-3±56	DDF
9	Bi 214	1121	238±41	277±41	39±58	DDF
10	Ta 182	1239	140±36	107±34	-33±47	NEM
11	K 40	1461	2756±109	2788±111	32±156	DDF

NEM: no existe en la muestra DDF: dentro del fondo

5.3 Cáscaras de uva

Cáscara de uva Roja Globo

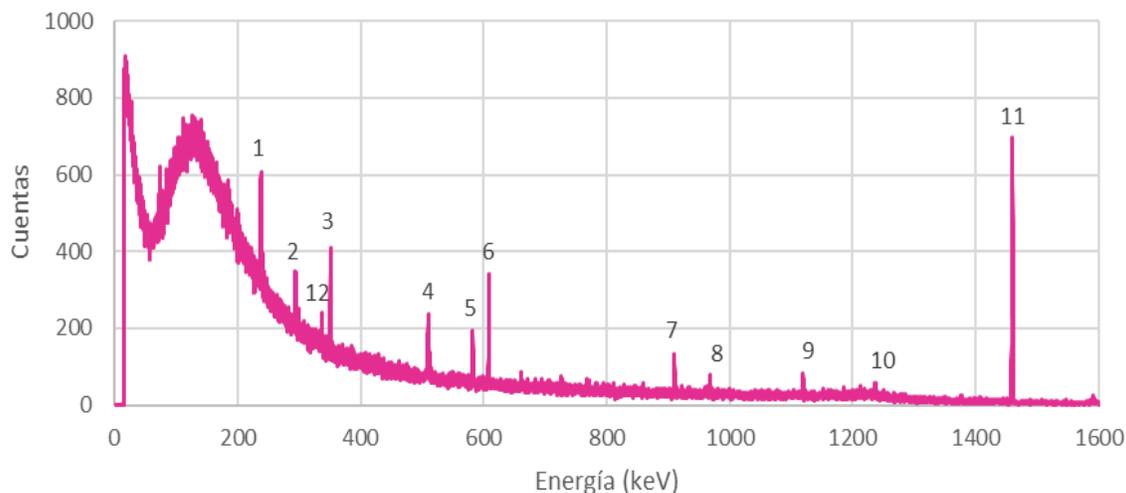


Gráfico 5-8 Espectro de la cáscara de uva Roja Globo

Tabla 5-8 Análisis de contenido radiológico en cáscara de uva Roja Globo

Fotopico	Radioisótopo	Energía (keV)	ANF	ANM	Δ AN	Resultado
1	Pb 212	239	1543±127	1704±122	161±176	DDF
2	Pb 214	296	892±99	911±96	19±138	DDF
3	Pb 214	353	1778±92	1900±88	122±127	DDF
4	Tl 208	511	854±86	619±84	-235±120	NEM
5	Tl 208	584	929±63	863±62	-66±88	NM
6	Bi 214	610	1763±70	1764±69	1±98	DDF
7	Ac 228	911	442±45	523±45	81±64	DDF
8	Ac 228	970	236±40	221±39	-15±56	NEM
9	Bi 214	1121	238±41	253±40	15±57	DDF
10	Ta 182	1239	140±36	91±35	-49±48	NEM
11	K 40	1461	2756±109	2976±114	220±158	DDF

NEM: no existe en la muestra DDF: dentro del fondo

La uva Roja Globo entera, con cáscara y semilla, mostró presencia de Bi 212 y Pb 212. Estos elementos no se encuentran presentes en la cáscara, no se observan los fotopicos de Bi 212 y el Pb 212, ni aumento en la actividad.

Cáscara de uvas Sugarone

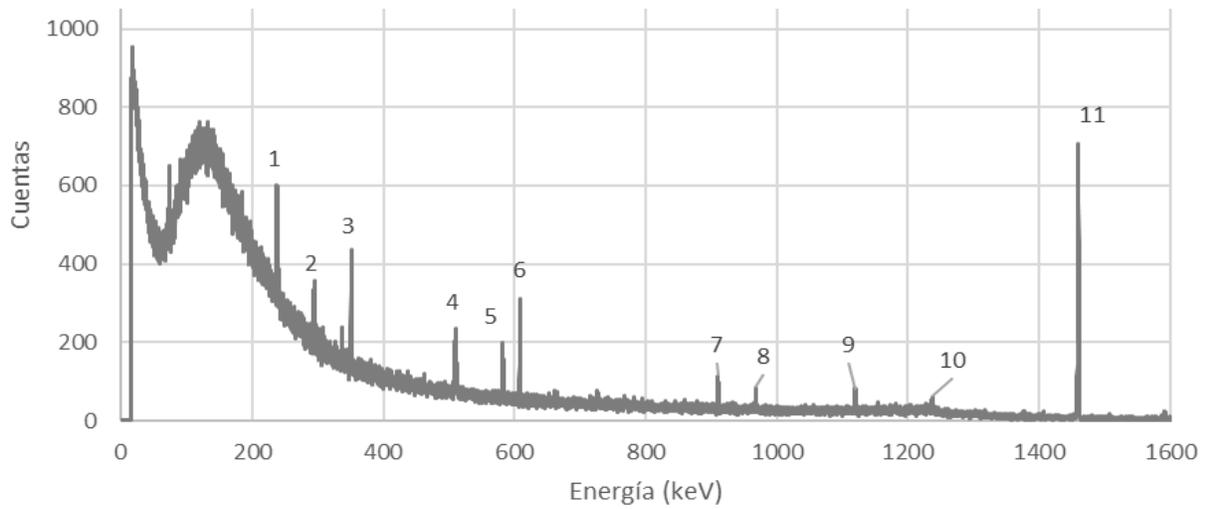


Gráfico 5-9 Espectro de la cáscara de uva Sugarone

Tabla 5-9 Análisis de contenido radiológico en cáscara de uva Sugarone

Fotopico	Radioisótopo	Energía (keV)	ANF	ANM	Δ AN	Resultado
1	Pb 212	239	1543±127	1851±123	308±177	DDF
2	Pb 214	296	892±99	967±97	75±139	DDF
3	Pb 214	353	1778±92	1913±90	135±129	DDF
4	Tl 208	511	854±86	747±83	-107±120	DDF
5	Tl 208	584	929±63	898±60	-31±87	NEM
6	Bi 214	610	1763±70	1729±69	-34±98	NEM
7	Ac 228	911	442±45	439±47	-3±65	NEM
8	Ac 228	969	236±40	266±38	32±55	DDF
9	Bi 214	1121	238±41	211±41	-27±58	NEM
10	Ta 182	1239	140±36	115±32	-25±46	NEM
11	K 40	1461	2756±109	2963±111	207±156	DDF

NEM: no existe en la muestra DDF: dentro del fondo

Cáscara de uva Red Flame

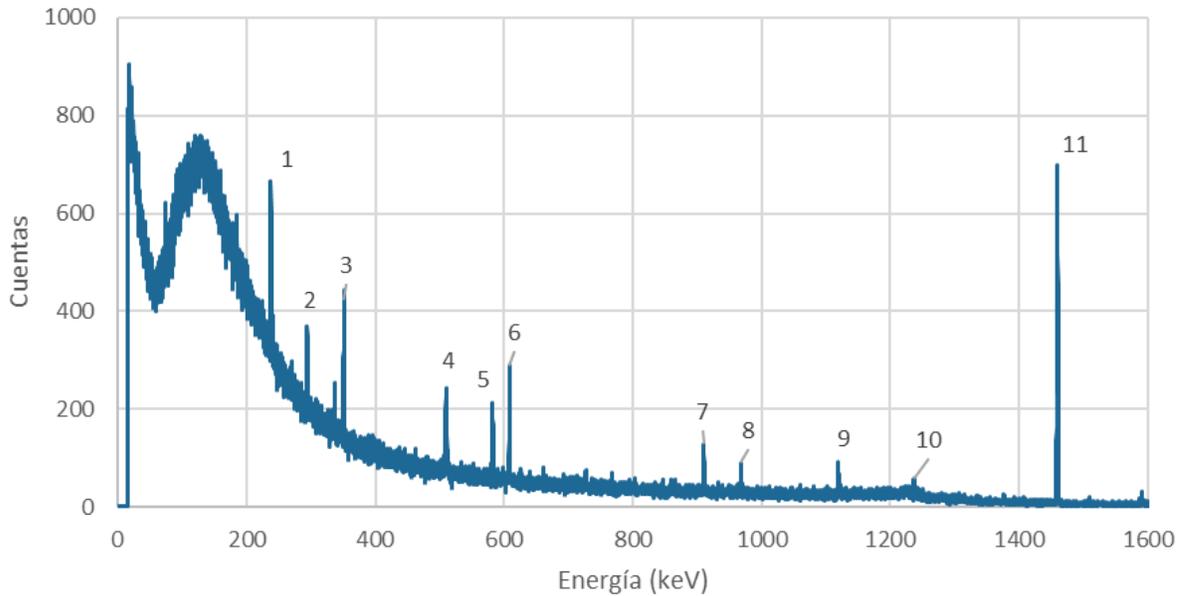


Gráfico 5-10 Espectro de la cáscara de uva Red Flame

Tabla 5-10 Análisis de contenido radiológico en cáscara de uva Red Flame

Fotopico	Radioisótopo	Energía (keV)	ANF	ANM	Δ AN	Resultado
1	Pb 212	239	1543±127	1939±123	396±177	DDF
2	Pb 214	296	892±99	962±95	70±137	DDF
3	Pb 214	353	1778±92	1794±89	16±128	DDF
4	Tl 208	511	854±86	638±83	-216±120	NEM
5	Tl 208	584	929±63	948±62	19±88	DDF
6	Bi 214	610	1763±70	1705±68	-58±98	NEM
7	Ac 228	911	442±45	399±48	-43±66	NEM
8	Ac 228	969	236±40	280±40	44±57	DDF
9	Bi 214	1121	238±41	343±38	105±56	DDF
10	Ta 182	1239	140±36	174±34	34±47	DDF
11	K 40	1461	2756±109	2910±115	154±158	DDF

NEM: no existe en la muestra DDF: dentro del fondo

5.4 Discusión de resultados

En cuanto a los resultados, podemos observar como las muestras de vino no presentaron contaminantes radiológicos, y no se observaron elementos diferentes a los del fondo.

La principal fuente de contaminantes para el vino son las uvas, ya que están expuestas al suelo de cultivo, del cual obtienen minerales y otros nutrimentos, durante la absorción de estos, puede entrar a la planta algún elemento radiactivo. En segundo lugar, el agua que se utilizada en el proceso, ésta puede contener material radiactivo y llevarlo hasta el vino.

En caso de encontrarse contaminación radiológica en vinos, es importante analizar las materias primas, así como hacer un seguimiento del proceso. En este caso no se encontraron contaminantes, razón por la cual no fue necesario profundizar en el proceso. Sin embargo, el presente trabajo establece el procedimiento de análisis para las uvas.

En las variedades de uva analizadas, la uva Roja Globo es la única que presentó contaminantes radiológicos. Se encontró una huella de Th 232, que no presenta emisiones de radiación gamma en el intervalo de energía utilizado, pero se detectó mediante la presencia de Bi 212 y Pb 212, ambos emiten radiación gamma y son provenientes de la cadena de decaimiento del Th 232.

El torio se puede encontrar en el suelo, rocas y en el agua. Los minerales que contienen torio son la monacita, torita y torianita. Estos son extraídos durante actividades de minería, y se utilizan para la fabricación de esmaltes para cerámica, revestimiento de linternas, soldadura de varillas, medios de contraste utilizados en radiología médica (ATSDR, 1990). De esta manera es como el elemento llega a productos alimentarios y, en general, estamos frecuentemente expuestos a materiales que contienen torio.

En el propio CODEX-STAN 193-1995, se menciona que: “los radionucleidos naturales, como el Th 232, están difundidos y se encuentran en todos los alimentos en diversos grados y, en esencia, las dosis de estos radionucleidos cuando están presentes de manera natural en la dieta son imposibles de controlar; por consiguiente, estos radionucleidos quedan excluidos de la tabla de dosis efectiva, pues no están asociados con situaciones de urgencia”.

Con los resultados del análisis realizado en esta investigación, la cantidad de Bi 212 y Pb 212 presentes en la uva Roja Globo, está dentro de la incertidumbre del fondo, lo cual significa que la cantidad del contaminante en el alimento es muy pequeña. Además, se debe considerar que el elemento es de origen natural y su sola presencia no está considerada como motivo de preocupación. El conteo obtenido está por debajo de los límites recomendados, por lo que el alimento es seguro en cuanto a su contenido radiológico.

En la cáscara de las uvas, ninguna de las muestras presentó contaminación radiológica, incluyendo la cáscara de las uvas Roja Globo. Lo cual significa que el elemento Th 232, al igual que el Bi 212 y Pb 212 que de él se derivan, no se depositan en la cáscara, sino que se mantiene en la pulpa de la baya, desde el principio de su formación hasta el final de la maduración.

En las variedades de uva Sugarone y Red Flame, no se observó aumento de la actividad de los isótopos radiactivos del fondo, ni alguno diferente. Con ello se determina que no hay elementos radiactivos presentes.

Entre los elementos radiactivos naturales que se encuentran con frecuencia en alimentos, destaca el K 40. Que representa aproximadamente el 11% del potasio presente en una muestra. En este caso, las uvas no mostraron poseer cantidades importantes de potasio, por lo que el K 40, en ningún momento fue mayor que en el fondo y no se realiza la determinación de potasio en las muestras.

La ausencia de K 40 en las muestras se atribuye al bajo contenido de potasio que, a su vez, es consecuencia del bajo contenido de potasio en el suelo de cultivo-

Finalmente, en el estudio no se determinó presencia de ningún contaminante artificial en las muestras. Éstos son de especial importancia en todos los reglamentos internacionales, y es obligatorio hacer la cuantificación al estar presentes en algún alimento.

Los contaminantes artificiales pueden llegar a los alimentos como consecuencia de accidentes en instalaciones nucleares, por lo que la vigilancia de estos radionúclidos que debe hacerse después del accidente se divide en dos zonas: en la zona cercana, es decir, hasta unas decenas de kilómetros de donde ocurrió el accidente; y en la zona lejana, para determinar cómo es que las zonas más alejadas del evento se ven expuestas a la contaminación por radiación (OMS, 1989).

Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones

En el presente estudio se establece un protocolo de análisis para la determinación de contenido radiológico en uvas y vinos de mesa. El protocolo se realizó de acuerdo con la metodología internacional reconocida en el CODEX hasta la actualidad, utilizando espectrometría gamma.

Este protocolo es aplicable en el campo de la investigación y en el ámbito institucional, siempre que se quiera conocer y certificar la seguridad radiológica de alimentos. La metodología para uvas de mesa y vinos de mesa, no está establecida en México.

Con base en el análisis realizado se determinó que las uvas de mesa y los vinos de mesa analizados se encuentran libres de contaminantes radiológicos artificiales: ^{239}Pu , ^{137}Cs , ^{134}Cs y ^{131}I .

Todas las muestras son inocuas en cuanto a su contenido radiológico.

Como parte de los resultados obtenidos se observa que los radioisótopos Th 232, Bi 212 y Pb 212 se depositan en la pulpa de las uvas por lo que, en estudios futuros, no es necesario retirar la cáscara.

Anexo 1 Definiciones

Actividad: Es el número de núcleos que se desintegran en la unidad de tiempo.

Átomo: La partícula más pequeña que en un elemento puede ser dividido sin perder sus propiedades químicas

Becquerel (Bq): equivale a 1 desintegración por segundo.

Canales: el analizador multicanal tiene una serie de pequeñas ventanas, denominadas canales; cada una de ellas acepta sólo los pulsos que poseen una altura determinada y los acumula. La información que se obtiene después de un cierto tiempo se traduce en un espectro de energías, que se construye haciendo una gráfica del número de cuentas acumulado en cada canal en función del número de éste, es decir, la energía.

Constante de decaimiento: Es la probabilidad de que un núcleo decaiga en un instante de tiempo.

Curio (Ci): se define como la actividad de 1g de ^{226}Ra , equivale 37×10^9 Bq.

Decaimiento alfa (α): forma de desintegración radiactiva por la cual un núcleo atómico emite una partícula alfa y se convierte en un núcleo con cuatro unidades menos de número másico y dos unidades menos de número atómico.

Decaimiento beta (β): es un proceso mediante el cual un núclido inestable emite una partícula beta (un electrón o positrón) para compensar la relación de neutrones y protones del núcleo atómico.

Decaimiento gamma (γ): es un tipo de radiación electromagnética, y por tanto constituida por fotones, producida generalmente por elementos radiactivos o por procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón.

Decaimiento radioactivo: Es un proceso en el que un núcleo inestable se transforma en uno más estable.

Detector: dispositivo destinado a detectar la radiación electromagnética.

Efecto Compton: consiste en el aumento de la longitud de onda de un fotón de rayos X cuando choca con un electrón libre y pierde parte de su energía. La frecuencia o la longitud de onda de la radiación dispersada dependen únicamente de la dirección de la trayectoria.

Efecto fotoeléctrico: consiste en la emisión de electrones por un material al incidir sobre él una radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general).

Electrón: Partícula elemental estable cargada negativamente y que constituye uno de los componentes fundamentales del átomo.

Excitación: es una elevación en el nivel de energía de un sistema físico, por encima de un estado de energía de referencia arbitrario, llamado estado fundamental.

Ionización: es el fenómeno químico o físico mediante el cual se producen iones, estos son átomos o moléculas cargadas eléctricamente debido al exceso o falta de electrones respecto a un átomo o molécula neutra.

Isóbaros: núclidos que tienen mismo número de masa, pero diferente número atómico

Isómeros: núclidos que tienen mismo número atómico y masa atómica.

Isótonos: núclidos que tienen mismo número de neutrones.

Isótopos: núclidos que tienen mismo número de protones, neutrones y masa.

Mosto: Jugo exprimido de la uva destinado a la elaboración de vino.

Núclido: es un elemento que tiene un número de protones y neutrones definidos.

Partícula alfa (α): Está formada por dos neutrones y dos protones.

Partícula beta: Está formado por un electrón, positivo o negativo, emitido en la desintegración de un núcleo atómico.

Positrón: es una partícula elemental, antipartícula del electrón. Posee la misma cantidad de masa y carga eléctrica; sin embargo, ésta es positiva. No forma parte de la materia ordinaria, sino de la antimateria, aunque se producen en numerosos procesos radioquímicas como parte de transformaciones nucleares.

Producción de pares: proceso por el cual una partícula de energía suficiente crea dos o más partículas diferentes. Este proceso es característico de los aceleradores de partículas, donde se hacen colisionar partículas como electrones y positrones de muy alta energía apareciendo toda clase de partículas que desconocíamos anteriormente.

Protón: partícula subatómica con una carga eléctrica positiva.

Radiación gamma: radiación electromagnética emitida durante una desexcitación nuclear, es extraordinariamente penetrante.

Radiación ionizante: Es una forma de energía electromagnética capaz de producir iones en los átomos de la materia con la cual entra en contacto.

Radiación: energía o partículas materiales que se propagan a través del espacio.

Radioactividad: es propiedad de ciertos elementos químicos cuyos núcleos atómicos son inestables.

Resistividad específica: Una medida a la oposición que presenta un material a flujo de una corriente

Serie radiactiva: grupo de núcleos en el que cada uno se forma por desintegración del anterior. El primer núcleo de la serie recibe el nombre de padre o cabeza de la serie, el último que es estable, el de producto final de la serie. Cada serie suele designarse por el nombre del primer núcleo de vida media más larga.

Torio: elemento químico de número atómico 90 y su símbolo Th. Pertenece a la serie de los actinios. Todos sus isótopos son radioactivos; varios de ellos existen en la naturaleza. Destaca el ^{232}Th , que constituye prácticamente el 100% del torio existente y es la cabeza de la serie radiactiva.

Uranio: elemento químico de número atómico 92 y símbolo U. Pertenece a la serie de los actínidos. Todos sus isótopos son radioactivos. Existen en la naturaleza como la mezcla de tres isótopos: ^{238}U , ^{235}U y ^{234}U . Los dos primeros tienen vidas medias muy largas y son la cabeza de las series radiactivas naturales del uranio y del actinio, respectivamente; el ^{234}U pertenece a la serie del uranio. Es un material fisionable y el combustible por excelencia de los reactores nucleares, gracias a su isótopo natural ^{235}U . En algunos reactores se utiliza uranio que contiene este último isótopo en mayor proporción que el natural.

Vida media: Es el intervalo de tiempo necesario para el que el número de átomos de un núcleo inestable se reduzca a la mitad por desintegración espontánea.

Bibliografía

Bibliografía

- ✓ Belitz, H., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Food chemistry. Berlin: Springer.
- ✓ Espinosa, G. (2018) Salud Pública
- ✓ Hidalgo Togores, J. (2006). *Tratado de Enología* (2da ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa Libros.
- ✓ Iturbe G., José L. (2001). *Fundamentos de Radioquímica* (1ra ed.). Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- ✓ OMS. (1989). Niveles de intervención derivados para radionucleidos en los alimentos (1st ed.). Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- ✓ Pilar Ávila Rey, M., Calvino Casilda, V., & López Peinado, A. (2018). *Introducción a la radioquímica* (1st ed.). Madrid, España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- ✓ Serway, R., & Beichner, R. (2002). *Física para ciencias e ingeniería*. México: McGraw Hill.
- ✓ Timberlake, K., & Campos Olguín, V. (2013). Química general, orgánica y biológica. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.
- ✓ NMX-FF-026-1994. (1995). PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA USO HUMANO FRUTA FRESCA. UVA DE MESA (VITIS VINIFERA L.) ESPECIFICACIONES
- ✓ FAO. (1995). Codex alimentarius: volumen 13: Frutas y Hortalizas. Roma: FAO.
- ✓ OMS. (1989). Niveles de intervención derivados para radionucleidos en los alimentos (1st ed.). Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

Recursos electrónicos

- ✓ Agency for Toxic Substances and Disease Registry ([Atsdr.cdc.gov](https://www.atsdr.cdc.gov)). (2020).. Toxicological profile for thorium. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and

- Human Services, Public Health Service. Revisado el 2 de febrero de 2020, en <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=121>
- ✓ CEDRSSA (2017). Investigación Interna: La vid en México. (1ra ed.). Ciudad de México, México. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Revisado el 16 Julio del 2019, en http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/cedrssa/lxiii/invinter_vid_mex.pdf
 - ✓ Consejo Mexicano Vitivinícola. (2019). Uvayvino.org.mx. Revisado el 16 de Julio del 2019, en http://uvayvino.org.mx/index.php/inicio/datos_industria
 - ✓ Download trade data | UN Comtrade: International Trade Statistics. (2019). Comtrade.un.org. Revisado el 16 Julio de 2019, en <https://comtrade.un.org/data/>
 - ✓ Efectos de la radiación sobre la salud | US EPA. (2017). US EPA. Retrieved 14 June 2020, from <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-de-la-radiacion-sobre-la-salud>
 - ✓ Medicina Nuclear. (2020). Rpop.iaea.org. Visto el 19 de enero de 2020, en https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content-es/AdditionalResources/Training/1_TrainingMaterial/NuclearMedicine.htm
 - ✓ Overview of Irradiation of Food and Packaging. (2018). U.S. Food and Drug Administration. Revisado el 30 Julio de 2019, en <https://www.fda.gov/food/irradiation-food-packaging/overview-irradiation-food-and-packaging>
 - ✓ Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección. (2016). Who.int. Retrieved 13 June 2020, from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>
 - ✓ Si no es inocuo, no es un alimento. (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved 12 June 2020, from <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1180083/>
 - ✓ SIAP (2018) Atlas Agroalimentario 2012-2018 (1ra ed.). Ciudad de México, México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Revisado el 15

Julio de 2019 en

https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018

- ✓ U.S.D.A. (2019) FoodData Central: Grapes, raw, NS to type. Revisado el 16 de Julio de 2019 en <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#!/?query=grape>

Tesis consultadas

- ✓ García Cerecedo, M.G. (2018). Estudio y análisis de contaminantes radiológicos por espectrometría de radiación gamma en diversas especies de camarón. (Licenciatura). UNAM.
- ✓ Gutiérrez Zavala, D. (2018). Análisis de contaminantes radiológicos y contenido de potasio en Hortalizas (tomate verde y pimiento morrón) por métodos nucleares (Licenciatura). UNAM.
- ✓ Pérez Figueroa, H.E. (2001) Caracterización del contenido radiactivo gamma del suelo de la costa sur de Guatemala. (Licenciatura). USCG
- ✓ Sánchez Martínez, S. (2017). Estudio y análisis de contaminantes radiológicos en maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) en diferentes variedades y tipos, por métodos nucleares (Licenciatura). UNAM.