

R. 48.544

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE QUIMICA INORGANICA. SECCION DE RADIOQUIMICA

ESTUDIO, CON FINES ANALITICOS, DE LA EXTINCION POR COLOR DE LA
RADIACION ČERENKOV PRODUCIDA POR RADISOTOPOS SITUADOS EN
CAPILARES DE VIDRIO

MARIA DE LOS ANGELES FERRO GARCIA

Tesis Doctoral

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
GRANADA
Nº Documento <u>613541456</u>
Nº Copia <u>15527025</u>



UNIVERSIDAD DE GRANADA

1979

Michael J. Seal

Tesis doctoral, dirigida por el Prof. Dr. D. Juan de Dios López González, catedrático de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias de Granada y por el Dr. D. Cecilio González Gómez, Colaborador Científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Profesor de Radioquímica de la Facultad de Ciencias de Granada. Fue leída el día 10 de noviembre de 1979, ante el tribunal formado por los Profesores: Gutiérrez Ríos, Madrid; López González, Granada; Capitán García, Granada; Alonso Matthias, Madrid; González Gómez, Granada. Obtuvo la calificación de sobresaliente "cum laude".

María de los Angeles Ferro García

ESTUDIO, CON FINES ANALITICOS, DE LA EXTINCION
POR COLOR DE LA RADIACION ČERENKOV PRODUCIDA
POR RADISOTOPOS SITUADOS EN CAPILARES DE VIDRIO

Sección de Radioquímica
Departamento de Química Inorgánica
Facultad de Ciencias

El presente es un libro que trata sobre la vida de los niños y niñas en el mundo. En él se describen sus hábitos, costumbres y formas de vida. Se trata de un libro que puede servir de guía a los padres y maestros para que conozcan mejor a sus hijos y alumnos.

Este libro está dividido en tres partes. La primera trata de la vida de los niños y niñas en el mundo. La segunda trata de la vida de los niños y niñas en el mundo. La tercera trata de la vida de los niños y niñas en el mundo.

Este libro es un libro que trata sobre la vida de los niños y niñas en el mundo. En él se describen sus hábitos, costumbres y formas de vida. Se trata de un libro que puede servir de guía a los padres y maestros para que conozcan mejor a sus hijos y alumnos.

A mis padres

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento al Prof. Dr. D. Juan de Dios López-González y al Dr. D. Cecilio González Gómez, sin cuya acertada dirección, contínuos consejos y estímulos no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

También quiero agradecer la colaboración de todos mis compañeros del Departamento de Química Inorgánica y en especial a M^a Angustias Romero Molina y a Juan Manuel Salas Peregrín.

He de expresar, asimismo, mi gratitud a las señoritas Gloria Liñán y Concepción Ramos por el interés y eficiencia mostrados en los trabajos mecanográficos relativos a la confección de esta tesis.



BIBLIOGRAPHY

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION 1

2. LE PROBLEME 2

3. LA METHODE 3

4. LES RESULTATS 4

5. CONCLUSION 5

INDICE

1. INTRODUCTION 1

2. LE PROBLEME 2

3. LA METHODE 3

4. LES RESULTATS 4

5. CONCLUSION 5

6. BIBLIOGRAPHIE 6

7. TABLE DES MATIÈRES 7

8. ANNEXES 8

9. INDEX 9

INDICE

	<u>Págs.</u>
I .- <u>INTRODUCCION</u>	19
II .- <u>MATERIALES UTILIZADOS</u>	47
2.1.- RADISOTOPOS	49
2.1.1.- Estroncio-90/Ytrio-90	49
2.1.2.- Talio - 204	50
2.1.3.- Cloro - 36	51
2.1.4.- Cobalto - 60	52
2.2.- DISOLUCIONES RADIATIVAS	52
2.2.1.- Disolucion de Estroncio-90/Ytrio-90.....	53
2.2.2.- Disolución de Talio-204	53
2.2.3.- Disolución de Cloro-36	53
2.2.4.- Disolución de Cobalto-60	54
2.3.- SUSTANCIAS COLOREADAS	54
2.4.- MICROPIPETAS	55
2.5.- VIALES DE CONTAJE	57
2.6.- CAPILARES DE VIDRIO	57
2.7.- ESPECTROFOTOMETRO	57
2.8.- REFRACTOMETRO	58
2.9.- ESPECTROMETRO DE CENTELLEO LIQUIDO	58
III .- <u>METODOS EXPERIMENTALES</u>	61
3.1.- FIJACION DE LOS PARAMETROS Y CONDICIONES EX- PERIMENTALES	63

	<u>Págs.</u>
3.1.1. - Preparación de las disoluciones coloreadas ...	63
3.1.2. - Espectros de absorción óptica de las disoluciones coloreadas utilizadas	65
3.1.3. - Medida de las densidades ópticas de las disoluciones coloreadas	65
3.1.4. - Preparación de las disoluciones radiactivas ...	66
3.1.5. - Elección del tipo de capilar de vidrio	66
3.1.6. - Forma del radisótopo en el capilar	67
3.1.7. - Determinación de la atenuación óptima para la medida de los radisótopos seleccionados	67
3.1.8. - Determinación del volumen óptimo de líquido en el vial	74
3.1.9. - Elección de la actividad de referencia A_0	87
3.1.10. - Influencia de la orientación del vial	87
3.2. - MEDIDA DE LOS INDICES DE REFRACCION DE LAS DISOLUCIONES COLOREADAS UTILIZADAS.....	88
3.3. - EXPERIENCIAS SOBRE LA EXTINCION POR COLOR DE LA RADIACION ČERENKOV.....	90
3.3.1. - Variación de los espectros Čerenkov de los radisótopos utilizados con la densidad óptica de las disoluciones coloreadas.....	90
3.3.2. - Variación de la velocidad de contaje y de la actividad relativa con la concentración de sustancia coloreada	91

	<u>Págs.</u>
IV. - <u>RESULTADOS EXPERIMENTALES</u>	93
4.1. - ESPECTROS DE ABSORCION OPTICA DE LAS DISOLU- CIONES COLOREADAS QUE SE HAN UTILIZADO	95
4.2. - DENSIDADES OPTICAS DE LAS DISOLUCIONES COLO- READAS	103
4.3. - INDICE DE REFRACCION DE LAS DISOLUCIONES CO- LOREADAS QUE SE HAN UTILIZADO	107
4.4. - RESULTADOS OBTENIDOS CON EL RADISOTOPO ES- TRONCIO-90/YTRIO-90	108
4.4.1. - Estroncio-90/Ytrio-90 en Anaranjado de Metilo.	108
4.4.1.1. - Variación del espectro \checkmark Čerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de Anaranjado de Metilo.....	108
4.4.1.2. - Variación del contaje \checkmark Čerenkov y de la actividad relativa del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de Anaranjado de Me- tilo	111
4.4.2. - Estroncio-90/Ytrio-90 en Azul de Metileno	114
4.4.2.1. - Variación del espectro \checkmark Čerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de Azul de Metileno	114
4.4.2.2. - Variación del contaje \checkmark Čerenkov y de la actividad relativa del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de Azul de Metileno..	117
4.4.3. - Estroncio-90/Ytrio-90 en Nitrato de Cobalto (II).	
4.4.3.1. - Variación del espectro \checkmark Čerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de - Nitrato de Cobalto (II)	120

	<u>Págs.</u>
4.4.3.2. - Variación del contaje Čerenkov y de la actividad relativa del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de Nitrato de Cobalto (II).....	123
4.4.4. - Estroncio-90/Ytrio-90 en Rojo Congo	126
4.4.4.1. - Variación del espectro Čerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de Rojo Congo	126
4.4.4.2. - Variación del contaje Čerenkov y de la actividad relativa del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de Rojo Congo.	129
4.4.5. - Estroncio-90/Ytrio-90 en Verde Janus	132
4.4.5.1. - Variación del espectro Čerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de Verde Janus	132
4.4.5.2. - Variación del contaje Čerenkov y de la actividad relativa del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de Verde Janus.	135
4.4.6. - Estroncio-90/Ytrio-90 en Violeta Cristal	138
4.4.6.1. - Variación del espectro Čerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de Violeta Cristal	138
4.4.6.2. - Variación del contaje Čerenkov y de la actividad relativa del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de Violeta Cristal	143
4.5. - RESULTADOS OBTENIDOS CON EL RADISOTOPO TALIO-204	148

	<u>Págs.</u>
4.5.1. - Talio-204 en Anaranjado de Metilo	148
4.5.1.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de Anaranjado de Metilo	148
4.5.1.2. - Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{204}Tl con la concentración de Anaranjado de Metilo	151
4.5.2. - Talio-204 en Azul de Metileno	154
4.5.2.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de Azul Metileno	154
4.5.2.2. - Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{204}Tl con la concentración de Azul de Metileno ..	157
4.5.3. - Talio-204 en Nitrato de Cobalto (II)	160
4.5.3.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de Nitrato de Cobalto (II)	160
4.5.3.2. - Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{204}Tl con la concentración de Nitrato de Cobalto (II), en etanol	163
4.5.4. - Talio-204 en Rojo Congo	166
4.5.4.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de Rojo Congo	166

	<u>Págs.</u>
4. 5. 4. 2. - Variación del \checkmark contaje Čerenkov y de la actividad relativa del ^{204}Tl con la concentración de Rojo Congo	169
4. 5. 5. - Talio-204 en Verde Janus	172
4. 5. 5. 1. - Variación del espectro \checkmark Čerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de Verde Janus	172
4. 5. 5. 2. - Variación del \checkmark contaje Čerenkov y de la actividad relativa del ^{204}Tl con la concentración de Verde Janus	175
4. 5. 6. - Talio-204 en Violeta Cristal	178
4. 5. 6. 1. - Variación del espectro \checkmark Čerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de Violeta Cristal	178
4. 5. 6. 2. - Variación del \checkmark contaje Čerenkov y de la actividad relativa del ^{204}Tl con la concentración de Violeta Cristal.....	183
4. 6. - RESULTADOS OBTENIDOS CON EL RADISOTOPO CLORO-36	188
4. 6. 1. - Cloro-36 en Anaranjado de Metilo	188
4. 6. 1. 1. - Variación del espectro \checkmark Čerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de Anaranjado de Metilo	188
4. 6. 1. 2. - Variación del \checkmark contaje Čerenkov y de la actividad relativa del ^{36}Cl con la concentración de Anaranjado de Metilo	191
4. 6. 2. - Cloro-36 en Azul de Metileno	194

4.6.2.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de Azul de Metileno	194
4.6.2.2. - Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{36}Cl con la concentración de Azul de Metileno...	197
4.6.3. - Cloro-36 en Nitrato de Cobalto (II)	200
4.6.3.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de Nitrato de Cobalto (II)	200
4.6.3.2. - Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{36}Cl con la concentración de Nitrato de Cobalto (II)	203
4.6.4. - Cloro-36 en Rojo Congo	206
4.6.4.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de Rojo Congo	206
4.6.4.2. - Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{36}Cl con la concentración de Rojo Congo	209
4.6.5. - Cloro-36 en Verde Janus	212
4.6.5.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de Verde Janus	212
4.6.5.2. - Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{36}Cl con la concentración de Verde Janus	215

	<u>Págs.</u>
4.6.6. - Cloro-36 en Violeta Cristal	218
4.6.6.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de Violeta Cristal	218
4.6.6.2. - Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{36}Cl con la concentración de Violeta Cristal	223
4.7. - RESULTADOS OBTENIDOS CON EL RADISOTOPO COBALTO-60	228
4.7.1. - Cobalto-60 en Anaranjado de Metilo	228
4.7.1.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de Anaranjado de Metilo	228
4.7.1.2. - Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{60}Co con la concentración de Anaranjado de Metilo ...	231
4.7.2. - Cobalto-60 en Azul de Metileno	234
4.7.2.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de Azul de Metileno	234
4.7.2.2. - Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{60}Co con la concentración de Azul de Metileno	237
4.7.3. - Cobalto-60 en Nitrato de Cobalto (II)	240
4.7.3.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de Nitrato de Cobalto (II)	240

4.7.3.2. - Variación del \checkmark errenkov y de la actividad relativa del ^{60}Co con la concentración de Nitrato de Cobalto (II)	243
4.7.4. - Cobalto-60 en Rojo Congo	246
4.7.4.1. - Variación del espectro \checkmark errenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de Rojo Congo	246
4.7.4.2. - Variación del \checkmark errenkov y de la actividad relativa del ^{60}Co con la concentración de Rojo Congo	249
4.7.5. - Cobalto-60 en Verde Janus	252
4.7.5.1. - Variación del espectro \checkmark errenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de Verde Janus	252
4.7.5.2. - Variación del \checkmark errenkov y de la actividad relativa del ^{60}Co con la concentración de Verde Janus	255
4.7.6. - Cobalto-60 en Violeta Cristal	258
4.7.6.1. - Variación del espectro \checkmark errenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de Violeta Cristal	258
4.7.6.2. - Variación del \checkmark errenkov y de la actividad relativa del ^{60}Co con la concentración de Violeta Cristal	263

	<u>Págs.</u>
V.- <u>DISCUSION DE LOS RESULTADOS</u>	269
VI.- <u>CONCLUSIONES</u>	363
VII.- <u>BIBLIOGRAFIA</u>	369

INTRODUCTION

I.- INTRODUCCION

1. - INTRODUCCION

El gran interés despertado por las técnicas radioquímicas y la enorme cantidad de aplicaciones de las mismas reside en el hecho de que un átomo radiactivo es, desde el punto de vista químico, totalmente indiferenciable de su isótopo inactivo pues se comporta exactamente igual en todas las reacciones químicas en que interviene ; pero, en cambio, es un átomo "marcado" cuyas subsiguientes evoluciones químicas ó biológicas podemos seguir constantemente gracias a las radiaciones emitidas, las cuales pueden detectarse por procedimientos relativamente simples (contadores Geiger, emulsiones fotograficas, etc.).

De todas las técnicas de detección y medida de las radiaciones, merecen especial mención los contadores de centelleo líquido, de gran importancia para la medida de emisores de partículas beta de baja energía especialmente, ^{14}C y ^3H .

La gran trascendencia de estos dos isótopos como trazadores en la investigación biológica, ha sido, sin duda, un factor decisivo en el rápido desarrollo alcanzando por esta técnica de medida. De forma que los contadores de centelleo líquido han llegado a sustituir en estos últimos años a los sencillos contadores Geiger-Müller y Cámaras de Ionización, como métodos de contaje para la detección y medida de emisores beta débiles.

El principio en que se fundamentan los contadores de centelleo, está basado en los destellos de luz que acompañan a la interacción de las radiaciones nucleares con determinados materiales llamados centelleadores, los cuales convierten una fracción de la energía absorbida en la interacción, en radiación fluorescente. Ya en 1903 Sir William Crookes utilizó los destellos luminosos producidos por un haz de partículas alfa sobre una pantalla de Sulfuro de Zinc, para detectar este tipo de partículas. Este mismo método fué aplicado por E. Rutherford en su aparato, llamado espintariscopio para medir el alcance de las partículas alfa en el aire y determinar su diámetro (1,2).

Dicho método era muy engorroso y solo permitía la medida de muestras de muy baja actividad, pues el ojo humano solo podía apreciar destellos a una velocidad de unos 60 por minuto, como máximo; por ello, el método permaneció olvidado durante mucho tiempo, hasta que Broser, Kallmann y algunos otros autores encontraron en el año 1947, un método para detectar los destellos luminosos más cómodo y preciso que la observación visual, basándose en el empleo de una célula fotoeléctrica y un amplificador (tubo fotomultiplicador) cuya señal podía ser detectada electrónicamente.

Unos años más tarde estos mismos autores (3) encontraron que disoluciones diluidas de ciertas sustancias orgánicas podían usarse en el conteo de partículas beta. El objetivo principal de estos investigadores - era encontrar centelleadores con una alta transparencia a la luz que ellos mismo emiten, así como, conseguir una geometría de conteo para partículas beta de 4π radianes, mezclando íntimamente el radioisótopo con el centelleador orgánico en un disolvente común.

Las sustancias luminiscentes normalmente empleadas en los detectores de centelleo, suelen ser cristales inorgánicos ó bien compuestos orgánicos en forma cristalina ó en disolución.

Como sustancias centelleadoras inorgánicas las más utilizadas son el sulfuro de zinc activado con plata, SZn (Ag) y el yoduro de sodio activado con talio, INa (TI) . El primero de ellos es utilizado generalmente para la detección de partículas corpusculares cargadas (protones, partículas alfa, etc.), siendo el yoduro de sodio activado con talio el centelleador inorgánico más utilizado, debido a sus favorables características. En primer lugar presenta una alta eficiencia de conversión luminosa para electrones, a la vez que una alta transparencia a la luz emitida ; por otra parte, se da la circunstancia de que más del ochenta por ciento de su peso está constituido por átomos de yodo, los cuales, por tener un número atómico relativamente elevado ($Z = 53$) presentan una gran probabilidad de interacción fotoeléctrica con la radiación gamma, por lo que pueden ser utilizados para la detección y medida de ésta (2).

Como se indicó anteriormente, se conocen otros materiales de excelentes propiedades luminiscentes, formados por cristales orgánicos y disoluciones líquidas de los mismos. El proceso de emisión de luz en compuestos orgánicos, sólidos ó líquidos, es un fenómeno puramente molecular, es decir, un fenómeno en el cual interviene la molécula como un conjunto y no los electrones aislados como en los cristales inorgánicos. La emisión del fotón luminoso tiene lugar cuando la molécula cae de su primer estado electrónico de excitación al estado fundamental. Dentro de este tipo de sustancias las mas utilizadas son los centelleadores líquidos, que constituyen

tal vez, el método más importante que existe actualmente para la medida de emisores beta de baja energía.

Los centelleadores líquidos son unas disoluciones orgánicas (solute y disolvente orgánico) que emiten fotones luminosos en su interacción con la radiación ionizante. Los disolventes son sustancias aromáticas caracterizadas por anillos bencénicos, siendo los electrones π de los anillos los responsables de la absorción de parte de la energía cedida en el medio por la radiación. Las moléculas del disolvente pueden emitir fluorescencia correspondiente a la transición del estado excitado, al fundamental, con una probabilidad ó eficiencia q . Esta probabilidad q se define como la relación entre el número de fotones emitidos y el número de moléculas originalmente excitadas. Para los disolventes orgánicos esta probabilidad, es alrededor de 0,1, pero para los solutos utilizados en centelleo líquido, dicha probabilidad se aproxima a la unidad (4).

Las moléculas del disolvente transfieren su energía de excitación al soluto, obteniéndose altas eficiencias de contaje cuando la concentración de soluto es del orden de unos pocos g/l, ya que entonces, prácticamente todas las moléculas excitadas del disolvente transfieren su energía a moléculas de centelleador. Este último es, por tanto, responsable principal de la emisión de los fotones, los cuales, captados por el fotomultiplicador, originan el impulso registrado por el aparato y cuya altura depende de la energía liberada por la radiación en el interior del vial, así como de la naturaleza de la radiación incidente. Por todo ello, este tipo de contadores son muy adecuados para estudios de espectrometría de las radiaciones, permitiendo medir selectivamente unas radiaciones en presencia de otras, con tal que se diferencien en su energía.

La producción de "cuantos" fluorescentes se encuentra disminuida por la presencia de moléculas no-fluorescentes, las cuales compiten con las del soluto por la energía de excitación de las moléculas del disolvente. Estas moléculas no-fluorescentes disipan la energía de excitación en energía cinética ó en calor (fenómeno de extinción) perdiéndose, por tanto, la posibilidad de registro de algunas desintegraciones, a la vez que, por esta causa, el espectro energético de la radiación beta se desplaza a zonas de menor energía.

Existen dos tipos de extinción:

- a) Extinción química .
- b) Extinción por color.

La primera de ellas responde fundamentalmente a un mecanismo semejante al descrito, en donde las moléculas no fluorescentes pueden chocar con las moléculas de disolvente ó de soluto para formar complejos, los cuales pueden ser moléculas no excitadas ("quenching" estático), ó moléculas excitadas ("quenching" dinámico).

La formación de estos complejos es un proceso de difusión controlado, como recientemente lo ha demostrado Birks (5, 6) y la magnitud del fenómeno de extinción depende:

- a. - Del período de vida del disolvente.
- b. - Del período de vida del centelleador.
- c. - De la naturaleza y concentración molar del centelleador.

Por estas causas solo aquellos materiales fluorescentes que emiten luz en un corto período de tiempo ($< 10^{-8}$ seg.) son útiles para la

detección y medida de las radiaciones nucleares, formando parte de los contadores de centelleo.

La extinción por color anteriormente citada se origina por la absorción total ó parcial de los fotones emitidos por sustancias coloreadas presentes en la muestra. Se han realizado diversos estudios sobre la naturaleza física de los fenómenos de extinción (7, 8). La presencia de estos fenómenos de extinción da lugar a una disminución en las eficiencias de conteo de muestras radiactivas, muy especialmente cuando se trabaja con emisores beta débiles (^3H , ^{14}C , ^{35}S) ó la medida se realiza sobre muestras fuertemente coloreadas.

Tratando de solucionar este problema numerosos autores describen técnicas y procedimientos para corregir y eliminar este inconveniente. Así, Herberg (9) utiliza la adición, con posterioridad al conteo, de muestras con ^{14}C ó ^3H de actividades perfectamente conocidas. Este método de corrección de la extinción se conoce como método del patrón interno.

Otros autores utilizan el método del patrón externo, que consiste en la interacción por efecto Compton de rayos X ó gamma de energía adecuada (^{133}Ba , ^{226}Ra), con el vial sometido a conteo (10, 11). G. A. Bruno y J. E. Christian (12) encuentran un procedimiento para corrección de la extinción, determinando la relación existente entre el cociente de actividades registradas en dos ventanas del canal (pudiendo utilizarse también para ello el patrón externo) y el grado de extinción de la muestra (Métodos de relación de canales).

El objetivo principal de este trabajo, que constituye una continuación del ya realizado en el Departamento de Química Inorgánica (Sección de Radioquímica), (84-88) es contribuir a un mayor conocimiento acerca de la naturaleza de la extinción por color en las técnicas de contaje Čerenkov.

Hasta hace unos pocos años, las técnicas de contaje Čerenkov eran relativamente desconocidas en los laboratorios de investigación; sin embargo, recientemente están siendo utilizadas por muchos investigadores para la medida cuantitativa de radionúclidos emisores-beta y emisores beta-gamma. El interés de esta técnica, comparada con las técnicas de centelleo líquido, es debido, en parte, a la facilidad en el empleo de equipos de contaje de centelleo líquido, sin modificar, así como a la obtención de buenas eficiencias de contaje sin el uso de centelleadores orgánicos, eliminando de esta forma la extinción química, que tiene lugar (como ya se indicó anteriormente) con el uso de tales centelleadores; al mismo tiempo, se eliminan los problemas de solubilización de la muestra, ya que cualquier líquido transparente puede ser usado como generador de luz Čerenkov. Otra consideración importante es la gran simplicidad en la preparación de la muestra, pudiendo ésta ser fácilmente recuperable, posteriormente, por procesos químicos.

La emisión Čerenkov fué observada por primera vez en disoluciones de sustancias radiactivas por Madame Curie (13) en 1910, pero debido a su baja intensidad luminosa no fué usada como método de medida hasta finales de 1940, con la invención del tubo fotomultiplicador.

En la bibliografía consultada, encontramos que el primer estudio serio de este fenómeno fué realizado por Mallet (14, 15) durante 1926 a

1929, el cual fué olvidado. Este investigador encontró que la luz emitida por una amplia variedad de cuerpos transparentes, colocados junto a una fuente radiactiva, presentaba siempre la misma tonalidad blanco-azulada, y a la vez un espectro contínuo, no presentando la línea ó banda de estructura característica de la fluorescencia ó bremsstrahlung. El mismo fué el primero en apreciar la generalidad del fenómeno y en notar otros muchos aspectos que le diferencian de la fluorescencia ó de otras formas de luminiscencia conocidas. Estos trabajos fueron llevados a cabo basandose tanto en la observación visual, como por medio de los registros fotográficos obtenidos por largo tiempo de exposición.

Desgraciadamente Mallet no continuó sus trabajos, ni intentó dar una explicación satisfactoria sobre el origen de la luz emitida, permaneciendo el tema latente hasta que, en 1934, Čerenkov (16) empezó una serie exhaustiva de experiencias. Dichas investigaciones fueron notables por su simplicidad y por el excelente acuerdo con las explicaciones teóricas - previstas por sus colegas Frank y Tamm en 1937 (17).

Parece ser que Čerenkov no tenía conocimiento del anterior trabajo de Mallet, si bien, él también encontró el problema accidentalmente a través de estudios de fluorescencia (18). Experiencias análogas llevaron a Gisburg (19) en 1940 a exponer una teoría cuantica del fenómeno, el cual fué conocido desde entonces, como radiación Čerenkov. Más tarde, en 1950, Belcher (20) mediante el uso de un tubo fotomultiplicador enfriado con nitrógeno líquido, observó una débil luminiscencia producida en disoluciones - acuosas que contenían emisores-beta de baja energía, al realizar un estudio experimental y teórico del problema llegó a atribuir a la radiación -

Čerenkov la aparición de esta luminosidad en los medios acuosos investigados. En sus experiencias utiliza uno de los primeros tipos de fotomultiplicadores, obteniendo eficiencias de conteo del 11% para el ^{42}K ($E_{\beta \text{ máx}} = 3.6 \text{ MeV}$) y del 4% para el ^{32}P ($E_{\beta \text{ máx}} = 1.7 \text{ MeV}$).

No obstante, apenas si se prestó mucha atención a estos trabajos, hasta mediados de 1960, en que por sugerencia de Rapkin (21) y simultáneamente por el desarrollo y aumento de la sensibilidad de los equipos de conteo, así como por el mejoramiento en la preparación de la muestra, se ha dado un gran impulso en el desarrollo y aplicación del tema.

Vamos a considerar a continuación algunos aspectos cualitativos sobre la naturaleza de la emisión Čerenkov.

Supongamos un electrón moviéndose relativamente despacio a través de un medio transparente. La figura 1, muestra una sección del medio en la proximidad del recorrido A B de este electrón; los círculos representan los átomos ó moléculas individuales que componen el medio. El campo electromagnético del electrón distorsiona los átomos ó moléculas, de tal forma que las cargas negativas son desplazadas con relación a las cargas positivas. Entonces, el medio está polarizado alrededor del punto P. Cuando el electrón se mueve hacia otro punto P', los átomos ó moléculas de P vuelven a su estado normal. Mientras que dichas partículas están distorsionadas se comportan como dipolos elementales; de este modo, como el electrón pasa a través del medio, cada región elemental del mismo podrá recibir un breve impulso electromagnético. Debido a la completa simetría del campo de polarización que rodea al electrón no habrá campo resultante a grandes distancias ni, por tanto, radiación.

Si el electrón se mueve a velocidad comparable a la de la luz en el medio, lo indicado anteriormente cambia por completo (Figura 2). En este caso la polarización no es completamente simétrica y el campo - originado momentáneamente por el electrón en cada elemento a lo largo de la trayectoria radiará un breve impulso electromagnético. En el caso

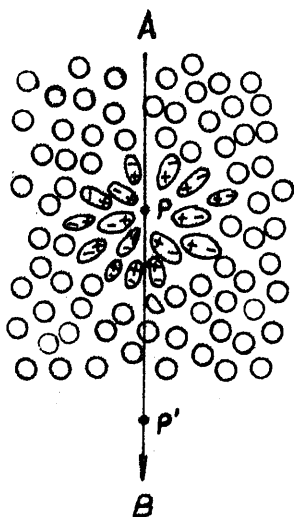


FIGURA 1.- Polarización producida en un medio dieléctrico por una partícula cargada a baja velocidad.

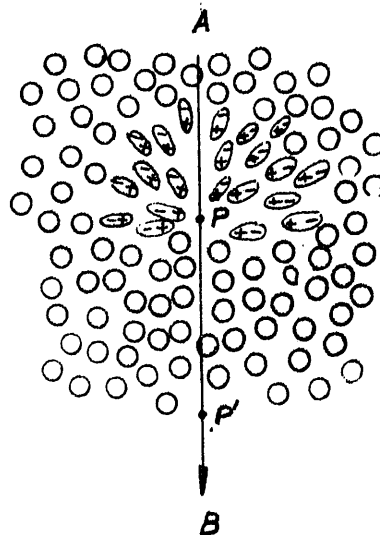


FIGURA 2.- Polarización producida en un medio dieléctrico por una partícula cargada a alta velocidad.

general en que la velocidad de la partícula sea del orden de la velocidad de la luz en el medio, es posible, que las ondas en todas las porciones de la trayectoria estén en fase unas con otras, de forma que a una distancia del punto de observación, exista un campo resultante nuevo. Se comprende por la construcción de Huygens de la figura 3, que esta radiación solamente es observada para un ángulo determinado con respecto a la dirección de la partícula; esto es, aquel ángulo en el cual las ondas desde los puntos arbitrarios P_1, P_2 y P_3 sobre AB, son coherentes y se combinan formando un frente de onda plano BC. Esta coherencia -

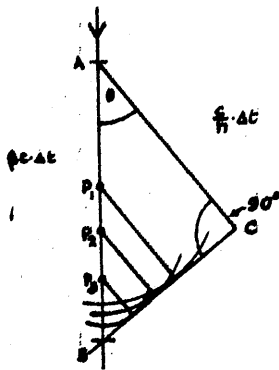


FIGURA 3.- Construcción de Huygens para un frente de onda plano.

tiene lugar cuando la partícula atraviesa AB al mismo tiempo en que la luz va desde A hasta C.

Si la velocidad de la partícula es $v = \beta \cdot c$ y n el índice de refracción del medio; en un tiempo Δt , la partícula recorrerá una distancia $AB = v \cdot \Delta t = \beta \cdot c \cdot \Delta t$ y la luz, una distancia $AC = \left(\frac{c}{n}\right) \cdot \Delta t$

Combinando estas dos ecuaciones obtendremos que:

$$\frac{AC}{AB} = \cos \theta = \frac{(c/n) \cdot \Delta t}{v \cdot \Delta t} = \frac{c}{v} \cdot \frac{1}{n} \quad (1)$$

por tanto :

$$\cos \theta = \frac{1}{\beta n} = \frac{1}{(v/c) \cdot (c/c_x)} = \frac{c_x}{v} \quad (2)$$

siendo $\frac{c_x}{v}$ la velocidad de propagación de la luz en el medio considerado. Analizando la expresión (2) podemos considerar tres casos :

- a) Que la partícula se mueva en un medio determinado, con una velocidad $v < c_x$; entonces, $\cos \theta > 1$ y $\beta \cdot n < 1$, lo cual no es posible, y por tanto, no habrá emisión Čerenkov.
- b) Que la partícula se mueva en un medio determinado con una velocidad $v = c_x$; en este caso, $\cos \theta = 1$ lo cual implica que $\theta = 0^\circ$, y $\beta n = 1$. A esta velocidad, la dirección de la radiación coincide con la de la partícula y determina la velocidad mínima de la partícula para que se dé emisión Čerenkov (umbral Čerenkov).
- c) Que la velocidad de la partícula en un medio determinado sea $v > c_x$, es decir, $\cos \theta < 1$, $\beta n > 1$, condición que se ha de cumplir para que tenga lugar la emisión Čerenkov. El ángulo de emisión será mayor de 0° , alcanzando un valor máximo cuando se trata de una partícula ultrarrelativista en que $\beta = 1$ (22).

La radiación Čerenkov se describe en la bibliografía como una partícula electromagnética "de corta longitud de onda" que es análoga al estampido de un avión supersónico. La producción de emisión Čerenkov por partículas cargadas moviéndose a través de medios transparentes (generadores de luz Čerenkov) es un proceso físico que virtualmente es independiente del medio químico. Siendo posible, por tanto, el cálculo de todos los parámetros importantes del proceso Čerenkov, tales como la existencia del umbral Čerenkov, intensidad de emisión, distribución espectral y carácter direccional (23, 24).

Como se desprende de lo expuesto anteriormente, la luz Čerenkov, es direccional, con un máximo de intensidad en forma cónica teniendo como eje el haz de electrones y como vértice la entrada de dicho haz en el medio. El ángulo del cono depende del índice de refracción n , y, por tanto, de la longitud de onda del medio. Ross (23,25) hace un estudio sobre los valores del ángulo de emisión en función de la energía de la partícula, en distintos medios, como por ejemplo, agua, vidrio, nitrógeno líquido, etc. Encuentra que, para el caso del agua, el máximo ángulo de emisión es de $41'30''$, siendo este un factor limitativo de la eficiencia de contaje.

Por otra parte, a partir del tratamiento teórico de Frank y Tamm (17), la energía emitida como radiación Čerenkov por unidad de longitud de onda de una partícula cargada de número atómico (Z) viene dada por la siguiente expresión:

$$E = \text{Const} \int_{\beta n > 1} \left(1 - \frac{1}{\beta^2 n^2} \right) \nu d\nu$$

donde ν representa la frecuencia de radiación emitida. Esta energía es menor del 1% de la de ionización y excitación.

Aunque teóricamente el espectro de emisión Čerenkov se extiende desde frecuencias de microondas a rayos X, la mayor concentración de energía en los procesos de contaje corresponde a zonas del espectro visible y ultravioleta, siendo prácticamente despreciable en el infrarrojo. Otro de los aspectos encontrados en la bibliografía sobre la citada emisión Čerenkov, es la dependencia de la energía umbral de la partícula con el índice de refracción del medio. Esta dependencia ha sido estu

diada por Parker y Elrick (23) empleando distintos medios. La expresión matemática que liga el índice de refracción del medio con la energía umbral, viene dada por:

$$E = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-1/n^2}} - 1 \right)$$

En donde $m_0 c^2$ es la energía correspondiente a la masa en reposo del electrón (0'511 MeV) y n el índice de refracción del medio en cuestión. En el caso de que el medio sea acuoso, el índice de refracción es igual a 1'333, a temperatura ambiente. Sustituyendo estos valores en la expresión anterior nos queda que la energía umbral es igual a 0'262 MeV. Esto nos indica que no todos los emisores beta ó beta-gamma pueden producir emisión Čerenkov, siendo éste uno de los factores limitativos de la aplicabilidad del método.

Debido a la débil intensidad de la radiación Čerenkov las eficiencias de contaje suelen ser relativamente bajas; son muchos y muy variados los estudios que se encuentran en la bibliografía encaminados al aumento de tales eficiencias de contaje.

Vamos a considerar individualmente todos aquellos factores que afectan a un mejoramiento de la eficiencia, aunque en la práctica todos ellos son inseparables:

- a) Energía del isótopo. - Elrick y Parker hacen un estudio (26) de este factor encontrando que las mayores eficiencias de contaje corresponden a las mayores energías β . A iguales resultados han llegado otros investigadores (27), los cuales han comparado estas eficiencias con las obtenidas usando centelleadores.

b) Disposición geométrica y óptica de los viales de contaje. - Este factor es particularmente importante en el contaje de emisores beta débiles, debido al carácter direccional de la emisión \checkmark Čerenkov. Estudios experimentales sobre ello han llevado a distintos investigadores a sustituir los viales de vidrio por viales de polietileno (24, 28, 29, 30) obteniendo valores de eficiencias un 25% mayores que las obtenidas con viales de vidrio. Otros investigadores (31) muestran que adicionando Cab-O-Sil al líquido generador, el incremento obtenido es del 5-10%. Estos incrementos en la eficiencia de contaje son probablemente debidos al efecto de difusión que introducen, a la vez que proporcionan una distribución más uniforme de los fotones emitidos.

Muchos investigadores proponen la adición al líquido generador de luz \checkmark Čerenkov de compuestos cambiadores de longitud de onda (similar al uso del POPOP en sistemas orgánicos). Son varios los trabajos encontrados en la bibliografía, en los que se estudian las características y aplicaciones de estos compuestos (28, 32, 33, 34). Uno de estos cambiadores, característico por su alto índice de refracción, es el Metil Salicílico, utilizado por Wiebe (35) para radioensayo del ^{36}Cl , el cual obtuvo para dicho radisótopo una eficiencia de contaje del 82.9%. Estos mismos autores obtienen también altas eficiencias para el ^{58}Fe y ^{14}C (36), mediante el uso de ese mismo cambiador.

La utilización de estos compuestos es debida a que la mayor parte de la emisión \checkmark Čerenkov tiene lugar en la región del espectro ultravioleta, cuyas frecuencias son absorbidas por los viales de vidrio, así como por la ventana de vidrio de los fotomultiplicadores. Hay que tener en cuenta que con el uso de tales cambiadores el proceso deja de ser puramente \checkmark Čerenkov y aparecen paralelamente problemas de extinción química.

En la bibliografía consultada encontramos un trabajo de Ross (37) en este mismo sentido y en el cual describe el diseño de un nuevo vial de contaje Čerenkov, cuyo uso permite la utilización de varios - cambiadores de longitud de onda, conservando la respuesta real y característica de la muestra. Este vial es especialmente útil para emisores débiles, tales como ^{36}Cl y ^{170}Tm .

- c) Tipo de fotocátodo. - Parker y Elrick hacen un estudio de este factor (24), ya que el número de fotones detectados depende, de la sensibilidad espectral del fotocátodo.
- d) Índice de refracción del disolvente utilizado. - Tanto los estudios teóricos como experimentales encontrados en la bibliografía, concuerdan en que el uso de líquidos altamente refractarios aumentan considerablemente la eficiencia de contaje; Haberer (38) estudia la variación de la velocidad de contaje para disoluciones azucaradas cuyo índice de refracción varía entre 1'33 a 1'44, obteniendo incrementos de la eficiencia del 10% para una variación en el índice de refracción del 0'01%. Esto permite la elección de un disolvente determinado para el contaje de núclidos que no pueden ser detectados en agua. Así, el ^{99}Tc ha sido detectado en una disolución de glicerol al 95% (23). Igualmente, una serie de autores (39,40) han medido el ^{32}P en varios disolventes comparando las eficiencias de contaje obtenidas. Otros investigadores han utilizado una disolución al 5% de acetona en cloroformo para el contaje de bromuros orgánicos marcados (41). No obstante, el disolvente más utilizado es el agua, tanto por sus propiedades ópticas como químicas.

e) Volumen del disolvente .- Este factor ha sido ampliamente discutido en la bibliografía (23, 24, 30, 40), estando la mayor parte de los autores de acuerdo en que el volumen del disolvente es un parámetro a medir en cada caso concreto, a fin de que los resultados sean reproducibles.

En la bibliografía consultada encontramos muchos e interesantes trabajos de medida de radisótopos, así como las eficiencias de contaje obtenidas . Hoffman (42) midió ^{24}Na , ^{131}I , ^{32}P , ^{90}Y en disoluciones acuosas. Braunsberg y Gruyven (43) midieron ^{24}Na , ^{32}P , ^{59}Fe y ^{14}C , obteniendo eficiencias muy bajas ($< 1\%$) para el caso del ^{59}Fe y ^{14}C ; los autores consideran que estas bajísimas eficiencias para estos dos núclidos no son debidas a efectos \checkmark Čerenkov sino, probablemente, a luminiscencia.

Parker y Enrick (24) hacen una amplia revisión bibliográfica y recogen valores de eficiencias para una serie de radionúclidos de distinta energía beta máxima, utilizando diferentes fotocátodos, así como distintos cambiadores de longitud de onda. Francois (44) llega a la conclusión de que existen más de 40 emisores- cuya energía es superior a 1 MeV y que es posible medirlos por emisión \checkmark Čerenkov, obteniendo eficiencias de contaje del orden de 23-50% para emisores-beta de energías comprendidas entre 1.3-2.3 MeV y del 50-70% para energías de 3.5 MeV. Dicho investigador indica que la eficiencia de contaje puede venir dada por una función logarítmica de la energía del radisótomo empleado, cumpliéndose esta relación también para el caso de emisores beta-gamma.

La detección de radionúclidos emisores beta-gamma mediante la técnica de radiación Čerenkov no ha sido aún completamente explorada, aunque el rendimiento de la emisión Čerenkov producida por electrones secundarios (originados por interacción de los rayos gamma en medios acuosos) es muy pequeño, se puede mejorar considerablemente si se adicionan al medio compuestos de alto número atómico, ya que el número de fotones liberados, y por tanto de electrones Compton, se incrementa, al mismo tiempo que se reduce el umbral de energía. Estos efectos fueron estudiados por Gelsema y colaboradores (45), quienes obtuvieron los valores de eficiencias de conteo para el ^{88}Y , ^{60}Co , ^{46}Sc , tanto en medio acuoso como en disolución saturada de INa y de glicerol al 95%, y compararon dichas eficiencias con las obtenidas por los métodos convencionales. J.H. Parmentier y F.E.L. Ten Haaf (46) en su artículo titulado "Developments in Liquid Scintillation Counting since 1963" y recientemente R.P. Parker (47) en su artículo "Čerenkov counting and other especial topics" hacen una amplia revisión bibliográfica de los trabajos aparecidos en diferentes publicaciones científicas, en las que la emisión Čerenkov es utilizada como técnica de medida mediante equipos de centelleo líquido. Estos trabajos abarcan diversos campos de investigación, especialmente en estudios bioquímicos y de fisiología animal y vegetal.

En esta especialidad, la mayoría de las aplicaciones corresponden a la determinación de ^{32}P , el cual puede encontrarse en cenizas de materiales biológicos (48), en sobrenadantes de tejidos blandos (49), en fosfolípidos de ratas (50) RNA marcado (51), etc.

Palmer (52) y Schneider (53) describen la medida del ^{32}P -

siguiendo un análisis colorimétrico del mismo, mediante decoloración del complejo azul de fosfomolibdato reducido, determinando de esta forma su actividad específica. Este método es especialmente recomendado para análisis de muestras separadas por cromatografía en capa fina ó cromatografía en columna.

La técnica de contaje Čerenkov es particularmente atractiva por su simplicidad en la preparación de muestras y la sensibilidad en su análisis, incluso en muestras no homogéneas, tales como trozos de tejidos marcados con Sodio -24, las cuales pueden ser contadas directamente en disoluciones buffer (54).

Como ya se indicó, en la técnica de contaje Čerenkov hay un umbral de energía por debajo del cual no existe emisión Čerenkov. En esto se puede basar, la determinación de la actividad de una pequeña cantidad de un núclido energético en presencia de una mayor cantidad de emisor más débil, llevando a cabo este análisis con poca ó ninguna interferencia por parte de la especie predominante. Así se ha determinado simultáneamente ^{33}P y ^{32}P , por combinación de las técnicas de contaje Čerenkov y de centelleo líquido (55). Siguiendo esta misma línea de investigación otros autores han determinado ^{80g}Br y ^{80m}Br en presencia de ^{80}Br con solo pequeñas interferencias (41).

En la bibliografía hemos encontrado una serie de trabajos de Laüchli (56, 57) en los que se describe la determinación de ^{86}Rb y ^{36}Cl en raíces y muestras similares, utilizando cambiadores de longitudes de onda y aplicando la técnica de relación de canales externos

(patrón externo ^{226}Ra) para la corrección de la extinción por color. Un método similar es descrito por White y Ellis (58) para la medida de ^{32}P en cenizas de plantas secas. Anthony y Glass (59) nos informan de una mejor preparación de muestras para el contaje Čerenkov en la determinación de ^{32}P y ^{86}Rb en plantas, previa eliminación de la extinción por color. Este incremento en la eficiencia de contaje es particularmente - significativo en plantas que contienen bajo nivel de radiactividad y en - donde deben contarse grandes cantidades de tejidos para llegar a una - determinación estadística significativa.

Recientemente se ha medido ^{59}Fe (emisor beta-gamma) en plantas mediante emisión Čerenkov (60). En dicho trabajo se indican - las ventajas de esta técnica, la cual es más accesible y cómoda que la espectrometría gamma convencional. También son interesantes los trabajos encontrados en la bibliografía y que se refieren al análisis de - productos de fisión procedentes de reactores nucleares (61, 62).

Entre algunas de las aplicaciones menos conocidas de las técnicas de contaje Čerenkov que se describen en la bibliografía nos encontramos con el trabajo de Ashcroft (63) en el que se describe un mé-todo para la determinación de la concentración de partículas por extinción de la emisión Čerenkov, así como el artículo de Bobrowski (64), en el que se estudia la cinética de la formación de compuestos interme-dios oxigenados, y la historia completa de la formación de estos compuestos oxigenados mediante la medida de emisión Čerenkov en radiolisis.

Zagórski y Zimek (65) utilizan como emisor de la luz para

el análisis espectrofotométrico rápido (del orden microsegundos), la emisión Čerenkov, la cual se encuentra disminuida por la auto-absorción existente debido a la formación de productos intermedios; suponen que esa disminución es función de la densidad óptica para el caso de cinéticas simples, a la vez que elaboran un tratamiento para cinéticas más complicadas. Particularmente interesante es el artículo de Brunner (66), el cual utiliza la emisión Čerenkov como método óptico radiométrico para el análisis en mezclas de líquidos transparentes. Ayers (67) determina el índice de refracción del orto-deuterio líquido, comparando su respuesta Čerenkov con la del hidrógeno.

Recientemente, Bazylev (68) ha observado que en ciertas sustancias la emisión Čerenkov puede originar una fuente intensa de rayos X monocromáticos, en un rango de frecuencias que corresponde a $\lambda = 50 \text{ \AA}$, en argón a 0'2 atmósferas de presión. Singularmente interesante es el trabajo encontrado en la bibliografía (69), en el que se propone la radiación Čerenkov como fuente de luz, cuando se trabaja a vacío en la zona del ultravioleta, para un rango espectral de 620 a 2000 \AA ; la radiación Čerenkov utilizada se produce por el paso de electrones a través de gas helio a la presión de una atmósfera y temperatura ambiente. En el citado trabajo se estudian las ventajas que presenta dicha fuente luminosa con respecto a las ya existentes.

Otra de las aplicaciones de la emisión Čerenkov está basada en la capacidad que tienen los contadores de centelleo líquido para el estudio espectrométrico de las radiaciones, permitiendo medir unas radiaciones en presencia de otras, aunque ambas sean del mismo tipo, con tal

de que se diferencien en su energía (70). Esta propiedad ha permitido la determinación simultánea de actividades de ^{55}Fe y ^{59}Fe en sangre (71) sin necesidad de separación química previa. En este mismo sentido, la Sección de Radioquímica de este Departamento de Química Inorgánica ha realizado unos estudios sobre las "Técnicas Radioquímicas para la medida de emisores-beta en doble marcado por efecto Čerenkov" (72, 73, 74) a base de la utilización de diversas mezclas de isótopos - ($^{144}\text{Ce}/^{144}\text{Pr}$, $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{204}Tl y ^{36}Cl).

Nos hemos venido refiriendo a la naturaleza y parámetros que afectan a la emisión Čerenkov, así como a su aplicabilidad como técnica de medida.

Trataremos seguidamente sobre el objetivo de este trabajo, citando algunas de las publicaciones encontradas en bibliografía y que se refieren a la corrección de la extinción por color en contaje Čerenkov y en contaje de centelleo líquido.

Como es sabido, uno de los factores limitativos de las técnicas de espectroscopía Čerenkov es la extinción por color (parcial ó total absorción de luz), la cual continúa siendo un parámetro significativo en la medida de radisótopos utilizando dicha emisión Čerenkov. Las muestras pueden presentar extinción por color por ser absorbentes en la región del espectro visible ó ultravioleta; así, por ejemplo, los iones NO_3^- y NO_2^- son especies fuertemente absorbentes en la zona del ultravioleta, y causan moderados problemas de extinción (75), lo cual limita el uso del ácido nítrico en disoluciones de contaje; problemas similares tienen lugar en disoluciones visiblemente coloreadas.

Son numerosos los trabajos que se encuentran en la bibliografía y que tratan sobre la corrección de estas deficiencias de contaje; Elrick y Parker (26) estudian con detalle la extinción por color y concluyen que tanto el patrón interno como la decoloración de la muestra son procesos laboriosos; el método de relación de canales es insensible y el del patrón externo es algo inadecuado, pero puede ser usado, si bien son estos dos últimos los más utilizados en la bibliografía para la corrección de la extinción por color. Algunos investigadores han señalado que, debido a la gran variabilidad de la muestra en el vial de contaje, el patrón externo puede dar mayor rendimiento y con errores alrededor de $\pm 2\%$ (76). Otros autores proponen el método de relación de canales, el cual ha sido empleado sin dificultad en una serie de experiencias diseñadas para la corrección del "quenching" color en la determinación de ^{42}K en medios acuosos, así como en orina humana, en un espectrómetro de centelleo líquido, obteniéndose eficiencias de contaje de hasta el 62 % (77, 78).

En investigación agronómica hay un gran número de trabajos sobre la asimilación del ^{32}P en plantas y animales. Se ha estudiado la posibilidad (79) de adaptación de una fuente externa de ^{60}Co ($114\mu\text{Ci}$) sobre el elevador de muestras del sistema de centelleo líquido, para la estimación de la eficiencia del ^{32}P por efecto Čerenkov; usando el método de estandarización externa para la corrección del "quenching" color.

Otras técnicas menos comunes se encuentran en la bibliografía para la corrección del "quenching" color, si bien son pocas las publicaciones que se encuentran sobre dicho fenómeno. Wiebe y Noujaim

(80) han encontrado que el grado de extinción por color puede estar - relacionado con la absorción óptica de la muestra medida en un espectrofotómetro.

Un estudio teórico y experimental de las variables de extinción en el recuento de sustancias biológicas por centelleo líquido es realizado por Ross y colaboradores (81), los cuales describen una nueva técnica experimental de corrección de la extinción cromática, utilizando un "patrón aislado interno". Combinando esta técnica con cualquiera de los otros métodos clásicos de corrección de la extinción total, se determinan sin dificultad los efectos separados de la extinción por color y la extinción química en contaje de centelleo líquido. Los autores describen al mismo tiempo un modelo matemático general para predecir con precisión el grado de extinción por color en una muestra determinada, basándose en datos espectrofotométricos. Este último estudio es análogo al que se aplica para la absorción total de la luz en un sistema de varios componentes. Los efectos de extinción son determinados con una precisión de $\pm 3\%$ en la mayor parte de las muestras de orina, sangre, y tejidos hepáticos.

Jordan y Köberle (82) apuntan la posibilidad de utilizar la extinción de la radiación Čerenkov con fines analíticos. Estudios análogos llevaron a Zemskova y colaboradores (83) a describir los fenómenos de extinción inducidos por hierro y cobre en un medio centelleador con tolueno, dichos autores sugieren que pueden ser determinadas con concentraciones del orden de unos 10^{-5} g. de estos agentes de extinción.

A partir de estos trabajos, así como de nuestras propias experiencias y estudios, hemos intentado poner a punto una técnica experimental para determinar cuantitativamente intensidades de coloración utilizando como fuente luminosa (no monocromática) la radiación Čerenkov producida en el vidrio que constituye las paredes de un capilar, actuando éste como un foco luminoso en el seno de la disolución. Dicho capilar es colocado axialmente en el interior de los viales de contaje, los cuales contienen un determinado volumen de disolución. Los fotones emitidos por el capilar tienen la misma distribución espectral que los producidos en la muestra; al mismo tiempo se obtiene una mayor eficiencia de contaje al disminuir el umbral de luz Čerenkov, de 262 KeV en agua a 175 KeV en vidrio.

Con este dispositivo experimental se presentan además una serie de ventajas, tales como el uso indefinido del capilar emisor de luz Čerenkov, siendo, por tanto, el consumo de radionúclido muy pequeño; por otra parte, el isótopo no se mezcla con la disolución y, por tanto, no va a existir contaminación de los viales de contaje. La formación de residuos radiactivos será, por ello, mínima, y al no existir contacto directo entre el radisótopo y la disolución coloreada no se verá ésta afectada por el valor de pH necesario para mantener el radisótopo disuelto (84-88).

El equipo utilizado para el desarrollo del presente trabajo es un espectrómetro de centelleo líquido comercial, al que no se le ha efectuado ninguna modificación especial con relación a sus condiciones normales de medida en medios centelleadores. Por otra parte, debido a la gran difusión de los contadores de centelleo líquido, así como

a su progresivo perfeccionamiento, mediante la dotación de sistemas de medida y cálculo automáticos, consideramos que este método analítico, tanto por su comodidad en la medida como por su facilidad de aplicación, se presta muy bien para las investigaciones corrientes en la determinación de radionúclidos en todos los campos de aplicación de radiótopos, ya sean de índole física, química ó biológica.

Al mismo tiempo, hemos tratado de contribuir a un mayor conocimiento de la extinción por color de la radiación Čerenkov, poniendo de manifiesto las relaciones existentes entre dicha extinción y las propiedades ópticas del agente extintor, así como de su concentración, tanto para una serie de emisores de energía beta máxima diferente como, para un emisor beta-gamma, que también ha sido estudiado.

II. - MATERIALES UTILIZADOS

II.- MATERIALES UTILIZADOS

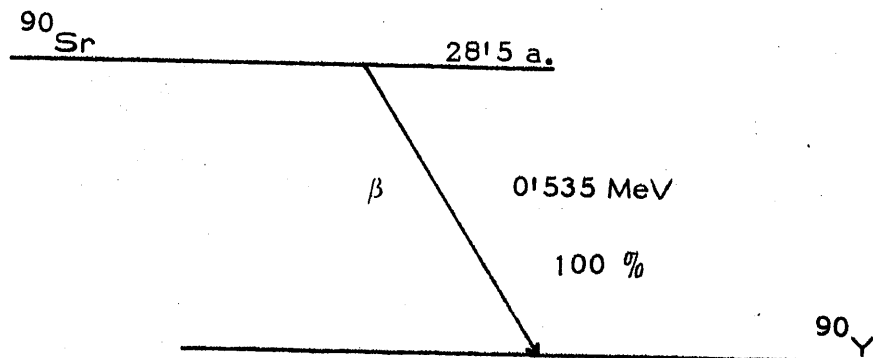
2.1.- RADISOTOPOS

Los radisótopos que se han utilizado son los siguientes: Estroncio-90/Ytrio-90, Talio-204, Cloro-36 y Cobalto-60. Las propiedades radioquímicas de estos radisótopos se exponen a continuación.

2.1.1.- Estroncio-90/Ytrio-90

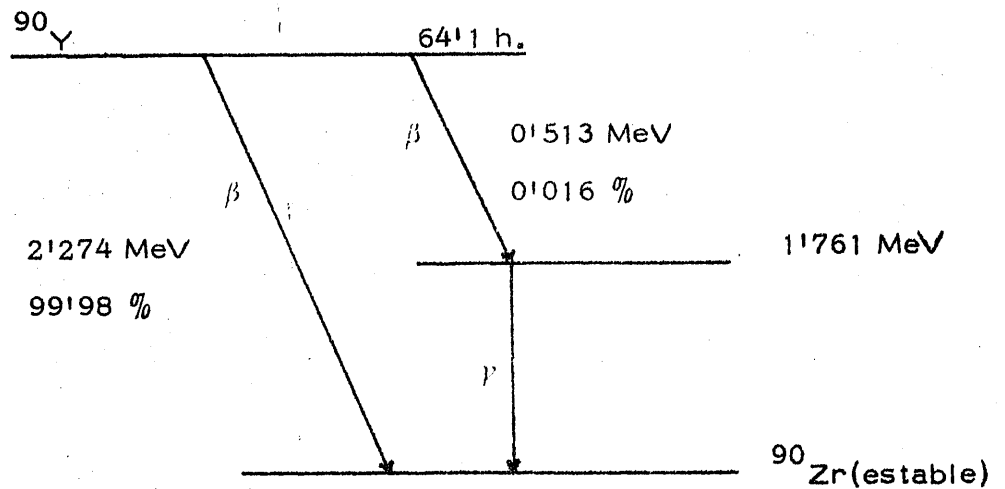
Se trata de un equilibrio secular entre estos dos núclidos radiactivos. Las características del Estroncio-90 son :

- Período de semidesintegración : 28'5 años
- Tipo de desintegración : beta puro
- Esquema de desintegración:



El Ytrio-90 es también un isótopo radiactivo de las características siguientes:

- Período de semidesintegración: 6411 horas
- Tipo de desintegración: fundamentalmente por partículas beta.
- Esquema de desintegración:



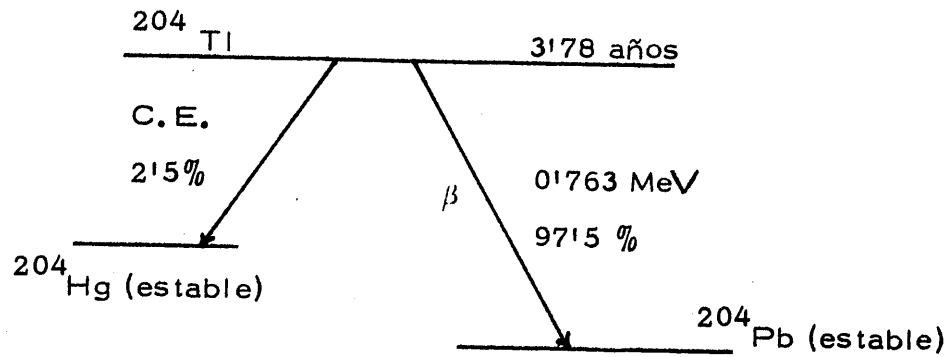
En este caso, ambos núclidos en equilibrio secular producen efecto Čerenkov en nuestras condiciones experimentales, aunque la radiación de mayor energía corresponde, como hemos visto, al Ytrio-90.

2.1.2.- Talio-204

La desintegración de este radisótopo da lugar a un isótopo estable. Las características del Talio-204 son :

- Período de semidesintegración: 3178 años.

- Tipo de desintegración: fundamentalmente por partículas beta.
- Esquema de desintegración :

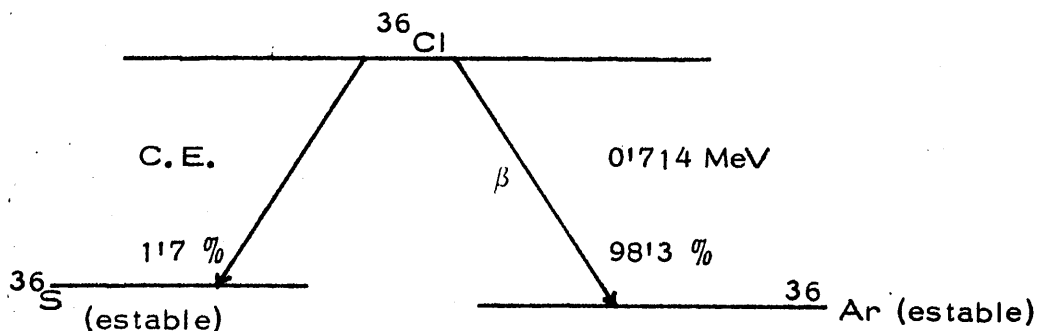


La emisión Čerenkov de este isótopo es mucho más débil que la producida por el isótopo anterior, como se comprueba al comparar sus energías beta máximas.

2.1.3.- Cloro-36

La desintegración de este radisótopo da lugar también a isótopos estables, cuyas características son :

- Periodo de semidesintegración : $3'1 \cdot 10^5$ años.
- Tipo de desintegración : fundamentalmente por partículas beta.
- Esquema de desintegración :



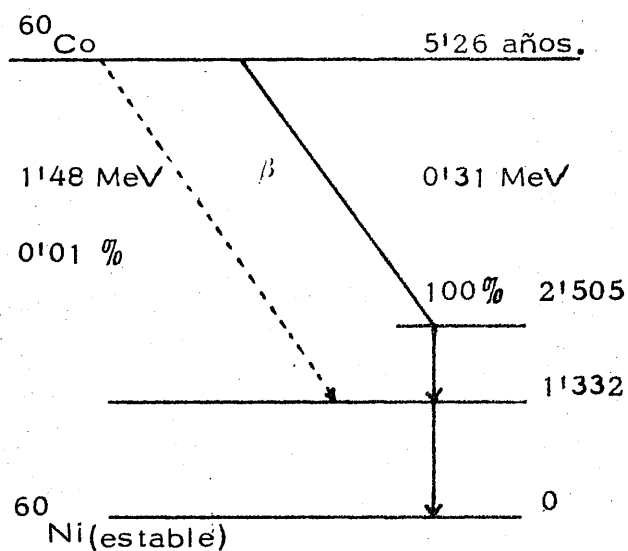
Partículas beta : Energía máxima de 0'714 MeV (98'3 %)

Captura electrónica 1'7 %

2.1.4. - Cobalto-60

La desintegración de este radisótopo da lugar a un isótopo estable. Las características del ^{60}Co son :

- Período de semidesintegración : 5'26 años.
- Tipo de desintegración : es un emisor beta-gamma .
- Esquema de desintegración :



2.2. - DISOLUCIONES RADIATIVAS

Los radisótopos anteriormente citados se encontraban en disoluciones acuosas de sus sales correspondientes. A continuación exponemos sus características y procedencia.

2.2.1. - Disolución de Estroncio-90/Ytrio-90

Suministrada por "The Radiochemical Centre" Amersham (Inglaterra), siendo sus características las siguientes :

- Actividad total : 1mCi (1-1-71)
- Actividad específica : 1 mCi/ml
- Disolución original en medio nítrico

A partir de las disoluciones originales de este radisótopo y de los restantes, se prepararon otras disoluciones cuyas actividades específicas eran mas convenientes para nuestro trabajo y que se describirán en el capítulo de métodos experimentales .

2.2.2. - Disolución de Talio-204

Suministrada por "The Radiochemical Centre" Amersham (Inglaterra), siendo las características de la disolución original las siguientes :

- Actividad total : 1 mCi (24-1-75).
- Actividad específica en volumen : 1 mCi/ml
- Disolución original en medio sulfúrico .

2.2.3. - Disolución de Cloro-36

Suministrada igualmente por "The Radiochemical Centre"

Amersham (Inglaterra), siendo las características de la disolución original las siguientes :

- Actividad total : 50 μ Ci
- Actividad específica en volumen : 12'5 μ Ci/ml .
- Disolución original en medio clorhídrico .

2.2.4. - Disolución de Cobalto-60

Suministrada por la Junta de Energía Nuclear (Madrid), siendo las características de la disolución original las siguientes :

- Actividad total : 0'50 mCi (21-12-70)
- Actividad específica en volumen : 50 μ Ci/ml
- Disolución original en medio acuoso .

2.3. - SUSTANCIAS COLOREADAS

Hemos utilizado una serie de sustancias cuyas disoluciones tengan los colores más representativos del espectro visible y que , al mismo tiempo, posean estabilidad de color con el tiempo. En la Tabla 1 se especifican algunos datos sobre las sustancias coloreadas utilizadas.

TABLA I

CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS COLOREADAS UTILIZADAS EN -
ESTE TRABAJO

Sustancias	Fórmula	Casa suministradora	Pureza	Color de la disolución
Anaranjado de Metileno	$C_{14}N_3O_3H_6SNa$	PANREAC	químicamente puro	Naranja
Azul de Metileno	$C_{16}H_{18}ClN_3 \cdot 2H_2O$	MERCK	químicamente puro	Azul
Nitrato de Cobalto(II)	$(NO_3)_2Co$	MERCK	químicamente puro	Rosa
Rojo Congo	$C_{32}H_{22}O_6N_6S_2$	MERCK	químicamente puro	Rojo
Verde Janus	$C_{24}H_{31}N_6Cl$	MERCK	químicamente puro	Azul
Violeta Cristal	$C_{25}H_{30}ClN_3$	MERCK	químicamente puro	Violeta

2.4. - MICROPIPETAS

Las cantidades de disoluciones radiactivas añadidas a los capilares fueron medidas con micropipetas "Marburg" de volúmenes fijos, suministradas por la Casa Eppendorf.

Las características de estas micropipetas se expresan en la Tabla II .

TABLA II

CARACTERÍSTICAS DE LAS MICROPIPETAS UTILIZADAS EN LA PREPARACIÓN DE LAS DISOLUCIONES RADIACTIVAS .

Volumen μl	Error absoluto	Error relativo	Desviación cuadrática media	Coefficiente de Variación
5	$< 0.1 \mu l$	$< 2\%$	$< 0.05 \mu l$	$< 1.0\%$
10	$< 0.1 \mu l$	$< 1\%$	$< 0.06 \mu l$	$< 0.6\%$
20	$< 0.2 \mu l$	$< 1\%$	$< 0.08 \mu l$	$< 0.4\%$
50	$< 0.5 \mu l$	$< 1\%$	$< 0.15 \mu l$	$< 0.3\%$
100	$< 1.0 \mu l$	$< 1\%$	$< 0.3 \mu l$	$< 0.3\%$
200	$< 2.0 \mu l$	$< 1\%$	$< 0.6 \mu l$	$< 0.3\%$
500	$< 5.0 \mu l$	$< 1\%$	$< 1.5 \mu l$	$< 0.3\%$
1000	$< 10.0 \mu l$	$< 1\%$	$< 3.0 \mu l$	$< 0.3\%$

Estos valores se refieren al agua destilada a 20°C, con disoluciones no acuosas las desviaciones pueden alcanzar hasta un valor - doble. Las puntas que se adaptan a estas micropipetas son rechazables.

2.5.- VIALES DE CONTAJE

Se utilizaron viales de vidrio con bajo contenido en ^{40}K , suministrados por Atom, especiales para centelleo líquido.

2.6.- CAPILARES DE VIDRIO

Los capilares que se han utilizado para preparar los emisores de luz \checkmark Čerenkov presentan las siguientes características :

\varnothing int.	\varnothing ext.	Espesor de pared
6 mm.	8 mm.	1 mm.
4 mm.	6 mm.	1 mm.
3 mm.	9 mm.	3 mm.
2 mm.	9 mm.	3'5mm.

La longitud del capilar es, en todos los casos, de 5'1 cm.

2.7.- ESPECTROFOTOMETRO

Los espectros de absorción óptica de las disoluciones coloreadas se han obtenido en un espectrofotómetro Beckman modelo Acta III .

2.8. - REFRACTOMETRO

Para la medida de los índices de refracción de las disoluciones coloreadas se utilizó un refractómetro de "Abbe" marca PZO y modelo - RL (*).

2.9. - ESPECTROMETRO DE CENTELLEO LIQUIDO

El equipo utilizado para la realización del presente trabajo es un espectrómetro de centelleo líquido para partículas beta de baja energía, fabricado por la casa PHILIPS de Holanda, Modelo PW 4510. Dispone de un sistema detector refrigerado y oculto en la zona baja del aparato - dentro de un blindaje de plomo. Consta de dos tubos fotomultiplicadores, - situados frente a frente, con cátodos de bi-álcali (PHILIPS 56 DUVP) recubiertos de cuarzo. Ambos tubos operan en coincidencia .

Cada fotomultiplicador tiene 14 diodos y la diferencia de potencial aplicada entre el ánodo y el cátodo es de 2.200 voltios.

El sistema detector del equipo está situado dentro de una cámara termostatizada regulable que en nuestro caso, fue ajustada a la temperatura de $9 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, con el fin de reducir en lo posible el ruido térmico de los fotomultiplicadores.

(*) Agradecemos al Departamento de Química Técnica de esta Universidad las facilidades dadas para la utilización del refractómetro y, en especial , al Sr. Gómez Garzón por la colaboración prestada.

El equipo utilizado dispone , además, de 4 canales energéticos, en los que se puede analizar la muestra de una manera individual y simultánea. Estos canales van provistos de los siguientes dispositivos.

- a) Dos discriminadores de altura de impulsos, uno inferior y otro superior, que pueden desplazarse a voluntad, pudiendo así delimitar la zona de la banda que nos interese. Cada discriminador lleva una escala de 1.000 divisiones.
- b) Una serie de mandos que nos permiten fijar la anchura de ventana adecuada a cada caso, para realizar los espectros energéticos de las partículas emitidas.
- c) También lleva dos mandos que nos permiten variar la atenuación ($2^x + y$), modificando la ganancia del amplificador lineal, de forma que podamos introducir el espectro energético del isótopo a analizar dentro de la banda de exploración , ajustada en nuestro caso de 40 a 1.000 unidades; la atenuación que cumple esta condición es el llamado punto de balance o atenuación óptima para el isótopo de que se trate. El canal puede sustraer automáticamente la radiación de fondo existente en esas condiciones.

En cuanto al sistema de medida y cálculo, el equipo en cuestión tiene una unidad electrónica capaz de recibir los impulsos de salida de los canales energéticos para , combinándolos con los programas de medida y cálculo previamente fijados, obtener los resultados en la forma que se desee.

Cada bandeja portamuestras permite la programación individual de medida y cálculo mediante unos palpadores acoplados a "micro-switches" que seleccionan las tarjetas adecuadas a cada caso.

En las tarjetas de programación se pueden seleccionar :

- 1º El canal o canales de medida.
- 2º Número de cuentas totales acumuladas en la medida.
- 3º Mando para prefijar la actividad mínima de una muestra.
- 4º Selección del método para cálculo de actividades absolutas (relación de canales externos o relación de canales internos).

III. - METODOS EXPERIMENTALES

38. Menurut anda, praktikum ini akan membantu anda dalam memahami konsep-konsep yang berkaitan dengan sistem tenaga listrik?

49. Bagaimana pendapat anda mengenai praktikum ini? Apakah ada hal yang perlu diperhatikan?

50. Bagaimana pendapat anda mengenai praktikum ini? Apakah ada hal yang perlu diperhatikan?

Terima kasih.

III- METODAS EXPERIMENTALES

III.- METODOS EXPERIMENTALES

3.1.- FIJACION DE LOS PARAMETROS Y CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.1.1.- Preparación de las disoluciones coloreadas

Mediante pesada de una determinada cantidad de sustancia coloreada se preparó una disolución inicial de la misma en agua destilada, a partir de la cual, por disoluciones sucesivas, se obtuvieron las concentraciones deseadas, las cuales se indican a continuación.

- Disoluciones de Anaranjado de Metileno, en agua destilada, de concentraciones : 2000, 1000, 800, 600, 500, 400, 300, 200, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 8, 6, 4 y 2 mg/l .
- Disoluciones de Azul de Metileno, en agua destilada, de concentraciones : 1000, 900, 800, 600, 400, 200, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 8, 6, 4 y 2 mg/l .

- Disoluciones de Nitrato de Cobalto (II), en etanol absoluto, de concentraciones : 20, 19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 y 1 g/l .
- Disoluciones de Rojo Congo, en agua destilada, de concentraciones : 1000, 800, 600, 400, 200, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 8, 6, 4 y 2 mg/l .
- Disoluciones de Verde Janus, en agua destilada, de concentraciones : 1000, 800, 600, 400, 300, 200, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 8, 6, 4 y 2 mg/l .
- Disoluciones de Violeta Cristal, en agua destilada, de concentraciones : 1000, 600, 400, 300, 200, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 8, 6, 4, 2 y 1 mg/l.
- Disoluciones de Violeta Cristal, en medio acético, de iguales concentraciones que en el caso anterior .

Con cada una de estas disoluciones se prepararon muestras en viales de centelleo líquido, a las que se adicionó 10 ó 12 ml, según los casos, de cada una de dichas disoluciones; se eligió uno de estos volúmenes por ser el de óptima eficiencia, como se verá más adelante.

3.1.2.- Espectros de absorción óptica de las disoluciones coloreadas utilizadas

Se trata de obtener los espectros de absorción óptica de las disoluciones coloreadas, para un intervalo de longitudes de onda desde 300 a 750 nanómetros, correspondientes a frecuencias comprendidas entre 10×10^{14} y $4 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. Dichos espectros fueron obtenidos para cada una de las siguientes concentraciones:

Anaranjado de Metilo : 1, 2, 4, 6, 8 y 10 mg/l

Azul de Metileno : 2, 4, 6, 8 y 10 mg/l

Nitrato de Cobalto (II) : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 g/l

Rojo Congo : 1, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40 y 50 mg/l

Verde Janus : 2, 4, 6, 8, 10, 20 y 30 mg/l

Violeta Cristal en medio acuoso : 1, 2, 4 y 6 mg/l

Violeta Cristal, en medio acético : 1, 2, 4, 6 y 8 mg/l

3.1.3.- Medida de las densidades ópticas de las disoluciones coloreadas

Una vez obtenidos los espectros de absorción óptica de todas las disoluciones coloreadas utilizadas, se han calculado las densidades ópticas para luz heterocromática correspondientes a las concentraciones indicadas en el apartado 3.1.2, dentro del intervalo de frecuencias mencionado en dicho apartado.

3.1.4. - Preparación de las disoluciones radiactivas

La cantidad de disolución de isótopo radiactivo añadido a cada capilar fué de 50 μ l .

La disolución radiactiva de una actividad determinada, se preparó por dilución de las disoluciones radiactivas originales, que nos fueron suministradas por las casas proveedoras, ya que se conocían de una manera aproximada los siguientes parámetros : actividad específica, volumen de la disolución original y período de semidesintegración .

3.1.5. - Elección del tipo de capilar de vidrio

Para poder seleccionar el tamaño y características del capilar más adecuado para nuestras experiencias, se han realizado una serie de ensayos previos, en capilares diferentes en cuanto a su diámetro interno, así como al espesor de la pared de vidrio. A la vista de los resultados obtenidos, se ha seleccionado para nuestras experiencias el capilar que reúne las siguientes características :

Material : Vidrio Pyrex

Diámetro interno : 3mm.

Espesor de pared : 3 mm.

Se seleccionó este capilar, ya que además de poseer un espesor de pared lo suficientemente grueso como para que se produzca la emisión

Y Cerenkov en el vidrio, permite fácilmente la colocación del radisótomo en el fondo, con lo que queda situado prácticamente en el centro geométrico de la disolución en el vial .

3.1.6.- Forma del radisótomo en el interior del capilar

También se realizaron ensayos, a fin de establecer la forma más idónea en que el radisótomo debía colocarse en el fondo del capilar ; bien en forma de disolución o bien evaporando previamente el disolvente, eligiéndose esta última forma para evitar en lo posible la producción de emisión Y Cerenkov en el interior de la cavidad del capilar .

3.1.7.- Determinación de la atenuación óptima para la medida de los radisótopos seleccionados

Como atenuación óptima, o punto de balance , para un radisótomo determinado, se ha tomado el valor de atenuación para el cual la eficiencia de conteo es máxima, empleando una anchura de banda comprendida entre 40 y 1000 unidades de discriminación .

Se situó en la posición de conteo un vial que contenía el correspondiente radisótomo en el interior del capilar una vez evaporado el disolvente y el volumen óptimo del medio utilizado en el vial. Para el cálculo de la atenuación óptima se partió del valor mínimo de ésta, midiendo cada vez la actividad experimental y aumentando paulatinamente el valor

de atenuación hasta llegar al valor máximo posible que permitiera el espectrómetro utilizado .

Con los valores obtenidos aplicando el procedimiento descrito, se elaboraron las tablas y figuras que se exponen a continuación y que corresponden a los radisótopos utilizados : $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{204}Tl , ^{36}Cl y ^{60}Co .

Radisótopo $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

En la Tabla III se exponen los valores de las c.p.m. obtenidas para cada valor de la atenuación, tanto en medio acuoso como en medio etanólico .

A partir de los anteriores valores hemos representado en la Figura 3 la variación de las c.p.m. al modificar el valor de atenuación .

Radisótopo ^{204}Tl

En la Tabla IV se exponen los valores de las c.p.m. para cada valor de atenuación, tanto en medio acuoso como en medio etanólico.

A partir de los anteriores valores, hemos representado en la Figura 4 la variación de las c.p.m. al modificar el valor de atenuación.

TABLA III

CALCULO DE ATENUACION OPTIMA DEL $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$
 (Condiciones : Canal nº 1; DI = 40; DS = 1000)

Unidades de atenuación	Actividad en etanol c. p. m.	Actividad en agua c. p. m.
2 ^{0'0}	18370	18977
2 ^{0'1}	18977	19732
2 ^{0'2}	19696	20237
2 ^{0'3}	20243	20625
2 ^{0'4}	20658	20872
2 ^{0'5}	21069	21172
2 ^{0'6}	21470	21411
2 ^{0'7}	21691	21574
2 ^{0'8}	21864	21531
2 ^{0'9}	21894	21618
2 ^{1'0}	21877	21596
2 ^{1'2}	21872	21564
2 ^{1'4}	21700	21168
2 ^{1'6}	21219	20857
2 ^{1'8}	20615	20442
2 ^{2'0}	20535	19521
2 ^{2'5}	16845	16999
2 ^{3'0}	14492	12759
2 ^{3'5}	10636	8353
2 ^{4'0}	4166	3829
2 ^{5'0}	472	1045
2 ^{6'0}	13	195
2 ^{7'0}	7	30
2 ^{8'0}	2	7

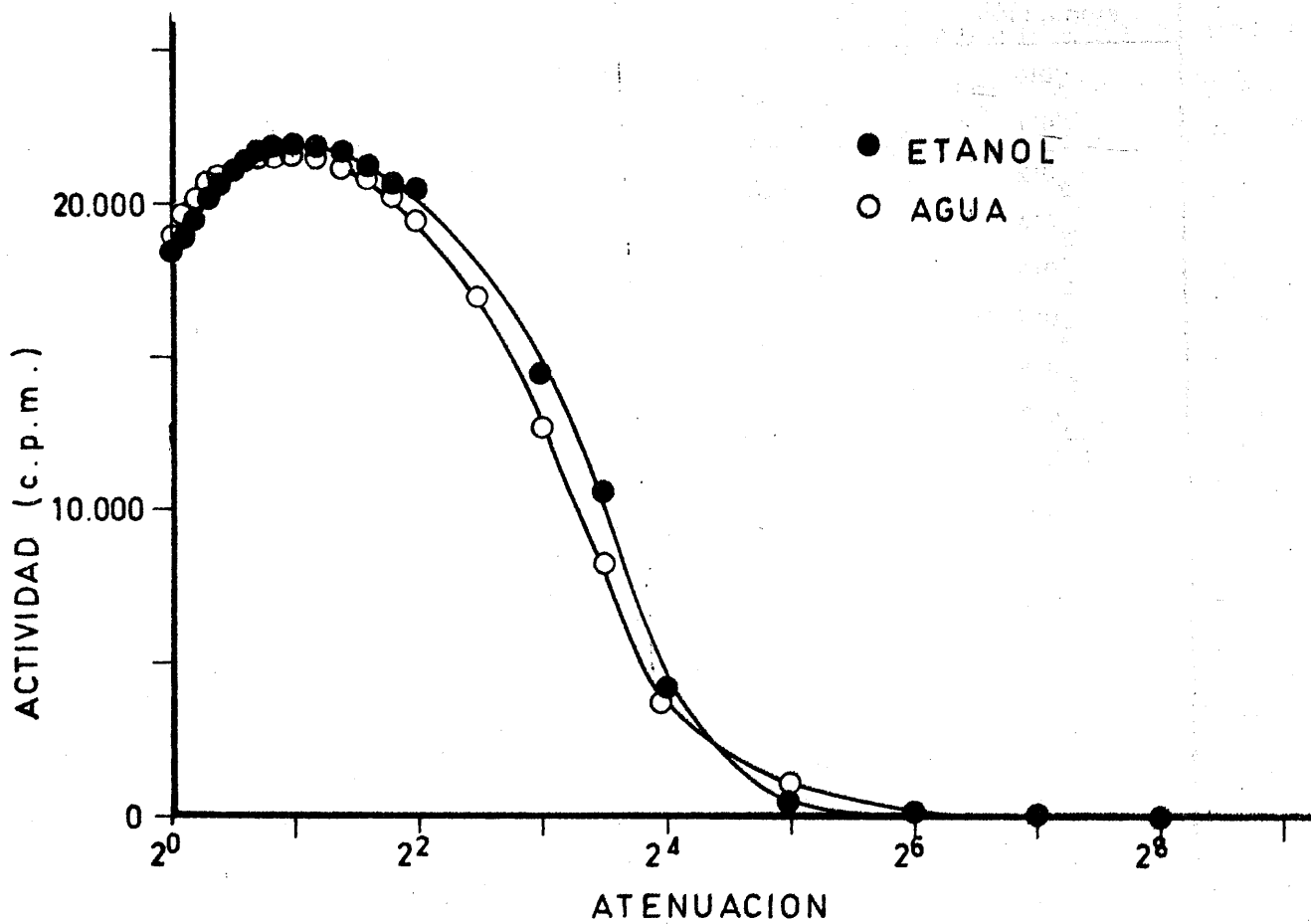


FIGURA 3.- Cálculo de la atenuación óptima del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ en etanol y en agua

TABLA IV

CALCULO DE ATENUACION OPTIMA DEL ^{204}Tl

(Condiciones : Canal nº 1; DI = 40; DS = 1000)

Unidades de atenuación	Actividad en etanol c.p.m.	Actividad en agua c.p.m.
2 ^{0'0}	24327	22741
2 ^{0'1}	24299	22680
2 ^{0'2}	24123	22634
2 ^{0'3}	24345	22608
2 ^{0'4}	24095	22571
2 ^{0'5}	23995	22258
2 ^{0'6}	23897	22129
2 ^{0'7}	23852	22032
2 ^{0'8}	23708	21905
2 ^{0'9}	23400	21631
2 ^{1'0}	22960	21589
2 ^{1'2}	22503	20710
2 ^{1'4}	21533	19945
2 ^{1'6}	20303	18778
2 ^{1'8}	18684	17339
2 ^{2'0}	14919	14414
2 ^{2'5}	9344	9515
2 ^{3'0}	2683	3224
2 ^{3'5}	879	747
2 ^{4'0}	74	141
2 ^{4'5}	22	48
2 ^{5'0}	19	14
2 ^{6'0}	10	7
2 ^{7'0}	2	1
2 ^{8'0}	-	-

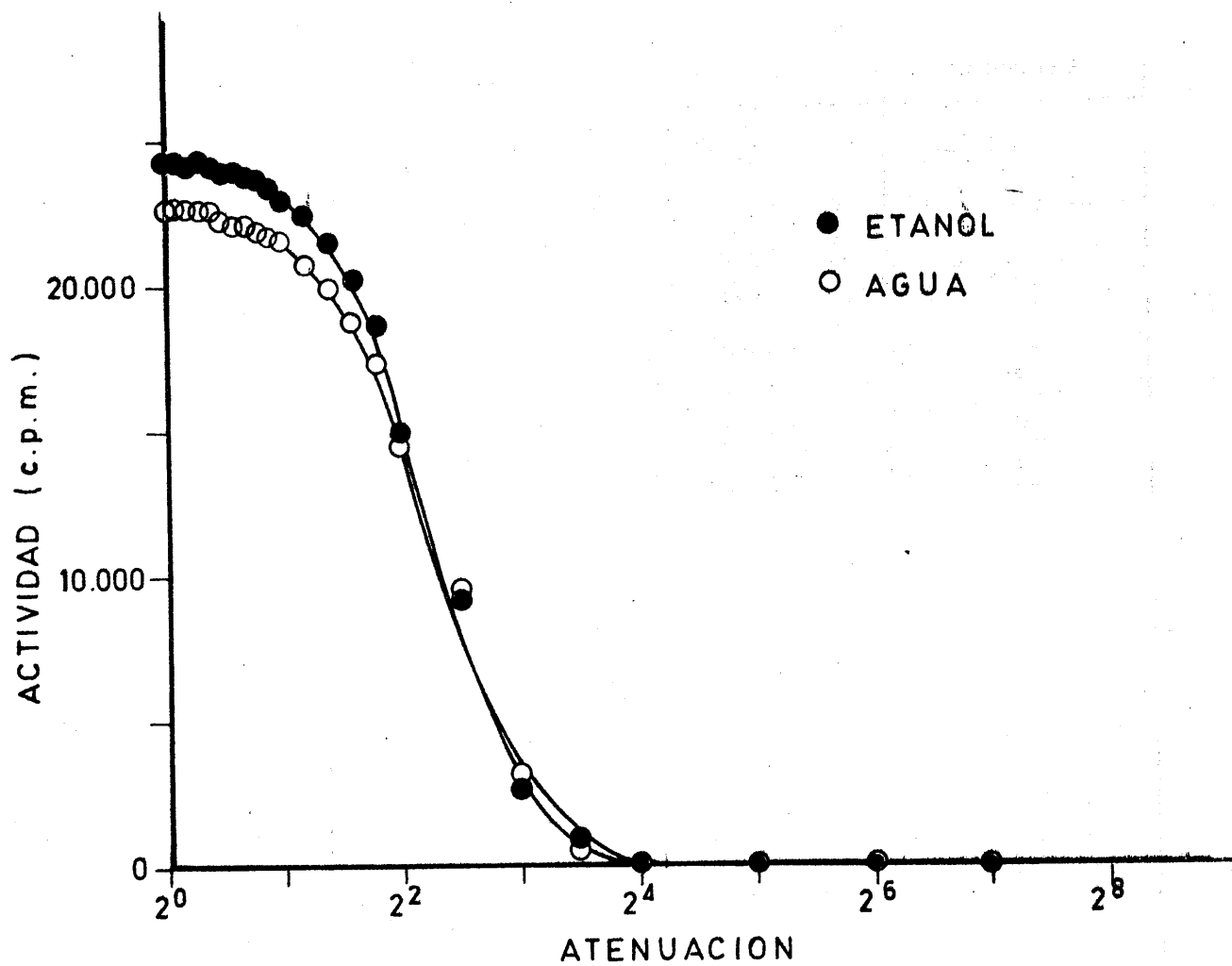


FIGURA 4.- Cálculo de la atenuación óptima del ^{204}Tl en etanol y en agua

Radisótopo ^{36}Cl

Analógamente a los anteriores radisótopos , en la Tabla V se exponen los valores de las c.p.m. obtenidas para cada valor de atenuación, tanto en medio acuoso como en medio etanólico .

A partir de los anteriores valores, hemos representado en la Figura 5 la variación de las c.p.m. al modificar el valor de la atenuación .

Radisótopo ^{60}Co

En la Tabla VI se exponen los valores de las c.p.m. obtenidas para cada valor de la atenuación, tanto en medio acuoso como en medio etanólico .

A partir de los anteriores valores, hemos representado en la Figura 6 la variación de las c.p.m. al modificar el valor de la atenuación .

TABLA V

CALCULO DE ATENUACION OPTIMA DEL ³⁶Cl

(Condiciones : Canal nº 1; DI = 40; DS = 1000)

Unidades de atenuación	Actividad en etanol c. p. m.	Actividad en agua c. p. m.
2 ^{0'0}	44815	42864
2 ^{0'1}	44764	42849
2 ^{0'2}	44865	42595
2 ^{0'3}	44728	42637
2 ^{0'4}	44578	42298
2 ^{0'5}	44398	42289
2 ^{0'6}	44229	42165
2 ^{0'7}	43637	41155
2 ^{0'8}	42511	39802
2 ^{0'9}	41305	39568
2 ^{1'0}	39628	37954
2 ^{1'2}	37823	36031
2 ^{1'4}	34564	33093
2 ^{1'6}	29433	25388
2 ^{1'8}	24574	22095
2 ^{2'0}	19328	18524
2 ^{2'5}	13724	13602
2 ^{3'0}	8567	9235
2 ^{3'5}	1137	3922
2 ^{4'0}	207	944
2 ^{4'5}	100	80
2 ^{5'0}	28	22
2 ^{6'0}	18	17
2 ^{7'0}	10	-
2 ^{8'0}	-	-

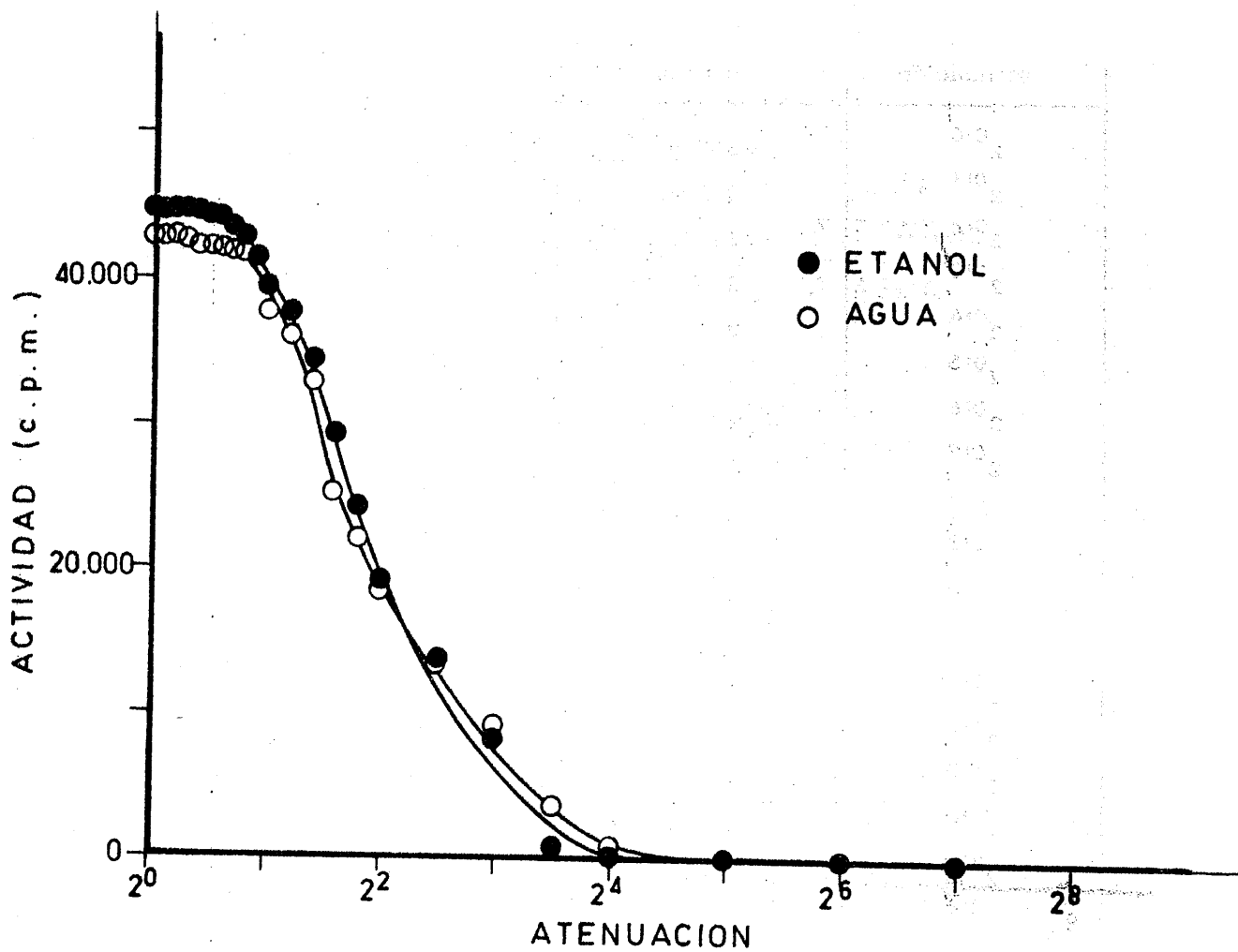


FIGURA 5.- Cálculo de la atenuación óptima del ^{36}Cl en etanol y en agua

TABLA VI

CALCULO DE LA ATENUACION OPTIMA DEL ⁶⁰Co

(Condiciones : Canal nº 1; DI = 40; DS = 1000)

Unidades de atenuación	Actividad en etanol c. p. m.	Actividad en agua c. p. m.
2 ^{0'0}	35569	36742
2 ^{0'1}	36396	37113
2 ^{0'2}	36799	37207
2 ^{0'3}	37398	37572
2 ^{0'4}	37755	37771
2 ^{0'5}	38053	37862
2 ^{0'6}	38366	37954
2 ^{0'7}	38470	37968
2 ^{0'8}	38466	37643
2 ^{0'9}	38482	37800
2 ^{1'0}	38351	37838
2 ^{1'2}	38314	37404
2 ^{1'4}	37635	36408
2 ^{1'5}	36942	35538
2 ^{1'8}	35200	34324
2 ^{2'0}	33946	32037
2 ^{2'5}	29100	26100
2 ^{3'0}	21806	14559
2 ^{3'5}	13899	7682
2 ^{4'0}	7266	2950
2 ^{5'0}	3052	665
2 ^{6'0}	367	85
2 ^{7'0}	69	20
2 ^{8'0}	18	-

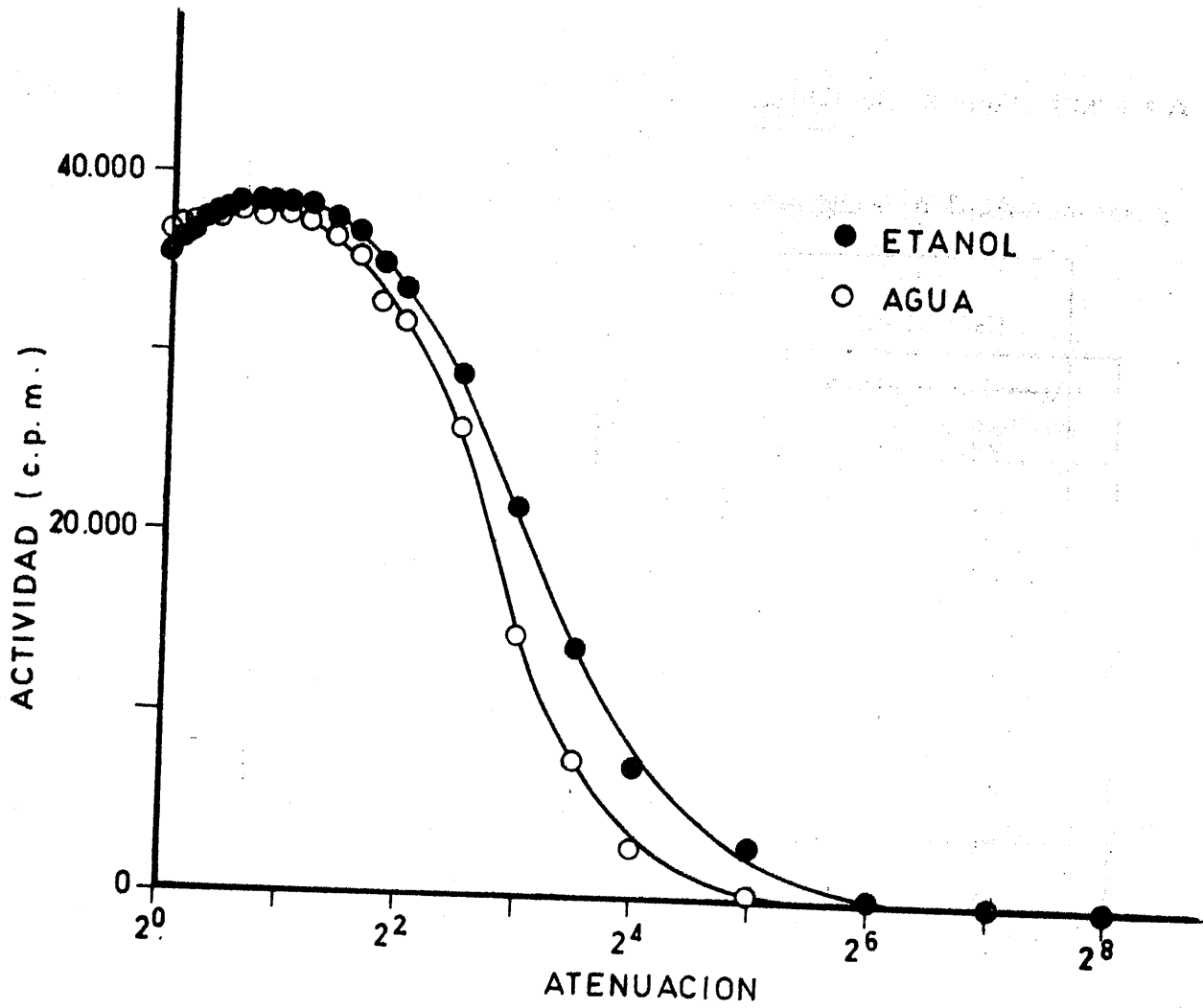


FIGURA 6.- Cálculo de la atenuación óptima del ^{60}Co en etanol y en agua

A partir de las Figuras 3 a 6 se deducen los valores de atenuación óptima, los cuales aparecen en la Tabla VII.

TABLA VII

VALORES DE ATENUACION OPTIMA

ISOTOPO	ATENUACION OPTIMA
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	2^{112}
^{204}Tl	2^{014}
^{36}Cl	2^{010}
^{60}Co	2^{017}

3.1.8. - Determinación del volumen óptimo de líquido en el vial

Dado que la actividad a medir podría venir afectada por el volumen de disolución en el vial, hemos determinado el volumen óptimo - para el que se obtendría la mayor eficiencia de contaje, para lo cual se han preparado una serie de viales con volúmenes comprendidos entre 0 y 20 ml. de agua y otra serie con iguales volúmenes que la primera, pero esta vez con disolución diluida de Azul de Metileno.

En las Tablas VIII y XI se exponen los valores obtenidos para el cálculo del volumen óptimo de líquido en el vial.

TABLA VIII

VARIACION DE LA ACTIVIDAD CON EL VOLUMEN DE AGUA Y DE
UNA DISOLUCION DE AZUL DE METILENO DE 2 mg/l, EMPLEANDO
 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

(Condiciones : Canal nº 1; DI = 40; DS = 1000; atenuación 2^{112})

Volumen ml	Actividad (agua)	Actividad (2mg/l Azul de metileno)
2	21421	19477
4	19792	18489
6	20179	19380
8	20965	19935
10	21394	19711
12	21028	19616
14	20759	19297
16	20009	18775
18	20237	18791
20	20133	17814

TABLA IX

VARIACION DE LA ACTIVIDAD CON EL VOLUMEN DE AGUA Y DE UNA DISOLUCION DE AZUL DE METILENO DE 2mg/l EMPLEANDO ^{204}TI .

(Condiciones : Canal nº 1; DI = 40; DS = 1000; Atenuación $2^{0.14}$)

Volumen ml.	Actividad (agua)	Actividad (2mg/l Azul de metileno)
2	19954	18343
4	17662	15470
6	21619	19353
8	22944	19819
10	22524	19024
12	21094	18162
14	20369	17996
16	20549	16853
18	19497	16554
20	19239	16250

TABLA X

VARIACION DE LA ACTIVIDAD CON EL VOLUMEN DE AGUA Y DE UNA DISOLUCION DE AZUL DE METILENO DE 2mg/l, EMPLEANDO ^{36}Cl .

(Condiciones : Canal nº 1; DI = 40 ;DS = 1000; Atenuación $2^{0.10}$)

Volumen ml.	Actividad (agua)	Actividad (2mg/l Azul de metileno)
2	46908	38865
4	40879	32829
6	47046	37991
8	51237	40786
10	52369	40149
12	51072	38983
14	50729	38478
16	51600	36330
18	48354	34697
20	47421	33108

TABLA XI

VARIACION DE LA ACTIVIDAD CON EL VOLUMEN DE AGUA Y DE UNA DISOLUCION DE AZUL DE METILENO DE 2mg/l, EMPLEANDO ^{60}Co .

(Condiciones : Canal nº 1; DI = 40; DS = 1000; Atenuación $2^{0.17}$)

Volumen ml.	Actividad (agua)	Actividad (2mg/l Azul de metileno)
2	21941	21309
4	25392	24555
6	31597	30450
8	35244	33854
10	37354	35167
12	37695	35262
14	37622	35069
16	37009	33005
18	35702	33029
20	33961	30785

Con los valores de las citadas tablas se construyeron las Figuras 7 a 10, que exponemos a continuación;

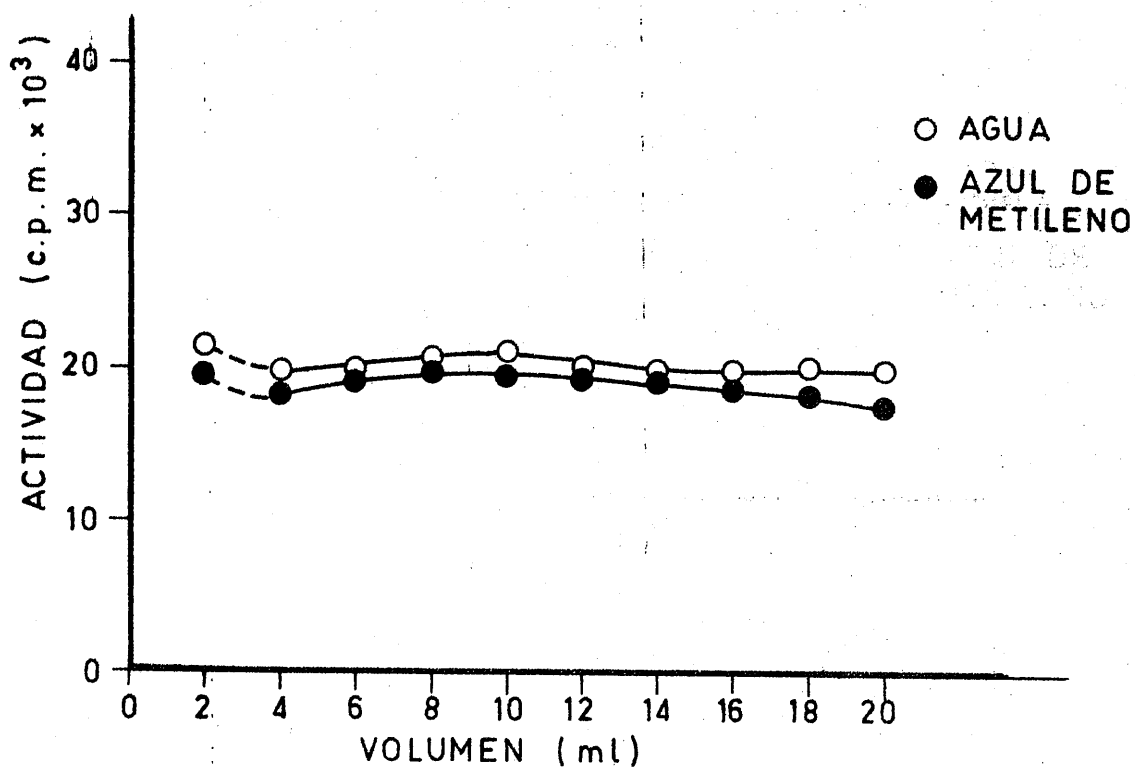


FIGURA 7.- Cálculo del volumen óptimo del ⁹⁰Sr/⁹⁰Y en agua y en una disolución de azul de metileno de 2mg/l

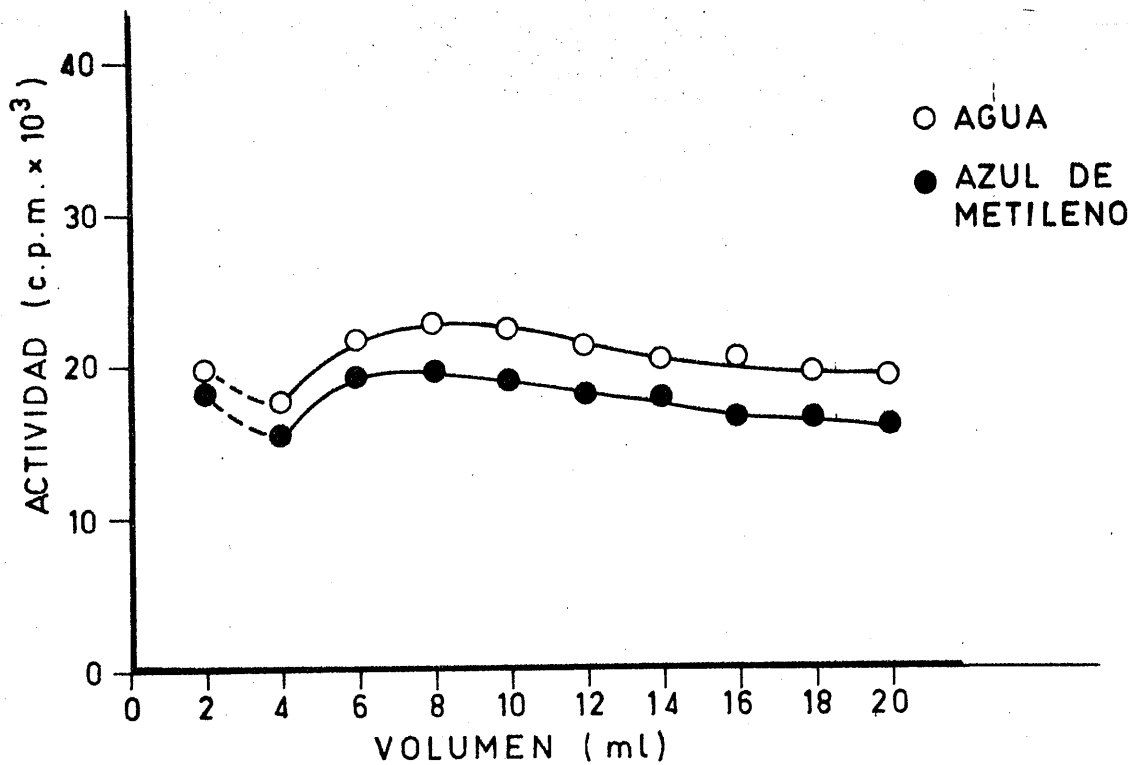


FIGURA 8.- Cálculo del volumen óptimo del ^{204}Tl en agua y en una disolución de azul de metileno de 2mg/l

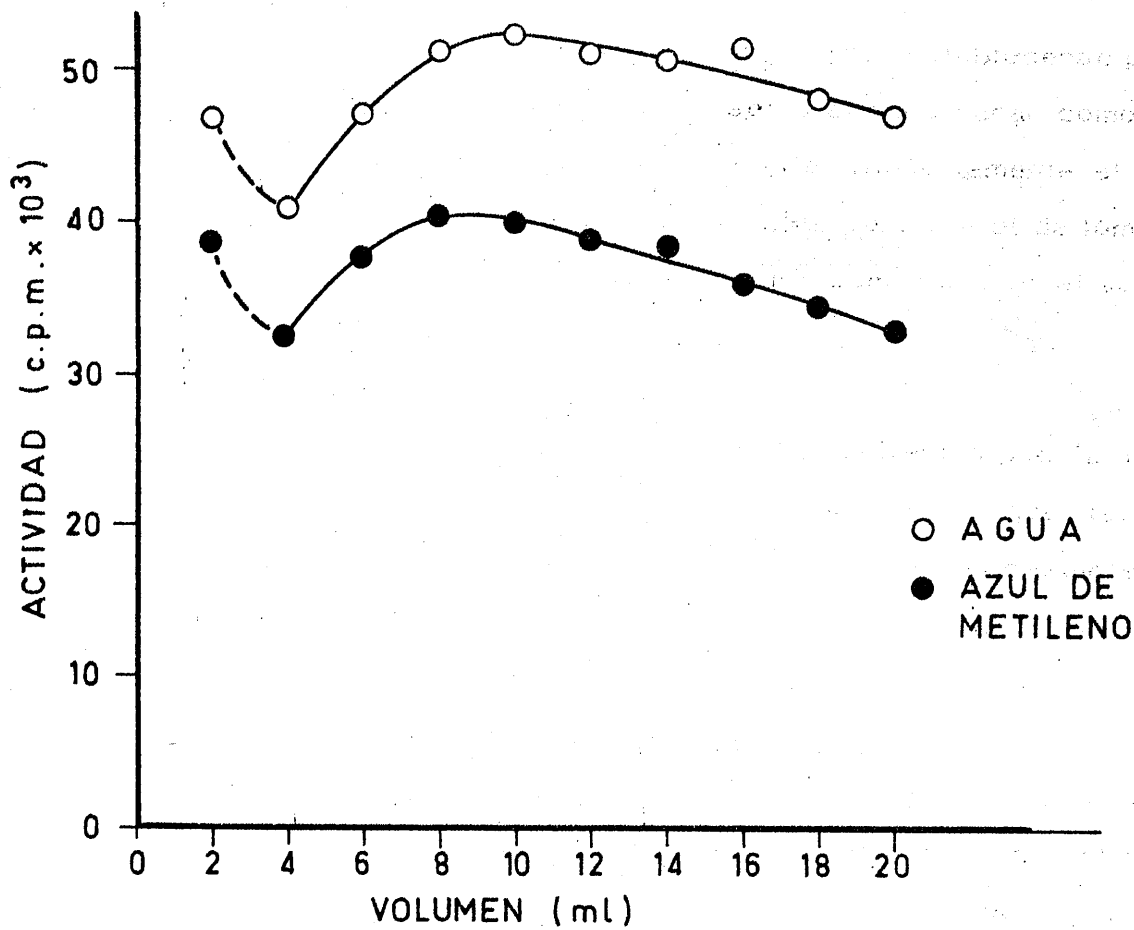


FIGURA 9. - Cálculo del volumen óptimo del ^{36}Cl en agua y en una disolución de azul de metileno de 2mg/l

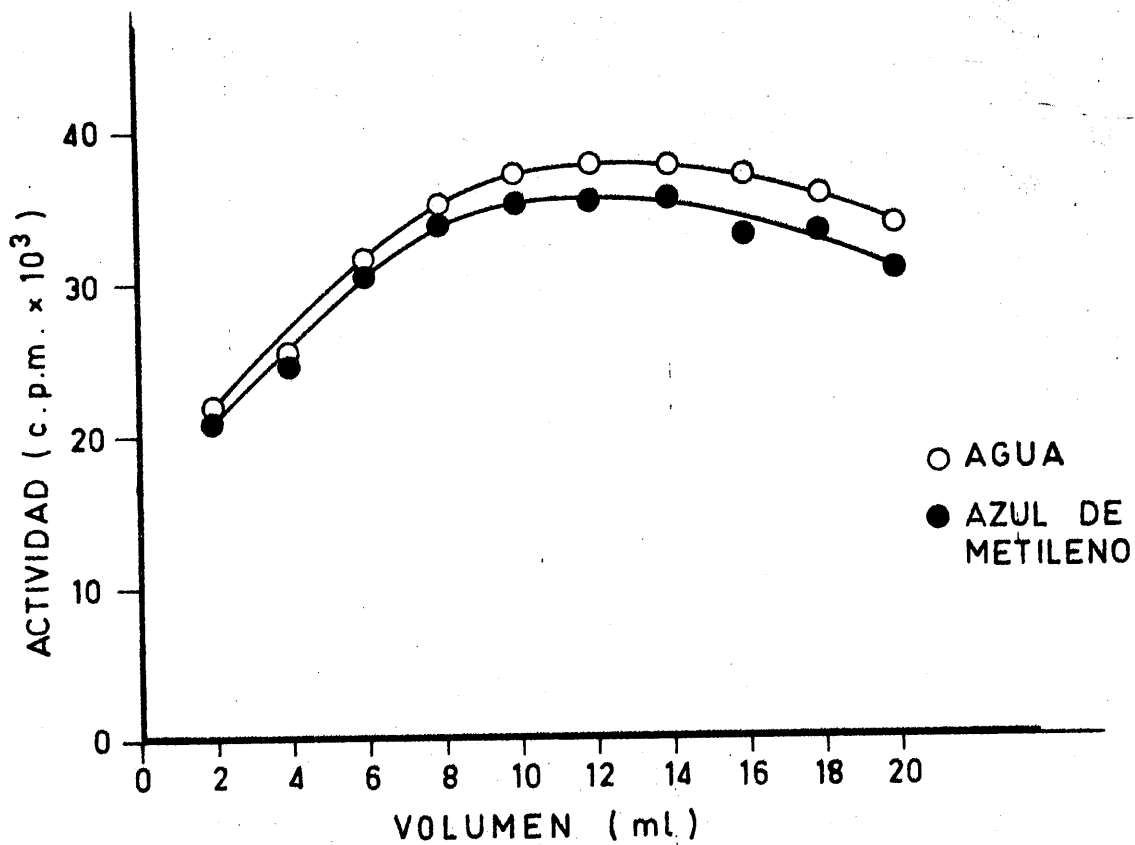


FIGURA 10.- Cálculo del volumen óptimo del ⁶⁰Co en agua y en una disolución de azul de metileno de 2mg/l

3.1.9. - Elección de la actividad de referencia A_0

La forma de obtener el valor de la actividad experimental (A_0) en ausencia de "quenching" color, podría establecerse partiendo de criterios distintos. Uno de ellos sería el considerar como A_0 la actividad obtenida situando en el interior del vial solamente el capilar productor de la emisión Čerenkov ; otro criterio sería el de tomar para A_0 la actividad obtenida con el citado capilar sumergido en el volumen óptimo del disolvente puro.

Si bien cualquiera de ambos criterios podría haberse utilizado, se eligió el segundo por considerar que era el que más se asemejaba a las condiciones experimentales a seguir con las restantes muestras.

3.1.10. - Influencia de la orientación del vial

Se hicieron una serie de experiencias con el fin de poner de manifiesto la influencia que podría tener en las medidas el hecho de que el capilar no estuviera perfectamente centrado dentro del vial, por lo cual se realizaron medidas en las que se fue girando el vial 45° cada vez, así hasta lograr un giro total de 360° . En la tabla XII se exponen los resultados de estas medidas.

TABLA XII

VALORES DE ACTIVIDAD EXPERIMENTAL (c.p.m.) OBTENIDOS PARA
LOS DISTINTOS ISOTOPOS Y DISTINTAS ORIENTACIONES DEL VIAL

Angulo de orientación	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ c.p.m.	^{204}Tl c.p.m.	^{36}Cl c.p.m.	^{60}Co c.p.m.
0°	20295	20018	42451	22208
45°	20291	19806	42667	22106
90°	20340	20039	42246	22574
135°	20397	20211	43341	22732
180°	20433	20226	42710	22781
225°	20495	20121	42581	22843
270°	20323	19877	42237	22478
315°	20380	20021	42301	22261

3.2. - MEDIDA DE LOS INDICES DE REFRACCION DE LAS DISOLU-
CIONES COLOREADAS UTILIZADAS.

Como consecuencia de la dependencia de la energía umbral con el índice de refracción del medio y para el caso en que se produjera algo de emisión Čerenkov fuera del vidrio del capilar en el caso de elevadas energías, hemos considerado conveniente comprobar si tenía lugar una

variación significativa de este valor para las distintas concentraciones de las disoluciones coloreadas que se han utilizado , con respecto al valor del índice de refracción del disolvente puro.

Los índices de refracción encontrados para las disoluciones acuosas de Anaranjado de Metilo, Azul de Metileno, Rojo Congo, Verde - Janus y Violeta Cristal, han sido en todos los casos iguales a 1'332, no encontrándose para el intervalo de concentraciones usado diferencias apreciables con relación al agua destilada en las medidas realizadas con el equipo de refractometría utilizado por nosotros. Tampoco se han encontrado variaciones apreciables para el caso de Violeta Cristal en medio acético, con relación al índice de refracción del ácido acético, 1'370 .

Para el caso de disoluciones alcohólicas de Nitrato de Cobalto (II) sí ha variado el índice de refracción con la concentración, de la forma siguiente:

Concentración de $(\text{NO}_3)_2\text{Co}$ g/l	Índice de refracción
2	1'3638
8	1'3638
10	1'3640
12	1'3642
14	1'3650
18	1'3675
20	1'3675

3.3.- EXPERIENCIAS SOBRE LA EXTINCION POR COLOR DE LA RADIACION γ CERENKOV

En estas experiencias se han estudiado dos aspectos diferentes, aunque complementarios entre sí; de una parte, la variación de los espectros γ Cerenkov al aumentar la coloración del medio y, de otra, la variación de la actividad relativa A/A_0 al aumentar la concentración de sustancia coloreada.

3.3.1.- Variación de los espectros γ Cerenkov de los radisótopos utilizados con la densidad óptica de las disoluciones coloreadas

Se han obtenido en nuestras condiciones experimentales los espectros energéticos de la emisión γ Cerenkov en medio acuoso correspondientes a los radisótopos $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{204}Tl , ^{36}Cl y ^{60}Co .

Los espectros fueron realizados fijando en un determinado canal la atenuación óptica del radisótopo en cuestión y una anchura de ventana de un 2% del total de la banda de exploración.

En estas condiciones se fue desplazando la ventana de 20 en 20 unidades, midiendo la actividad durante 4 minutos y representando las cuentas por minuto correspondientes a cada una de estas posiciones, hasta obtener el espectro correspondiente. Para cada radisótopo se han comparado los espectros obtenidos, tanto para el disolvente utilizado como para las distintas disoluciones coloreadas de igual densidad óptica.

3.3.2. - Variación de la velocidad de contaje y de la actividad relativa con la concentración de sustancia coloreada.

El aumento de la extinción por color de la radiación - y Cerenkov al aumentar la concentración de una disolución coloreada, se pone de manifiesto por la disminución de la actividad experimental obtenida con el espectrómetro de centelleo líquido para un radisótomo determinado y en sus condiciones de medida. Estas condiciones son la atenuación óptima y la posición de los discriminadores.

La atenuación óptima depende fundamentalmente de la energía del radisótomo y, en mucho menor grado, del índice de refracción del disolvente utilizado.

La posición de los discriminadores se ha fijado en todos los casos del modo siguiente:

- El discriminador inferior se ha situado en la posición de 40 unidades de esta forma se elimina el ruido térmico de los tubos fotomultiplicadores, cuyos impulsos poseen - muy baja altura.
- El discriminador superior se situó al final de la banda, es decir, en la posición 1000 unidades.

En las citadas condiciones hemos determinado experimentalmente, y para cada uno de los radisótopos utilizados, la variación de la relación A/A_0 con la concentración de colorante. Hemos llamado \underline{A} a la

actividad experimental obtenida con la concentración considerada, mientras que A₀ representa la actividad experimental obtenida en ausencia de color y sólo con el volumen adecuado de disolvente puro.

IV. - RESULTADOS EXPERIMENTALES

1947-1948 (1947-1948) (1947-1948)

IV. - RESULTADOS EXPERIMENTALES

4.1. - ESPECTROS DE ABSORCIÓN ÓPTICA DE LAS DISOLUCIONES COLOREADAS QUE SE HAN UTILIZADO

Exponemos a continuación los espectros de absorción óptica correspondientes a la zona del espectro visible de cada una de las sustancias colorantes utilizadas, obtenidos a partir de los valores dados por el espectrofotómetro descrito en el apartado 2.7. Como ya se indicó todas las disoluciones fueron acuosas excepto en el caso del nitrato de cobalto (II) en que se ha utilizado etanol y para el violeta cristal ambos medios acuoso y acético.

Para cada colorante, se obtuvieron los espectros correspondientes a todas las concentraciones que se indican en el apartado 3.1.2. y, de entre ellas, hemos seleccionado en las Figuras 11 a 17, a título indicativo, un espectro para cada colorante y medio utilizado.

En las citadas figuras se observa que las máximas absorban-
cias de cada colorante (dentro del intervalo que nos interesa) correspon-
den a los siguientes valores de λ :

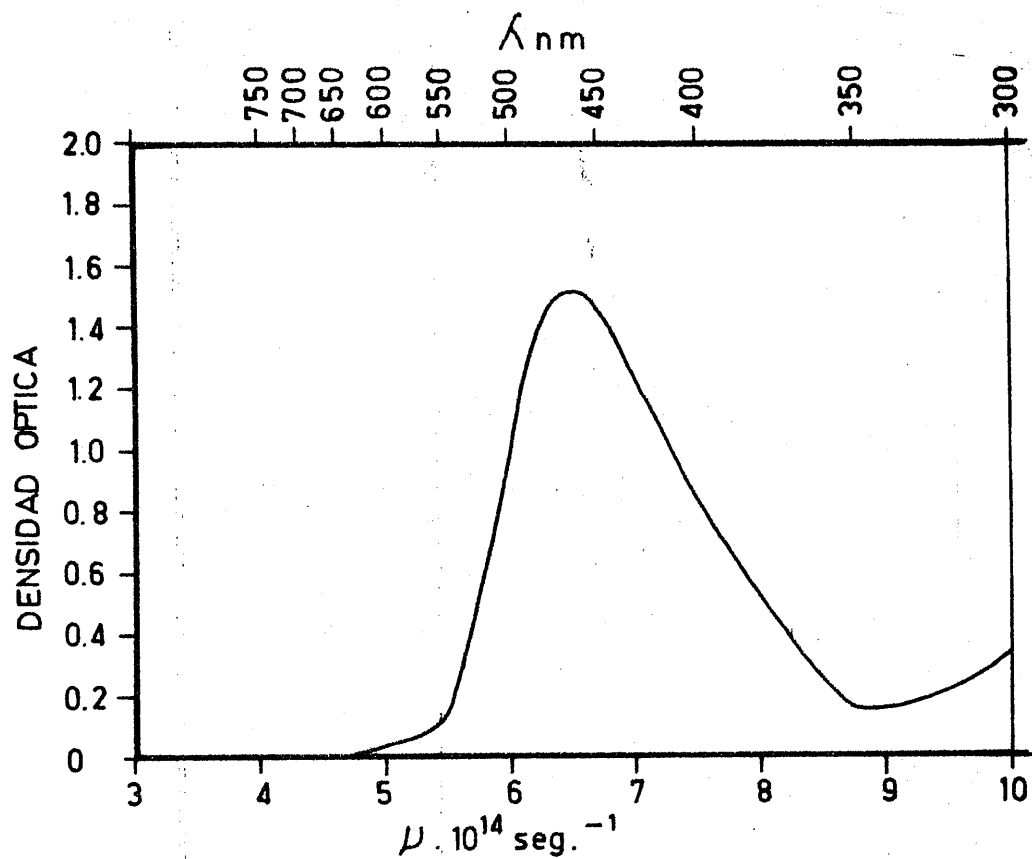


FIGURA 11.- Espectro de absorción óptica en la zona visible correspondiente a la disolución de anaranjado de metilo en agua.

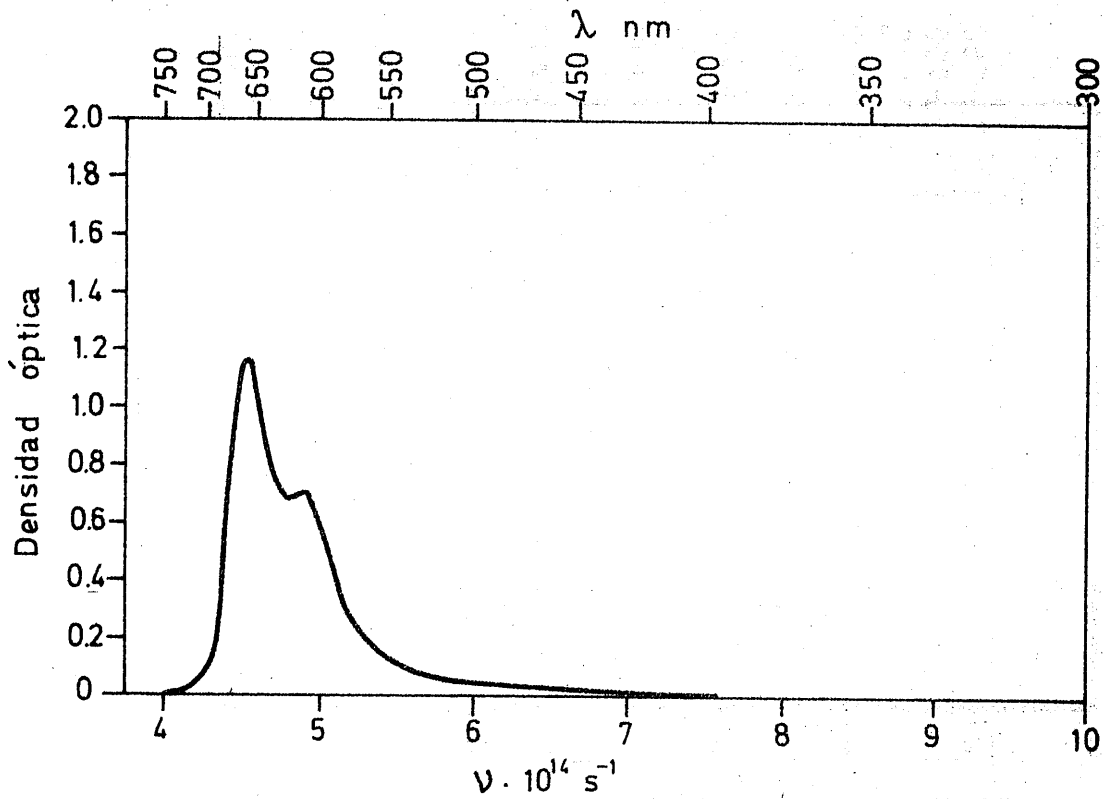


FIGURA 12. - Espectro de absorción óptica en la zona visible correspondiente a la disolución de azul de metileno en agua.

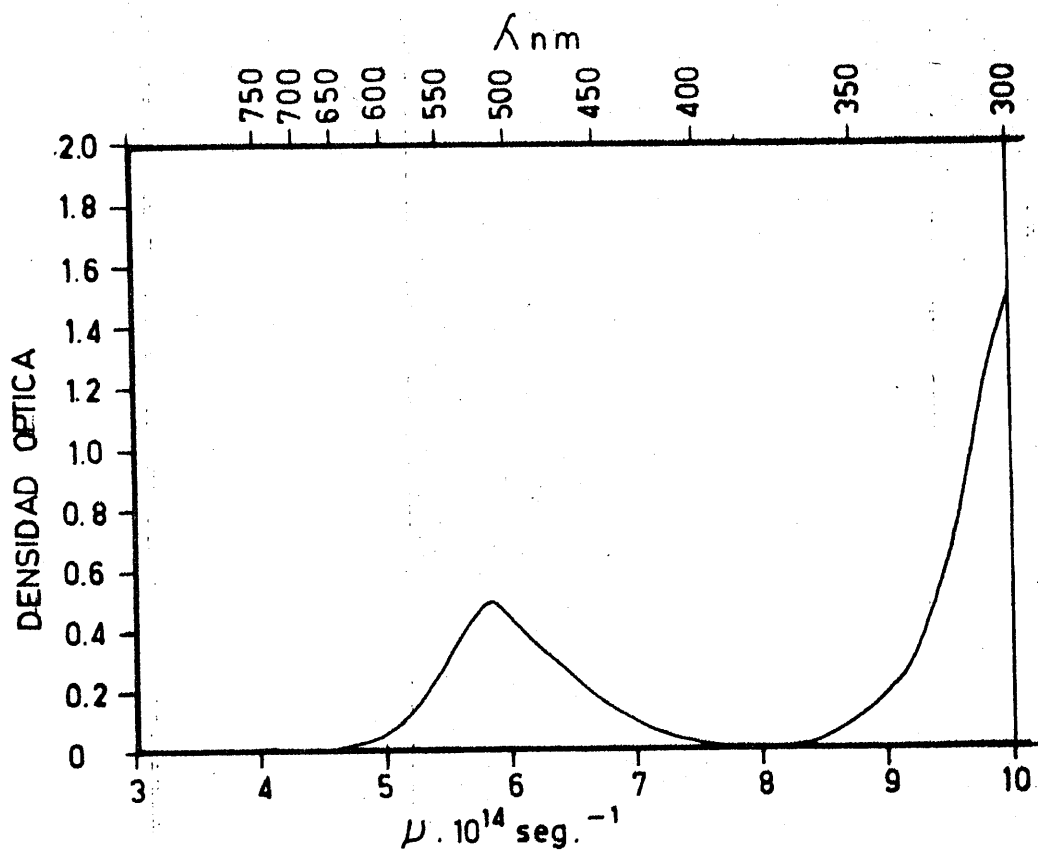


FIGURA 13.- Espectro de absorción óptica en la zona visible correspondiente a la disolución de nitrato de cobalto(II) en etanol.

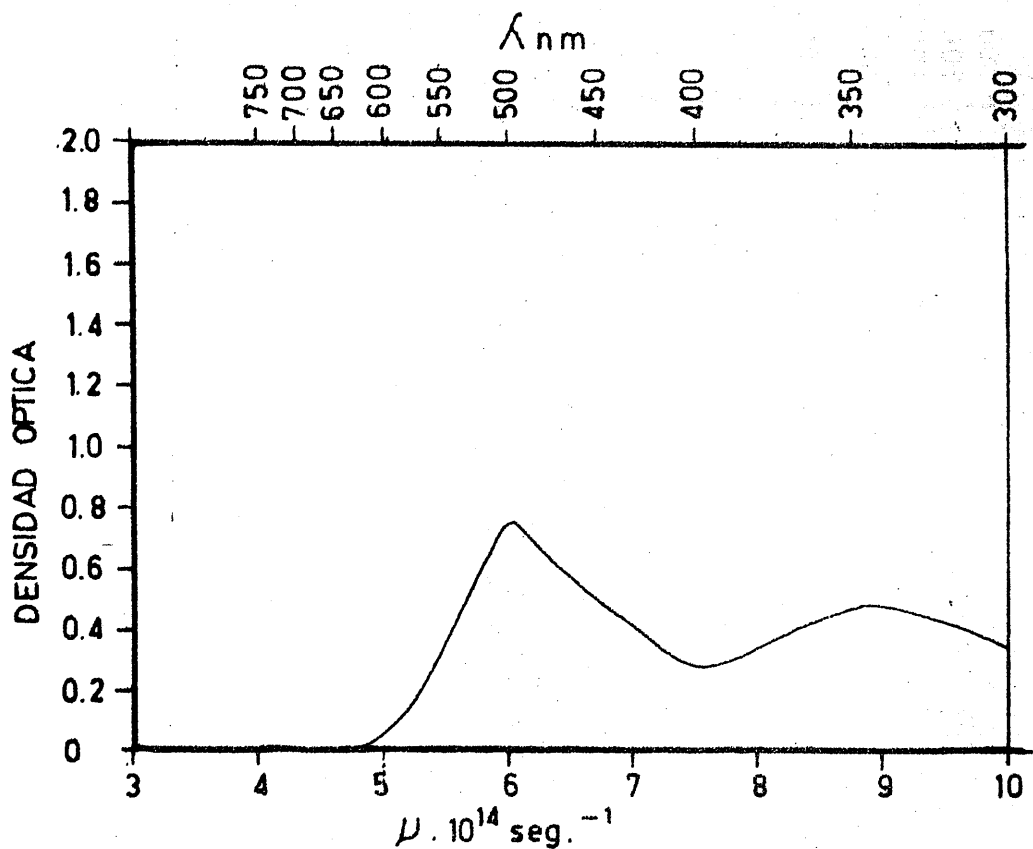


FIGURA 14.- Espectro de absorción óptica en la zona visible correspondiente a la disolución de rojo congo en agua.

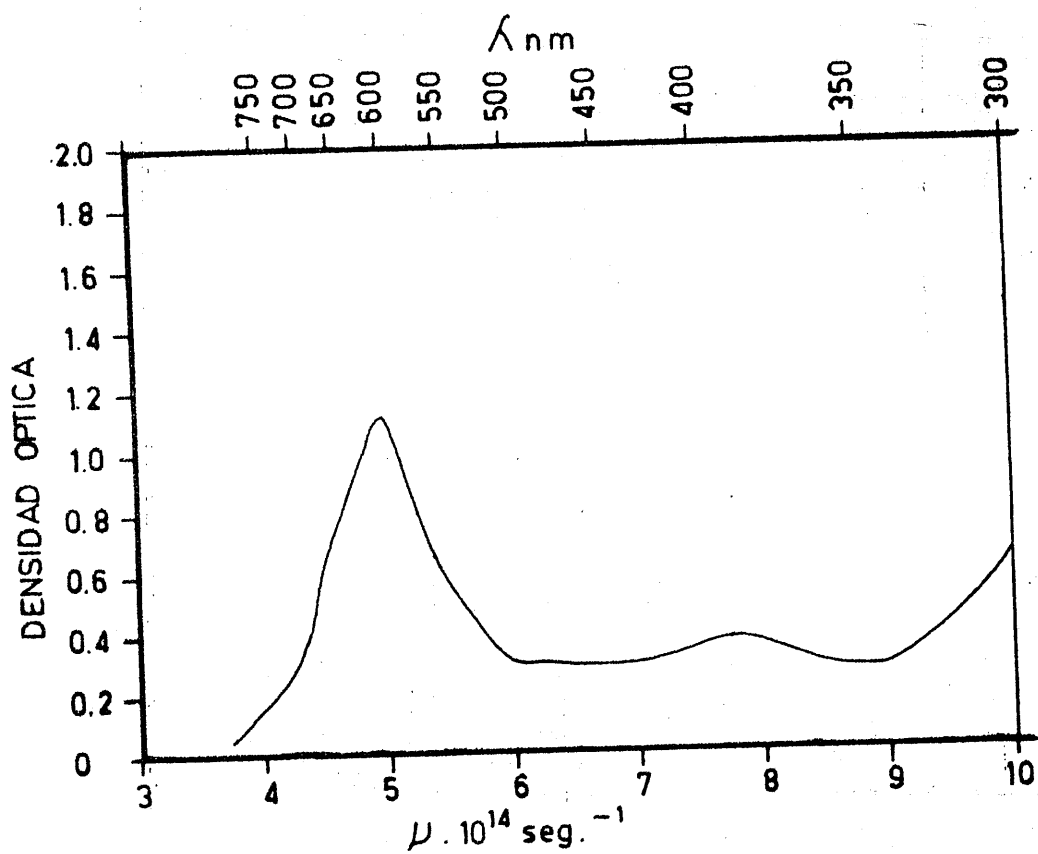


FIGURA 15.- Espectro de absorción óptica en la zona visible correspondiente a la disolución de verde janus en agua.

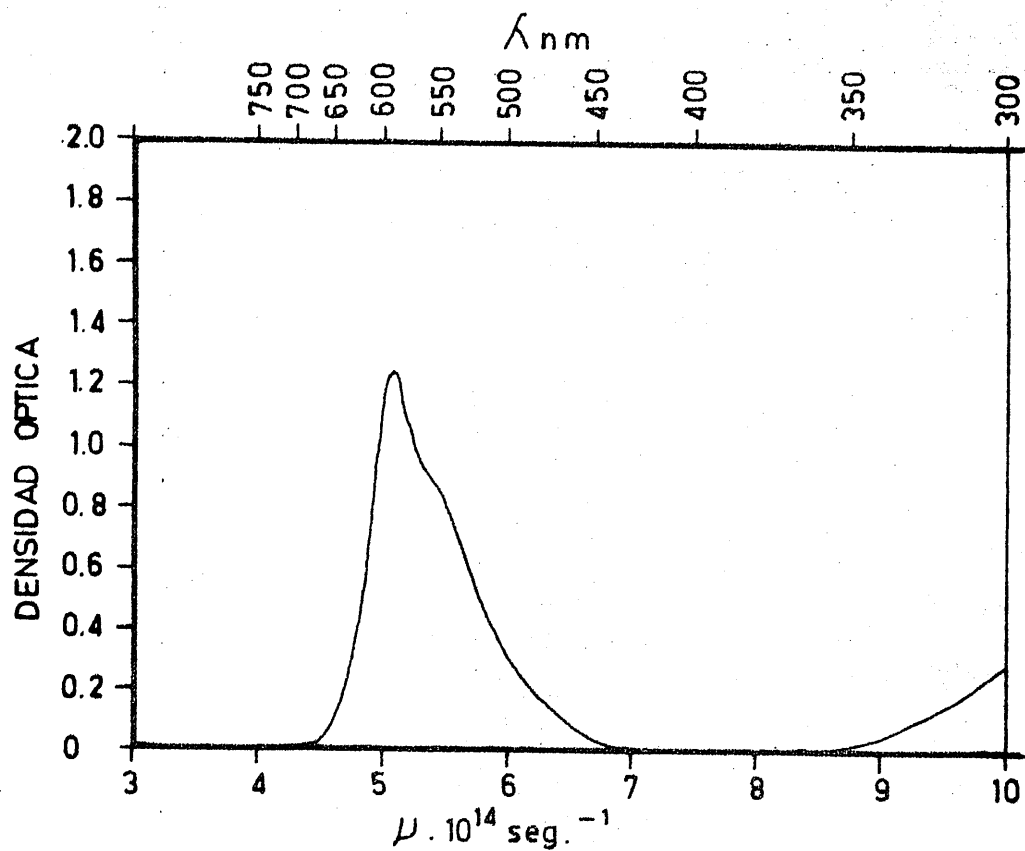


FIGURA 16.- Espectro de absorción óptica en la zona visible correspondiente a la disolución de violeta cristal en agua.

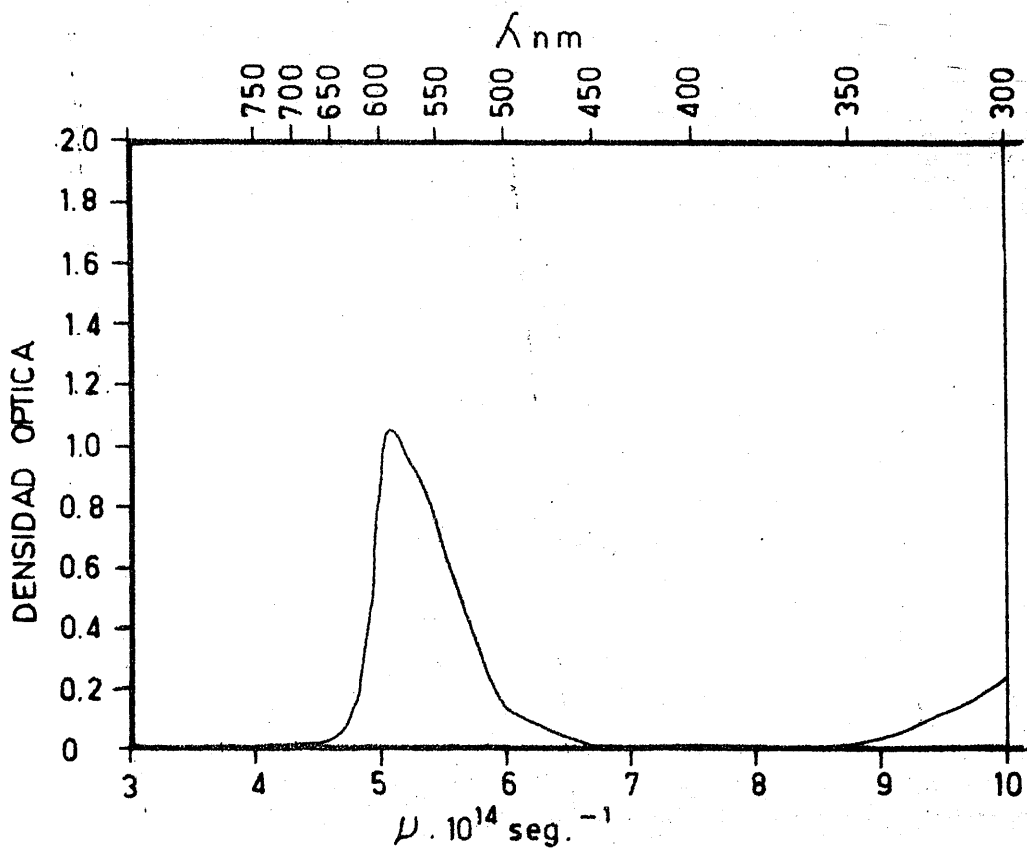


FIGURA 17.- Espectro de absorción óptica en la zona visible correspondiente a la disolución de violeta cristal en ácido acético.

<u>Colorantes</u>	<u>Longitud de onda</u>
Anaranjado de Metilo	462
Azul de Metileno	660 y 610
Nitrato de Cobalto(II)	517
Rojo Congo	496 y 342
Verde Janus	604 y 396
Violeta Cristal (medios acuoso y acético)	588

4.2. - DENSIDADES OPTICAS DE LAS DISOLUCIONES COLOREADAS

A partir de los espectros de absorción óptica que se mencionan en el apartado anterior, se han calculado para cada colorante las densidades ópticas para luz heterocromática (300 a 750 nm) correspondientes a las concentraciones indicadas en el apartado 3.1.2. Estos resultados - quedan indicados en las tablas XIII a XIX.

TABLA XIII

DENSIDADES OPTICAS PARA LUZ HETEROCROMATICA CORRESPONDIENTES A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE ANARANJADO DE METILO EN DISOLUCION ACUOSA

<u>Concentración mg/l</u>	<u>D.O.</u>
1	0'050
2	0'087
4	0'166
6	0'251
8	0'367
10	0'429

TABLA XIV

DENSIDADES OPTICAS PARA LUZ HETEROCROMATICA CORRESPONDIENTES A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE AZUL DE METILENO EN DISOLUCION ACUOSA

<u>Concentración</u> <u>mg/l</u>	<u>D.O.</u>
2	0'033
4	0'095
6	0'136
8	0'187
10	0'234
20	0'490

TABLA XV

DENSIDADES OPTICAS PARA LUZ HETEROCROMATICAS CORRESPONDIENTES A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE NITRATO DE COBALTO (II) EN DISOLUCION ETANOLICA

<u>Concentración</u> <u>mg/l</u>	<u>D.O.</u>
1	0'024
2	0'050
3	0'082
4	0'110
5	0'134
6	0'154
7	0'186
8	0'215
9	0'264
10	0'278

TABLA XVI

DENSIDADES OPTICAS PARA LUZ HETEROCROMATICA CORRESPONDIENTES A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE ROJO CONGO EN DISOLUCION ACUOSA

<u>Concentración</u> <u>mg/l</u>	<u>D. O.</u>
1	0'026
2	0'033
4	0'059
6	0'093
8	0'121
10	0'147
20	0'304
30	0'446
40	0'581
50	0'748

TABLA XVII

DENSIDADES OPTICAS PARA LUZ HETEROCROMATICA CORRESPONDIENTES A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE VERDE JANUS EN DISOLUCION ACUOSA

<u>Concentración</u> <u>mg/l</u>	<u>D. O.</u>
2	0'037
4	0'075
6	0'113
8	0'144
10	0'174
20	0'373
30	0'528



TABLA XVIII

DENSIDADES OPTICAS PARA LUZ HETEROCROMATICA CORRESPONDIENTES A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE VIOLETA CRISTAL EN DISOLUCION ACUOSA

<u>Concentración</u> <u>mg/l</u>	<u>D.O.</u>
1	0'032
2	0'082
4	0'176
6	0'291

TABLA XIX

DENSIDADES OPTICAS PARA LUZ HETEROCROMATICA CORRESPONDIENTES A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE VIOLETA CRISTAL EN DISOLUCION ACETICA

<u>Concentración</u> <u>mg/l</u>	<u>D.O.</u>
1	0'044
2	0'076
4	0'169
6	0'228
8	0'328

4.3. - INDICE DE REFRACCION DE LAS DISOLUCIONES COLOREADAS QUE SE HAN UTILIZADO

Los índices de refracción encontrados para las disoluciones acuosas coloreadas, en los intervalos de concentraciones utilizados de Anaranjado de Metilo, Azul de Metileno, Rojo Congo, Verde Janus y Violeta Cristal han sido, en todos los casos, iguales a 1'333, no habiéndose encontrado, por lo tanto, diferencia apreciable, con relación al agua destilada, en las medidas realizadas con el equipo de refractometría utilizado por nosotros. Tampoco se han encontrado variaciones apreciables para el caso del Violeta Cristal en medio acético, con relación al índice de refracción del ácido acético (1'376) ya que se trata de disoluciones diluidas. Sin embargo, en el caso del colorante nitrato de Cobalto (II) en disolución etanólica dado que el intervalo de concentraciones utilizado ha sido mucho mayor, los índices de refracción han variado con la concentración del mismo, en la siguiente forma:

<u>Concentración de</u> <u>(NO₃)₂Co en etanol</u> <u>g/l</u>	<u>Indice de</u> <u>refracción</u>
2	1'3638
8	1'3638
10	1'3640
12	1'3642
14	1'3650
18	1'3675
20	1'3675

4.4. - RESULTADOS OBTENIDOS CON EL RADISOTOPO ESTRONCIO- -90/YTRIO-90

A continuación se exponen los resultados obtenidos utilizando $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con cada una de las disoluciones coloreadas preparadas para el estudio de la extinción por color de la emisión \checkmark Čerenkov producida - por este radisótopo.

4.4.1. - Estroncio-90/Ytrio-90 en Anaranjado de Metilo

4.4.1.1. - Variación del espectro \checkmark Čerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de Anaranjado de Metilo

En la Tabla XX se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro, en ausencia de coloración, y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 18.

TABLA XX

ESPECTROS ČERENKOV DEL $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE ANARANJADO DE METILO

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c. p. m.)	Disoluciones de: Anaranjado de Metilo	
		D. O. = 0'08 (c. p. m.)	D. O. = 0'3 (c. p. m.)
40	697	737	917
60	926	1327	1142
80	1170	1556	1314
100	1375	1654	1378
120	1464	1679	1362
140	1549	1673	1250
160	1548	1579	1189
180	1576	1495	1020
200	1561	1377	899
220	1467	1226	749
240	1458	1068	636
260	1329	936	494
280	1257	814	421
300	1191	709	328
340	1010	354	207
380	854	220	165
400	740	207	125
500	351	107	80
600	160	36	25
700	66	9	5
800	26	-	-
900	15	-	-

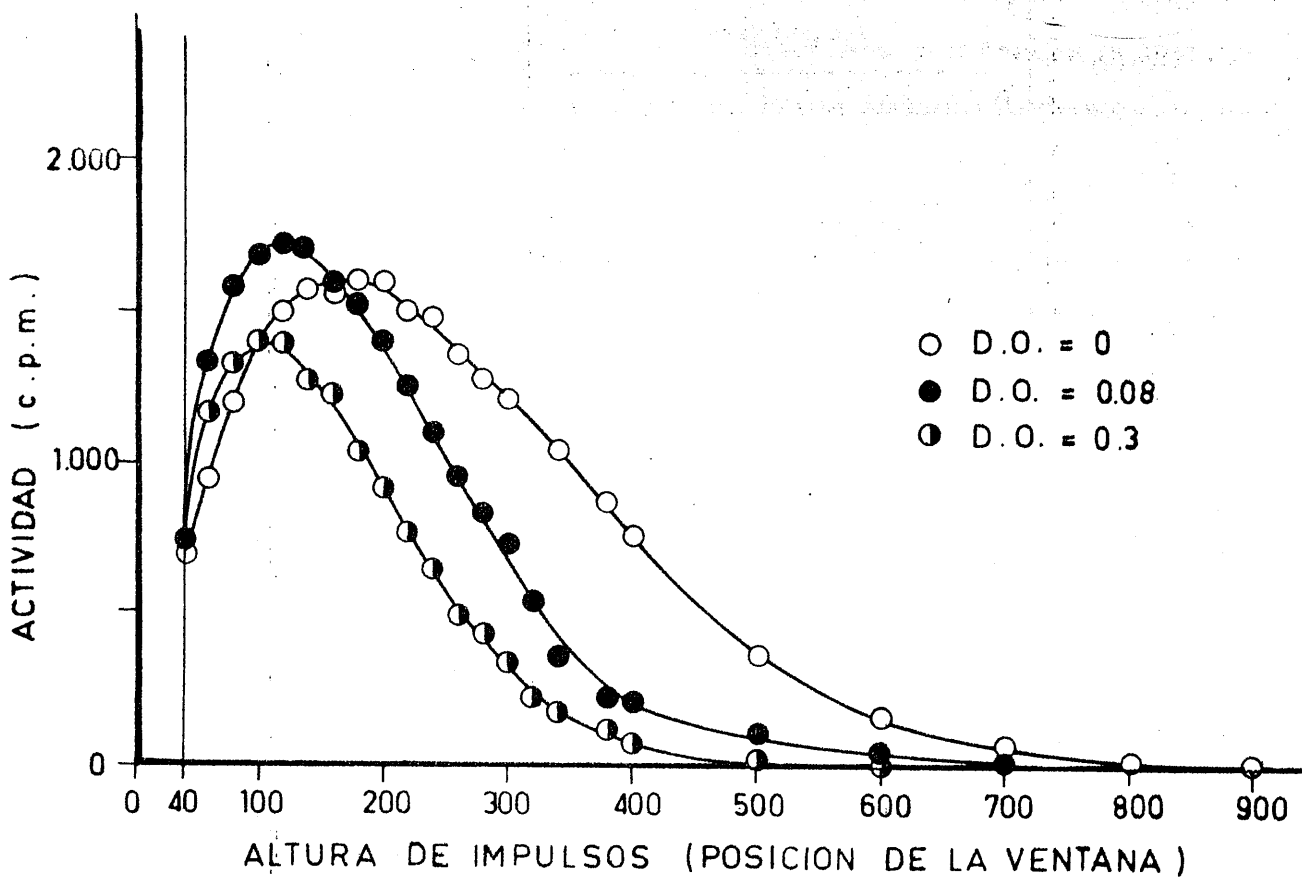


FIGURA 18.- Variación del espectro Cerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de anaranjado de metilo.

4.4.1.2.- Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de Anaranjado de Metilo

En la Tabla XXI se exponen los resultados para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Anaranjado de Metilo. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A , la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Anaranjado de Metilo, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 19.

Concentración de Anaranjado de Metilo (mg/l)	Actividad A	Actividad A_0	Actividad Relativa A/A_0
0	1000	1000	1.000
100	950	1000	0.950
200	900	1000	0.900
300	850	1000	0.850
400	800	1000	0.800

TABLA XXI

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA CON
LA CONCENTRACION DE ANARANJADO DE METILO, EMPLEANDO $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

(Condiciones : Canal n°1 ; DI = 40; DS = 1000; Atenuación = 2^{112})

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_0
1	22751	21282	0'935
2	22751	18464	0'812
4	21923	14767	0'673
6	21958	12575	0'573
8	21814	10828	0'496
10	22751	10086	0'443
20	21923	5561	0'254
30	21958	3637	0'166
40	21815	2449	0'112
50	21721	1956	0'090
60	21155	1357	0'064
70	22203	999	0'045
80	22347	745	0'033
90	22228	670	0'030
100	22140	562	0'025
200	21321	336	0'016
300	21419	265	0'012
400	23068	185	0'008
500	21949	178	0'008
600	21767	155	0'007
800	21887	191	0'008
1000	22051	159	0'007
2000	21957	122	0'005

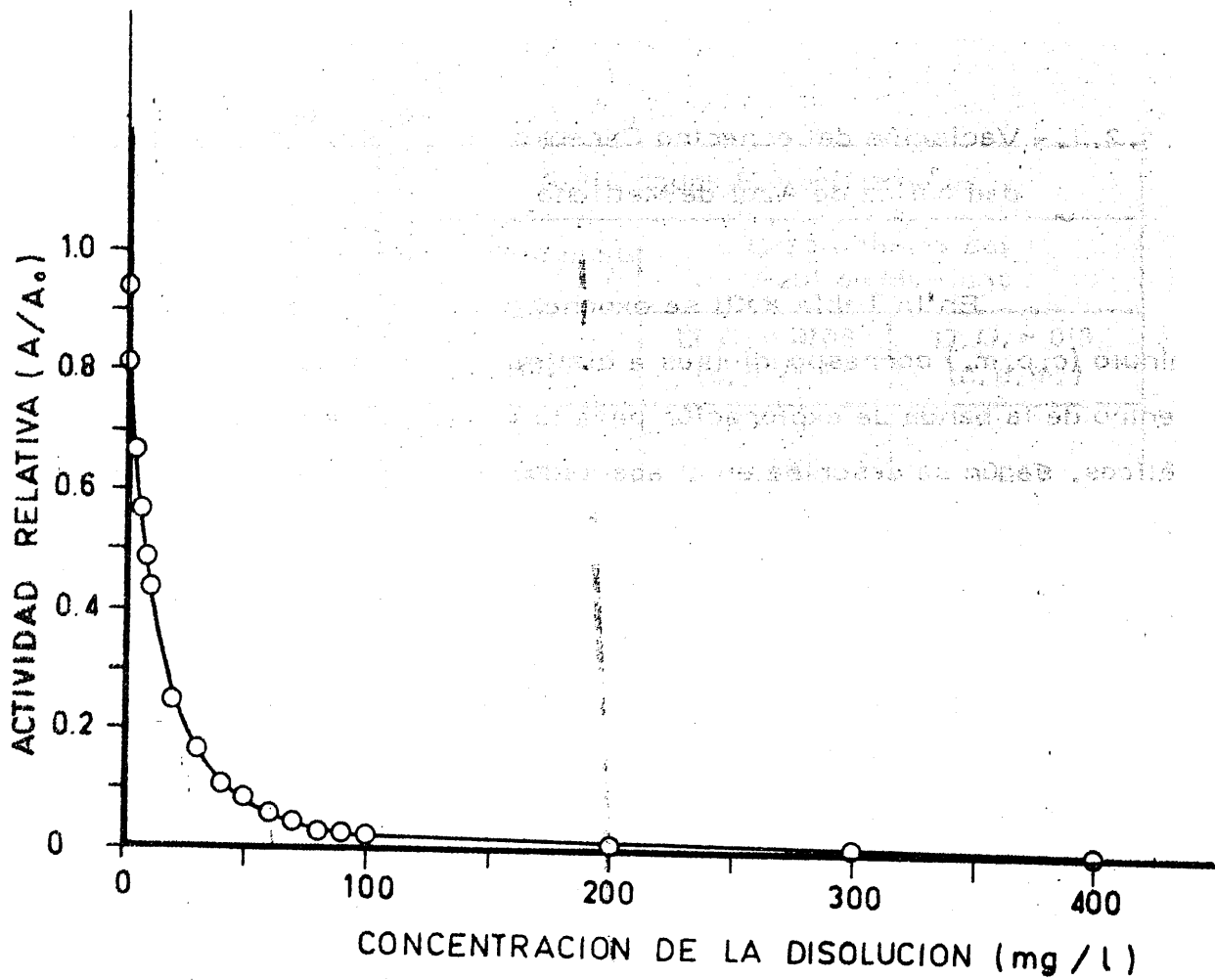


FIGURA 19.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de anaranjado de metilo

4.4.2. - Estroncio-90/Ytrio-90 en Azul de Metileno

4.4.2.1. - Variación del espectro Čerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de Azul de Metileno

En la Tabla XXII se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 20.

TABLA XXII

ESPECTROS ČERENKOV DEL $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE AZUL DE METILENO

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Azul de Metileno	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	697	653	665
60	926	918	978
80	1170	1173	1253
100	1375	1329	1326
120	1464	1448	1371
140	1549	1507	1494
160	1548	1546	1512
180	1576	1535	1537
200	1561	1524	1501
220	1467	1476	1447
240	1458	1400	1378
260	1329	1303	1270
280	1257	1240	1181
300	1191	1114	1048
340	1010	921	831
380	854	747	579
400	740	645	488
500	351	322	219
600	160	160	94
700	66	58	30
800	26	23	8
900	15	7	-

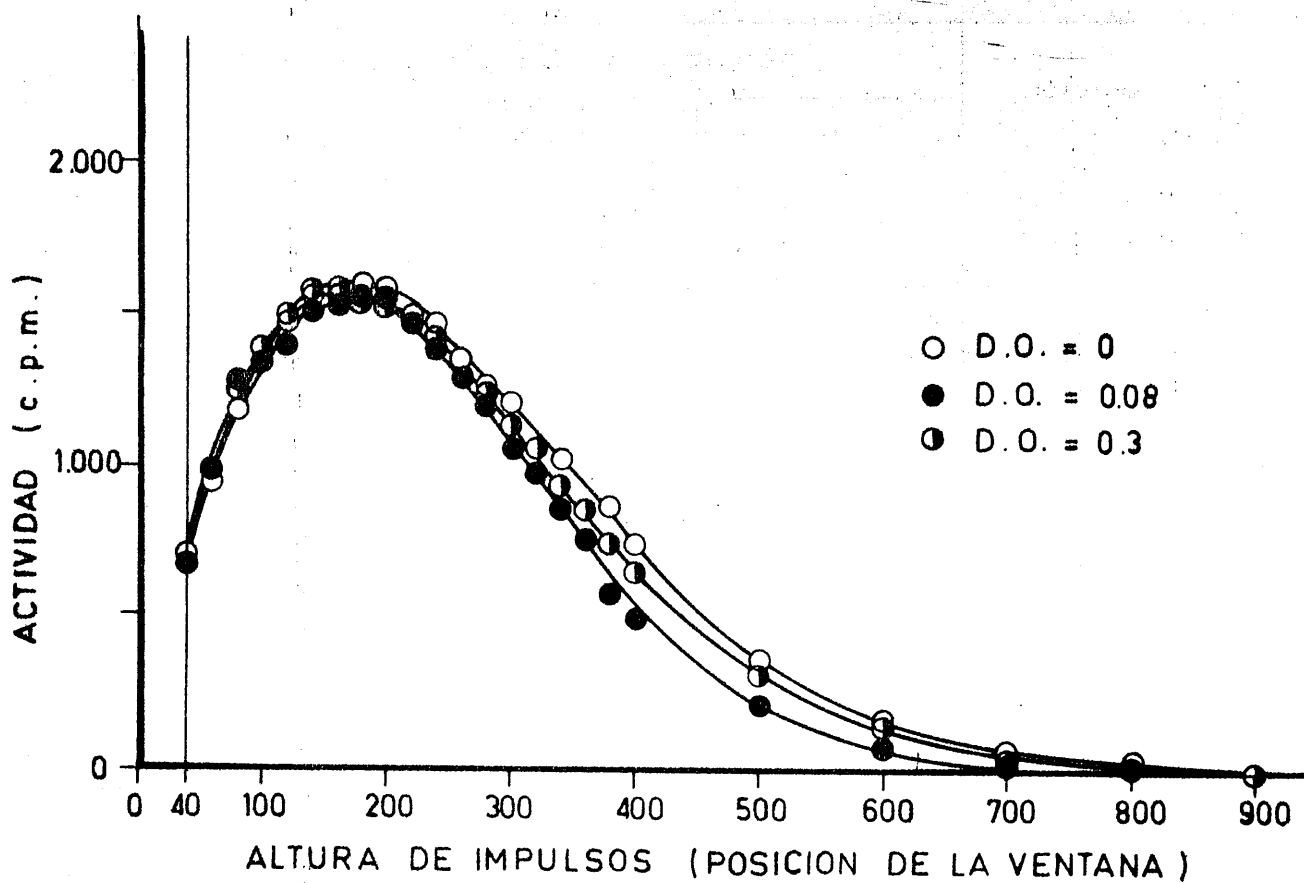


FIGURA 20 .- Variación del espectro γ Cerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de azul de metileno

4.4.2.2. - Variación del γ Cerenkov y de la actividad relativa del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración del Azul de Metileno

En la Tabla XXIII se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Azul de Metileno. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A , la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores de A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Azul de Metileno, hasta 400 mg/l, se obtiene la - Figura 21.

Concentración de Azul de Metileno (mg/l)	Actividad A	Actividad A_0	Actividad Relativa A/A_0
0	1000	1000	1.000
100	980	1000	0.980
200	960	1000	0.960
300	940	1000	0.940
400	920	1000	0.920

TABLA XXIII

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA CON
LA CONCENTRACION DE AZUL DE METILENO, EMPLEANDO $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40; DS = 1000; Atenuación = 2^{112})

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_0
2	22751	21646	0'951
4	21924	20349	0'928
6	21959	19652	0'895
8	21815	19190	0'879
10	21722	18401	0'847
20	21156	15903	0'752
30	22203	14497	0'653
40	20867	12050	0'577
50	22229	11196	0'504
60	22140	9691	0'438
70	21321	8703	0'406
80	21419	7837	0'366
90	23069	6686	0'289
100	21949	6122	0'279
200	21769	2189	0'100
400	21997	456	0'021
600	21887	294	0'013
800	21745	206	0'009
1000	22051	172	0'007

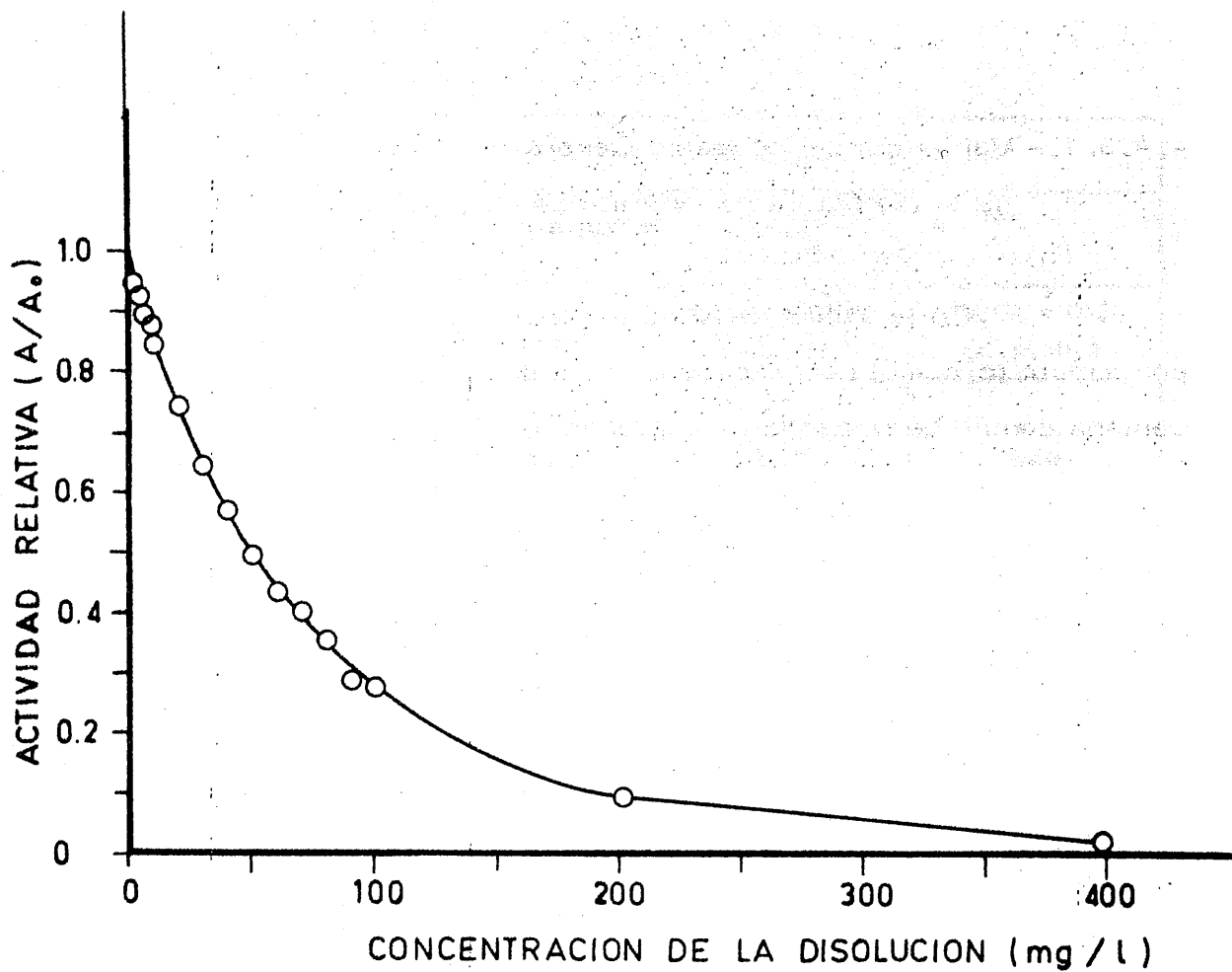


FIGURA 21.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de azul de metileno

4.4.3. - Estroncio-90/Ytrio-90 en Nitrato de Cobalto (II)

4.4.3.1. - Variación del espectro Cerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, con la densidad óptica de Nitrato de Cobalto (II)

En la Tabla XXIV se exponen los valores de cuentas - por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro, en ausencia de coloración, y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 22.

TABLA XXIV

ESPECTROS ČERENKOV DEL $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ EN DISOLUCIONES
ETANOLICAS DE NITRATO DE COBALTO (II)

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (etanol) (c.p.m.)	Disoluciones de: Nitrato de Cobalto (II)	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	634	887	689
60	902	983	998
80	1115	1234	1232
100	1314	1392	1395
120	1401	1479	1460
140	1503	1517	1486
160	1516	1561	1421
180	1529	1510	1416
200	1551	1459	1343
220	1499	1396	1212
240	1463	1328	1133
260	1392	1210	1035
280	1294	1146	904
300	1213	1027	783
340	1050	857	601
380	882	676	453
400	811	579	375
500	360	282	145
600	115	101	45
700	52	30	15
800	15	9	-
900	8	-	-

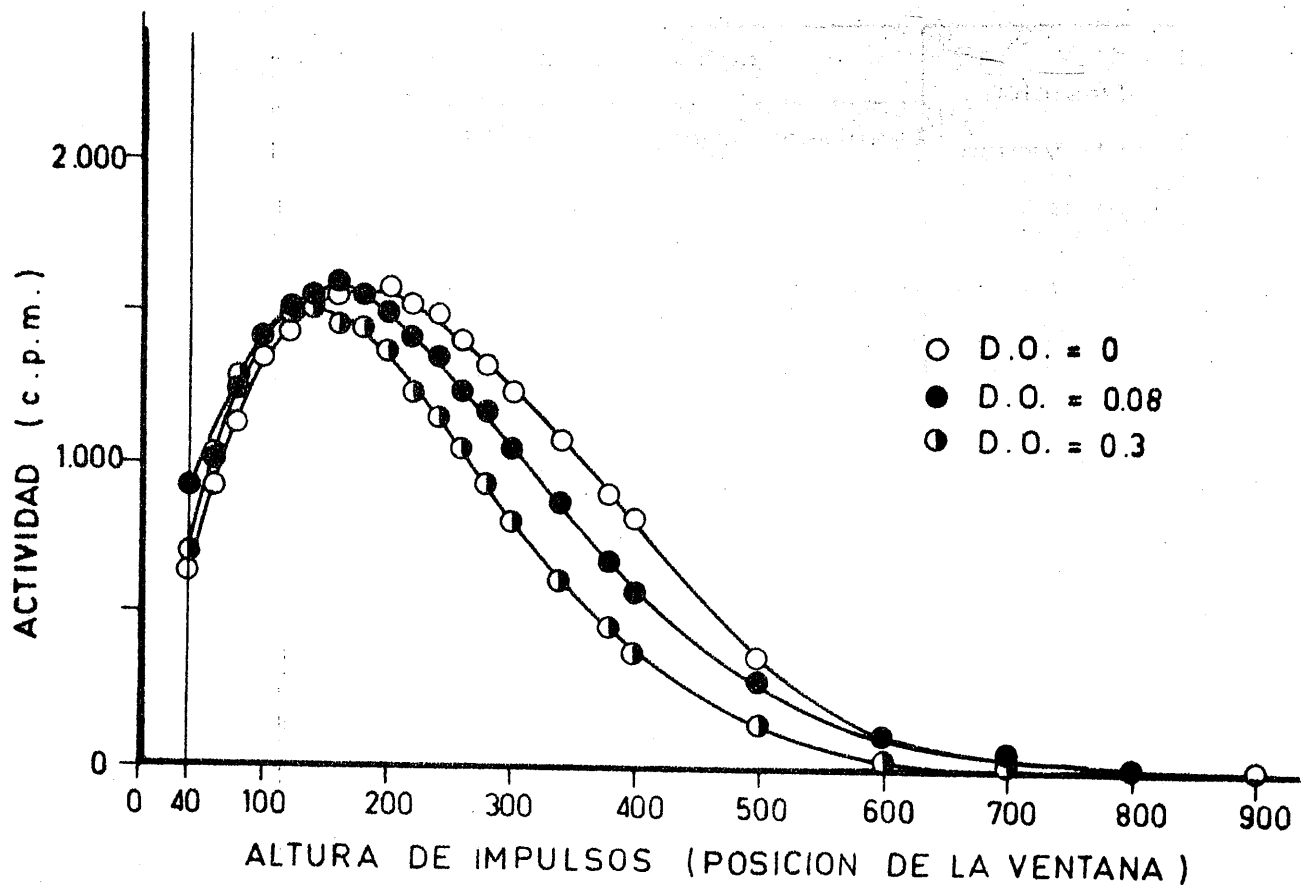


FIGURA 22.- Variación del espectro γ Cerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de nitrato de cobalto (II)

4.4.3.2. - Variación del contejo Čerenkov y de la actividad relativa del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de Nitrato de Cobalto(II)

En la Tabla XXV se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Nitrato de Cobalto (II). A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, (en este caso etanol absoluto), y A , la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Nitrato de Cobalto (II) se obtiene la Figura 23.

Concentración de Nitrato de Cobalto (II)	Actividad A	Actividad A_0	Actividad Relativa A/A_0
0	1000	1000	1.00
10	1050	1000	1.05
20	1100	1000	1.10
30	1150	1000	1.15
40	1200	1000	1.20
50	1250	1000	1.25
60	1300	1000	1.30
70	1350	1000	1.35
80	1400	1000	1.40
90	1450	1000	1.45
100	1500	1000	1.50

TABLA XXV

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELTIVA
CON LA CONCENTRACION DE NITRATO DE COBALTO (II) EN ETANOL,
EMPLEANDO $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

(Condiciones : Canal n°1 ; DI = 40; DS = 1000; Atenuación = 2^{112})

Concentración de la disolución g/l	Vial con etanol A_o (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_o
1	22560	21753	0'964
2	21702	19841	0'914
3	21412	18914	0'883
4	21514	18017	0'837
5	21227	17480	0'823
6	21100	16701	0'791
7	20246	15593	0'770
8	22413	16344	0'729
9	21606	15736	0'728
10	21945	15322	0'698
11	21245	14899	0'701
12	21562	14690	0'681
13	21498	14289	0'665
14	21343	14036	0'657
15	21383	13791	0'645
16	21584	13716	0'635
17	21325	13381	0'627
18	21478	13692	0'637
19	21501	13119	0'610
20	21943	13192	0'601
30	22560	13130	0'582
40	21702	12001	0'553
50	21412	11284	0'527

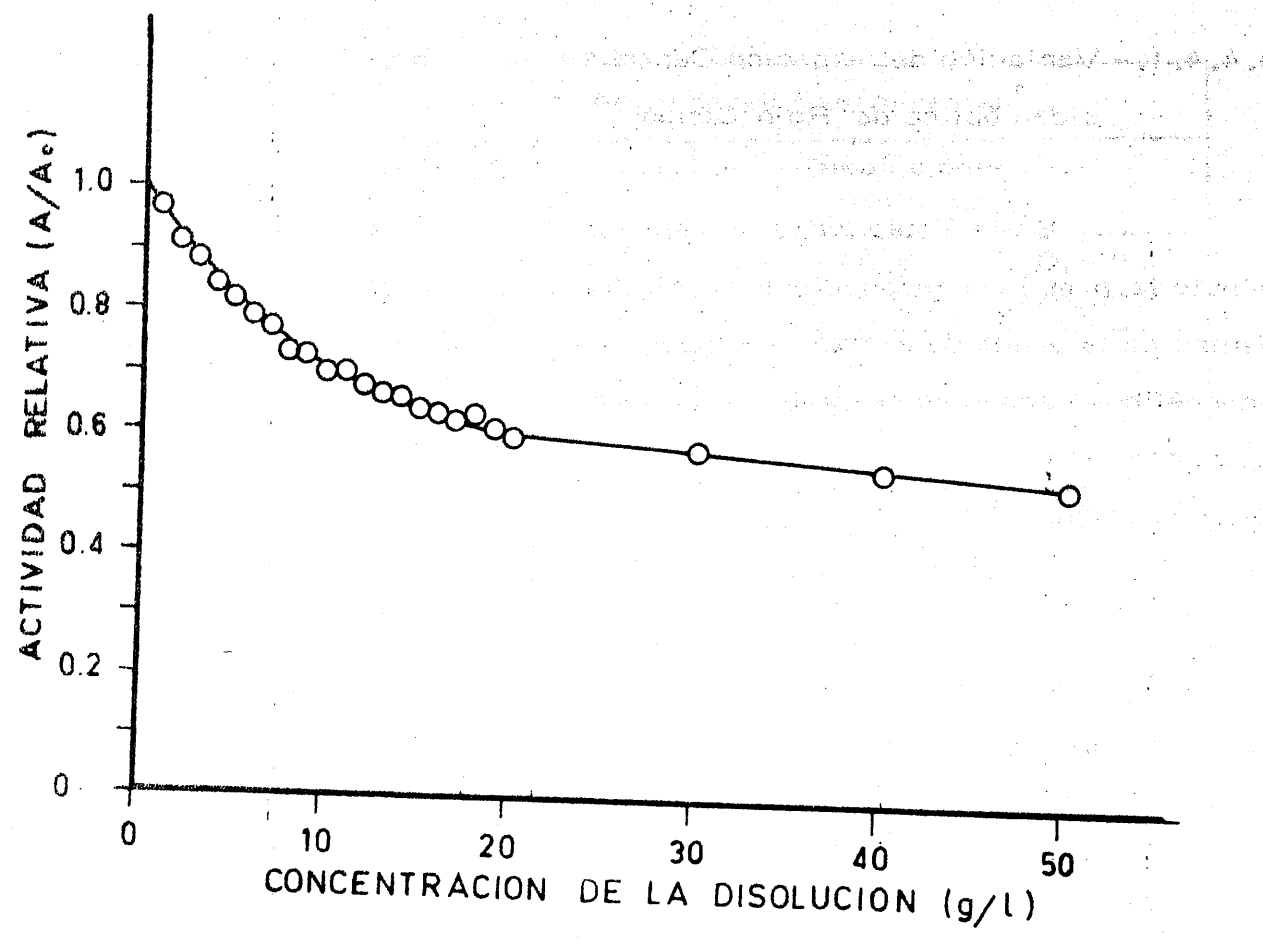


FIGURA 23. - Variación de la actividad relativa A/A_0 del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de nitrato de cobalto(II)

4.4.4. - Estroncio-90/Ytrio-90 en Rojo Congo

4.4.4.1. - Variación del espectro Cerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de Rojo Congo

En la Tabla XXVI se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro, en ausencia de coloración, y las correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 24.

TABLA XXVI

ESPECTROS CÉRENKOV DEL $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE ROJO CONGO

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Rojo Congo	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'13 (c.p.m.)
40	697	736	630
60	926	1029	800
80	1170	1282	829
100	1375	1388	830
120	1464	1464	780
140	1549	1412	775
160	1548	1398	425
180	1576	1336	340
200	1561	1229	241
220	1467	1142	183
240	1458	1008	126
260	1329	881	103
280	1257	773	65
300	1191	657	40
340	1010	549	25
380	854	345	15
400	740	298	7
500	351	107	-
600	160	39	-
700	66	7	-
800	26	2	-
900	15	-	-

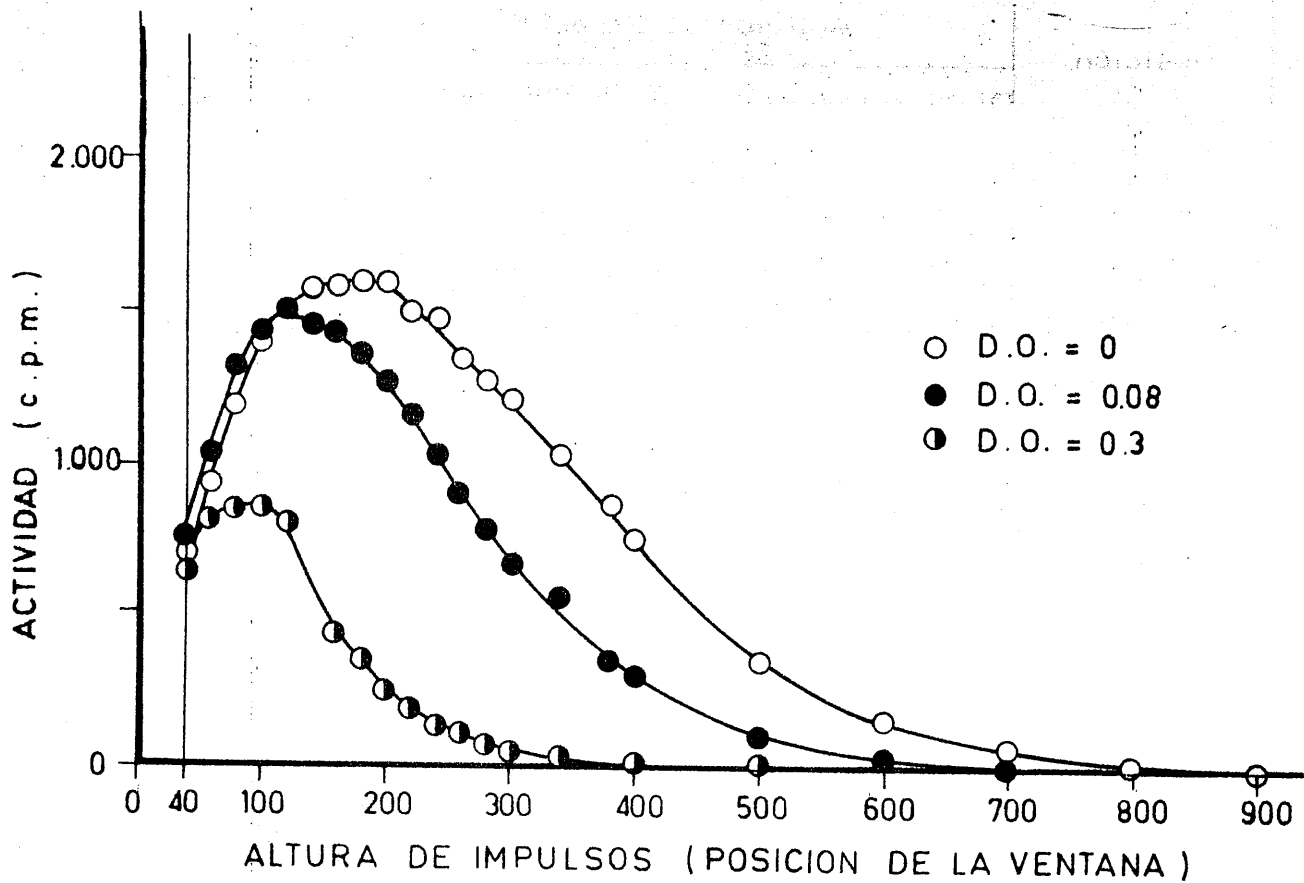


FIGURA 24. -Variación del espectro Cerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de rojo congo

4.4.4.2. - Variación del conteo \checkmark Cerenkov y de la actividad relativa del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de Rojo Congo

En la Tabla XXVII se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Rojo Congo. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A , la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 , de la citada tabla - frente a la concentración de Rojo Congo, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 25.

TABLA XXVII

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE ROJO CONGO, EMPLEANDO $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

(Condiciones : Canal n°1 ; DI = 40; DS = 1000; Atenuación = 2^{112}).

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A(c.p.m.)	A/A_0
2	25976	19288	0'742
4	24394	16706	0'672
6	25917	14520	0'560
8	25518	13298	0'521
10	26326	11641	0'442
20	25751	6521	0'253
30	25714	4429	0'172
40	25104	2392	0'095
50	25053	1315	0'052
60	27106	514	0'030
70	25936	655	0'025
80	25764	561	0'022
90	25343	467	0'018
100	26399	407	0'015
200	25420	195	0'008
300	24813	157	0'006
400	24542	206	0'008
600	25201	158	0'006
800	25233	147	0'006
1000	23428	119	0'005

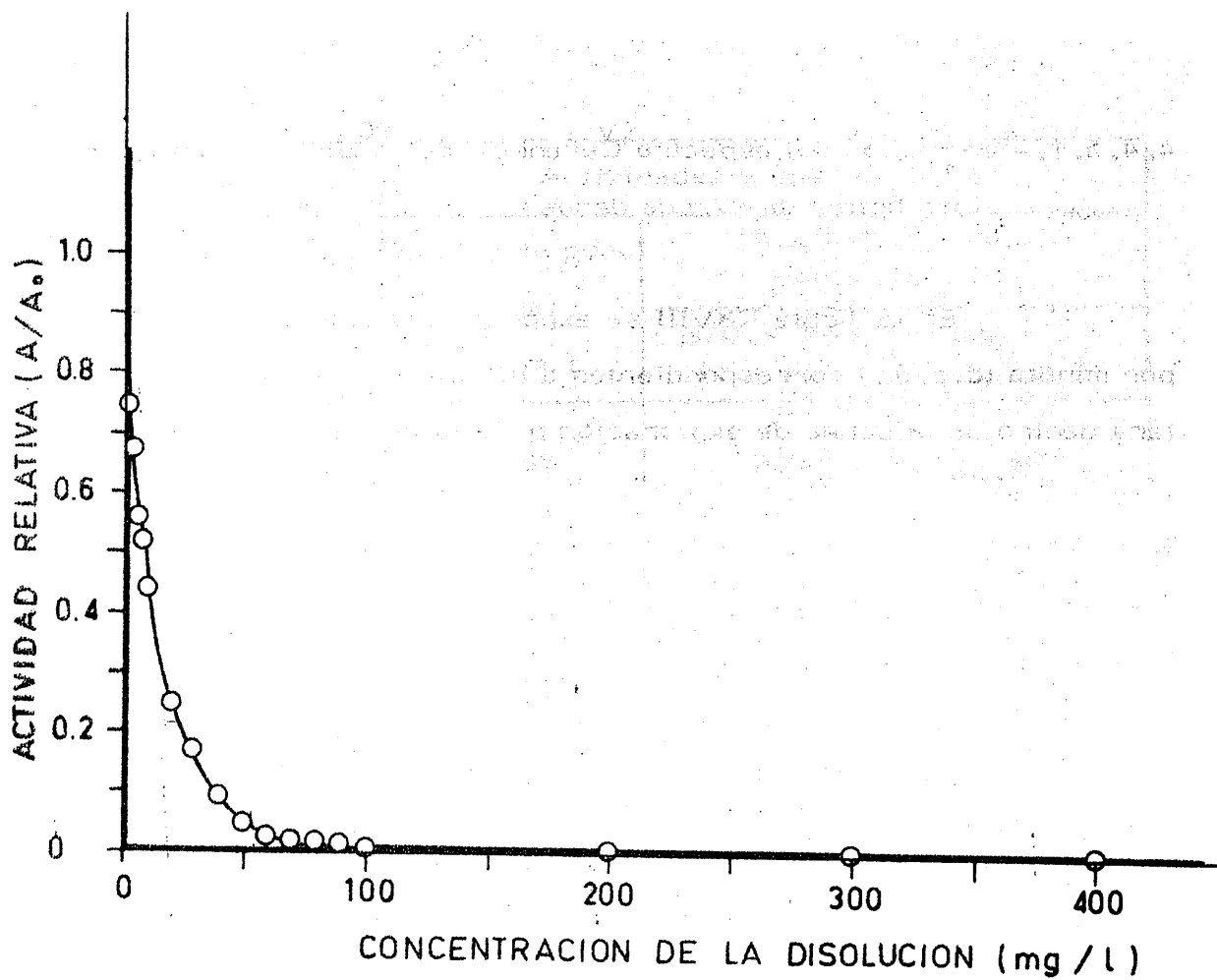


FIGURA 25. - Variación de la actividad relativa A/A_0 del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de rojo congo

4.4.5. - Estroncio-90/Ytrio-90 en Verde Janus

4.4.5.1. - Variación del espectro Čerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de Verde Janus

En la Tabla XXVIII se exponen los valores de cuentas - por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro, en ausencia de coloración, y las correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 26.

TABLA XXVIII

ESPECTROS ČERENKOV DEL $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE VERDE JANUS

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Verde Janus	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	697	628	697
60	926	938	958
80	1170	1135	1129
100	1375	1299	1209
120	1464	1427	1203
140	1549	1454	1123
160	1548	1465	1052
180	1576	1452	934
200	1561	1457	789
220	1467	1358	697
240	1458	1243	576
260	1329	1178	451
280	1257	1090	378
300	1191	983	302
340	1010	772	238
380	854	605	201
400	740	558	123
500	351	112	70
600	160	48	46
700	66	17	15
800	26	4	-
900	15	-	-

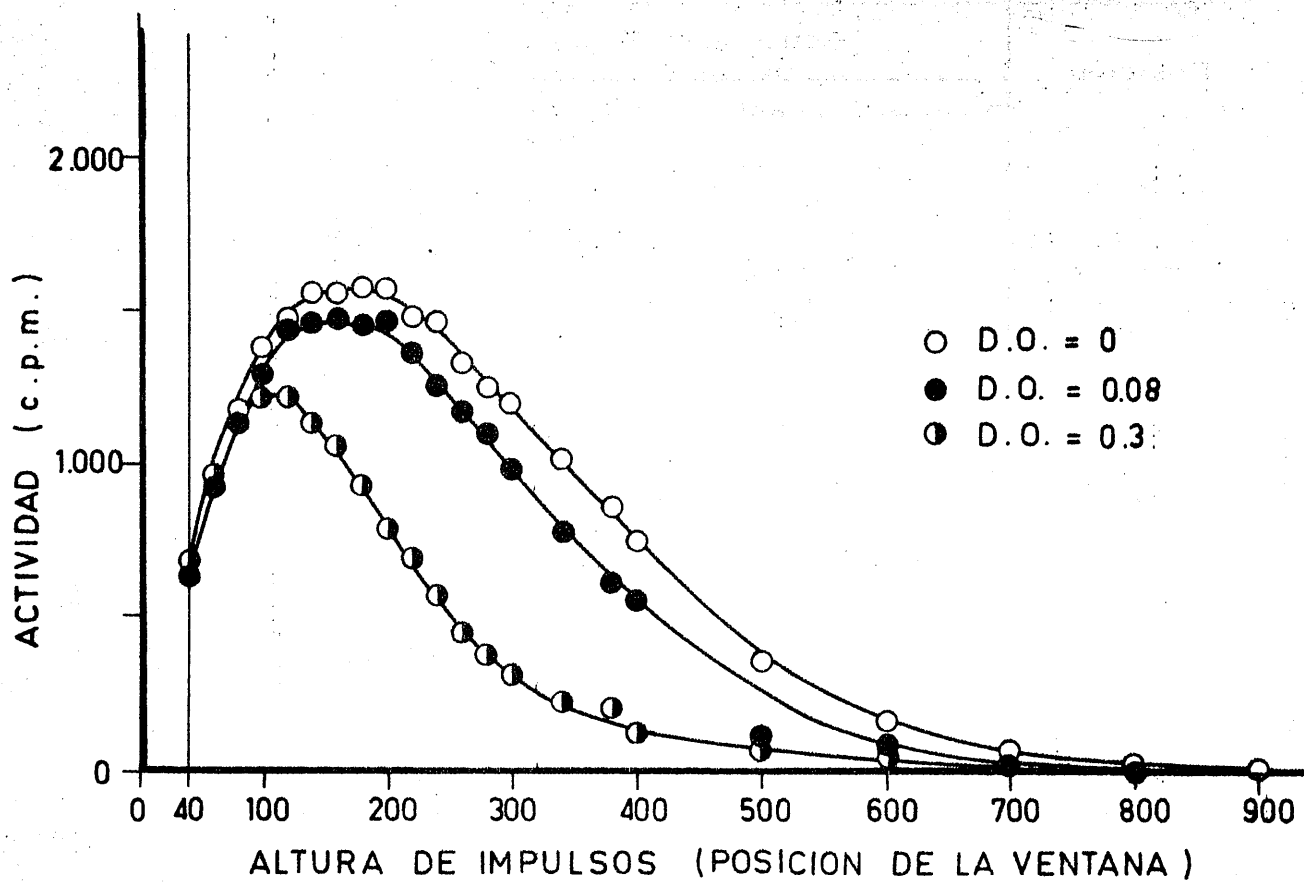


FIGURA 26.- Variación del espectro γ Cerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de verde janus

4.4.5.2. - Variación del conteje Cerenkov y de la actividad relativa del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de Verde Janus

En la Tabla XXIX se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Verde Janus. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A , la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Verde Janus, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 27.

Concentración Verde Janus (mg/l)	Actividad A	Actividad A_0	Actividad Relativa A/A_0
0	100	100	1.00
100	105	100	1.05
200	110	100	1.10
300	115	100	1.15
400	120	100	1.20

TABLA XXIX

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE VERDE JANUS, EMPLEANDO $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40; DS = 1000 ; Atenuación = 2^{112})

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_0
2	22467	20844	0'928
4	21625	18311	0'847
6	21571	16735	0'776
8	21519	15256	0'709
10	21394	14223	0'665
20	21164	8702	0'411
30	20612	6188	0'300
40	21813	3774	0'173
50	21693	2573	0'118
60	21412	1344	0'063
70	21614	1042	0'048
80	21778	823	0'038
90	21466	594	0'027
100	21894	563	0'026
200	21345	249	0'011
300	21448	162	0'007
400	21648	211	0'009
600	21489	151	0'007
800	21515	144	0'007
1000	21822	109	0'005

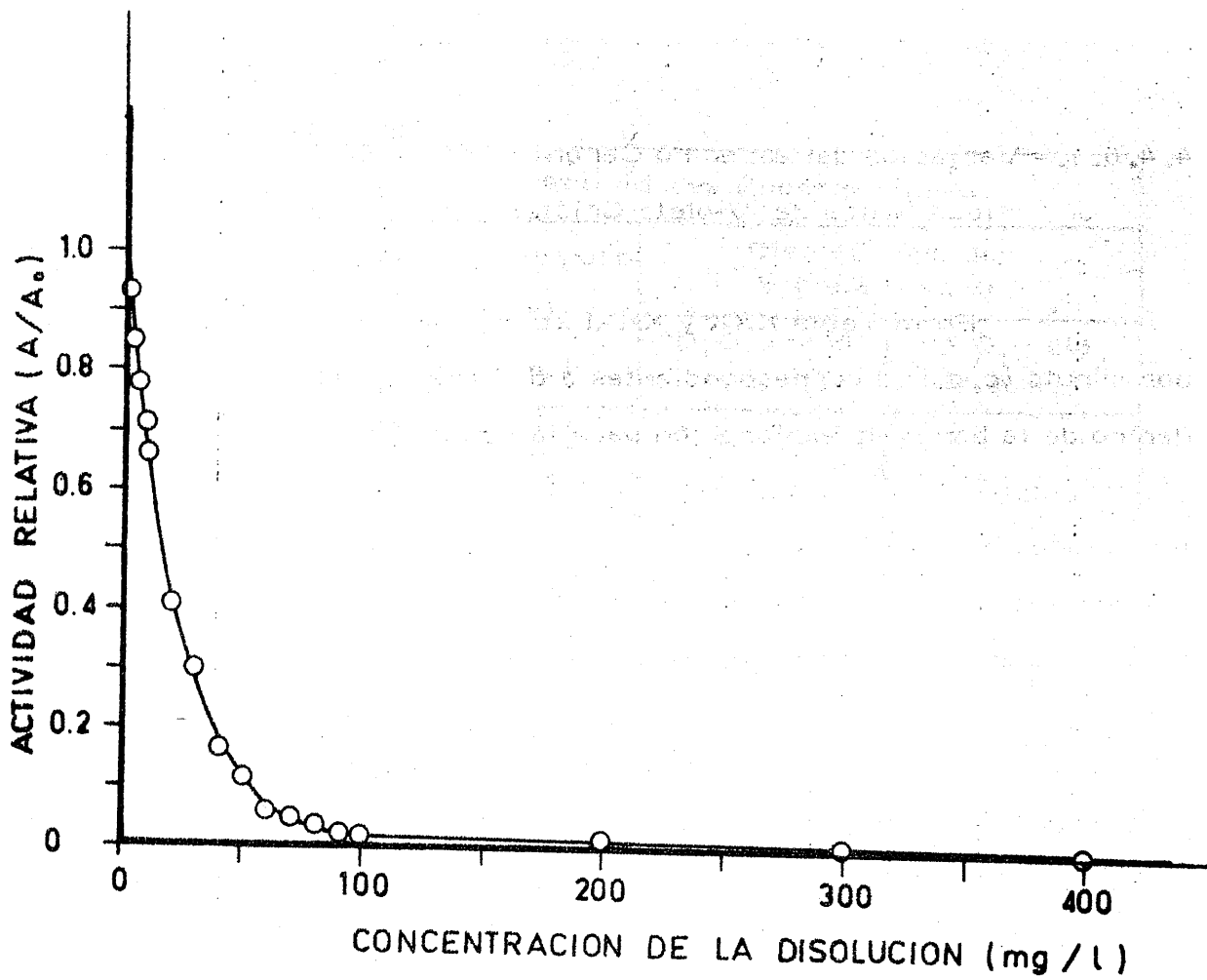


FIGURA 27.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de verde janus

4.4.6. - Estroncio-90/Ytrio-90 en Violeta Cristal

4.4.6.1. - Variación del espectro Cerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de Violeta Cristal

En la Tabla XXX y XXXI se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y las correspondientes a dos densidades ópticas distintas tanto en medio acuoso, Tabla XXX como en medio acético, Tabla XXXI.

Con los valores de las citadas tablas se construyeron los correspondientes espectros que aparecen respectivamente en la Figura 28 y 29.

TABLA XXX

ESPECTROS ČERENKOV DEL $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE VIOLETA CRISTAL

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Violeta Cristal	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	697	784	729
60	926	1060	1036
80	1170	1261	1292
100	1375	1443	1430
120	1464	1544	1491
140	1549	1569	1593
160	1548	1625	1551
180	1576	1572	1499
200	1561	1512	1451
220	1467	1410	1332
240	1458	1372	1248
260	1329	1234	1132
280	1257	1147	1009
300	1191	1050	884
340	1010	821	685
380	854	672	528
400	740	569	456
500	351	238	180
600	160	114	56
700	66	54	27
800	26	16	8
900	15	-	-

TABLA XXXI

ESPECTROS ČERENKOV DEL $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ EN DISOLUCIONES
EN ACIDO ACETICO DE VIOLETA CRISTAL

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (ácido acético) (c.p.m.)	Disoluciones de: Violeta Cristal	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	774	743	679
60	1062	1037	962
80	1320	1191	1174
100	1414	1392	1305
120	1556	1522	1391
140	1565	1539	1412
160	1630	1473	1374
180	1619	1477	1288
200	1494	1431	1176
220	1448	1360	1074
240	1366	1251	990
260	1316	1120	904
280	1222	1030	757
300	1130	952	682
340	935	742	473
380	802	619	366
400	688	524	284
500	372	255	97
600	176	103	35
700	68	33	10
800	30	16	5
900	8	5	-

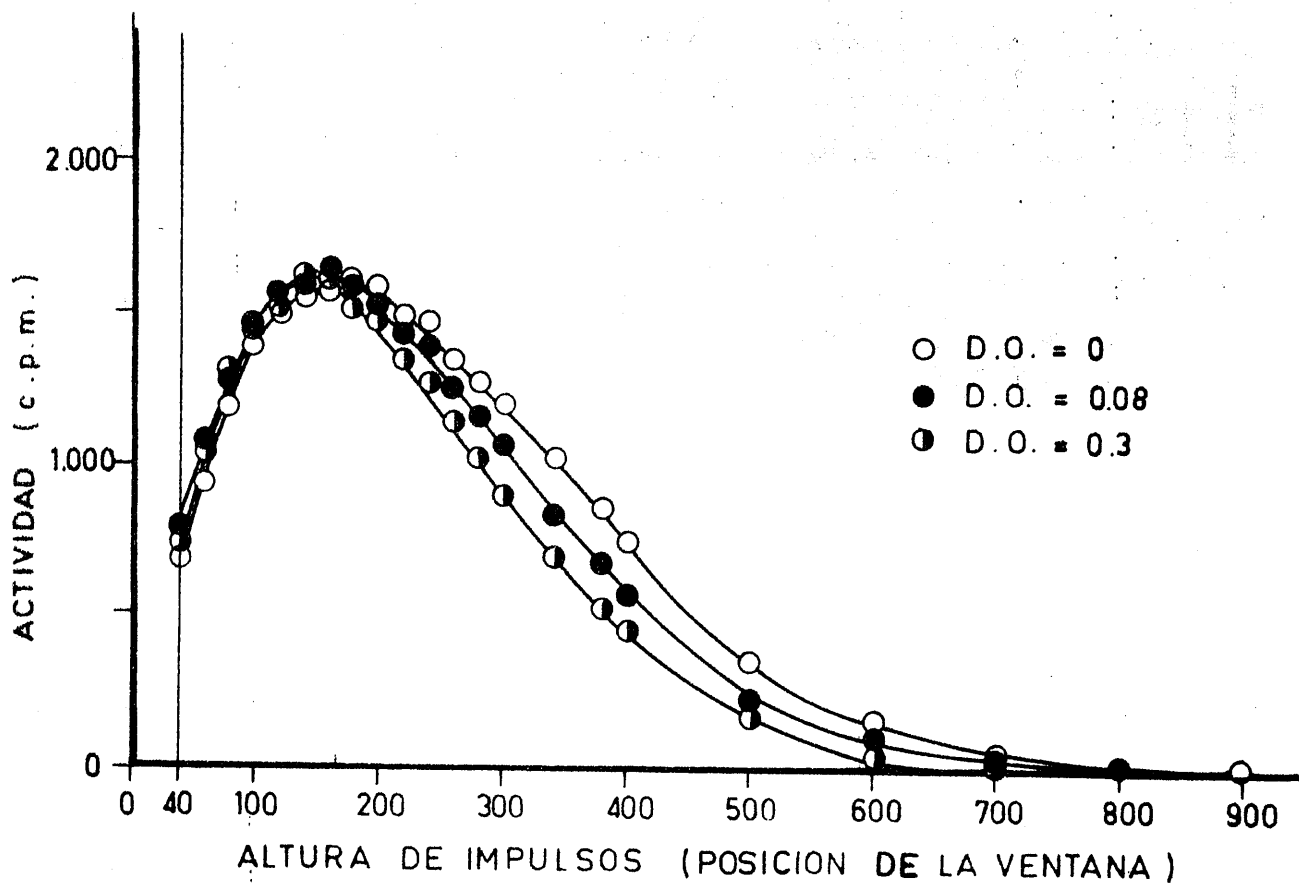


FIGURA 28.- Variación del espectro γ Cerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de violeta de cristal (en medio acuoso)

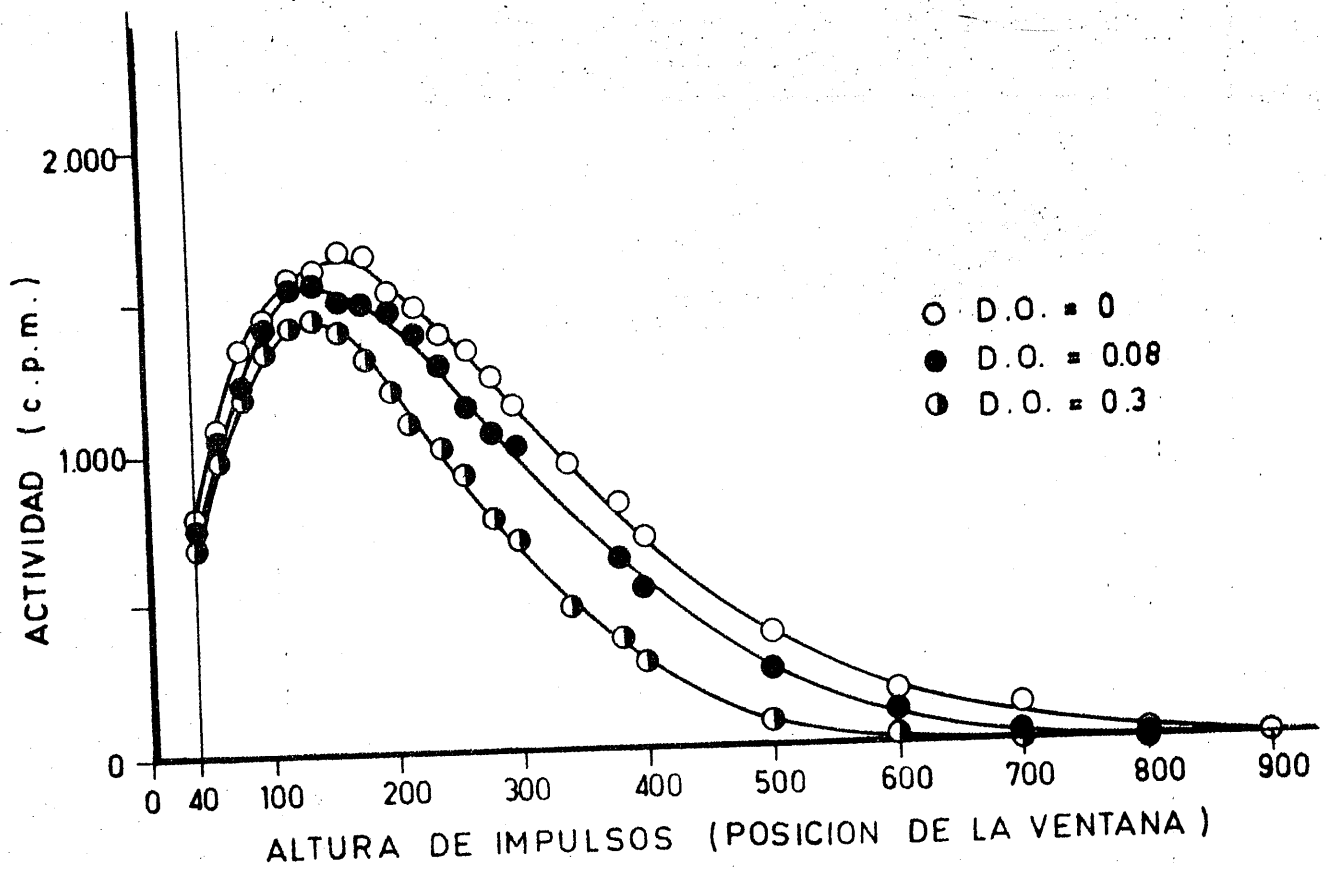


FIGURA 29.- Variación del espectro γ Cerenkov del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la densidad óptica de violeta de cristal (en medio acético)

4.4.6.2. - Variación del contaje Čerenkov y de la actividad relativa del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de Violeta Cristal

En la Tabla XXXII y XXXIII se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Violeta Cristal. A_0 representa la actividad - correspondiente a la del disolvente puro en ausencia de color, y A , la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de las citadas tablas frente a la concentración de Violeta Cristal, hasta 400 mg/l, se obtienen las Figuras 30 y 31 respectivamente.

TABLA XXXII

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE VIOLETA CRISTAL, EN MEDIO ACUOSO,
EMPLEANDO $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000 ; Atenuación = $2^{1/2}$)

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_0
1	22467	20943	0'932
2	21625	19541	0'903
4	21571	17671	0'819
6	21519	17462	0'811
8	21394	15683	0'733
10	21164	15309	0'723
20	20612	11713	0'568
30	21813	10816	0'495
40	21693	9436	0'435
50	21412	7896	0'368
60	21614	6922	0'320
70	21778	5935	0'272
80	21466	5152	0'239
90	21894	4726	0'215
100	21345	4039	0'189
200	21448	1378	0'064
300	21648	610	0'028
400	21489	305	0'014
600	21515	164	0'007
1000	21822	104	0'004

TABLA XXXIII

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE VIOLETA CRISTAL EN MEDIO ACETICO,
EMPLEANDO $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = 2^{112})

Concentración de la disolución mg/l	Vial con ácido acético A _o (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A _o
1	21141	19827	0'937
2	19826	18367	0'926
4	20404	17357	0'851
6	20193	16928	0'838
8	20575	16323	0'793
10	19958	15765	0'789
20	19135	13610	0'711
30	21071	13682	0'649
40	21133	12526	0'593
50	16568	9021	0'544
60	19770	9241	0'467
70	19965	9150	0'458
80	20480	9206	0'449
90	20049	7909	0'394
100	20164	7422	0'368
200	20512	5206	0'253
300	20259	1991	0'098
400	20824	847	0'041
500	20289	486	0'024

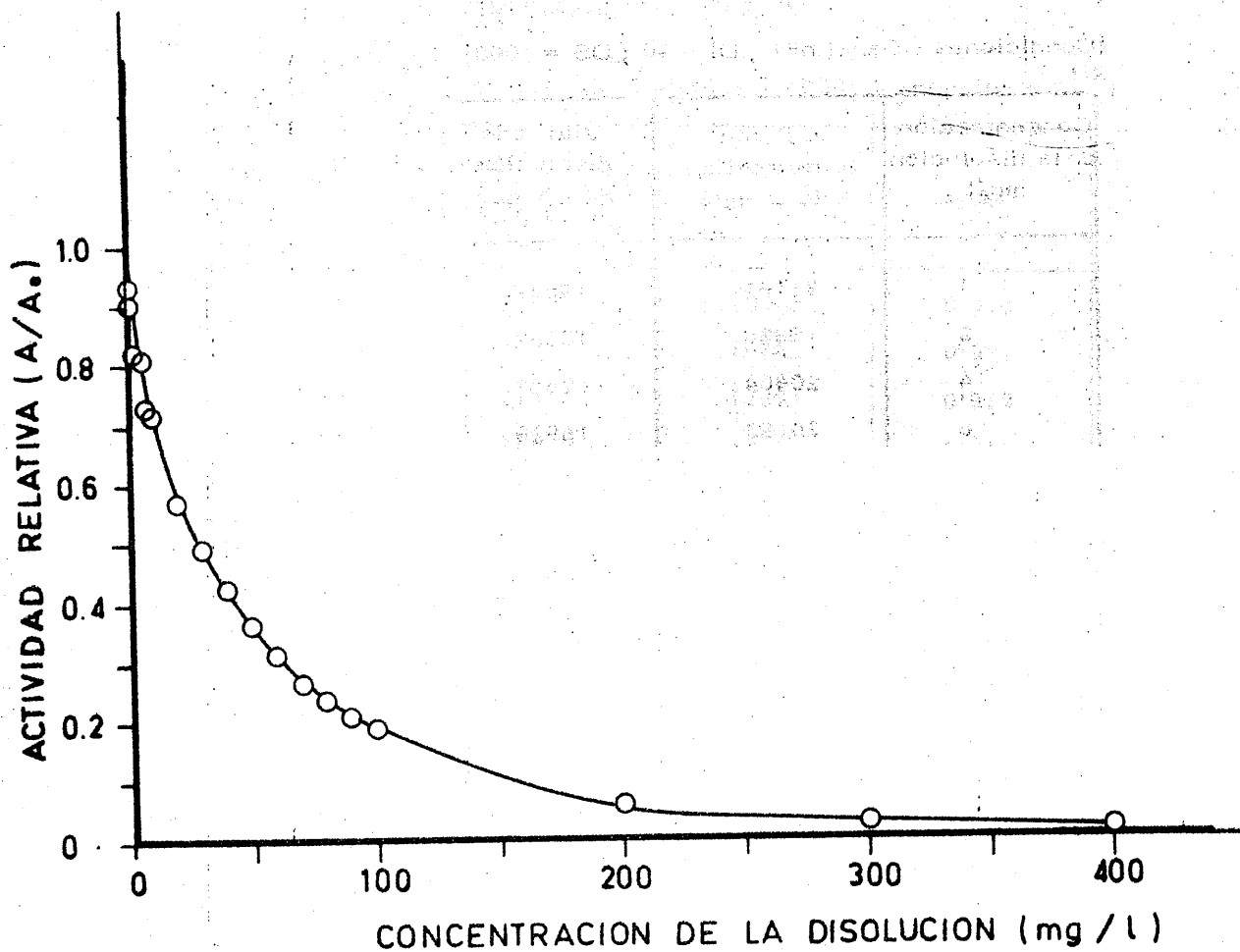


FIGURA 30.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de violeta cristal (en medio acuoso)

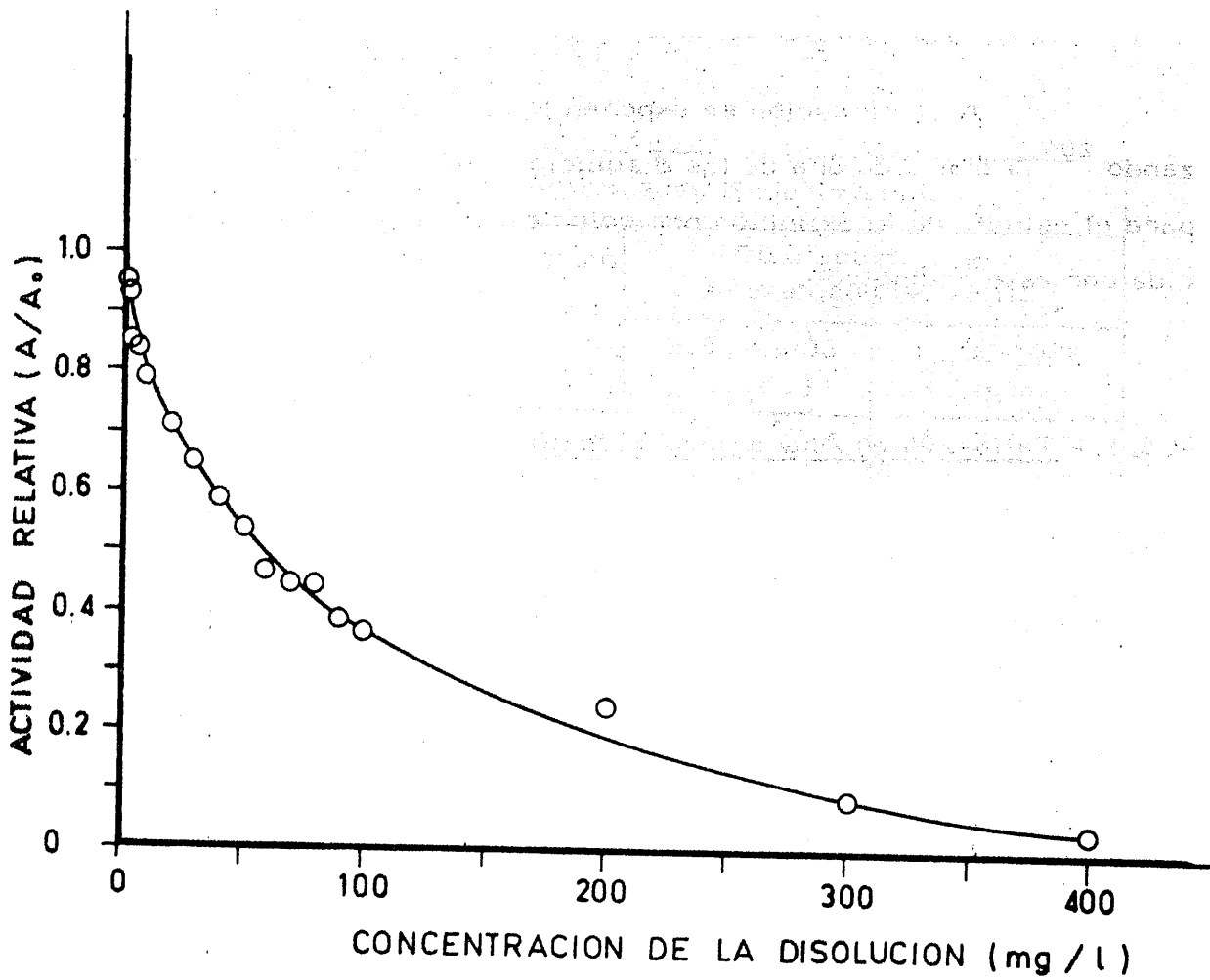


FIGURA 31.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ con la concentración de violeta cristal (en medio acético)

4.5. - RESULTADOS OBTENIDOS CON EL RADISOTOPO TALIO-204

A continuación se exponen los resultados obtenidos utilizando ^{204}Tl con cada una de las disoluciones coloreadas preparadas - para el estudio de la extinción por color de la emisión γ Cerenkov producida por este radisótopo.

4.5.1. - Talio-204 en Anaranjado de Metilo

4.5.1.1. - Variación del espectro γ Cerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de Anaranjado de Metilo

En la Tabla XXXIV se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana - dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron las correspondientes espectros que aparecen en la Figura 32.

TABLA XXXIV

ESPECTROS CERENKOV DEL ^{204}TI EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE ANARANJADO DE METILO

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Anaranjado de Métilo	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'13 (c.p.m.)
40	1036	616	408
60	1363	888	626
80	1802	1159	762
100	2165	1413	829
120	2456	1506	899
140	2512	1574	863
160	2459	1457	761
180	2309	1373	647
200	2105	1191	531
220	1848	1016	423
240	1555	854	334
260	1383	713	189
280	1160	593	141
300	933	491	75
340	621	299	36
380	399	182	26
400	330	143	4
500	188	37	-
600	74	10	-
700	24	2	-
800	15	-	-
900	8	-	-

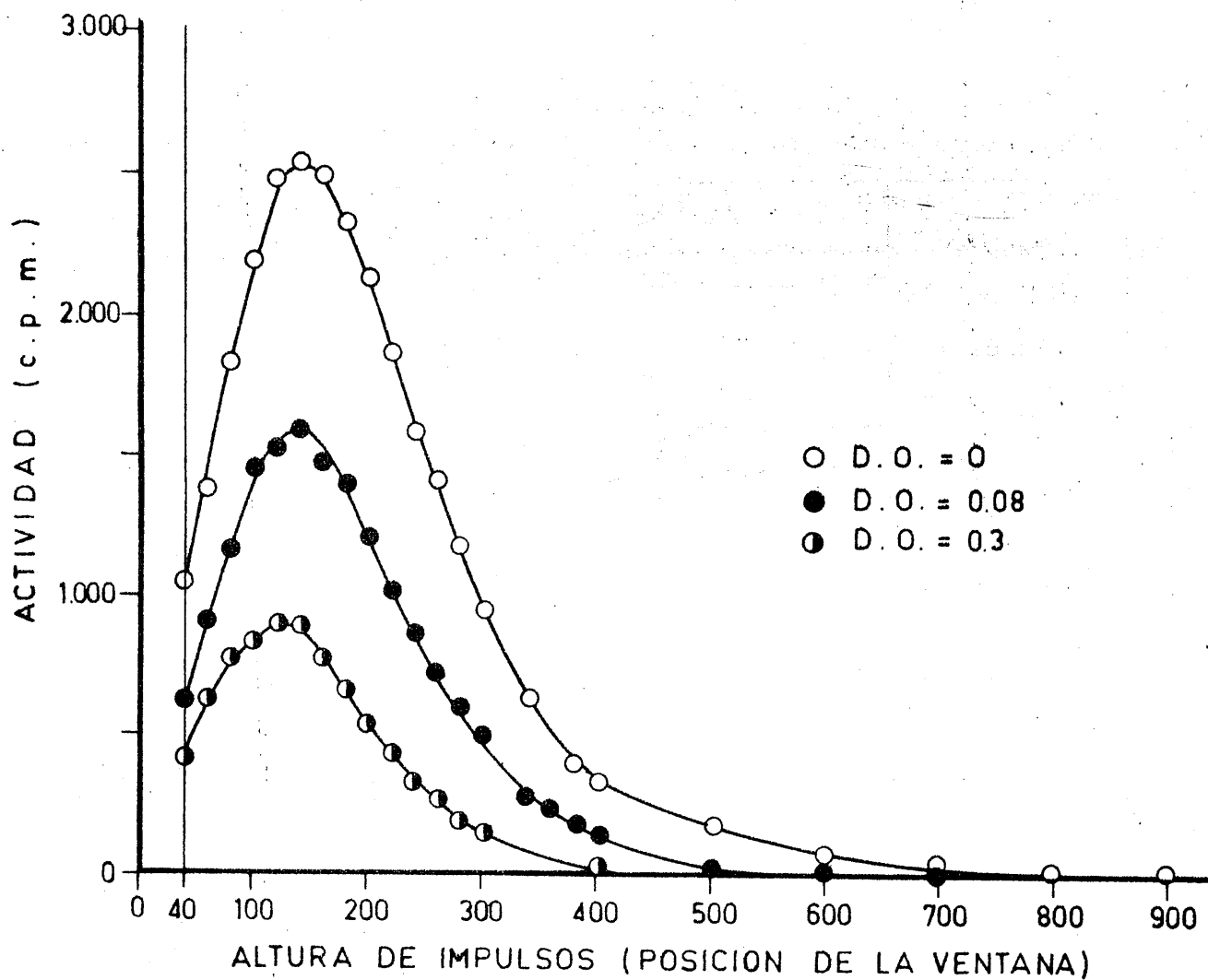


FIGURA 32.- Variación del espectro γ Cerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de anaranjado de metilo

4.5.1.2. - Variación del \checkmark contaje Cerenkov y de la actividad relativa del ^{204}Tl con la concentración de Anaranjado de Metilo

En la Tabla XXXV se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Anaranjado de Metilo. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A , la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Rojo Congo, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 33.

CONCENTRACION (mg/l)	ACTIVIDAD RELATIVA (A/A ₀)
0	1.000
100	0.995
200	0.990
300	0.985
400	0.980
500	0.975
600	0.970
700	0.965
800	0.960
900	0.955
1000	0.950
1100	0.945
1200	0.940
1300	0.935
1400	0.930
1500	0.925
1600	0.920
1700	0.915
1800	0.910
1900	0.905
2000	0.900

TABLA XXXV

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATI
VA CON LA CONCENTRACION DE ANARANJADO DE METILO, EM--
PLEANDO ^{204}TI

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0.14}$)

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A(c.p.m.)	A/A_0
2	28974	17929	0.620
4	27977	12344	0.441
6	27298	10285	0.376
8	29399	7753	0.264
10	28974	6544	0.226
20	27977	2838	0.101
30	27299	2236	0.082
40	29398	1209	0.041
50	28397	1064	0.037
60	27338	781	0.029
70	28019	610	0.022
80	28833	576	0.020
90	29280	534	0.018
100	27985	466	0.017
200	26826	289	0.011
300	30419	284	0.009
400	28471	268	0.009
500	28816	230	0.008
600	29221	242	0.008
800	28508	200	0.007
1000	27323	172	0.006
2000	28597	176	0.006

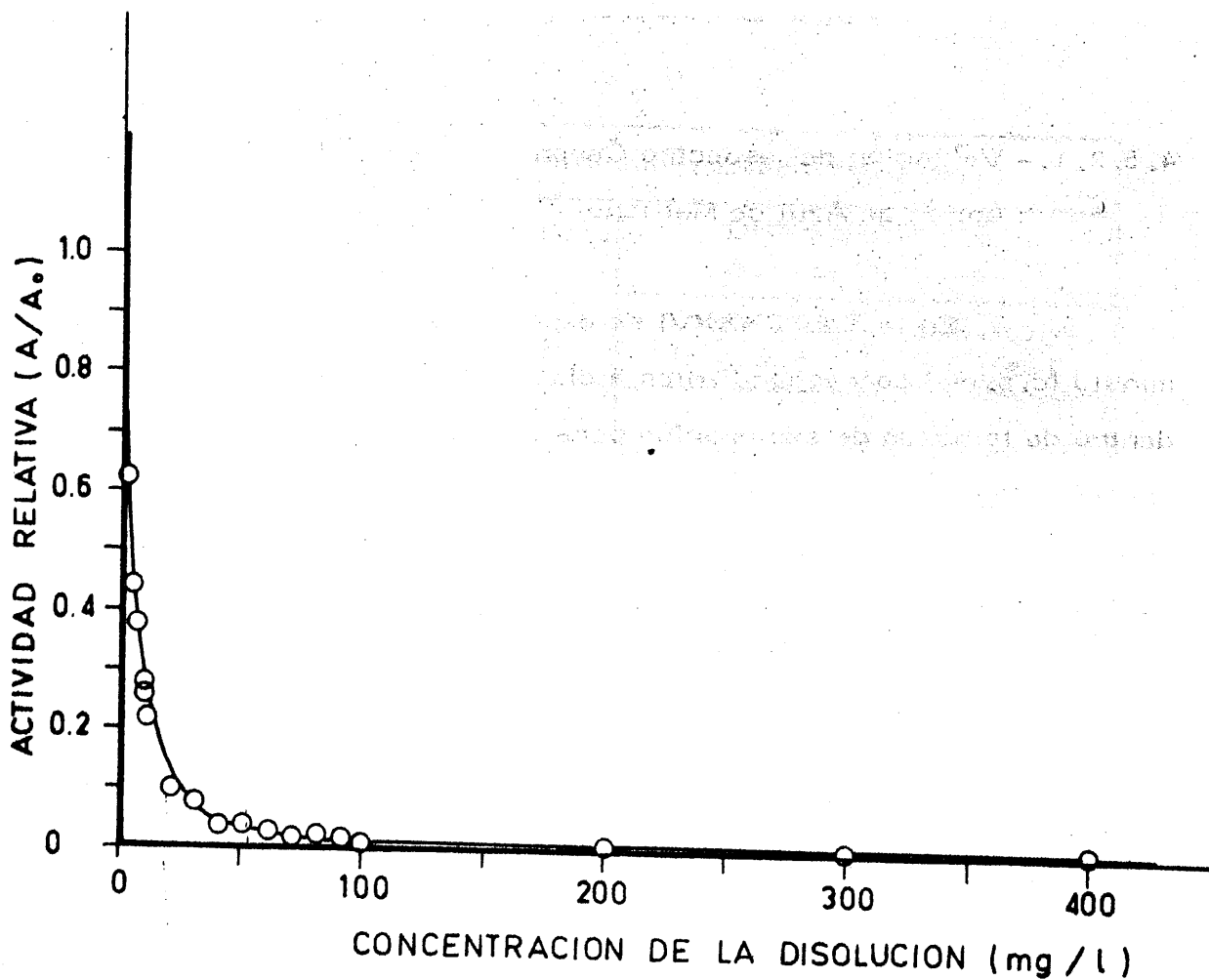


FIGURA 33.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{204}Tl con la concentración de anaranjado de metilo

4.5.2.- Talio-204 en Azul de Metileno

4.5.2.1.- Variación del espectro Čerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de Azul de Metileno

En la Tabla XXXVI se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros - energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla - aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y las correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 34.

TABLA XXXVI

ESPECTROS CERENKOV DEL ²⁰⁴Tl EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE AZUL DE METILENO

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Azul de Metileno	
		D. O. = 0'08 (c.p.m.)	D. O. = 0'3 (c.p.m.)
40	1036	859	726
60	1363	1244	1061
80	1802	1698	1433
100	2165	1995	1714
120	2456	2272	1863
140	2512	2343	1872
160	2459	2280	1801
180	2309	2138	1662
200	2105	1896	1492
220	1848	1714	1271
240	1555	1444	1061
260	1383	1223	887
280	1160	1000	739
300	933	857	617
340	621	546	386
380	399	358	217
400	330	279	168
500	188	83	45
600	74	23	8
700	24	4	-
800	15	3	-
900	8	-	-

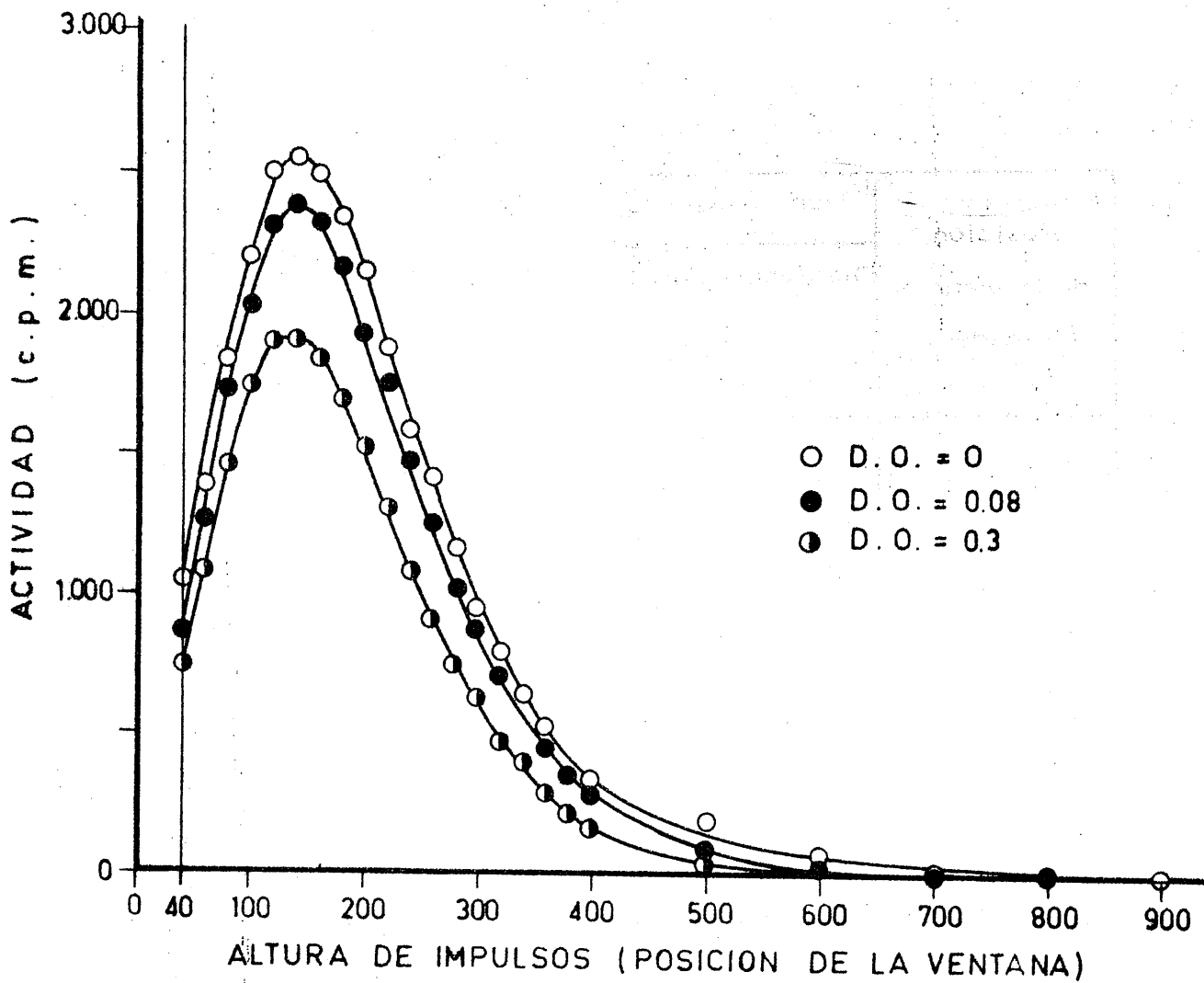


FIGURA 34.- Variación del espectro γ Cherenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de azul de metileno

4.5.2.2. - Variación del γ Cerenkov y de la actividad relativa del ^{204}Tl con la concentración de Azul de Metileno

En la Tabla XXXVII se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad con la concentración de Azul de Metileno. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A , la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores, A/A_0 de la citada tabla - frente a la concentración de Azul de Metileno, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 35.

Concentración de Azul de Metileno (mg/l)	Actividad A	Actividad A_0	Relación A/A_0
0	1000	1000	1.00
100	950	1000	0.95
200	900	1000	0.90
300	850	1000	0.85
400	800	1000	0.80

TABLA XXXVII

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE AZUL DE METILENO, EMPLEANDO ^{204}TI

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = 2^{014})

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A(c.p.m.)	A/A_0
2	30122	29683	0'985
4	27941	25535	0'914
6	28396	23958	0'844
8	29612	23436	0'791
10	28811	21742	0'755
20	29723	17284	0'581
30	29342	13079	0'446
40	30553	10602	0'347
50	29386	8639	0'294
60	28858	6852	0'237
70	30590	6181	0'202
80	28644	4158	0'145
90	28776	3740	0'130
100	29242	3727	0'127
200	28492	1239	0'043
400	28898	418	0'014
600	27924	320	0'011
800	28260	226	0'008
1000	26457	158	0'006

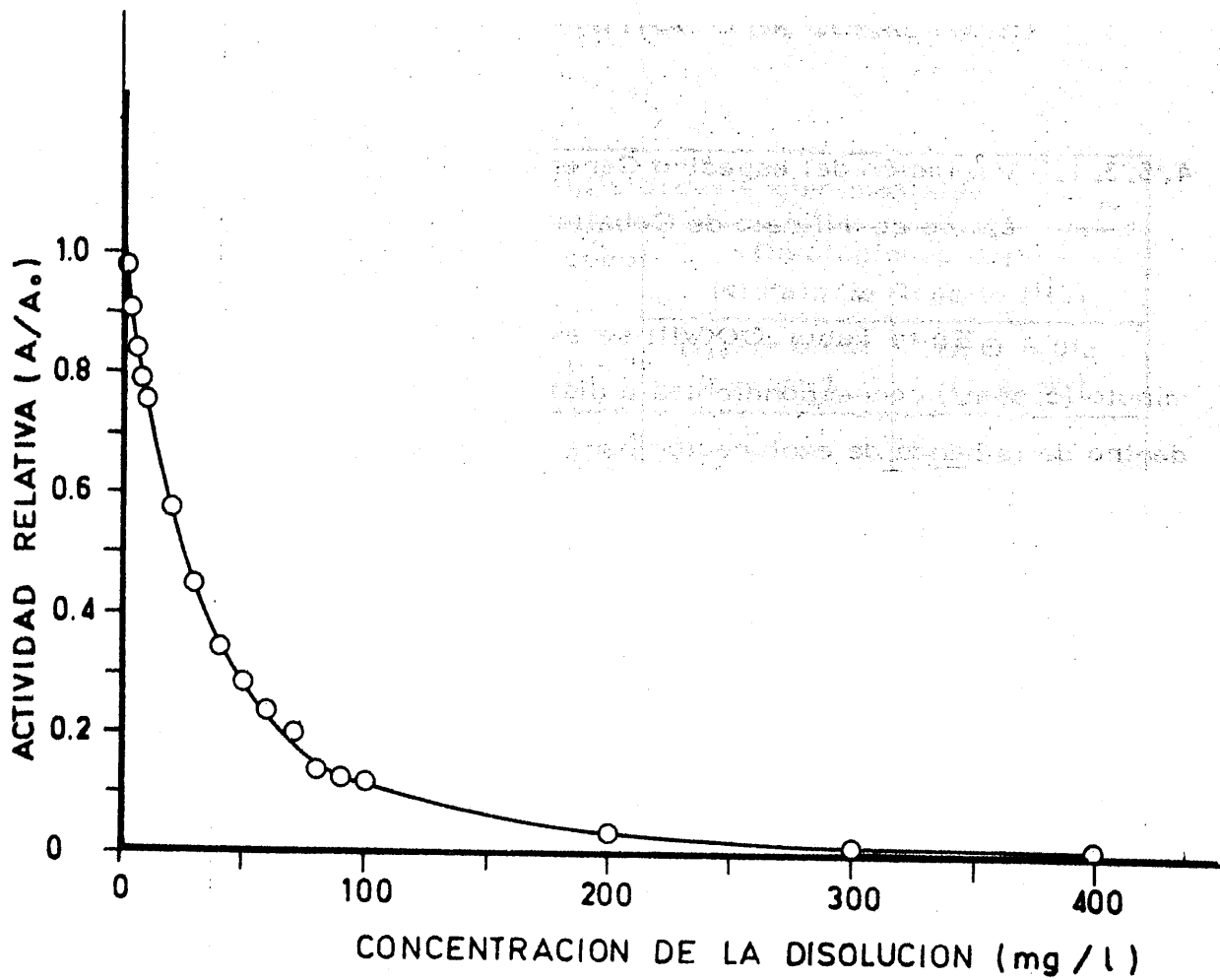


FIGURA 35.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{204}Tl con la concentración de azul de metileno

4.5.3. - Talio-204 en Nitrato de Cobalto (II)

4.5.3.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de Nitrato de Cobalto (II)

En la Tabla XXXVIII se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana, dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 36.

TABLA XXXVIII

ESPECTROS ČERENKOV DEL ^{204}TI EN DISOLUCIONES
ETANOLICAS DE NITRATO DE COBALTO (II)

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (etanol) (c.p.m.)	Disoluciones de: Nitrato de Cobalto (II)	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	948	870	667
60	1387	1323	1000
80	1887	1575	1267
100	2322	1931	1455
120	2559	2068	1642
140	2714	2148	1572
160	2554	2059	1454
180	2505	1922	1272
200	2302	1708	1062
220	2045	1450	913
240	1767	1246	727
260	1515	1029	591
280	1283	823	475
300	1124	679	389
340	744	435	225
380	503	263	136
400	403	224	97
500	130	70	51
600	37	15	9
700	20	6	2
800	15	-	-
900	7	-	-

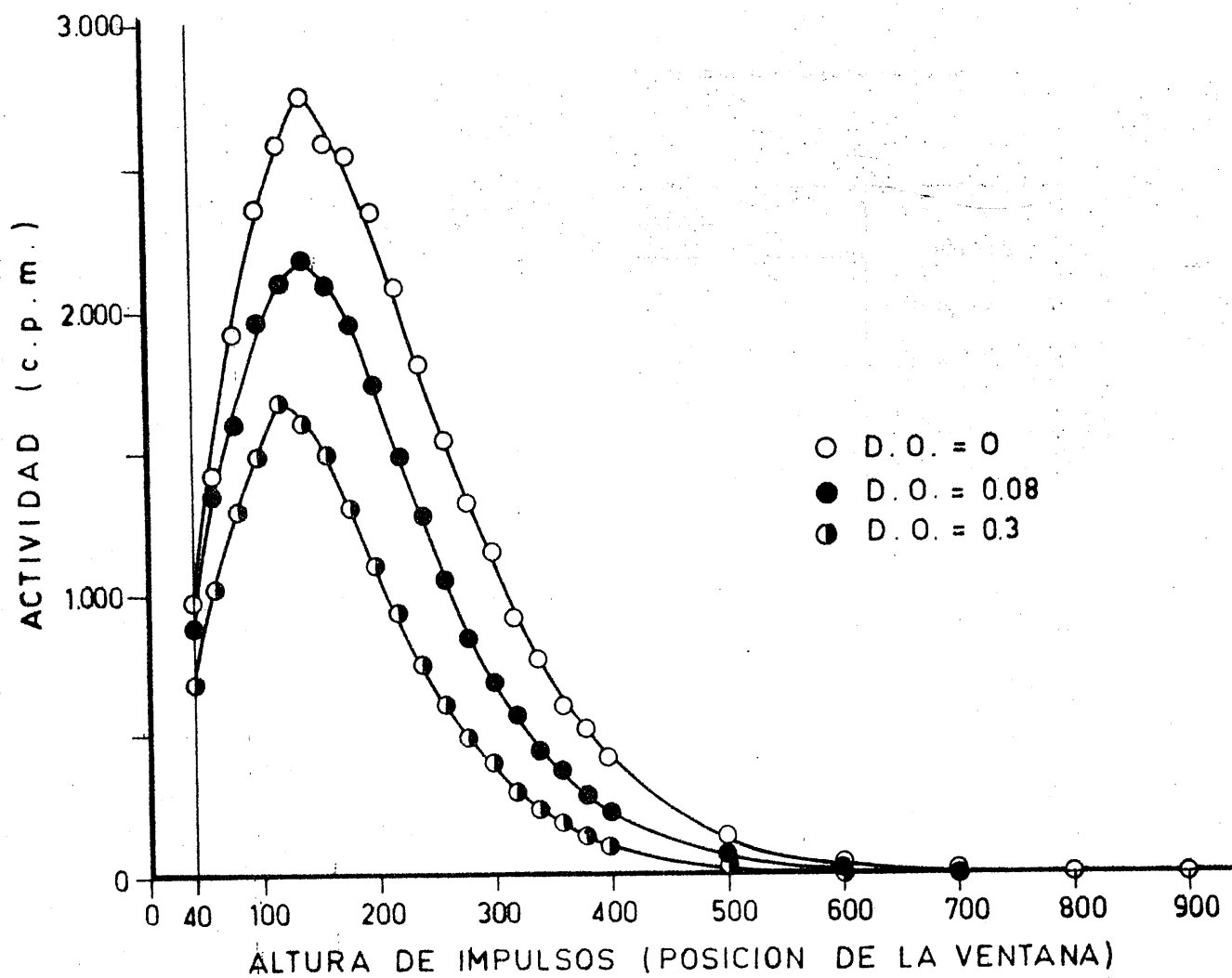


FIGURA 36.- Variación del espectro Cerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de nitrato de cobalto (II)

4.5.3.2.- Variación del contejo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{204}Tl con la concentración de Nitrato de Cobalto (II), en etanol

En la Tabla XXXIX se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad, relativa con la concentración de Nitrato de Cobalto (II). A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A , la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Nitrato de Cobalto (II) se obtiene la Figura 37.

Concentración de Nitrato de Cobalto (II)	Actividad A	Actividad A_0	Actividad Relativa A/A_0
0.00	1000	1000	1.00
0.05	1000	1000	1.00
0.10	1000	1000	1.00
0.15	1000	1000	1.00
0.20	1000	1000	1.00
0.25	1000	1000	1.00
0.30	1000	1000	1.00
0.35	1000	1000	1.00
0.40	1000	1000	1.00
0.45	1000	1000	1.00
0.50	1000	1000	1.00
0.55	1000	1000	1.00
0.60	1000	1000	1.00
0.65	1000	1000	1.00
0.70	1000	1000	1.00
0.75	1000	1000	1.00
0.80	1000	1000	1.00
0.85	1000	1000	1.00
0.90	1000	1000	1.00
0.95	1000	1000	1.00
1.00	1000	1000	1.00

TABLA XXXIX

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE NITRATO DE COBALTO (II) EN ETANOL
EMPLEANDO ^{204}TI

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0.14}$)

Concentración de la disolución g/l	Vial con etanol A_o (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_o
1	26329	23576	0'895
2	23964	19495	0'814
3	25625	19536	0'762
4	25459	17187	0'675
5	25273	16346	0'647
6	25687	15526	0'604
7	25865	14495	0'560
8	26479	13684	0'517
9	24146	12858	0'532
10	27336	13709	0'502
11	25429	12227	0'481
12	25343	12174	0'480
13	25542	11413	0'447
14	25144	10724	0'426
15	25500	10659	0'418
16	24627	10052	0'408
17	23929	9667	0'404
18	25358	10284	0'405
19	26147	9641	0'369
20	23509	8810	0'375
30	26329	9268	0'352
40	23964	7860	0'328
50	25625	7995	0'312

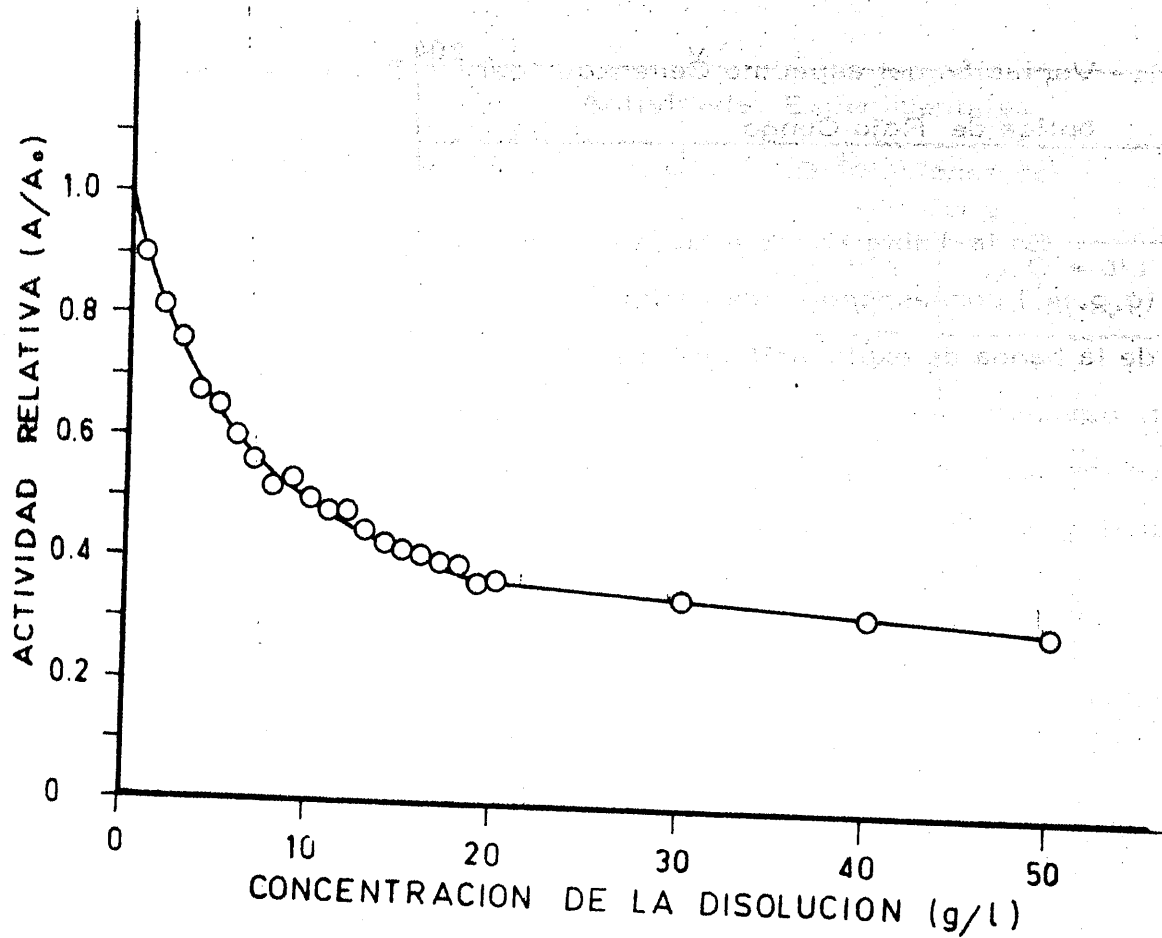


FIGURA 37.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{204}Tl con la concentración de nitrato de cobalto (II)

4.5.4. - Talio-204 en Rojo Congo

4.5.4.1. - Variación del espectro Cerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de Rojo Congo

En la Tabla XL se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 38.

TABLA XL

ESPECTROS Cerenkov DEL ^{204}TI EN DISOLUCIONES

ACUOSAS DE ROJO CONGO

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Rojo Congo	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'13 (c.p.m.)
40	1036	521	138
60	1363	782	227
80	1802	1017	273
100	2165	1207	281
120	2456	1306	303
140	2512	1291	276
160	2459	1257	221
180	2309	1088	181
200	2105	977	128
220	1848	842	98
240	1555	665	44
260	1383	553	29
280	1160	439	19
300	933	333	10
340	621	217	4
380	399	125	-
400	330	90	-
500	188	50	-
600	74	25	-
700	24	2	-
800	15	-	-
900	8	-	-

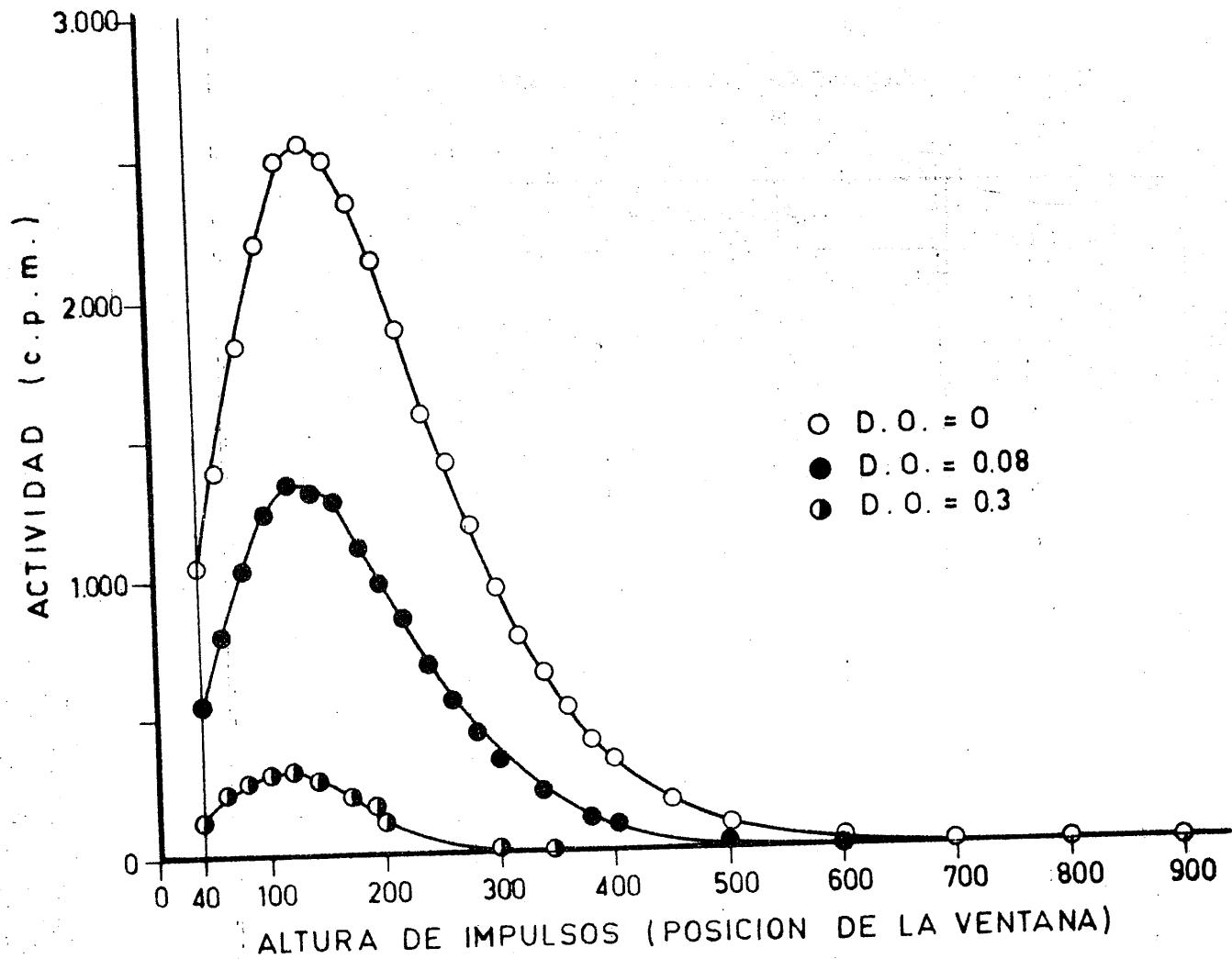


FIGURA 38.- Variación del espectro Cherenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de rojo congo

4.5.4.2.- Variación del contejo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{204}Tl con la concentración de Rojo Congo

En la Tabla XLI se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Rojo Congo. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A ; la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Rojo Congo, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 39 .

Concentración de Rojo Congo (mg/l)	Actividad A	Actividad A_0	Relación A/A_0
0	10000	10000	1.000
100	9800	10000	0.980
200	9600	10000	0.960
300	9400	10000	0.940
400	9200	10000	0.920
500	9000	10000	0.900

TABLA XLI

VARIACION DEL CONTAJE χ Cerenkov Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE ROJO CONGO, EMPLEANDO ^{204}TI .

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0.14}$)

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_0
2	25976	18488	0.712
4	24394	13963	0.572
6	25917	12177	0.469
8	25519	9903	0.388
10	26326	8206	0.312
20	25751	3589	0.139
30	25714	1829	0.071
40	25104	1295	0.052
50	25053	732	0.029
60	27106	549	0.020
70	25936	415	0.016
80	25764	354	0.014
90	25343	325	0.013
100	26399	362	0.010
200	25420	229	0.008
300	24813	269	0.010
400	24542	172	0.007
600	25201	126	0.005
800	25233	101	0.004
1000	23428	19	0.001

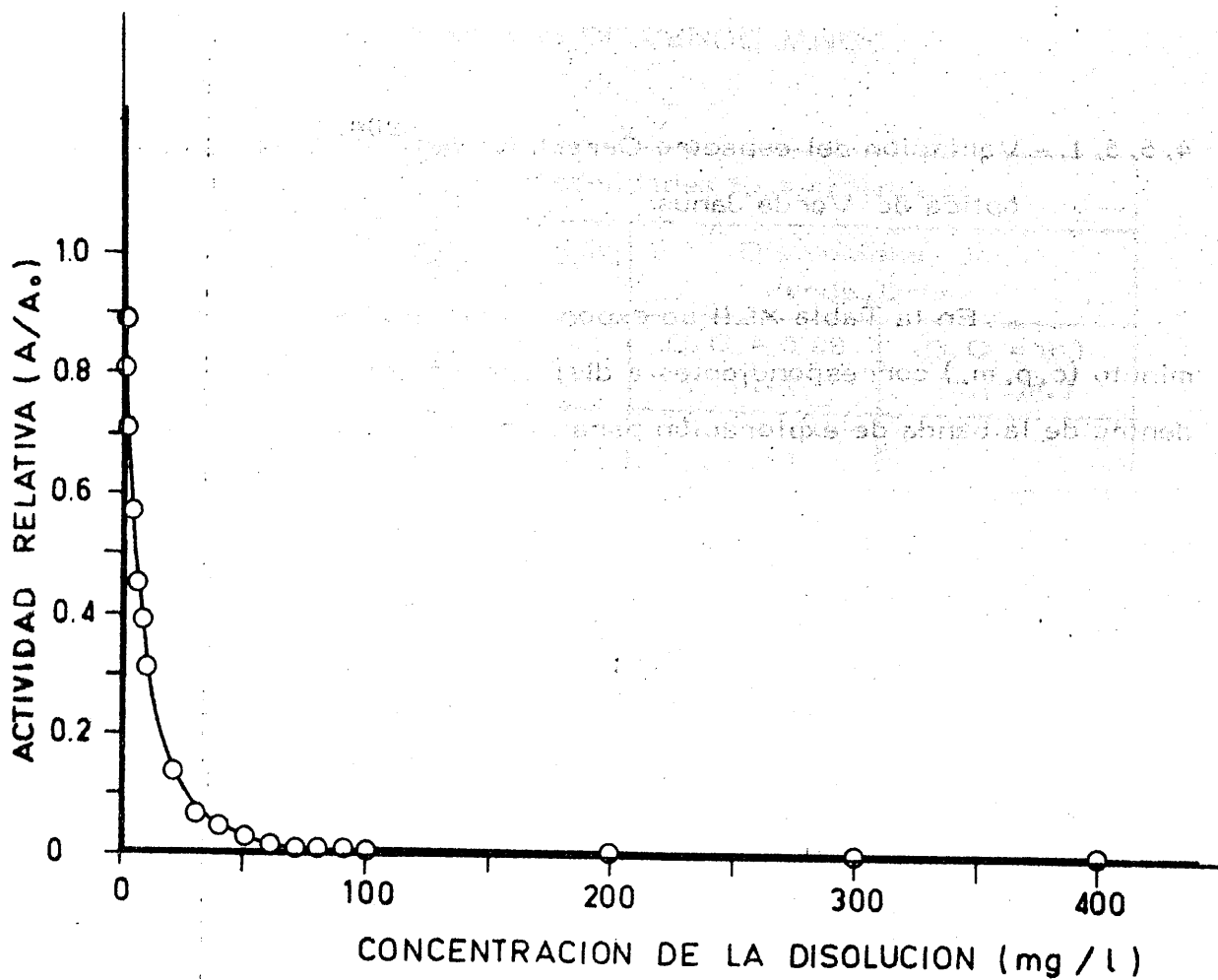


FIGURA 39.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{204}Tl con la concentración de rojo congo

4.5.5. - Talio-204 en Verde Janus

4.5.5.1. - Variación del espectro Cerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de Verde Janus

En la Tabla XLII se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 40.

TABLA XLII

ESPECTROS CÉRENKOV DEL ^{204}TI EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE VERDE JANUS

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Verde Janus	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	1036	729	326
60	1363	1122	447
80	1802	1456	612
100	2165	1708	703
120	2456	1938	736
140	2512	1952	758
160	2459	1873	694
180	2309	1756	610
200	2105	1620	493
220	1848	1410	411
240	1555	1201	310
260	1383	1004	245
280	1160	825	188
300	933	688	154
340	621	447	80
380	399	284	39
400	330	209	32
500	188	58	13
600	74	17	10
700	24	2	-
800	15	-	-
900	8	-	-

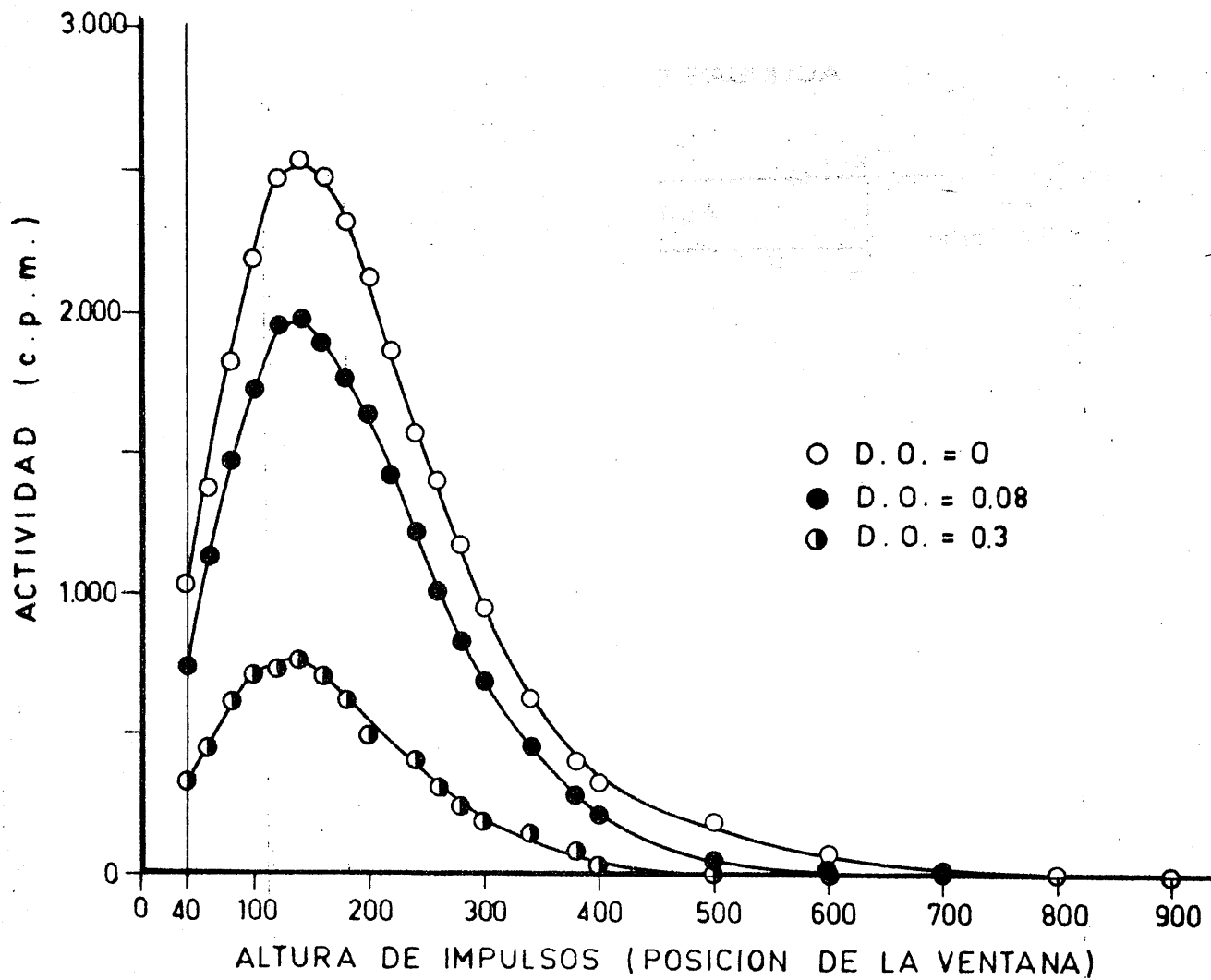


FIGURA 40.- Variación del espectro Cherenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de verde janus

4.5.5.2. - Variación del γ Cerenkov y de la actividad relativa del ^{204}Tl con la concentración de Verde Janus

En la Tabla XLIII se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Verde Janus. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A ; la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla - frente a la concentración de Verde Janus, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 41.

Concentración Verde Janus (mg/l)	Actividad A	Actividad A_0	Actividad Relativa A/A_0
0	1000	1000	1.000
100	950	1000	0.950
200	900	1000	0.900
300	850	1000	0.850
400	800	1000	0.800

TABLA XLIII

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON CONCENTRACION DE VERDE JANUS, EMPLEANDO ^{204}TI .

(Condiciones : Canal n°1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0'4}$)

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_0
2	25976	22272	0'857
4	24394	17677	0'725
6	25917	16462	0'635
8	25519	13166	0'516
10	26326	11879	0'451
20	25751	5642	0'219
30	25714	3187	0'124
40	25105	1922	0'077
50	25053	1259	0'050
60	27106	814	0'030
70	26197	513	0'019
80	25764	441	0'017
90	25343	355	0'014
100	26399	317	0'012
200	25420	269	0'011
300	24813	254	0'010
400	24542	234	0'009
600	25201	201	0'008
800	25233	164	0'006
1000	23428	145	0'006

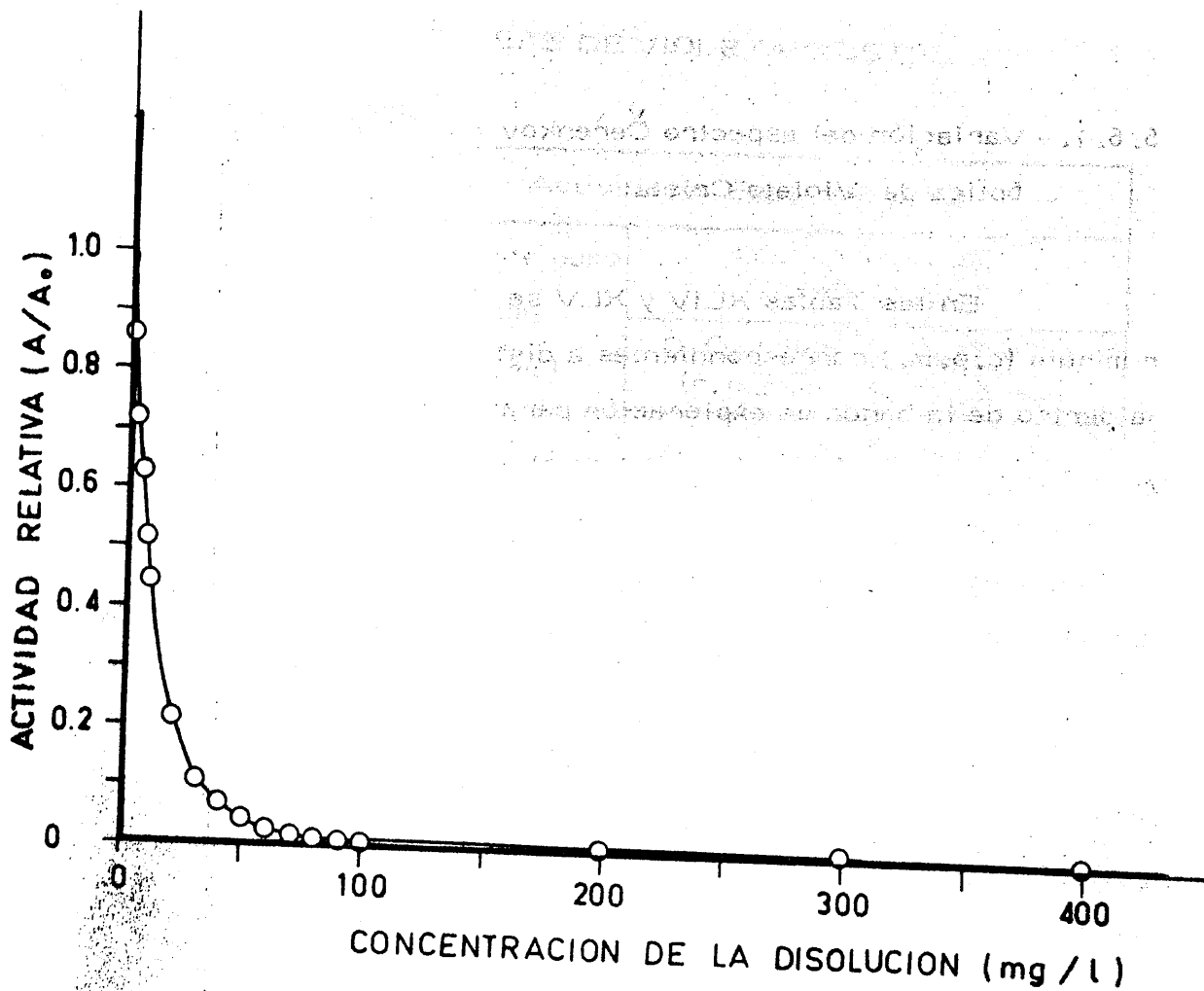


FIGURA 41.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{204}Tl con la concentración de verde janus

4.5.6. - Talio-204 en Violeta Cristal

4.5.6.1. - Variación del espectro Cerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de Violeta Cristal

En las Tablas XLIV y XLV se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dichas tablas aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas tanto para medio acuoso, tabla XLIV, como para medio acético, tabla XLV.

Con los valores de las citadas tablas se construyeron los correspondientes espectros que aparecen respectivamente en las Figuras 42 y 43.

TABLA XLIV

ESPECTROS ČERENKOV DEL ²⁰⁴Tl EN DISOLUCIONES

ACUOSAS DE VIOLETA CRISTAL

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Violeta Cristal	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	1036	820	712
60	1363	1191	1066
80	1802	1610	1409
100	2165	1936	1697
120	2456	2119	1869
140	2512	2202	1861
160	2459	2112	1828
180	2309	2005	1632
200	2105	1798	1464
220	1848	1571	1263
240	1555	1314	1078
260	1383	1114	881
280	1160	934	721
300	933	763	575
340	621	517	384
380	399	338	231
400	330	248	163
500	188	75	95
600	74	50	46
700	24	20	8
800	15	10	2
900	8	-	-

TABLA XLV

ESPECTROS ČERENKOV DEL ^{204}TI EN DISOLUCIONES
EN ACIDO ACETICO DE VIOLETA CRISTAL

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (ácido acético) (c.p.m.)	Disoluciones de: Violeta Cristal	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	721	535	507
60	1017	843	706
80	1429	1025	921
100	1733	1334	1061
120	1893	1545	1126
140	1989	1737	1163
160	1963	1756	1081
180	1862	1656	980
200	1703	1539	859
220	1471	1351	737
240	1303	1152	618
260	1109	997	509
280	918	826	392
300	778	676	317
340	529	407	197
380	350	261	122
400	301	221	84
500	180	107	22
600	82	42	3
700	56	10	-
800	21	-	-
900	10	-	-

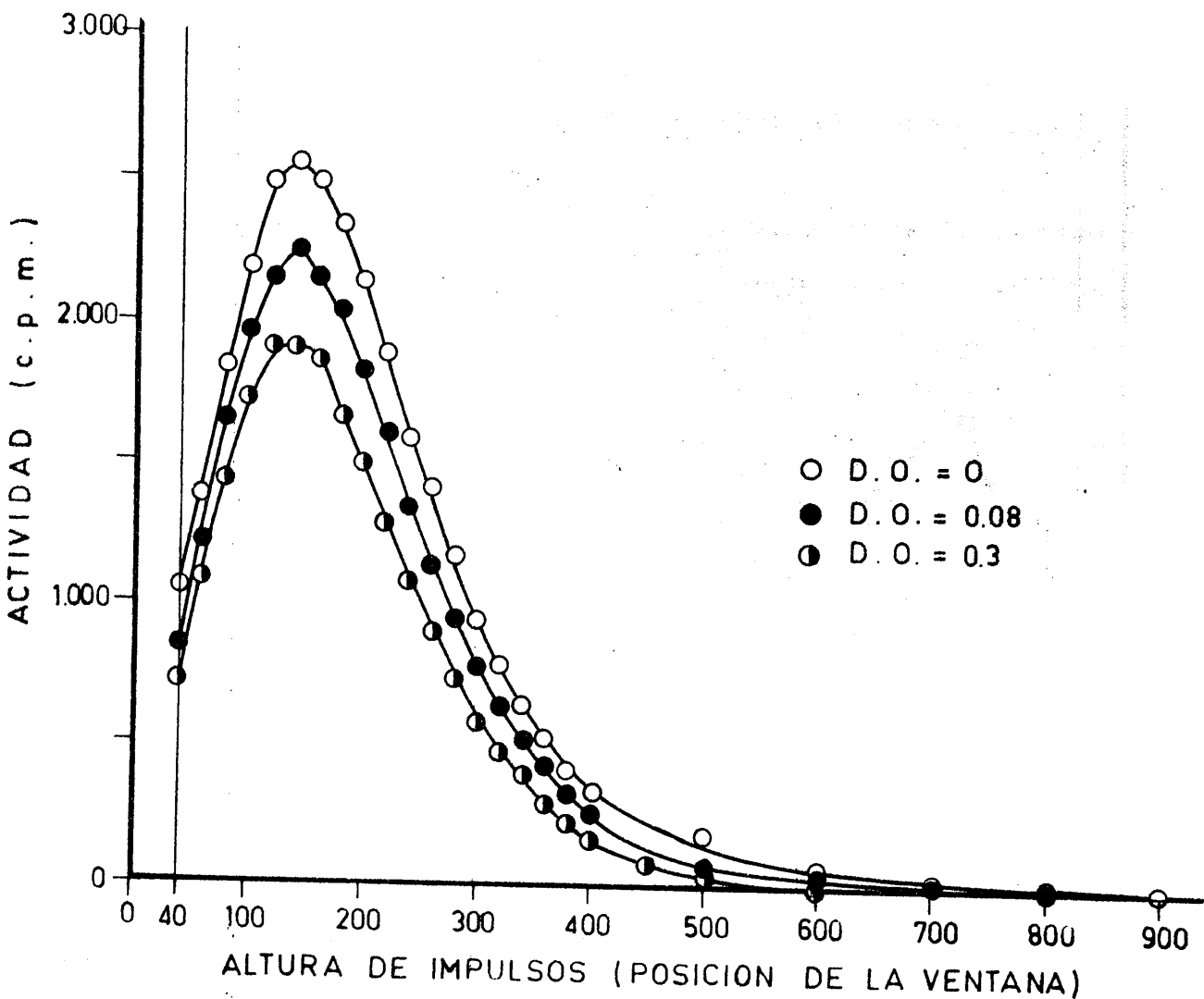


FIGURA 42.- Variación del espectro γ Cerenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de violeta de cristal (en medio acuoso)

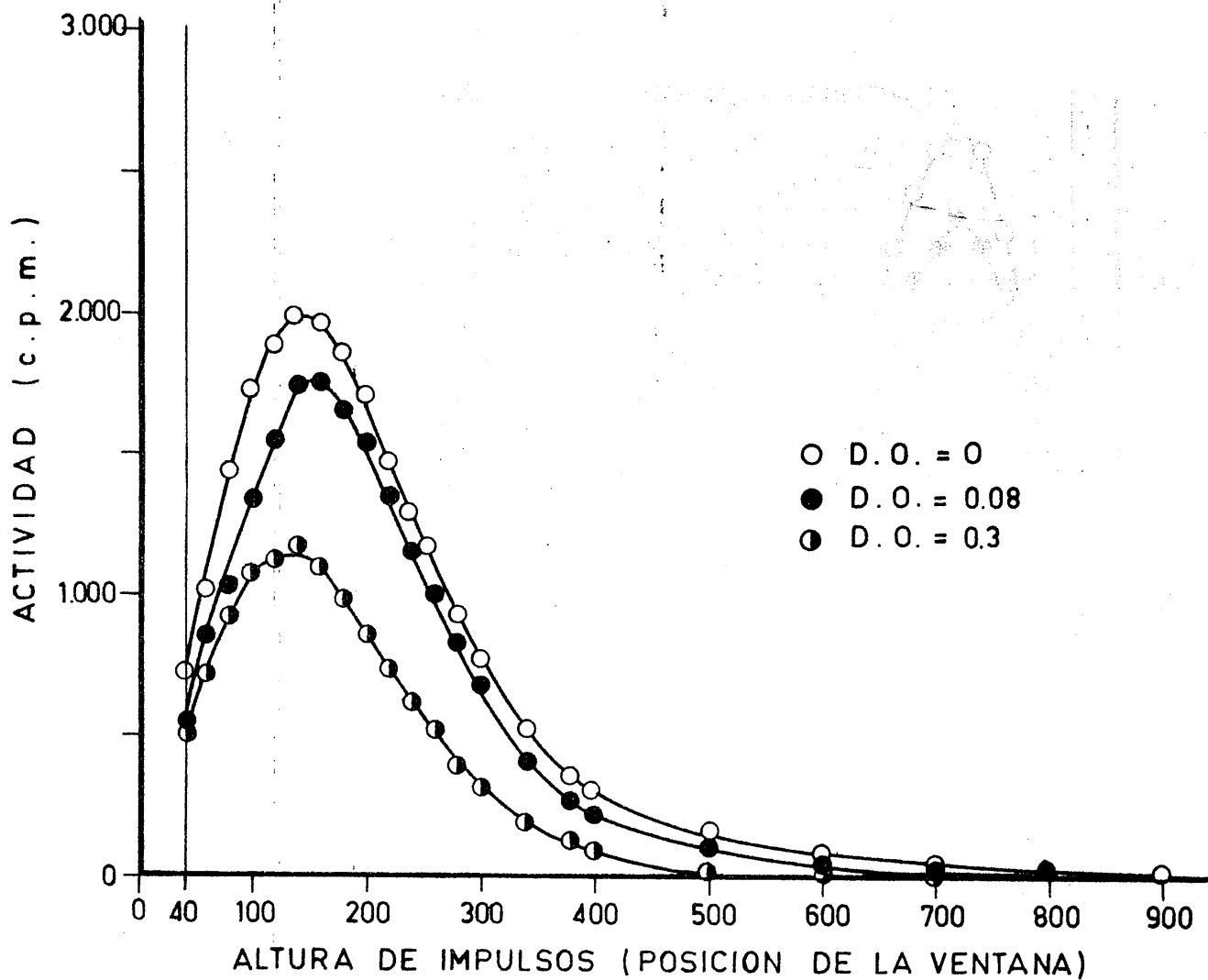


FIGURA 43.- Variación del espectro Cherenkov del ^{204}Tl con la densidad óptica de violeta de cristal (en medio acético)

4.5.6.2.- Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{204}Tl con la concentración de Violeta Cristal

En las Tablas XLVI y XLVII se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Violeta Cristal. A_0 representa la actividad correspondiente a la actividad del disolvente puro en ausencia de color, y A ; la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de las citadas tablas frente a la concentración del Violeta Cristal, hasta 400 mg/l, se obtienen las Figuras 44 y 45 respectivamente.

00010	00001	000001	00100
00000	00000	000000	00100
00000	00000	000000	00000
00000	00000	000000	00000
00000	00000	000000	00000
00000	00000	000000	00000
00000	00000	000000	00000

TABLA XLVI

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE VIOLETA CRISTAL EN MEDIO ACUOSO ,
EMPLEANDO ^{204}Tl

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0'4}$)

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_0
1	25976	22117	0'851
2	24394	18495	0'758
4	25917	16969	0'654
6	25518	16121	0'632
8	26326	13288	0'504
10	25751	10506	0'408
20	25714	8505	0'331
30	25103	6887	0'274
40	25053	5296	0'211
50	27106	4696	0'173
60	25936	3682	0'142
70	25764	3015	0'117
80	25343	2624	0'103
90	26399	2191	0'083
100	25420	1911	0'075
200	24813	612	0'025
300	24542	361	0'015
400	25201	227	0'009
600	25332	157	0'006
1000	23428	103	0'004

TABLA XLVII

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE VIOLETA CRISTAL EN MEDIO ACETICO,
EMPLEANDO ^{204}Tl

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0.14}$)

Concentración de la disolución mg/l	Vial con ácido acético A_0 (c. p. m.)	Vial con disolución A (c. p. m.)	A/A_0
1	19750	17237	0'872
2	18052	15383	0'852
4	18841	13514	0'717
6	19907	13449	0'675
8	19964	12971	0'649
10	19203	11093	0'578
20	19524	9757	0'499
30	19568	8556	0'437
40	20426	7301	0'357
50	20868	6700	0'321
60	19265	4913	0'255
70	18797	4565	0'243
80	20000	4856	0'242
90	22781	3766	0'165
100	19442	3119	0'160
200	19427	2214	0'114
300	18929	661	0'035
400	20385	414	0'020
500	20072	178	0'008

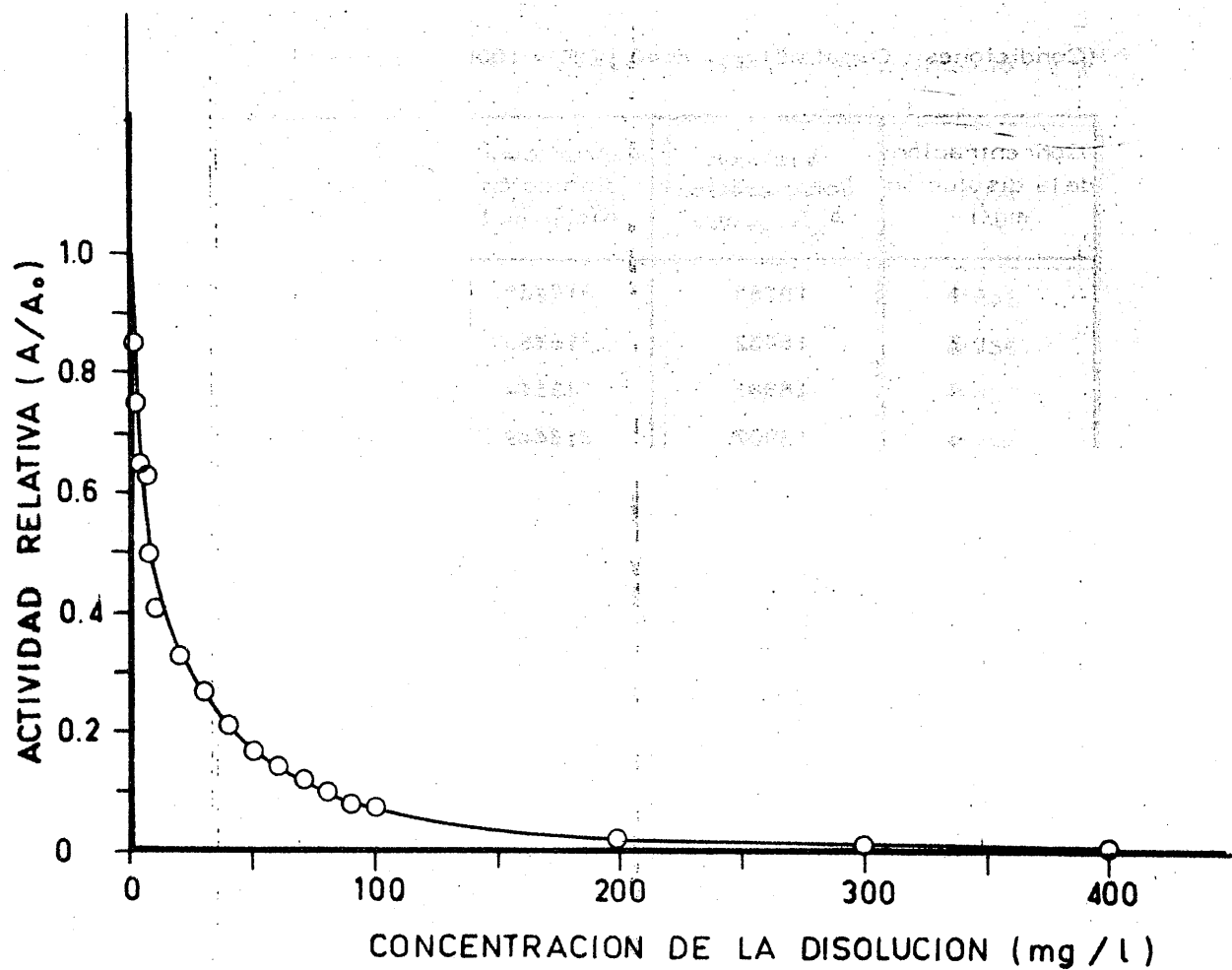


FIGURA 36.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{204}Tl con la concentración de violeta de cristal (en medio acuoso)

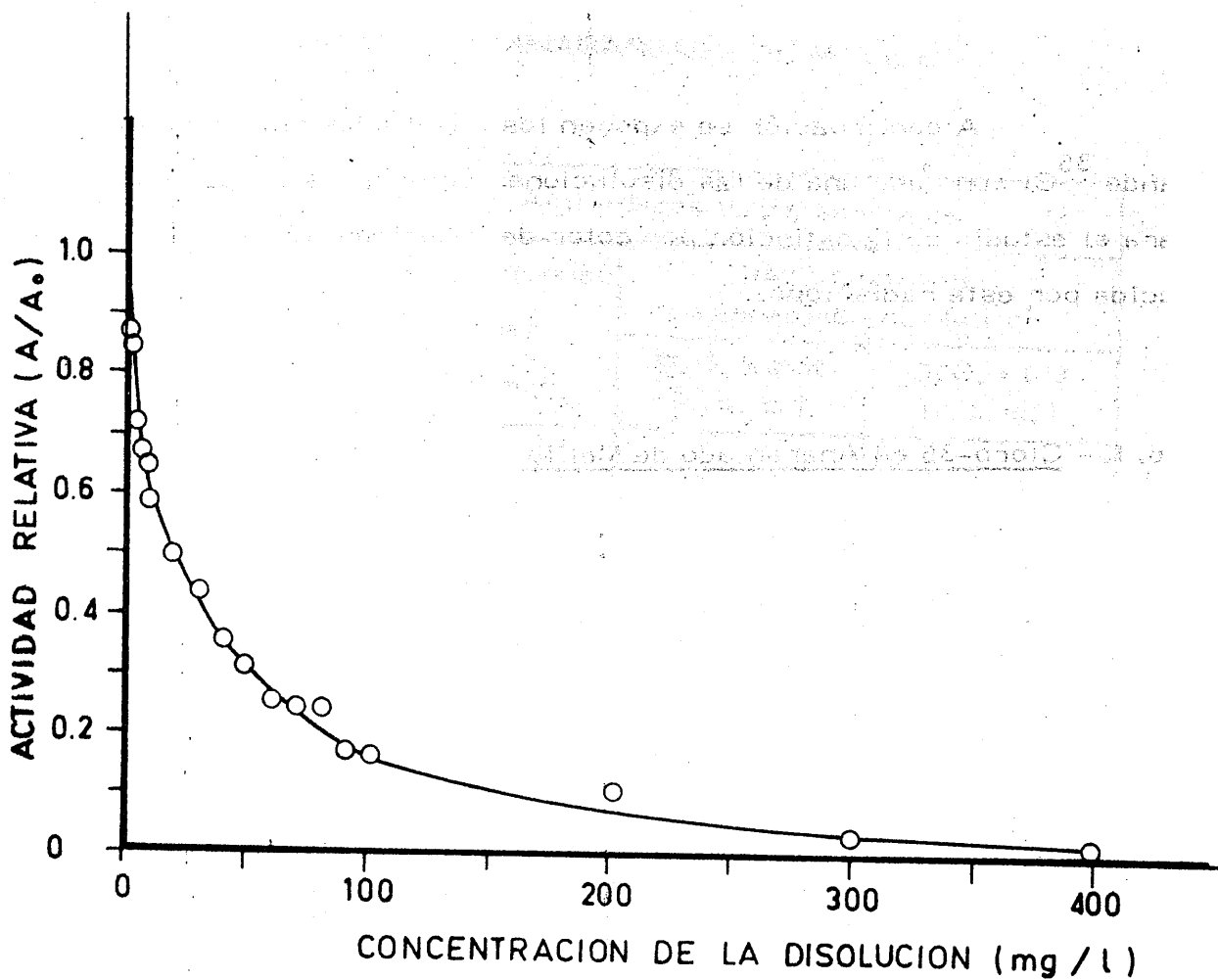


FIGURA 45.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{204}Tl con la concentración de violeta de cristal (en medio acético)

4.6. - RESULTADOS OBTENIDOS CON EL RADISOTOPO CLORO-36

A continuación se exponen los resultados obtenidos utilizando ^{36}Cl con cada una de las disoluciones coloreadas preparadas para el estudio de la extinción por color de la emisión Čerenkov producida por este radisótopo.

4.6.1. - Cloro-36 en Anaranjado de Metilo

4.6.1.1. - Variación del espectro Čerenkov de ^{36}Cl con la densidad óptica de Anaranjado de Metilo

En la Tabla XLVIII se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración (agua destilada) y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 46.

TABLA XLVIII

ESPECTROS ČERENKOV DEL ^{36}Cl EN DISOLUCIONES
ACUOSA DE ANARANJADO DE METILO

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Anaranjado de Metilo	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	1102	705	466
60	1586	947	530
80	2137	1219	709
100	2817	1549	851
120	3392	1927	981
140	3944	2094	1026
160	4264	2195	1036
180	4443	2332	1012
200	4481	2191	943
220	4494	2142	925
240	4274	1940	860
260	4070	1739	745
280	3725	1563	675
300	3391	1318	545
340	2694	983	297
380	2033	660	239
400	1756	583	199
500	795	222	124
600	311	60	34
700	131	22	11
800	49	4	-
900	20	-	-

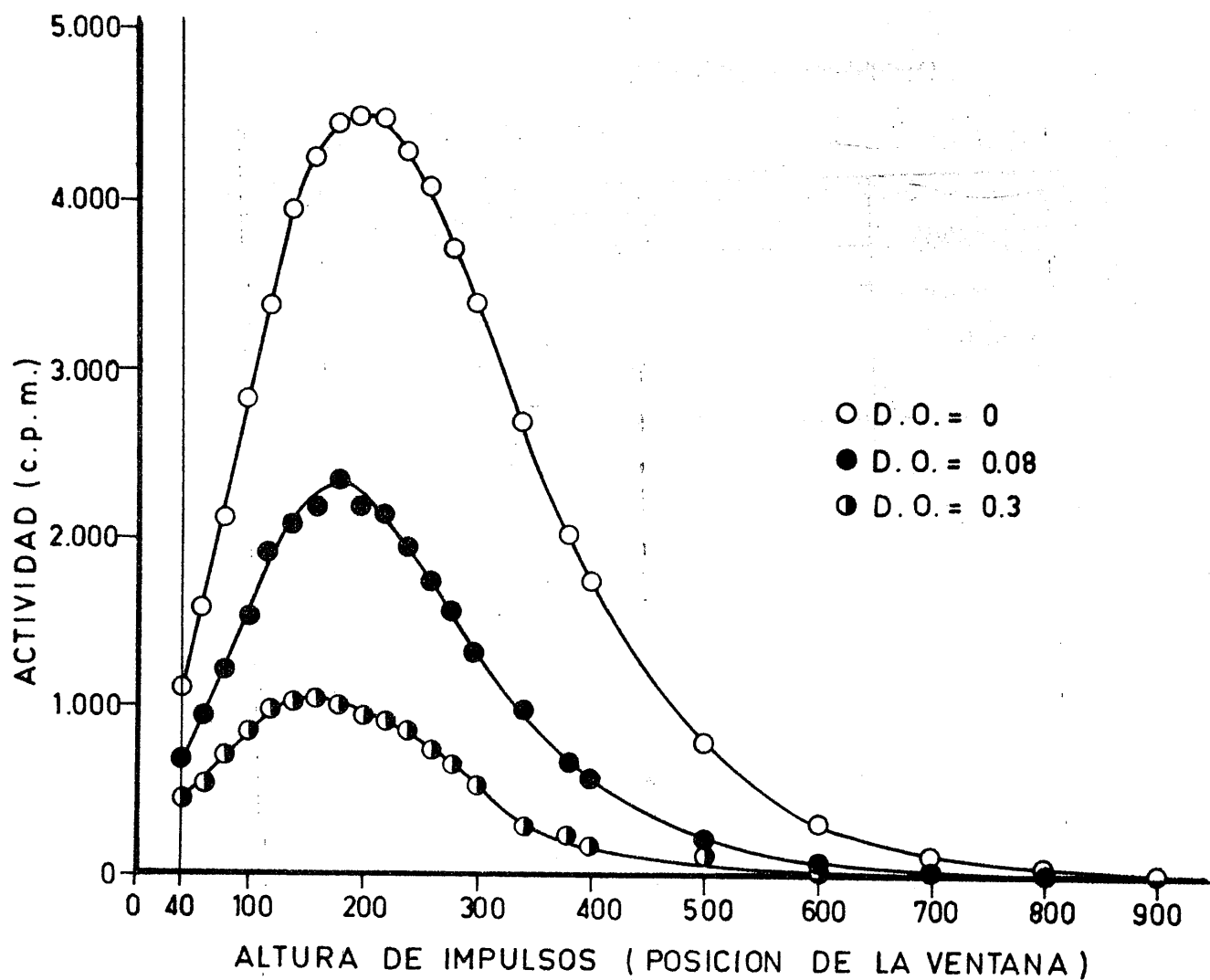


FIGURA 46 .- Variación del espectro Cerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de anaranjado de metilo

4.6.1.2. - Variación del conteje Čerenkov y de la actividad relativa del ^{36}Cl con la concentración de Anaranjado de Metilo

En la Tabla XLIX se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Anaranjado de Metilo. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A , la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla - frente a la concentración de Anaranjado de Metilo, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 47.

Concentración de Anaranjado de Metilo (mg/l)	Actividad A	Actividad A_0	Actividad Relativa A/A_0
0	1000	1000	1.000
100	950	1000	0.950
200	900	1000	0.900
300	850	1000	0.850
400	800	1000	0.800

TABLA XLIX

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE ANARANJADO DE METILO, EMPLEANDO ³⁶Cl

(Condiciones : Canal n°1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = 2^{0'0})

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A _o (c.p.m.)	Vial con disolución A(c.p.m.)	A/A _o
2	57310	43317	0'756
4	58886	36924	0'627
6	58249	26528	0'455
8	56475	17943	0'318
10	57310	14398	0'251
20	58886	6081	0'103
30	58249	4547	0'078
40	56475	2449	0'043
50	58461	1809	0'031
60	54654	1557	0'028
70	53193	1412	0'026
80	58016	705	0'012
90	58751	526	0'009
100	59440	397	0'007
200	56719	187	0'003
300	57528	101	0'002
400	51616	100	0'002
500	57460	70	0'001
600	53910	62	0'001
800	57161	68	0'001
1000	57786	17	-
2000	57786	9	-

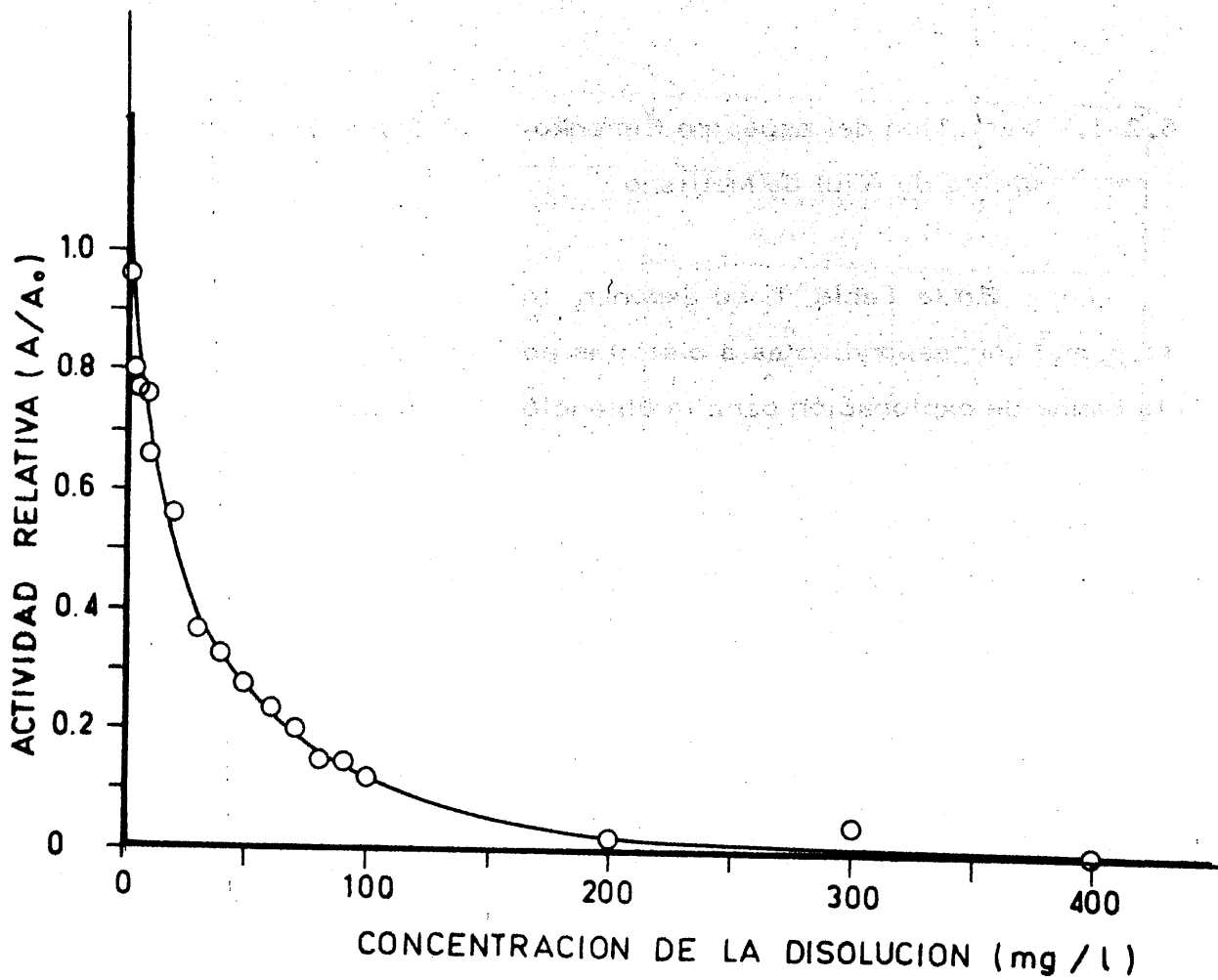


FIGURA 47.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{36}Cl con la concentración de anaranjado de metilo

4.6.2. - Cloro-36 en Azul de Metileno

4.6.2.1. - Variación del espectro Čerenkov de Cloro-36 con la densidad óptica de Azul de Metileno

En la Tabla L se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro, en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 48.

TABLA L

ESPECTROS ČERENKOV DEL ³⁶Cl EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE AZUL DE METILENO

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Azul de Metileno	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'13 (c.p.m.)
40	1102	994	972
60	1586	1443	1384
80	2137	1954	1891
100	2817	2528	2371
120	3392	3018	2827
140	3944	3461	3246
160	4264	3747	3402
180	4443	3904	3500
200	4481	3940	3449
220	4494	3950	3346
240	4274	3893	3105
260	4070	3763	2865
280	3725	3542	2564
300	3391	3270	2272
340	2694	2612	1754
380	2033	2034	1295
400	1756	1781	1074
500	795	808	444
600	311	272	145
700	131	103	56
800	49	34	22
900	20	10	-

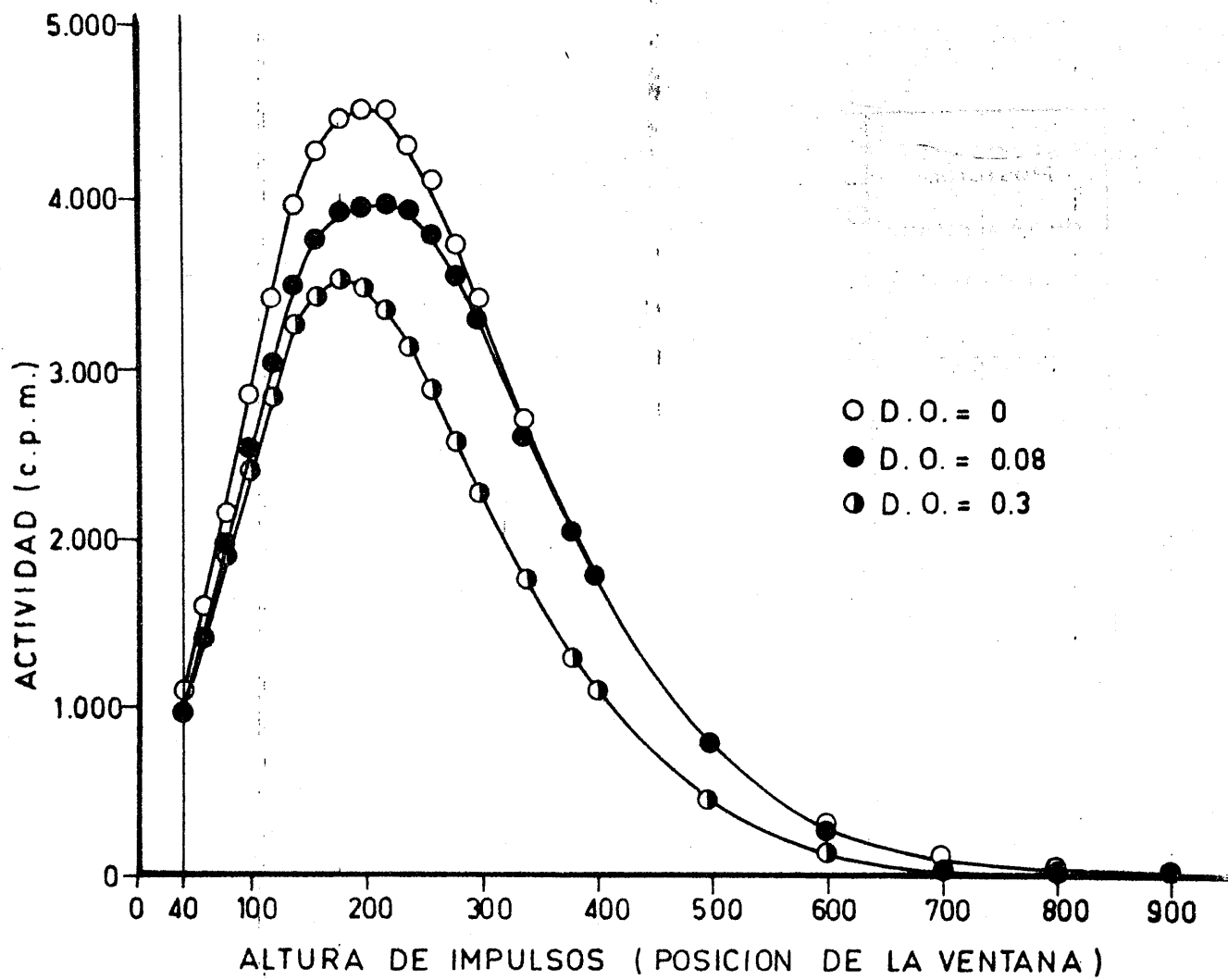


FIGURA 48 .- Variación del espectro γ Cerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de azul de metileno

4.6.2.2. - Variación del contaje \checkmark Cerenkov y de la actividad relativa del ^{36}Cl con la concentración de Azul de Metileno.

En la Tabla LI se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad con la concentración de Azul de Metileno. A_0 representa la actividad correspondiente al - disolvente puro en ausencia de color, y A ; la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Azul de Metileno, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 49.

Concentración de Azul de Metileno (mg/l)	Actividad A	Actividad A_0	Actividad Relativa A/A_0
0	1000	1000	1.000
100	950	1000	0.950
200	900	1000	0.900
300	850	1000	0.850
400	800	1000	0.800

TABLA LI

VARIACION DEL CONTAJE ^Y CERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE AZUL DE METILENO, EMPLEANDO ³⁶CI

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = 2^{0'10})

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A _o (c.p.m.)	Vial con disolución A(c.p.m.)	A/A _o
2	57310	54847	0'957
4	58886	47180	0'801
6	58249	44894	0'771
8	56475	43090	0'763
10	58461	38759	0'663
20	54654	30712	0'562
30	53193	19555	0'367
40	58016	19169	0'330
50	58751	16523	0'281
60	59440	14313	0'241
70	56719	11866	0'209
80	57528	9421	0'164
90	51616	8164	0'158
100	57460	7327	0'127
200	53910	1646	0'030
400	59308	298	0'050
600	57161	106	0'002
800	58515	58	0'001
1000	57786	15	-

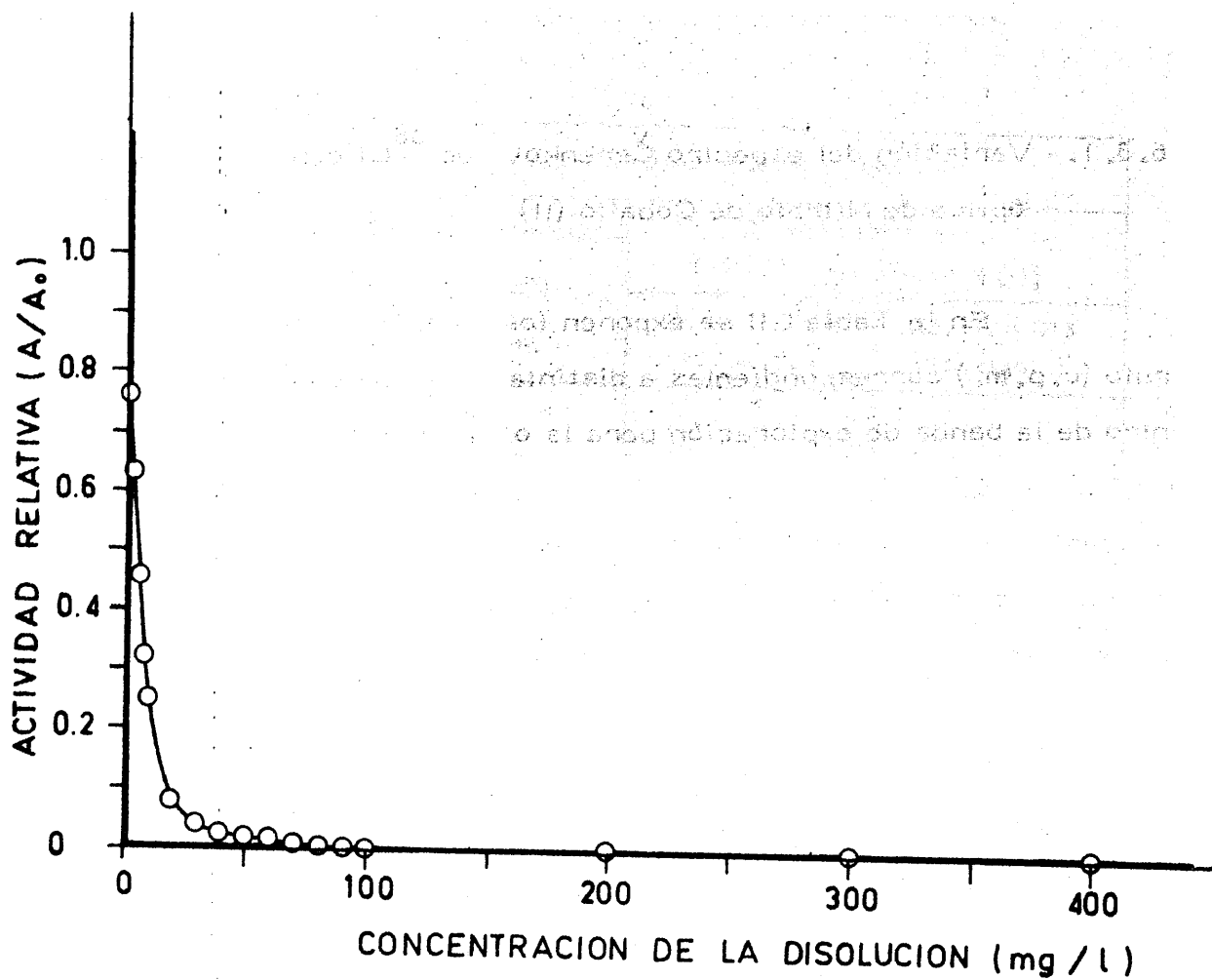


FIGURA 49.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{36}Cl con la concentración de azul de metileno

4.6.3. - Cloro-36 en Nitrato de Cobalto (II)

4.6.3.1. - Variación del espectro Čerenkov de ^{36}Cl con la densidad óptica de Nitrato de Cobalto (II)

En la Tabla LII se exponen los valores de cuentas por - minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro (etanol) en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 50.

TABLA LII

ESPECTROS ČERENKOV DEL ^{36}Cl EN DISOLUCIONES
ETANOLICAS DE NITRATO DE COBALTO (II)

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (etanol) (c.p.m.)	Disoluciones de: Nitrato de Cobalto (II)	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	1188	1034	732
60	1666	1228	1084
80	2299	1427	1412
100	2978	1908	1813
120	3640	2489	2151
140	4100	2974	2491
160	4551	3416	2613
180	4751	3695	2674
200	4875	3823	2602
220	4934	3822	2498
240	4693	3794	2330
260	4500	3568	2116
280	4289	3328	1862
300	3883	2798	1680
340	3219	2224	1222
380	2549	1679	892
400	2267	1455	736
500	1110	613	264
600	471	238	94
700	183	92	26
800	78	30	3
900	27	11	-

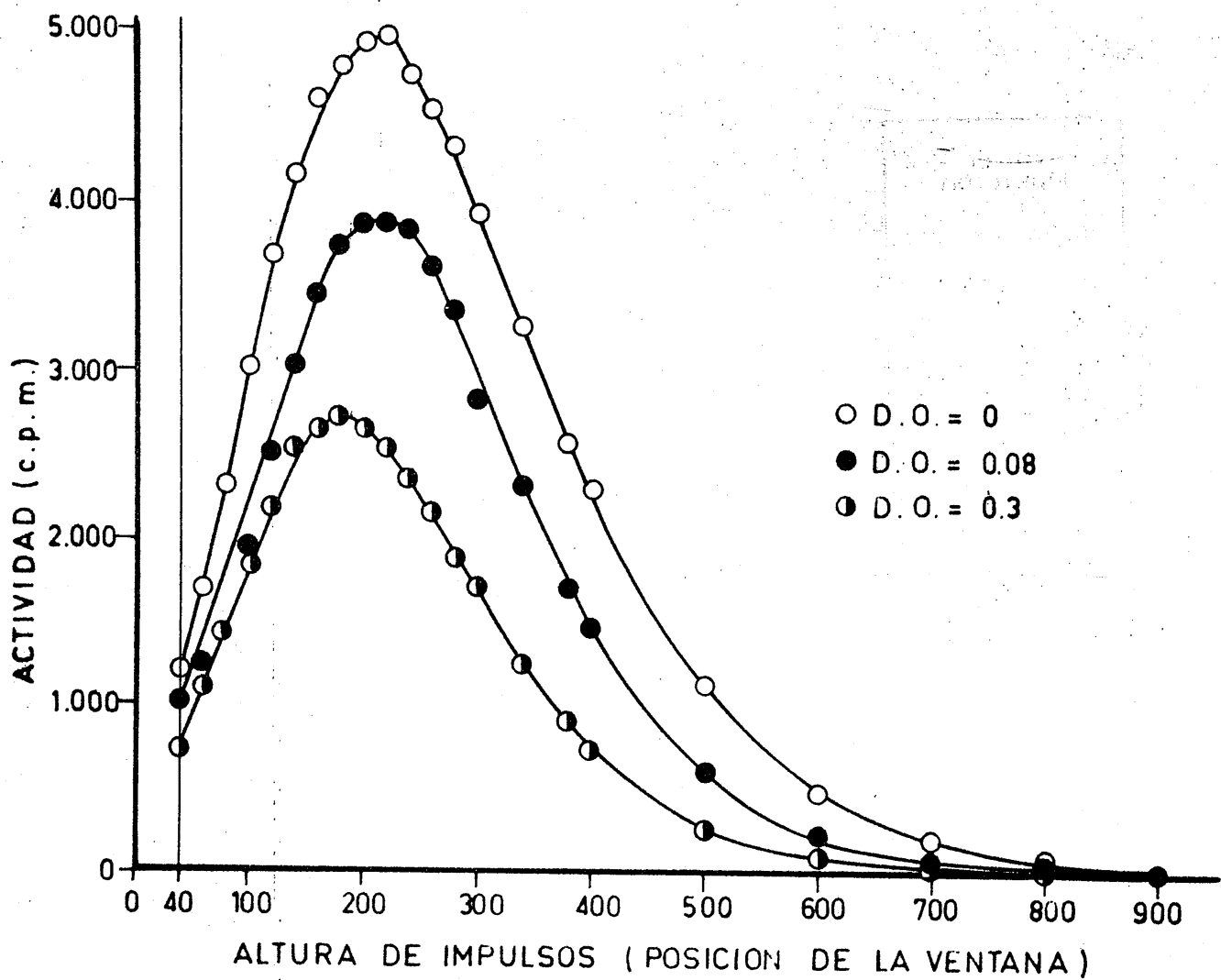


FIGURA 50.- Variación del espectro γ Cerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de nitrato de cobalto (II)

4.6.3.2. - Variación del γ Cerenkov y de la actividad relativa del ^{36}Cl con la concentración de Nitrato de Cobalto (II)

En la Tabla LIII se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Nitrato de Cobalto (II). A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A ; la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la tabla frente a la concentración de Nitrato de Cobalto (II) se obtiene la Figura 51.

0.000	0.000	0.000	0.000
0.001	0.001	0.001	0.001
0.002	0.002	0.002	0.002
0.003	0.003	0.003	0.003
0.004	0.004	0.004	0.004
0.005	0.005	0.005	0.005
0.006	0.006	0.006	0.006
0.007	0.007	0.007	0.007
0.008	0.008	0.008	0.008
0.009	0.009	0.009	0.009
0.010	0.010	0.010	0.010
0.011	0.011	0.011	0.011
0.012	0.012	0.012	0.012
0.013	0.013	0.013	0.013
0.014	0.014	0.014	0.014
0.015	0.015	0.015	0.015
0.016	0.016	0.016	0.016
0.017	0.017	0.017	0.017
0.018	0.018	0.018	0.018
0.019	0.019	0.019	0.019
0.020	0.020	0.020	0.020

TABLA LIII

VARIACION DEL CONTAJE γ CERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
 CON LA CONCENTRACION DE NITRATO DE COBALTO (II) EN MEDIO -
 ETANOL, EMPLEANDO ^{36}Cl

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = 2^{0'10})

Concentración de la disolución g/l	Vial con etanol A_o (c.p.m.)	Vial con disolución A(c.p.m.)	A/A_o
1	59396	55298	0'931
2	59512	49287	0'828
3	51845	40396	0'779
4	55055	39576	0'719
5	54938	37907	0'690
6	54938	32448	0'585
7	69063	38519	0'556
8	48759	25971	0'533
9	56951	28988	0'508
10	59049	29465	0'499
11	61102	28590	0'468
12	60045	26758	0'446
13	49786	21756	0'437
14	55869	23632	0'423
15	51325	20941	0'408
16	54844	21115	0'385
17	58093	20680	0'356
18	68529	23094	0'337
19	68487	21629	0'316
20	68487	21046	0'307
30	59396	17225	0'290
40	59512	15652	0'263
50	51845	13013	0'257

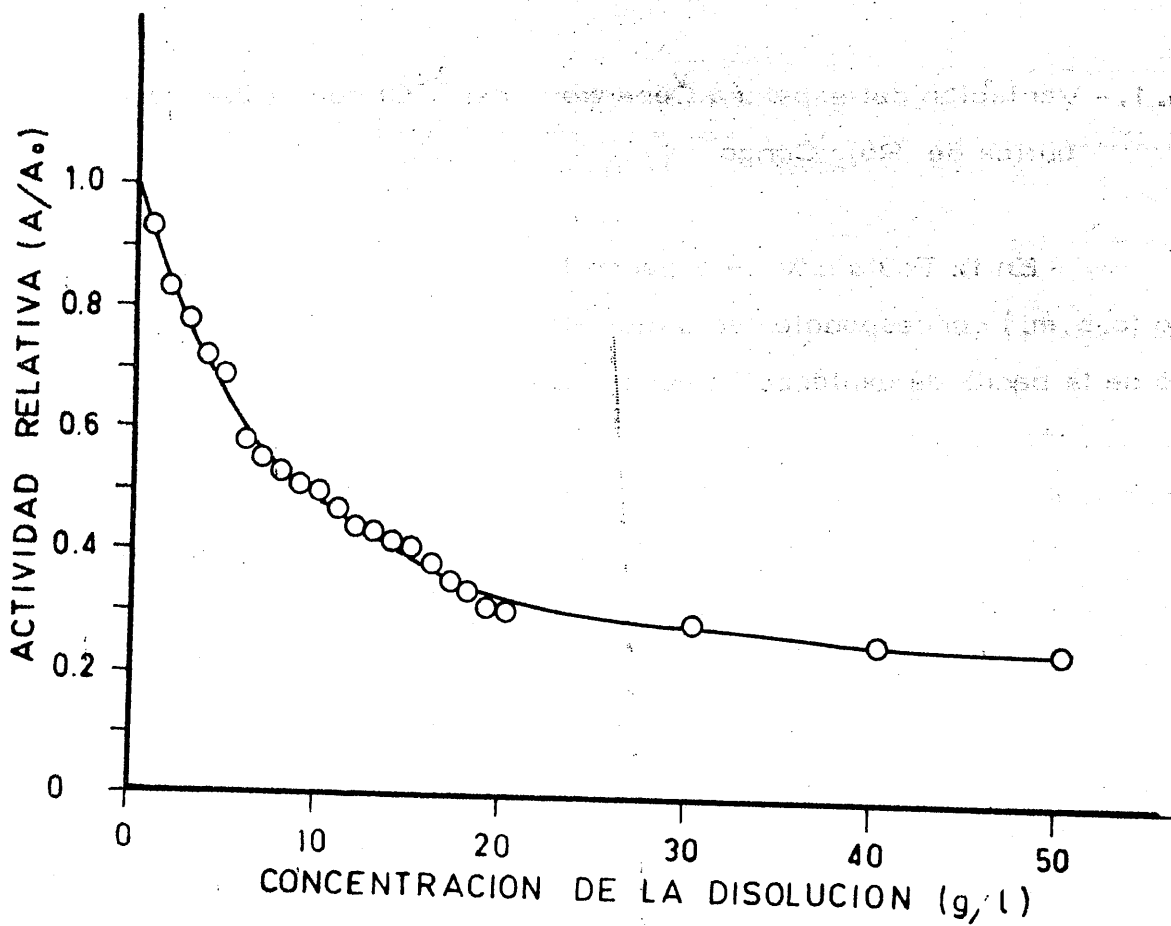


FIGURA 51.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{36}Cl con la concentración de nitrato de cobalto (II)



4.6.4. - Cloro-36 en Rojo Congo

4.6.4.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de Rojo Congo

En la Tabla LIV se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los correspondientes espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades - ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 52.

TABLA LIV

ESPECTROS ČERENKOV DEL ³⁶Cl EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE ROJO CONGO

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Rojo Congo	
		D. O. = 0'08 (c.p.m.)	D. O. = 0'3 (c.p.m.)
40	1102	712	278
60	1586	881	375
80	2137	1012	484
100	2817	1378	615
120	3392	1747	716
140	3944	2066	798
160	4264	2298	815
180	4443	2503	803
200	4481	2538	756
220	4494	2415	714
240	4274	2231	709
260	4070	2042	593
280	3725	1797	489
300	3391	1568	377
340	2694	1168	308
380	2033	847	189
400	1756	694	98
500	795	257	27
600	311	168	4
700	131	121	1
800	49	30	-
900	20	8	-

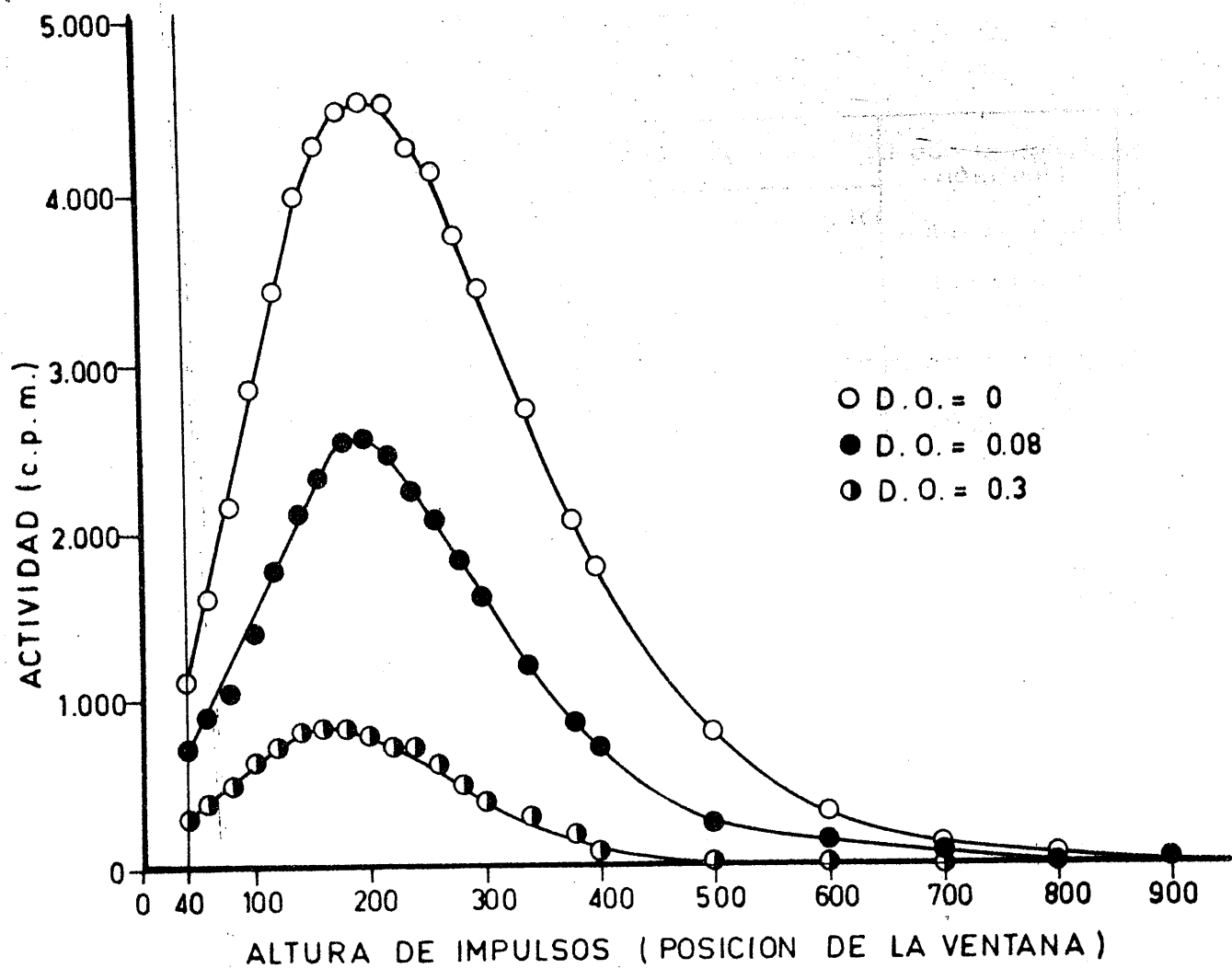


FIGURA 52.- Variación del espectro γ Cerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de rojo congo

4.6.4.2. - Variación del γ Cerenkov y de la actividad relativa del ^{36}Cl con la concentración de Rojo Congo

En la Tabla LV se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Rojo Congo. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A ; la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Rojo Congo hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 53.

Concentración de Rojo Congo (mg/l)	Actividad A	Actividad A_0	Actividad Relativa A/A_0
0	10000	10000	1.0000
50	9800	10000	0.9800
100	9600	10000	0.9600
150	9400	10000	0.9400
200	9200	10000	0.9200
250	9000	10000	0.9000
300	8800	10000	0.8800
350	8600	10000	0.8600
400	8400	10000	0.8400

TABLA LV

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE ROJO CONGO, EMPLEANDO ^{36}Cl

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = 2^{0'0})

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A _o (c.p.m.)	Vial con disolución A(c.p.m.)	A/A _o
2	51781	40355	0'779
4	44837	31373	0'699
6	48224	25491	0'528
8	52130	23297	0'447
10	50630	19737	0'389
20	52503	8747	0'167
30	45622	3461	0'076
40	45461	2118	0'047
50	50143	1017	0'020
60	55178	670	0'012
70	46759	373	0'008
80	48879	249	0'005
90	45381	181	0'004
100	48388	158	0'003
200	48109	74	0'002
300	50666	80	0'001
400	46596	68	0'001
600	49799	39	-
800	51647	20	-
1000	51647	17	-

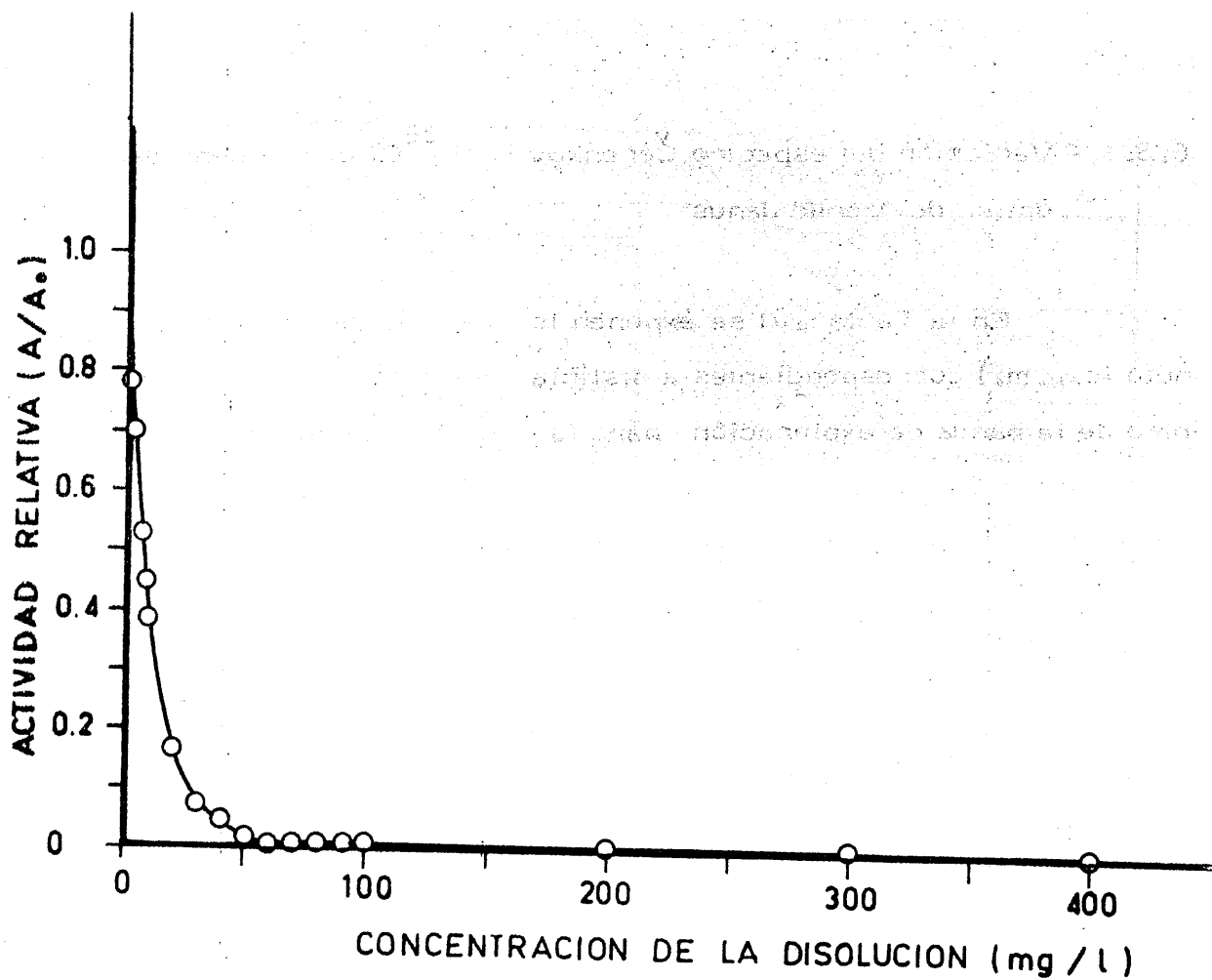


FIGURA 53.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{36}Cl con la concentración de rojo congo

4.6.5. – Cloro-36 en Verde Janus

4.6.5.1. – Variación del espectro Cerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de Verde Janus

En la Tabla LVI se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los correspondientes espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 54.

TABLA LVI

ESPECTROS ČERENKOV DEL ³⁶Cl EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE VERDE JANUS

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Verde Janus	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'13 (c.p.m.)
40	1102	1051	457
60	1585	1281	707
80	2137	2982	895
100	2817	2630	1140
120	3392	3026	1320
140	3944	3506	1461
160	4264	3830	1527
180	4443	4016	1502
200	4481	4004	1458
220	4494	3272	1367
240	4274	3709	1225
260	4070	3442	1086
280	3725	3250	952
300	3391	2991	771
340	2694	2379	515
380	2034	1682	344
400	1756	1310	279
500	795	552	155
600	311	188	99
700	131	165	20
800	49	20	15
900	20	10	7

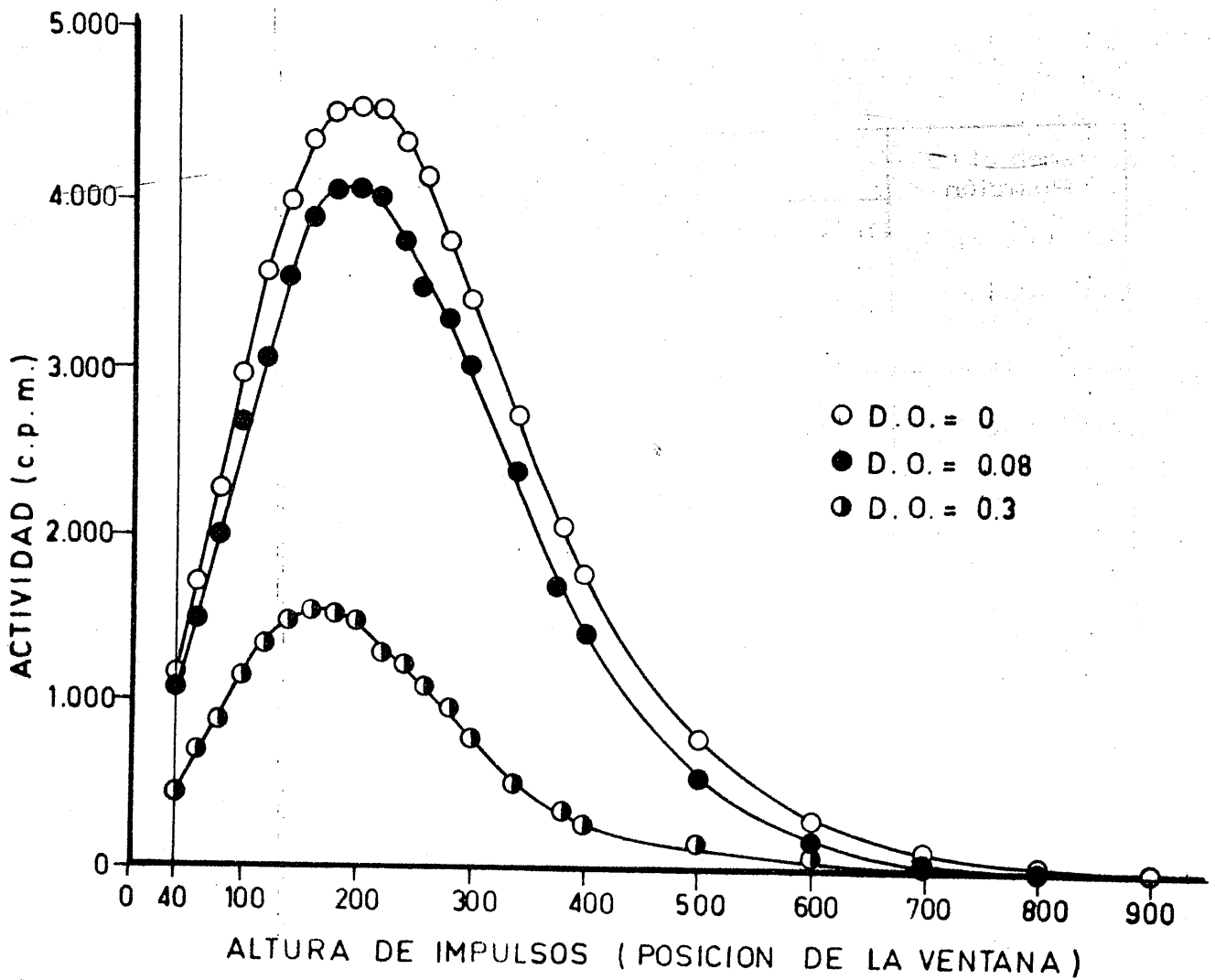


FIGURA 54. - Variación del espectro γ Cerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de verde janus

4.6.5.2.- Variación del contaje Čerenkov y de la actividad relativa del ^{36}Cl con la concentración de Verde Janus

En la Tabla LVII se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Verde Janus. A_0 representa la actividad relativa correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A_i la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Verde Janus, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 55.

Concentración Verde Janus (mg/l)	Actividad Relativa (A)	Actividad Relativa (A ₀)	Actividad Relativa (A/A ₀)
0	100	100	1.00
100	95	100	0.95
200	90	100	0.90
300	85	100	0.85
400	80	100	0.80

TABLA LVII

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE VERDE JANUS , EMPLEANDO ^{36}Cl

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0'10}$)

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_0
2	51781	45351	0'876
4	49669	37741	0'759
6	46704	30000	0'642
8	51681	27758	0'537
10	53424	23952	0'448
20	50161	10889	0'217
30	49837	6091	0'122
40	44999	3032	0'067
50	52189	2159	0'041
60	49996	1138	0'023
70	51325	626	0'012
80	50328	385	0'008
90	49060	308	0'006
100	52324	175	0'003
200	48290	79	0'002
300	52855	68	0'001
400	51952	50	0'001
600	48098	30	-
800	52242	20	-
1000	52242	8	-

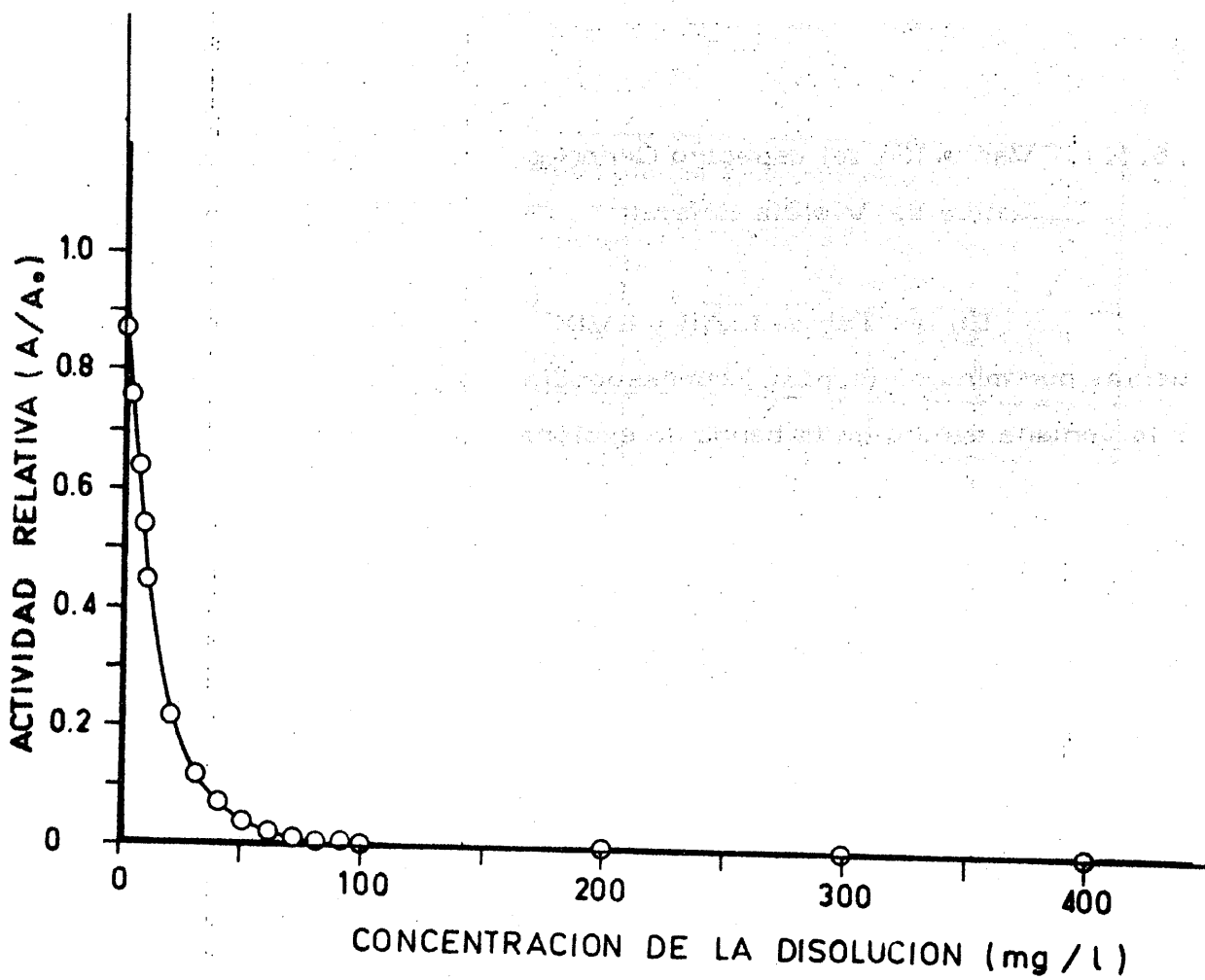


FIGURA 55.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{36}Cl con la concentración de verde janus

4.6.6. - Cloro-36 en Violeta Cristal

4.6.6.1. - Variación del espectro Cerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de Violeta Cristal

En las Tablas LVIII y LVIX se exponen los valores de cuentas por minutos (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los correspondientes espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dichas tablas aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas tanto en medio acuoso, Tabla LVIII como en medio acético, Tabla LVIX.

Con los valores de las citadas tablas se construyeron los correspondientes espectros que aparecen respectivamente en las Figuras 56 y 57 .

TABLA LVIII

ESPECTROS ČERENKOV DEL ^{36}Cl EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE VIOLETA CRISTAL

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Violeta Cristal	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'13 (c.p.m.)
40	1102	889	767
60	1586	1313	1084
80	2137	1904	1476
100	2817	2409	1905
120	3392	2863	2178
140	3944	3181	2436
160	4264	3302	2614
180	4443	3296	2679
200	4481	3179	2611
220	4494	3077	2428
240	4274	2876	2278
260	4070	2603	2105
280	3725	2304	1926
300	3391	2065	1660
340	2694	1551	1223
380	2033	1147	923
400	1756	972	771
500	795	410	291
600	311	158	52
700	131	54	34
800	49	17	11
900	20	8	-

TABLA LIX

ESPECTROS χ Cerenkov DEL ^{36}Cl EN DISOLUCIONES
EN ACIDO ACETICO DE VIOLETA CRISTAL

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (ácido acético) (c.p.m.)	Disoluciones de: Violeta Cristal	
		D. O. = 0'08 (c.p.m.)	D. O. = 0'3 (c.p.m.)
40	1495	1171	571
60	1902	1556	830
80	2591	2047	1115
100	3066	2454	1435
120	3773	2756	1697
140	4294	3030	1874
160	4545	3106	1999
180	4642	3147	2093
200	4655	3030	2020
220	4569	2894	1898
240	4270	2686	1835
260	3996	2456	1658
280	3550	2195	1460
300	3216	1957	1289
340	2323	1560	956
380	1599	1230	668
400	1299	1130	577
500	679	448	214
600	270	170	70
700	97	75	25
800	25	17	7
900	10	8	-

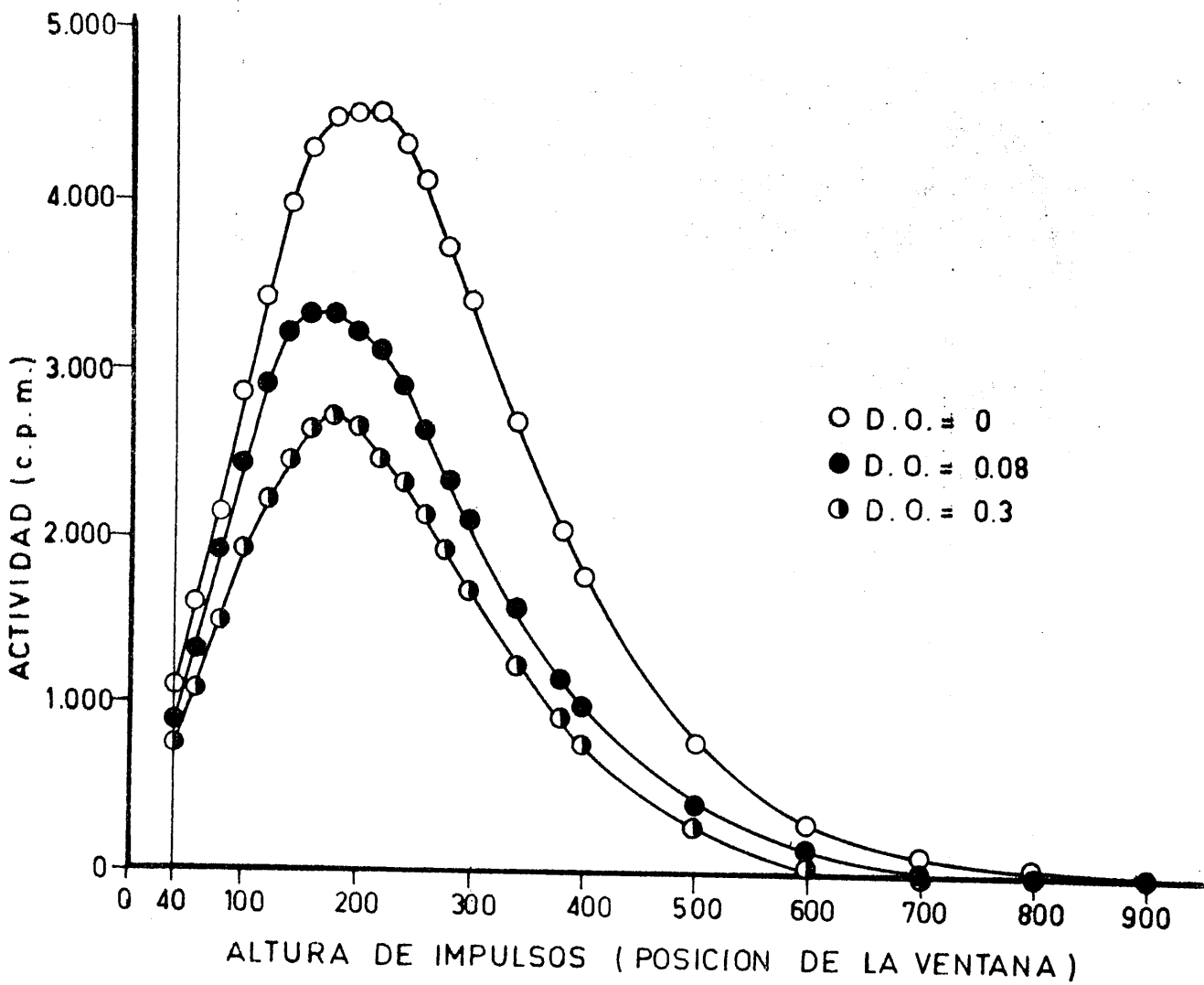


FIGURA 56. → Variación del espectro γ Cerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de violeta de cristal (en medio acuoso)

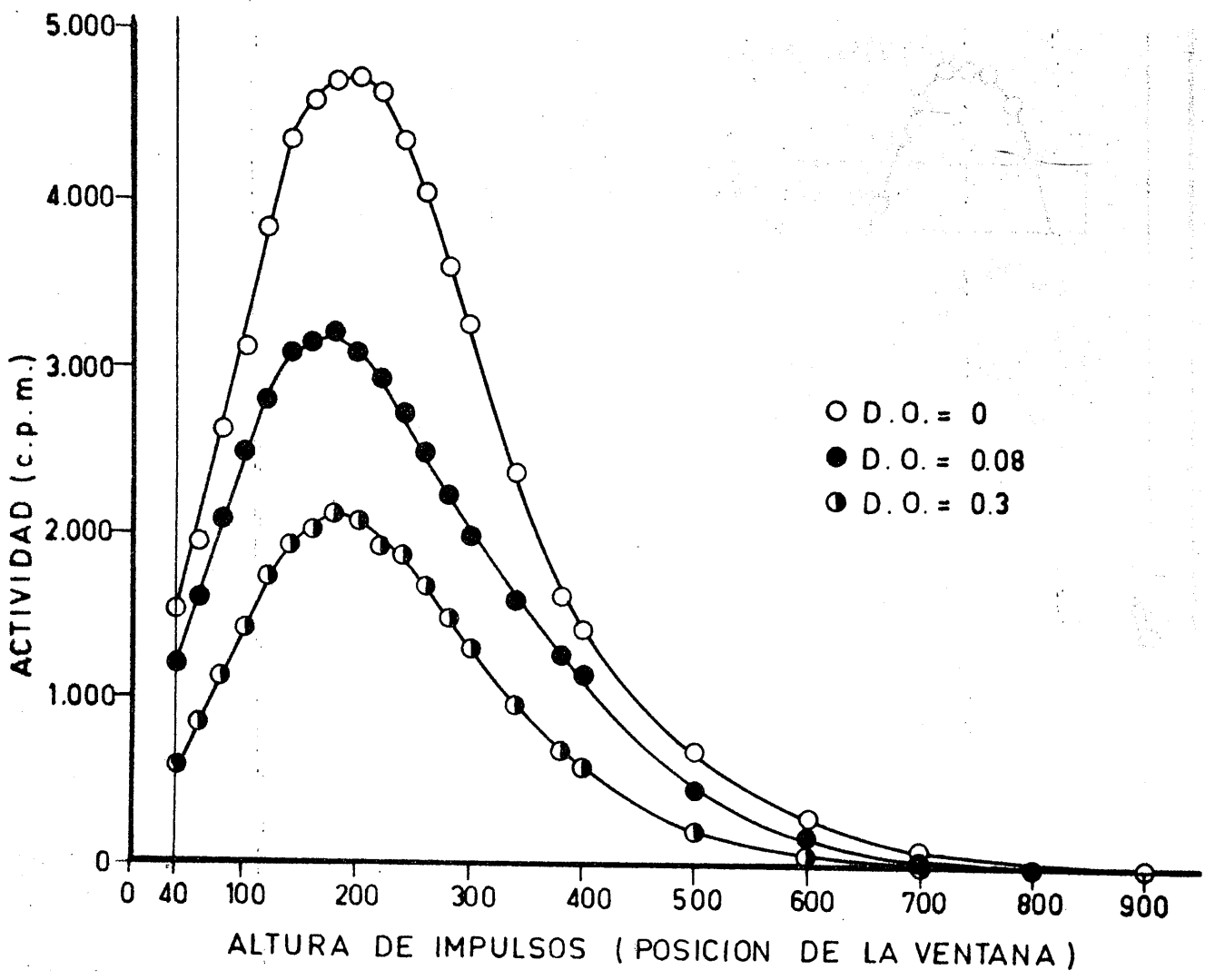


FIGURA 57.- Variación del espectro γ Cerenkov del ^{36}Cl con la densidad óptica de violeta de cristal (en medio acético)

4.6.6.2.- Variación del \checkmark contaje Čerenkov y de la actividad relativa del ^{36}Cl con la concentración de Violeta Cristal

En las Tablas LX y LXI se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Violeta Cristal. A_0 representa la actividad relativa correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A ; la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Violeta Cristal, hasta 400 mg/l, se obtiene las Figuras 58 y 59.

TABLA LX

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE VIOLETA CRISTAL EN MEDIO ACUOSO,
EMPLEANDO ^{36}Cl

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = 2^{0'0})

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A(c.p.m.)	A/A_0
1	51781	51647	0'997
2	44837	42669	0'952
4	48224	33923	0'703
6	52130	31956	0'613
8	50630	26530	0'524
10	52503	26986	0'514
20	45622	20197	0'443
30	45461	13884	0'305
40	50143	12383	0'247
50	55178	8992	0'163
60	46759	8870	0'190
70	48879	6909	0'141
80	45380	4905	0'108
90	48388	4701	0'097
100	48109	3557	0'074
200	50666	967	0'019
300	46596	334	0'007
400	49799	130	0'003
600	51647	66	0'002
1000	51647	30	0'001

TABLA LXI

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE VIOLETA CRISTAL EN MEDIO ACETICO
EMPLEANDO ^{36}Cl

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = 2^{0'0})

Concentración de la disolución mg/l	Vial con ácido acético A ₀ (c. p. m.)	Vial con disolución A (c. p. m.)	A/A ₀
1	52633	43462	0'826
2	53065	40828	0'769
4	51539	35768	0'694
6	49966	34158	0'683
8	46355	27934	0'603
10	48338	28960	0'599
20	52781	27706	0'525
30	46958	20642	0'439
40	54459	18609	0'342
50	50509	16005	0'317
60	49965	11840	0'237
70	47704	10680	0'224
80	47706	9875	0'207
90	49561	8920	0'180
100	46006	7892	0'171
200	51079	6638	0'129
300	49090	1071	0'022
400	48006	383	0'007
500	52675	197	0'003

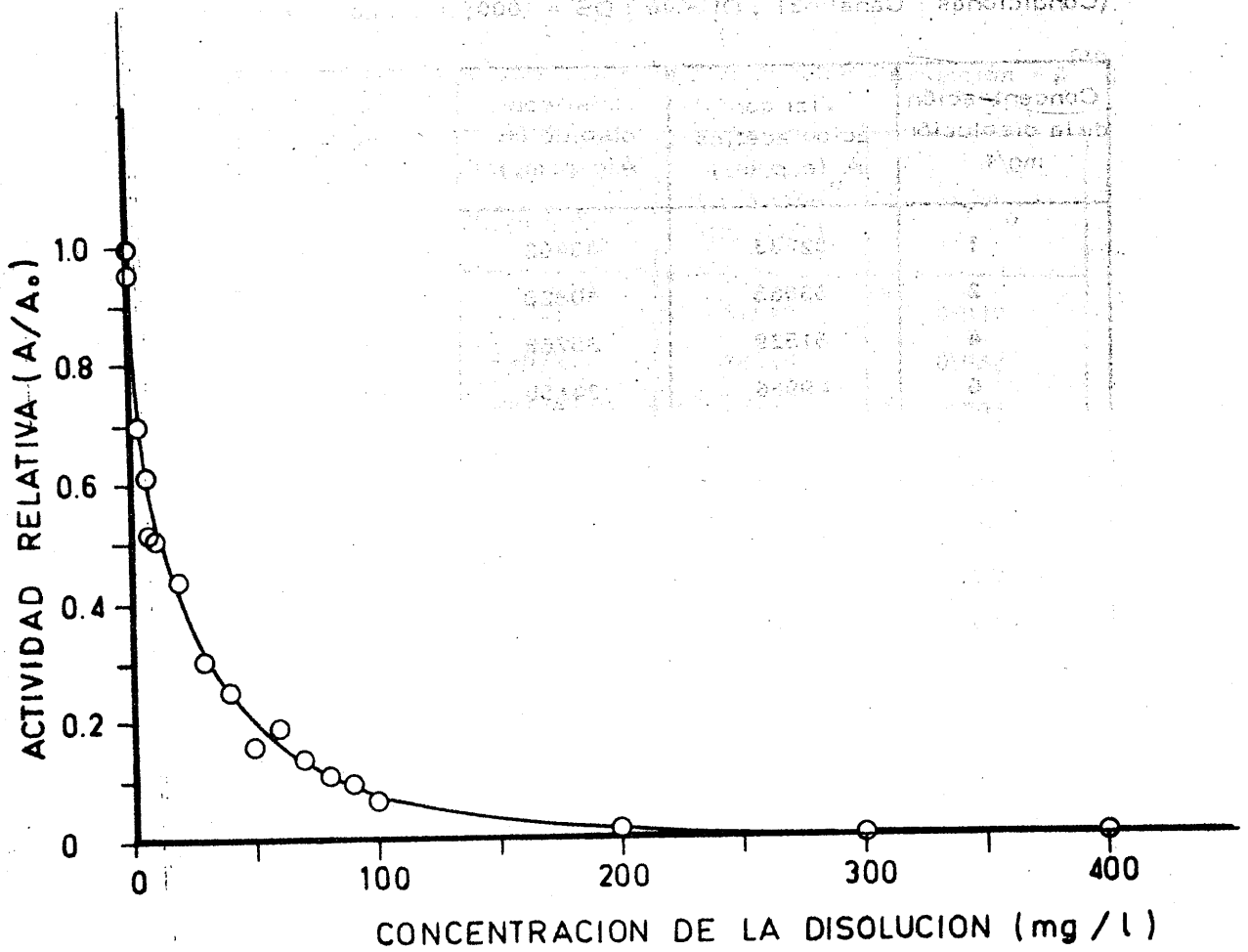


FIGURA 58.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{36}Cl con la concentración de violeta de cristal (en medio acuoso)

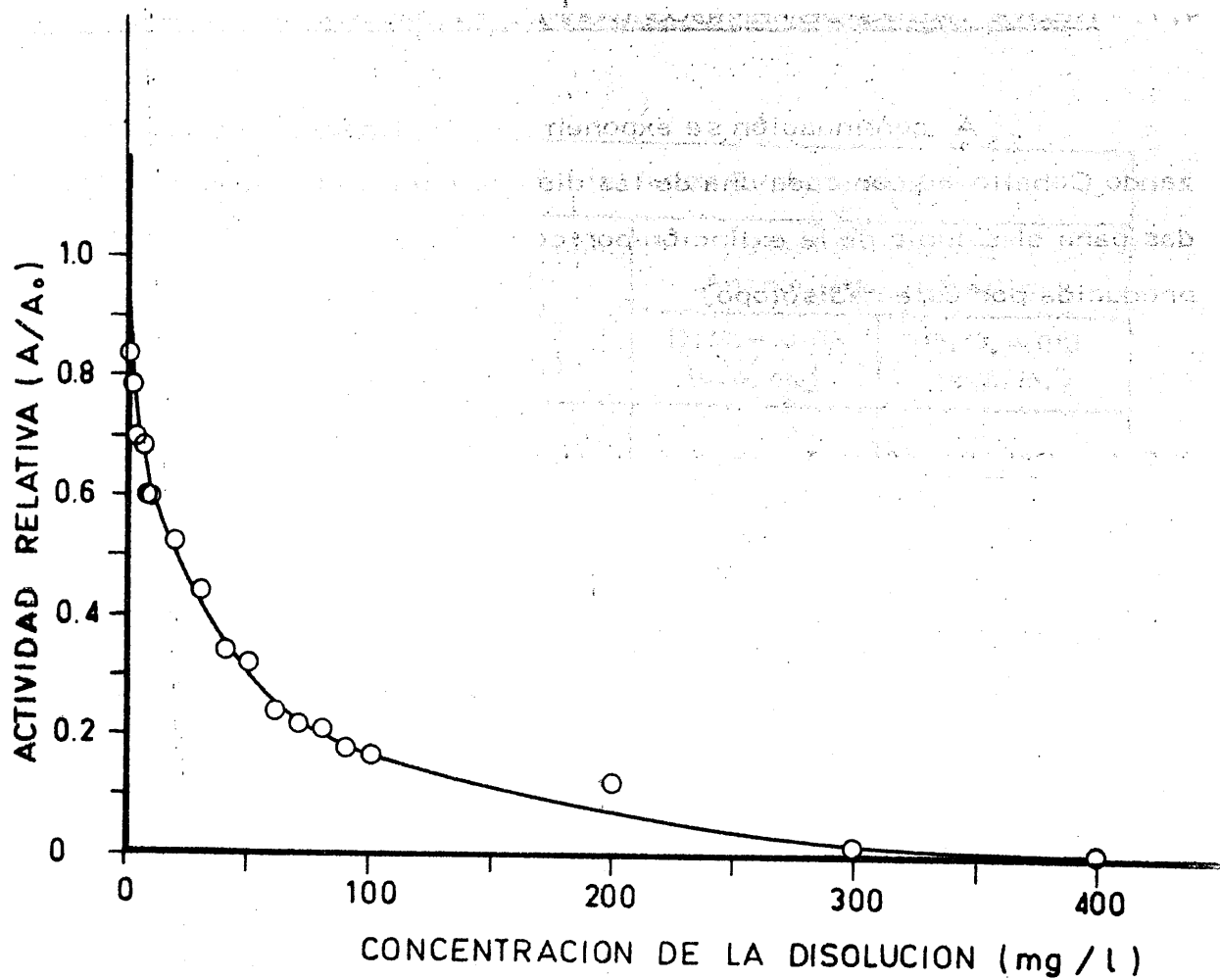


FIGURA 59.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{36}Cl con la concentración de violeta de cristal (en medio acético)

4.7. - RESULTADOS OBTENIDOS CON EL RADISOTOPO COBALTO-60

A continuación se exponen los resultados obtenidos utilizando Cobalto-60 con cada una de las disoluciones coloreadas preparadas para el estudio de la extinción por color de la emisión Čerenkov - producida por este radisótopo.

4.7.1. - Cobalto-60 en Anaranjado de Metilo

4.7.1.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de Anaranjado de Metilo

En la Tabla LXII se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana - dentro de la banda de exploración, para la obtención de los espectros - energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla - aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 60.

TABLA LXII

ESPECTROS ČERENKOV DEL ^{60}Co EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE ANARANJADO DE METILO

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Anaranjado de Metilo	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	922	947	649
60	1386	1522	983
80	2236	1841	1252
100	2405	2175	1443
120	2725	2330	1473
140	2847	2292	1514
160	2857	2226	1416
180	2749	2049	1320
200	2663	1945	1137
220	2448	1771	1033
240	2286	1628	914
260	2080	1428	808
280	1955	1239	681
300	1591	1134	590
340	1299	842	362
380	1122	629	278
400	819	546	139
500	586	249	75
600	324	141	47
700	198	79	33
800	121	50	10
900	75	20	-

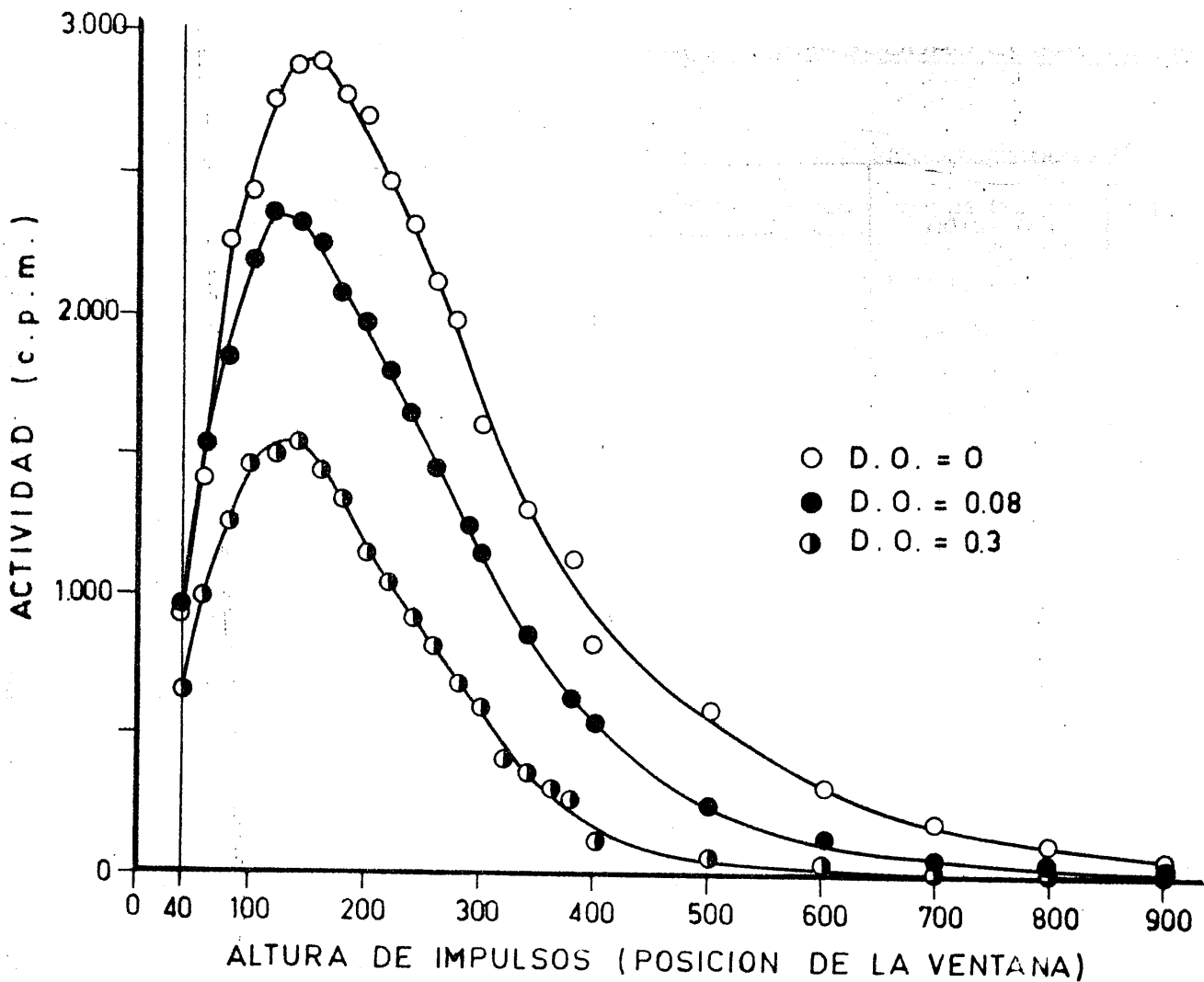


FIGURA 60. - Variación del espectro Cerenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de anaranjado de metilo

4.7.1.2.- Variación del contaje χ Cerenkov y de la actividad relativa del ^{60}Co con la concentración de Anaranjado de Metilo

En la Tabla LXIII se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Anaranjado de Metilo. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A ; la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Anaranjado de Metilo, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 61.

0.0010	3700	0.0001	0.00
0.0010	4800	0.0001	0.00
0.0010	5500	0.0001	0.00
0.0010	6200	0.0001	0.00
0.0010	6900	0.0001	0.00
0.0010	7600	0.0001	0.00
0.0010	8300	0.0001	0.00
0.0010	9000	0.0001	0.00
0.0010	9700	0.0001	0.00
0.0010	10400	0.0001	0.00

TABLA LXIII

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE ANARANJADO DE METILO, EMPLEANDO ^{60}Co

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0'7}$)

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_o (c.p.m.)	Vial con disolución A(c.p.m.)	A/A_o
0'5	37788	34751	0'919
1	37038	30389	0'820
2	36771	26717	0'726
4	36694	21535	0'587
6	35765	17109	0'478
8	37195	14451	0'388
10	36705	12536	0'341
20	36356	7032	0'193
30	36572	4951	0'135
40	36777	3597	0'098
50	36768	3111	0'084
60	37630	2576	0'068
70	36431	2254	0'062
80	36945	1885	0'051
90	37064	1773	0'048
100	35935	1754	0'048
200	36593	1441	0'039
300	37285	1104	0'029
400	39786	998	0'025
500	33045	873	0'026

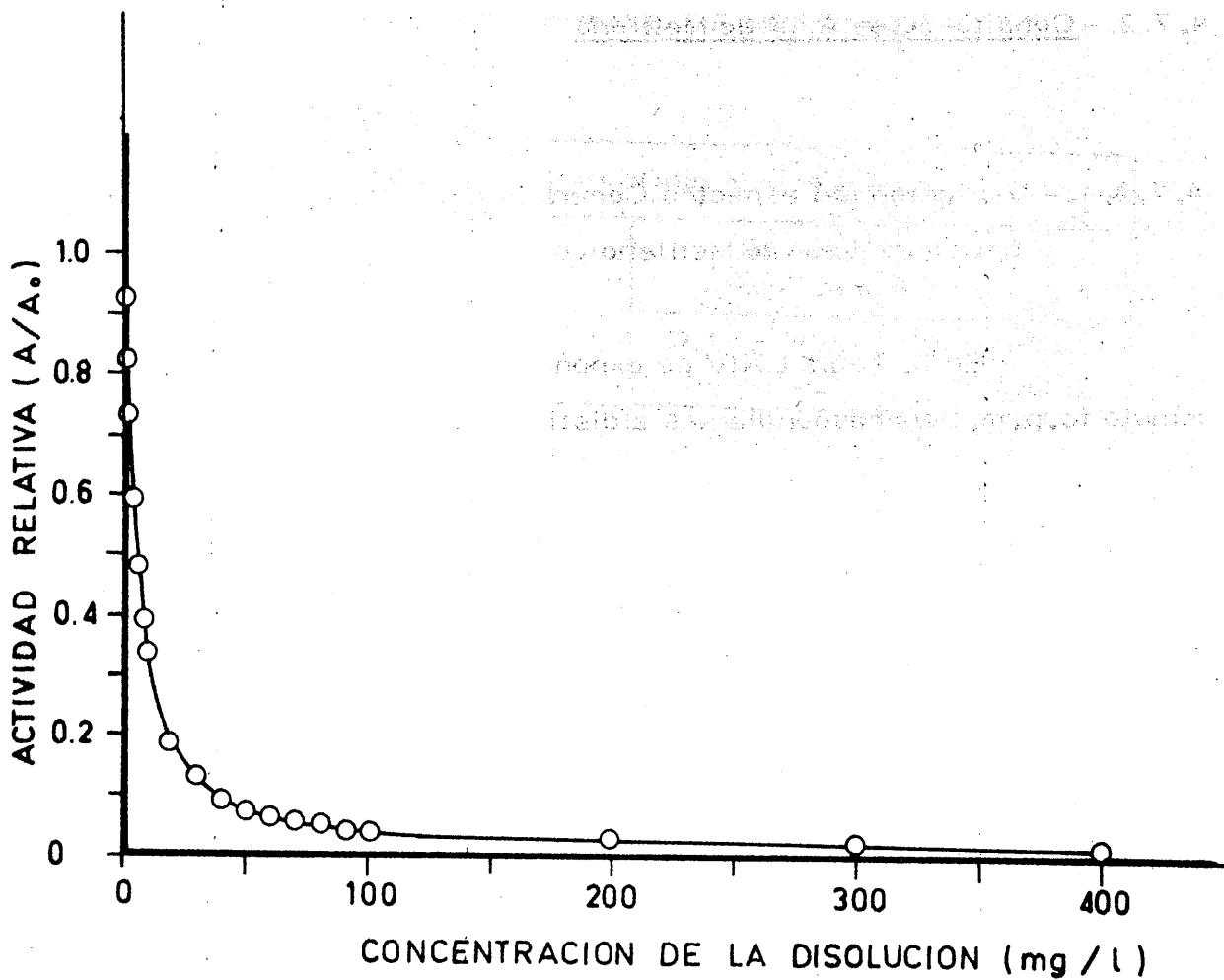


FIGURA 61.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{60}Co con la concentración de anaranjado de metilo

4.7.2. - Cobalto-60 en Azul de Metileno

4.7.2.1. - Variación del espectro ^y Cerenkov del ⁶⁰Co con la densidad óptica de Azul de Metileno

En la Tabla LXIV se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 62.

TABLA LXIV

ESPECTROS ČERENKOV DEL ^{60}Co EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE AZUL DE METILENO

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Azul de Metileno	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	922	960	886
60	1386	1372	1367
80	2236	1820	1768
100	2405	2188	2104
120	2725	2428	2335
140	2847	2503	2410
160	2857	2599	2443
180	2749	2593	2396
200	2663	2470	2283
220	2448	2340	2119
240	2286	2168	1971
260	2080	2028	1795
280	1955	1864	1650
300	1591	1682	1387
340	1299	1370	1109
380	1122	1066	847
400	819	939	761
500	586	515	358
600	324	270	202
700	198	149	122
800	121	99	65
900	75	69	45

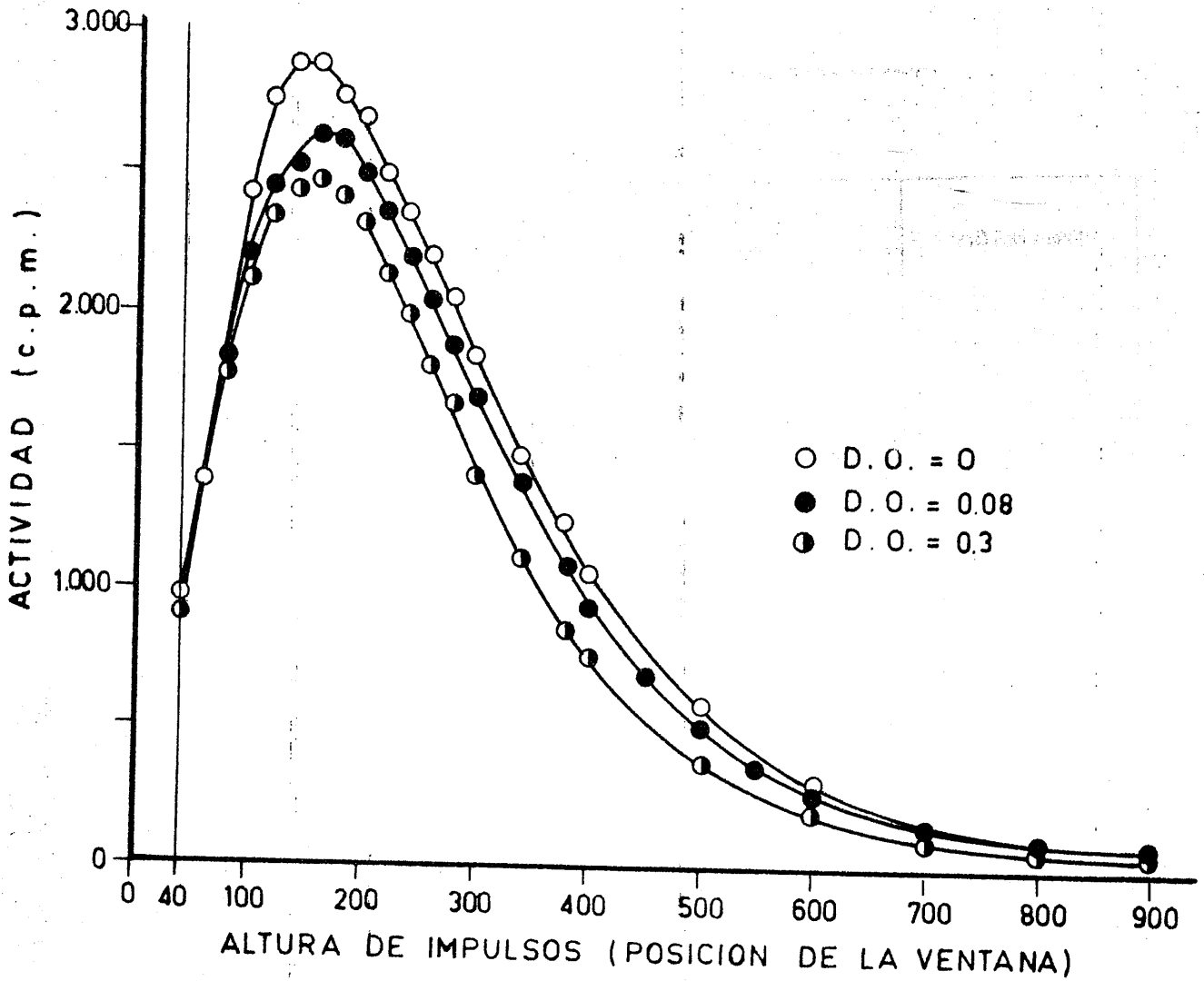


FIGURA 62.- Variación del espectro Cherenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de azul de metileno

4.7.2.2.- Variación del conteo \checkmark Cerenkov y de la actividad relativa del ^{60}Co con la concentración de Azul de Metileno

En la Tabla LXV se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Azul de Metileno. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A ; la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores de la citada tabla frente a la concentración de Azul de Metileno, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 63.

Concentración de Azul de Metileno (mg/l)	Actividad A	Actividad A_0	Actividad Relativa (%)
0	1000	1000	100
100	950	1000	95
200	900	1000	90
300	850	1000	85
400	800	1000	80

TABLA LXV

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE AZUL DE METILENO, EMPLEANDO ^{60}Co

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0.7}$)

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A(c.p.m.)	A/A_0
0.5	37982	37875	0.995
1	37038	35097	0.963
2	37442	35083	0.937
4	36692	33867	0.923
6	37788	32692	0.909
8	37332	31379	0.838
10	36413	29558	0.803
20	37537	25272	0.693
30	37666	21626	0.589
40	36779	18193	0.492
50	37792	12948	0.351
60	37509	10300	0.282
70	37692	8006	0.227
80	36945	8091	0.219
90	37594	8074	0.217
100	37289	7398	0.194
200	35260	3758	0.102
300	38097	2210	0.059
400	40619	1458	0.036
500	33678	902	0.027

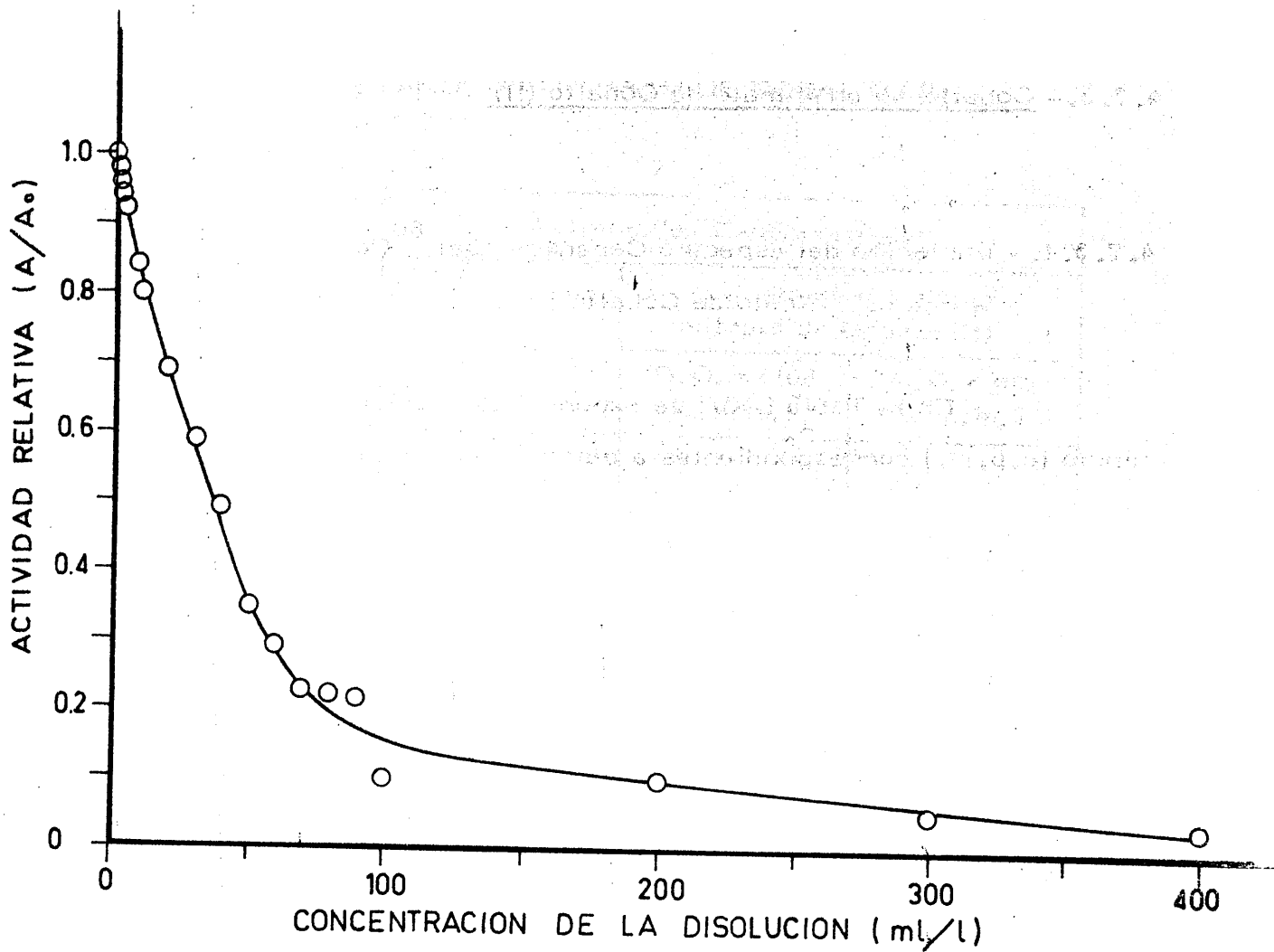


FIGURA 63.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{60}Co con la concentración de azul de metileno

4.7.3. - Cobalto-60 en Nitrato de Cobalto (II)

4.7.3.1. - Variación del espectro Čerenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de Nitrato de Cobalto (II)

En la Tabla LXVI se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana - dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros - energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro, en ausencia de coloración, en este caso etanol absoluto, y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los - correspondientes espectros que aparecen en la Figura 64.

TABLA LXVI

ESPECTROS ČERENKOV DEL ^{60}Co EN DISOLUCIONES
EN ETANOL DE NITRATO DE COBALTO (II)

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (etanol) (c.p.m.)	Disoluciones de: Nitrato de Cobalto(II)	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	1344	763	736
60	1674	1177	1173
80	2253	1572	1443
100	2652	1890	1746
120	2981	2228	1982
140	3259	2270	2053
160	3371	2351	2052
180	3434	2367	2003
200	3332	2272	1878
220	3270	2197	1799
240	3158	2098	1664
260	2986	1928	1515
280	2799	1746	1361
300	2645	1655	1224
340	2258	1348	1001
380	1896	1113	774
400	1689	987	686
500	1017	568	358
600	612	317	209
700	397	189	118
800	230	117	73
900	118	80	53

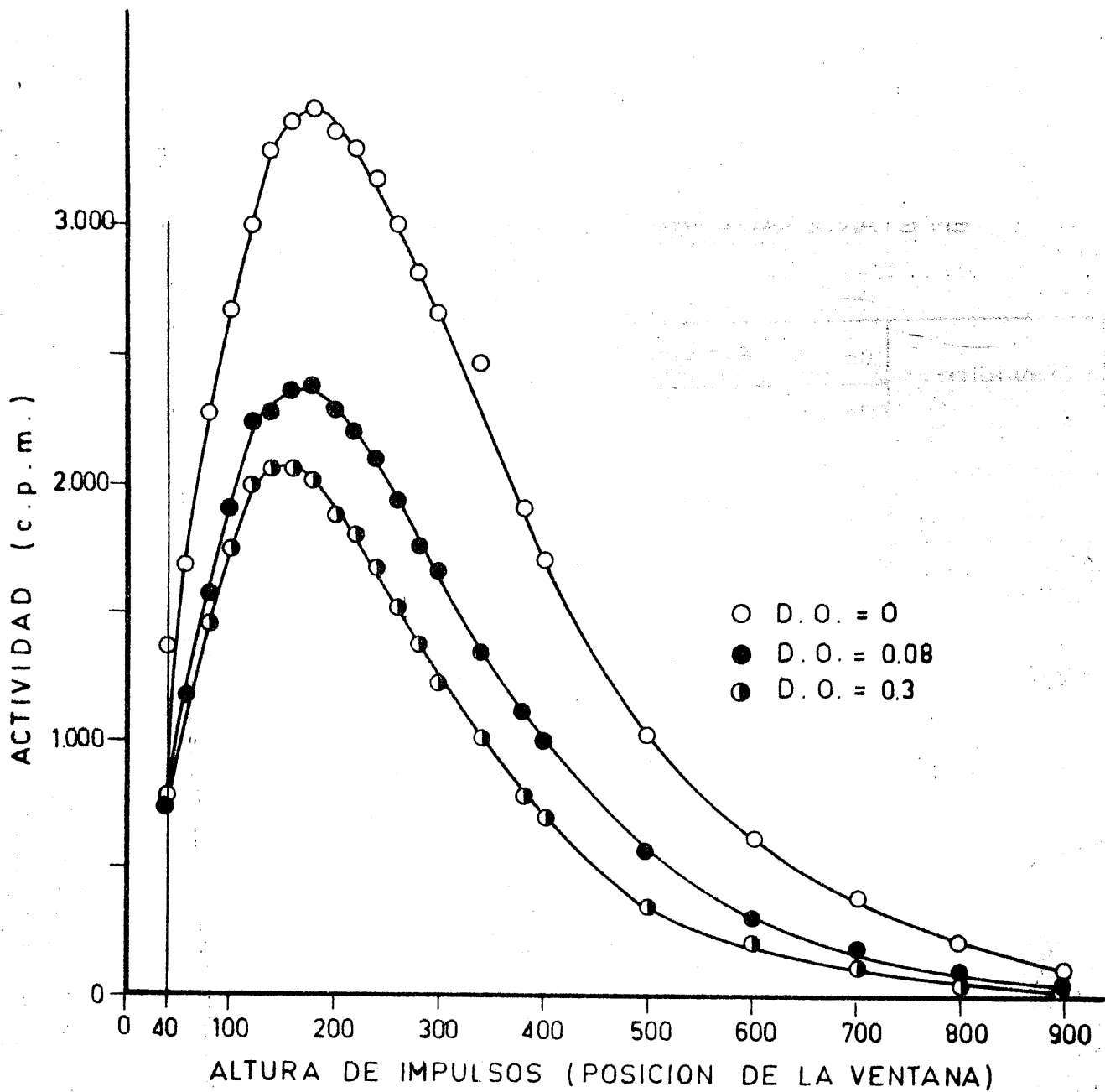


FIGURA 64.- Variación del espectro Cherenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de nitrato de cobalto(II)

4.7.3.2. - Variación del conteo Čerenkov y de la actividad relativa del ^{60}Co con la concentración de Nitrato de Cobalto (II)

En la Tabla LXVII se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Nitrato de Cobalto (II). A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente puro en ausencia de color, y A_i la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la tabla frente a la concentración de Nitrato de Cobalto (II) se obtiene la Figura 65.

Concentración de Nitrato de Cobalto (II)	Actividad A_i	Actividad A_0	Relación A_i/A_0
0.000	10000	10000	1.000
0.010	10000	10000	1.000
0.020	10000	10000	1.000
0.030	10000	10000	1.000
0.040	10000	10000	1.000
0.050	10000	10000	1.000
0.060	10000	10000	1.000
0.070	10000	10000	1.000
0.080	10000	10000	1.000
0.090	10000	10000	1.000
0.100	10000	10000	1.000
0.110	10000	10000	1.000
0.120	10000	10000	1.000
0.130	10000	10000	1.000
0.140	10000	10000	1.000
0.150	10000	10000	1.000

TABLA LXVII

VARIACION DEL CONTAJE χ CERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE NITRATO DE COBALTO (II) EMPLEANDO ^{60}Co

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0.17}$)

Concentración de la disolución g/l	Vial con etanol A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_0
0.5	38092	37208	0.977
1	36918	34815	0.943
2	35349	31596	0.894
3	37224	33170	0.891
4	35757	29568	0.827
5	37835	31049	0.821
6	37899	29922	0.789
7	38401	29912	0.779
8	37441	28911	0.772
9	36722	27862	0.739
10	37039	27171	0.735
11	37851	27237	0.719
12	36842	26334	0.715
13	35800	25007	0.698
14	37457	25218	0.673
15	36797	25360	0.689
16	35987	23908	0.664
17	37425	24759	0.661
18	38335	24596	0.641
19	30584	19269	0.630
20	38092	23702	0.622
30	35350	21026	0.595
40	37898	18580	0.494
50	37835	17818	0.476

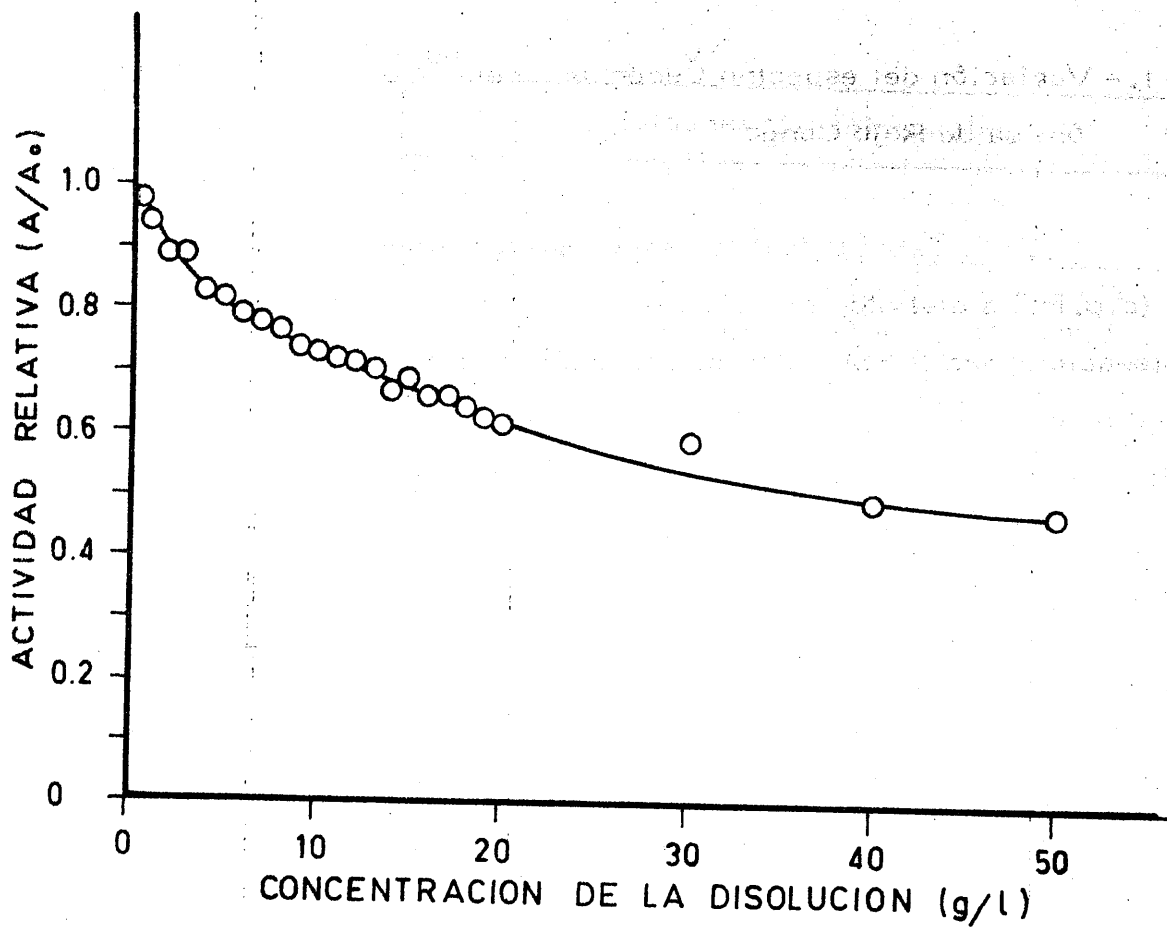


FIGURA 65. - Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{60}Co con la concentración de nitrato de cobalto (II)

4.7.4. - Cobalto-60 en Rojo Congo

4.7.4.1. - Variación del espectro Cerenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de Rojo Congo

En la Tabla LXVIII se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de la citada tabla se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 66.

TABLA LXVIII

ESPECTROS ČERENKOV DEL ^{60}Co EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE ROJO CONGO

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Rojo Congo	
		D. O. = 0'08 (c.p.m.)	D. O. = 0'3 (c.p.m.)
40	922	829	380
60	1386	1232	559
80	2236	1634	692
100	2467	1918	778
120	2739	2069	732
140	2732	2146	722
160	2708	2098	637
180	2729	2046	574
200	2546	1940	455
220	2448	1766	384
240	2286	1647	320
260	2080	1479	259
280	1955	1353	221
300	1591	1161	183
340	1299	928	122
380	1122	728	95
400	819	621	77
500	586	306	30
600	324	165	10
700	198	14	-
800	121	-	-
900	75	-	-

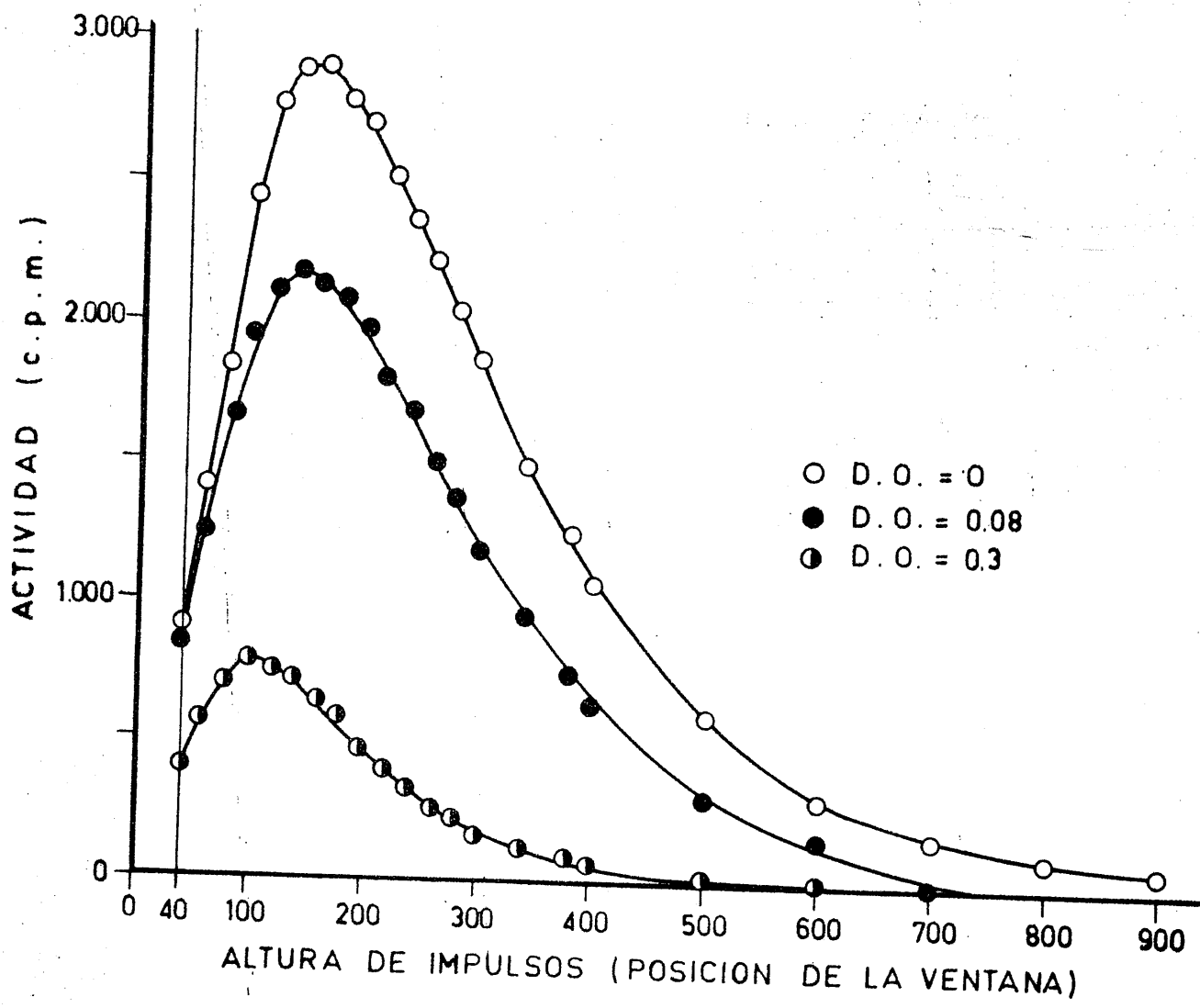


FIGURA 66.- Variación del espectro Cherenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de rojo congo

4.7.4.2. - Variación del γ Cerenkov y de la actividad relativa del ^{60}Co con la concentración de Rojo Congo

En la Tabla LXIX se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Rojo Congo. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente solo en ausencia de color, y A ; la actividad - obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida."

Al representar los valores de A/A_0 de la citada tabla frente a la concentración de Rojo Congo, hasta 400 mg/l, se obtiene la Figura 67.

CONCENTRACION DE DISOLUCION (mg/l)			
0.010	0.010	0.010	0.010
0.010	0.010	0.010	0.010
0.010	0.010	0.010	0.010
0.010	0.010	0.010	0.010
0.010	0.010	0.010	0.010
0.010	0.010	0.010	0.010
0.010	0.010	0.010	0.010

TABLA LXIX

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE ROJO CONGO, EMPLEANDO ^{60}Co

(Condiciones ; Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0'7}$)

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_0
0'5	37038	34050	0'919
1	37788	33247	0'879
2	37038	28529	0'770
4	36770	23712	0'645
6	36694	19630	0'535
8	35765	16914	0'473
10	37195	13195	0'355
20	36705	7101	0'193
30	36357	3997	0'109
40	36571	2684	0'073
50	36777	2098	0'057
60	36768	1842	0'051
70	37630	1554	0'041
80	36431	1353	0'041
90	36945	1237	0'037
100	37064	1150	0'035
200	35935	1114	0'031
300	36593	986	0'025
400	37285	819	0'022
500	39786	850	0'022
600	33045	463	0'014

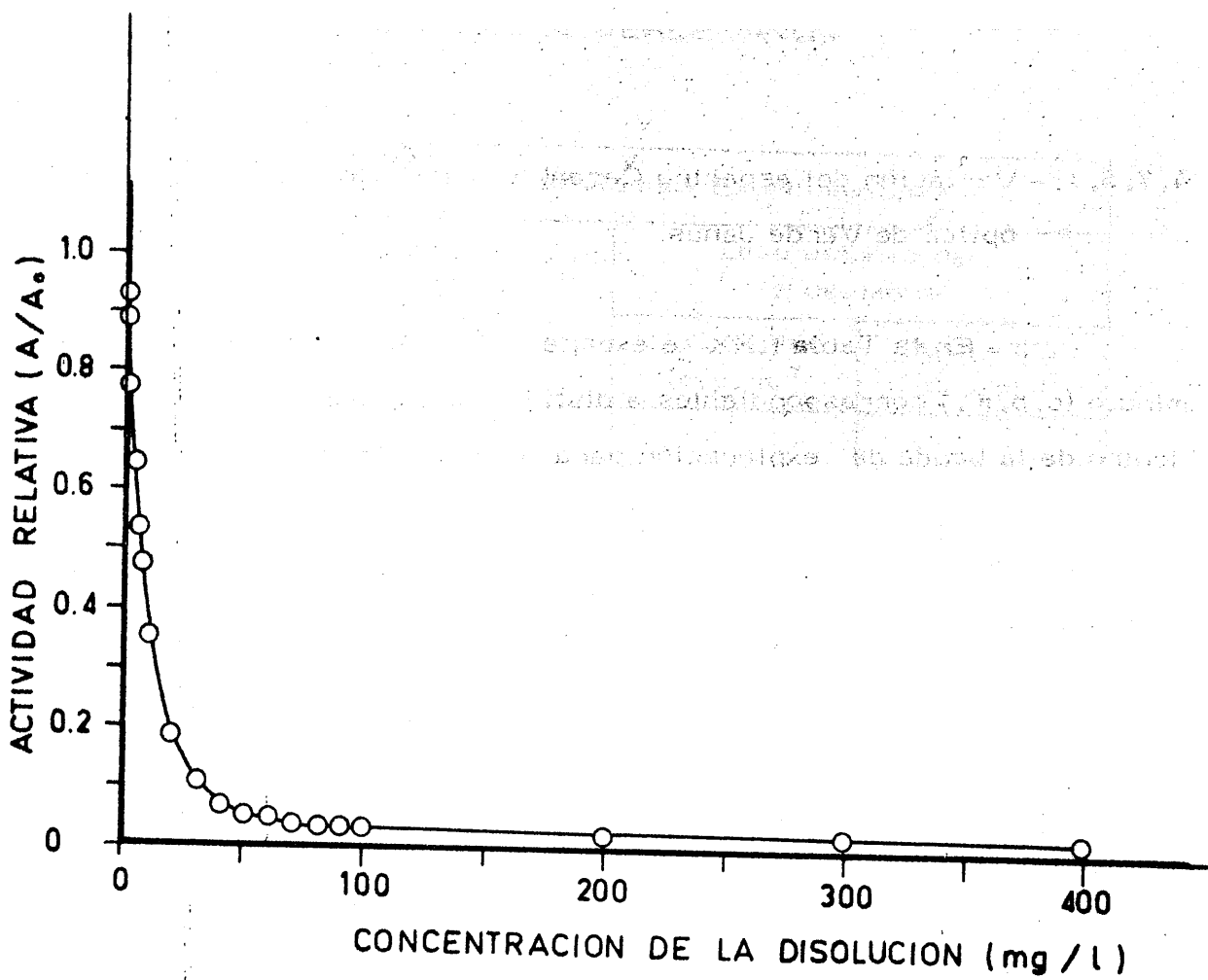


FIGURA 67.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{60}Co con la concentración de rojo congo

4.7.5.- Cobalto-60 en Verde Janus

4.7.5.1.- Variación del espectro Čerenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de Verde Janus

En la Tabla LXX se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas.

Con los valores de las citadas tablas se construyeron los correspondientes espectros que aparecen en la Figura 68.

TABLA LXX

ESPECTROS CÉRENKOV DEL ^{60}Co EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE VERDE JANUS

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Verde Janus	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	922	839	639
60	1386	1282	931
80	2236	1669	1157
100	2405	2013	1331
120	2725	2259	1399
140	2847	2327	1387
160	2857	2361	1291
180	2743	2320	1219
200	2663	2247	1069
220	2448	2130	953
240	2286	2016	806
260	2080	1821	728
280	1955	1713	600
300	1591	1529	515
340	1299	1078	301
380	1122	799	227
400	819	715	118
500	586	283	64
600	324	136	45
700	198	50	31
800	121	38	-
900	75	7	-

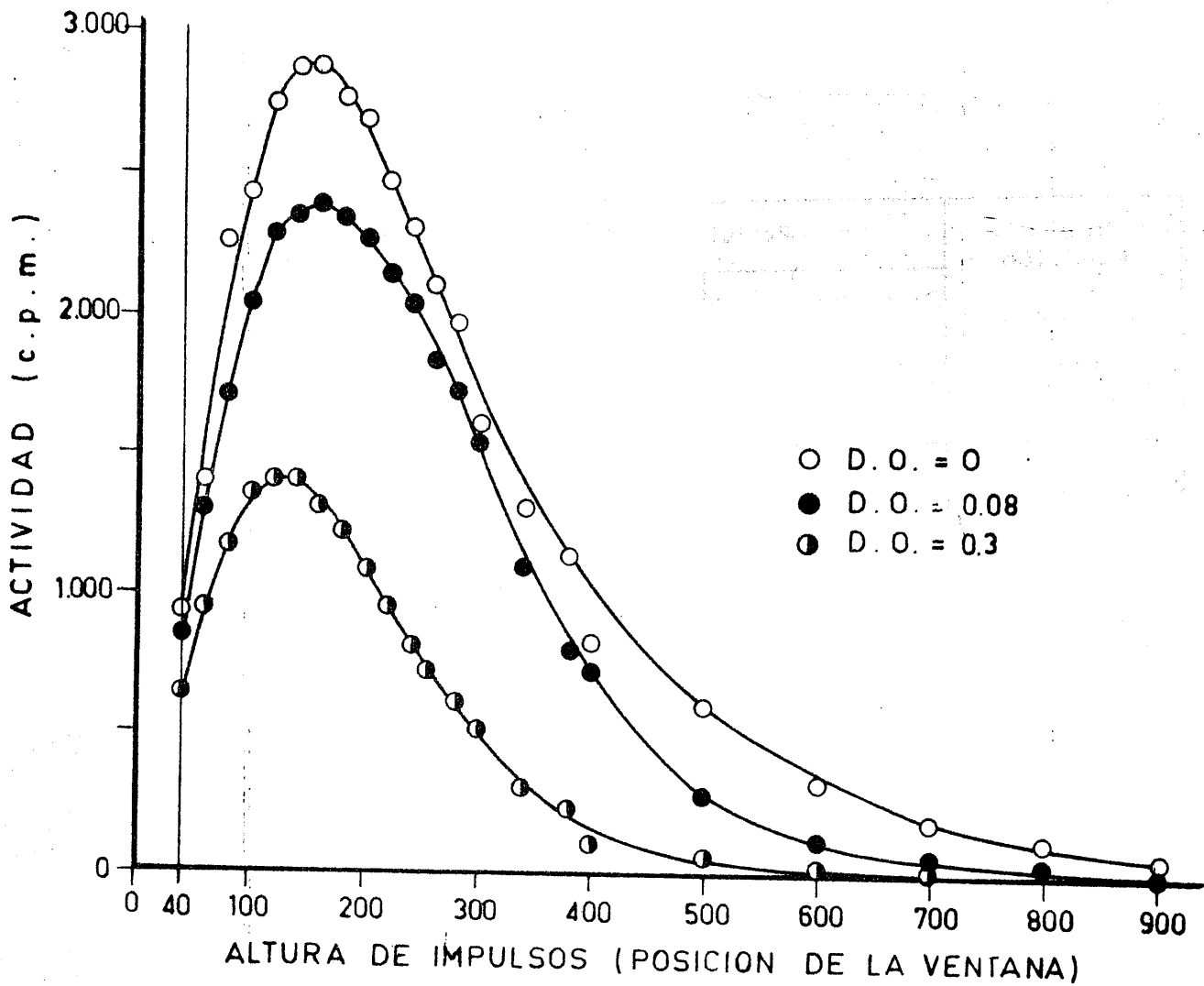


FIGURA 68. - Variación del espectro γ Cerenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de verde janus

4.7.5.2. - Variación del contaje \checkmark Cerenkov y de la actividad relativa del ^{60}Co con la concentración de Verde Janus

En la Tabla LXXI se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Verde Janus. A_0 representa la actividad correspondiente al disolvente en ausencia de color, y A ; la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración definida.

Al representar los valores A/A_0 de la tabla frente a la concentración de Verde Janus hasta, 400 mg/l, se obtiene la Figura 69.

CONCENTRACION DE VERDE JANUS (mg/l)	ACTIVIDAD RELATIVA (A/A ₀)
0	1.000
100	0.985
200	0.970
300	0.955
400	0.940

TABLA LXXI

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DE VERDE JANUS, EMPLEANDO ^{60}Co

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0.17}$)

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A_0 (c.p.m.)	Vial con disolución A (c.p.m.)	A/A_0
1	37982	33948	0'894
2	37038	28367	0'766
4	37442	28312	0'756
6	36692	26243	0'715
8	37788	22338	0'591
10	37332	20664	0'553
20	36413	11130	0'305
30	37537	7371	0'196
40	37666	4681	0'124
50	36779	3255	0'090
60	37792	2503	0'066
70	37692	2117	0'056
80	37509	1646	0'044
90	36945	1550	0'042
100	37594	1398	0'037
200	37289	1005	0'027
300	35260	846	0'024
400	38097	871	0'023
500	40619	870	0'021
600	33768	572	0'017

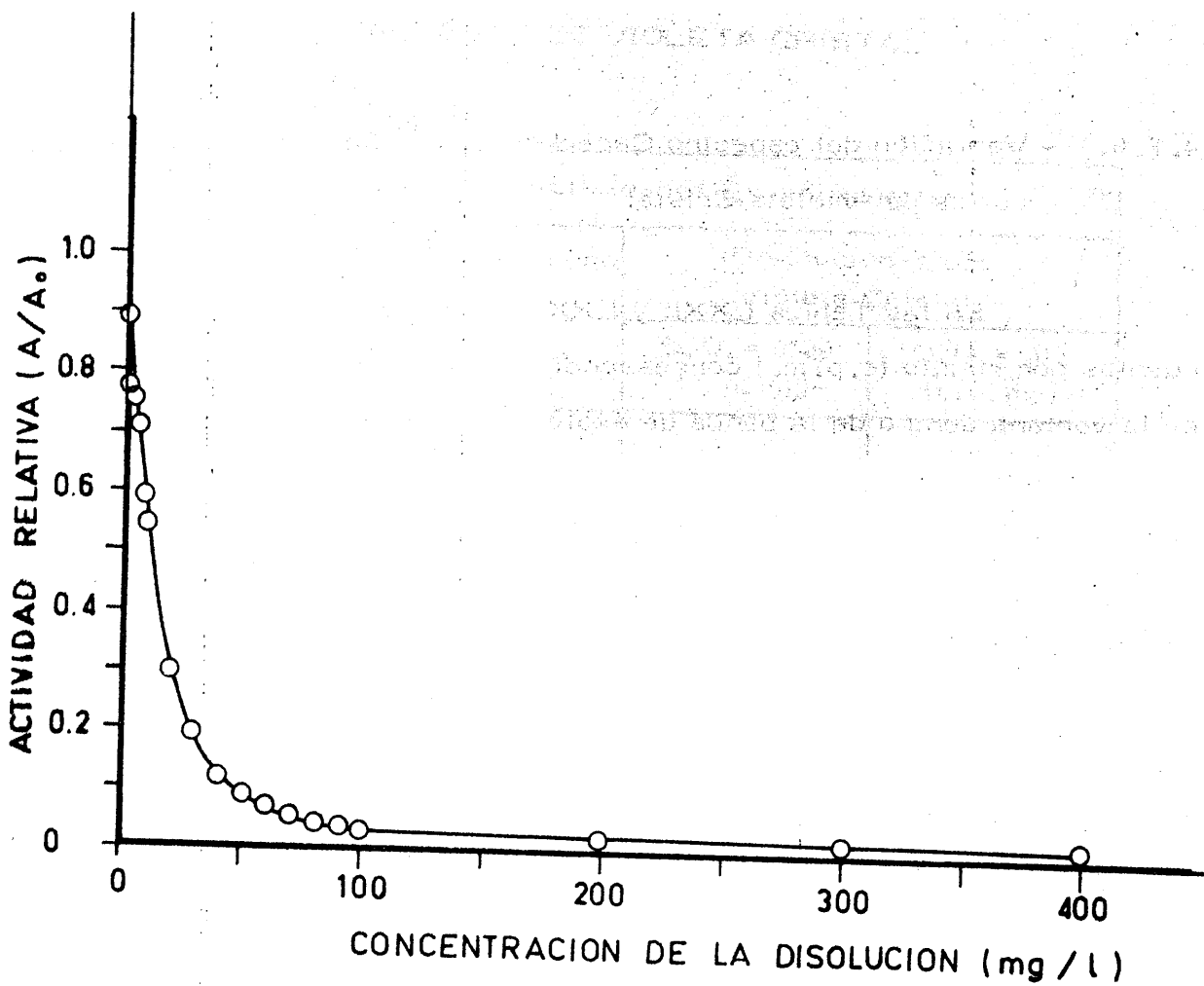


FIGURA 69.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{60}Co con la concentración de verde janus

4.7.6. - Cobalto-60 en Violeta Cristal

4.7.6.1. - Variación del espectro Cerenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de Violeta Cristal

En las Tablas LXXII y LXXIII se exponen los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) correspondientes a distintas posiciones de la ventana dentro de la banda de exploración para la obtención de los correspondientes espectros energéticos, según se describe en el apartado 3.3.1. En dicha tabla aparecen los valores obtenidos para el disolvente puro en ausencia de coloración y los correspondientes a dos densidades ópticas distintas tanto en medio acuoso, Tabla LXXII, como en medio acético, Tabla LXXIII.

Con los valores de las citadas tablas se construyeron los correspondientes espectros que aparecen respectivamente en las Figuras 70 y 71.

TABLA LXXII

ESPECTROS ČERENKOV DEL ^{60}Co EN DISOLUCIONES
ACUOSAS DE VIOLETA CRISTAL

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (agua) (c.p.m.)	Disoluciones de: Violeta Cristal	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	922	946	966
60	1386	1401	1448
80	2236	1869	1744
100	2405	2202	2125
120	2725	2417	2296
140	2847	2551	2421
160	2857	2611	2427
180	2743	2534	2324
200	2663	2464	2191
220	2448	2342	2010
240	2286	2113	1866
260	2080	1979	1689
280	1955	1802	1501
300	1591	1680	1341
340	1299	1328	1046
380	1122	1048	781
400	819	896	699
500	586	486	330
600	324	249	171
700	198	135	100
800	121	72	57
900	75	51	47

TABLA LXXIII

ESPECTROS ČERENKOV DEL ^{60}Co EN DISOLUCIONES
EN ACIDO ACETICO DE VIOLETA CRISTAL

Posición de la ventana (unidades)	Actividades Experimentales		
	Disolvente puro (ácido acético) (c.p.m.)	Disoluciones de: Violeta Cristal	
		D.O. = 0'08 (c.p.m.)	D.O. = 0'3 (c.p.m.)
40	824	804	763
60	1287	1186	1181
80	1743	1573	1466
100	2112	1919	1763
120	2408	2103	1914
140	2543	2304	1984
160	2610	2346	1974
180	2631	2302	1890
200	2667	2223	1754
220	2466	2144	1628
240	2379	2049	1473
260	2262	1911	1332
280	2105	1751	1190
300	1946	1585	1106
340	1628	1300	834
380	1294	1053	632
400	1192	918	553
500	677	501	269
600	365	273	139
700	202	146	88
800	128	91	50
900	78	67	45

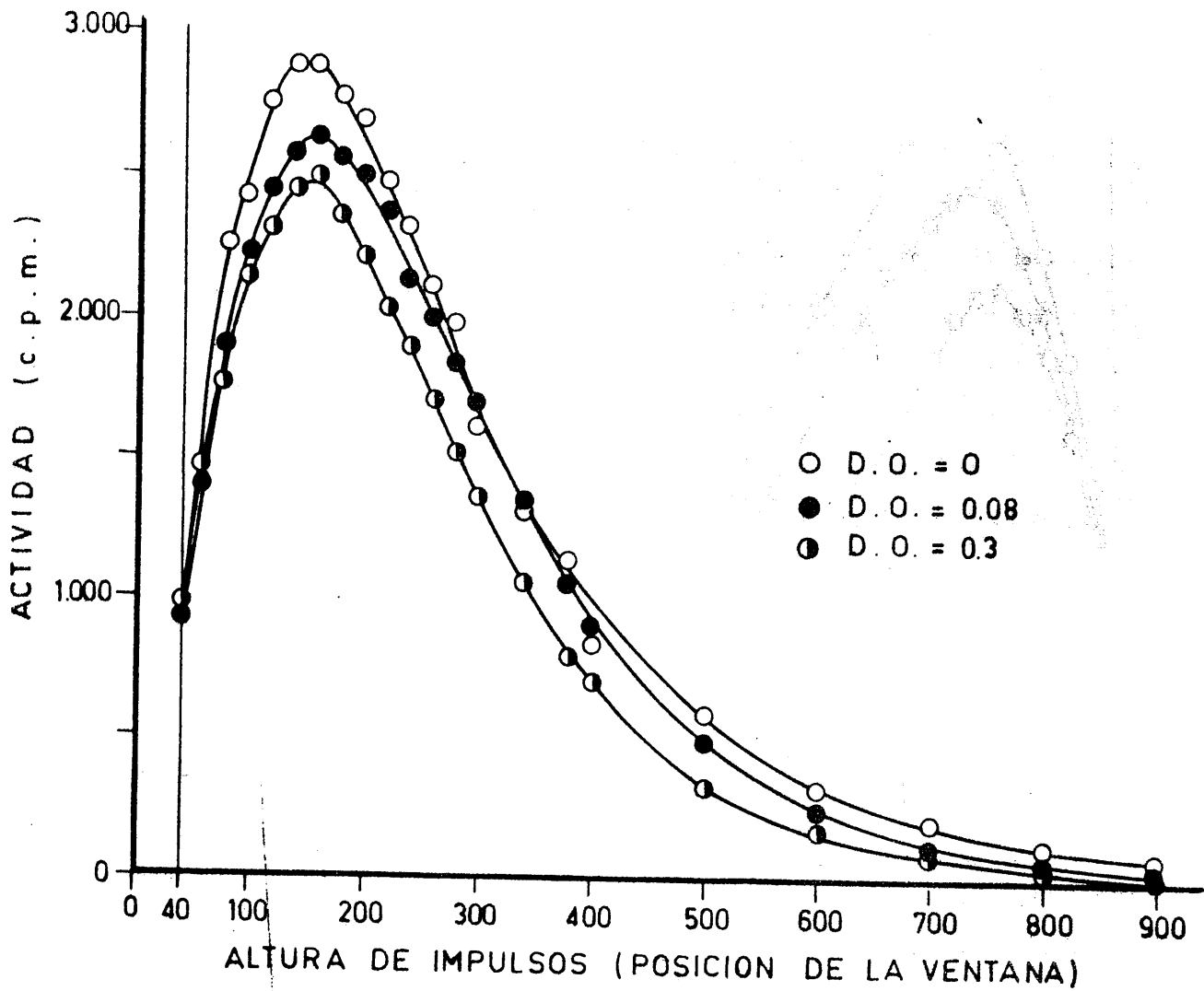


FIGURA 70.- Variación del espectro Cerenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de violeta de cristal (en medio acuoso)

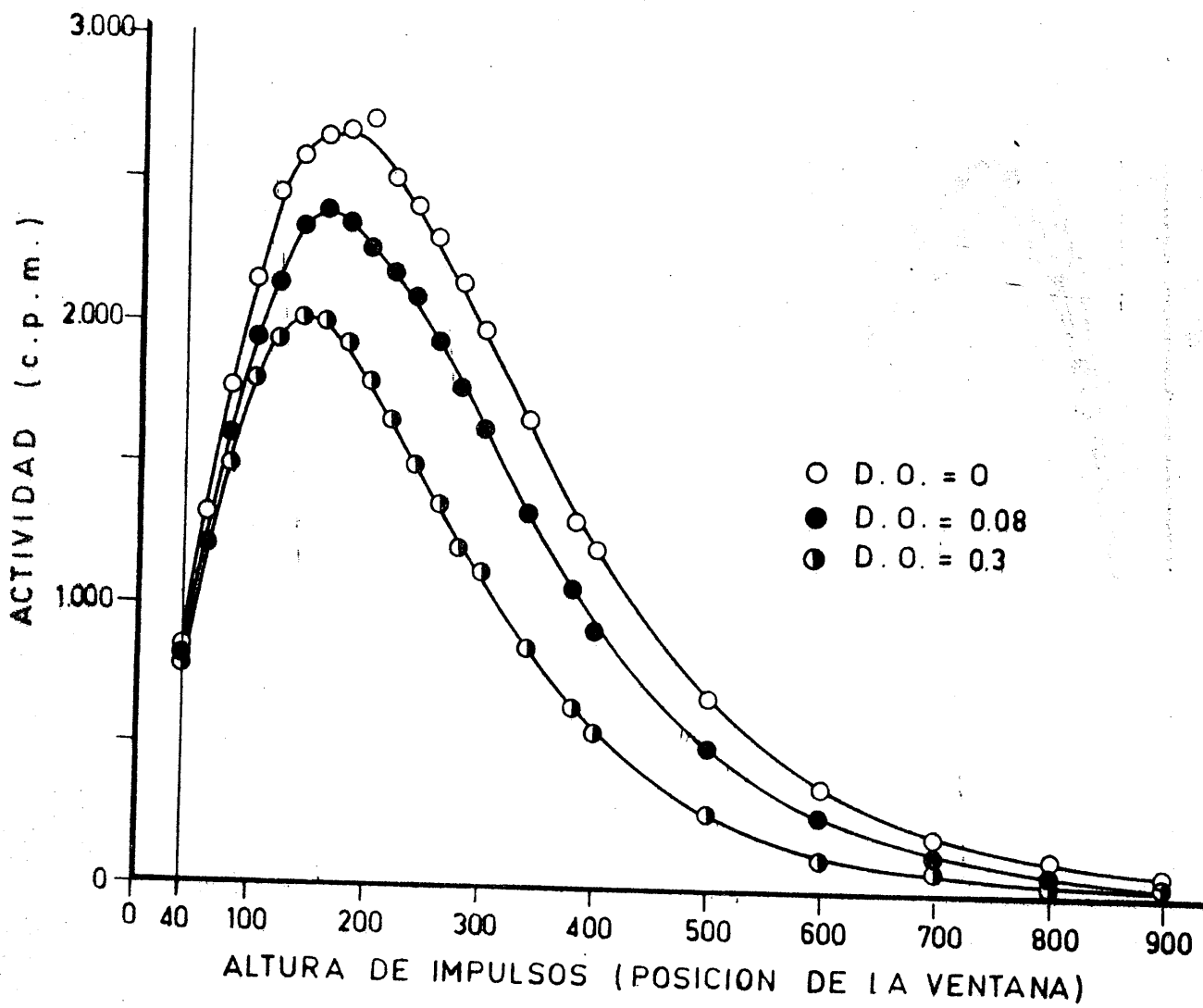


FIGURA 72.- Variación del espectro γ Cerenkov del ^{60}Co con la densidad óptica de violeta de cristal (en medio acuoso)

4.7.6.2.- Variación del \checkmark contaje Čerenkov y de la actividad relativa del ^{60}Co con la concentración de Violeta Cristal

En las Tablas LXXIV y LXXV se exponen los resultados obtenidos para poner de manifiesto la variación de la actividad relativa con la concentración de Violeta Cristal. A_0 representa la actividad - correspondiente al disolvente puro en ausencia de color tanto en medio acuoso, Tabla LXXIV, como en medio acético, Tabla LXXIII, y A ; la actividad obtenida para cada disolución coloreada de concentración de finida.

Al representar los valores de A/A_0 de la citada tabla - frente a la concentración de Violeta Cristal, hasta 400 mg/l , se obtienen las Figuras 72 y 73 .

TABLA LXXIV

VARIACION DEL CONTAJE C^YERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
 CON LA CONCENTRACION DE VIOLETA DE CRISTAL EN MEDIO ACUOSO
 EMPLEANDO ⁶⁰Co

(Condiciones : Canal nº1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = 2^{0'7})

Concentración de la disolución mg/l	Vial con agua A _o (c.p.m.)	Vial con disolución A(c.p.m.)	A/A _o
1	37982	34517	0'909
2	37038	29625	0'799
4	37442	26894	0'718
6	36692	27036	0'737
8	37788	25480	0'674
10	37332	20943	0'561
20	36413	18916	0'519
30	37537	16239	0'433
40	37666	14765	0'392
50	36779	11385	0'309
60	37792	10409	0'275
70	37692	9635	0'255
80	37509	8631	0'230
90	36945	7611	0'206
100	37594	6802	0'181
200	37289	2939	0'079
300	35260	2475	0'072
400	38097	1364	0'036
500	40619	1285	0'032
600	33678	438	0'013

VARIACION DEL CONTAJE ČERENKOV Y DE LA ACTIVIDAD RELATIVA
CON LA CONCENTRACION DEL VIOLETA CRISTAL, EN MEDIO ACETICO
EMPLEANDO ^{60}Co

(Condiciones : Canal n°1 ; DI = 40 ; DS = 1000; Atenuación = $2^{0.17}$)

Concentración de la disolución mg/l	Vial con ácido acético A_0 (c. p. m.)	Vial con disolución A (c. p. m.)	A/A_0
1	38141	34599	0'907
2	36811	32599	0'885
4	32893	27365	0'832
6	36120	28727	0'795
8	37529	27865	0'742
10	34889	25652	0'735
20	37255	23597	0'633
30	38173	21351	0'559
40	37458	17694	0'472
50	35824	15966	0'446
60	37113	15599	0'420
70	31293	12924	0'413
80	34452	13667	0'396
90	33045	11762	0'356
100	36814	11462	0'311
200	37247	9865	0'266
300	33943	4362	0'128
400	38421	2517	0'065
500	37620	2077	0'055

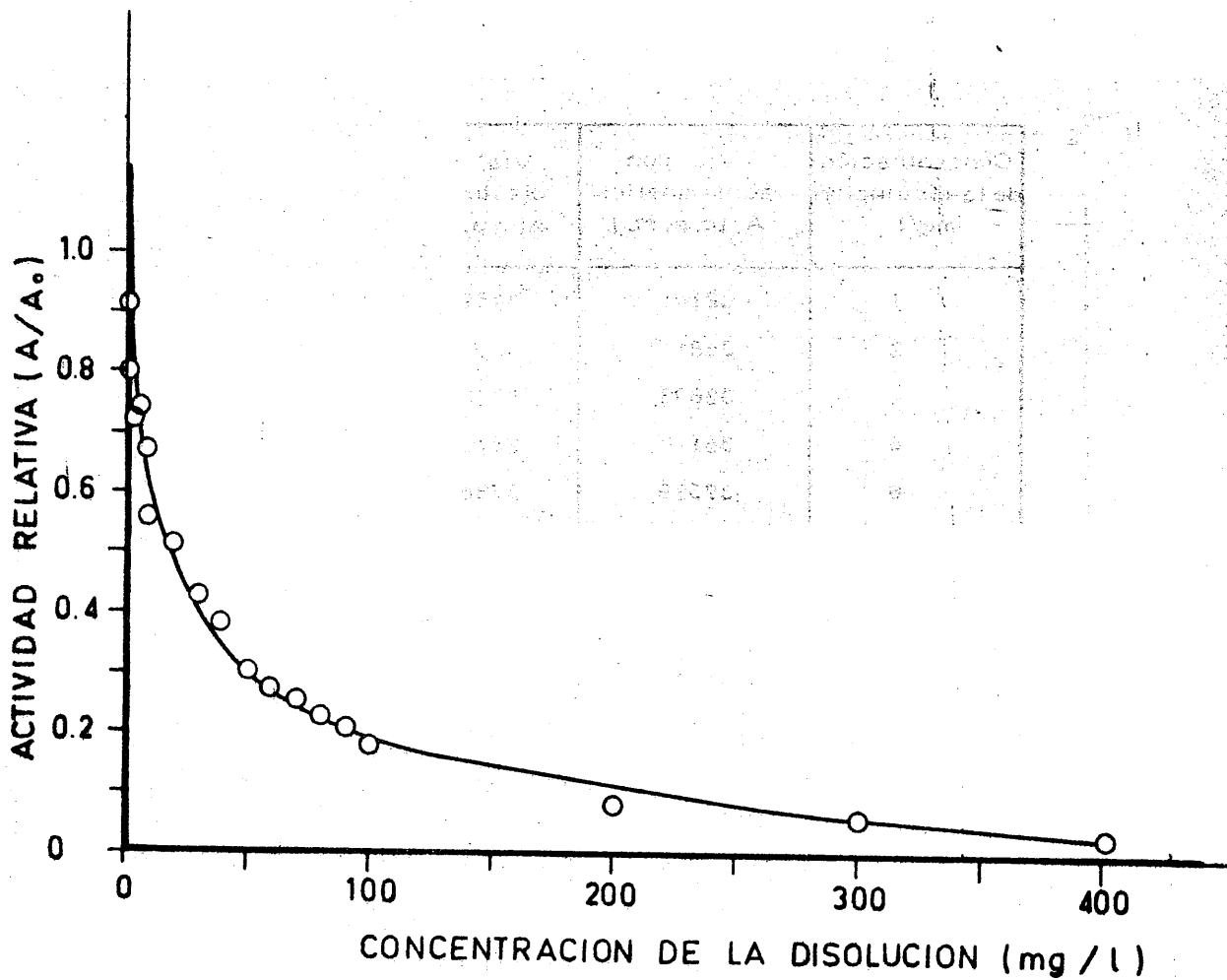


FIGURA 71.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{60}Co con la concentración de violeta de cristal (en medio acético)

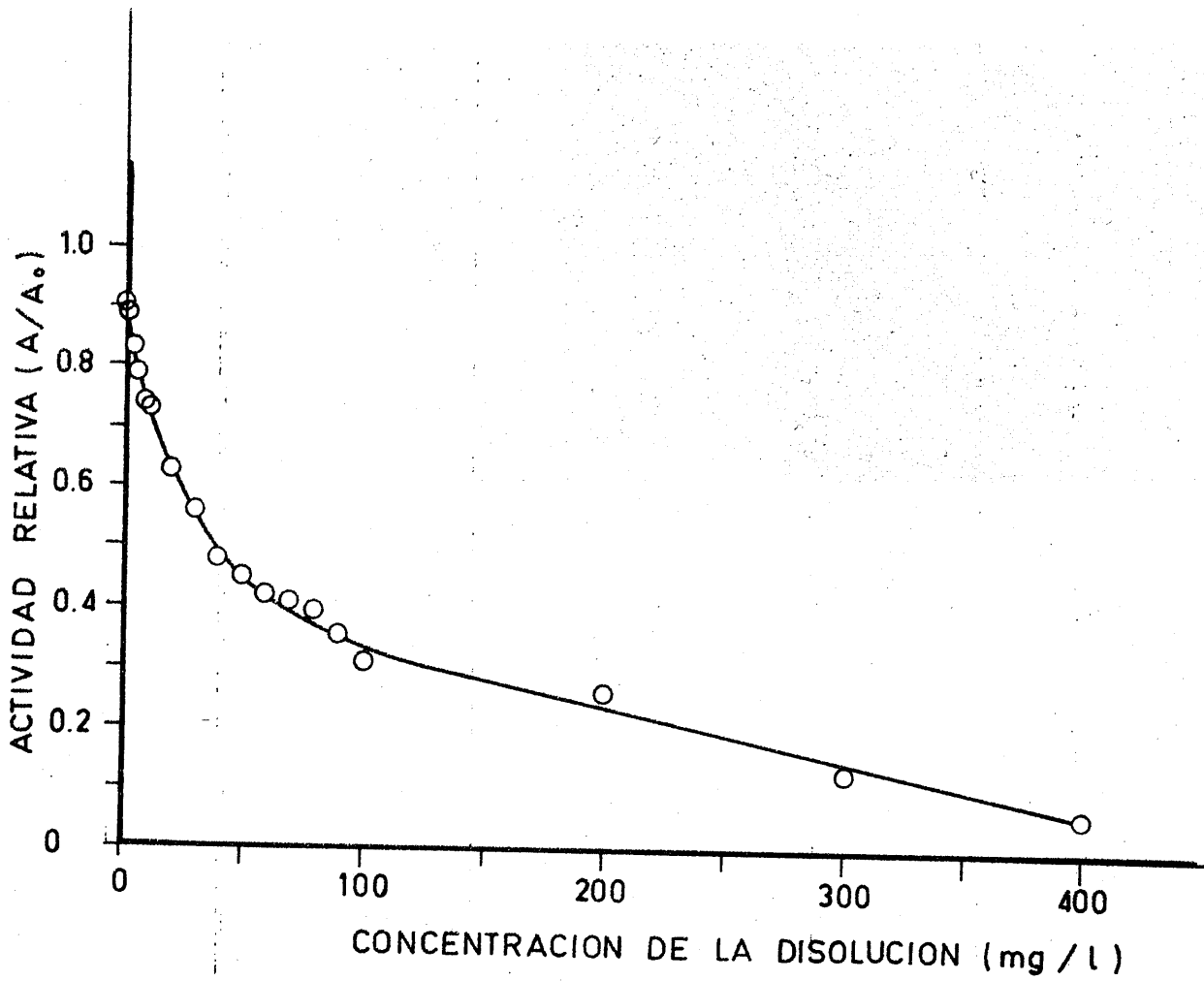


FIGURA 73.- Variación de la actividad relativa A/A_0 del ^{60}Co con la concentración de violeta de cristal (en medio acético)



CONCENTRACION DE LA REACCION (g/l)

El gráfico muestra la concentración de la reacción en función de la posición. La curva superior representa la concentración de la especie oxidada, que disminuye desde el ánodo y aumenta hacia el cátodo. La curva inferior representa la concentración de la especie reducida, que aumenta desde el ánodo y disminuye hacia el cátodo.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

V. - DISCUSION DE LOS RESULTADOS

LA PRODUCCION DE LOS RECURSOS

V.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Vamos a considerar en primer término los objetivos que hemos perseguido con la realización del presente trabajo.

El desarrollo experimentado por las técnicas de centelleo líquido, y la proliferación de dichos equipos de medida nos ha llevado a buscar nuevas formas de utilización de los mismos en orden a aumentar su versatilidad y campos de aplicación.

En un trabajo anterior, realizado en los laboratorios de esta - Sección de Radioquímica del Departamento de Química Inorgánica (84) se estudió la posibilidad de utilizar un espectrómetro de centelleo líquido comercial en la realización de medidas colorimétricas, basandose en la extinción, por color, de la radiación Čerenkov producida por un emisor de partículas beta en el seno de una disolución coloreada.

Aquel trabajo aportó una serie de conclusiones en orden a lograr un mejor conocimiento del fenómeno en estudio, si bien el hecho de que el radioisótopo se adicionara directamente a la disolución cuya concentración se querfa determinar, planteaba una serie de inconvenientes, como el de hacer irre recuperable la disolución medida, un elevado consumo de radioisótopo, la creación de residuos radiactivos líquidos, la contaminación sistemática de

viales de conteaje (los que normalmente no debían ser utilizados más que una vez), el riesgo de contaminación del equipo de medida por rotura accidental de un vial, la repetición sistemática de operaciones de dosificación de disolución radiactiva y la posible fuente de error que esto podía añadir, etc.

Por estas razones, pensamos que podía tomarse lo bueno del método propuesto en aquel trabajo, mejorándolo en los aspectos citados para lograr un método analítico de una mejor aplicabilidad, que al mismo tiempo nos sirva para un mejor conocimiento del fenómeno de la extinción por color de la radiación Čerenkov.

En el presente trabajo, como se ha expuesto en los capítulos anteriores, el radisótopo se encuentra situado en forma sólida en el interior de un capilar de vidrio "pyrex", de tal forma que la emisión Čerenkov se produce principalmente dentro de la pared de vidrio que rodea el capilar; de este modo, disponemos de una fuente de luz Čerenkov que actúa como emisor dentro de la disolución coloreada, quedando eliminados los inconvenientes que presentaba el trabajo anterior a que nos hemos referido.

Hemos considerado interesante comparar los resultados obtenidos en el nuevo sistema experimental, con los que se obtuvieron mediante el método anterior. Para ello hemos vuelto a utilizar algunos de los radisótopos ($^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{204}Tl), así como una sustancia coloreada (azul de metileno), ya utilizados en el trabajo anterior (84-88).

Al mismo tiempo se han estudiado nuevos aspectos como son la utilización de otros disolventes distintos del agua, lo que antes no era posible por la eventual insolubilización del radisótopo en un medio cuya polaridad ó

valor de pH no fuera el adecuado. Hemos estudiado también, por su interés, el comportamiento de un emisor típico de rayos gamma (Cobalto-60), cuya producción de radiación Čerenkov se realiza a través de los electrones secundarios (foto electrones y electrones Compton) producidos al interactuar los rayos gamma con el medio.

Hemos seleccionado como emisor beta fuerte el conjunto formado por la pareja en equilibrio secular $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, cuya máxima energía beta es de 2'274 MeV; como emisores beta de menor energía, el ^{204}Tl de energía beta máxima igual a 0'763 MeV y el ^{36}Cl , cuya energía beta máxima es de 0'71 MeV, el cual no fué utilizado anteriormente por nosotros debido a su menor energía, pero como en este caso, por producirse la emisión Čerenkov en vidrio cuyo índice de refracción es mayor que el del agua, el umbral de emisión Čerenkov se encuentra más bajo y, por lo tanto, este radisótopo - podría darnos resultados significativos, como así ha sido.

Según esto, los radisótopos empleados y cuyos resultados compararemos, son: un emisor beta de alta energía, dos de energía media y del mismo orden y un emisor gamma que emite fotones de energías parecidas (1'17 y 1'33 MeV).

Por lo que se refiere a los medios coloreados se han elegido algunas sustancias que presentaran colores definidos, que sus disoluciones fueran estables con el tiempo en presencia de la luz y que al mismo tiempo - presenten en su espectro un máximo de absorción correspondiente a alguna zona determinada del espectro visible.

En el apartado 4.1 se expusieron las longitudes de onda de máxima absorbanza de las sustancias colorantes utilizadas; se puede comprobar en ese apartado que, en efecto, los máximos de absorbanza corresponden a diferentes zonas del espectro visible; aunque en algunos casos una misma sustancia presente más de un máximo, si bien uno de ellos es siempre el más característico por su mayor altura y mejor definición.

En cuanto a la pureza de las sustancias colorantes utilizadas, que se expone en la Tabla I, la hemos considerado adecuada, dadas las características de nuestro trabajo.

Otro aspecto a considerar es el tipo de capilar utilizado, cuya elección se justificó en el apartado 3.1.5. La longitud se fijó asumiendo que el radisótomo se encuentre aproximadamente en el centro geométrico de la disolución coloreada, siendo esta longitud de 51 mm.

Hemos realizado este trabajo con un espectrómetro de centelleo líquido comercial, al que no se le realizó ninguna modificación especial para este fin, de tal modo que las medidas realizadas para este estudio fueron simultaneándose con medidas normales en medio centelleador correspondientes a otros diferentes trabajos de investigación. Queremos indicar con esto que, para la utilización de un espectrómetro de centelleo líquido para el método colorimétrico que aquí proponemos, no se precisa ningún tipo de adaptación del equipo, salvo el empleo del emisor de luz Čerenkov (capilar de vidrio con el radisótomo) adosado al tapón del propio vial de contaje.

Al fijar las condiciones experimentales que se aplicarían a lo largo del trabajo, se nos planteó decidir la forma en que el radisótomo

debería ser situado dentro del capilar, bien en forma de disolución o bien seco, una vez evaporado el disolvente.

Para elegir la forma más adecuada se realizaron unas experiencias paralelas en las que se midieron las cuentas por minuto registradas con el radisótomo en forma de disolución y con el radisótomo sólido dentro del capilar, una vez evaporado el disolvente. En ambos casos el vial se encontraba vacío, sin disolvente alguno, y conteniendo solamente el capilar emisor de luz Čerenkov .

En la Tabla LXXVI exponemos los valores medios (de 20 medidas) obtenidos con cada uno de los radisótopos utilizados, tanto con el capilar con disolución radiactiva en su interior, como con el radisótomo evaporado. Los dos valores obtenidos con un mismo radisótomo corresponden exactamente a la misma actividad, ya que el capilar utilizado en la segunda serie de medidas era el mismo de la primera, una vez evaporado su interior por suave calefacción con una lámpara de rayos infrarrojos.

TABLA LXXVI

ACTIVIDADES MEDIAS OBTENIDAS SITUANDO EL RADISOTOPO DENTRO DEL CAPILAR EN FORMA DE DISOLUCION, Y UNA VEZ EVAPORADO EL DISOLVENTE

Radisótomo	Actividad media (en disolución) c.p.m.	Actividad media (evaporado) c.p.m.
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	22687	22920
^{204}Tl	25436	29274
^{36}Cl	38690	55381
^{60}Co	51184	51941

Observando los valores de la citada Tabla se aprecia, en general, un incremento de la actividad medida con la disolución radiactiva evaporada, siendo este incremento tanto mayor cuanto menor es la energía del radisótopo, lo que puede estar relacionado con el distinto umbral de energías existente para producirse efecto Čerenkov en agua o en vidrio, siendo menor en este último caso por su mayor índice de refracción y apreciándose esta circunstancia tanto más cuanto más proximo a dicho umbral se encuentra la energía del radisótopo.

Se puede observar que, en el caso del radisótopo más energético $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, la diferencia que se obtiene es mínima y podemos decir que poco significativa, siendo por lo tanto prácticamente equivalentes los valores de actividad obtenidos por ambos procedimientos.

A la vista de dichos resultados, y teniendo en cuenta que la eficiencia de contaje era superior con el radisótopo en ausencia de disolvente dentro del capilar, se adoptó este último criterio para mejorar las condiciones experimentales.

El volumen óptimo de líquido en el vial se determinó, según se describe en el apartado 3.1.8, obteniendo los resultados que se exponen en dicho apartado.

En las Figuras 7, 8 y 9 se observa que, para el caso de los emisores beta, el volumen óptimo es de aproximadamente 10 ml, tanto para el caso de utilizar en el vial agua ó disolución de azul de metileno de una concentración de 2 mg/l. En las citadas figuras se observa que se presenta un mínimo de eficiencia para el volumen de 4 ml, que se produce

cuando el líquido alcanza la zona del capilar donde se encuentra el radisótopo. Esta pérdida de eficiencia puede interpretarse como debido a la aparición de fenómenos ópticos de reflexión y refracción de la luz Čerenkov cuando la superficie del líquido se encuentra a la altura del radisótopo, - originándose una desviación de los rayos hacia otras zonas, distintas de los fotocátodos de los tubos fotomultiplicadores. Este fenómeno no se presenta con tanta intensidad cuando la superficie del líquido se encuentra claramente por debajo o por encima del radisótopo.

En el caso de un emisor gamma (el ^{60}Co), cuyos resultados se exponen en la Figura 10 se aprecian algunas peculiaridades derivadas, sin duda, de sus especiales características, y en particular de la menor ionización específica de esta radiación con respecto a los emisores beta; en efecto, se observa que el volumen óptimo es del orden de unos 12 ml que es algo superior a los anteriores. Por otra parte, no se observa el mínimo ya mencionado de las figuras de los emisores beta, debido probablemente a que la formación de la radiación Čerenkov no guarda, en el caso del emisor - gamma, la misma relación geométrica que en el caso de los emisores beta, cuyas interacciones se encuentran más agrupadas alrededor del radisótopo.

Por todo lo expuesto, se ha considerado como volumen óptimo el de 10 ml para el caso de los emisores beta y 12 ml para el emisor gamma estudiado.

En el apartado 3.1.9 se justificó la consideración de A_0 ó actividad de referencia como la actividad obtenida con el capilar sumergido en el volumen óptimo del disolvente puro.

De los valores expuestos en la Tabla XII (apartado 3.1.10) se deduce que el error derivado de la orientación del vial no supone en ninguno de los casos estudiados una dispersión superior al 2%, que podemos considerar aceptable.

En lo que se refiere a los índices de refracción de los medios utilizados, ya se expuso en el apartado 3.1.11. que no existía variación de dicho índice con respecto al disolvente puro para ninguna concentración de las sustancias coloreadas utilizadas, salvo para el caso de las disoluciones de $(\text{NO}_3)_2\text{Co}$. Sin embargo, dado que en el caso de los emisores beta la emisión Čerenkov se produce fundamentalmente en el vidrio del capilar, las posibles variaciones del índice de refracción de la disolución en el vial no afectarán apreciablemente a las medidas realizadas, como así ha sido comprobado en nuestras experiencias.

Con respecto al emisor gamma ^{60}Co comentaremos más adelante la influencia de la variación del índice de refracción de la disolución en los resultados obtenidos, ya que en este caso, debido a la mayor penetrabilidad de los rayos gamma, se producirá, fuera de las paredes del capilar y dentro de la disolución, un elevado porcentaje de electrones secundarios que darán lugar a la emisión Čerenkov.

Vamos a considerar ahora algunos aspectos relativos a la extinción por color de la radiación Čerenkov. Consideraremos en primer lugar la influencia de la concentración, o de la densidad óptica, como magnitud dependiente directamente de aquella en el valor de la actividad relativa o relación A/A_0 .

En la Figura 74, correspondiente a las experiencias con anaranjado de metilo, hemos agrupado en escala semilogarítmica los resultados que se expusieron en las Figuras 19, 33 y 47 del capítulo anterior; podemos comprobar en la citada Figura 74 cómo en el caso del radisótopo más energético la variación de la actividad relativa es menor que en el caso de los radisótopos menos energéticos, ^{204}Tl y ^{36}Cl , observándose también en el caso de estos dos últimos una ordenación de sus líneas concordante con sus energías beta máximas correspondientes.

También puede verse en la citada figura que los datos experimentales de cada radisótopo pueden situarse con bastante aproximación sobre dos líneas rectas, apreciándose un cambio de pendiente a una concentración, en este caso, de aproximadamente 15 mg/l.

Calculando por el método de los mínimos cuadrados las ecuaciones de dichas rectas, obtendríamos para las mismas los parámetros y coeficientes de correlación que se exponen en la Tabla LXXVII.

La aproximación matemática de la relación experimental entre el valor de A/A_0 y el de la concentración permitirá, una vez conocidos los parámetros de la ecuación y el intervalo en que ésta se cumple, calcular fácilmente valores de concentración determinando experimentalmente A y A_0 .

De un modo general, y a la vista de los buenos coeficientes de correlación lineal obtenidos, podríamos proponer una ecuación matemática del tipo

$$\log \frac{A}{A_0} = a x + b$$

o bien,

$$\frac{A}{A_0} = 10^{a x + b}$$

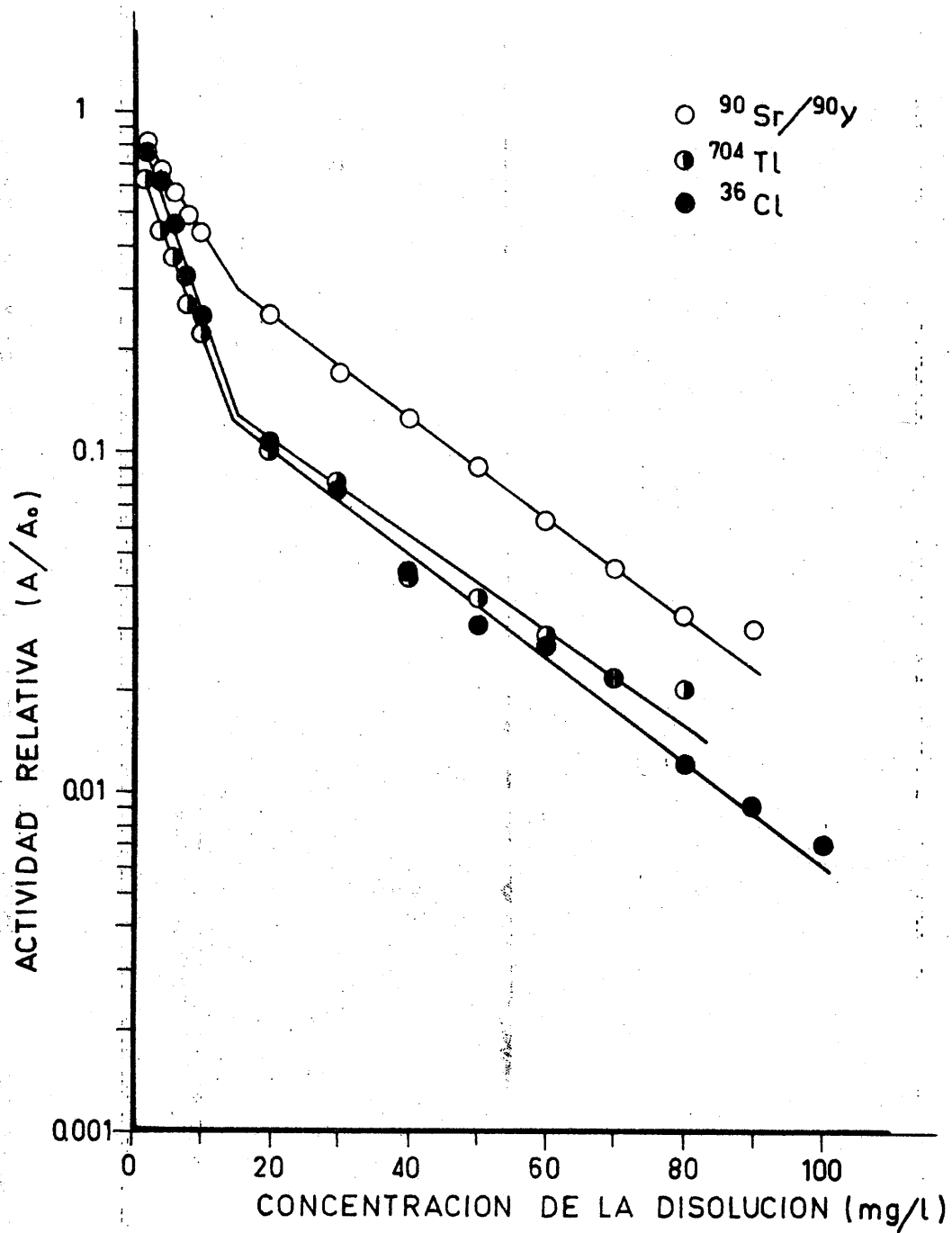


FIGURA 74 .- Variación de la actividad relativa A/A_0 (escala logarítmica) con la concentración de anaranjado de metilo para los distintos emisores beta utilizados.

TABLA LXXVII

PARAMETROS Y COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS
ECUACIONES CORRESPONDIENTES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS
CON ANARANJADO DE METILO

Radisótopo	Intervalo de conc. mg/l	Parámetros		Coeficiente de corr. lineal
		a	b	
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	2 - 15	+ 0'0368	-0'009	0'996
	15 - 90	-0'0143	-0'344	0'998
^{204}Tl	2 - 15	-0'0538	-0'119	0'997
	15 - 80	-0'0126	-0'766	0'979
^{36}Cl	2 - 15	-0'0629	0'0245	0'998
	15 - 100	-0'0145	-0'710	0'989

donde x es la concentración (expresada en mg/l) y a y b los parámetros calculados siendo

$$a = \frac{\log A/A_0}{c} \quad \text{y} \quad b = \log A/A_0 \quad \text{para} \quad c = 0$$

La concentración podría calcularse a partir de la ecuación anterior, mediante la expresión siguiente

$$x = \frac{(\log A/A_0) - b}{a} \quad \text{ó bien} \quad x = \frac{\log A - \log A_0 - b}{a}$$

En las Figuras 75 a 80 exponemos las gráficas correspondientes obtenidas con los demás medios acuosos coloreados, es decir, azul de metileno, nitrato de cobalto(II), rojo congo, verde janus y violeta cristal; éste último en medio acuoso y en medio acético.

Análogamente, en las Tablas LXXVIII a LXXXIII exponemos los parámetros y coeficientes de correlación lineal de las ecuaciones correspondientes a los tramos rectos de las gráficas de los citados medios coloreados. La correlación lineal es aceptable en todos los casos estudiados.

Para comprobar la influencia de la energía beta máxima del radisótopo en el grado de extinción por color de un medio coloreado, hemos representado en las Figuras 81 a 86 obtenidas a partir de las correspondientes tablas y figuras del capítulo anterior, para cada medio coloreado y dos valores distintos de densidad óptica, los espectros obtenidos con los tres radisótopos emisores beta utilizados, $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{204}Tl y ^{36}Cl .

Comparando las curvas a y b de la Figura 81 correspondientes a anaranjado de metilo, se observa que el área correspondiente al espectro del radisótopo más energético $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ varía en mucho menor grado al aumentar la densidad óptica, que los correspondientes a los espectros del ^{204}Tl y ^{36}Cl , cuya disminución es considerablemente mayor, independientemente de su diferente distribución espectral, lo cual está en concordancia con la mayor disminución del valor de A/A_0 para estos mismos radisótopos y que ya se ha mencionado al comentar las figuras anteriores. Esta misma circunstancia queda bien de manifiesto al comparar las Figuras 18, 32 y 46, del capítulo anterior.

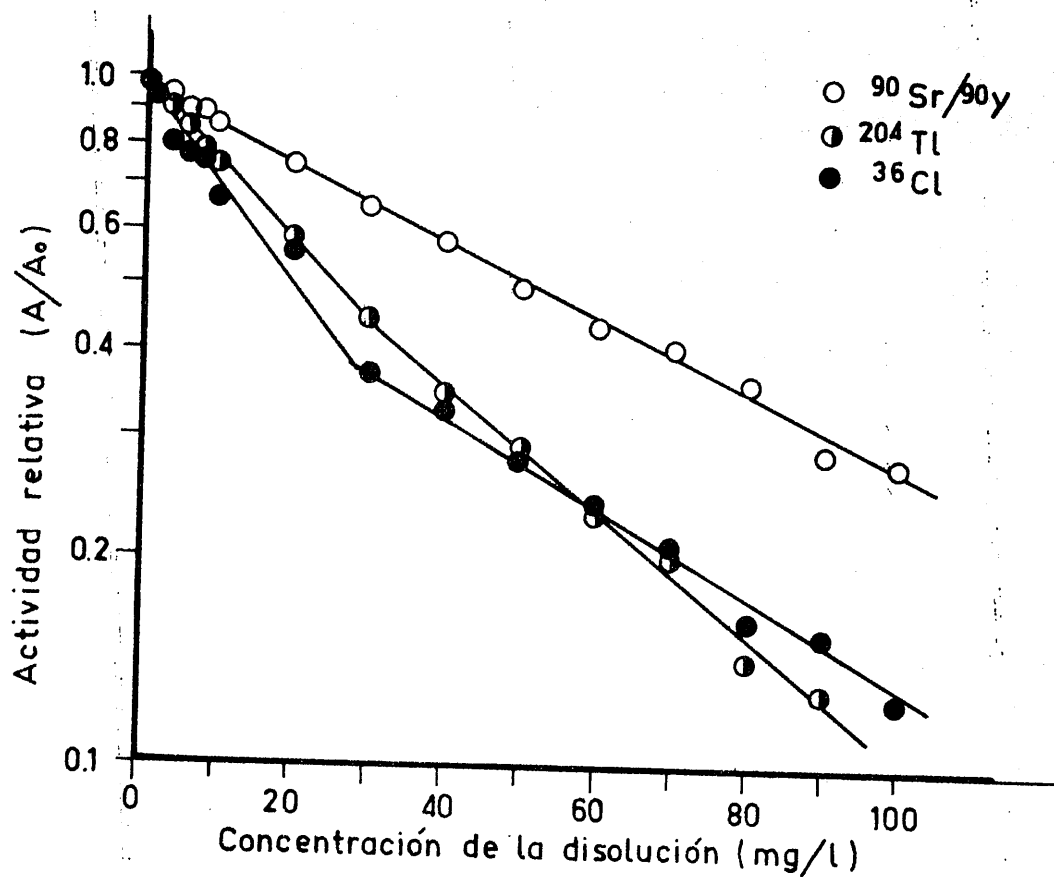


FIGURA 75. -Variación de la actividad relativa A/A_0 (escala logarítmica) con la concentración de azul de metileno para los distintos emisores beta utilizados.

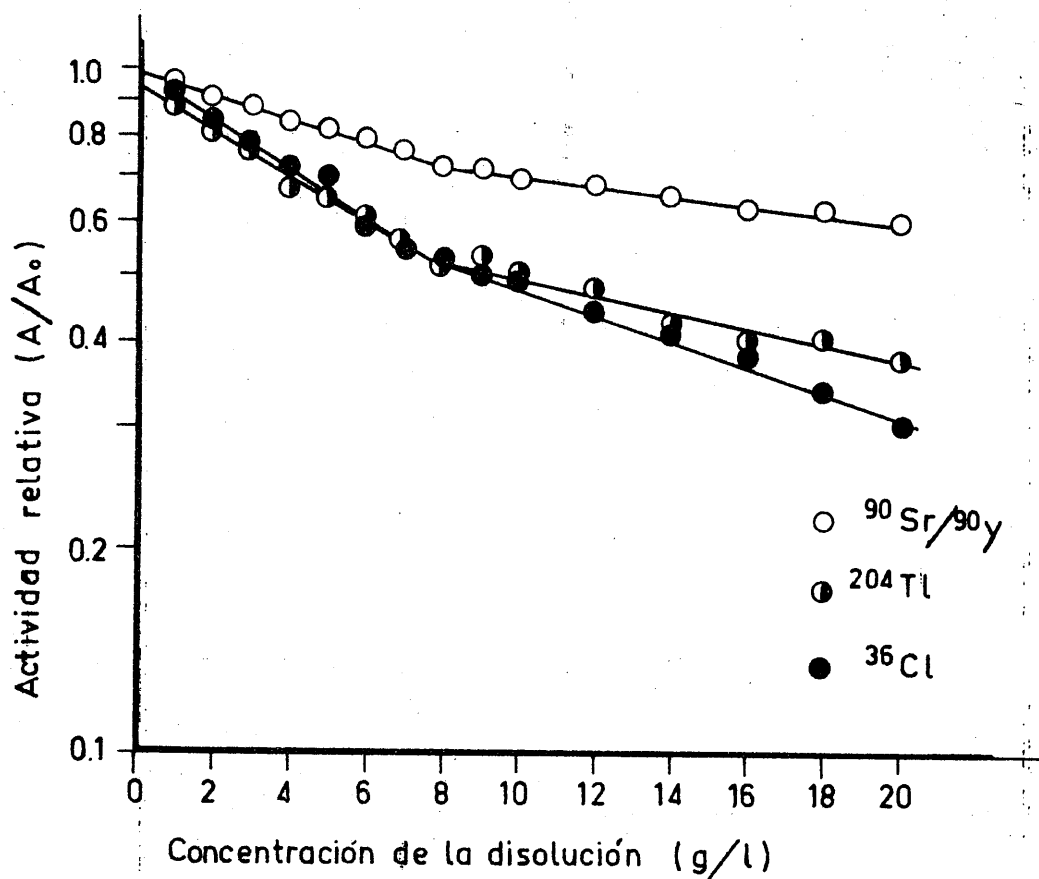


FIGURA 76.- Variación de la actividad relativa A/A_0 (escala logarítmica) con la concentración de nitrato de cobalto (II) para los distintos emi- sores beta utilizados.

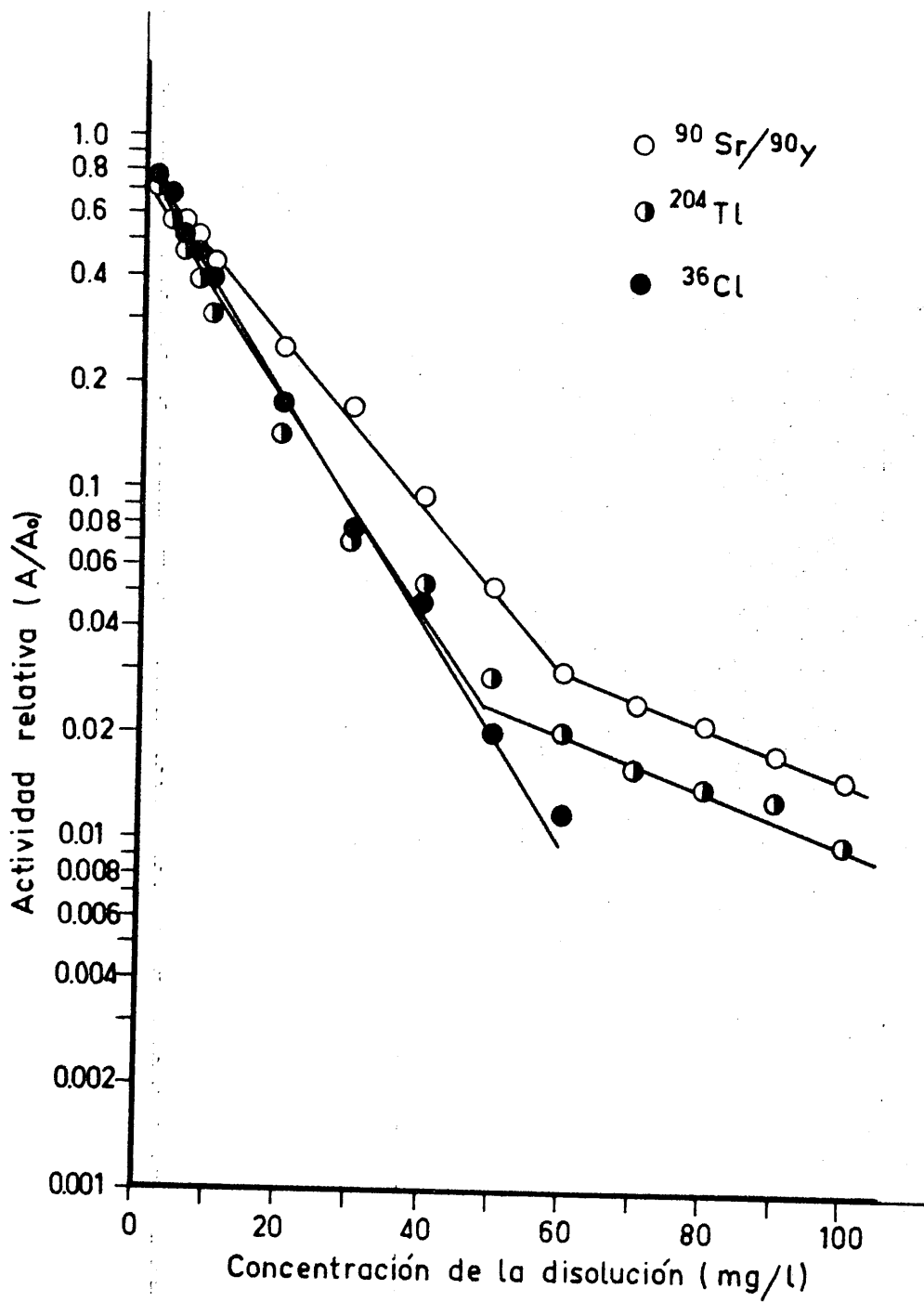


FIGURA 77.- Variación de la actividad relativa A/A_0 (escala logarítmica) con la concentración de rojo congo para los distintos emisores beta utilizados.

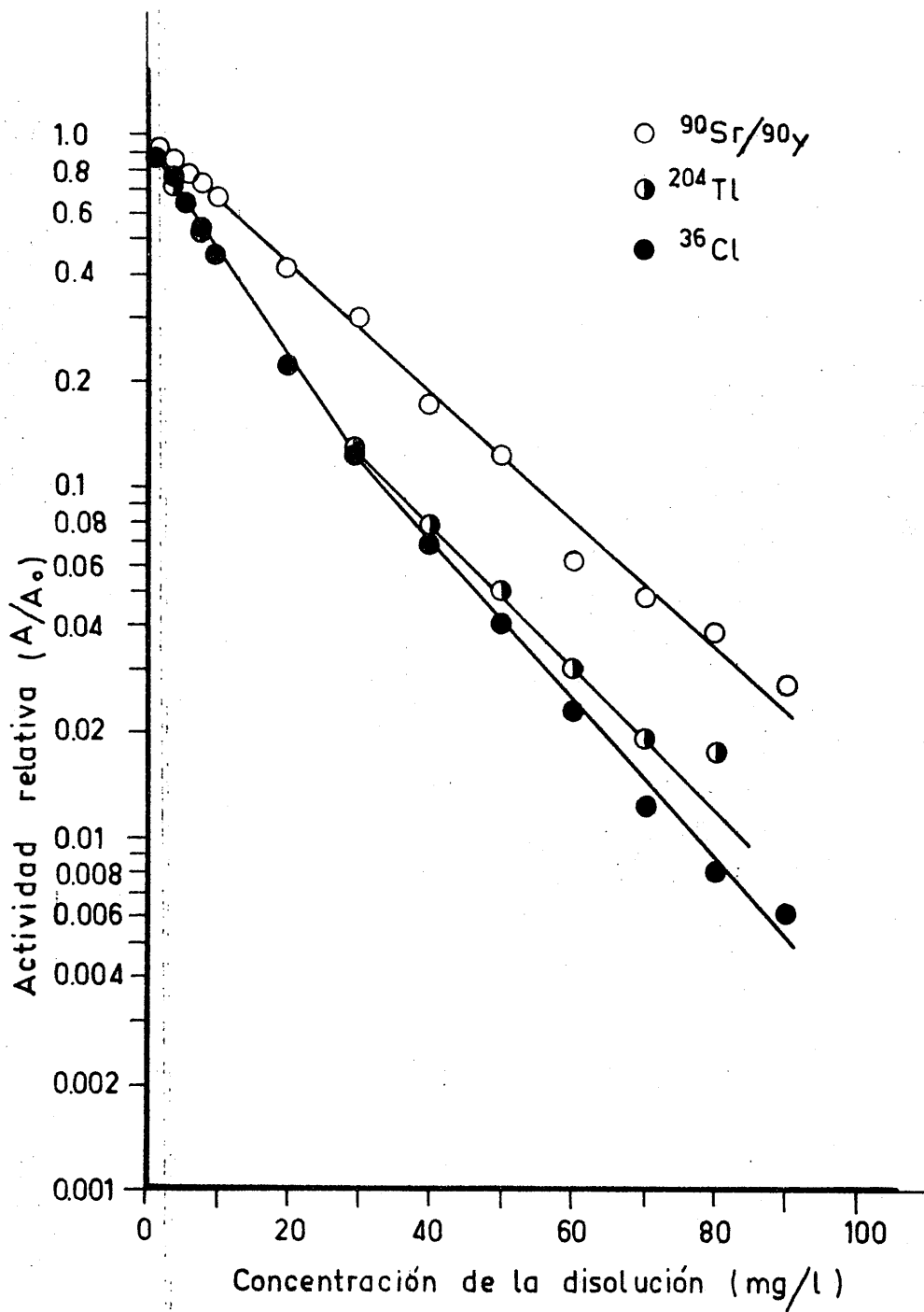


FIGURA 78. - Variación de la actividad relativa A/A_0 (escala logarítmica) con la concentración de verde janus para los distintos emisores beta utilizados.

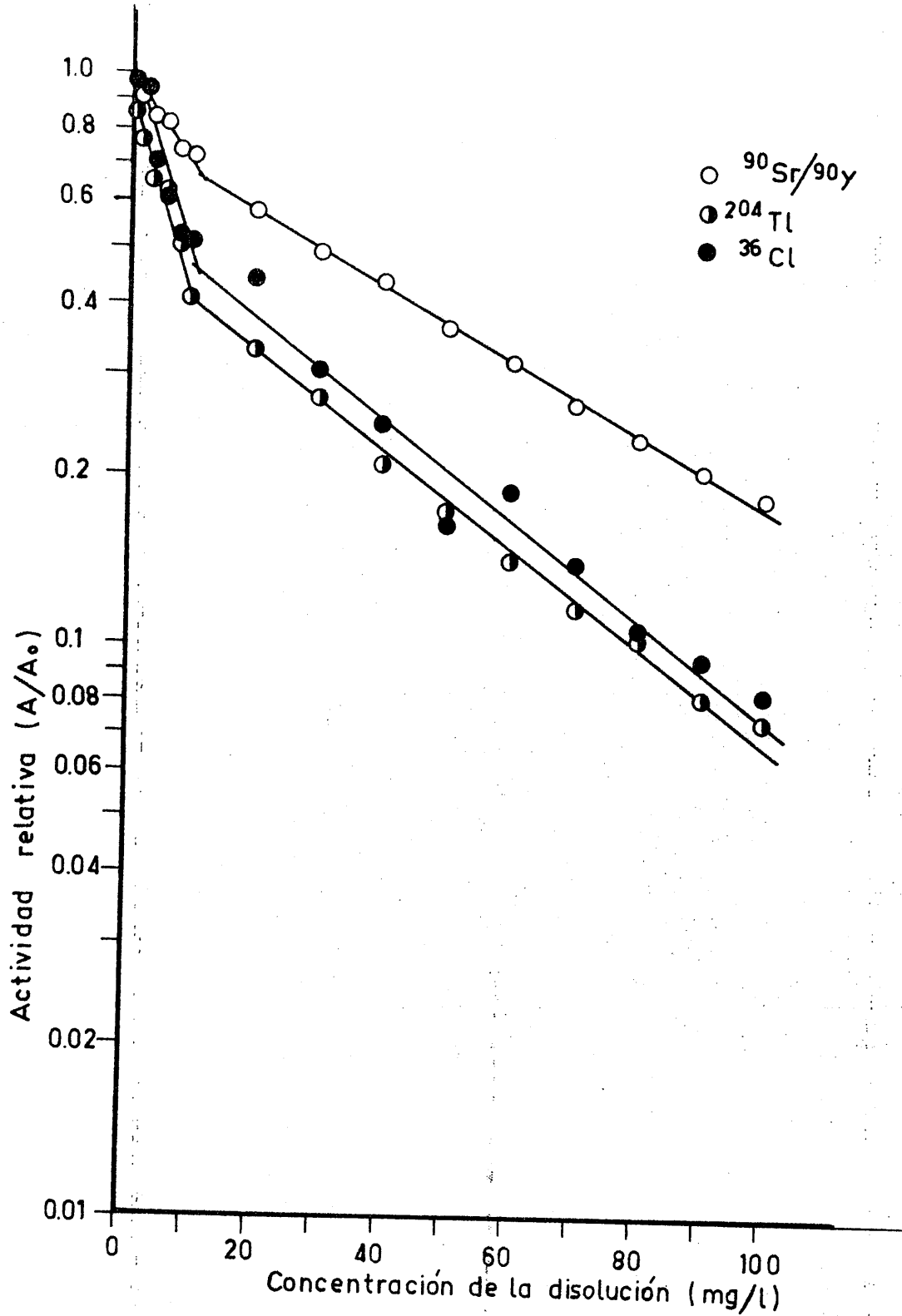


FIGURA 79. - Variación de la actividad relativa A/A_0 (escala logarítmica) con la concentración de violeta cristal (en medio acuoso) para los distintos emisores beta utilizados.

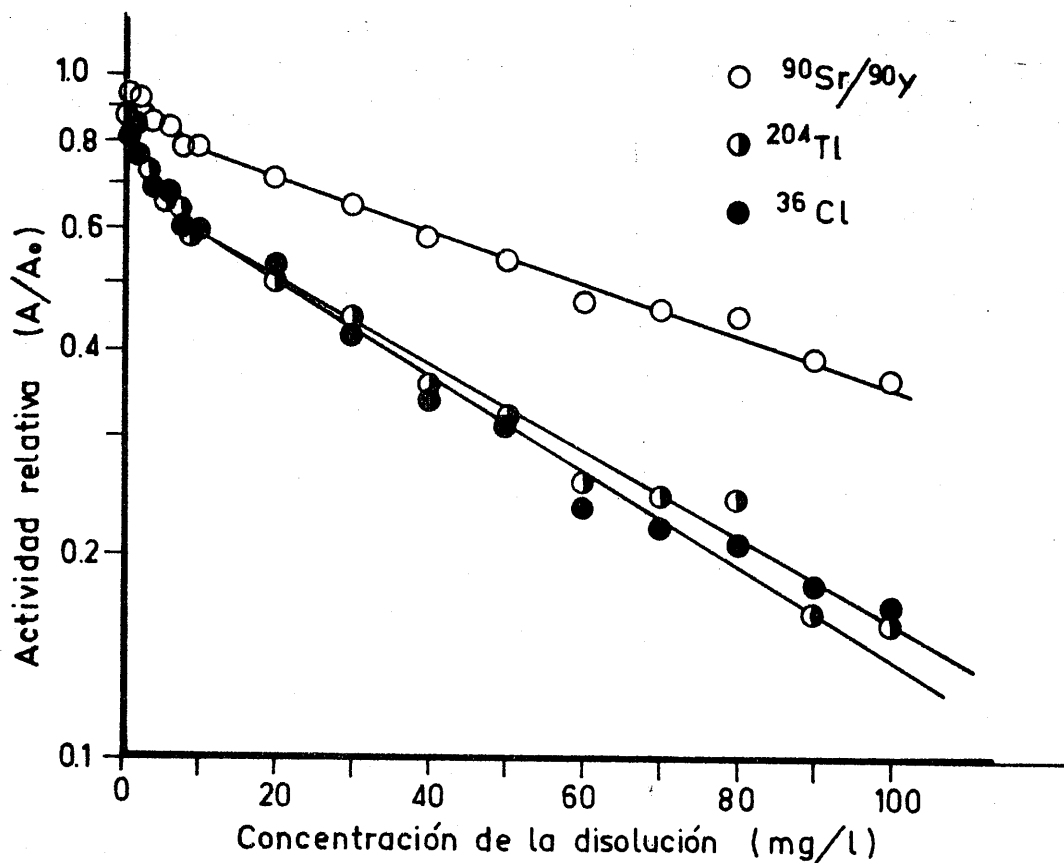


FIGURA 80. - Variación de la actividad relativa A/A_0 (escala logarítmica) con la concentración de violeta cristal (en medio acético) para los distintos emisores beta utilizados.

TABLA LXXVIII

PARAMETROS Y COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS
ECUACIONES CORRESPONDIENTES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS
CON AZUL DE METILENO

Radioisótopo	Intervalo de concentración mg/l	Parámetros		Coeficiente de correlación lineal
		a	b	
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	2-80	-0'0045	-0'0762	1'000
^{204}Tl	2-30	-0'0115	-0'0309	0'994
	30-100	-0'0080	-0'1523	0'991
^{36}Cl	2-30	-0'0133	-0'0207	0'983
	30-100	-0'0067	-0'2236	0'995

TABLA LXXIX

PARAMETROS Y COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS
ECUACIONES CORRESPONDIENTES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS
CON NITRATO DE COBALTO (II)

Radisótopo	Intervalo de concentración g/l	Parámetros		Coeficiente de correlación lineal
		a	b	
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	1-8	-0'0151	-0'0086	0'993
	8-20	-0'0163	-0'0044	0'995
^{204}Tl	1-8	-0'0339	-0'0231	0'988
	8-20	-0'0125	-0'1788	0'978
^{36}Cl	1-8	-0'0350	-0'0028	0'991
	8-20	-0'0201	-0'1044	0'993

TABLA LXXX

PARAMETROS Y COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS
ECUACIONES CORRESPONDIENTES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS
CON ROJO CONGO

Radisótopo	Intervalo de concentración mg/l	Parámetros		Coeficiente de correlación lineal
		a	b	
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	2-60	-0'0236	-0'0950	0'999
	60-100	-0'0074	-1'0744	0'998
^{204}Tl	2-50	-0'0288	-0'1744	0'989
	50-100	-0'0084	-1'1673	0'974
^{36}Cl	2-60	-0'032	-0'086	0'997

TABLA LXXXI

PARAMETROS Y COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS
ECUACIONES CORRESPONDIENTES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS
CON VERDE JANUS

Radisótopo	Intervalo de concentración mg/l	Parámetros		Coeficiente de correlación lineal
		a	b	
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	2-90	-0'018	-0'0100	0'997
^{204}Tl	2-30	-0'0302	-0'0272	0'997
	30-70	-0'0204	-0'2937	0'999
^{36}Cl	2-30	-0'0310	-0'0127	0'997
	30-90	-0'0225	-0'2710	0'995

TABLA LXXXII

PARAMETROS Y COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS
 ECUACIONES CORRESPONDIENTES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS
 CON VIOLETA CRISTAL (EN MEDIO ACUOSO)

Radisótopo	Intervalo de concentración mg/l	Parámetros		Coeficiente de correlación lineal
		a	b	
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	1-10	-0'0127	-0'0227	0'977
	10-100	-0'0063	-0'1075	0'977
^{204}Tl	1-10	-0'0329	-0'0401	0'983
	10-100	-0'0084	-0'3240	0'997
^{36}Cl	1-10	-0'0348	0'0202	0'969
	10-100	-0'0092	-0'2199	0'986

TABLA LXXXIII

PARAMETROS Y COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS
ECUACIONES CORRESPONDIENTES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS
CON VIOLETA CRISTAL (EN MEDIO ACETICO)

Radisótopo	Intervalo de concentración mg/l	Parámetros		Coeficiente de correlación lineal
		a	b	
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	1-10	-0'0089	-0'0227	0'968
	10-100	-0'0039	-0'0707	0'981
^{204}Tl	1-10	-0'0195	-0'0441	0'980
	10-100	-0'0062	-0'1820	0'988
^{36}Cl	1-10	-0'0155	-0'0804	0'971
	10-100	-0'0067	-0'1661	0'989

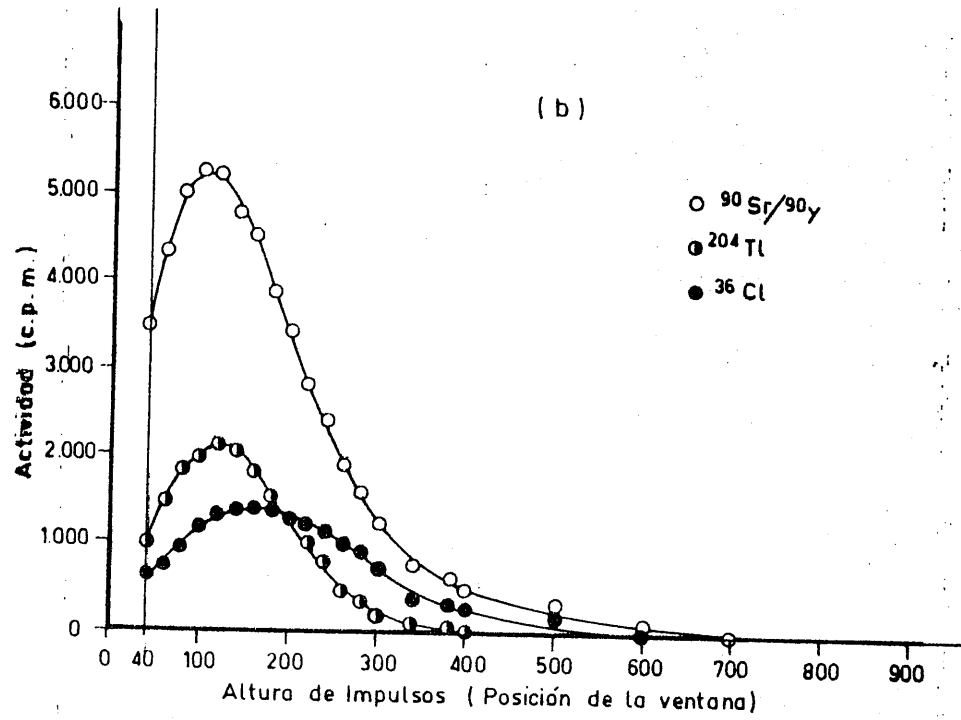
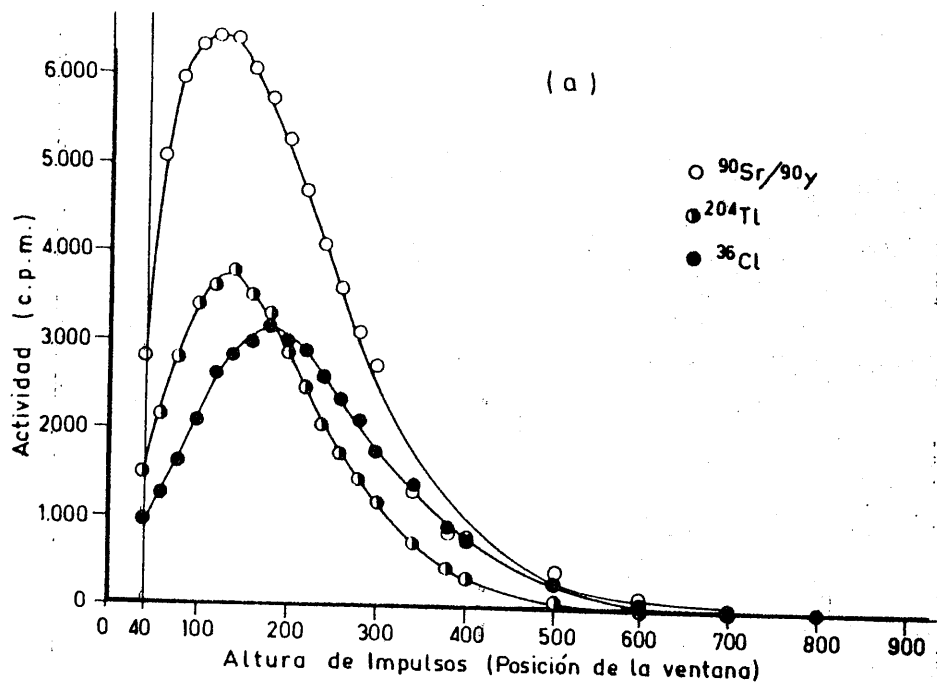


FIGURA 81.- Variación del espectro γ Cherenkov de los radisótopos $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{204}Tl y ^{36}Cl en unas disoluciones acuosas de anaranjado de metilo de densidades ópticas iguales: (a) D.O. = 0'08 (b) D.O. = 0'30

Sin embargo, comparando las curvas de la Figura 82 correspondientes a azul de metileno, para ambas densidades ópticas, se observa que la diferencia en el comportamiento de los tres radisótopos es mucho menos notable que en el caso anterior. La única diferencia con respecto al anaranjado de metilo, es la diferente longitud de onda de máxima absorbanza entre uno y otro medio, lo cual, como se discutirá más adelante, depende no solo del propio espectro de distribución de energías de la emisión Čerenkov sino también de la distinta eficiencia del fotocátodo utilizado para fotones de diferentes longitudes de onda.

Comparando las Figuras 20, 34 y 48 del capítulo anterior, puede comprobarse de modo análogo la relativamente pequeña influencia que el aumento de la densidad óptica tiene en la disminución del área del espectro dentro del intervalo estudiado, siendo para el caso del radisótopo más energético, $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, (Figura 20) prácticamente coincidentes los espectros obtenidos para las tres densidades ópticas que se comparan. En este caso se potencian dos factores coincidentes, por una parte la menor extinción producida por el color azul y por otra parte el menor grado de extinción que se produce cuando la energía del radisótopo es mayor.

En el caso del rojo congo se observa, (Figura 83), un comportamiento particularmente interesante ya que, por una parte, la extinción es considerablemente mayor que en el caso del azul de metileno, debido a ser este color complementario del anterior, y, por tanto, poseer un mayor poder de absorción para fotones cuya longitud de onda debe coincidir aproximadamente con su longitud de onda de máxima absorbanza. Por otra parte vemos como, en el caso de los radisótopos menos energéticos, se dá una considerable disminución del area del espectro al aumentar la densidad óptica.

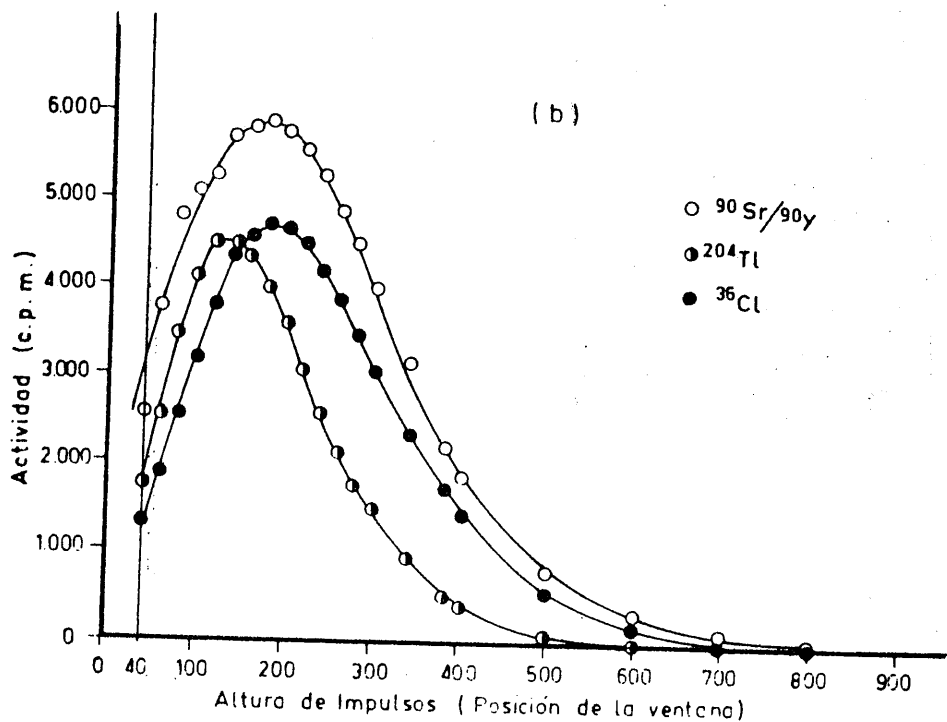
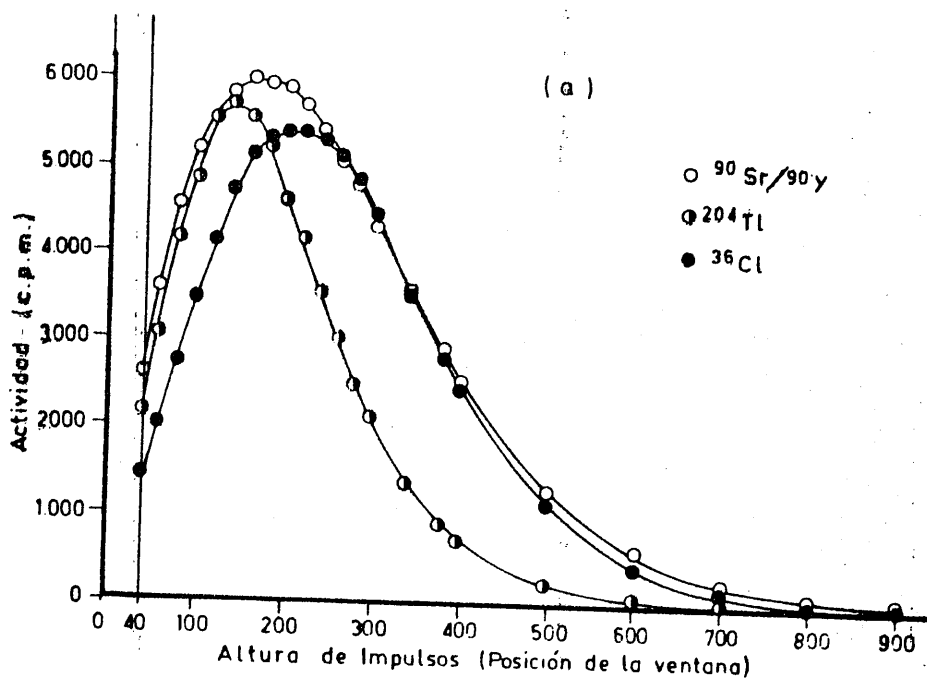


FIGURA 82. - Variación del espectro Cherenkov de los radisótopos $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{204}Tl y ^{36}Cl en unas disoluciones acuosas de azul de metileno de densidades ópticas iguales; (a) D.O. = 0'08
 (b) D.O. = 0'130

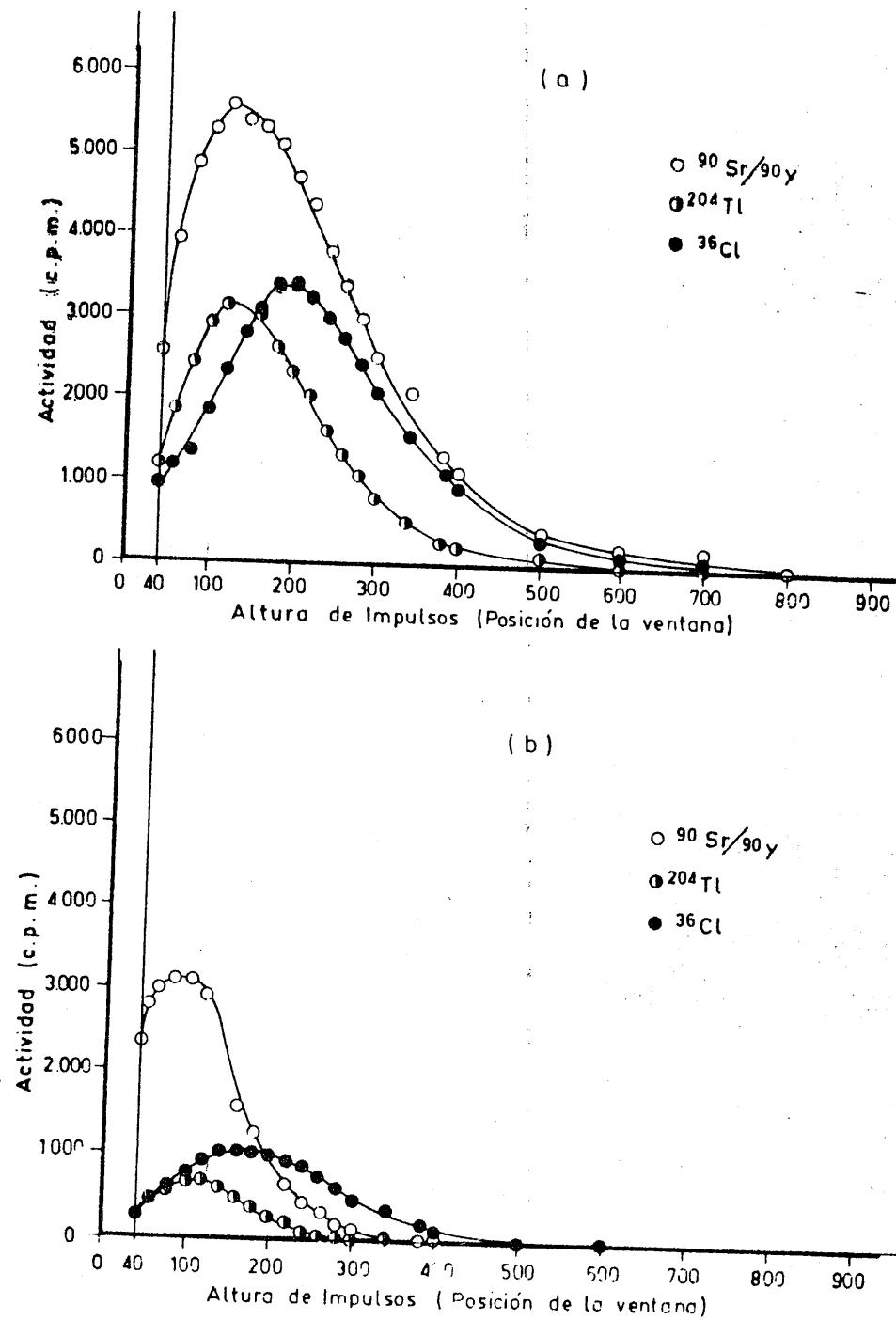


FIGURA 83. - Variación del espectro Cherenkov de los radisótopos $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{204}Tl y ^{36}Cl en unas disoluciones acuosas de rojo congo de densidades ópticas iguales: (a) D.O. = 0'08
 (b) D.O. = 0'30

Esta diferencia de comportamiento entre el radisótopo más energético y los menos energéticos puede también comprobarse mediante las Figuras 24 , 38 y 52 del capítulo anterior.

Si comparamos el grado de extinción producido por un color azul (débil extinción) con un radisótopo emisor de partículas beta de energía más elevada (también débil extinción) como es el caso del azul de metileno con $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, con un color rojo (alta extinción) y un radisótopo emisor de partículas beta relativamente poco energéticas (también alta extinción), como es el caso del ^{204}Tl , se aprecian comportamientos diametralmente opuestos , como puede comprobarse al comparar las Figuras 20 y 38 .

El comportamiento de la sustancia violeta cristal en medio acuoso viene expuesto en la Figura 84 observándose un comportamiento intermedio, que está más próximo al azul de metileno que al rojo congo, de acuerdo con sus correspondientes espectros de absorción óptica (Figuras 12 , 14 y 16) .

En el caso de las disoluciones de nitrato de cobalto (II) y verde janus, debido a que sus respectivos espectros de absorción óptica presentan absorción para muy diferentes zonas del espectro visible (Figuras 13 y 15), los resultados obtenidos con ellos y que se representan en las Figuras 85 y 86 no puedan compararse fácilmente con los obtenidos con las restantes sustancias coloreadas cuyas longitudes de onda de máxima absorbancia corresponden a zonas más definidas del espectro visible, o al menos más próximas entre sí (como del rojo congo (Figura 14)).

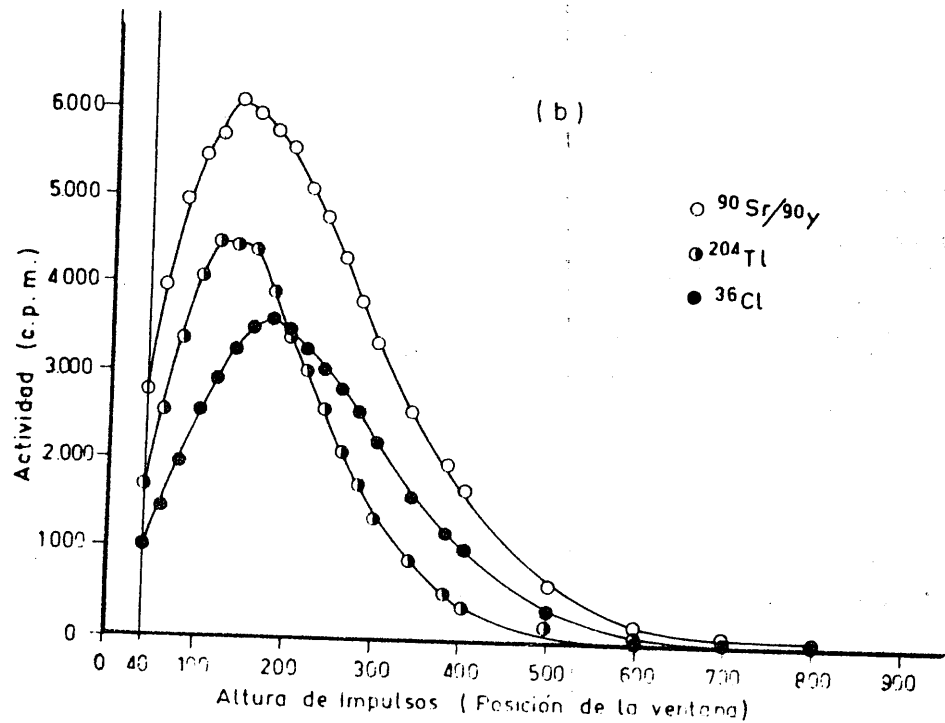
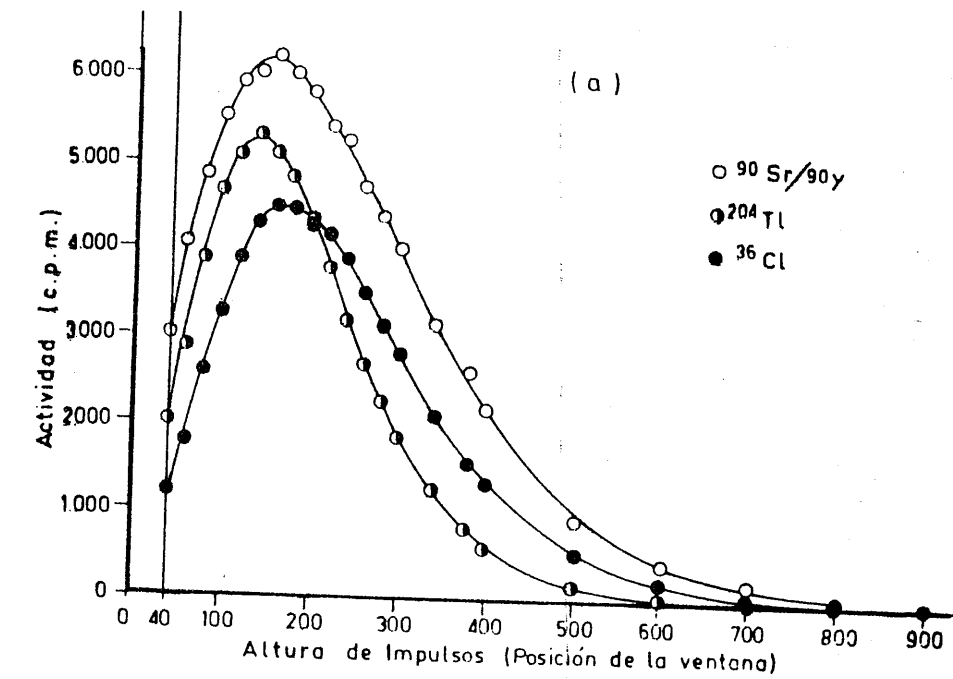


FIGURA 84.- Variación del espectro γ Cherenkov de los radisótopos $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{204}Tl y ^{36}Cl en unas disoluciones acuosas de violeta cristal de densidades ópticas iguales: (a) D.O. = 0.08
 (b) D.O. = 0.130

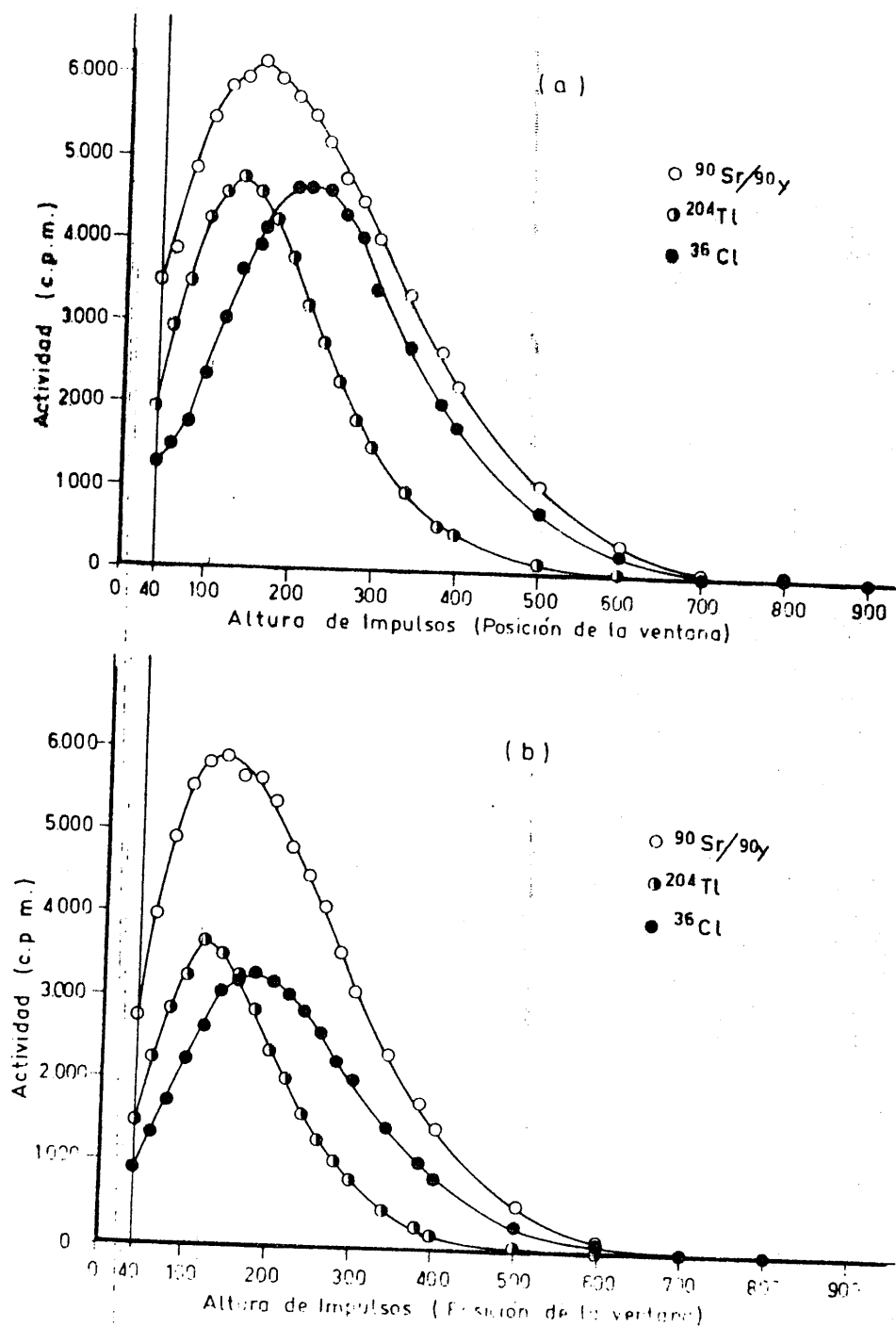


FIGURA 85. - Variación del espectro γ Cherenkov de los radisótopos $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{204}Tl y ^{36}Cl en unas disoluciones etanólica de nitrato de cobalto(II) de densidades ópticas iguales: (a) D.O. = 0.08 (b) D.O. = 0.13

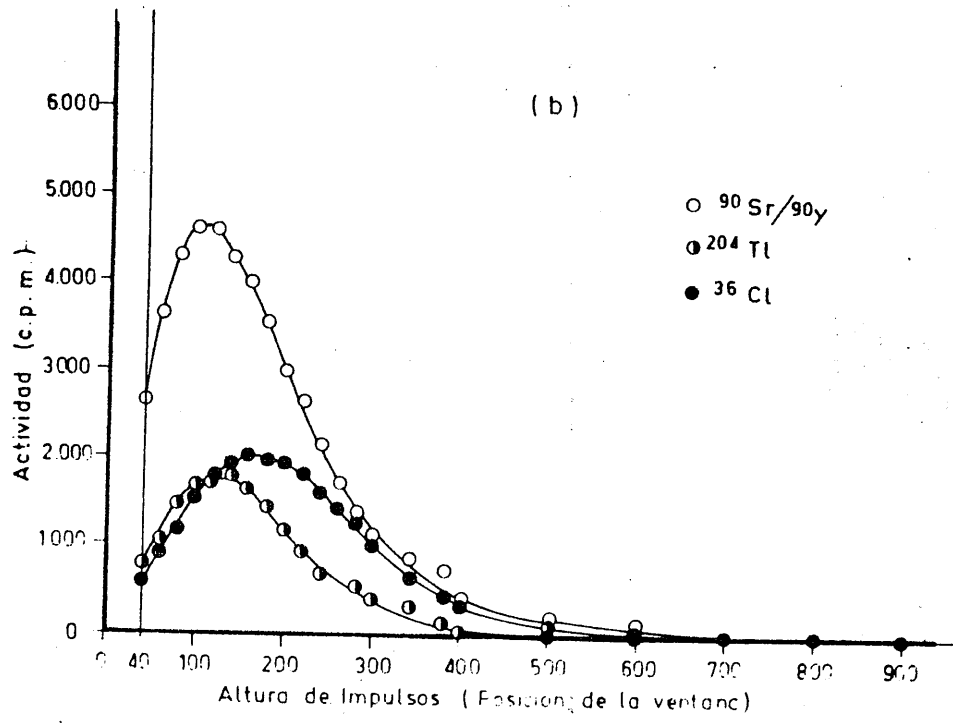
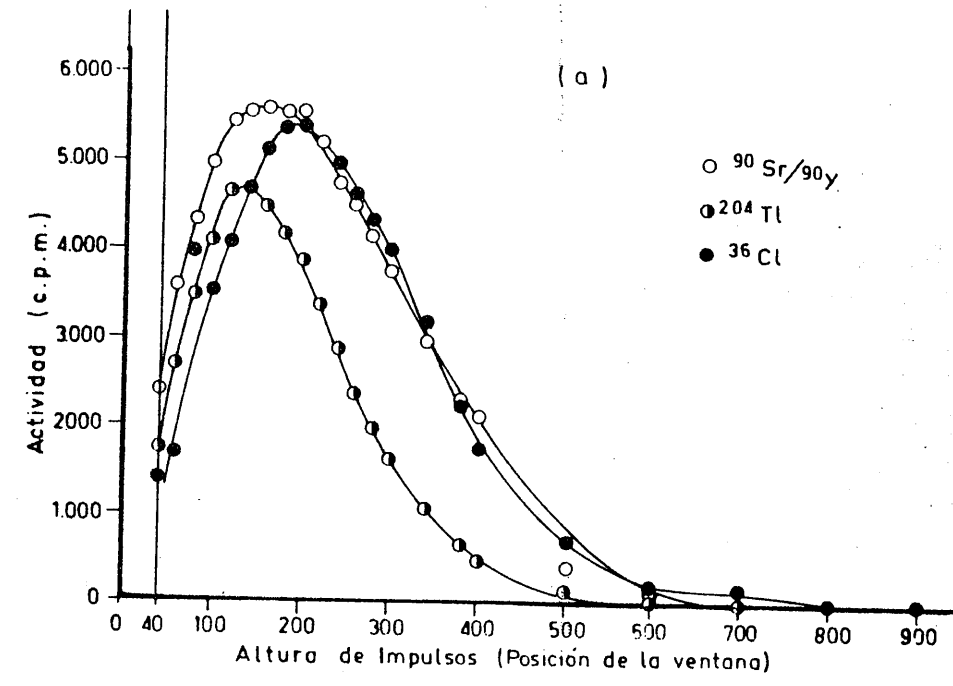


FIGURA 86.- Variación del espectro γ Cerenkov de los radisótopos $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{204}Tl y ^{36}Cl en unas disoluciones acuosas de verde janus de densidades ópticas iguales ; (a) D.O. = 0'08
 (b) D.O. = 0'130

La influencia de las longitudes de onda (a las que presenta absorbancia la sustancia coloreada) en la extinción por color de la radiación Čerenkov, puede explicarse si tenemos en cuenta los dos factores que vamos a considerar a continuación.

Por una parte, la propia naturaleza de la emisión Čerenkov, cuya distribución energética (26) viene representada en la Figura 87, en la que puede verse que la emisión es muy poco intensa para longitudes de onda superiores a 600 nm (zona del rojo e infrarrojo) aumentando a medida que disminuye ésta y siendo muy intensa para valores de λ inferiores a 500 nm (zonas del azul, violeta y ultravioleta). Si consideramos solamente este factor, las disoluciones coloreadas que presentan su zona de máxima absorbancia preferentemente para valores de λ inferiores a 400 nm producirán un grado de extinción por color mucho más elevado que aquellas que lo hagan para valores de λ superiores a 500 nm (casos del rojo de metileno y del violeta cristal), lo que está de acuerdo con los resultados experimentales.

Por otra parte, el otro factor a considerar es el de la propia sensibilidad espectral del fotocátodo de bialcali utilizado (Philips tipo 55 DUVF) cuya variación en función de la eficiencia (46) exponemos en la Figura 88. En dicha figura podemos comprobar que la sensibilidad espectral del fotocátodo es débil para valores de λ superiores a 500 nm (zona del rojo); por esta razón, los fotones correspondientes a dichas longitudes de onda darán una débil respuesta del fotocátodo, potenciando la ya elevada extinción por color de sustancias tales como el rojo congo, cuya longitud de onda de máxima absorbancia corresponde a zonas complementarias de dichas longitudes de onda.

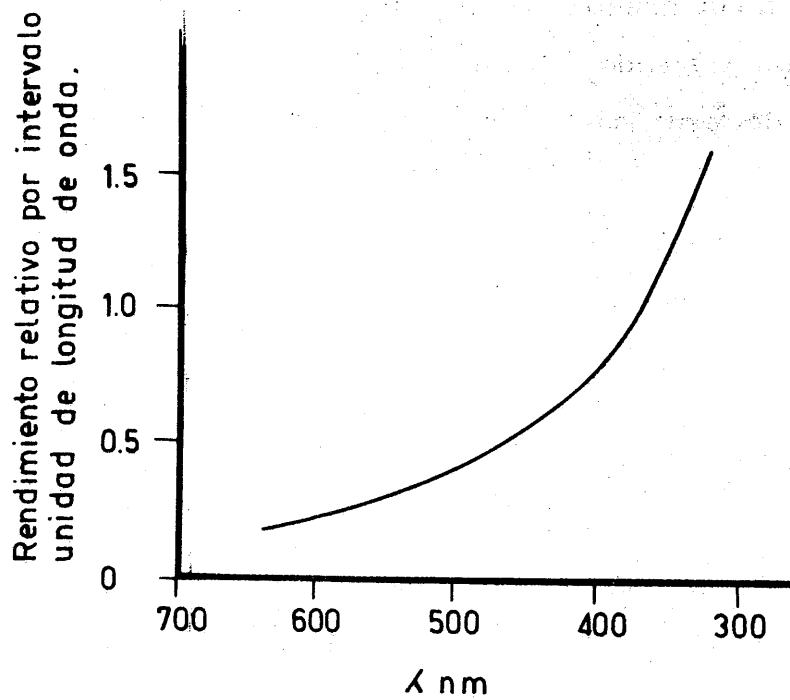


FIGURA 87.- Distribución energética de la radiación γ Cherenkov.

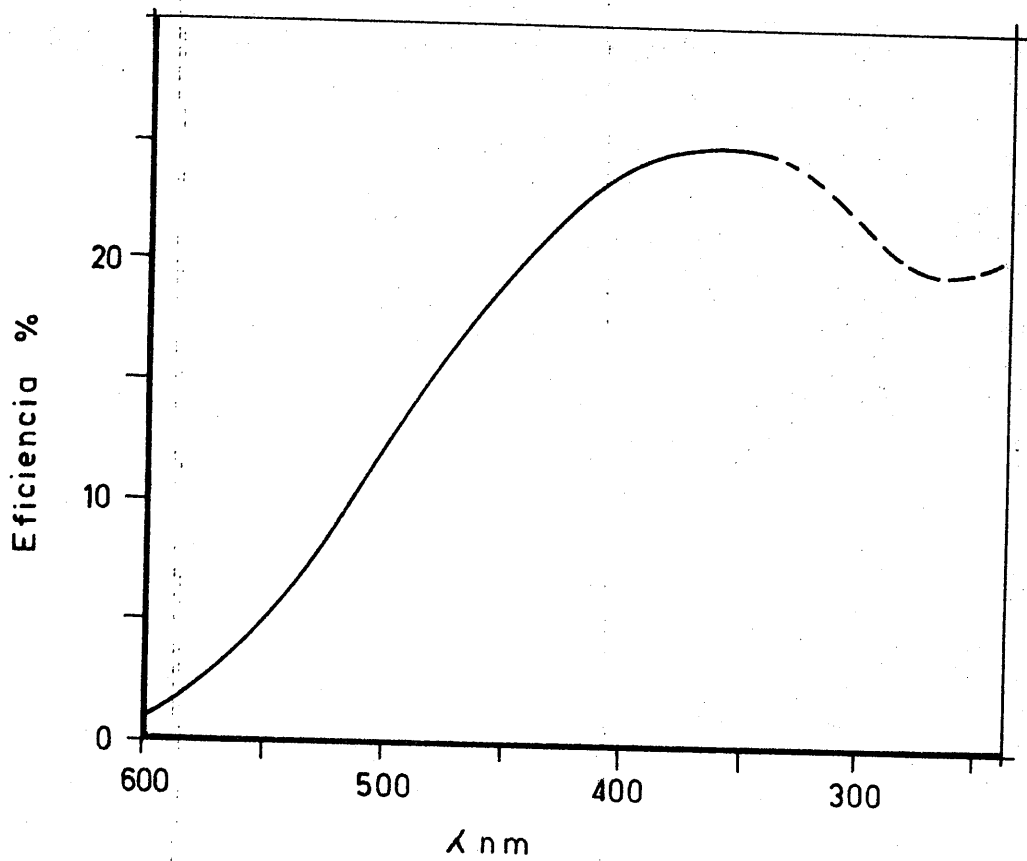


FIGURA 88. - Sensibilidad espectral del fotocatodo de bialcali tipo 56 DUVP.

Sin embargo, los fotones que deja pasar el azul de metileno (longitudes de onda inferiores a 450 nm , cuya extinción por color es débil) darán una elevada respuesta en el fotocátodo contribuyendo a reducir la ya citada débil extinción obtenida experimentalmente.

Como resumen de lo que hemos expuesto, en las Figuras 89, 90 y 91 se representan para las diferentes disoluciones coloreadas y diferentes densidades ópticas de las mismas, la variación de la actividad relativa A/A_0 en escala logarítmica.

Podemos observar cómo los diferentes puntos experimentales obtenidos se alinean con suficiente aproximación según líneas rectas y además que la ordenación de las diferentes líneas se realiza según una secuencia - que corresponde a las razones expuestas anteriormente.

Por otra parte si comparamos las Figuras 89 y 91 correspondientes al radisotopo más energético y al de menor energía se observa claramente cómo en este último caso la pendiente negativa de las distintas líneas rectas es mayor que en el caso del más energético, circunstancia ésta que ya se explicó con anterioridad.

Se han calculado, por el método de mínimos cuadrados, los parámetros y coeficientes de correlación lineal de las rectas representadas en las citadas figuras, los cuales exponemos en las Tablas LXXXIV, LXXXV y LXXXVI .

El radisótomo emisor de rayos gamma que ha sido utilizado en este trabajo ha sido el ^{60}Co que emite en su desintegración dos rayos gamma

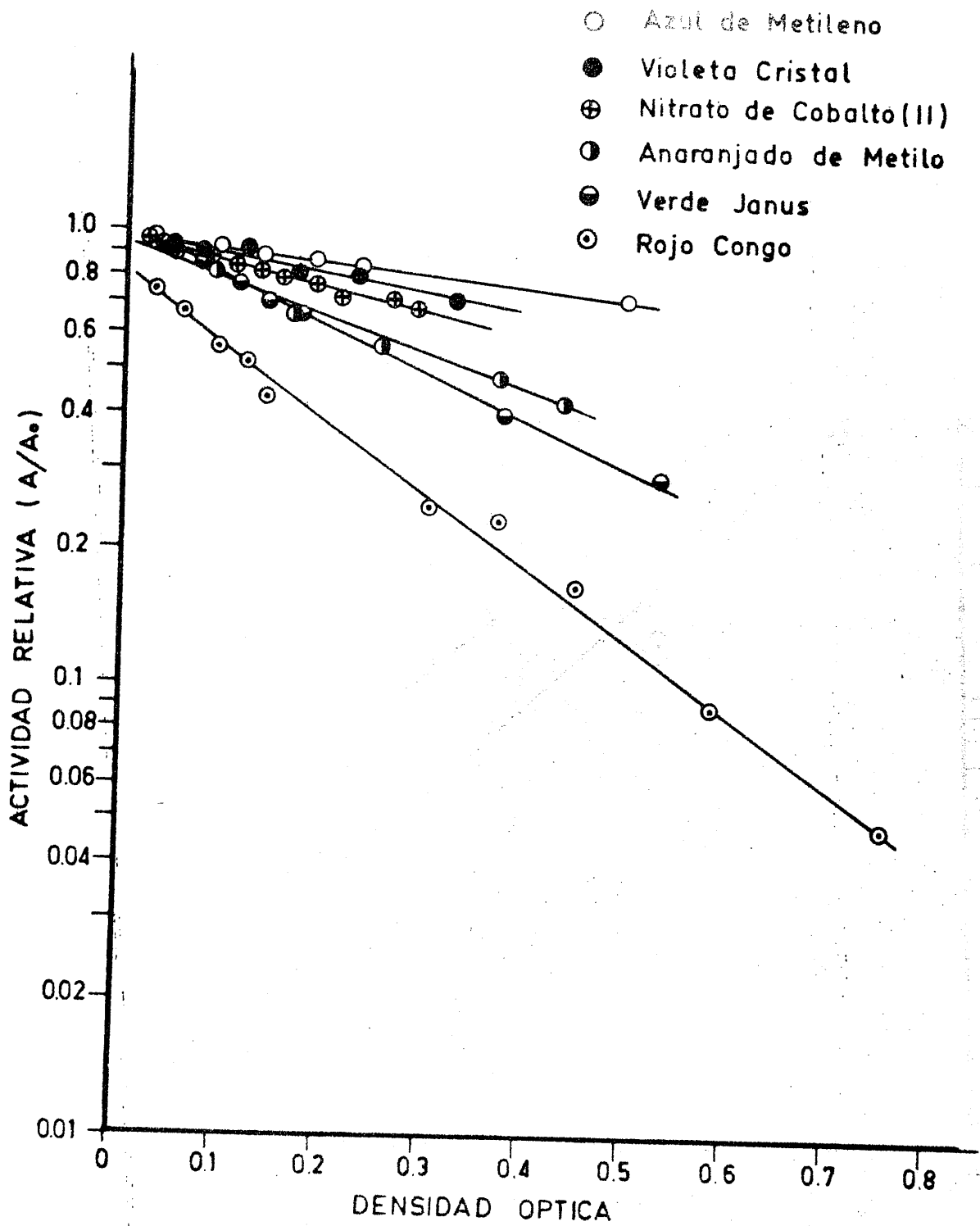


FIGURA 89.- Variación de A/A_0 con la densidad óptica de diferentes disoluciones utilizando $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

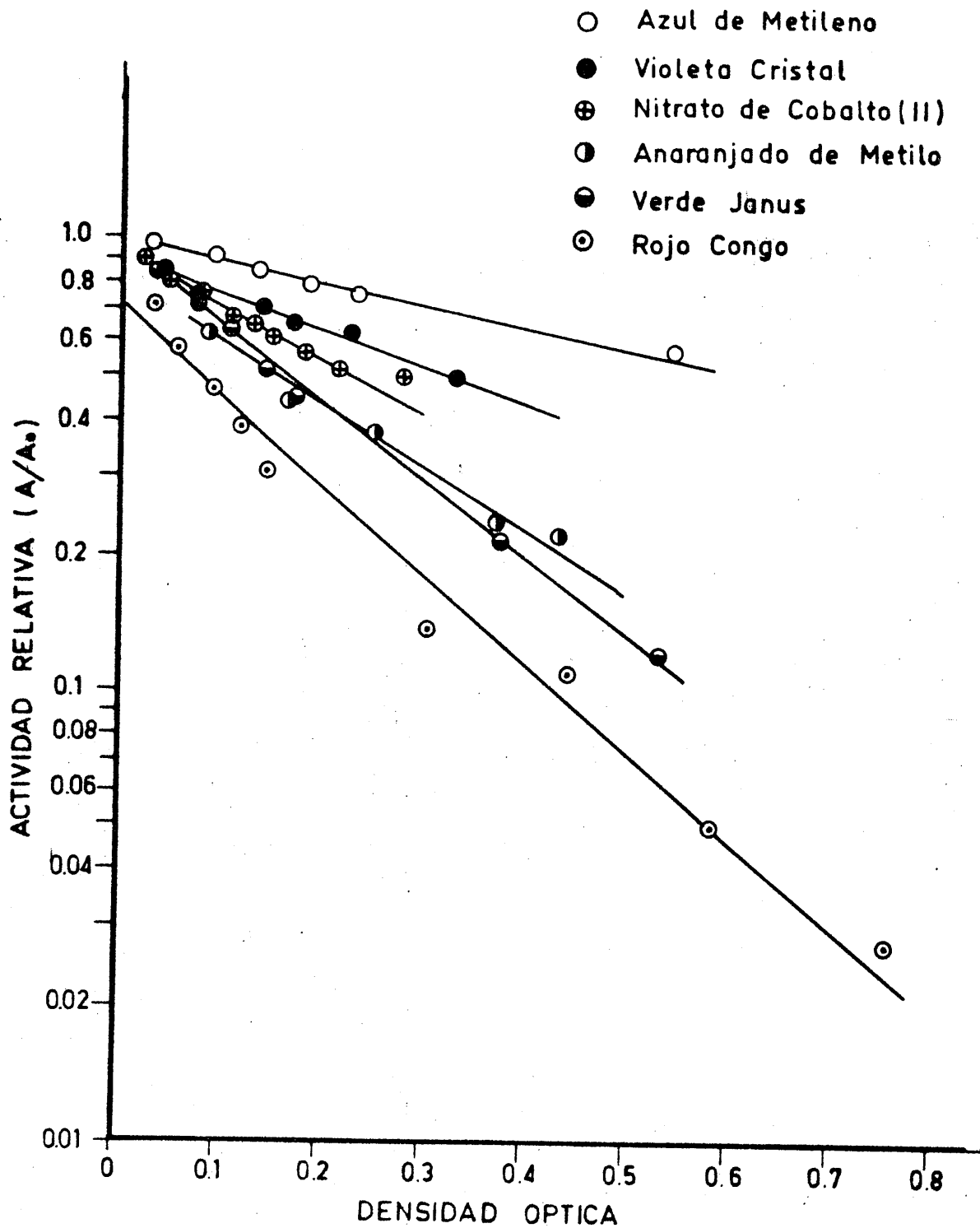


FIGURA 90.- Variación de A/A_0 con la densidad óptica de diferentes disoluciones utilizando ^{204}Tl .

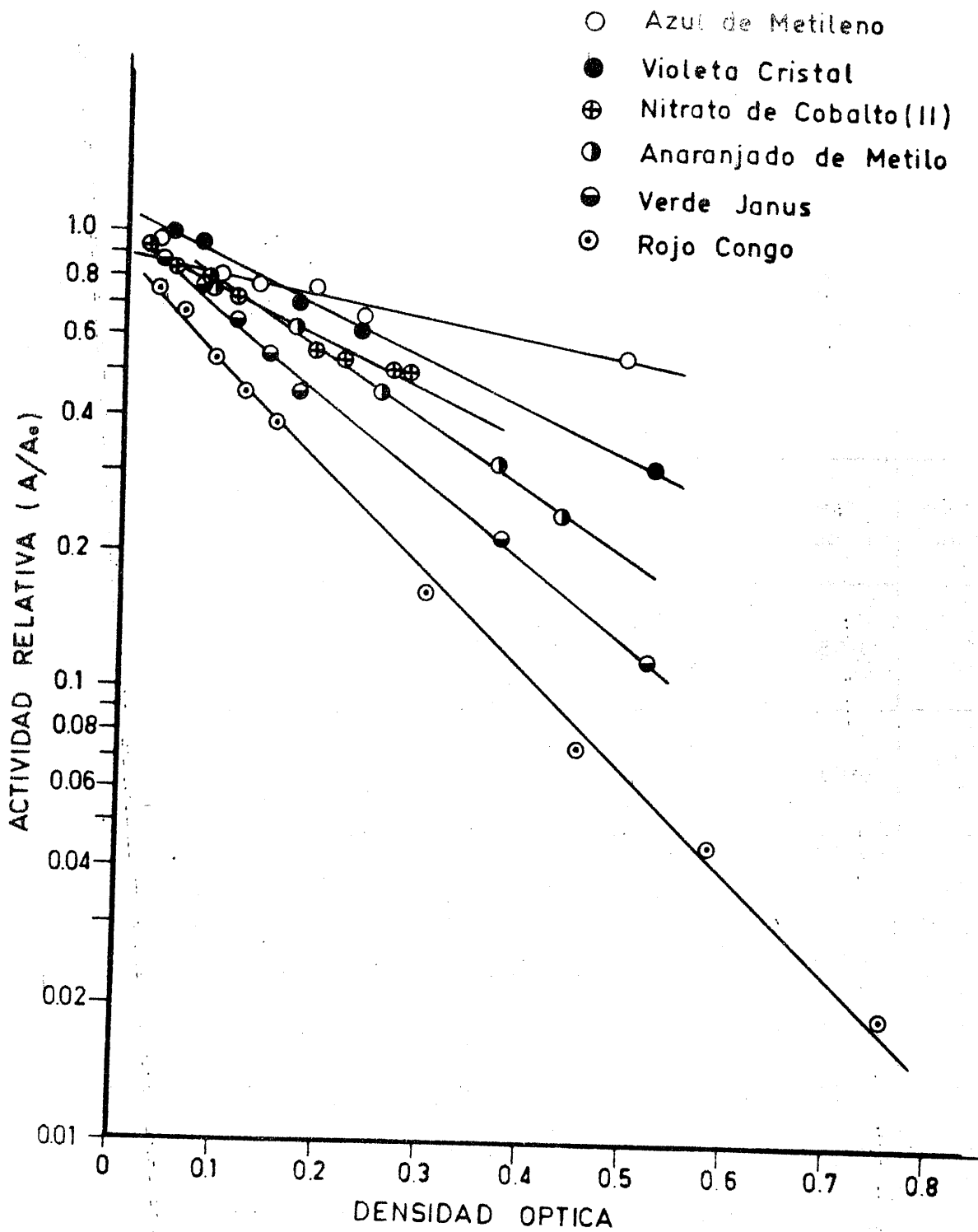


FIGURA 91. - Variación de A/A_0 con la densidad óptica de diferentes disoluciones utilizando ^{36}Cl .

TABLA LXXXIV

PARAMETROS Y COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS
ECUACIONES CORRESPONDIENTES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS
CON $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

Disolución Coloreada	Densidad optica	Parámetros		Coeficiente de correlación lineal
		a	b	
Anaranjado de Metilo	0'050-0'429	-0'813	-0'016	0'988
Azul de Metielno	0'033-0'49	-0'226	-0'015	0'997
Nitrato de Cobalto (II)	0'024-0'278	-0'526	-0'013	0'986
Rojo Congo	0'033-0'748	-1'587	-0'094	0'999
Verde Janus	0'037-0'528	-1'008	0'0008	0'999
Violeta Cristal (acuoso)	0'032-0'291	-0'248	-0'027	0'933

TABLA LXXXV

PARAMETROS Y COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS
 ECUACIONES CORRESPONDIENTES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS
 CON ²⁰⁴TI

Disolución Coloreada	Densidad optica	Parámetros		Coeficiente de correlación lineal
		a	b	
Anaranjado de Metilo	0'050-0'429	-1'241	-0'119	0'994
Azul de Metielno	0'033-0'49	-0'496	0'001	0'994
Nitrato de Cobalto (II)	0'024-0'278	-0'978	-0'048	0'969
Rojo Congo	0'033-0'748	-1'949	-0'169	0'989
Verde Janus	0'037-0'528	-1'700	-0'021	0'998
Violeta Cristal (acuoso)	0'032-0'291	-0'491	-0'072	0'938

TABLA LXXXVI

PARAMETROS Y COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS
 ECUACIONES CORRESPONDIENTES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS
 CON ³⁶Cl

Disolución Coloreada	Densidad optica	Parámetros		Coeficiente de correlación lineal
		a	b	
Anaranjado de Metilo	0'050-0'429	-1'414	0'015	0'998
Azul de Metielno	0'033-0'49	-0'466	-0'038	0'952
Nitrato de Cobalto (II)	0'024-0'278	-1'082	-0'026	0'975
Rojo Congo	0'033-0'748	-2'222	-0'066	0'998
Verde Janus	0'037-0'528	-1'745	-0'006	0'998
Violeta Cristal (acuoso)	0'032-0'291	-0'876	0'03	0'977

(de 1'17 y 1'33 MeV, respectivamente), mientras que la partícula beta que previamente emite tiene como máximo una energía de 310 KeV, (muy por debajo de las energías beta máximas del ^{204}Tl y del ^{36}Cl , cuyos valores son 763 y 714 KeV, respectivamente). Por dicha razón podemos considerar prácticamente despreciable la proporción de radiación Čerenkov que se produce por dicha partícula beta. Por todo ello, podemos considerar, a estos efectos, que el ^{60}Co se comporta, en nuestro caso, como un emisor puro de rayos gamma de energía elevada.

De entre los procesos de interacción que pueden experimentar los rayos gamma en el sistema experimental considerado, podemos estimar como más frecuente y probable el efecto Compton, dados los relativamente bajos números atómicos de los elementos que constituyen los diversos componentes del citado sistema : vidrio y agua; así como los citados valores de energía. El efecto fotoeléctrico tendrá menos posibilidad de producirse inicialmente por lo que será poco probable la presencia de fotoelectrones de alta energía; sin embargo, sí se producirán extensamente electrones Compton de muy diferentes energías y algunos fotoelectrones como resultado del proceso de atenuación de los rayos gamma que tiene lugar dentro del sistema experimental.

En cuanto al efecto de producción de pares consideramos que si bien la energía de los rayos gamma supera el umbral de 1'02 MeV, necesario para que se dé este efecto, la energía cinética disponible para la suma de la de ambas partículas producidas (electrón y positrón) sería respectivamente de $1'33 - 1'02 = 0'31$ MeV y $1'17 - 1'02 = 0'15$ MeV, cuya aportación a la producción de efecto Čerenkov sería prácticamente nula en el primer caso y nula en el segundo.

En las Figuras 92 y 93 se comparan, para dos densidades ópticas distintas, los espectros Cerenkov obtenidos con el emisor gamma ^{60}Co y los obtenidos con cada emisor beta $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{204}Tl , respectivamente, utilizando como medio coloreado disoluciones acuosas de anaranjado de metilo.

Puede observarse que el espectro Cerenkov obtenido con el emisor gamma es totalmente comparable a los obtenidos con los emisores beta, coincidiendo por otra parte con bastante aproximación la situación del máximo de intensidad de los citados espectros.

Lo mismo puede comprobarse para el caso de las restantes sustancias coloreadas, azul de metileno Figuras 94 y 95, nitrato de cobalto (II) Figuras 96 y 97, rojo congo Figuras 98 y 99, verde janus Figuras 100 y 101 y violeta de cristal 102 y 103.

Con objeto de comparar la variación de las áreas de los citados espectros con la concentración de sustancia coloreada, exponemos en las Figuras 104 a 109 la variación de A/A_0 , en escala logarítmica, con la concentración de las distintas sustancias coloreadas, ya que la variación de A/A_0 se corresponde, en cada caso, con la variación del área del espectro correspondiente, dentro del intervalo estudiado.

De la observación de las citadas figuras puede establecerse que, para las concentraciones más bajas el emisor gamma adopta un comportamiento intermedio entre los radionúcleos beta emisores de energías máximas con que se compara (el $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y el ^{204}Tl). Sin embargo, en el rango de concentraciones utilizado, se aprecia en casi todos los casos que, para la

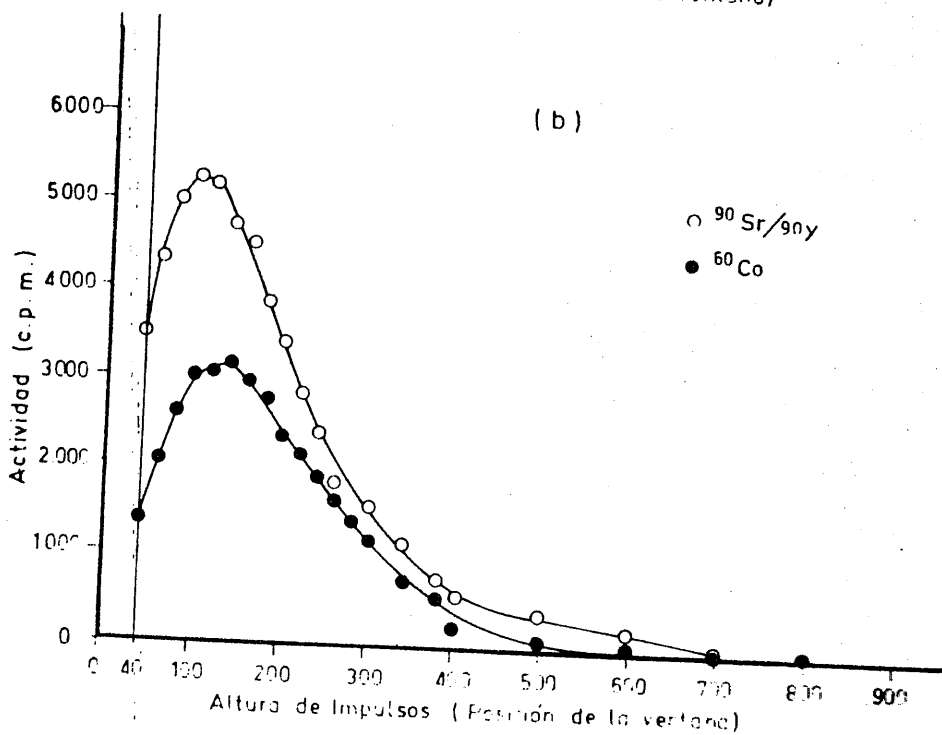
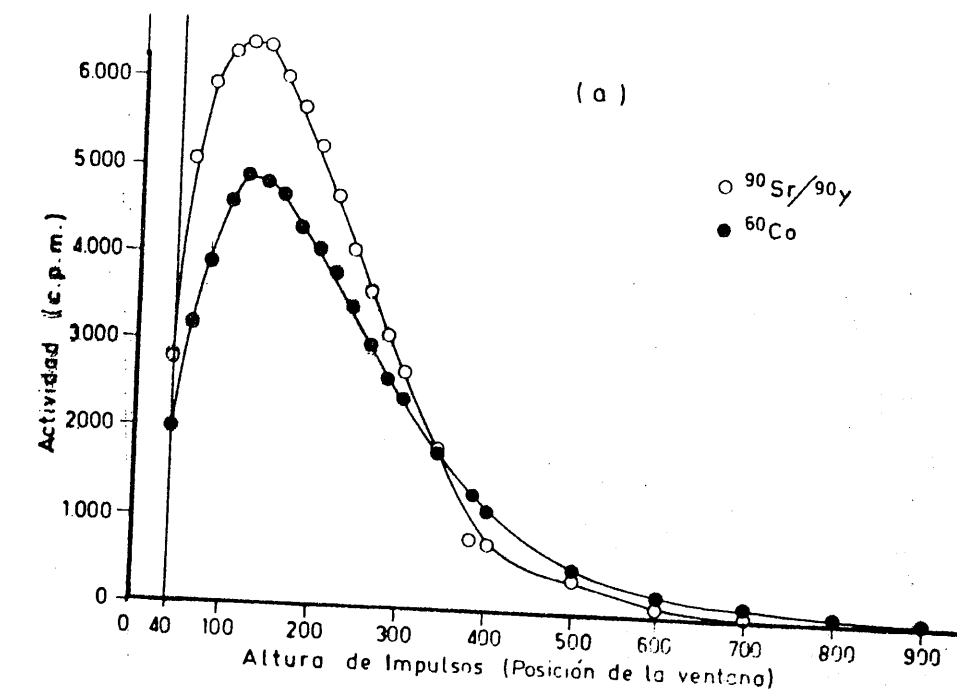


FIGURA 92. - Variación del espectro Čerenkov de los radisótopos $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{60}Co en unas disoluciones acuosas de an ranjado de metilo de densidades ópticas iguales:

(a) D.O. = 0'08

(b) D.O. = 0'30

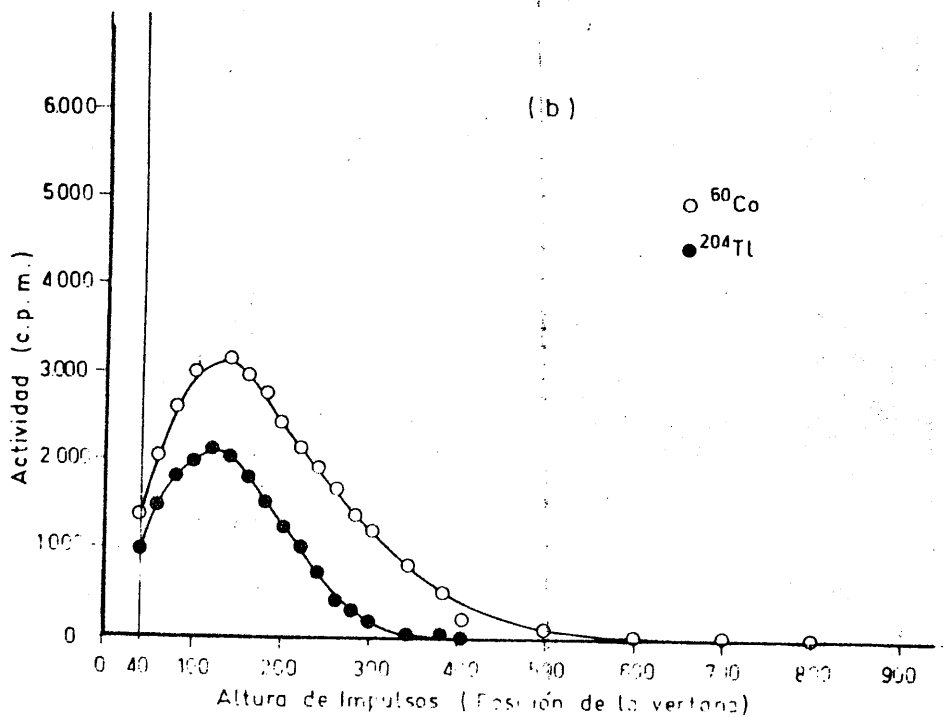
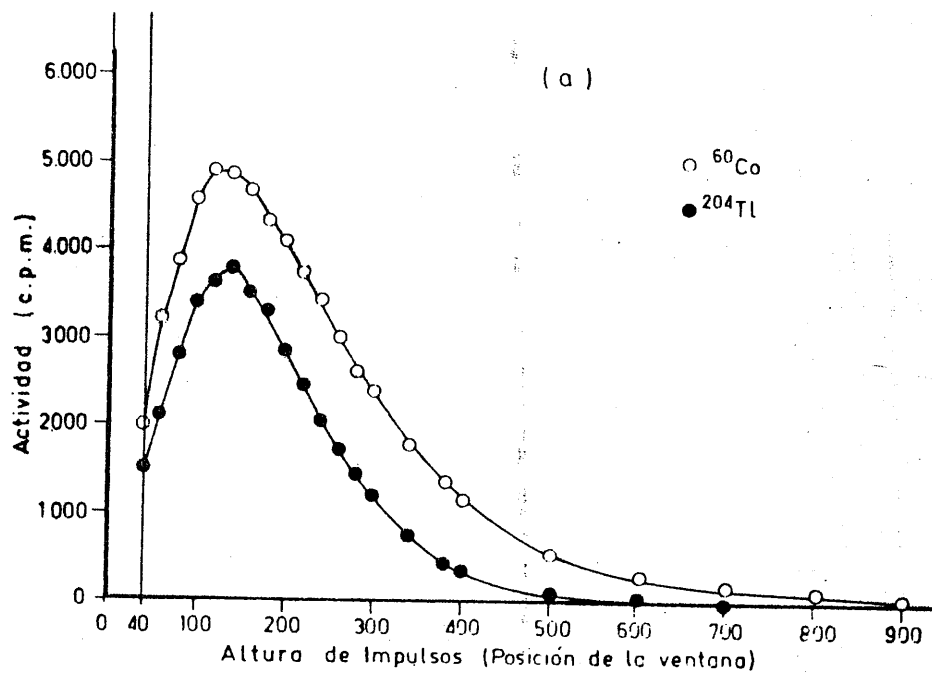


FIGURA 93. - Variación del espectro Cherenkov de los radisótopos: ^{204}Tl y ^{60}Co en unas disoluciones acuosas de anaranjado de metilo de densidades ópticas iguales: (a) D.O. = 0'08 (b) D.O. = 0'13

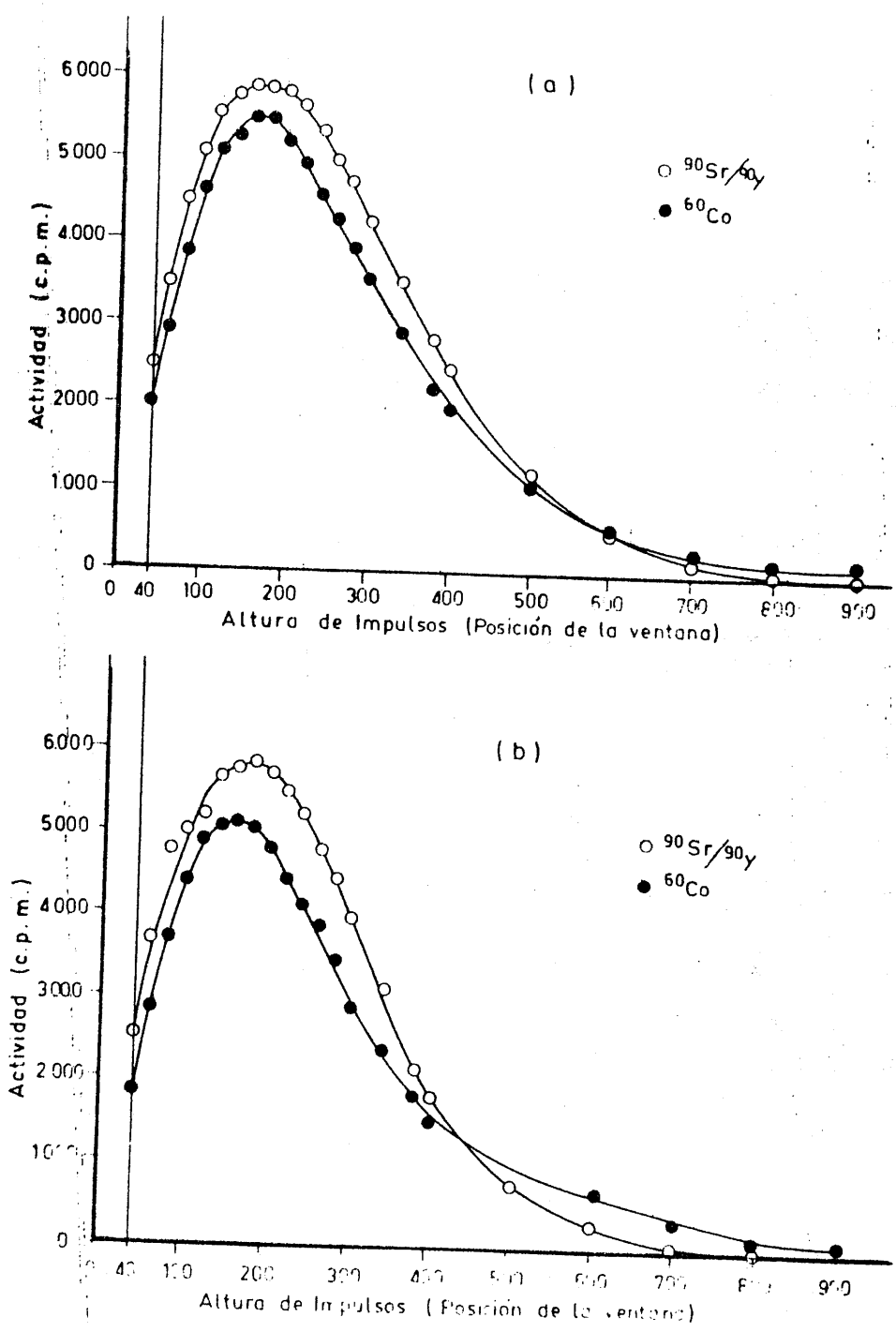


FIGURA 94. - Variación del espectro Cherenkov de los radisótopos: $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{60}Co en unas disoluciones acuosas de azul de metileno de densidades ópticas iguales; (a) D.O. = 0'08 (b) D.O. = 0'130

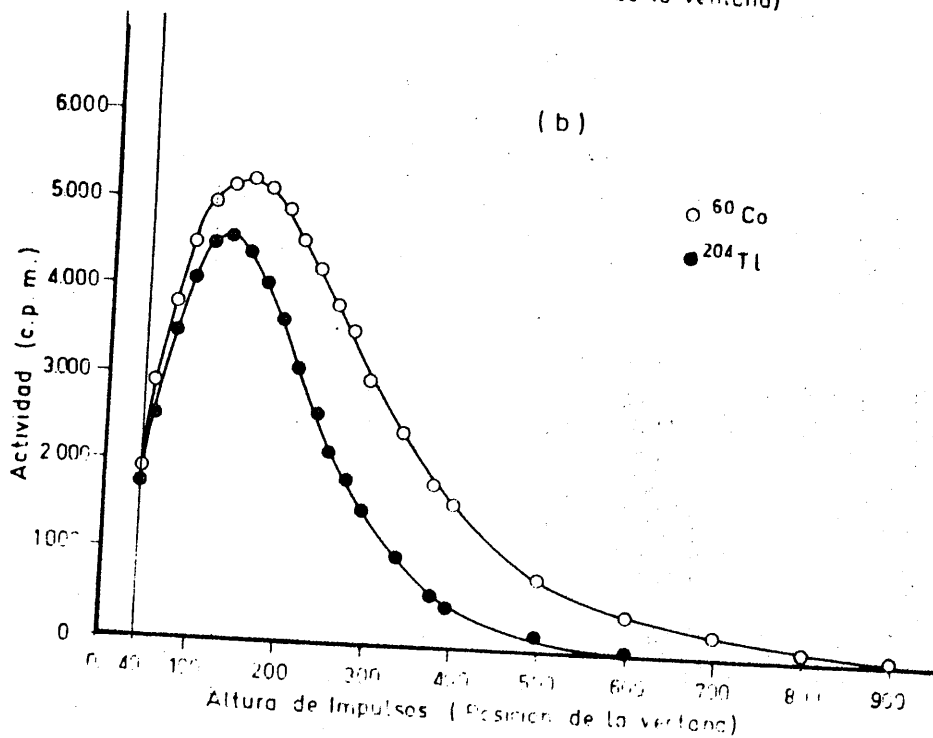
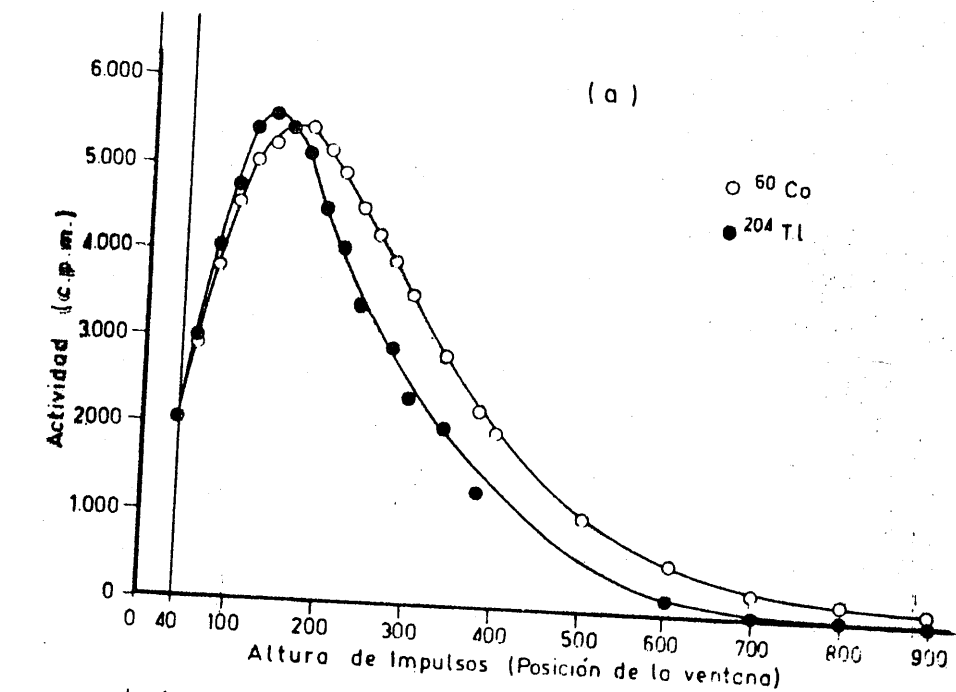


FIGURA 95.- Variación del espectro Cherenkov de los radisótopos: ^{204}Tl y ^{60}Co en unas disoluciones acuosas de azul de metileno de densidades ópticas iguales: (a) D.O. = 0.08
(b) D.O. = 0.130

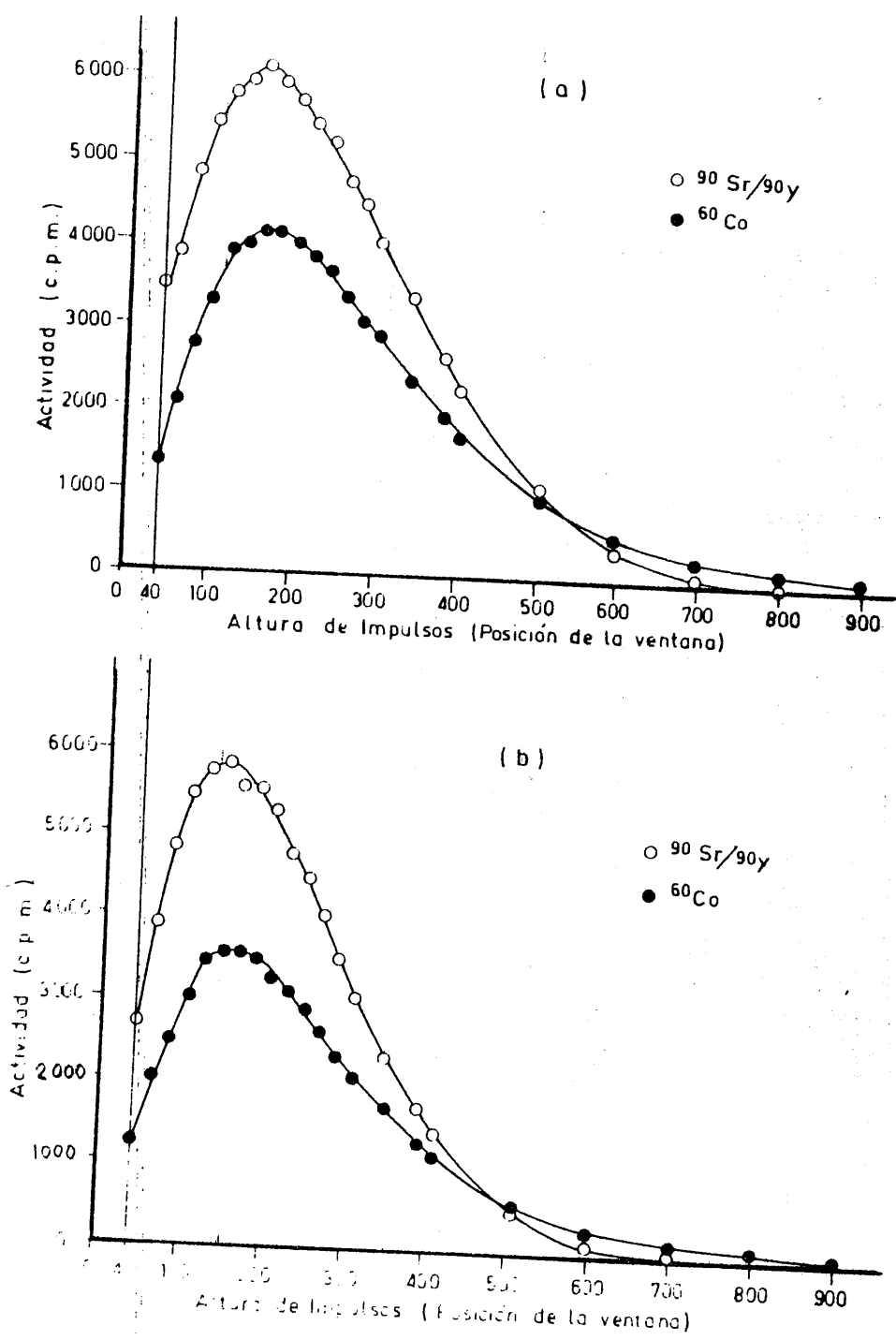


FIGURA 96.- Variación del espectro γ Cherenkov de los radisótopos: $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{60}Co en unas disoluciones acuosas de nitrato de cobalto (II) de densidades ópticas iguales:

- (a) D.O. = 0'08
- (b) D.O. = 0'30

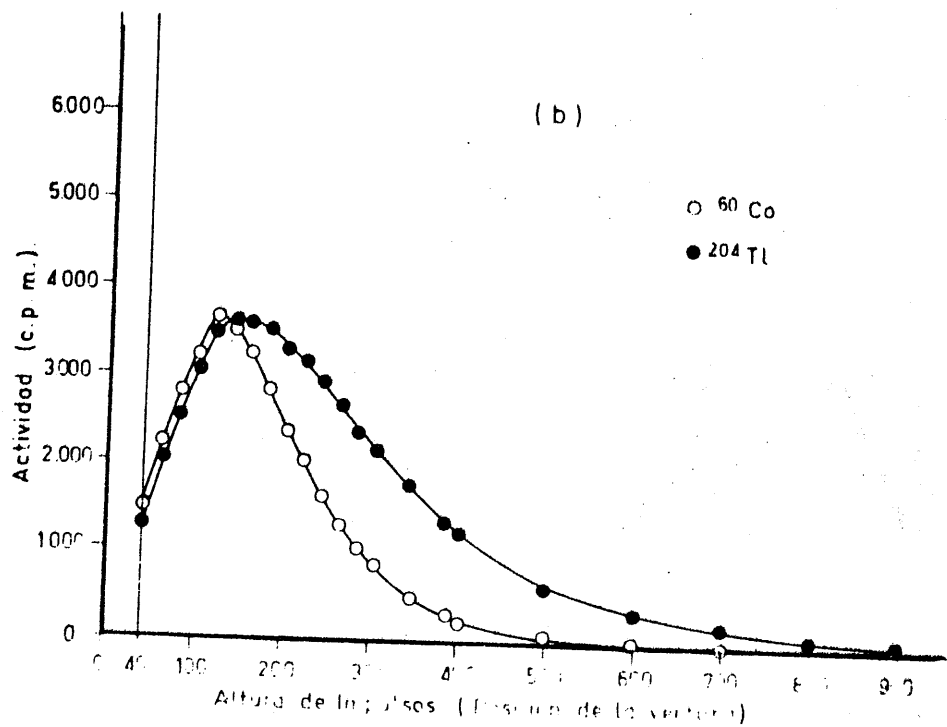
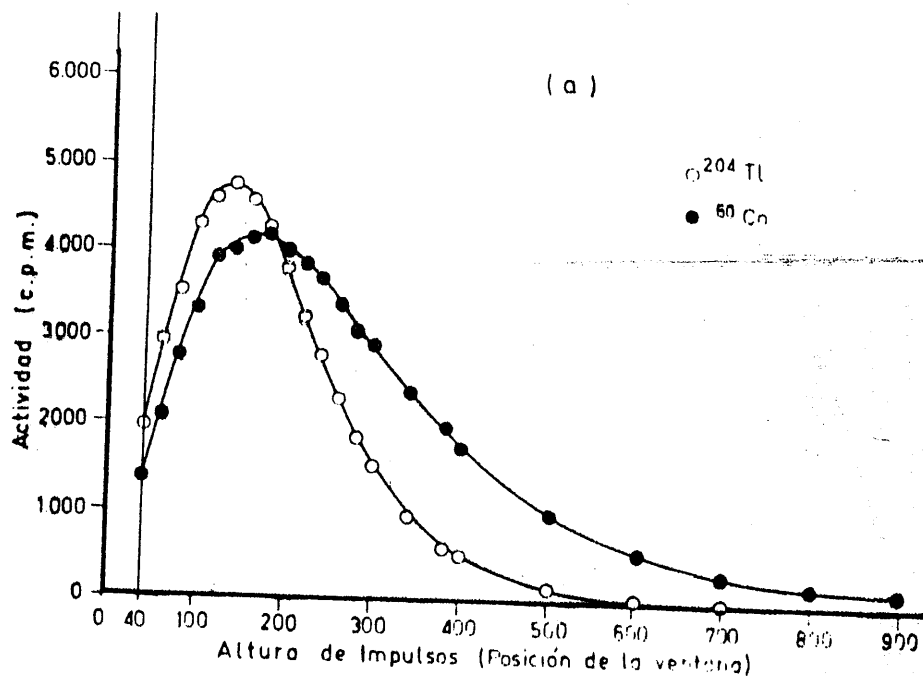


FIGURA 97.- Variación del espectro Cherenkov de los radionúclidos: ^{204}Tl y ^{60}Co en unas disoluciones acuosas de nitrato de cobalto (II) de densidades ópticas iguales: (a) D.O. = 0'08 (b) D.O. = 0'30

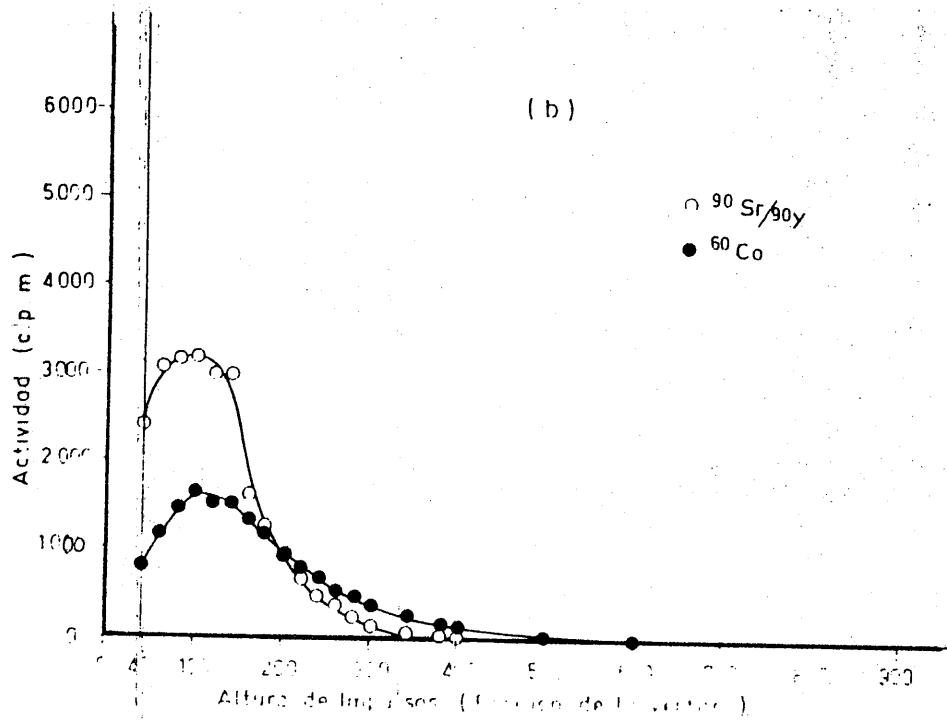
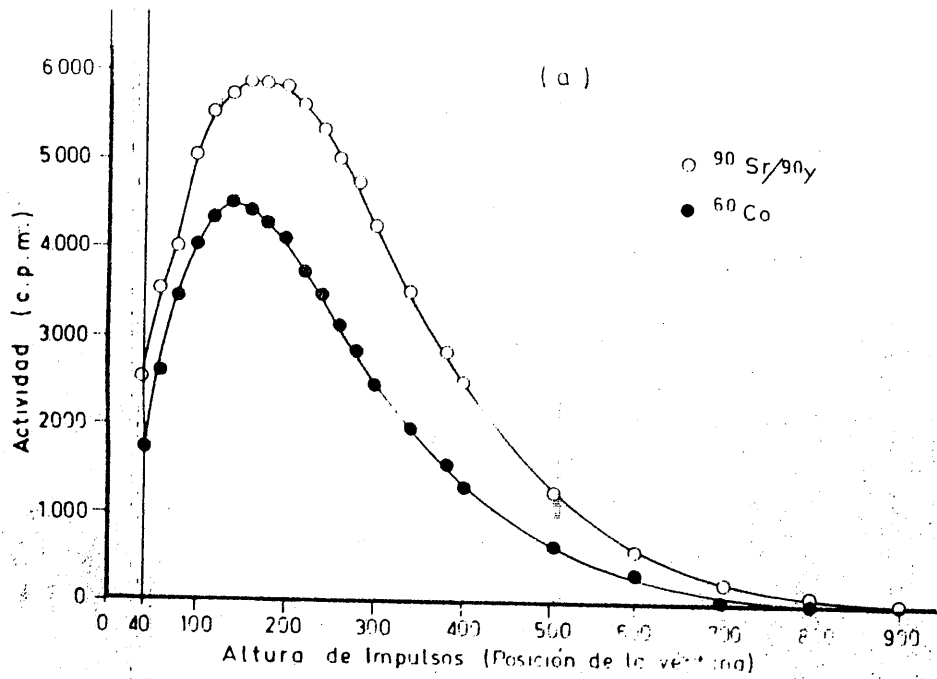


FIGURA 98. - Variación del espectro Čerenkov de los radisótopos: $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{60}Co en unas disoluciones acuosas de rojo congo de densidades ópticas iguales; (a) D.O. = 0'08
(b) D.O. = 0'130

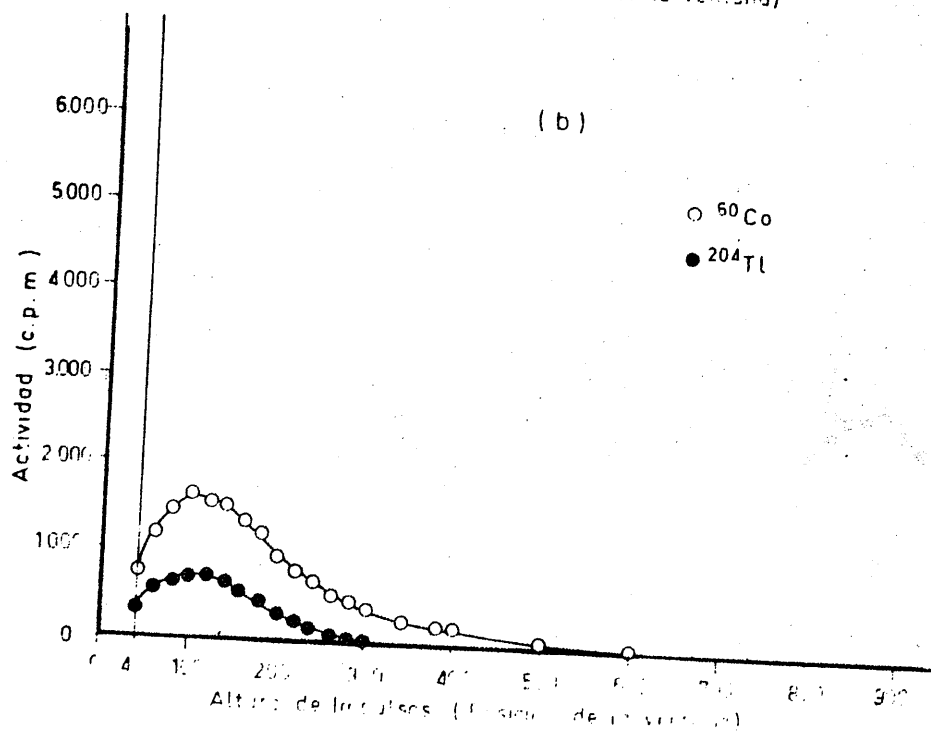
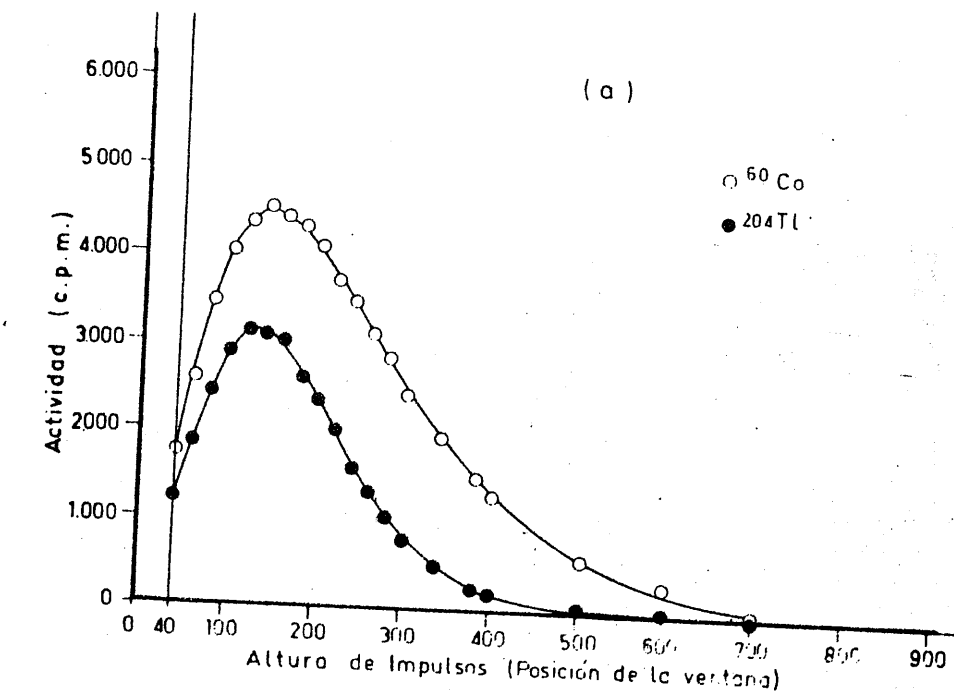


FIGURA 99. - Variación del espectro γ Cherenkov de los radisótopos: ^{204}Tl y ^{60}Co en unas disoluciones acuosas de rojo congo de densidades ópticas iguales; (a) D.O. = 0'08 (b) D.O. = 0'30

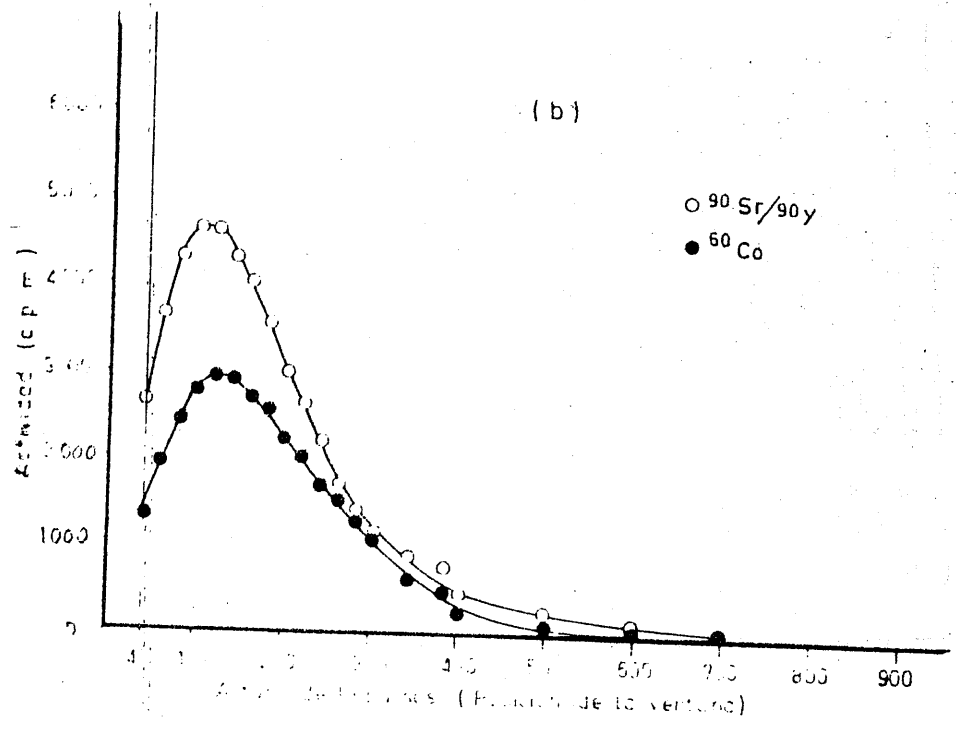
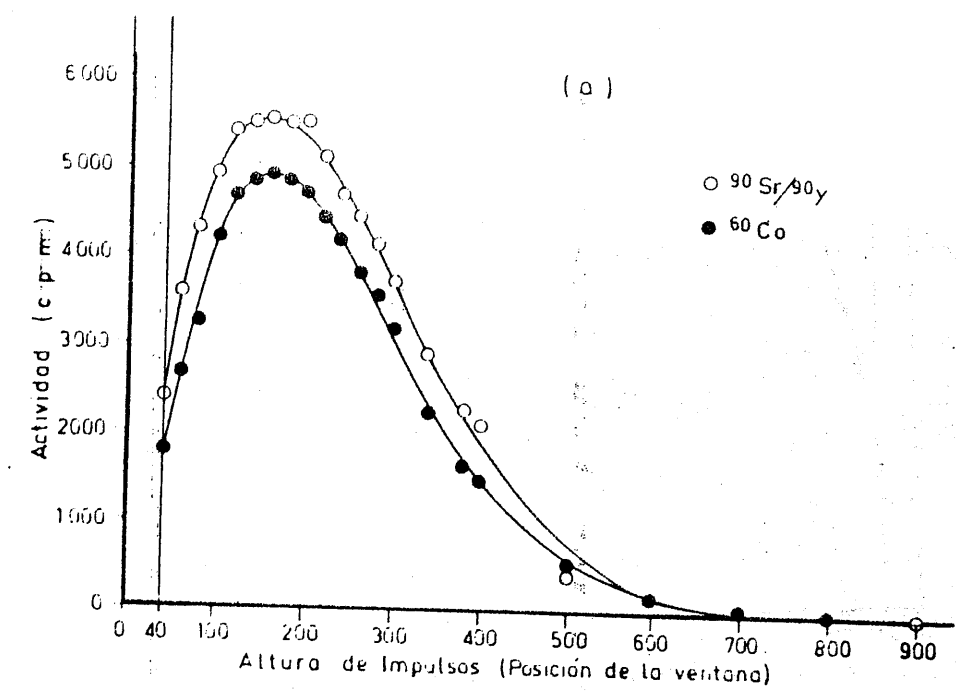


FIGURA 100. - Variación del espectro Cherenkov de los radiótopos: $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{60}Co en unas disoluciones acuosas de verde janus de densidades ópticas iguales: (a) D.O. = 0'08 (b) D.O. = 0'130

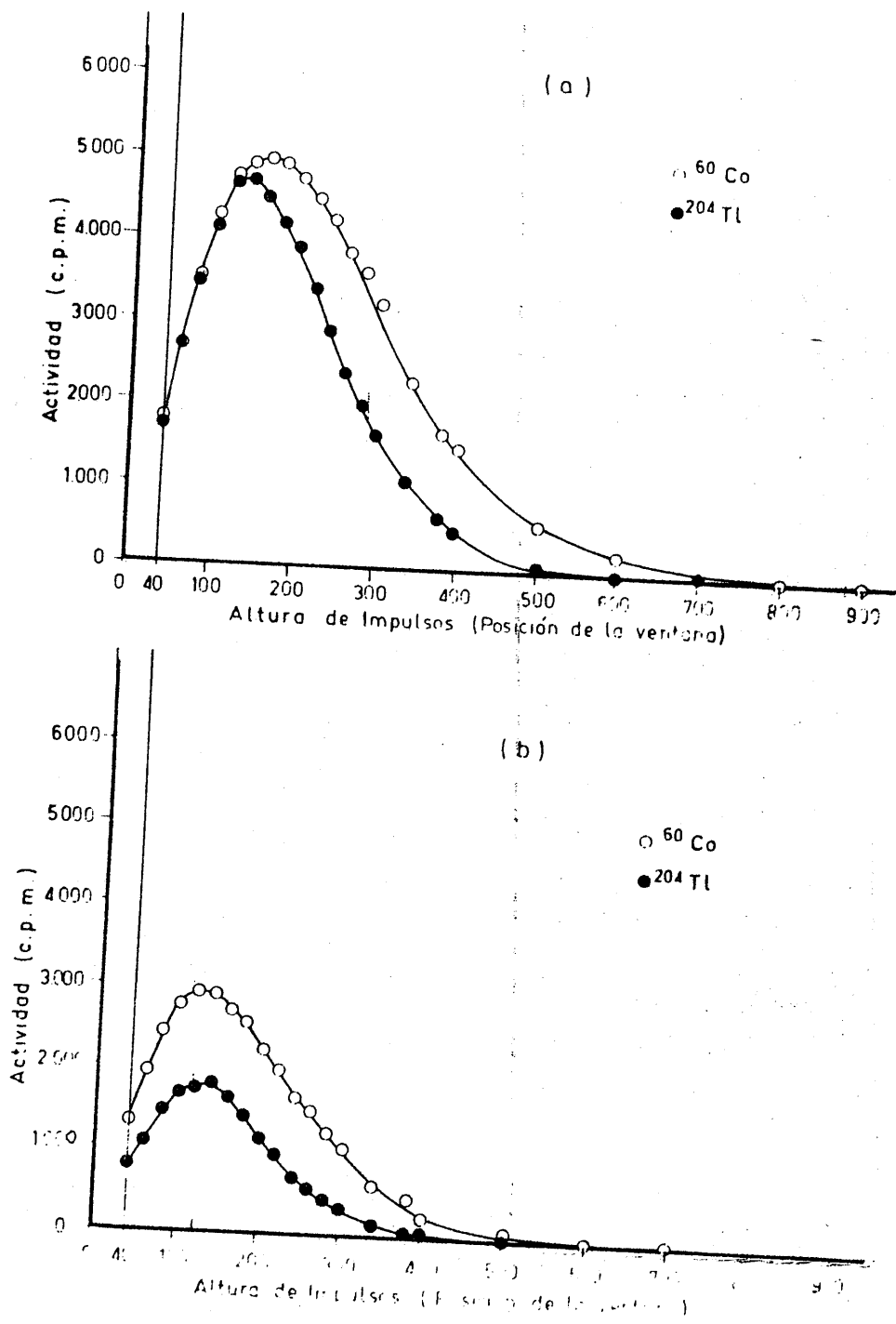


FIGURA 101.- Variación del espectro Cherenkov de los radisótopos: ^{204}Tl y ^{60}Co en unas disoluciones acuosas de verde janus de densidades ópticas iguales: (a) D.O. = 0'08 (b) D.O. = 0'130

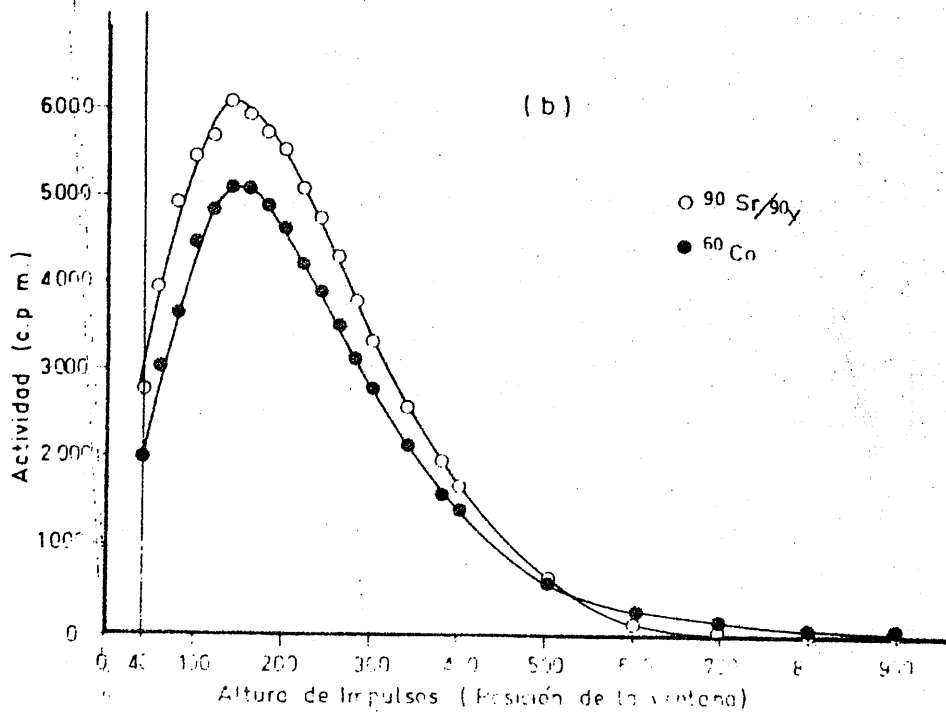
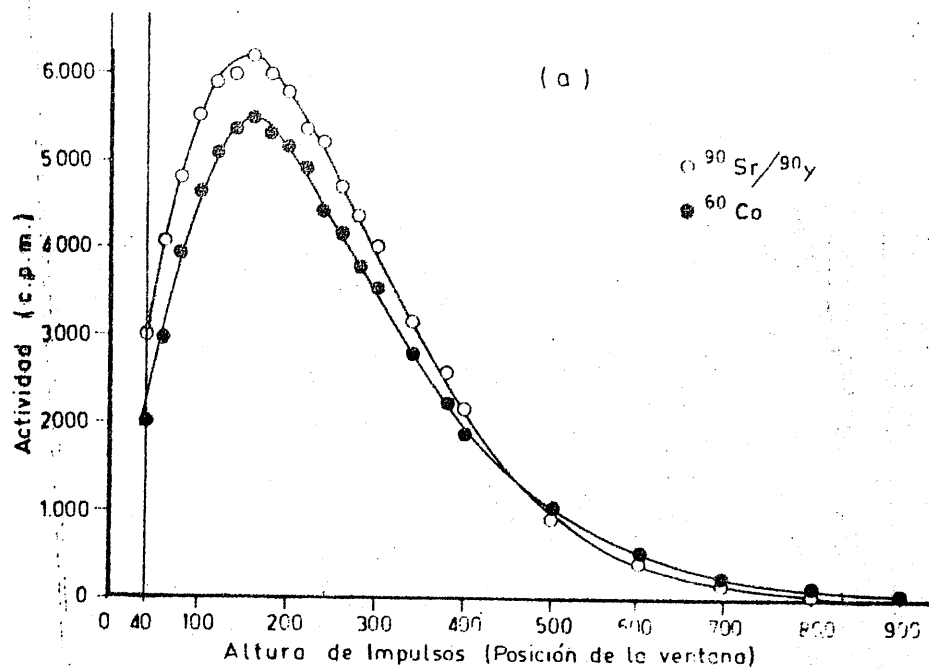


FIGURA 102. — Variación del espectro γ Cherenkov de los radionúclidos: $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{60}Co en unas disoluciones acuosas de violeta cristal de densidades ópticas iguales: (a) D.O. = 0.08 (b) D.O. = 0.13

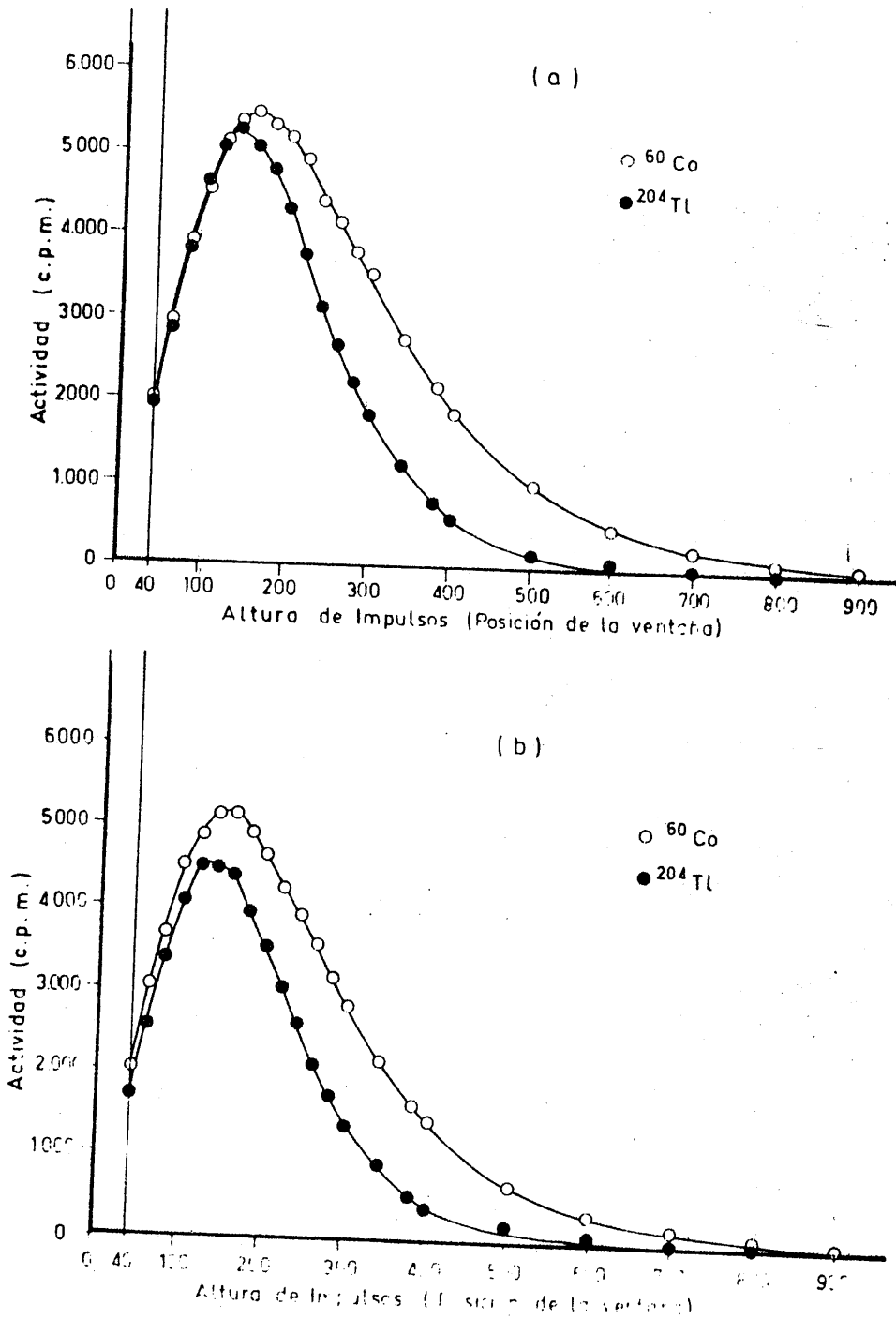


FIGURA 103.- Variación del espectro Cherenkov de los radisótopos: ^{204}Tl y ^{60}Co en unas disoluciones acuosas de violeta cristal de densidades ópticas iguales: (a) D.O. = 0.08 (b) D.O. = 0.130

zona de mayores concentraciones, el ^{60}Co se comporta como si se tratase de un beta emisor más energético que el propio $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, lo que puede ser debido al hecho de que, por ser la radiación gamma mucho más penetrante, habrá un cierto número de fotones que podrán interaccionar con zonas de la disolución coloreada más próximas a las paredes del vial siendo por tanto los fotones de radiación Čerenkov producidos menos absorbidos en este caso por la disolución coloreada.

Puede observarse que, en el caso del nitrato de cobalto (II) (Figura 104), el comportamiento del ^{60}Co es muy análogo al del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$; esta diferencia de comportamiento con relación a los restantes medios coloreados puede explicarse por el hecho de que en este caso varía algo el índice de refracción debido a las mayores concentraciones de sustancia que se han utilizado. Como, por otra parte, en el caso del ^{60}Co se producirán (por la mayor penetrabilidad de los rayos gamma) fotones Čerenkov en la disolución en una mayor proporción que en el propio vidrio del capilar, este efecto Čerenkov se verá incrementado al descender el umbral energético de dicho efecto por aumento del índice de refracción. Por dicha razón el ^{60}Co se comporta en este caso virtualmente como si produjera electrones secundarios más energéticos que en el caso de los restantes medios coloreados.

Con relación a los resultados obtenidos con las disoluciones coloreadas de anaranjado de metilo (Figura 105) y rojo congo (Figura 106), cuyas longitudes de onda de máxima absorbancia corresponden con la zona de máxima emisión de la radiación Čerenkov, se observa que para mayores concentraciones existe una mayor sensibilidad para el emisor gamma ^{60}Co que para el emisor beta de mayor energía máxima $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

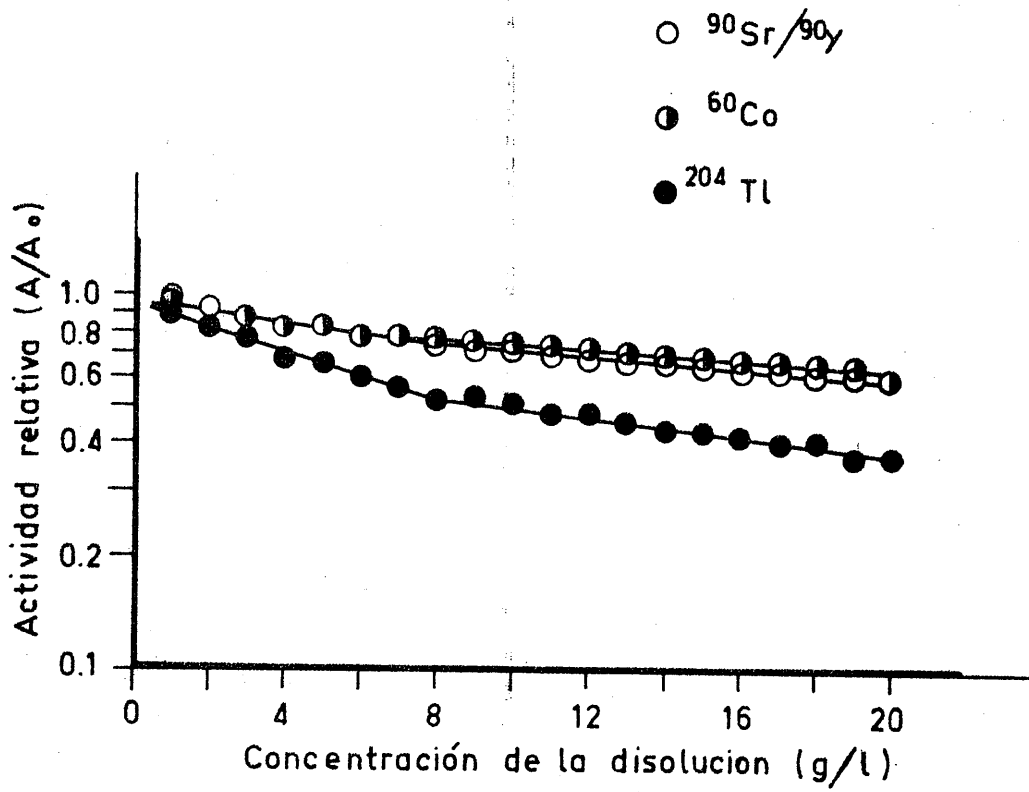


FIGURA 104. - Variación de la actividad relativa (escala logarítmica) con la concentración de nitrato de cobalto (II) para los distintos emisores beta y gamma utilizados.

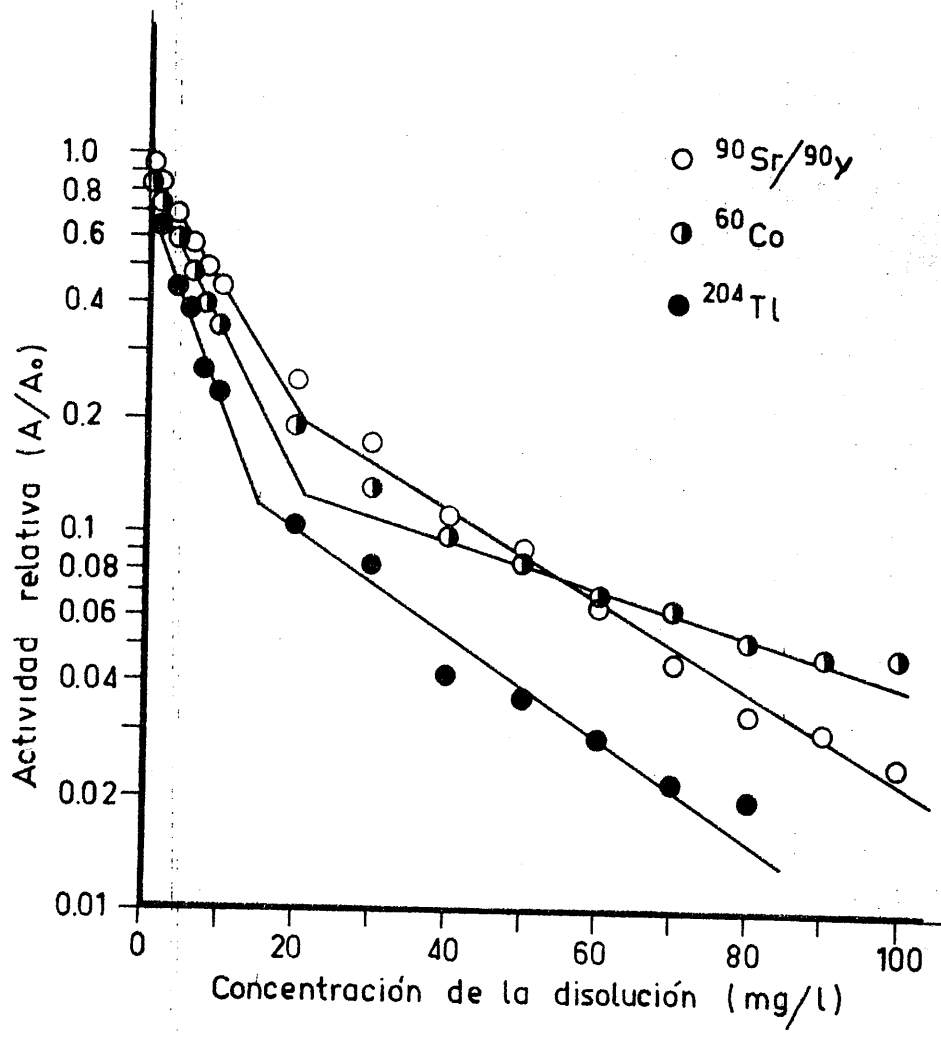


FIGURA 105.- Variación de la actividad relativa (escala logarítmica) con la concentración de anaranjado de metilo para los distintos emisores beta y gamma utilizados.

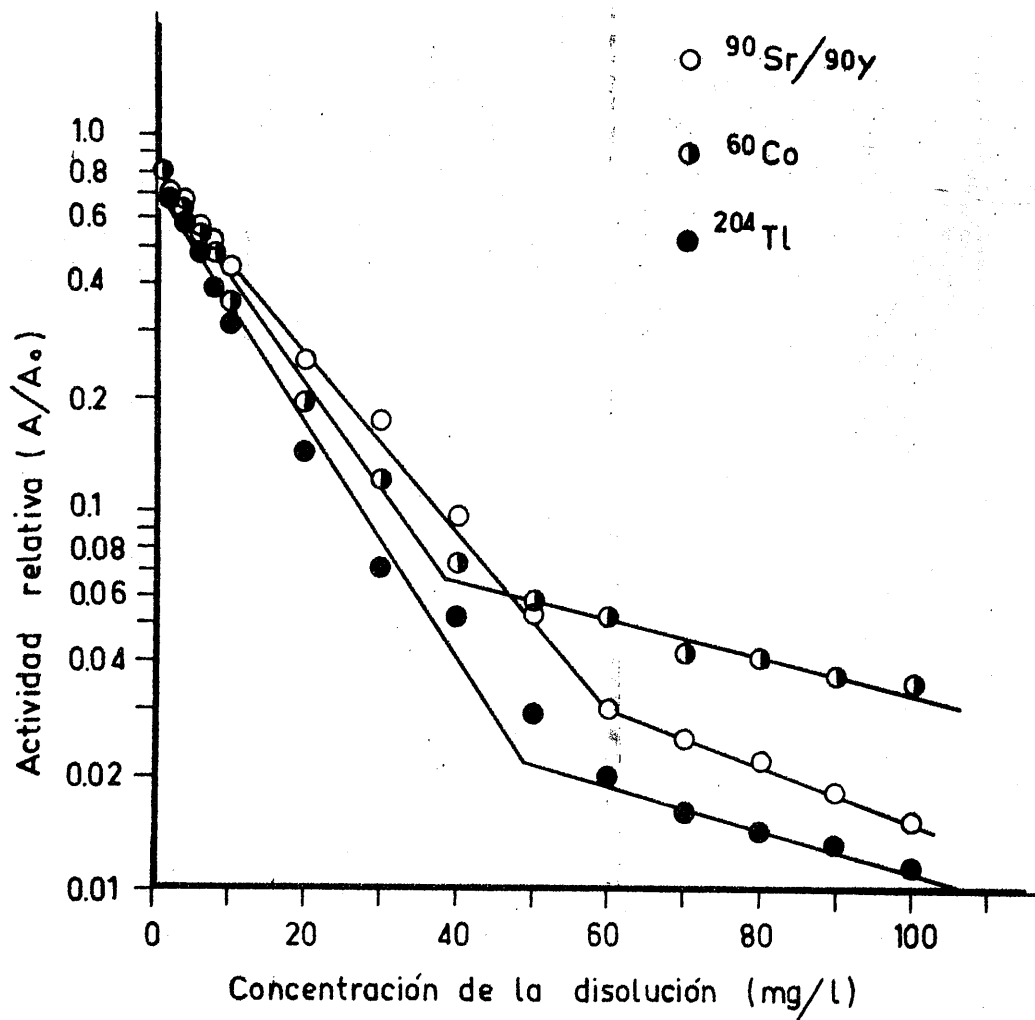


FIGURA 106.- Variación de la actividad relativa (escala logarítmica) con la concentración de rojo congo para los distintos emisores beta y gamma utilizados.

El verde janus (Figura 107) presenta por su parte un comportamiento análogo a los anteriores debido a su absorción para longitudes de onda de unos 380 nm, como ya se indicó anteriormente.

En el caso de las disoluciones de azul de metileno (Figura 108) y violeta de cristal en medio acuoso (Figura 109) el ^{60}Co presenta un comportamiento intermedio entre ambos emisores beta con los que se le compara, a diferencia de los anteriores medios coloreados en los que se observaba un cruce de las líneas a partir de una cierta concentración. Esta diferencia de comportamiento es debida, como ya se indicó anteriormente, a las longitudes de onda de máxima absorbancia de las sustancias en cuestión, a la zona de máxima sensibilidad de los tubos fotomultiplicadores, y al propio espectro de emisión de la radiación Čerenkov, que originaba para estos colorantes globalmente un menor poder de extinción (Figuras 87 y 86).

De todo lo expuesto se deduce que el empleo de un emisor gamma de la naturaleza del ^{60}Co puede estar perfectamente justificado para la producción de efecto Čerenkov, para el estudio de su extinción por color y para la determinación colorimétrica de concentraciones de disoluciones coloreadas.

El comportamiento del ^{60}Co , análogo al de un beta emisor, puede comprobarse además en la Figura 110 en la que, de modo análogo a las Figuras 89 a 91, hemos agrupado los resultados obtenidos con dicho radisótopo en función de las densidades ópticas de las disoluciones coloreadas utilizadas, obteniendo un comportamiento de los diferentes medios coloreados con dicho radisótopo prácticamente coincidente, con la única excepción poco significativa del nitrato de cobalto (II) cuyo diferente comportamiento puede venir

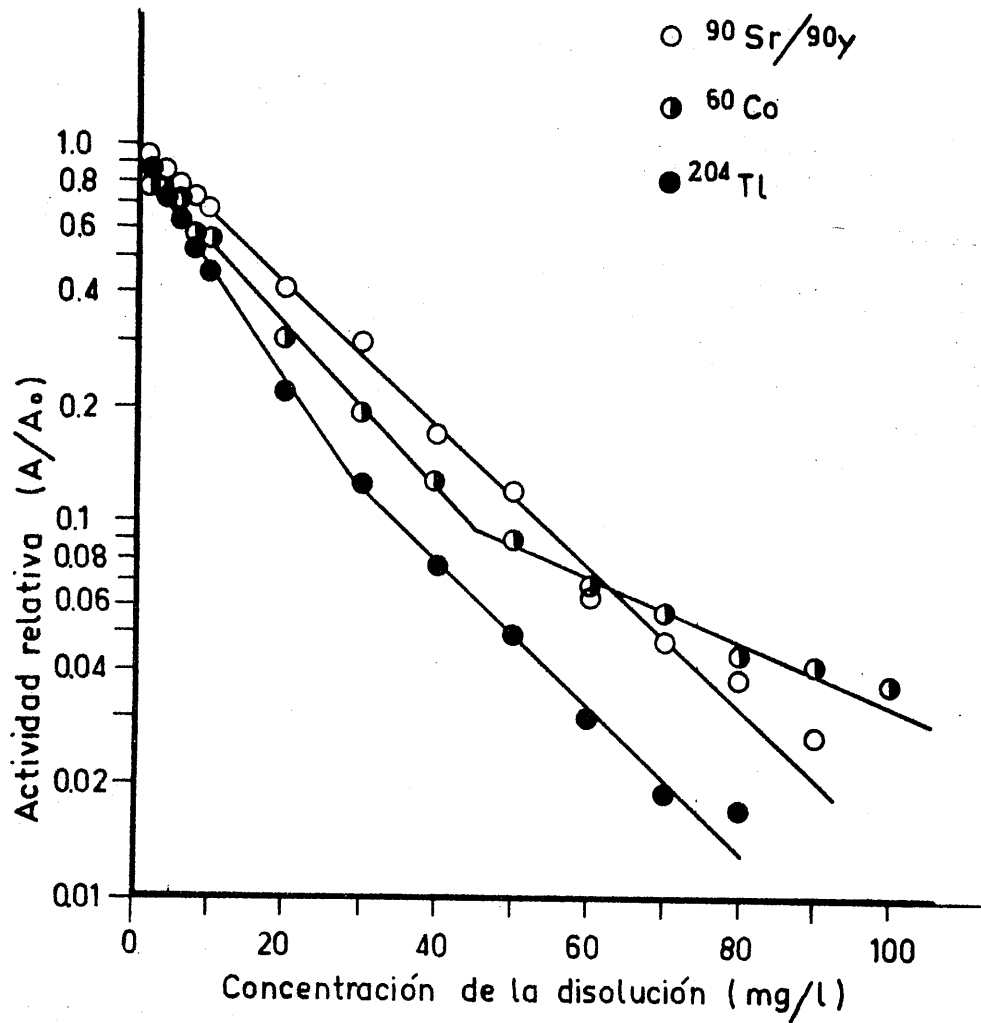


FIGURA 107.- Variación de la actividad relativa (escala logarítmica) con la concentración de verde janus para los distintos emisores beta y gamma utilizados.

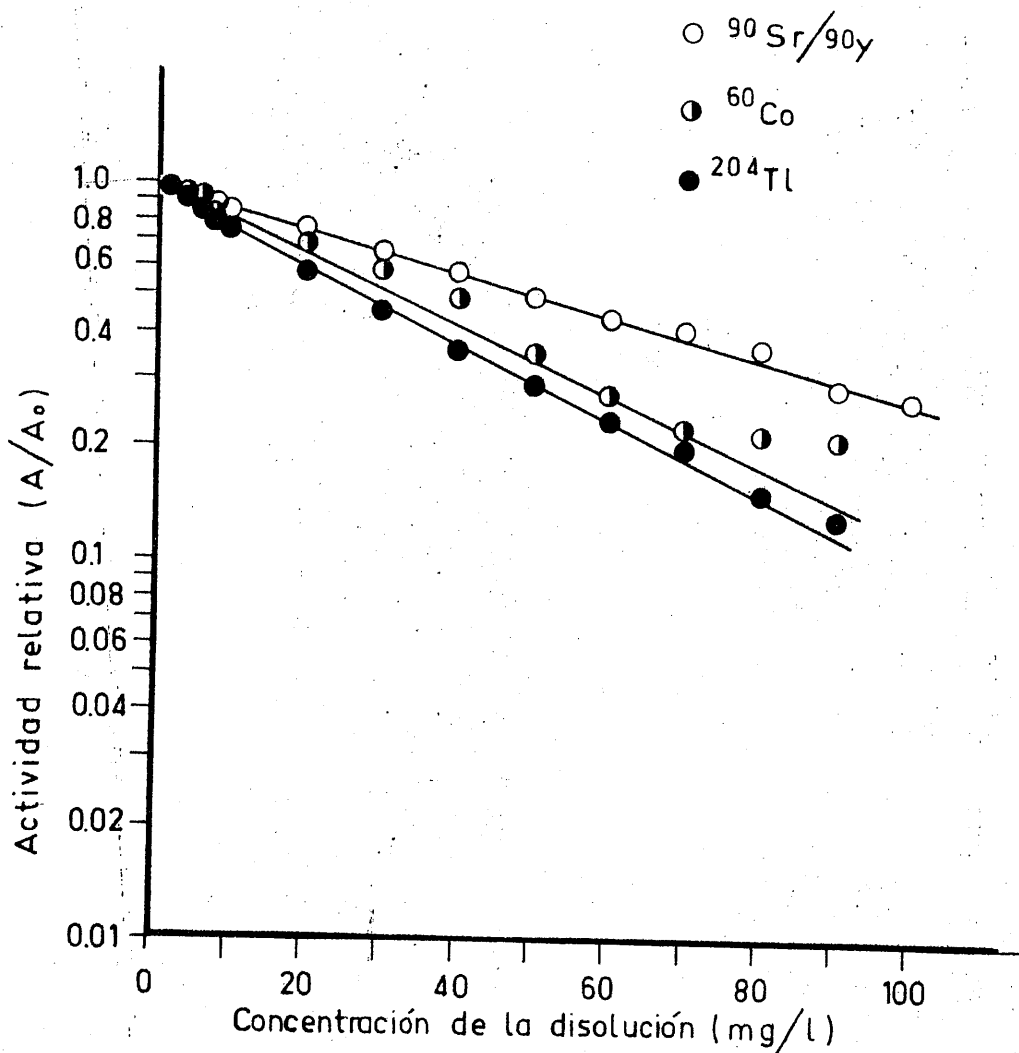


FIGURA 108.- Variación de la actividad relativa (escala logarítmica) con la concentración de azul de metileno para los distintos emisores beta y gamma utilizados.

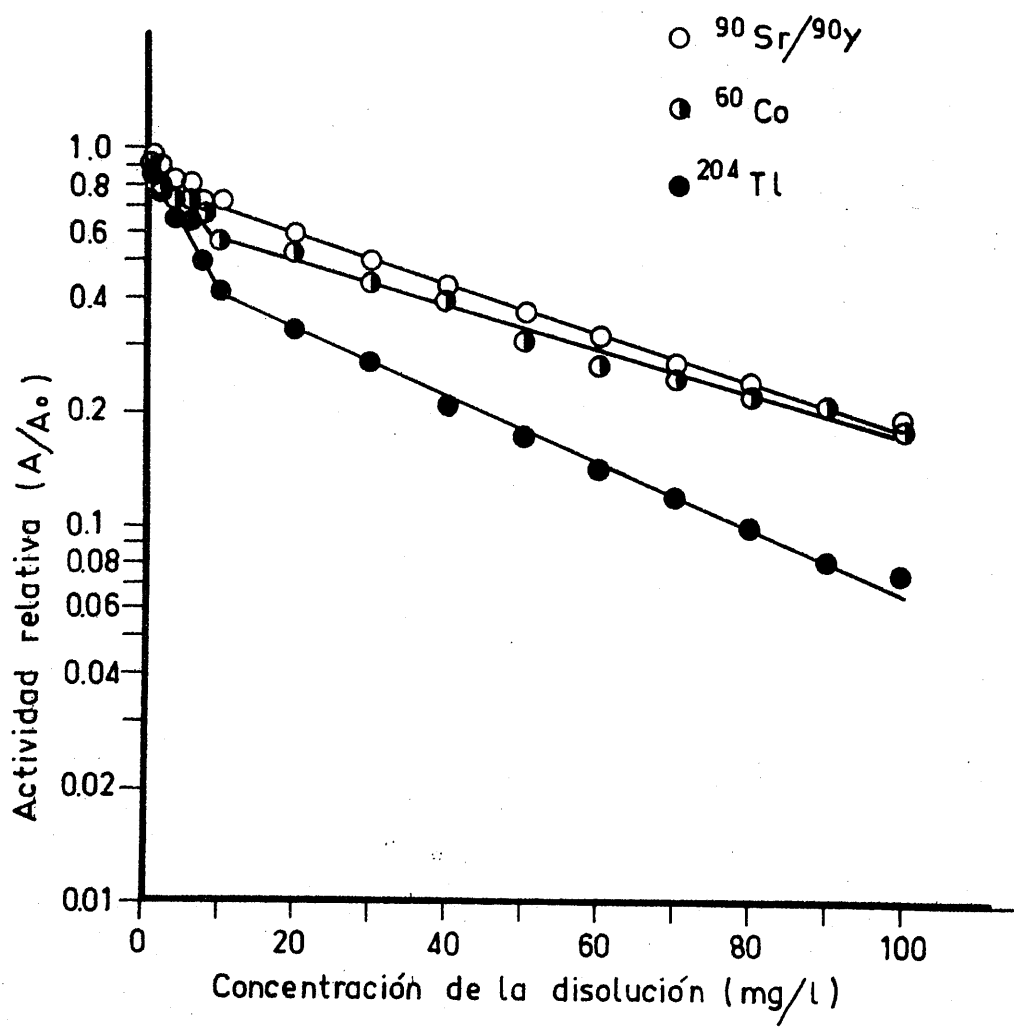


FIGURA 109.- Variación de la actividad relativa (escala logarítmica) con la concentración de violeta cristal(en medio acuoso) para los distintos emisores beta y gamma utilizados.

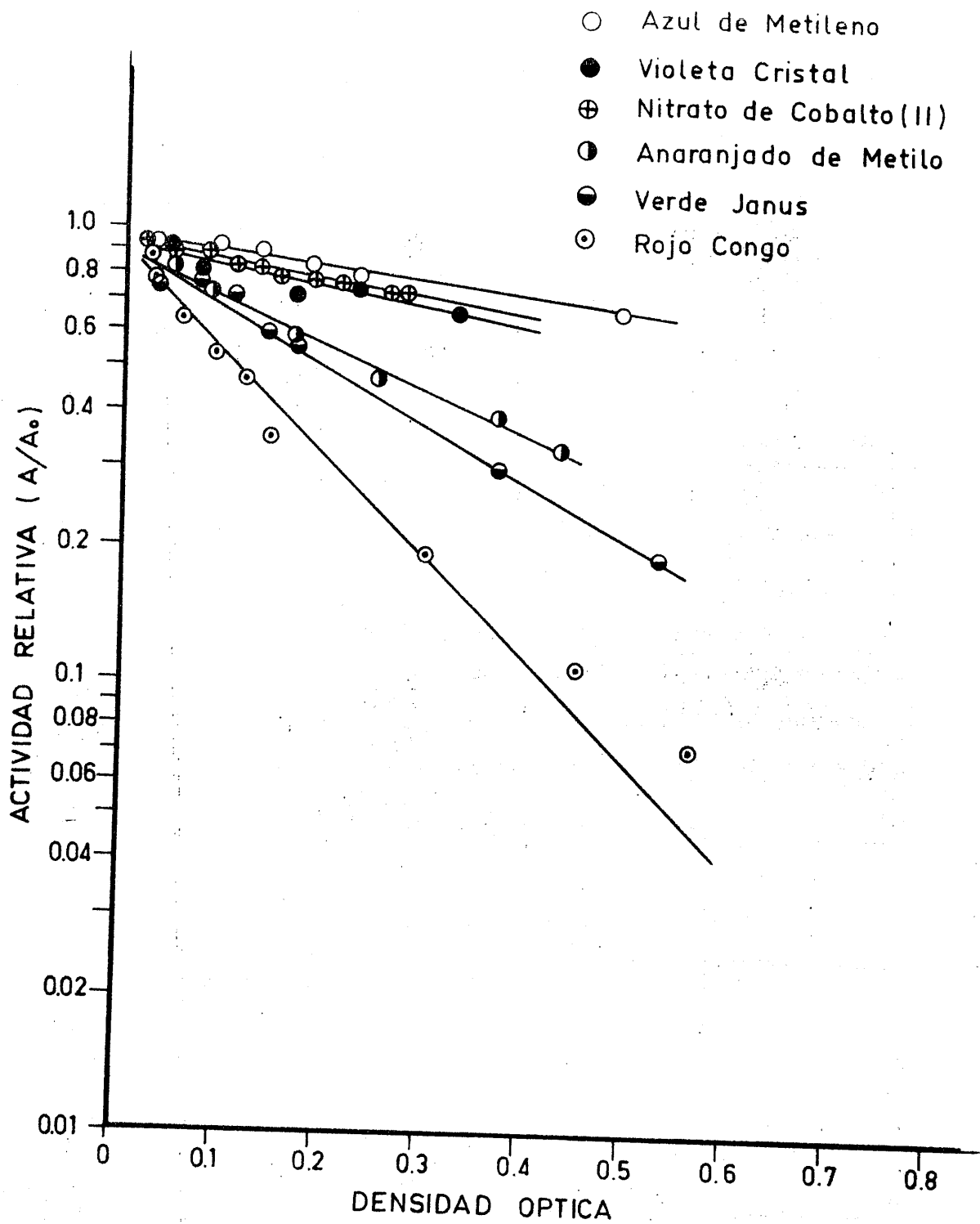


FIGURA 110. - Variación de A/A_0 con la densidad óptica de diferentes disoluciones utilizando ^{60}Co .

inducido por su variación del índice de refracción, como ya se indicó anteriormente. Análogamente a como se indicó en la pág. 306, los parámetros y coeficientes de correlación lineal de las ecuaciones correspondientes a los resultados obtenidos con ^{60}Co se expresan en la Tabla LXXXVII.

Con relación a la utilización, en el caso del violeta de cristal, de dos disolventes diferentes (agua y ácido acético, respectivamente) no se ha encontrado una diferencia de comportamiento significativa entre ambos disolventes, debido posiblemente a que coincide que el violeta de cristal - presenta precisamente un menor poder de extinción por color para la emisión Čerenkov, como ya se ha dicho.

A la vista de todo lo expuesto podemos indicar que en el presente trabajo hemos tratado de poner a punto una técnica experimental que nos permite evaluar la extinción por color de la emisión Čerenkov. De este modo podremos realizar una corrección de dicho fenómeno que interfiere en la medida de la actividad de radisótopos, disminuyendo la eficiencia de contaje.

El grado de extinción por color (q) viene dado por :

$$q = \frac{A_o - A}{A_o} = 1 - \frac{A}{A_o} = 1 - T$$

siendo :

A_o = actividad (c.p.m.) del capilar en el seno del disolvente puro, en ausencia de coloración.

A = actividad (c.p.m.) de la disolución coloreada en cuestión.

T = transmitancia .

TABLA LXXXVII

PARAMETROS Y COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS
ECUACIONES CORRESPONDIENTES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS
CON ^{60}Co

Disolución Coloreada	Densidad optica	Parámetros		Coeficiente de correlación lineal
		a	b	
Anaranjado de Metilo	0'050-0'429	-0'987	-0'054	0'996
Azul de Metielno	0'033-0'49	-0'306	-0'013	0'983
Nitrato de Cobalto (II)	0'024-0'278	-0'414	-0'026	0'974
Rojo Congo	0'033-0'748	-1'689	-0'114	0'983
Verde Janus	0'037-0'528	-1'268	-0'037	0'996
Violeta Cristal (acuoso)	0'032-0'291	-0'33	-0'056	0'818

La actividad corregida, en ausencia de coloración vendría dada por

$$A \text{ (corregida)} = A \text{ (observada)} \left(\frac{1}{1-q} \right)$$

Si para una serie de muestras que posean similar absorción espectral, se determina una curva de calibrado (como las ya expuestas anteriormente), que relacione la variación de la actividad relativa (A/A_0) en función del grado de intensidad de color ya conocido (el cual, para intensidades débiles se puede realizar espectrofotométricamente), se podría calcular el grado de extinción y, a partir de la ecuación anterior, la actividad real de la muestra.

En las Figuras 111 a 114 hemos representado, según el criterio de Ringbom, el grado de extinción en función del logaritmo de la concentración.

A la vista de las citadas figuras puede observarse que los datos experimentales cumplen con el criterio propuesto por Ringbom (89, 90) para un intervalo de concentraciones que va a depender de la naturaleza de la disolución coloreada; dicho intervalo es el más ventajoso (error mínimo) para las medidas experimentales de la extinción si se trata de corregir ésta, así como para la determinación de la concentración si se utiliza dicha técnica experimental como método analítico.

Como cabía esperar, el anaranjado de metilo y el rojo congo presentan una mayor extinción por color, como se expuso anteriormente, debido a la tonalidad blanco azulada de la citada emisión Čerenkov.

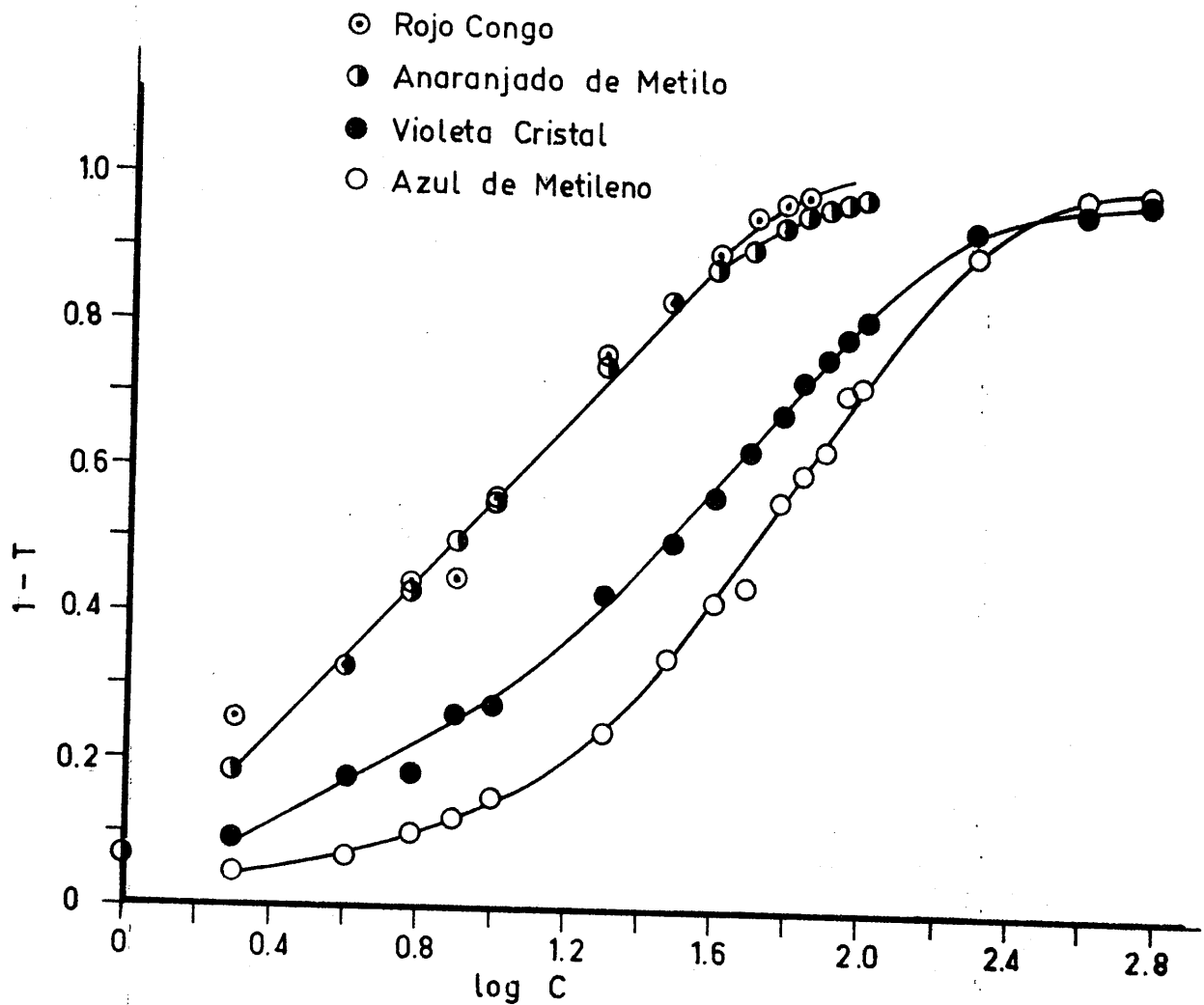


FIGURA 111. - Variación de la extinción con el logaritmo de la concentración de las disoluciones coloreadas, utilizando $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

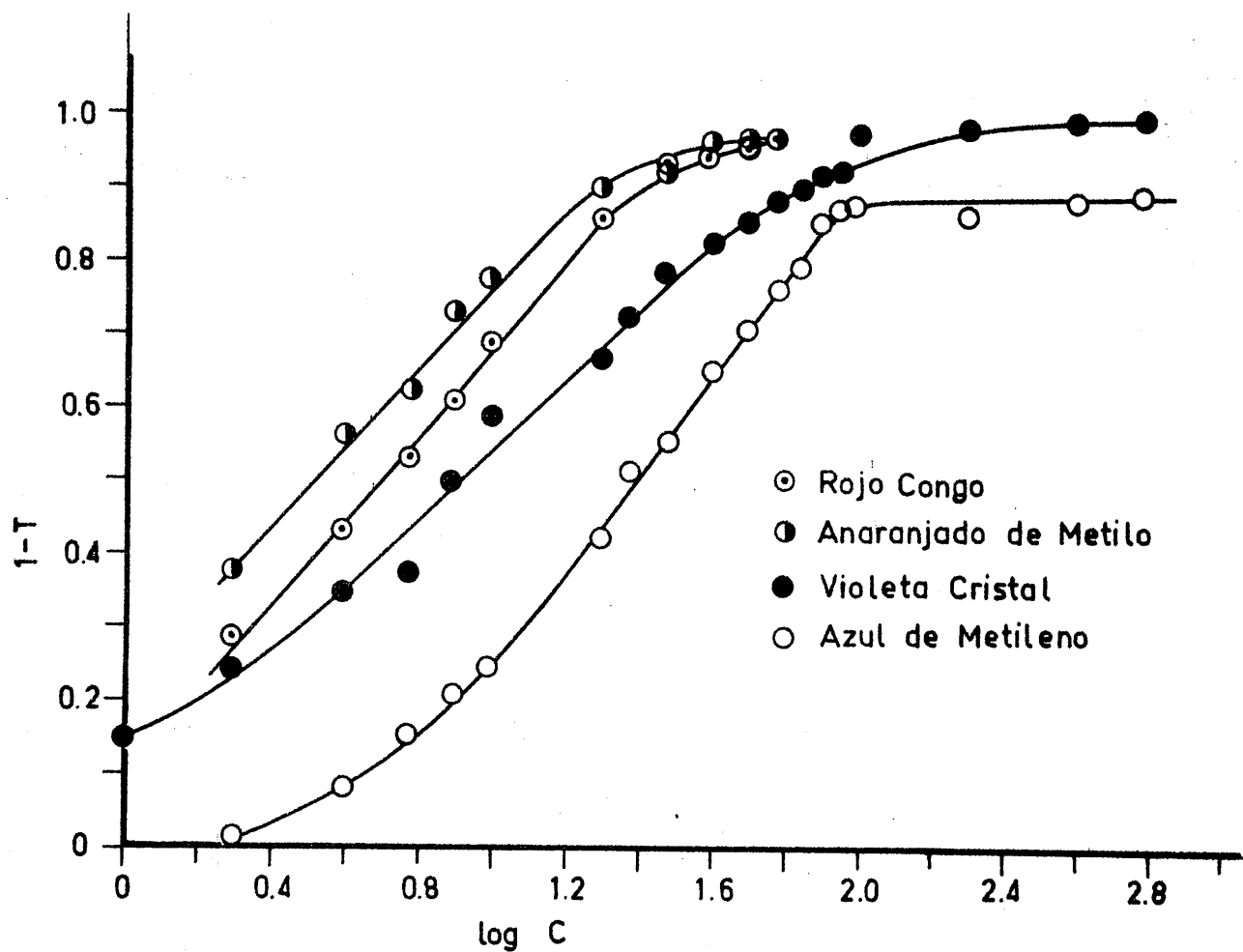


FIGURA 112.- Variación de la extinción con el logaritmo de la concentración de las disoluciones coloreadas, utilizando ^{204}Tl .

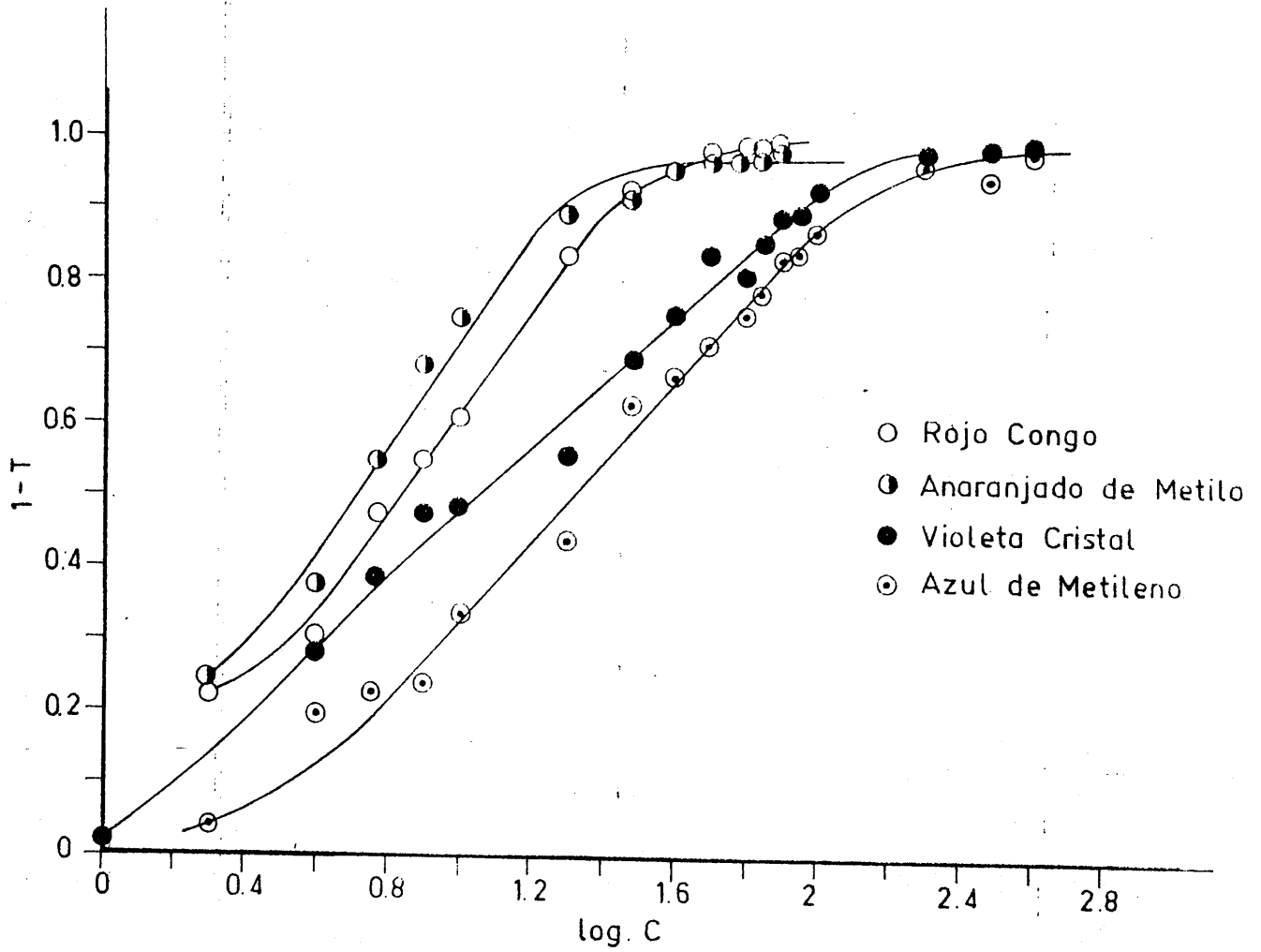


FIGURA 113.- Variación de la extinción con el logaritmo de la concentración de las disoluciones coloreadas, utilizando ^{36}Cl .

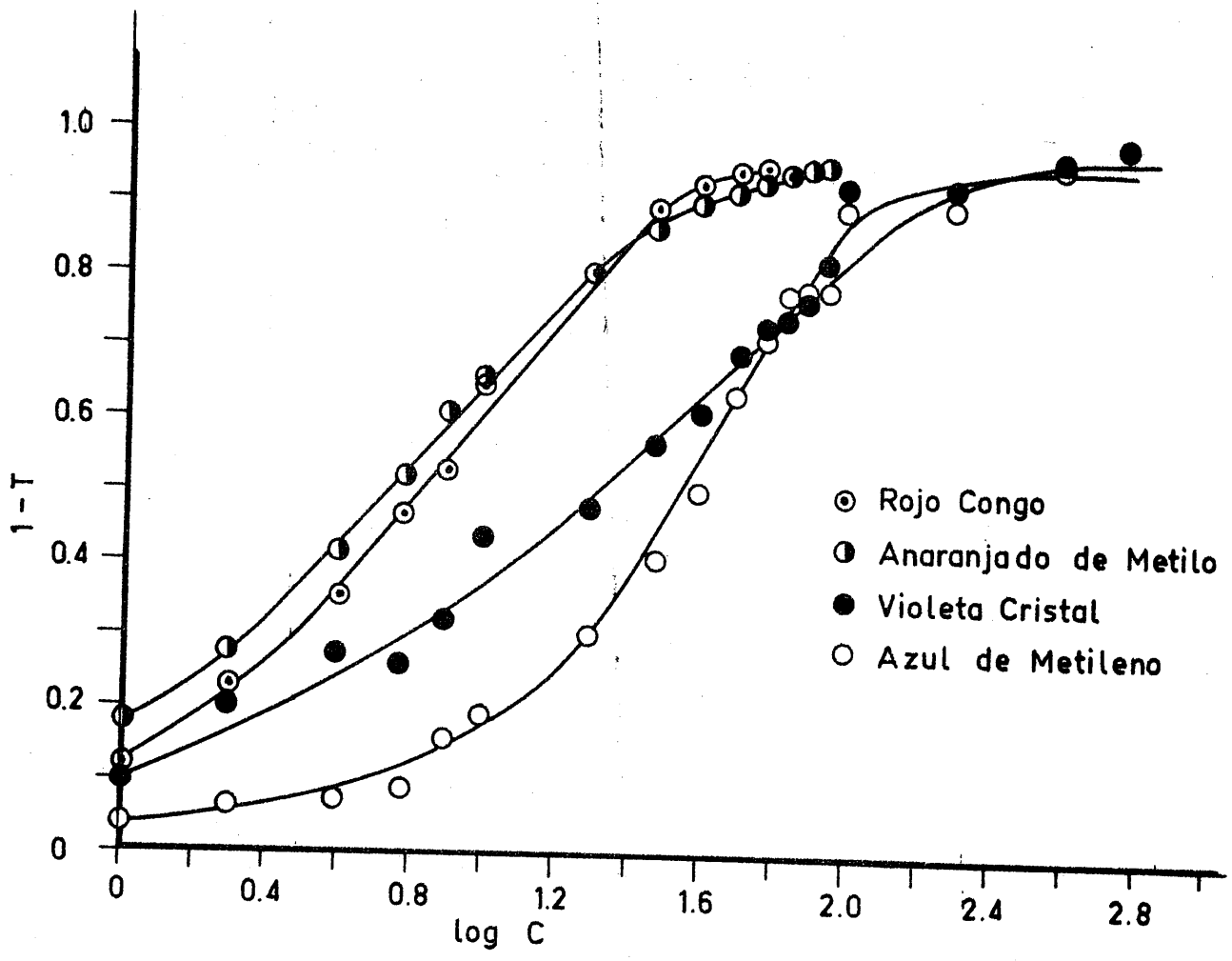


FIGURA 114.- Variación de la extinción con el logaritmo de la concentración de las disoluciones coloreadas, utilizando ^{60}Co .

Los errores cometidos en la determinación de la actividad absoluta, siguiendo esta técnica experimental se exponen en la Tabla LXXXVIII.

TABLA LXXXVIII

ERRORES OBTENIDOS EN LA CORRECCION DE LA EXTINCION DE UNA DISOLUCION COLOREADA, SIGUIENDO EL CRITERIO DE RINGBOM.

Radisótopo A_0 (c.p.m.)	Disoluciones de Rojo Congo			
	5 mg / l. A_0 corregida(c.p.m.)	ϵ %	25 mg / l. A_0 corregida(c.p.m.)	ϵ %
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 20.140 c.p.m.	14.012 c.p.m.	14'05	3.909 c.p.m.	3'92
^{204}Tl 14.389 c.p.m.	7.503 c.p.m.	2'24	1.352 c.p.m.	10'5
	Disoluciones de Azul de Metileno			
	35 mg / l. A_0 corregida(c.p.m.)	ϵ %	55 mg / l. A_0 corregida(c.p.m.)	ϵ %
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 20.346 c.p.m.	20.011 c.p.m.	1'67	20.387 c.p.m.	0'20
^{204}Tl 16.700 c.p.m.	16.173 c.p.m.	3'26	16.607 c.p.m.	0'56

Otro de los objetivos del presente trabajo es la determinación de intensidades de color; como los resultados se obtienen a través de medidas de radiactividad, vamos a considerar la forma en que las dispersiones estadísticas, inherentes a toda medida de radiactividad, influyen en la exactitud de la determinación de la concentración.

Para ello vamos a llamar "relación de dispersiones relativas" (R.D.R.) (84) a la relación existente entre el porcentaje de variación de la actividad, y el de variación de la concentración para un determinado valor de concentración.

$$R.D.R. = \frac{\frac{\Delta \text{ c.p.m. } \times 100}{\text{c.p.m.}}}{\frac{\Delta \text{ conc. } \times 100}{\text{conc.}}}$$

en donde :

$$\frac{\Delta \text{ c.p.m. }}{\text{c.p.m.}} = \frac{\Delta (A/A_0)}{A/A_0}$$

$$R.D.R. = \frac{\frac{\Delta (A/A_0)}{A/A_0}}{\frac{\Delta \text{ conc. }}{\text{conc.}}}$$

Si, a partir de las tablas correspondientes, calculamos el valor de R.D.R. para distintas concentraciones, obtenemos una curva que nos indicaría la influencia que tendría un cierto error relativo en la medida de la radiactividad, en el error relativo cometido en la medida de concentración, para cada concentración considerada. La función que relaciona los valores de la R.D.R. con los de concentración para un determinado colorante es caracte

estadística de cada radisótopo e independiente de la actividad de la muestra, ya que, como es sabido, el error estadístico de una medida de radiactividad no depende de la actividad de la muestra, sino del número total de cuentas acumuladas en la medida. Lógicamente, la mayor ó menor actividad de la muestra influirá en el menor ó mayor tiempo de recuento para una determinada precisión estadística prefijada.

A modo de ejemplo, a partir de las figuras 25 y 39 se ha calculado en la Tabla LXXXIX el valor que tomaría la R.D.R. para distintas concentraciones de rojo congo utilizando dos emisores beta de energías máximas muy diferentes, como son $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{204}Tl , respectivamente.

Si tenemos en cuenta que el error estadístico relativo de una medida de radiactividad (70) viene dado por la expresión

$$E. \text{ rel. } (\%) = \frac{100 K}{\sqrt{V_R \cdot t}},$$

siendo V_R la velocidad de recuento en cuentas por minuto; t , el tiempo que ha durado la medida y K una constante que está relacionada con la probabilidad de que el máximo error cometido sea precisamente el calculado. De acuerdo con la expresión anterior, vemos que el intervalo de error cometido será tanto menor cuanto mayor sea la velocidad de recuento y la duración del tiempo de medida.

Como los valores de actividad que hemos utilizado en nuestras experiencias han sido todos ellos relativamente elevados, podemos considerar, en nuestro caso, que las dispersiones debidas a los efectos estadísticos de las medidas de radiactividad para concentraciones bajas no son muy apreciables. En el caso del anaranjado de metilo, con actividad del orden de

TABLA LXXXIX

VARIACION DE LA RELACION DE DISPERSIONES RELATIVAS CON LA CONCENTRACION DE ROJO CONGO , UTILIZANDO $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{204}Tl

Concentración de disolución coloreada mg/l	$\text{R. D. R.} = \frac{\Delta A/A_0 / A/A_0}{\Delta \text{conc.} / \text{conc.}}$ $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y} \qquad \qquad \qquad ^{204}\text{Tl}$	
2	0'221	0'301
4	0'271	0'425
6	0'404	0'588
8	0'453	0'809
10	0'741	0'961
20	1'067	1'705
30	1'378	1'900
40	2'526	2'090
50	3'125	2'061
60	2'700	1'950
70	1'750	1'312
80	1'470	0'857
90	1'200	0'692

25.000 c.p.m. en agua destilada, utilizando $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ó ^{204}Tl (Tablas XXI y XXXV) los errores cometidos en la determinación de la concentración por motivos estadísticos, para un grado de confianza del 90%, oscilan entre un 0'5 % para disoluciones diluidas, hasta un 4% para las mas concentradas.

Como se ha expuesto anteriormente, la exactitud de una medida de radiactividad no depende solamente de la actividad absoluta de la muestra sino del número total de cuentas acumuladas en la medida. La mayor ó menor actividad de la muestra influirá en el menor ó mayor tiempo de recuento para una determinada precisión prefijada; por lo que si en lugar de limitar el tiempo de recuento como hemos hecho en nuestras experiencias, se hubiera limitado el número total de cuentas acumuladas, para un grado de confianza determinado se hubiera podido hacer el error estadístico tan pequeño como quisieramos.

En la Tabla LXXXIX se observa que en cada columna de valores, la relación de dispersiones relativas pasan por un máximo que lógicamente corresponde a un mínimo en la influencia de la dispersión de la medida radiactiva en la medida de intensidad de coloración, encontrándonos que dichos valores máximos corresponden a 50 mg/l para el $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y a 40 mg/l para el ^{204}Tl .

Para utilizar esta técnica experimental como método analítico, es conveniente realizar un estudio acerca de la reproducibilidad del mismo. Para ello se ha tomado, a modo de ejemplo, dos disoluciones de distinta concentración de rojo congo; se han preparado 10 muestras de cada una de ellas. En la Tabla XC, se dan los resultados obtenidos para dos radisótopos de energía beta máxima distinta.

TABLA XC

REPRODUCIBILIDAD DEL METODO PARA DOS CONCENTRACIONES DE
 ROJO CONGO , EMPLEANDO $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{204}Tl , RESPECTIVA-
 MENTE

Actividad relativa A/A_0	
5mg/l ^{204}Tl	45mg/l $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$
0'492	0'074
0'472	0'068
0'478	0'067
0'486	0'073
0'473	0'075
0'490	0'074
0'483	0'076
0'473	0'069
0'475	0'068
0'482	0'077

Para 5 mg/l de rojo congo con ^{204}Tl el valor medio de la actividad relativa es

$$\bar{A}/A_0 = 0'480$$

y la desviación típica

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = 0'007$$

El error probable es

$$\text{E.P.} = 0'6745 \times \sigma = 0'0047 \approx 0'005,$$

por lo que hay un 50% de probabilidad de que el valor A/A_0 esté comprendido entre :

$$\bar{A}/A_0 \pm \text{E.P.} = 0'480 \pm 0'005$$

Los errores absolutos y relativos cometidos en la determinación de esta concentración (sabiendo que, de acuerdo con la Figura 39, para 5 mg/l, $A/A_0 = 0'485$) serían :

$$\text{Error absoluto} = A/A_0 - \bar{A}/A_0 = 0'005$$

$$\text{Error relativo } \% = \frac{0'005}{0'485} \cdot 100 = 1'03 \%$$

Para 45 mg/l de rojo congo, con un emisor de mayor energía como es $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, el valor medio de la actividad relativa será :

$$\bar{A}/A_0 = 0'072$$

y la desviación típica :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = 0'004$$

El error probable es

$$\text{E.P.} = 0'6745 \cdot \sigma = 0'003$$

por lo que hay un 50% de probabilidad de que el valor A/A_0 esté comprendido entre :

$$\bar{A}/A_0 \pm E.P. = 0'072 \pm 0'003$$

Los errores absolutos y relativos cometidos en la determinación de esta concentración (sabiendo que, de acuerdo con la Figura 25, para 45 mg/l, $A/A_0 = 0'075$) serán :

$$\text{Error absoluto} = A / A_0 = 0'003$$

$$\text{Error relativo } \% = \frac{0'003}{0'075} \cdot 100 = 4'00 \%$$

A través del factor de R.D.R., ya expuesto anteriormente, podemos determinar el error relativo estadístico cometido en la determinación de la concentración, a partir de los errores relativos estadísticos de la medida de la actividad calculados anteriormente.

De hecho, este error relativo estadístico se puede calcular por interpolación en la Tabla LXXXIX de los valores del factor de R.D.R., correspondientes a 45 mg/l de rojo congo para el $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. Dicho error ha resultado ser igual a 2'825. Por tanto, para un error relativo en la medida de la radiactividad de un 4'00 %, corresponde de un error relativo en la concentración de un 1'41 %.

Para el caso de 5 mg/l, utilizando ^{204}Tl , de forma análoga, se obtiene que el factor de R.D.R. = 0'506. Teniendo en cuenta que

$$\frac{\Delta \text{c.p.m.}}{\text{c.p.m.}} = 0'010$$

Se obtendría que

$$\frac{\Delta c}{c} = 0.0197$$

es decir, el error relativo en la medida de la concentración es de 1.97%. Por todo ello podemos considerar que la utilización del método como técnica experimental para la medida de intensidades de color es, en primera aproximación, buena, siempre que se elijan las condiciones idóneas para cada caso, tales como la selección del isótopo a utilizar, así como el número de cuentas que se deberán acumular en la medida.

Con el fin de poner de manifiesto la sensibilidad del método analítico propuesto, para diferentes radisótopos y medios coloreados, hemos representado en las Figuras 128 a 135 la variación de la relación $\frac{\Delta A/A_0}{\Delta c}$ en función de la concentración media del intervalo considerado, siendo $\Delta A/A_0$ la variación de la actividad relativa entre dos valores consecutivos de concentración, y Δc la variación de concentración considerada.

En la Figura 115 puede observarse, para el caso de azul de metileno que, para valores de concentración inferior a unos 30 mg/l, la sensibilidad mayor corresponde al radisótopo beta-emisor menos energético (^{36}Cl) siendo para mayores concentraciones ligeramente superior para el emisor beta más energético ($^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$).

En el caso de rojo congo (Figura 116) del que ya dijimos que presentaba mayor poder de extinción que el azul de metileno, se observa algo similar, presentando el ^{36}Cl una sensibilidad superior a la del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ para concentraciones inferiores a 20 mg/l y menor para mayores valores de concentración.

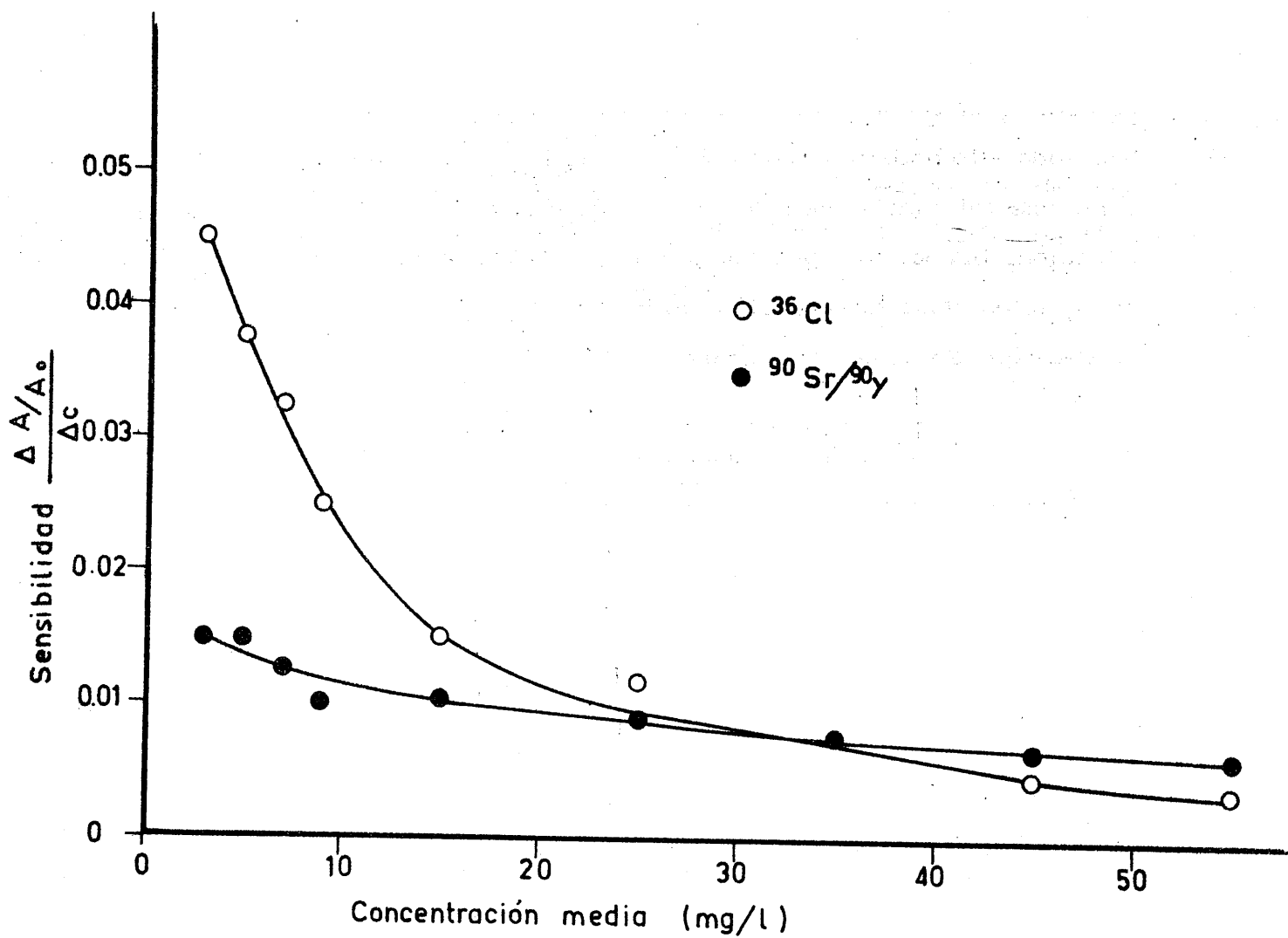


FIGURA 115.- Variación de la sensibilidad en la determinación de la concentración de azul de metileno utilizando ^{36}Cl y $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ respectivamente.

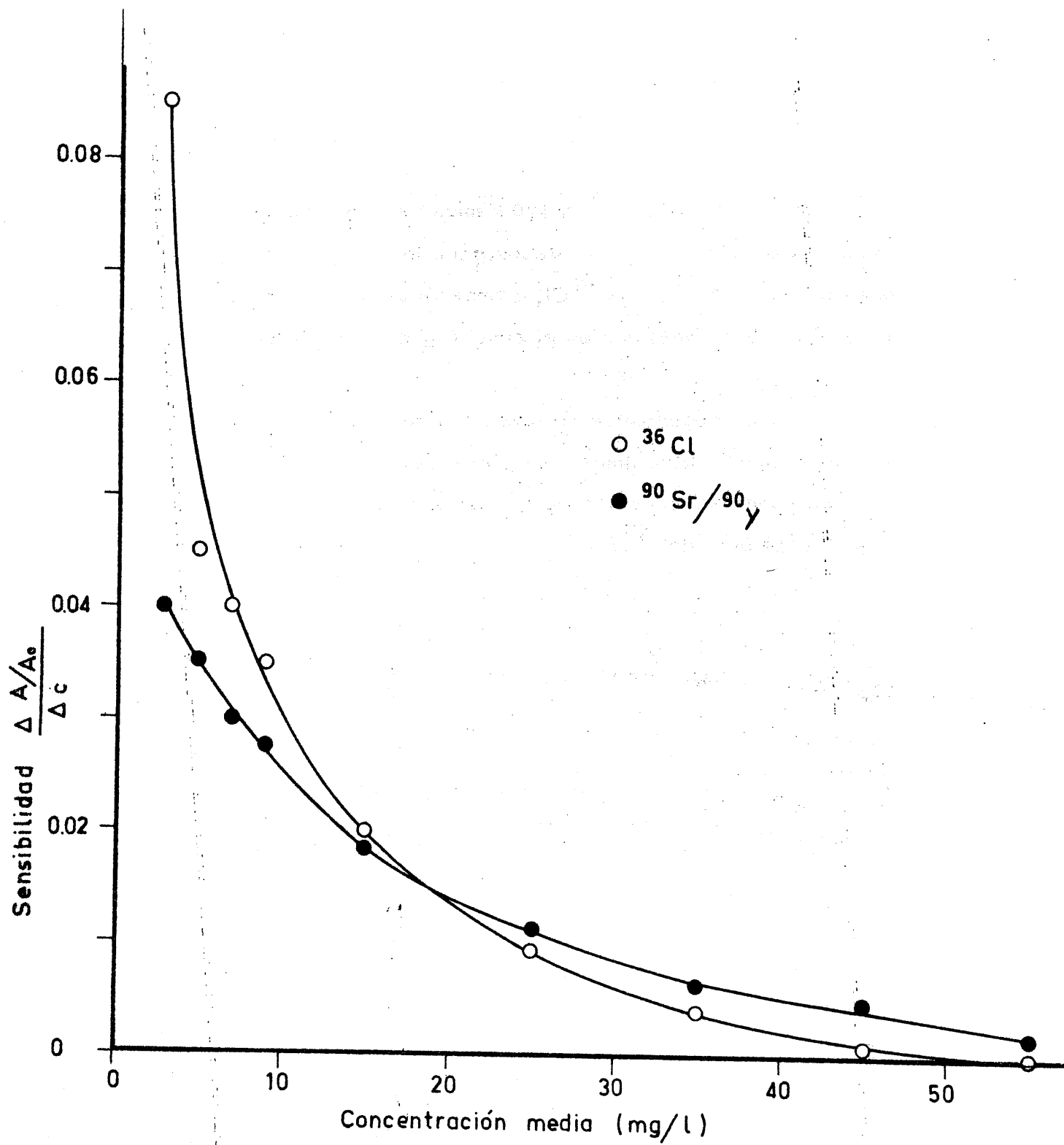


FIGURA 116.- Variación de la sensibilidad en la determinación de la concentración de rojo congo utilizando ^{36}Cl y $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ respectivamente.

Las pendientes son, en ambos casos, superiores a las del azul de metileno.

En las Figuras 117 a 120 hemos representado, para ambos medios coloreados, los resultados calculados para la sensibilidad de los radisótopos emisores beta $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{36}Cl , comparándolos en cada caso con los valores de sensibilidad obtenidos en el emisor gamma utilizado ^{60}Co .

Puede observarse en todos los casos que el ^{60}Co sigue un comportamiento intermedio entre ambos emisores beta, como si sus fotones dieran lugar a electrones secundarios de energías intermedias a las correspondientes a las partículas beta del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y del ^{36}Cl , respectivamente.

No hemos expuesto en este caso los valores de sensibilidad obtenidos para el ^{204}Tl pues, por su rango de energías muy similar a las del ^{36}Cl , sus valores son muy análogos a los de éste.

De todo esto podemos deducir, como ya se expuso anteriormente, que la sensibilidad del método es mayor para aquellas disoluciones coloreadas que presenten un máximo de absorción para longitudes de onda inferior a 500 nm, que corresponden a la máxima sensibilidad de los tubos fotomultiplicadores, así como a la mayor emisión de la luz Čerenkov en la zona del espectro visible.

También podemos deducir que, para la determinación de bajas intensidades de coloración, es más útil el uso de beta emisores débiles ya que con éstos se obtiene una mayor variación de actividades para pequeñas variaciones de concentración que en el caso de utilizar un radisótopo más energé

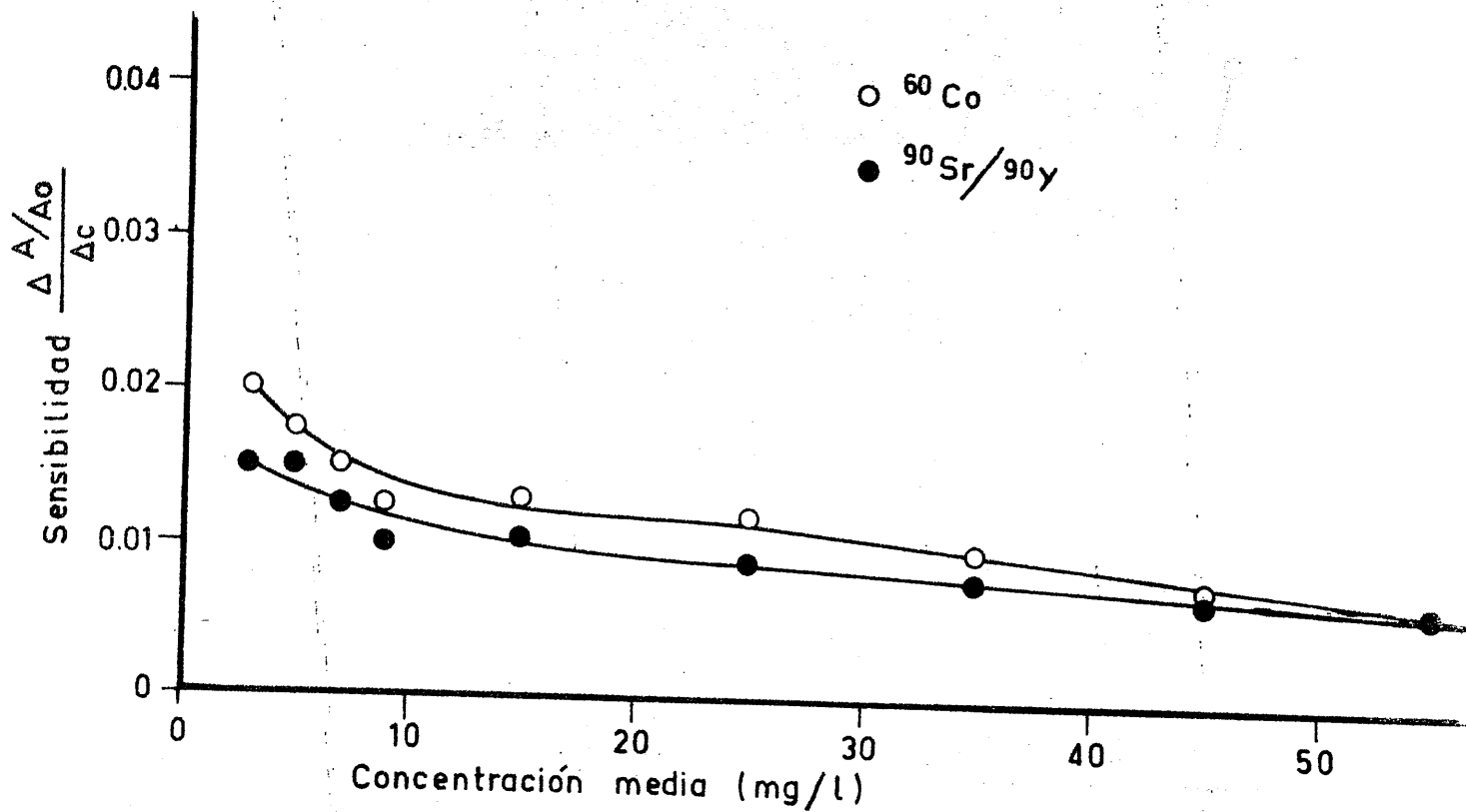


FIGURA 117.- Variación de la sensibilidad en la determinación de la concentración de azul de metileno utilizando ^{60}Co y $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ respectivamente.

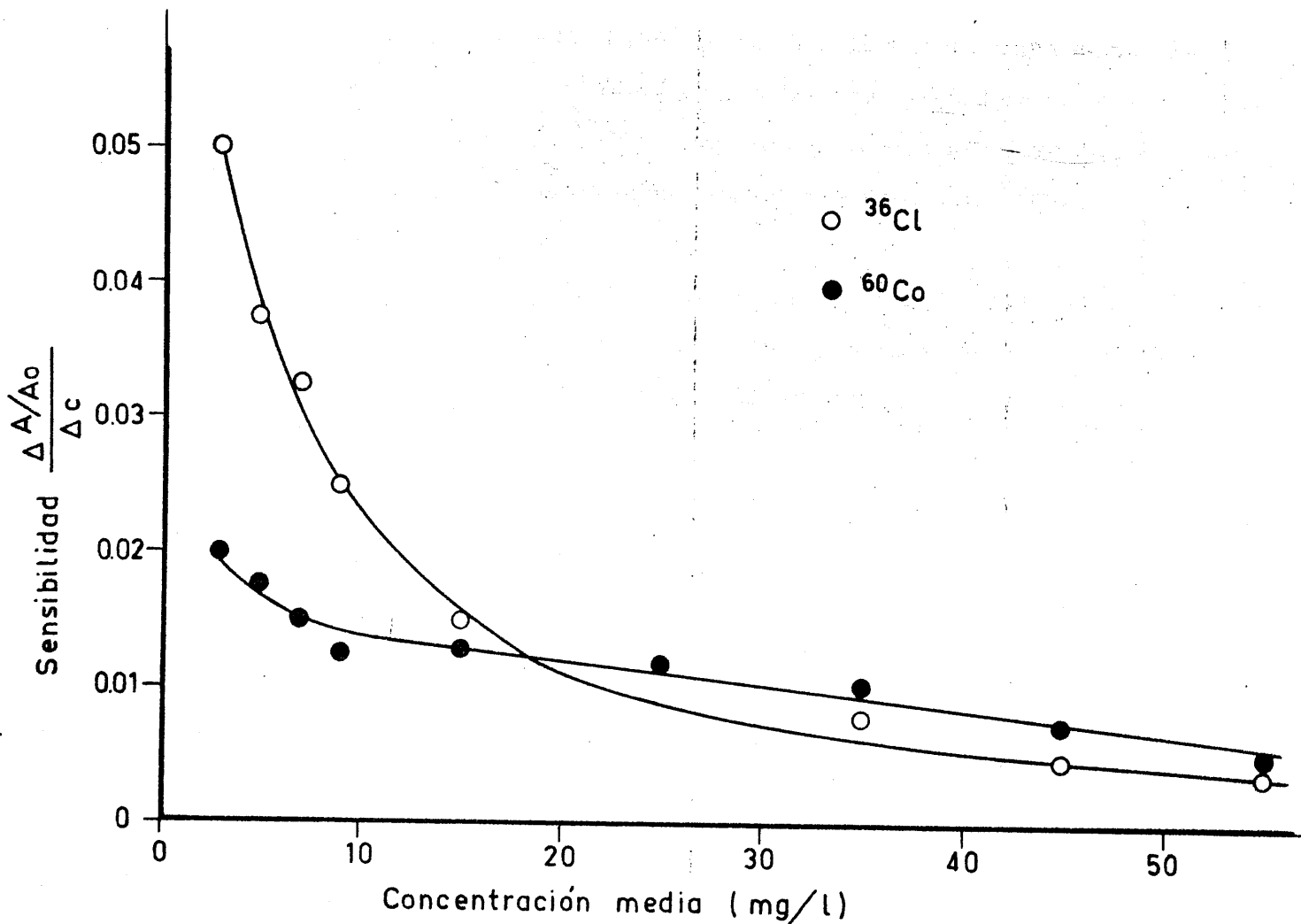


FIGURA 118.- Variación de la sensibilidad en la determinación de la concentración de azul de metileno utilizando ^{36}Cl y ^{60}Co respectivamente.

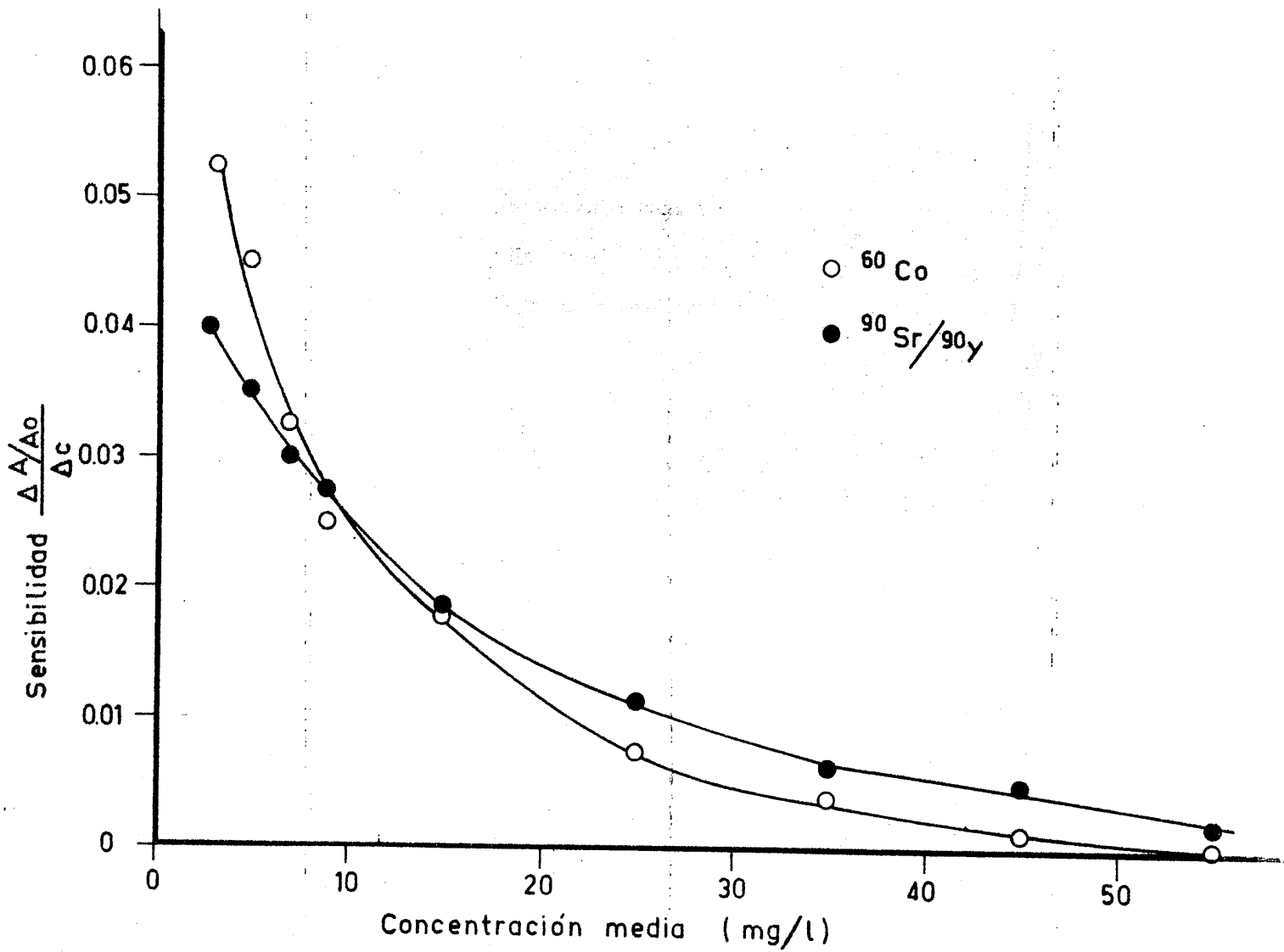


FIGURA 119.- Variación de la sensibilidad en la determinación de la concentración de rojo congo utilizando ^{60}Co y $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ respectivamente.

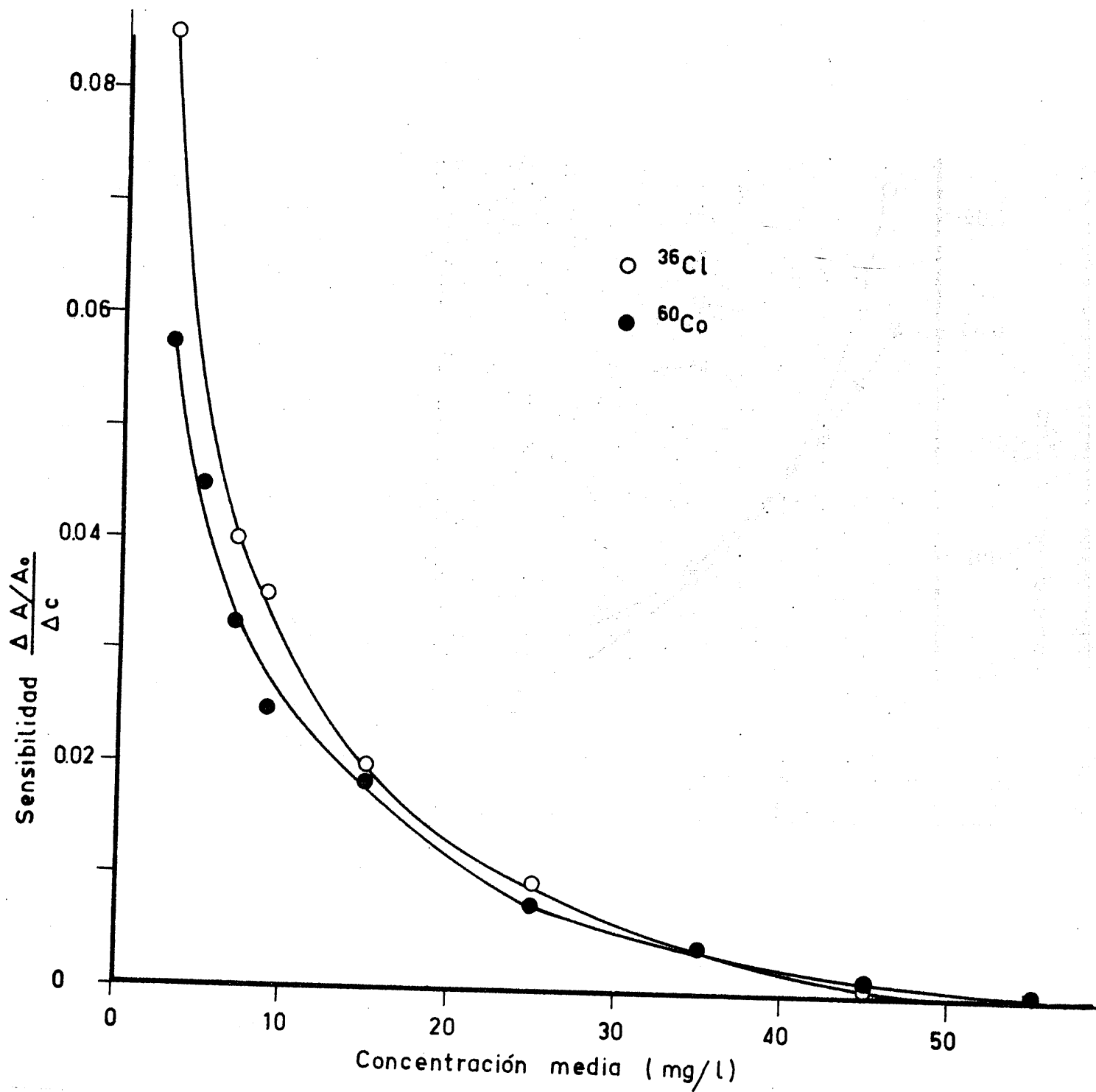


FIGURA 120.- Variación de la sensibilidad en la determinación de la concentración de rojo congo utilizando ^{36}Cl y ^{60}Co respectivamente.

tico; por el contrario, para concentraciones mayores es más aconsejable el uso de un radisótopo de mayor energía por las mismas razones ya expuestas .

Finalmente, vamos a comparar el método analítico propuesto en el presente trabajo con el que se propuso en un trabajo anterior (88 , 89, 90 y 91) al que ya nos hemos referido en varias ocasiones y que fué realizado en los laboratorios de la Sección de Radioquímica del Departamento de Química Inorgánica.

La diferencia más notable entre ambos métodos fué la forma en que se encontraba el radisótopo con relación a la disolución coloreada. - Mientras en este trabajo el radisótopo no está en contacto con la disolución, en el anterior se encontraba disuelto conjuntamente con la sustancia coloreada, lo que aportaba una serie de inconvenientes con relación al método propuesto ahora y que se enumeraron al final del Capítulo 1º .

Con el fin de apreciar la diferencia entre los resultados obtenidos en ambos trabajos, hemos utilizado en éste una sustancia coloreada - (azul de metileno) que también se utilizó en aquel, así como dos radisótopos $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y ^{204}Tl .

En la Figura 121 comparamos los resultados obtenidos con ambos métodos utilizando $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, apreciándose que en este caso son prácticamente coincidentes ambas curvas no observándose diferencias significativas. Sin embargo, en la Figura 122, en la que se comparan los resultados obtenidos utilizando ^{204}Tl , se observa que cuando el radisótopo se encuentra en el capilar se obtienen unos resultados que indican que en este caso existe -

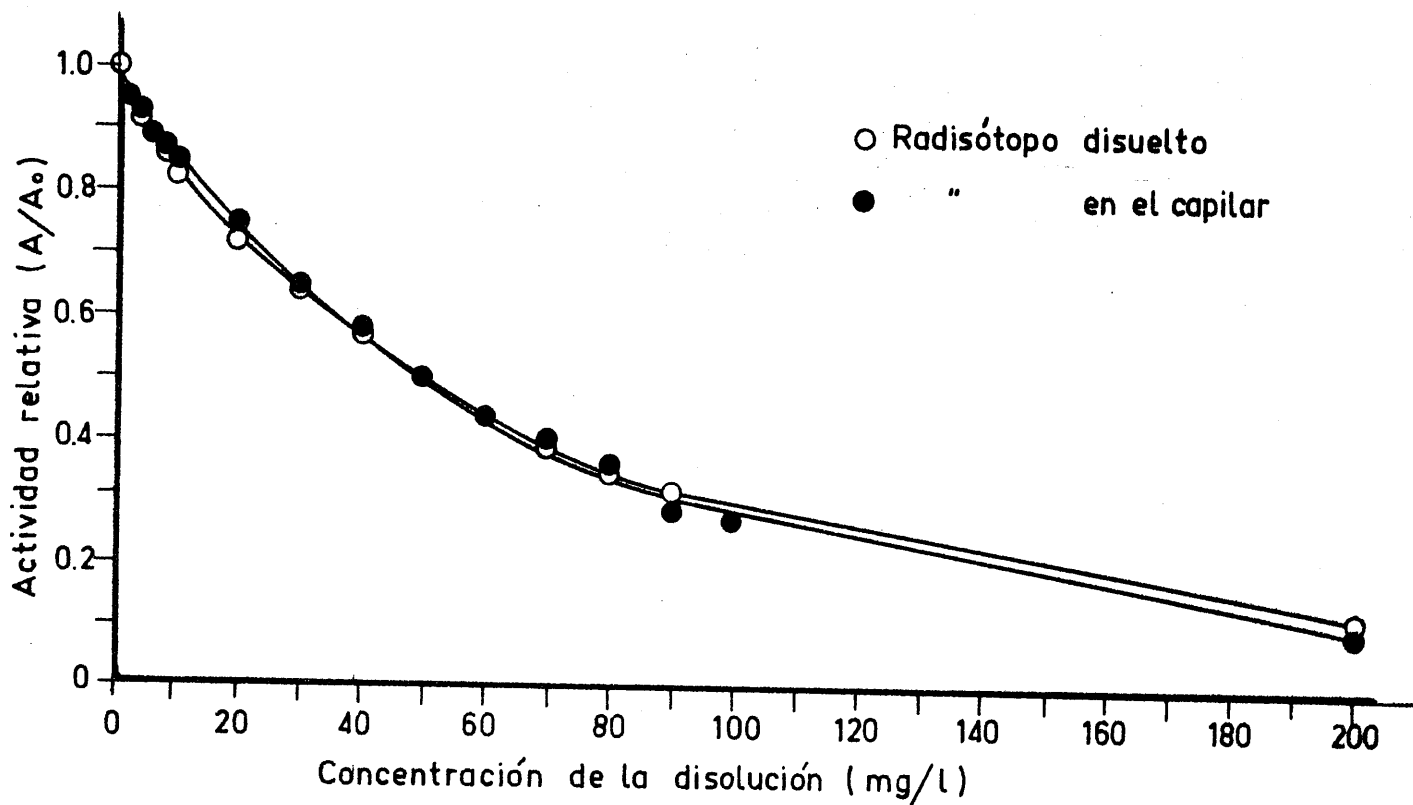


FIGURA 121.- Comparación de los resultados obtenidos utilizando el radisótopo $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ disuelto y en el interior del capilar para una disolución de azul de metileno.

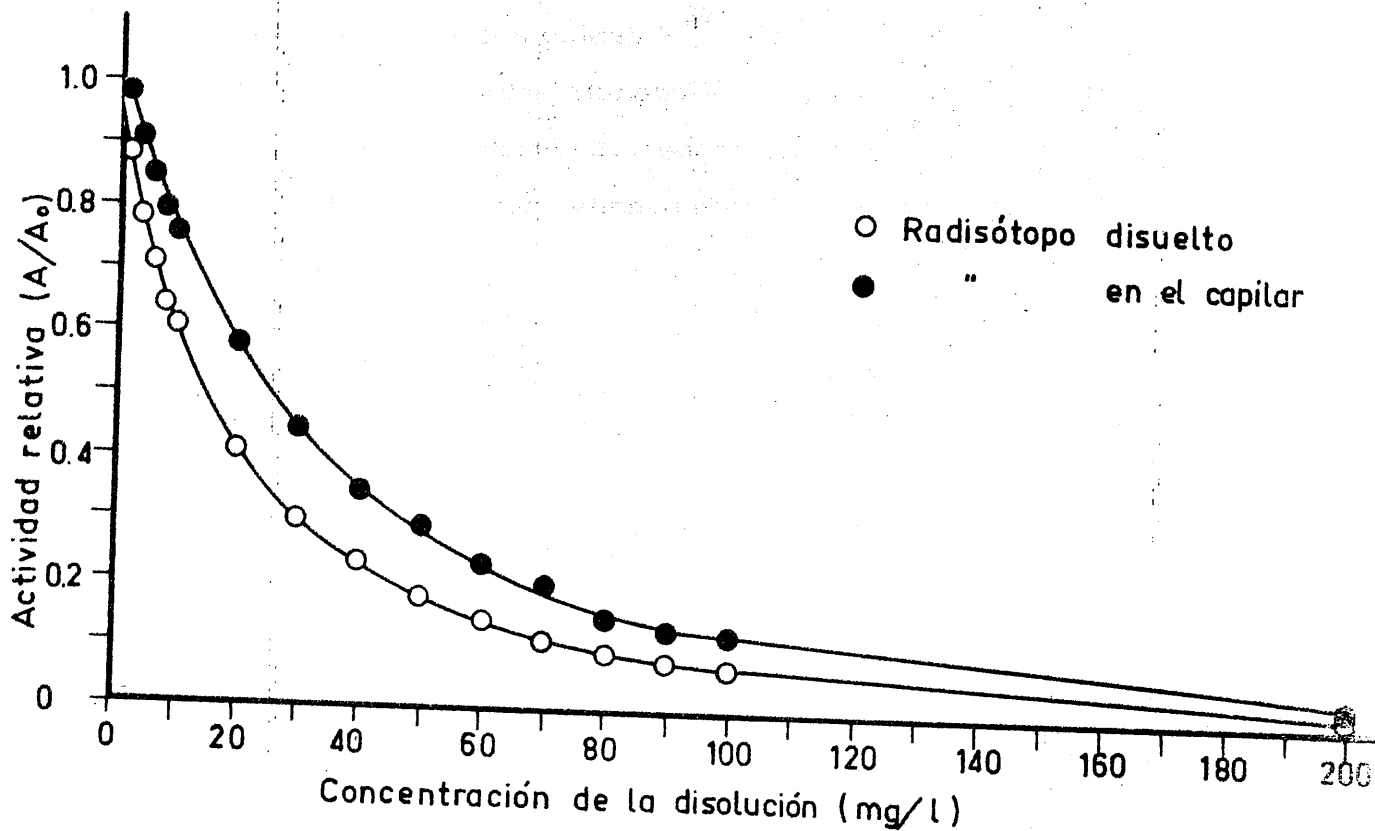


FIGURA 122. - Comparación de los resultados obtenidos utilizando el radisótopo ^{204}Tl disuelto y en el interior del capilar para una disolución de azul de metileno.

una mayor disponibilidad energética debido al mayor índice de refracción del vidrio con relación al agua, lo que origina un descenso del umbral de energía necesario para producir efecto Čerenkov. Esta circunstancia no se aprecia en el caso del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ debido a que al ser la energía beta máxima mucho más elevada, la diferencia entre los umbrales de energía de ambos medios suponen una proporción mucho menor con relación a la energía total disponible, contribuyendo por otra parte en el mismo sentido, el hecho de que en el caso del $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ algunas partículas beta de elevada energía producirán efecto Čerenkov fuera del capilar y dentro de la disolución coloreada.

De todo lo expuesto en el presente capítulo y en los anteriores podemos considerar que la extinción por coloración de la emisión Čerenkov producida en el interior de un capilar de vidrio de paredes gruesas, puede ser utilizada con fines analíticos para la determinación de concentraciones de disoluciones coloreadas, con las grandes ventajas ya expuestas en el sentido de que el consumo de radioisótopo queda reducido al mínimo y al mismo tiempo, la disolución a medir es recuperable al no quedar contaminada. Pueden, además, determinarse disoluciones coloreadas no acuosas; por otra parte, no se producen residuos radiactivos líquidos, no se contaminan los viales de medida, se elimina prácticamente el riesgo de contaminación del equipo de medida por rotura accidental de un vial, se eliminan errores al no tener que dosificar cada vez la cantidad de disolución radiactiva a adicionar, etc.

VI. - CONCLUSIONES

VI. - CONCLUSIONES

Basándonos en los resultados que se han expuesto, obtenidos del estudio sobre la extinción por color de la emisión Čerenkov producida por diversos radisótopos situados en el interior de un capilar de vidrio, y coordinando nuestros resultados y observaciones con los obtenidos en trabajos anteriores y con los datos encontrados en la bibliografía, hemos establecido, entre otras, las conclusiones siguientes:

- 1ª .- Se ha puesto a punto un método analítico colorimétrico, basado en la extinción por color de la emisión Čerenkov producida por un radisótomo situado sin contacto directo de la disolución a determinar. En el método propuesto se utiliza un espectrómetro de centelleo líquido comercial, sin ninguna modificación del mismo .
- 2ª .- El presente método propuesto, supera al método de adición directa del radisótomo, en varios aspectos importantes y, fundamentalmente, en los siguientes:
 - a). - La disolución a medir es recuperable al no quedar contaminada.
 - b). - Pueden determinarse disoluciones coloreadas no acuosas.
 - c). - El consumo de radisótomo queda reducido al mínimo.
 - d). - No se producen residuos radiactivos líquidos.
 - e). - No se contaminan los viales de medida.

- f). - Se elimina prácticamente el riesgo de contaminación del equipo de medida por rotura accidental de un vial.
- g). - Se eliminan errores al no tener que dosificar cada vez la cantidad de disolución radiactiva a adicionar.

3^a .- El volumen óptimo de la disolución cuya concentración se determina es de unos 10ml. para los emisores beta estudiados y de unos 12ml. para el caso de utilizar el emisor gamma Cobalto-60. Los errores cometidos por la diferente orientación del vial han sido, en todos los casos, menores del 2% .

4^a .- La concentración de sustancia coloreada podría calcularse matemáticamente mediante una expresión del tipo:

$$c = \frac{\log A - \log A_0 - b}{a}$$

siendo \underline{A} y \underline{A}_0 , respectivamente, las actividades medidas con la concentración problema y a concentración cero; \underline{a} y \underline{b} son los parámetros calculados para la correspondiente ecuación experimental.

5^a .- Una disolución que presenta color rojo posee un mayor poder de extinción para la radiación Čerenkov que otra disolución de análoga densidad óptica que presenta coloración azul, lo cual es debido a dos factores yuxtapuestos. Por una parte, la propia distribución espectral de la emisión Čerenkov, cuyos fotones de longitudes de onda, en general inferiores a 400 nm, van de la zona azul a la ultravioleta; por otra parte, para el intervalo de longitudes de onda inferiores a 500 nm, es cuando presentan mayor sensibilidad los tubos fotomultiplicadores utilizados.

- 6º .- Para la aplicación del método analítico propuesto pueden emplearse tanto emisores beta como emisores gamma, siempre que la radiación que emitan posea energía suficiente para producir efecto Čerenkov en el medio utilizado.
- 7ª .- El espectro Čerenkov producido por los electrones secundarios de un emisor gamma, es totalmente comparable a los obtenidos con los emisores beta utilizados, debido al espectro continuo de los electrones Compton que fundamentalmente originan el efecto Čerenkov .
- 8ª .- Una diferencia esencial entre el comportamiento de un emisor gamma y otro beta es que en el primer caso, y debido a la mayor penetración en la materia, se aprecia la producción de efecto Čerenkov en el seno de la disolución coloreada, lo que en el caso de un emisor beta es poco probable.
- 9ª .- Las posibles variaciones en el índice de refracción de la disolución al variar su concentración, no tendrán influencia apreciable en el caso de emplear un emisor beta, mientras que en el caso de la utilización de un emisor gamma el efecto Čerenkov producido se verá modificado por la variación del umbral de energías con el índice de refracción . Esto es debido, como en el caso anterior, a la mayor penetrabilidad de los rayos gamma y a la mayor producción de efecto Čerenkov dentro de la disolución .
- 10ª .- El grado de extinción por color del efecto Čerenkov producido por el ^{60}Co presenta un valor intermedio entre los grados de extinción que presentan para análogos colorantes el $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ y el ^{204}Tl , si bien esto se aprecia en mayor o menor grado según el medio coloreado que se considere.

- 11ª. - Puede ser utilizado un emisor gamma de la naturaleza del ^{60}Co tanto para la producción de efecto Čerenkov como para el estudio de su extinción por color o para la determinación colorimétrica de concentraciones de disoluciones coloreadas.
- 12ª. - El grado de extinción por color (q) de una disolución, puede ser evaluado mediante la expresión: $q = 1 - A/A_0$ basándose en una curva experimental de calibrado que relacionase la actividad relativa A/A_0 con el grado de intensidad de color o densidad óptica del medio, la cual (para intensidades débiles) se puede determinar espectrofotométricamente. La corrección de la extinción podría efectuarse mediante la expresión $A_0 = A_{\text{obs}} \left(\frac{1}{1-q} \right)$, siendo A_0 la actividad corregida para la extinción o actividad real de la muestra y A_{obs} la actividad observada de la muestra.
- 13ª. - De acuerdo con los resultados obtenidos acerca de la reproducibilidad del método analítico propuesto podemos considerar que la aplicación de dicho método como técnica experimental para la medida de intensidades de color es buena, siempre que se elijan las condiciones idóneas para cada caso, tales como la selección del radisótopo a utilizar, así como el número total de cuentas a acumular en la medida.
- 14ª. - La sensibilidad del método analítico propuesto es mayor para aquellas disoluciones coloreadas que presentan elevada absorción para longitudes de onda inferior a 500 nm., de acuerdo con lo expresado en la Conclusión 5ª. Por otra parte, a medida que la energía beta máxima del radisótopo utilizado decrece, aumenta la variación de la actividad relativa A/A_0 con la concentración.
- 15ª. - Para la determinación de bajas intensidades de coloración es más ade

cuando el uso de emisores beta de baja energía ya que con éstos se obtiene una mayor variación de actividades para pequeñas variaciones de concentración que en el caso de utilizar un radisótopo más energético; por el contrario, para concentraciones mayores es más aconsejable el uso de un radisótopo de mayor energía.

- 16^a. - De todo lo expuesto podemos considerar que la extinción por coloración de la emisión Čerenkov producida en el interior de un capilar de vidrio de paredes gruesas, puede ser utilizada con fines analíticos para la determinación de concentraciones de disoluciones coloreadas, con grandes ventajas experimentales en relación con los métodos anteriormente propuestos.

BIBLIOGRAFIA

MEMORANDUM

BIBLIOGRAFIA

- (1) GLASSTONE, S. y SESONSKE, A.; "Ingeniería de Reactores Nucleares".
Editorial Reverté, S.A. (1968)
- (2) GLASSTONE, S.; "La energía atómica, Sus Principios y Fundamentos
Básicos". Compañía Editorial Continental, S.A. 3ª Edición
México (1963)
- (3) DYER, A.; "An Introduction to liquid Scintillation Counting" Heyden &
Son, Ltd. London, N.Y.; Rheine (1974)
- (4) BIRKS, J.B.; "The theory and practice of Scintillation counting".
Pergamon Press. London (1967)
- (5) BRANSOME, E.D.; Ed. "The Current Status of liquid Scintillation
Counting". Grune & Stratton, New York (1970)
- (6) CROOK, M.A.; JOHNSON, P. and SCALES, B.; Eds.; "Liquid Scintillation
Counting". Vol. 2, Heyden, London (1972)
- (7) ROSS, H.H.; For presentation at IAEA Symposium on Radioisotope
Sample Measurement Techniques in Medicine and Biology,
Viena (1963)

- (8) PENG, C. T.; Anal. Chem.; 41, 16, (1969)
- (9) HERBERG, R. J.; Anal. Chem. ; 35 , 786-91, (1963)
- (10) HORROCKS, D. L.; Nature, 201, 78-9, (1964)
- (11) SCRODT, A. E.; GIBBS, J. and ; CAVANAUGH, R.; Trans, An. Nucl. Soc.; 7 , 339 , (1964)
- (12) BRUNO, C. A.; CHRISTIAN, J. E.; Anal. Chem. 33 , 650 (1961)
- (13) CURIE, E.; " Madame Curie" Ed. Heineman. Londres
- (14) BELCHER, E. H.; Proc. Roy. Soc., 216, 90 (1953)
- (15) MALLET, L.; C.R. Acad ; Sci (París), 183, 274 (1926)
- (16) ČERENKOV, P. A. ; Dokl. Akad. Nank., SSS R, 2 , 451 (1934)
- (17) FRANK, I. M.; and TAMM, I.; Dokl. Akad. Nank.; SSS R, 14, (3), 109, (1937)
- (18) ČERENKOV, P. A.; Dokl. Akad. Nank.; SSS R., 4-5, 455, 109, (1937)
- (19) GINSBURG, V. L.; Zh. eksp. teor. fiz., 10 (6), 589, (1940)
- (20) GETTING, I. A.; Phys. Rev. 71 , 123, (1947)

- (21) RAPKIN, E.; Int. J. appl. Radiat. Isotopes, 15, 69 (1964)
- (22) JELLEY, J. W.; "Cerenkov Radiation and its Applications". Pergamon Press, London (1958)
- (23) ROSS, H. H.; Anal. Chem. 41, 1260 (1960)
- (24) PARKER, R. P.; and ELRICK, R. H.; "The Current Status of Liquid Scintillation Counting", P. 110 (Edwin D. Bransome, Ed.). Grune and Stratton, New York (1970)
- (25) ROSS, H. H.; The Current Status of Liquid Scintillation Counting P. 123 (Edwin D. Bransome). Grune and Stratton, New York. (1970)
- (26) ELRICK, R. H.; and PARKER, R. P.; Int. J. appl. Radiat Isotopes 19, 263 (1968)
- (27) SANTOSO, D.; Ph. D. Thesis, Univ. of Maryland (Univ. Microfilms 72-21, 131, (1972)
- (28) LAÜCHLI, A. Int. J. appl. Radiat. Isotopes 20, 265 (1969)
- (29) BUCHANAN, J. D., Radiochim. Acta 9, 218 (1968)
- (30) ROBINSON, J. R.; Int. J. appl. Radiat. Isotopes, 20, 531 (1969)

- (31) WIEBE, L.I.; NOUJAIM, A.A.; and EDISS, C. ; Int. J. appl. Radiat. Isotopes 20, 531 (1969)
- (32) HOCH, F.L.; KURAS, R.A.; and JONES, J.D.; Anal. Biochem. 40, 86, (1971)
- (33) PARKER, R.P.; Health Phys.; 18 (2) , 175 (1970)
- (34) ROSS, H.H.; In Organic Scintillators and Liquid Scintillation Counting, p. 757. Academic Press. New York and London. (1971)
- (35) WIEBE, L.I. and EDISS, C.; The International Conference on Liquid Scintillation Science and Technology (1976). Held at the Bauff Centre, Bauff Alberta Canada
- (36) WIEBE, L.I.; HELUS, F. ; Int. J. appl. Radiat Isotopes, 29, 391 (1977)
- (37) ROSS, H.H.; Radiochem. Radioanal. Letters 27 (2) 71-78 (1976)
- (38) HABERER, K. ; Atom Wirtsch. 10, 36, (1965)
- (39) JOHNSON, M.K. ; Anal. Biochem. 40, 86 (1971)
- (40) HAVILAND, R.T.; and BIEBER, L.L.; Anal Biochem. 33, 323 (1970)
- (41) GENNARO, G.P.; and COLLINS, K.E.; J. Radional. Chem. 5, 387 (1970)

- (42) HOFFMAN, W. ; Radiochem. Acta, 4, 117 (1965)
- (43) BRAUNSBURG, H. and GRUYVER, A. ; Anal Biochem. ; 10, 125
(1965)
- (44) FRANCOIS, B. ; International Journal of Nuclear Medicine and Biology,
1, 1-14, (1973)
- (45) GELSEMA, W.F. ; DE LIGNY, C.L. ; LERTEN, J.B. and VOSENBERG,
F.G.A. ; Int. J. appl. Radiat. Isotopes, 26, 443, (1975)
- (46) PARMENTER, J.H. ; TEN HAAF, F.E.L. ; Int . J. appl. Radiat. Isotopes
20, 305 (1969)
- (47) PARKER, R.P. ; Liquid Scintillation Counting; 3 , 237, (1973)
- (48) VEMMER, H. ; and GÜTTE, J.O. ; Atompraxis; 10, 475 (1964)
- (49) JOHNSON, M.K. ; Anal. Biochem. ; 29, 348 (1969)
- (50) PLESUMS, J. ; and BUNCH, W.H. ; Anal Biochem. 42 , 360 (1971)
- (51) MIZUNO, S. ; EGUEHT, H. ; YANO, K. and YAMAGUEHI, H. ; Radisotopos
(Tokyo); 18, 19 (1969)
- (52) PALMER, F.B. ; St. C. ; Anal Biochem. ; 31, 493 (1969)

- (53) SCHNEIDER, P. B. ; J. Nuc. Med.; 12, 14 (1971)
- (54) BRAUNSBURG, H. and GRUYVER, A. ; Anal Biochem. 10, 86 (1965)
- (55) BROWN, L. C. ; Anal. Chem. 43, 1326 (1971)
- (56) LAÜCHLI, A. ; Int. J. appl. Radiat. Isotopes; 20, 618 (1956)
- (57) LAÜCHLI, A. ; Organic Scintillators Counting and Liquid Scintillation Counting, P. 771 (Ed. D. L. Horrocks and Chin-Tzu Peng) Academic Press, New York. (1971)
- (58) WHITE, R. P. and ELLIS, B. G. ; Soil Science Am. Proc. 32, 470 (1968)
- (59) ANTHONY, D. M. ; GLASS, Int. J. appl. Radiat Isotopes 29, 75 (1978)
- (60) SESHADRI KANNAN, ; Int. J. appl. Radiat. Isotopes 26, 556 (1975)
- (61) IWAKURA, I. ; Int. J. appl. Radiat. Isotopes, 18, 500 (1969)
- (62) VANINBROUKY, R. L. ; Proc. Symp. Standardization of Radionuclides, Vienna; IAEA , P. 443 (1967)
- (63) ASHCROFT, J. ; Int. J. appl. Radiat. Isotopes 20, 555 (1969)
- (64) BOBROWSKI, K. ; Radiat Eff 33 (1) 39 (1977)

- (65) ZAGORSKI, ZIMEK. ; Int. J. Radiat. Phys. Chem. 7, 529 (1975)
- (66) BRUNNER, G.; PABST, D.; STUCHLIK, W. ; Isotopenpraxis, 12 (2)
72, (1976)
- (67) AYERS, D.S.; et. al ; Physica 43, 105 (1969)
- (68) BAZYLEV, V.A.; GLEBOV, V.I.; DENISOV, E.K.; ZHEVAGO, N.K.;
KHLEBNIKOV, A.S.; (Inst. At. Energy. im Kurchatova,
Moscow USSR) Pis'ma Zh. Eksp. Teor. Fiz. 24 (7), 408
(1976)
- (69) PIESTRUP, M.A.; POWELL, R.A.; ROTHBART, G.B.; CHEN, C.K.
and PAUTELL, R.H.; Applied Physics letters, 28 (2),
15 (1976)
- (70) PEREZ MODREGO, S. ; PLATA BEDMAR, A.; "Radiaciones ionizantes",
Ed. Artes Graficas Langa y Co., Madrid (1965)
- (71) EAKINS, J.D.; BROWN, D.A.; Int. J. appl. Radiat Isotopes, 17, 391,
(1966)
- (72) GONZALEZ GOMEZ, C.; LOPEZ GONZALEZ, J. de D. y ANDRES
VERGES, M ; Int. J. appl. Radiat Isotopes 28, 563
(1977)
- (73) GONZALEZ GOMEZ, C.; LOPEZ GONZALEZ, J. de D.; y ANDRES
VERGES, M.; Energia Nuclear 20, (101) 200 (1976)

- (74) ANDRES VERGES, M.; LOPEZ-GONZALEZ, J de D. y GONZALEZ GOMEZ, C; An. Quim. 74, 726 (1978)
- (75) ROBINSON, J.R.; Int. J. appl. Radiat Isotopes 20, 531 (1969)
- (76) HAVILAND, R.T. and BIEBER, L.L.; Anal. Biochem. 33, 323 (1970)
- (77) FRANCOIS, B.; Int. J. appl. Radiat, Isotopes 18, 525, (1967)
- (78) MOIR, A. T. B. ; Int. J. appl. Radiat. Isotopes 22, 213 (1971)
- (79) VIRGILIO, F.; NASCIENENTO, F.; Int. J. appl. Radiat, Isotopes 28, 789 (1977)
- (80) WIEBE, L. I.; NOUJAIM, A. A.; and EDISS, C.; Int. J. appl. Radiat. Isotopes 22, 463 (1971)
- (81) ROSS, H. H.; Anal. Chem. 37, 621 (1965)
- (82) JORDAN, P. and KOBERLE ; Experientia 25 335, (1968)
- (83) ZEMSKOVA, I. E.; Exp Tech. U.S.S. R. nº 1, 90; (1970)
- (84) FERNANDEZ MORALES, I.; Tesis Doctoral, Universidad de Granada, (1976)

- (85) FERNANDEZ MORALES, I. ; LOPEZ-GONZALEZ, J. de D. y GONZALEZ GOMEZ, C; An. Quim. 75 , 482 (1979)
- (86) LOPEZ-GONZALEZ, J. de D. ; FERNANDEZ MORALES, I. y GONZALEZ GOMEZ, C. ; Energia Nuclear 23, (118), 125 (1979)
- (87) FERNANDEZ MORALES, I. ; LOPEZ-GONZALEZ, J. de D. y GONZALEZ GOMEZ, C. , An. Quim. (Aceptado y en prensa)
- (88) GONZALEZ GOMEZ, C. ; LOPEZ-GONZALEZ, J. de D. y FERNANDEZ MORALES, I. ; Energia Nuclear 23, (119), 179 (1979)
- (89) RINGBOM, A. y SINDMANS, F. ; Anal. Chem. ; 115, 402 (1939); 116, 104 (1939)
- (90) AYRES, G.H. ; Anal. Chem. 21, 652 (1949)

