


DETERMINACION DE RESIDUOS DE PESTICIDAS ORGANOCORADOS
EN LAS AGUAS DEL LAGO DE AMATITLAN
(EPOCA DE INVIERNO)

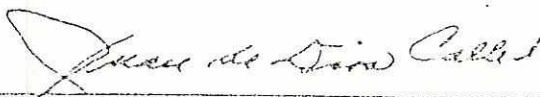
BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA


Químico Farmacéutico en el grado de Licenciado

Vo. Bo:

(f) 
Lic. Eusebio Rolando López
Asesor

Tribunal:

(f) 
Dr. Juan de Dios Calle

(f) 
Lic. Eusebio Rolando López

(f) 
Lic. Maria I. Herrera

Fecha de aprobación: 7 de noviembre de 1991

RESUMEN

Se realizó un análisis de residuos de Pesticidas Organoclorados, presentes en las aguas del lago de Amatitlán. Para lo cual se muestreó en 7 zonas específicas del lago (identificadas en la figura 1, pag. 16.a), en tres diferentes fechas 10, 20 y 30 de septiembre de 1990. Se extrajeron los pesticidas de las muestras de agua con n-Hexano (grado pesticida), para luego identificarlos y cuantificarlos por medio de Cromatografía de Gases.

Mediante este análisis se encontró contaminación por los siguientes pesticidas: Lindano, Aldrín, Epóxido de Heptacloro, P-P'-DDE, O-P'-DDD, P-P'-DDD, O-P'-DDT y Metoxicloro, que suman 8 pesticidas presentes en total.

La mayor contaminación registrada fue por Metoxicloro, apareciendo en todas las zonas de muestreo, con valores hasta de 2.8044 mg/l, seguido por P-P'-DDE con valores de 0.0228 a 0.5486 mg/l, y luego por Lindano con valores de 0.0060 a 0.0506 mg/l. Los otros pesticidas, Aldrín, Epóxido de Heptacloro, O-P'-DDD, O-P'-DDT y P-P'-DDD, presentaron poca contaminación, registrándose con menor frecuencia en las zonas muestreadas del lago.

La zona 2 (zona de viviendas) fue la más contaminada por pesticidas, seguida de la zona 5 (zona del río Michatoya). Las zonas 1, 3 y 4 localizadas en el mapa presentaron poca

contaminación, con valores similares de concentración. Las zonas 6 y 7 (centro del lago) son las menos contaminadas.

Las concentraciones encontradas no pueden producir intoxicaciones agudas, pero causan intoxicaciones crónicas, por acumulación paulatina al estar expuesto continuamente a estos focos de contaminación.

CONTENIDO

	Páginas
I. INTRODUCCION	1
II. MARCO CONCEPTUAL	5
A. Antecedentes	5
B. Justificación	9
III. MARCO TEORICO	10
IV. MARCO METODOLOGICO	13
A. Objetivos	13
B. Hipótesis	13
C. Universo de trabajo	14
D. Recursos materiales	14
E. Procedimiento	16
V. MARCO OPERATIVO	20
A. Resultados	20
B. Discusión de resultados	27
C. Conclusiones	36
D. Recomendaciones	38
VI. BIBLIOGRAFIA	39
ANEXOS	41

I. INTRODUCCION

El lago de Amatitlán, actualmente, es una preocupación nacional por ser uno de esos recursos naturales que se acomodan exactamente a la descripción de asentamiento y desarrollo humano. En el documento preparado como un informe final de la comisión técnica multidisciplinaria para la recuperación del lago de Amatitlán en marzo de 1981 (1), se relata la historia del uso y contaminación del lago desde tiempos de la colonia a la fecha. En éste se describe el aspecto de deposición de aguas servidas, no sólo de una parte de la ciudad de Guatemala, sino de pobladores aledaños al mismo.

Si bien es cierto, que el lago de Amatitlán tiene una alta capacidad de recuperación, son múltiples y variados los factores que contribuyen a acelerar su proceso de deterioro.

No se trata, pues, de un problema exclusivamente ecológico, ya que intervienen también variables sociales y económicas que deben considerarse.

En efecto, dado la ausencia de un plan adecuado de ordenamiento urbano y localización industrial, se han ubicado centenares de asentamientos humanos en la zona de la cuenca del lago, más de 125 colonias y lotificaciones, 272 industrias, fincas de café, ingenios de azúcar, todos ellos con un fuerte potencial de contaminación.

Como consecuencia de ésto, el lago de Amatitlán recibe en la actualidad un 75 % del total de las aguas negras domésticas

y agroindustriales de la ciudad capital y de sus municipios cercanos, lo que significa que cada año recibe por concepto de descargas 14 millones ochocientos quince mil trescientos cuarenta y cuatro metros cúbicos.

En su mayoría, las descargas de aguas mieles, producto de la actividad de los ingenios, fincas de café y de otra variedad de alimentos, van directamente a riachuelos y/o quebradas que desembocan en el lago (2).

El propósito del presente estudio es la investigación de uno de los factores contribuyentes a dicha contaminación, como lo es la presencia de residuos de pesticidas en las aguas del lago.

Desafortunadamente en el país es frecuente el mal uso de estos pesticidas, ocasionando con ello altos niveles de contaminación ambiental y gran parte de los residuos de los pesticidas que se usan pueden acumularse en las aguas de lagos y lagunas como producto de esos contaminantes (3).

Los problemas ecológicos de los países altamente desarrollados son esencialmente diferentes a los que se presentan en los países en vías de desarrollo. Guatemala, por ser un país en vías de desarrollo, posee actualmente una economía que se basa, principalmente, en su producción agrícola, por esa razón las prácticas agrícolas juegan un papel importante en los problemas ambientales. El caso más dramático se presenta con el mal empleo de los llamados pesticidas, que han ocasionado acu-

mulación de los mismos en el ambiente general. La contaminación ambiental, que es causada por los efectos de las sustancias de origen sintético y de naturaleza orgánica, llamadas pesticidas y los efectos resultantes de ella, han sido reconocidas en las últimas dos décadas como parte de un grave problema. La utilización de sustancias químicas en cantidades masivas para los problemas agrícolas y sanitarios ha creado serios daños derivados de su producción, distribución y uso (4).

Junto a los beneficios derivados de su aplicación, traducidos en una mayor producción de alimentos y mejoramiento sanitario de zonas insalubres, corren paralelos los problemas de su acción residual y sus consecuencias toxicológicas sobre el ambiente. Esto ha hecho que algunos organismos internacionales participen en programas de estudios de residuos, su toxicidad y significación biológica sobre los seres vivos. Los animales del medio acuático acumulan estos compuestos obteniéndolos en las aguas fértiles en que habitan. La distribución de dichas sustancias está generalizada a todos sus tejidos y aquellas pueden concentrarse paulatinamente en ellos, hasta el nivel de llegar a contaminar su propio hábitat.

El problema biológico en sí está basado en que aún las cantidades pequeñas de pesticidas que contaminan el ambiente pueden ser concentradas en el alimento de los animales y en las aguas que los contienen, en un tiempo relativamente corto. Al ser utilizadas estas aguas y alimentos contaminados causan

efectos tóxicos, tales como retardo en la reproducción y otros problemas de supervivencia en las especies. En sí los pesticidas órganoclorados son detectados en diversas partes del organismo de los seres vivos acuáticos, como en la sangre, en los tejidos adiposos, y especialmente en el hígado y en el páncreas. La contaminación puede entonces llegar al hombre al consumir animales contaminados, a través de la cadena alimenticia, o al tener contacto directo con la piel o por ingestión de las aguas contaminadas (4). Se tienen datos de dosis mortales registradas en el hombre de 150 a 200 mg/kg de peso, que no es una dosis difícil de alcanzar si se tiene una intoxicación paulatina; a dosis menores que esa, se registran efectos tóxicos nerviosos y hepatorreñales; nerviosos por ser de carácter liposoluble, y hepatorreñales por su halogenación (5). Básicamente la absorción puede ser por vía cutánea, digestiva y respiratoria, lo que conlleva a un alto riesgo de contaminación por residuos de pesticidas en aguas de depósitos naturales como las del lago de Amatitlán (6).

Esto demanda un estudio de los tipos y niveles de contaminación por pesticidas órganoclorados, por ser los más persistentes en el ambiente (6) y que de alguna forma pueden afectar la salud humana y de la fauna acuática, así como también el constante deterioro del lago de Amatitlán.

II. MARCO CONCEPTUAL

A. Antecedentes

Actualmente no se cuenta con algún estudio relacionado con la contaminación por pesticidas órganoclorados en el lago de Amatitlán, ni en sus afluentes y efluentes. Aunque hace mucho tiempo que se desarrollan investigaciones en el lago, sobre otros aspectos, como los realizados por entidades o técnicos extranjeros que al visitar Guatemala han hecho observaciones y análisis superficiales, entre ellos están: Meeck (7), quien en 1906 recolectó muestras de agua para pruebas limnológicas, entre enero y febrero de ese año. Clarck (8), en 1908 realizó algunas observaciones sobre el Plancton del lago. Nuevamente Meeck, en 1908, dibujó los contornos del fondo del lago en la base del Este.

Juday, en 1910, (9) realizó muestras del lago y mencionó algunas formas de Plancton en su informe. Deevey, en 1950, (10) efectuó la muestra dos veces del lago, la primera en agosto y la segunda en septiembre. Hutchinson, en 1957, (11) reportó un trabajo sobre los requerimientos para distribuir el calor del lago por el viento.

En 1968 se iniciaron estudios que involucran trabajos limnológicos más profundos cuando el Instituto Geográfico Nacional llevó a cabo muestreos del agua del lago para hacer determinaciones de pH, carbonatos y nitratos (12). En 1969, Vergas estudió los afluentes y efluentes del lago, efectuando

mediciones de pH, dureza, nitratos (13). En el mismo año, Weiss (14) en cooperación con la escuela regional de ingeniería sanitaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Instituto Geográfico de Guatemala realizaron un estudio Limnológico, el cual se inició en el mes de enero de 1969 y se completó en mayo de 1970, encontrándose estudios límites inaceptables para la calidad del agua y, además, mucha abundancia de algas. Calzada en 1974, (15) realizó una evaluación preliminar de las constantes cinéticas de las aguas del lago. Vásquez, en 1975, (16) llevó a cabo su estudio sobre la evaluación del número más probable y porcentaje de coliformes totales y fecales en el período de marzo a julio de 1974. Silva, en 1975, (17) hizo un estudio sobre los efectos de la contaminación en la población vecina al lago. También existen estudios hechos por el Instituto de Sismología, Vulcanología e Hidrología, con respecto de la calidad del agua del río Michatoya (18).

Desde hace unos 20 años, la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria ha realizado estudios sobre la eutroficación del lago de Amatitlán, presentando, en 1975, un informe preliminar(19).

En 1976, Delgado publicó un estudio sobre el saneamiento general de una de las comunidades que se encuentran a orillas del lago (20). La Escuela de Ingeniería Sanitaria presenta en 1981 durante el 7o. Congreso Centroamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, un estudio sobre la eutroficación del lago de Amatitlán.

Manuel Basterrechea, en 1983 (21), presentó un trabajo sobre el desarrollo de una metodología para evaluar el efecto de las acciones que se dirigen sobre la eutroficación del lago de Amatitlán. Paz, en 1983 (22), llevó a cabo estudios sobre la determinación del nivel actual en el transporte y descarga del lago de Amatitlán del surfactante aniónico de Alkil benceno, el cual se degrada muy lentamente y proviene del uso creciente de detergentes sintéticos.

Por otra parte se cuenta con trabajos relacionados por la contaminación por pesticidas en otras áreas, como el realizado en 1988 por el ICAITI en el que se refiere a un estudio de la contaminación ambiental ocasionada por plaguicidas refiriéndose al mal uso que hacen de ellos la mayoría de agricultores y ganaderos (3).

En 1948, Surber demostró que se estaban llevando a cabo estudios sobre los efectos de los plaguicidas en aguas de lagos, lagunas, ríos, etc., relacionándolo con los peces, su alimentación y sobre varias formas de vida salvaje, ya que desde el punto de vista ecológico, es una forma de encarar el problema. Pero en los últimos diez años estas investigaciones no han resultado muy efectivas (4).

En 1965, en los Estados Unidos y Japón se hicieron investigaciones de plaguicidas, donde se concluyó que el uso de ellos ha contribuido indudablemente al rendimiento de las cosechas en los campos y a la salud humana, pero también ha producido efectos adversos incluyendo la contaminación ambiental

natural, dañando la pesca del mar, de agua dulce, los insectos benéficos y ocasionalmente envenenamiento de los humanos. Pellerle elaboró una lista de alguna de las áreas interesadas de investigación en el campo de los estudios de los plaguicidas en sistemas ecológicos y el efecto de los mismos sobre dichos sistemas, enfatizando que debe darse una atención particular a las posibles influencias de pequeñas cantidades de plaguicidas en la carcinogénesis, la resistencia a enfermedades, el "stress", la reproducción y los factores genéticos y otros bien conocidos actualmente (3).

El Bureau of Commercial Fisheries en la estación experimental de plaguicidas en Gulf Breeze, Florida, lleva a cabo investigaciones sobre la toxicidad de los plaguicidas y ha podido aseverar que está vitalmente consciente de los efectos dañinos que los insecticidas puedan causar sobre los animales acuáticos, expuestos a aguas contaminadas con estos plaguicidas, ocasionando el grado de toxicidad aguda (4).

B. Justificación

Por medio de esta investigación se pretende contribuir con entidades privadas y gubernamentales, a través de un estudio piloto, basado en la contaminación por residuos de pesticidas organoclorados en las aguas del lago de Amatitlán

Este trabajo se concibió por la carencia de textos específicos relacionados con el problema de carácter importante, ya que por la alta persistencia que los pesticidas organoclorados tienen en el ambiente, ocasiona, junto a los beneficios derivados de su aplicación, problemas de su acción residual y consecuencias toxicológicas, y estos se hacen más graves con el uso inadecuado que los agricultores le dan a este tipo de pesticidas y a las formas en que los deshechan (3).

Esta investigación proporciona la pauta para estudios posteriores sobre contaminación por pesticidas en el lago de Amatitlán, y, para tomar las medidas adecuadas para su saneamiento.

III. MARCO TEORICO

Los pesticidas organoclorados son generalmente Hidrocarburos Aromáticos Halogenados, que presentan en el ambiente poca degradación y alta persistencia a través del tiempo, que los convierte en potenciales fuentes de contaminación.

Dentro de sus derivados más comunes y usados se cuentan los siguientes:

Lindano

Gamma isómero de 1,2,3,4,5,6-hexaclorociclohexano

Toxicidad: DL₅₀(ratas)

Oral aguda: 88-125 mg/kg de peso

Dérmica aguda: 1000 mg/kg de peso

Heptacloro

Heptaclorotetrachidro-4,4-metanoindano

Por oxidación da Epóxido de Heptacloro

Toxicidad: DL₅₀(ratas)

Oral aguda: 47-220 mg/kg de peso

Dérmica aguda: mayor de 2000 mg/kg de peso

Aldrín

1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,8,8a,hexahidro-1,4:5

8-dimetanonafthaleno

Toxicidad: DL₅₀(ratas)

Oral aguda: 38-66 mg/kg de peso

Dérmica aguda: 98 mg/kg de peso

Diieldrín

1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro

6,7-epoxy-1,4:5,8-dinotanonafthaleno

Toxicidad: DL₅₀(ratas)

Oral aguda: 37-87 mg/kg de peso

Dérmica aguda: 60-90 mg/kg de peso

Endrín

1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro-6,7

epoxy-1,4:5,8-dimetanonafthaleno

Toxicidad: DL₅₀(ratas)

Oral aguda: 7-15 mg/kg de peso

Dérmica aguda: 15 mg/kg de peso

D.D.T.

Dicloro-difenil tricloroetano, principal isómero presente

1,1,1-tricloro-2,2-bis (p-clorofenil)

Toxicidad: DL₅₀(hombre)

Oral aguda: 250 mg/kg de peso

Dérmica aguda: 113 mg/kg de peso

D.D.D.

1,1,dicloro-2,2-bis (p-clorofenil) etano

Toxicidad: DL₅₀(ratas)

oral aguda: 3400 mg/kg de peso (23)

Estos pesticidas mencionados, son Neurótrofos por su liposolubilidad, por lo que se acumulan en todos los centros nerviosos, tanto en animales como en humanos (24).

La cromatografía de gases es una de las técnicas nuevas viables para el análisis de formulaciones de gran cantidad de pesticidas, tanto hidrocarburos órganoclorados, como órganofosforados, etc.. Cuando esta técnica es aplicada el análisis es rápido y exacto en condiciones apropiadas. Siendo la cromatografía un adecuado medio para la separación e identificación, y además para la cuantificación de pesticidas; también es el instrumento más usado por los químicos analistas sobre los residuos de estos contaminantes (25).

IV. MARCO METODOLOGICO

A. Objetivos

Basados en un estudio realizado en época lluviosa.

1. Generales

a. Desarrollar un informe dirigido a entidades interesadas sobre el grado de contaminación por pesticidas órganoclorados en determinadas áreas de las aguas del lago de Amatitlán, para que en el futuro puedan tomarse medidas necesarias para su saneamiento.

b. Mediante este estudio, determinar la importancia del problema de contaminación ambiental en aguas de depósitos naturales, creada por pesticidas órganoclorados, para aportar adecuadas ideas y soluciones al problema.

2. Específicos

a. Identificar los residuos de pesticidas órganoclorados, presentes en ciertas áreas del lago de Amatitlán, utilizando cromatografía de gases.

b. Cuantificar por medio de cromatografía de gases la concentración por litro de los pesticidas órganoclorados presentes en dichas áreas.

B. Hipótesis

El lago de Amatitlán, localizado en el departamento de Guatemala, actualmente se encuentra contaminado por residuos de pesticidas órganoclorados en una concentración que resulta perjudicial a la salud humana y de la fauna acuática.

C. Universo de trabajo

Constituido por 21 muestras de agua tomadas en áreas determinadas del lago de Amatilán (ver mapa de áreas pag. 16.a), durante el mes de septiembre de 1990, analizados mediante cromatografía de gases.

D. Recursos materiales

Cristalería

1. Para muestreo

- Botellas para muestreo de agua
- Frascos de vidrio opaco color ámbar, con capacidad aproximadamente de 1200 ml con tapadera hemética.

2. Para trabajo analítico

- Probetas graduadas de 1 litro
- Embudos de vidrio
- Probetas de 50 ml
- Probetas de 10 ml
- Erlenmeyers de 250 ml
- Ampollas de decantación de 1 litro
- Balones usados en rotavapor de 100 ml
- Pipetas Pasteur
- Tubos viales de 2 ml con tapón esmerilado

Materiales

- Papel aluminio, papel parafinado
- Algodón puro (para uso clínico)

- Varillas de vidrio, espátulas, barras magnéticas
- Masking tape

Equipo

- Balanza de triple brazo
- Agitadores magnéticos
- Rotavapor para concentrar extractos
- Refrigeradora para almacenamiento
- Cromatógrafo de gases Sigma 2B, y equipo complementario:
 - a. Columna SP-2250/1.95%; SP-2401 sobre 100/120 Supelcoport
2.0 m x 4 mm I.D. de vidrio
 - b. Cilindros de nitrógeno para uso cromatográfico
 - c. Filtro de humedad para nitrógeno, Supelco
 - d. Purificador de gas acarreador, Supelco
 - e. Recorder, Perkin Elmer 024
 - f. Microjeringas para inyección de 10.0 ul Hamilton

Reactivos

- N-hexano, nanogrado, Mallinckrodt
- Carbonato de sodio grado reactivo
- Cloruro de sodio grado reactivo
- Sulfato de sodio anhidro, grado reactivo, secado por
4 horas a 125° centígrados
- Acetona industrial
- Agua destilada y desionizada
- Mezcla patrón de 12 pesticidas órganoclorados, disueltos
en iso-octano

E. Procedimiento

1. Muestreo:

Se delimitó como lugar de muestreo el lago de Amatitlán, en el área 1, indicada en el mapa (pag. 16.a), por ser esta área donde está el afluente, río Villalobos, y el efluente, río Michatoya además de ser el área más poblada de dicho lago.

Se sacaron muestras en esta área, que incluía 7 zonas, enumeradas del 1 al 7 en el mapa (pag. 16.a), y cada zona se muestreo en tres diferentes fechas:

A: 10 de septiembre de 1990

B: 20 de septiembre de 1990

C: 30 de septiembre de 1990

El muestreo se realizó durante las horas del día, luego de contarse con abundante lluvia; las dos primeras fechas por la mañana (A,B) de 9:00 A.M. horas en adelante, y la tercera fecha (C) por la tarde 15:00 horas en adelante.

El muestreo se realizó en la superficie de las aguas del lago (tomando como superficie 1 m de profundidad), con botellas adecuadas para tomar las muestras.

Luego se colocaron en frascos de vidrio color ámbar, de 1200 ml de capacidad, dotados de tapadera hermética para su mejor conservación en refrigeración (5-10°C) (26).

MAPA DEL LAGO DE AMATITLAN

Parque "Las Ninfas"

Zona 1 *
Playas Pùblicas

Zona 5 *
Río Michatoya

Zona 2 *
Viviendas

El Bebedero

Zona 6 *
Centro del lago

*

Zona 7 *

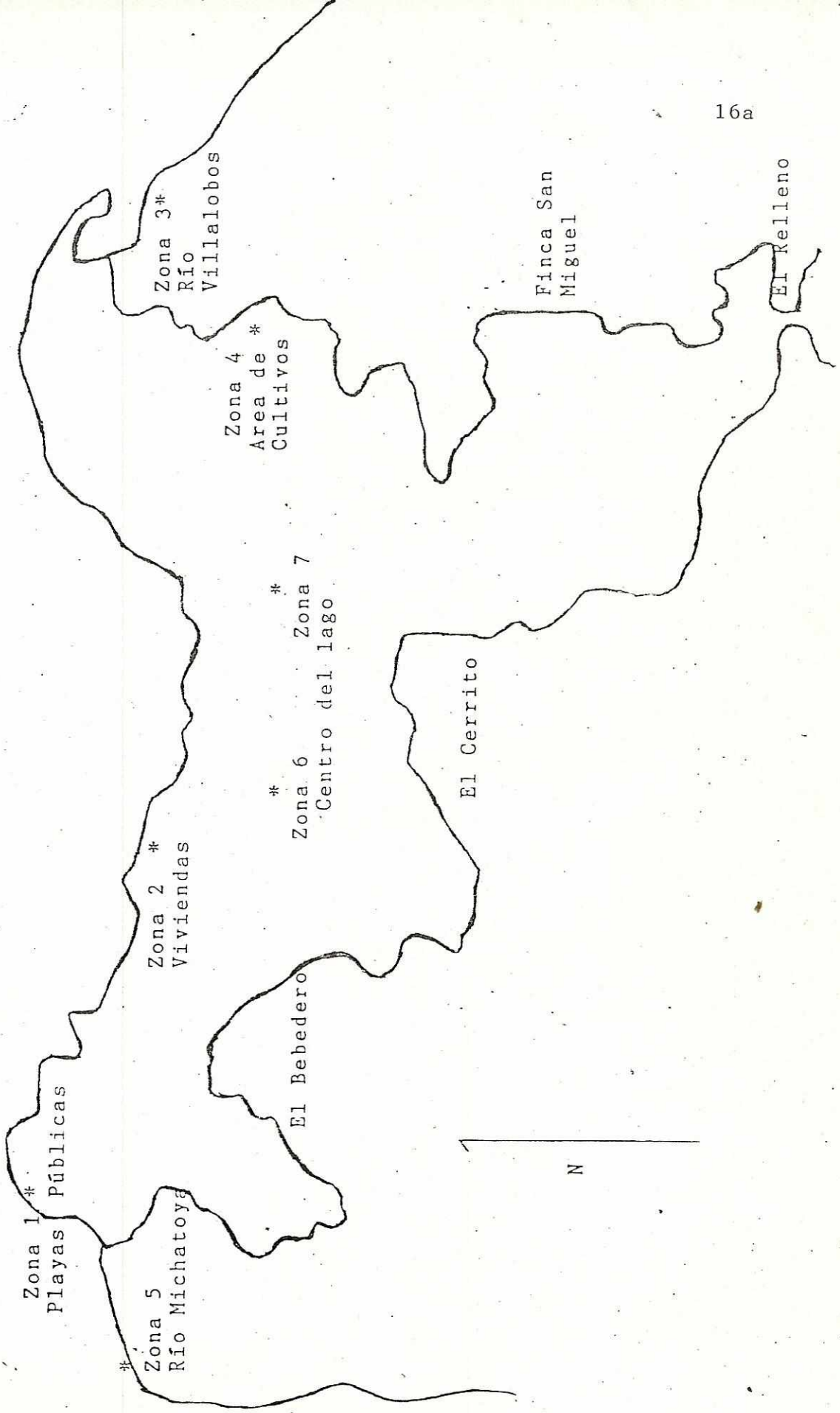
Zona 4 *
Area de *
Cultivos

Zona 3 *
Río
Villalobos

El Cerrito

Finca San
Miguel

El Relleno



2. Preparación del equipo de cromatografía de gases

Preparación, empaqueo y acondicionamiento de la columna

Preparación: para asegurarse de la limpieza de la columna de vidrio se le pasó abundante acetona (grado reactivo), y luego se enjuagó con n-hexano (grado reactivo). Después se secó mediante aplicación de vacío.

Empacado: se tapó un extremo de la columna, con lana de vidrio grado cromatográfico, previamente tratada y secada con n-hexano, para evitar la fuga del material de empaque, pues en este extremo se le conectó el vacío para hacer más efectivo el empaqueo. Con el vacío accionado, se añadió lentamente material de empaque (sólido), dando golpes suaves a lo largo de la columna para asegurarse que no existieran canales o espacios sin llenar. El proceso duró 4 horas hasta que se aseguró el completo llenado de la columna.

Acondicionamiento: se le hizo pasar el gas transportador (N_2), el cual tuvo conectado en serie un filtro para eliminarle la humedad, y otro filtro para eliminar el O_2 ; el gas se le hizo pasar a una velocidad de 30 ml/min, y se le incrementó la temperatura, primero $60^\circ C$ por 30 minutos, y luego a incrementos de $2^\circ C/min$ hasta que llegó a $210^\circ C$, donde se mantuvo por 24 horas, para lograr un adecuado acondicionamiento (27).

3. Preparación y acondicionamiento del detector de captura de electrones (ECD)

Previo a conectar la columna empacada, se hizo una conexión para que el gas purificado (nitrógeno) pasara directamente hacia el detector. La conexión se realizó con un tubo de cobre, que fue rigurosamente lavado con acetona y n-hexano antes de conectarlo.

De esta forma se le pasó al ECD el gas nitrógeno, a 350°C durante 5 días, conectándole el Recorder, hasta que la línea base corriera completamente horizontal (27).

4. Preparación de las muestras analizadas

Toda la cristalería se limpió antes de su utilización. Haciéndole un riguroso lavado con abundante agua y jabón, enjuagándola con agua destilada, acetona y con el solvente usado, n-hexano. Luego se guardaron tapándolos con papel aluminio, para evitar contaminación.

Extracción: luego de agitar manualmente el frasco de vidrio donde se colectó la muestra, se midió un litro en una probeta, removiendo el resto de muestra del frasco. La cantidad medida se virtió nuevamente al frasco original, y se midió el pH con un potenciómetro, ajustándolo a 8.5 utilizando carbonato de sodio bajo agitación magnética.

Luego se agregaron 50 g de NaCl para hacer el medio más polar y que los pesticidas posteriormente pasaran a la fase orgánica.

Siguientemente se agregaron 50 ml de n-hexano (nanogrado), al frasco original y se agitó por término de 1 hora (agitación magnética), luego se transfirió a una ampolla de decantación de 1 litro, y el frasco se lavó dos veces con 10 ml de hexano cada vez, transfiriéndolos a la ampolla de decantación. Se esperó a que se efectuara la separación y se drenó el agua. La fracción orgánica se transfirió a un erlenmeyer de 250 ml y se le agregó sulfato de sodio anhidro secado previamente a 125°C por 4 horas (guardado en desecadora), para eliminar el agua que quedó presente. La ampolla se lavó con otros 10 ml de hexano que también se transfirieron al erlenmeyer. Luego se filtró la solución con algodón (tratado con hexano y guardado por 1 hora para que se seque). Luego de filtrar se lavó dos veces, cada vez con 10 ml de hexano, colectando el filtrado en un erlenmeyer de 250 ml (con esto se completó un volumen de 100 ml).

Se efectuó la concentración del extracto en un rotavapor con vacío a una temperatura de 35°-40°C, lentamente hasta que se llevó a un volumen de 1 ml, este se pasó con una pipeta Pasteur a un tubo de ensayo de 2 ml con tapón esmerilado, el balón del rotavapor se lavó con otro ml de hexano transfiriéndolo también al tubo de ensayo, completando al final un volumen de 2 ml.

En estas condiciones se analizaron las muestras por cromatografía de gases, efectuando la calibración con la solución Patrón. Obteniendo los cromatogramas respectivos.

V. MARCO OPERATIVO

A. Resultados

Se analizó la mezcla patrón bajo 4 diferentes condiciones Patrón IA, IB, IC Y ID respectivamente, presentado en las siguientes tablas.

Tabla No.1

Cromatograma No.1.
Solución patrón IA. Condiciones: Gas nitrógeno, cromatógrafo Sigma 2B. Carrier gas flow: 28 ml/min. Make-up gas: 40 ml/min. T°C inyector: 175°C. T°C oven: 200°C. T°C, ECD: 300°C. ECD: current range 4, Atenuation 256.

No.	PESTICIDA	t_r (minutos)	Altura(cm)	[] mg/l
1	Lindano	3.5	8.61	0.1
2	Heptacloro	4.1	10.63	0.2
3	Aldrín	4.9	18.05	0.2
4	Epóxido de heptacloro	7.3	8.42	0.2
5	P-P'-DDE	10.6	5.10	0.2
6	Diendrín	11.3	6.00	0.3
7	O-P'-DDD	12.4	4.30	0.4
8	Endrín	13.7	2.10	0.4
9	O-P'-DDT	14.8	5.50	0.4
10	P-P'-DDD	16.2	3.80	0.5
11	P-P'-DDT	19.5	3.69	0.4
12	Metoxicloro	37.4	2.10	1.0

La tabla ilustra la presencia de los 12 pesticidas en el cromatograma No.1 (secc. Apéndice). Donde aparece su respectivo t_r que es el tiempo al cual eluyeron los pesticidas desde su inyección; las alturas de los picos cromatográficos presentadas en cm; y la concentración de c/u en miligramos / litro, bajo las condiciones arriba detalladas. Datos necesarios para los cálculos de las muestras problema.

Tabla No. 2

Cromatograma No. 2. Solución Patrón IB. Condiciones: Gas nitrógeno, cromatógrafo Sigma 2 B. Carrier gas flow: 28 ml/min. Make-up gas: 40 ml/min. T°C inyector: 175°C. T°C oven: 200°C. T°C ECD: 300°C. ECD: current range: 4; Atenuation: 128.

No.	PESTICIDA	t_r (minutos)	Altura (cm)	[] mg/l
1	Lindano	3.2	6.65	0.1
2	Heptacloro	3.9	7.70	0.2
3	Aldrín	4.6	11.60	0.2
4	Epóxido de Heptacloro	7.0	6.40	0.2
5	P-P'-DDE	10.3	4.50	0.2
6	Dieldrín	11.1	4.90	0.3
7	O-P'-DDD	12.1	3.40	0.4
8	Endrín	13.4	3.00	0.4
9	O-P'-DDT	14.5	3.90	0.4
10	P-P'-DDD	15.9	3.20	0.3
11	P-P'-DDT	19.2	2.05	0.4
12	Metoxicloro	36.1	1.60	1.0

Aparecen nuevamente los 12 pesticidas, presentando sus tiempos de retención (t_r) (tiempo en el cual eluyeron los pesticidas desde su inyección), las alturas de los picos cromatográficos en centímetros (cm), y sus concentraciones en miligramo/litro. Para este cromatograma se disminuyó la atenuación de 256 a 128 en el detector de captura de electrones (ECD).

Tabla No.3.

Cromatograma No.3. Presenta las mismas condiciones que las Tablas Nos. 1 y 2, cromatogramas Nos. 1 y 2 (Apéndice) respectivamente. Únicamente se varió la atenuación del ECD de 128 a 64. Volumen de inyección 0.4 ul.

No.	PESTICIDA	t_r (minutos)	Altura(cm)	[]mg/l
1	Lindano	3.2	3.60	0.1
2	Heptacloro	3.9	3.90	0.2
3	Aldrín	4.6	6.65	0.2
4	Epóxido de heptacloro	7.0	3.70	0.2
5	P-P'-DDE	10.3	2.10	0.2
6	Dieldrín	11.1	2.50	0.3
7	O-P'-DDD	12.1	1.80	0.4
8	Endrín	13.4	1.10	0.4
9	O-P'-DDT	14.5	1.60	0.4
10	P-P'-DDD	15.9	1.50	0.5
11	P-P'-DDT	19.2	0.80	0.4
12	Metoxicloro	36.1	0.30	1.0

Tabla No.4

Cromatograma No.4. Presenta las mismas condiciones que en la tabla No.3. Únicamente se aumento el volumen de inyección a 5.1 ul. único pico cromatográfico registrado:Metoxicloro.

No.	PESTICIDA	t_r (minutos)	Altura(cm)	[]mg/l
12	Metoxicloro	36.2	21.20	1.0

En las tablas aparecen los pesticidas presentes en los cromatogramas 3 y 4 como picos cromatográficos, con su tiempo de retención (t_r) en minutos, las alturas de los picos cromatográficos en centímetros (cm), y sus respectivas concentraciones en miligramos / litro (mg/l).

Las siguientes tablas Nos. 5 y 6, muestran la identificación de los picos cromatográficos, correspondientes a los pesticidas presentes en las muestras problema, basándose en los cromatogramas de la solución patrón Nos. 1 al 4, y los cromatogramas Nos. 5 al 58 de las muestras problema respectivamente, que se muestran en la sección de Apéndice.

+ = Presencia del Pesticida

- = Ausencia del Pesticida

Tabla No.5.

No. PESTICIDA	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			MUESTRA 4		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1 Lindano	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
2 Heptacloro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Aldrín	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
4 Epóxido de heptacloro	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
5 P-P'-DDE	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
6 Dieldrín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7 O-P'-DDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
8 Endrín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9 O-P'-DDT	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
10 P-P'-DDD	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
11 P-P'-DDT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 Metoxicloro	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabla No.6 Continuación de identificación de pesticidas presentes en muestras problema.

No. PESTICIDA	MUESTRA 5			MUESTRA 6			MUESTRA 7		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1 Lindano	+	+	+	-	-	-	-	-	-
2 Heptacloro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Aldrín	+	+	+	-	-	-	-	-	-
4 Epóxido de Heptacloro	+	-	-	-	-	-	-	-	-
5 P-P'-DDE	+	+	+	+	+	-	-	-	-
6 Dieldrín	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7 O-P'-DDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8 Endrín	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9 O-P'-DDT	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 P-P'-DDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11 P-P'-DDT	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 Metoxicloro	+	+	+	+	+	+	+	-	+

Se han identificado con signo positivo (+) a los pesticidas presentes, y con signo negativo, a los ausentes (-). Para las diferentes muestras de las zonas 1 al 7 del lago, en las tres diferentes fechas A,B,C(10,30 y 30 de septiembre de 1990).

En las siguientes tablas, se presentan los resultados de cada pesticida presente, en las zonas donde se obtuvieron muestras en el lago.

Tabla No. 7. LINDANO

ZONA	CONCENTRACION EN MILIGRAMOS/LITRO			mg/l	S _f
	A	B	C		
1	0.0082	0.0084	0.0060		0.0001
2	0.0360	0.0184	0.0506		0.0131
3	0.0086	-	0.0098		0.0043
4	0.0114	0.0116	0.0072		0.0020
5	0.0062	0.0060	0.0084		0.0011
6	-	-	-		-
7	-	-	-		-
S _z	0.0019	0.0022	0.0034		

Tabla No.8. ALDRIN

ZONA	CONCENTRACION EN MILIGRAMOS/LITRO			mg/l	S _f
	A	B	C		
1	0.0332	0.0078	0.0122		0.0111
2	0.0146	-	0.0284		0.0115
3	-	-	-		-
4	-	-	-		-
5	0.0322	0.0220	0.0698		0.0205
6	-	-	-		-
7	-	-	-		-
S _z	0.0143	0.0077	0.0241		

En las tablas aparece:

zona= sector localizado en el mapa de la figura 1 (pag. 18.a)

Se muestran las concentraciones en miligramos por litro mg/l. para las tres diferentes fechas de muestreo:

A= 10 de septiembre de 1990.

B= 20 de septiembre de 1990.

C= 30 de septiembre de 1990.

Tabla No.9. EPOXIDO DE HEPTACLORO

ZONA	CONCENTRACION EN MILIGRAMOS / LITRO mg/l			S _f
	A	B	C	
1	-	-	-	-
2	0.0386	-	0.0284	0.0163
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	0.0060	-	-	-
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
S _z	0.0133	-	-	-

Tabla No.10. P-P'-DDE

ZONA	CONCENTRACION EN MILIGRAMOS / LITRO mg/l			S _f
	A	B	C	
1	0.0980	0.3638	0.0938	0.1263
2	0.4214	0.0720	0.2204	0.1432
3	0.0364	0.0280	0.0282	0.0039
4	-	-	-	-
5	0.4070	0.5486	0.0434	0.2128
6	0.0296	0.0228	-	0.0126
7	-	-	-	-
S _z	0.1749	0.2024	0.0744	

Tabla No. 11. O-P'-DDD

ZONA	CONCENTRACION EN MILIGRAMOS / LITRO mg/l			S _f
	A	B	C	
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	0.0378	0.0858	-	0.0351
5	-	-	-	-
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
S _z	-	-	-	-

En las tablas aparece:

zona= sector localizado en el mapa de la figura 1 (pag. 18.a)

Se muestran las concentraciones en miligramos por litro mg/l.

para las tres diferentes fechas de muestreo: A=10 de sept. 1990.

B=20 de sept. de 1990. C=30 de sept. de 1990.

ZONA	CONCENTRACION EN MILIGRAMOS / LITRO mg/l			S _f
	A	B	C	
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	0.0514	-
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
S _z	-	-	-	-

Tabla No.13. P-P'-DDD

ZONA	CONCENTRACION EN MILIGRAMOS / LITRO mg/l			S _f
	A	B	C	
1	-	-	-	-
2	0.8642	0.1178	0.2456	0.3259
3	-	0.0882	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
S _z	-	0.0471	-	-

Tabla No.14. METOXICLORO

ZONA	CONCENTRACION EN MILIGRAMOS / LITRO mg/l			S _f
	A	B	C	
1	0.2306	0.5476	0.2218	0.1515
2	1.2500	0.8524	1.5648	0.2914
3	0.2160	0.0180	0.0277	0.0913
4	0.0154	0.0170	0.0262	0.0047
5	1.7340	2.8044	0.0466	1.1352
6	0.0394	0.0324	0.0218	0.0072
7	0.6200	-	1.1574	0.4729
S _z	0.6149	0.9875	0.5974	-

En las tablas aparece:

zona= sector localizado en el mapa de la figura 1 (Pag. 18.a)
 Se muestran las concentraciones en miligramos por litro mg/l.
 para las tres diferentes fechas de muestreo: A=10 de sept. 1990.
 B=20 de sept. 1990. C=30 de sept. 1990.

B. Discusión de resultados

Los resultados anteriormente obtenidos muestran los tipos de pesticidas órganoclorados encontrados en las diferentes zonas del lago de Amatitlán (para las tres fechas en que se realizó el muestreo, 10, 20 y 30 de septiembre de 1990), así como su concentración reportada en miligramos por litro (mg/l).

Para un análisis exacto y preciso, las muestras se corrieron a diferentes condiciones de atenuación del ECD (Detector de captura de electrones) del cromatógrafo de gases; y a distintos volúmenes de inyección, por lo que se realizó una corrida de la misma solución patrón para cada condición. Estos datos se presentan en las tablas Nos. 1,2,3 y 4 de la sección de resultados, relacionando entonces cada muestra con el cromatograma del patrón correspondiente (cromatogramas 1 al 4 del apéndice).

El objeto de variar las condiciones experimentales es el de lograr un tamaño adecuado de los picos cromatográficos de las muestras problema para la fácil medición de la altura de los picos y luego por una relación lineal, comparándola con la altura de los picos cromatográficos de la solución patrón de concentraciones exactamente conocidas, encontrar las correspondientes concentraciones de las muestras problema.

Las tablas Nos. 5 y 6 presentan la identificación realizada de los pesticidas encontrados en las muestras problema para cada zona del lago y sus tres respectivas fechas. Esta identificación se realizó basándose en los tiempos de reten-

ción de la solución patrón con la cual fueron comparadas, ya que la pieza de información cualitativa que proporciona un cromatograma es su tiempo de retención, o dicho en otras palabras, su posición en la fase estacionaria luego de transcurrir un tiempo de elución de la muestra para las condiciones en las que se realiza el análisis cromatográfico. Se identificaron, entonces, los picos cromatográficos (los pesticidas presentes) para los cuales se presentaron iguales tiempos de retención, calculando con base con el patrón sus respectivas concentraciones, con las que se obtuvieron los siguientes resultados:

Tablas Nos. 5 y 6: se muestran los pesticidas presentes en las zonas del lago analizadas, obteniéndose según el orden de elución en los cromatogramas: Lindano, Aldrín, Epóxido de Heptacloro, P-P'-DDE, O-P'-DDD, O-P'-DDT, P-P'-DDD y Metoxicloro que suman 8 pesticidas presentes en total.

Tabla No. 7: en esta tabla se presentan los resultados obtenidos para el Lindano. Se presenta en las zonas 1,2,3,4 y 5, identificadas en el mapa de la figura 1, y para cada zona se presentó en las tres fechas muestreadas (10,20 y 30 de sept. 1990). Para la zona 1 (playas públicas), las concentraciones en las tres fechas variaron de 0.0060 a 0.0082 mg/l, con una desviación standard de 0.0001, por lo que las concentraciones se mantuvieron casi constantes y a un nivel bastante bajo de contaminación; en contraste con la zona 2 (viviendas) en la que se obtuvieron los niveles más altos variando de 0.0184 a 0.0506

mg/l, con una desviación standard de 0.0131, por lo que presentan mayor variación en las tres fechas, y es la zona más contaminada por Lindano. Las zonas: 3(río Villalobos, afluente del lago) con concentraciones de 0.0086 a 0.0098 mg/l con una desviación standard de 0.0043; zona 4(área cercana a cultivos) con concentraciones de 0.0072 a 0.0116 mg/l con una desviación standard de 0.0011, son zonas que presentan concentraciones muy similares a las encontradas en la zona 1 (playas públicas) a excepción de la zona 3(río Villalobos), que presentó mayor variación. Esto puede deberse a que el agua en esta parte tiene más movimiento que dentro del lago, lo que hace variar los niveles de contaminación en tiempos cortos. Por otra parte, no se encontró contaminación por Lindano en las zonas 6 y 7 del mapa de la figura 1, correspondientes al centro del lago, por lo que la contaminación tiende a estar en las orillas, debido a fuerzas centrífugas producidas en las aguas, que son de origen natural y características de todo lago.

Las variaciones de las concentraciones obtenidas entre las zonas para cada fecha son, para A(10/9/90) una desviación standard de 0.0113, para B(20/9/90) una desviación standard de 0.0065 y para C(30/9/90) una desviación standard de 0.0162. Las variaciones son mínimas entre las zonas 1,3,4 y 5, presentando mayor variación para la zona 2(viviendas) con la mayor contaminación, y en las zonas 6 y 7 (centro del lago) para las cuales no se encontró alguna contaminación.

Tabla No.8: en esta tabla se presentan las concentraciones encontradas en mg/l, del pesticida Aldrín, se registró en las zonas Nos. 1,2 y 5 de las localizadas en el mapa de la figura 1, que son zonas vecinas. En la zona 1(playas públicas) se encontraron concentraciones variables de 0.0078 a 0.0332 mg/l, con una desviación standard de 0.0111 para las tres fechas muestreadas; en la zona 2(viviendas) se encontraron valores de 0.0146 y 0.0284 mg/l con una desviación standard de 0.0115, ya que solo se encontró contaminación en la primera y tercera fechas de muestreo. En la zona 5(río Michatoya) se registraron niveles de 0.0220-0.0698 mg/l, donde se encontró una contaminación un poco mayor que en las otras dos zonas, con una desviación standard de 0.0205 que hace los resultados más variables para las tres fechas de muestreo. Al analizar estos resultados puede decirse que la zona 5(río Michatoya) recibe contaminación de las zonas 1 y 2 (playas y viviendas), ya que los residuos de Aldrín se encontraron en el extremo del lago donde se localizan estas zonas. Por el contrario en las zonas 3,4,6 y 7 no se registró alguna contaminación por residuos de Aldrín.

Al analizar las variaciones entre las zonas para cada fecha se tiene en A(10/9/90) una desviación standard de 0.0143, en B(20/9/90), una desviación standard de 0.0241, presentando por consiguiente mayor variación en la tercera fecha. Registrándose en general bajos niveles de contaminación.

Tabla No.9: esta tabla ilustra los resultados de contaminación por Epóxido de Heptacloro, que se produce por oxidación en el

ambiente del Heptacloro, la presencia de éste fue leve en las zonas muestreadas, ya que se presentó en la zona 2 del mapa de la figura 1 (viviendas), en dos fechas, A(10/9/90) y C(30/9/90), que es la zona que ha resultado ser la más contaminada de todas. Se registraron valores de 0.0386 mg/l para la fecha A y 0.0284 mg/l para la fecha C, con una desviación standard de 0.0163, que presenta poca variación, así como también los niveles de contaminación son bajos como los demás que se han registrado. Se encontró un tercer valor de contaminación en la zona 5(río Michatoya, efluente del lago), en la fecha A(10/9/90), con una concentración de 0.0060 mg/l, esta contaminación puede deberse a una descarga de la zona de viviendas (zona 2), por representar el río Michatoya un efluente del lago. Por otra parte no se encontró alguna contaminación de las demás zonas muestreadas en el lago.

Tabla No. 10: la tabla 10 muestra las concentraciones en mg/l de P-P'-DDE, éste fue otro de los pesticidas que en más abundancia se registró en todas las zonas, a excepción de la zona 4(área de cultivos), y la zona 7(del centro del lago). Puede apreciarse en la zona 1(playas públicas) que las concentraciones varían de 0.0938 a 0.3638 mg/l, con una desviación standard de 0.1263 para las tres fechas, presentando poca variación y niveles bajos de contaminación. Por otra parte se registró un ligero incremento en la zona 2(viviendas). donde se obtuvo valores de 0.0720 a 0.4214 mg/l, con una desviación standard de 0.1432 para las tres fechas. Estos resultados

presentaron mayor variación y concentración que en la zona 1 (playas públicas), pero en general, los niveles se mantuvieron bajos. La zona 3(río Villalobos) presentó menor concentración, y variación que las zonas 1 y 2, con valores de 0.0280 a 0.0364 mg/l, con una desviación standard de 0.0039. En la zona 4, (área cercana a cultivos), no se registró alguna contaminación de P-P'-DDE para alguna de las tres fechas muestreadas. La zona 5(río Michatoya), presentó un dato alto de contaminación y variación, en relación a las demás zonas con valores de 0.0434 a 0.5486 mg/l, con una desviación standard de 0.2128. Para la zona 6(centro del lago) se obtuvo niveles de contaminación bajos, para la primera fecha 0.0296 mg/l y la segunda fecha 0.0228 mg/l, la tercera fecha no presentó alguna contaminación. Para la zona 7(centro del lago) no se obtuvo contaminación.

Analizando las variaciones entre zonas para cada fecha, se observó en la fecha A(10/9/90) una desviación standard de 0.1749, en la fecha B(20/9/90); una desviación standard de 0.2024 y en la fecha C(30/9/90) una desviación standard de 0.0744, obteniéndose mayor variación en la segunda fecha, y las mayores concentraciones en la zona 2(viviendas) y la zona 5(río Michatoya).

Tabla 11: en esta tabla se presentan los resultados de O-P'-DDD, la contaminación registrada de este pesticida fue baja, ya que sólo se obtuvo niveles de contaminación en la zona 4 (área cercana a cultivos). En la primera y segunda fecha

(10 y 20/9/90) con valores de 0.0378 y 0.0858 mg/l respectivamente, no registrándose ninguna contaminación en la tercera fecha. Puede notarse que los niveles de contaminación obtenidos fueron bajos.

Tabla No.12: esta tabla muestra la presencia del O-P'-DDT, que es un isómero del DDT y fue el compuesto que presentó la menor contaminación en el lago, puesto que se registró una sola vez en la zona 3(río Villalobos, afluente del lago) en la tercera fecha C(30/9/90) con una concentración de 0.0514 mg/l, que es un nivel bajo de contaminación. Este resultado puede deberse a alguno de los focos de contaminación situados a lo largo de la cuenca del río Villalobos, pero en forma leve, ya que sólo se detectó en una fecha.

Tabla No. 13: muestra las concentraciones encontradas de P-P'-DDD, que también presentó poca contaminación en las zonas del lago, encontrándose mayor contaminación en la zona 2(viviendas), con valores de 0.1178 a 0.8642 mg/l, para una desviación standard de 0.3259 que presenta considerable variación. Se registró también contaminación en la zona 3(río Villalobos) en la segunda fecha de muestreo, B(20/9/90) con un nivel de 0.0882 mg/l menor al encontrado en la zona de viviendas. No se registraron niveles de contaminación por P-P'-DDD en las demás zonas muestreadas del lago.

Tabla No. 14: esta tabla presenta la contaminación registrada por Metoxicloro, que fue el contaminante que con mayor frecuencia se registró en todas las zonas y fechas de muestreo

por lo que presenta una alta persistencia en aguas de depósitos naturales. Al analizar las zonas, presentó en la zona 1 (playas públicas) valores que van de 0.2218 a 0.5476 mg/l, para las tres fechas de muestreo, con una desviación standard de 0.1515, con poca variación; en la zona 2 (viviendas) se registró un incremento en los niveles de contaminación donde varió de 0.8524 a 1.5628 mg/l para una desviación standard de 0.2914; la zona 3 (río Villalobos) presentó valores de menor concentración, obteniéndose para las tres fechas una variación de 0.0277 a 0.2160 mg/l con una desviación standard de 0.0047 que presenta poca variación; nuevamente en la zona 5 se registró un incremento, esta vez mayor que en la zona 2. La zona 5 corresponde al río Michatoya, y tiene valores de concentración de 0.0466 a 2.8044 mg/l, con una desviación standard de 1.1352, donde se tiene una mayor variación, en la zona 6, correspondiente al centro del lago, se obtuvo valores bajos de concentración, oscilando de 0.0218 a 0.0394 mg/l, variando levemente, con una desviación standard de 0.0072. La otra región del centro del lago, la zona 7, también reportó valores de contaminación para la primera y tercera fechas, obteniéndose para la fecha A(10/9/90) 0.6200 mg/l, y para la fecha C(30/9/90) 1.1574 mg/l, que presenta poca variación, con una desviación standard de 0.4729. Este análisis del Metoxicloro demuestra la alta persistencia del mismo en el ambiente. Las variaciones entre las zonas son, para la fecha A(10/9/90) una desviación standard de 0.6149; para la fecha

B(20/9/90) una desviación standard de 0.9875; y para la fecha C(30/9/90) una desviación standard de 0.5974, obteniéndose mayor variación en las concentraciones del contaminante en la segunda fecha. Pero cabe resaltar que las zonas más contaminadas fueron la zona 2 que corresponde a las viviendas a orillas del lago, y la zona 5 que corresponde al río Michatoya (efluente del lago).

Al analizarse en forma general, puede notarse que los pesticidas encontrados reportaron niveles más altos de contaminación en la zona de viviendas, en la de playas públicas, y en la del río Michatoya (efluente del lago). Esto puede deberse al movimiento natural que las aguas del lago presentan, que ocasionan mayor acumulación de los contaminantes, ya que en las otras zonas la contaminación es de menor grado, por tener más flujo de agua, máxime por tratarse de un análisis realizado en época de invierno. Por otra parte las zonas mencionadas con mayores valores de concentración pueden recibir contaminación, por la misma gente que habita alrededor de dichas zonas.

La presencia de estos pesticidas encontrados, demuestra el alto grado de persistencia que los mismos tienen en el ambiente, en este caso, en aguas de depósitos naturales como lo es el lago de Amatitlán.

Por otra parte, los niveles encontrados de contaminación por los pesticidas organoclorados, se encuentran en un grado perjudicial para la salud y para la fauna acuática, puesto

que aunque no se tienen en cantidades necesarias para provocar intoxicaciones agudas, pueden llegar a acumularse paulatinamente hasta ocasionar intoxicaciones crónicas, por lo que deben tomarse medidas adecuadas para su saneamiento.

C. Conclusiones

1. Mediante el análisis experimental realizado, se logró la identificación de los siguientes pesticidas: Lindano, Aldrín, Epóxido de Heptacloro, P-P'-DDE, O-P'-DDD, O-P'-DDT, P-P'-DDD y Metoxicloro que suman 8 pesticidas en total.
2. En cuanto al Lindano, se registró mayor concentración en la zona 2 (viviendas), en la fecha C(30/9/90), con un valor de 0.05506 mg/l. Encontrándose valores similares para las demás zonas donde se obtuvo contaminación (zonas 1,3,4 y 5).
3. El Aldrín se encontró en las zonas 1,2 y 5, obteniéndose las mayores concentraciones para la zona 5 (río Michatoya, efluente del lago), con valores de 0.0220 mg/l a 0.0698 mg/l, y en las zonas 1 y 2 menores concentraciones, con valores de 0.0078 mg/l a 0.0332 mg/l.
4. Del pesticida Epóxido de Heptacloro se tuvo poca contaminación, lográndose únicamente en las zonas 2 y 5, con valores de 0.0060 mg/l a 0.0386 mg/l, encontrándose en la primera y tercera fechas de muestreo.
5. Se obtuvo contaminación por P-P'-DDE en las zonas 1,2,3,5 y 6 con concentraciones que varían de 0.0228 mg/l a 0.5486 mg/l.

6. Del pesticida O-P'-DDD se encontró contaminación únicamente en la zona 4 (área cercana a cultivos), en la primera y segunda fechas con valores de 0.0378 mg/l y 0.0858 mg/l, respectivamente.

7. Del pesticida O-P'-DDT, fue del que se encontró la menor contaminación, registrándose únicamente en la zona 3 (río Villalobos) en la tercera fecha de muestreo (30/9/90), con una concentración de 0.0514 mg/l.

8. Se encontró también poca contaminación por P-P'-DDD, registrándose únicamente en la zona 2 (viviendas), en las tres fechas de muestreo con valores de 0.1178 mg/l a 0.08642 mg/l y en la zona 3 en la segunda fecha de muestreo con un valor de 0.882 mg/l.

9. El metoxicloro presentó la mayor contaminación, ya que apareció en todas las zonas con concentraciones desde 0.0154 mg/l hasta 2.8044 mg/l.

10. La zona con mayor contaminación por los pesticidas organoclorados anteriormente mencionados fue la zona 2, ubicada en el área de viviendas, seguida de la zona 5 en el río Michatoya, para luego ser la zona 1, correspondiente a las playas públicas, la tercera en contaminación.

11. Las zonas 3 (río Villalobos) y 4 (área cercana a cultivos), presentaron bajas concentraciones de residuos de pesticidas y con valores similares.

12. Las zonas 6 y 7 correspondientes al centro del lago, son las menos contaminadas por pesticidas organoclorados.

13. Todas las concentraciones reportadas, aunque no pueden ocasionar un grado de intoxicación aguda, pueden llegar a producir intoxicaciones crónicas por acumulación paulatina, tanto en la fauna acuática como en el hombre, al exponerse a esta contaminación.

D. Recomendaciones

1. Para continuar y darle seguimiento a esta investigación, y tener un parámetro de comparación, puede realizarse un análisis en las zonas muestreadas en época de verano, ya que las aguas están estancadas y esto puede incrementar los niveles de contaminación.

2. Para completar el análisis, debe tomarse a una variedad más grande de zonas, por un tiempo mayor, ya que el presente constituyó un estudio piloto, para obtener una idea del grado de contaminación por pesticidas organoclorados en el lago, puesto que por no haberse realizado anteriormente una investigación de este tipo, representa un punto de partida para estudios posteriores.

3. Sería provechoso hacer un estudio de las aguas servidas que a lo largo de la cuenca del río Villalobos se produce, por parte de las industrias y fincas, para evitar el ingreso de materiales indeseables a las aguas del lago. Así como también hacer conciencia a las personas que habitan alrededor del lago, de no contaminar sus aguas, para no seguir incrementando los niveles de contaminación hasta puntos críticos.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. Aguilera, R.G. Determinación de la productividad primaria del lago de Amatitlán. Guatemala, USAC. 60pp. 1984
2. Castañeda, A.C. ¿Es posible salvar al lago de Amatitlán? Guatemala, Editorial Siglo XXI. 70pp. 1990
3. Contaminación por plaguicidas. Bachilleres Colegio NimBeI. 1988 5a. Guatemala, Editorial NimBeI. 147pp.
4. Amado de Zeissig, J.A. Investigación de insecticidas residuales en la fauna marina de los Esteros de la costa sur de Guatemala. 1a. Guatemala, Editorial USAC. 180pp. 1973
5. Goodman, L.S.; Gilman, A. The Pharmacological Basis of Therapeutics. 6th. USA. Macmillan Publishing Co. 1843pp. 1980
6. Duffus, J.H. Toxicología ambiental. 1a. Barcelona, España. Editorial Omega. 173pp. 1983
7. Meek, S.E. The zoology of Lakes Atitlán and Amatitlán. Guatemala, Referencia Ictología. 80pp. 1908
8. Clark, H.W. The holophytic plankton of Lakes Atitlán and Amatitlán. USA. Proc. Biol. Soc. Washington. 1908
9. Juday, C. Limnological studies on some lakes in Central America. USA. Trans. Wis. Academy of Scientis. 1910
10. Deevey, E.S. Limnologic studies in Middle America with a chapter on Aztec Limnology. USA. Trans. Connecticut Academy Arts. SCI. 1957
11. Hutchinson, C.E. A treatise of Limnology. New York, John Wiley & Sons. 500pp. 1957
12. Simposio sobre la contaminación de corrientes. Escuela regional de Ingeniería Sanitaria. Guatemala Editorial USAC. 120pp. 1967
13. Vargas, Sergio. Parámetros de la calidad de las aguas naturales de la república de Guatemala. Tesis. Guatemala. USAC. 100pp. 1969
14. Weiss, C.N. Water Quality Investigations. 1a. USA. ESE Publishing. 281pp. 1971

15. Calzada, F.J. Evaluación de las constantes cinéticas de las algas del lago de Amatitlán. Guatemala, Proc. Soc. Biol. Wash. 106pp. 1974
16. Vásquez, C.E. Informe preliminar sobre la eutroficación del lago de Amatitlán. Guatemala, Tesis USAC. 130pp. 1975
17. Silva, J.F. Encuesta para la determinación del nivel de purificación requerido en el lago de Amatitlán, en relación a su uso. Guatemala, Tesis USAC. 80pp. 1975
18. Weiss, C.N. Water investigations. 2a. USA. ESE Publishing. 398pp. 1971
19. Abreu, A. Eutroficación del lago de Amatitlán. Guatemala, Escuela regional de Ingeniería Sanitaria, USAC. 64pp. 1981
20. Delgado, D. Saneamiento en una comunidad en la playa del lago. Guatemala, Escuela regional de Ingeniería Sanitaria, USAC. 89pp. 1972
21. Basterrechea, M. Development of a methodology to evaluate the effect of management actions on the eutrofication of lake Amatitlán. Guatemala, USAC. 200pp. 1983
22. Paz, Heather. Determinación del nivel actual en el transporte y descarga del lago de Amatitlán del surfactante aniónico de alquil benceno el cual se degrada muy lentamente y proviene del uso creciente de detergente sintéticos. Guatemala, Tesis USAC. 150pp. 1983
23. Farm Chemicals Handbook. USA. Editorial D.S. Franklin R. Hall, Ohio State University. 323pp. 1988
24. Tortora, G.J.; Anagnostakos, N.P. Principios de Anatomía y Fisiología. 3a. México. Editorial Harla. 1034pp. 1984
25. Primer seminario regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centroamérica. Guatemala. ICAITI, AID. 344pp. 1976
26. Selected Analytical Methods. American Public Health Association. USA. Environmental Agency. 106pp. 1981
27. Standards methods of analysis of water and wastewater. 15th. American Public Health Association. USA. American Water Works Association. 1123pp. 1980

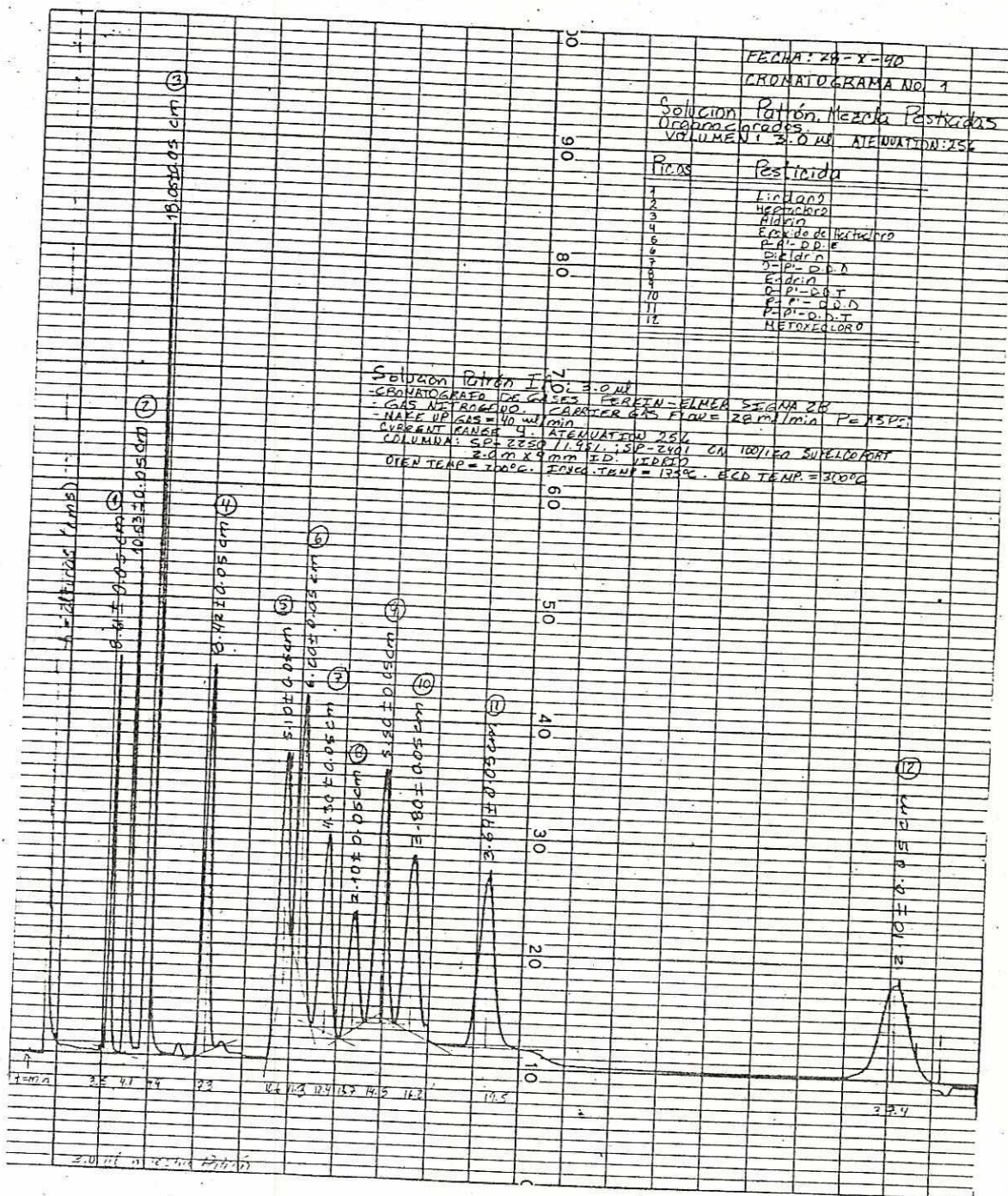
ANEXOS

Cromatograma

Solución patrón a diferentes
condiciones (ver secc. Resultados) 1 al 4

Análisis de las muestras del
lago de Amatitlán 5 al 58

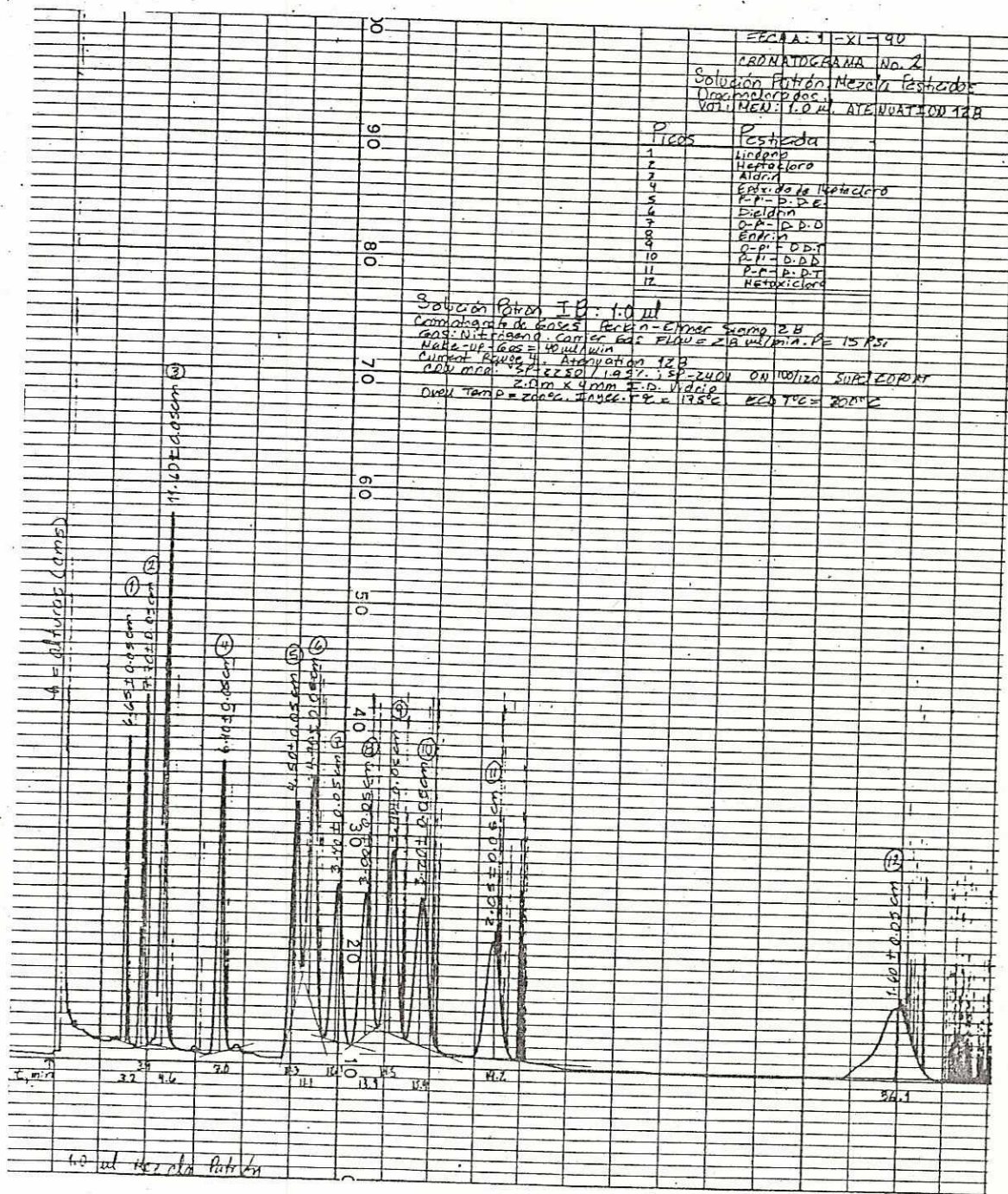
PATRON 1A



Cromatograma No. 1.

Inyección y elución de la muestra patrón, donde aparecen los 12 pesticidas, contenidos en la muestra con sus respectivas alturas y tiempos de retención. Pueden verse en el cromatograma escritas las condiciones bajo las cuales se corrió el patrón.

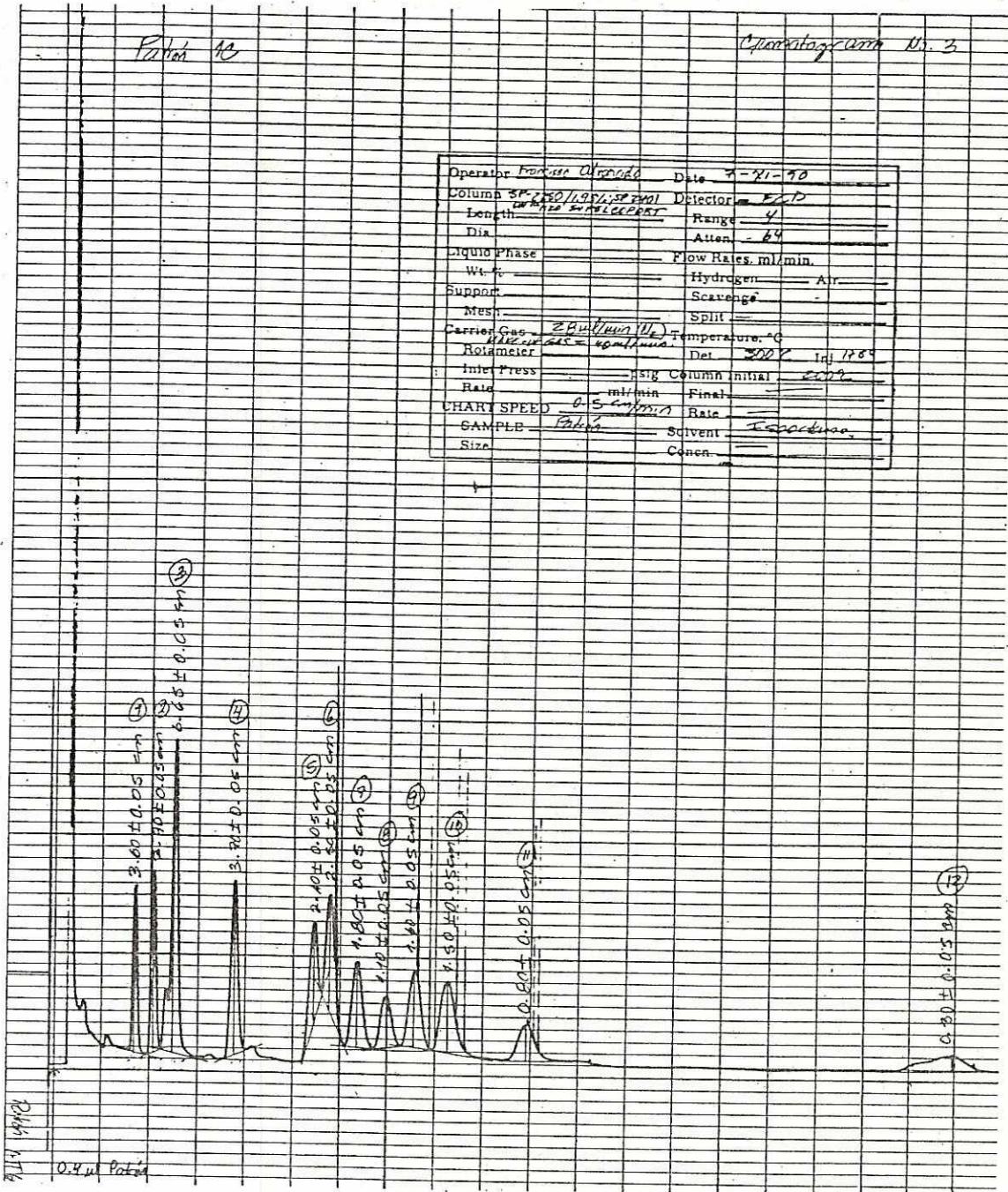
PATRON 1B



Cromatograma No. 2.

Muestra la elución de la misma solución patrón que en el cromatograma No. 1, pero a condiciones diferentes que se detallan en este cromatograma, en la parte superior.

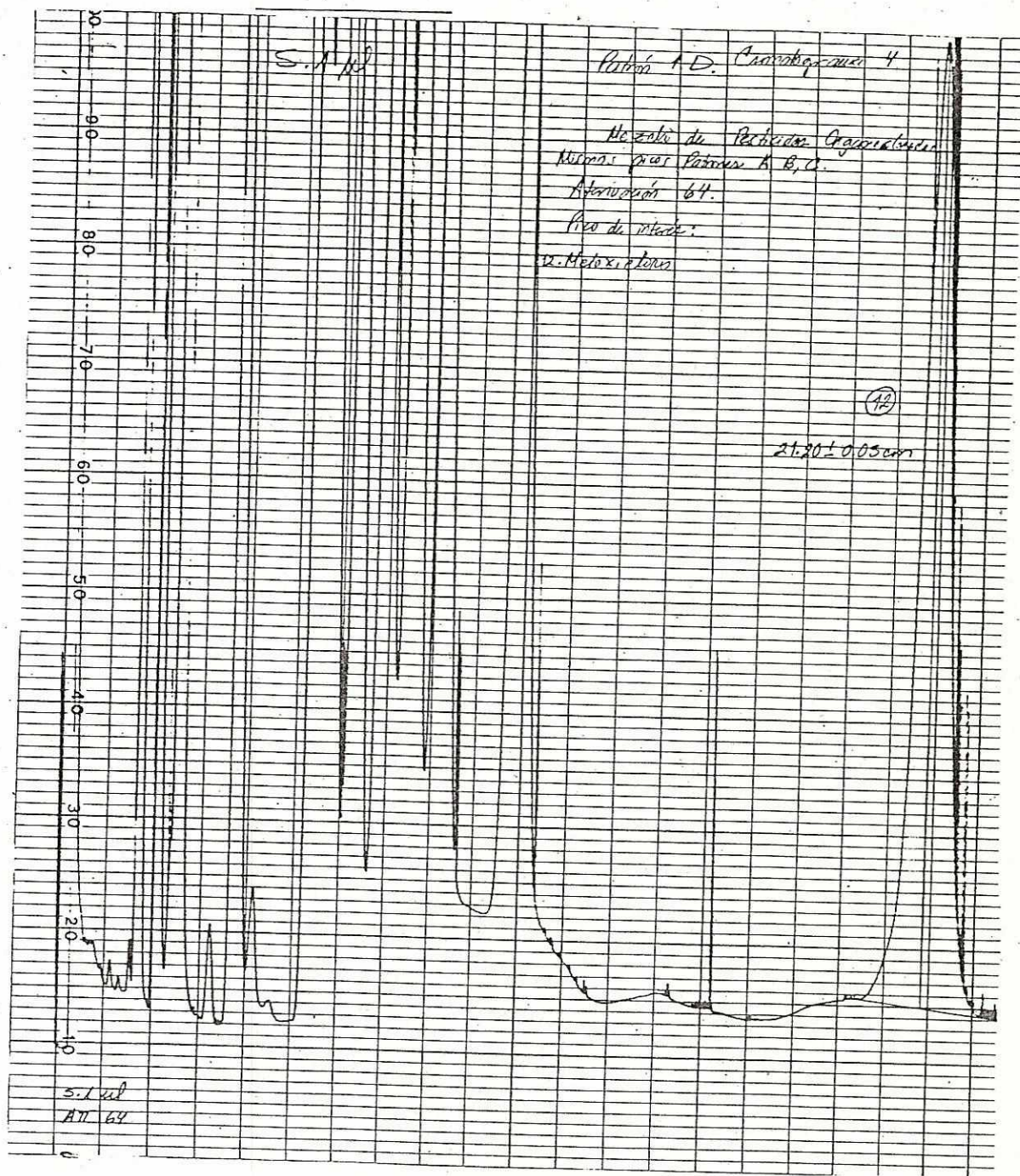
PATRON 1C



Cromatograma No. 3.

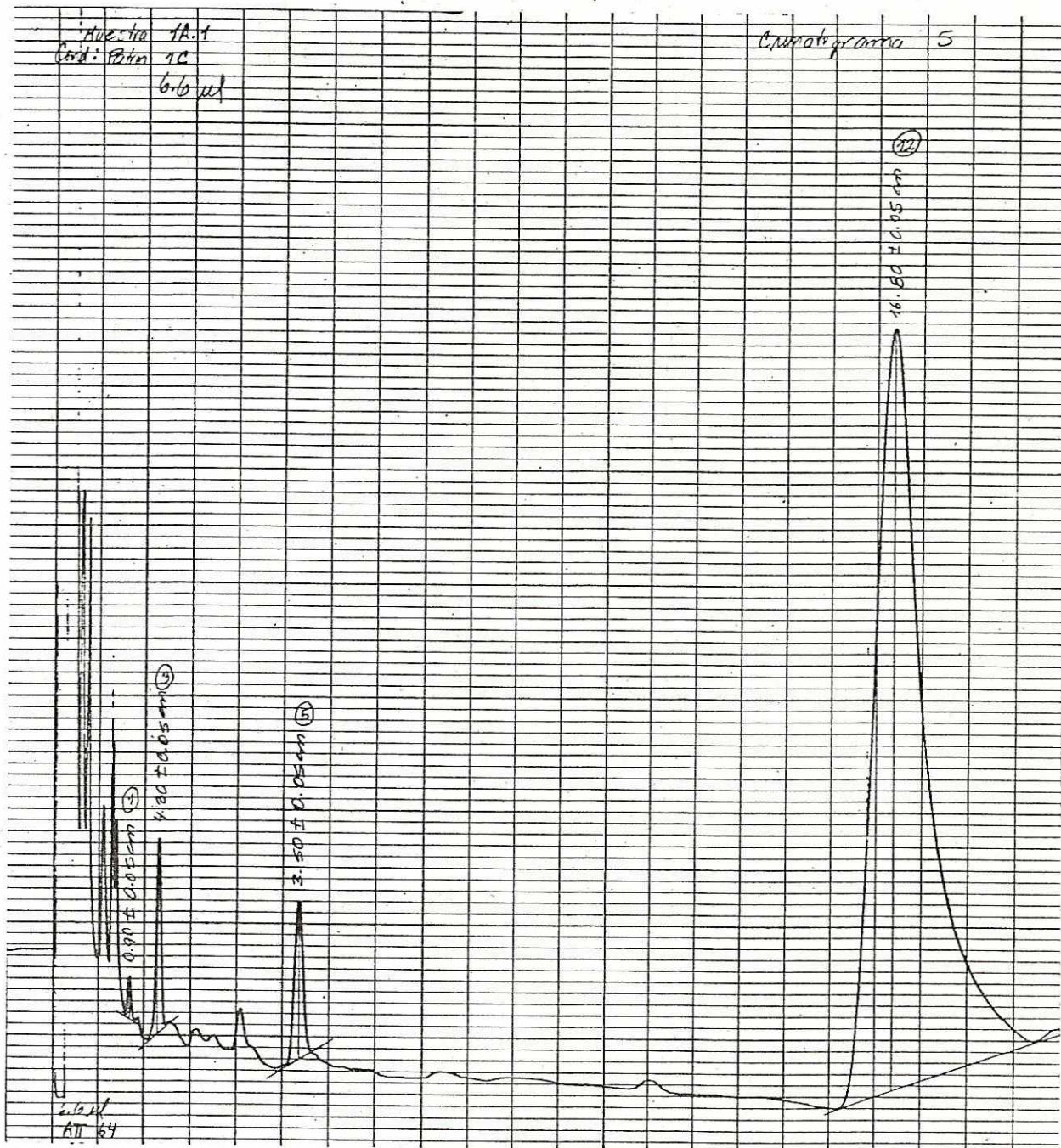
Misma solución patrón, que en los cromatogramas 1 y 2, pero a condiciones diferentes detalladas en la parte superior. Los tres cromatogramas muestran los 12 pesticidas contenidos en la solución.

PATRON 1 D



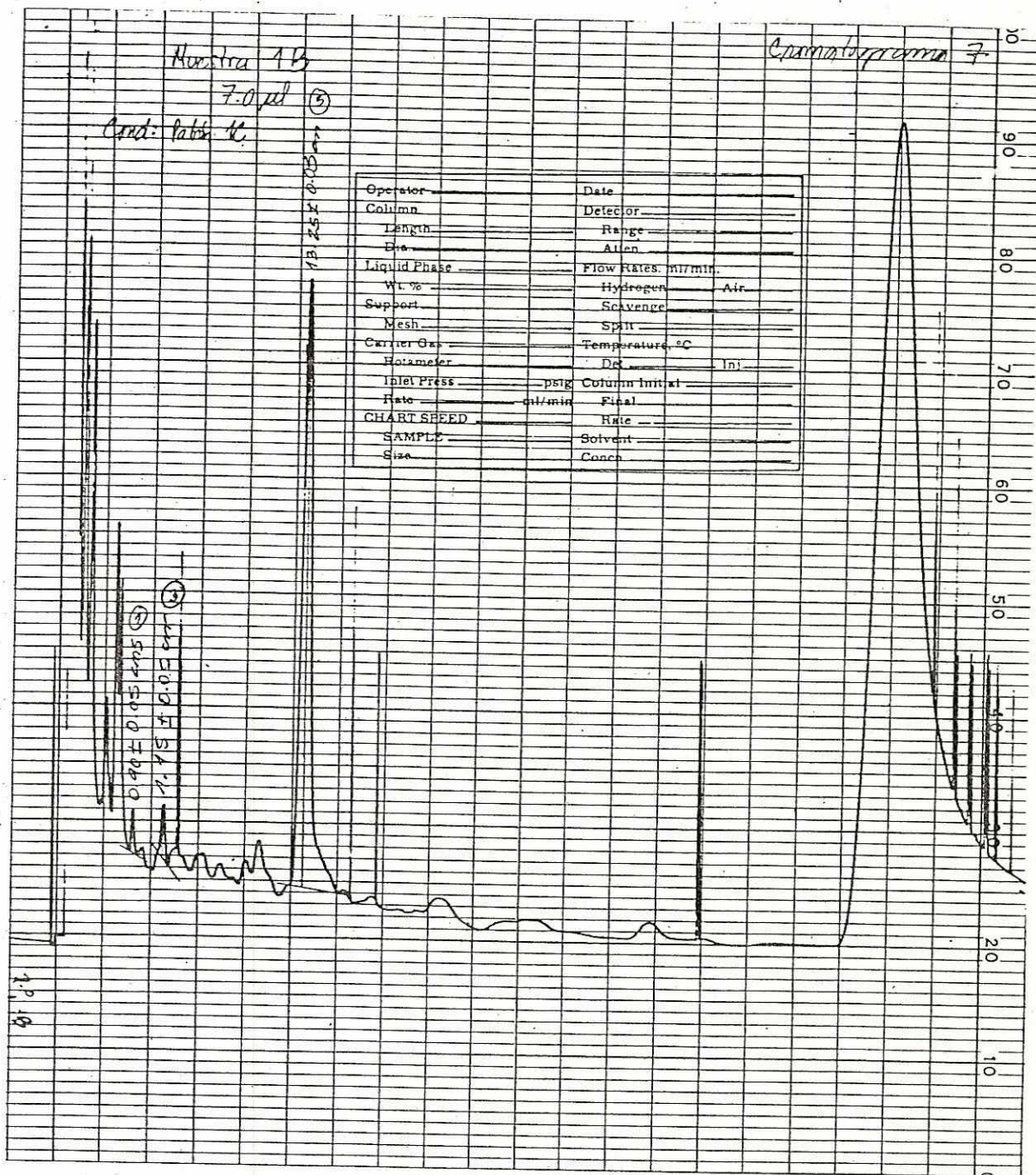
Cromatograma No. 4.

Muestra la misma solución patrón que en los anteriores cromatogramas, a condiciones diferentes detalladas en la parte superior. Aquí aparece útilmente solo el pico del pesticida No. 12 (METOXICLORO). Con su respectiva altura y tiempo de retención.



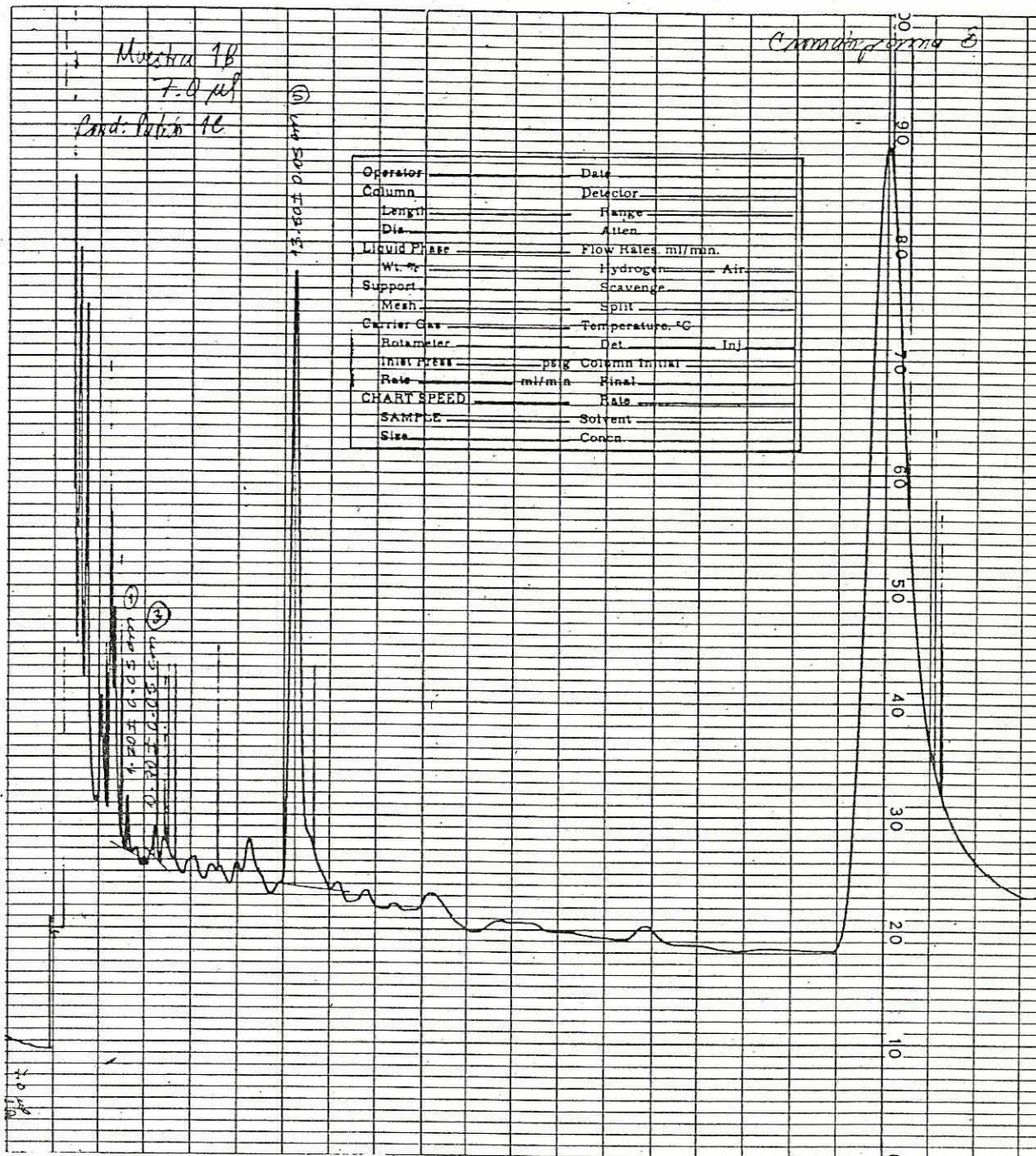
Cromatograma No. 5.

De la muestra tomada en la zona 1 (playas públicas), en la primera fecha (10/9/90). Donde se detectan los pesticidas Lindano, Aldrin, p-p-DDD y Metoxicloro con los números 1,3,5 y 12 respectivamente.

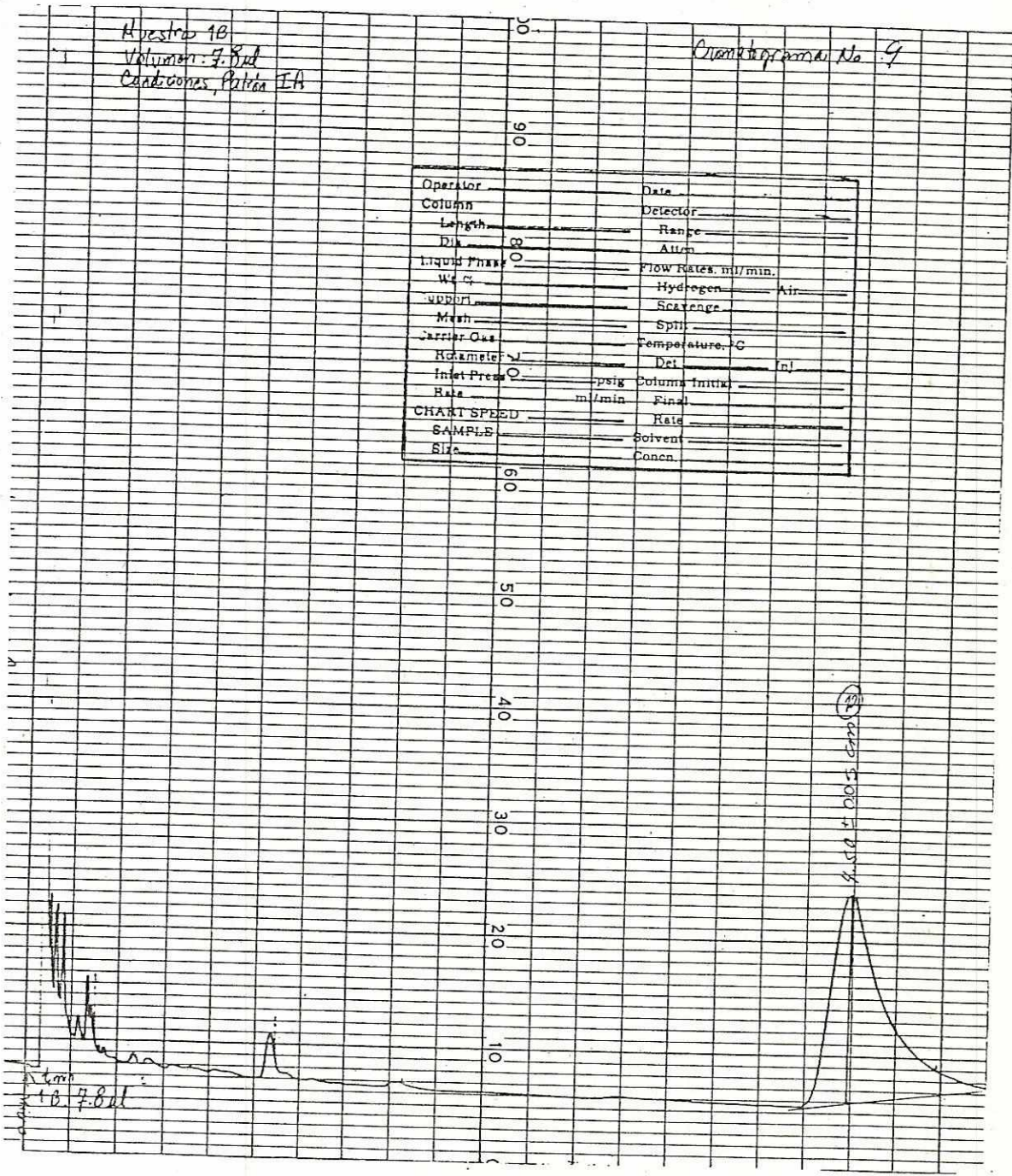


Cromatograma No. 7

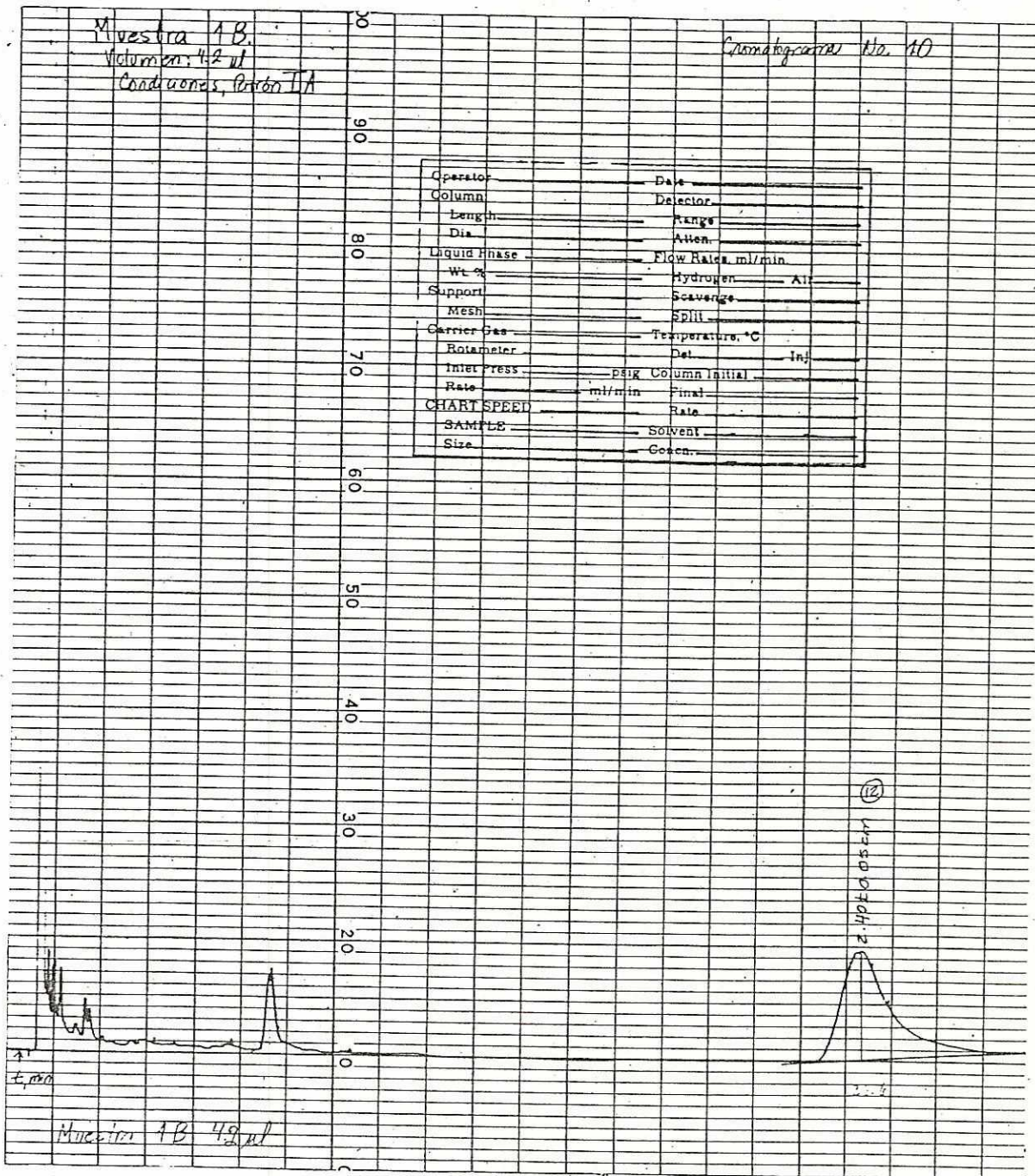
De la muestra tomada en la zona 1 (playas públicas), en la segunda fecha (20/9/90), donde aparecen los pesticidas, Lindano, Aldrin, p-p²DDD y metoxicloro, picos 1,3,5 y 12 respectivamente. Condiciones del patrón del cromatograma No. 3.



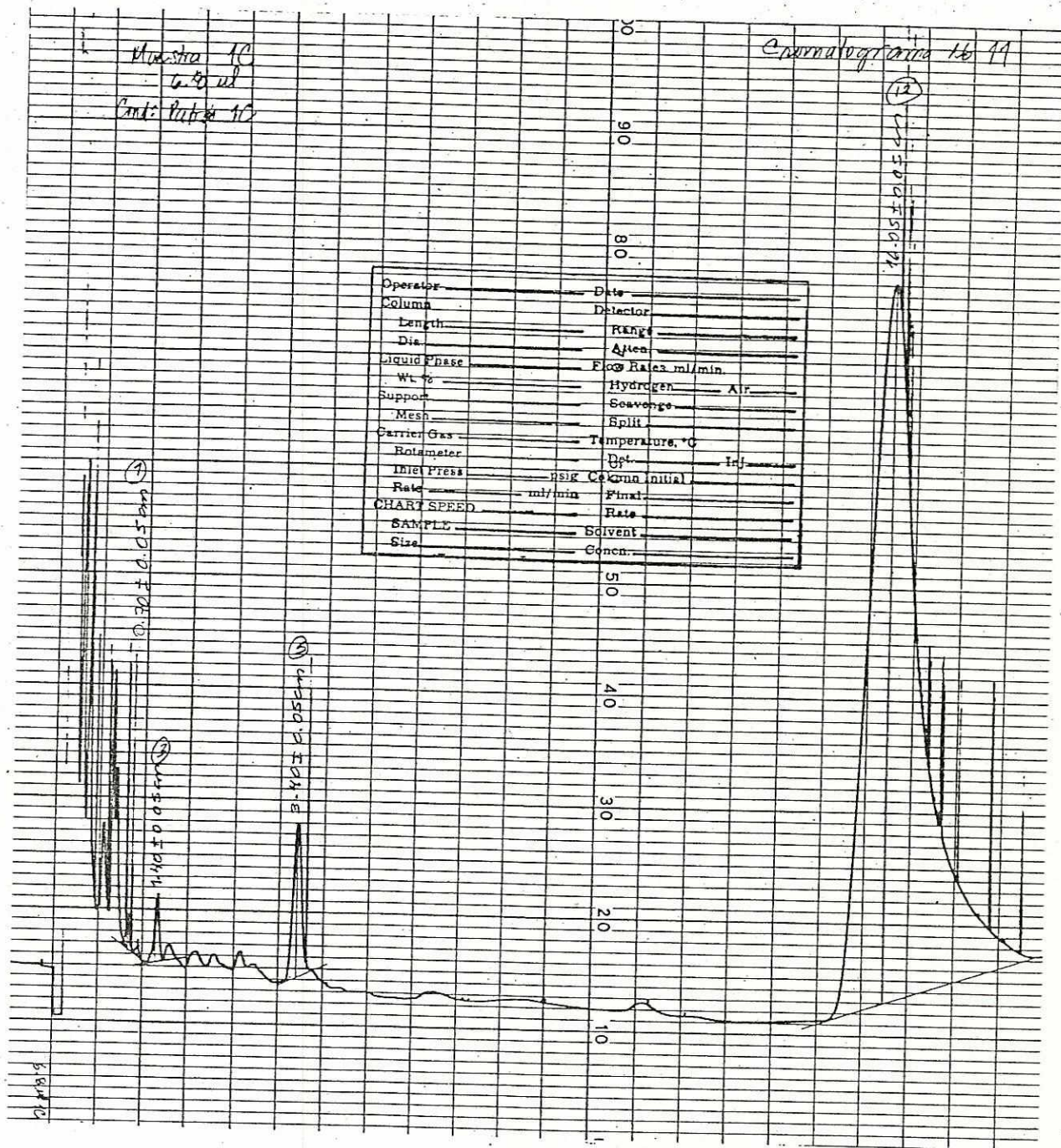
Cromatograma No. 8
Muestra el duplicado de la muestra corrida en el cromatograma No. 7, bajo mismas condiciones.



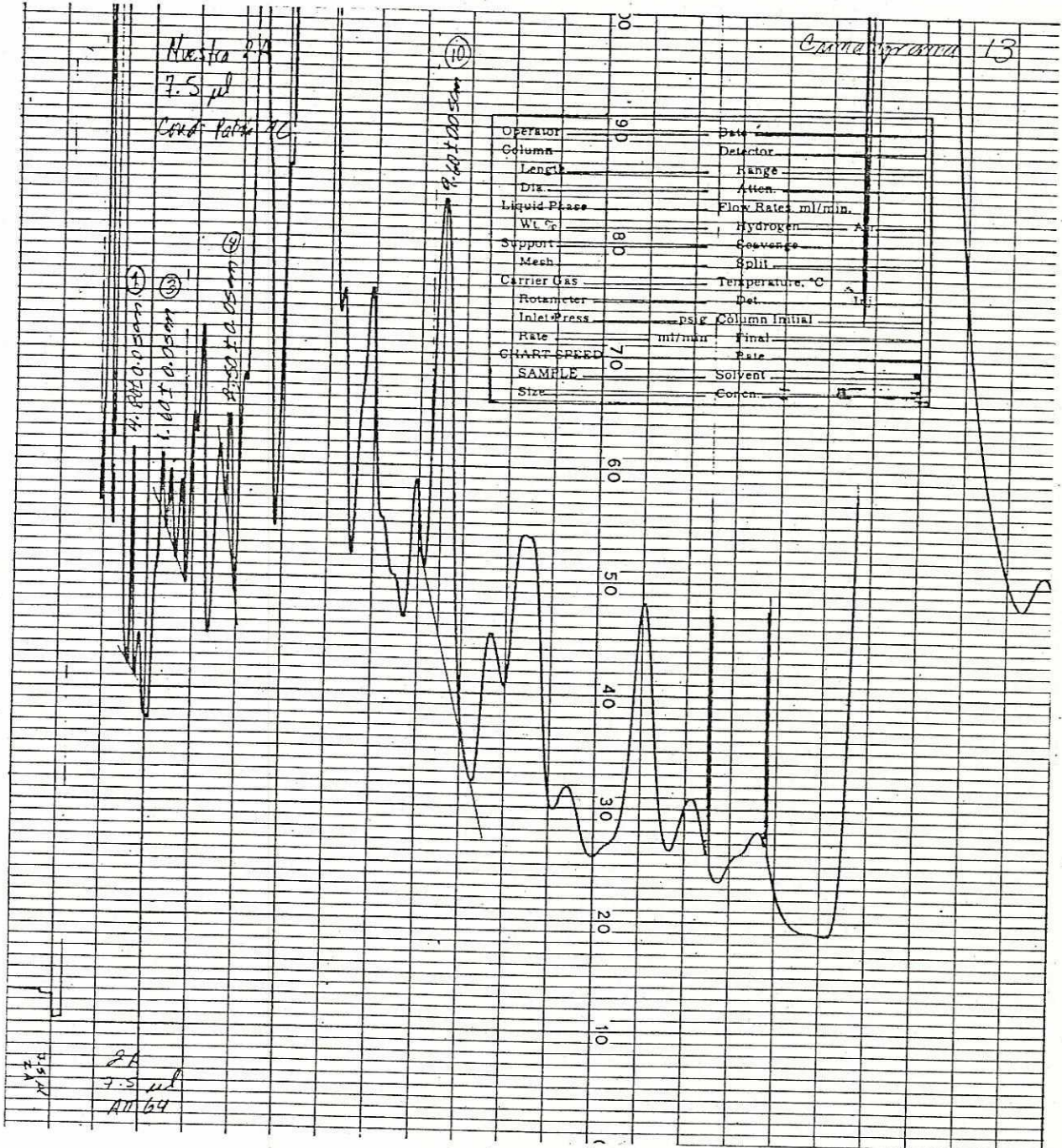
Cromatograma No.9.
 Aparece la misma muestra de la zona 1 en la segunda fecha, pero corrida bajo las condiciones del patrón IA, que aparece en el cromatograma No. 1, para un mejor análisis del pico No. 12, Metoxicloro.



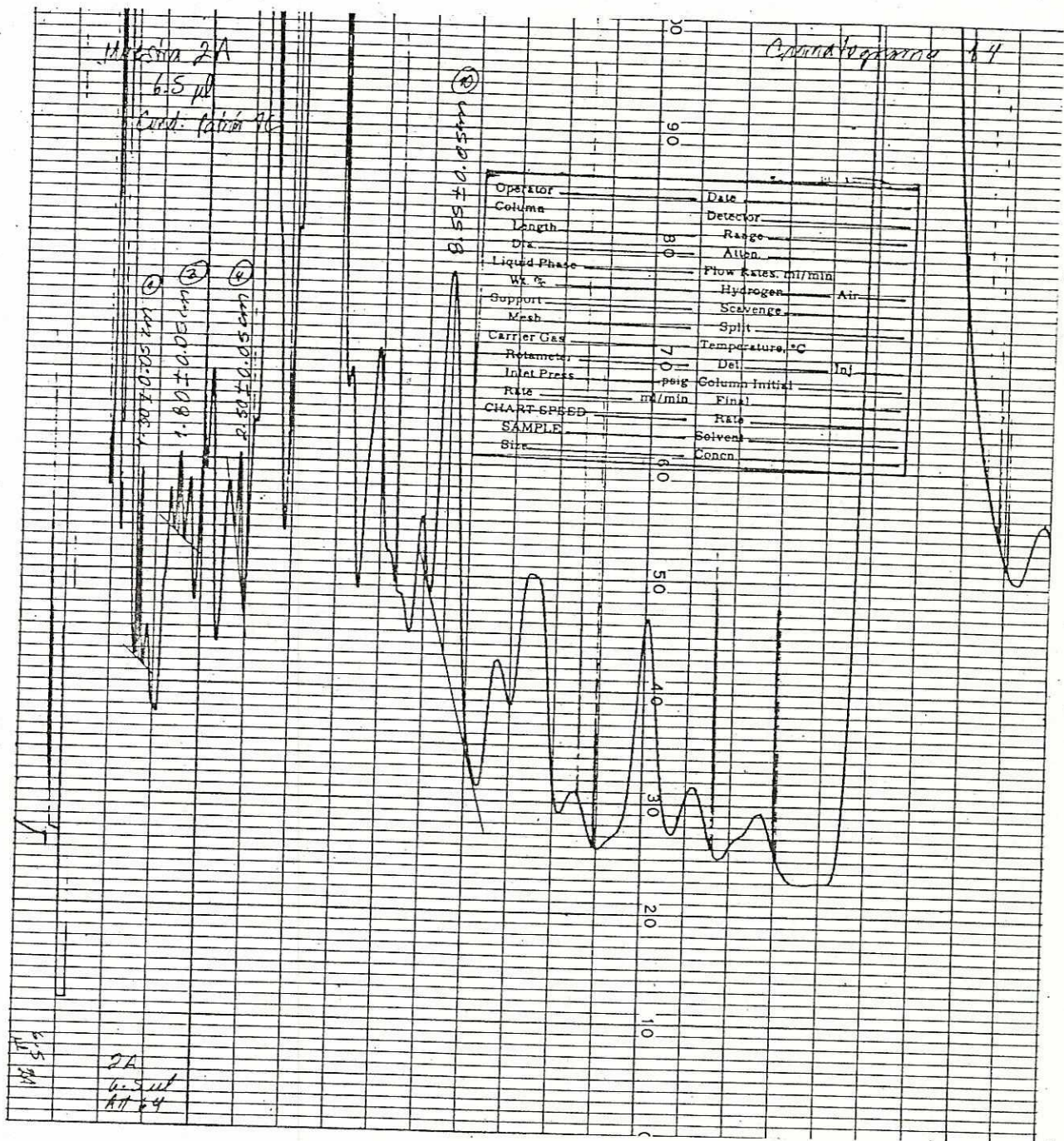
Cromatograma No. 10.
 Corrida de la misma muestra que cromatograma 9, bajo mismas condiciones, como duplicado.



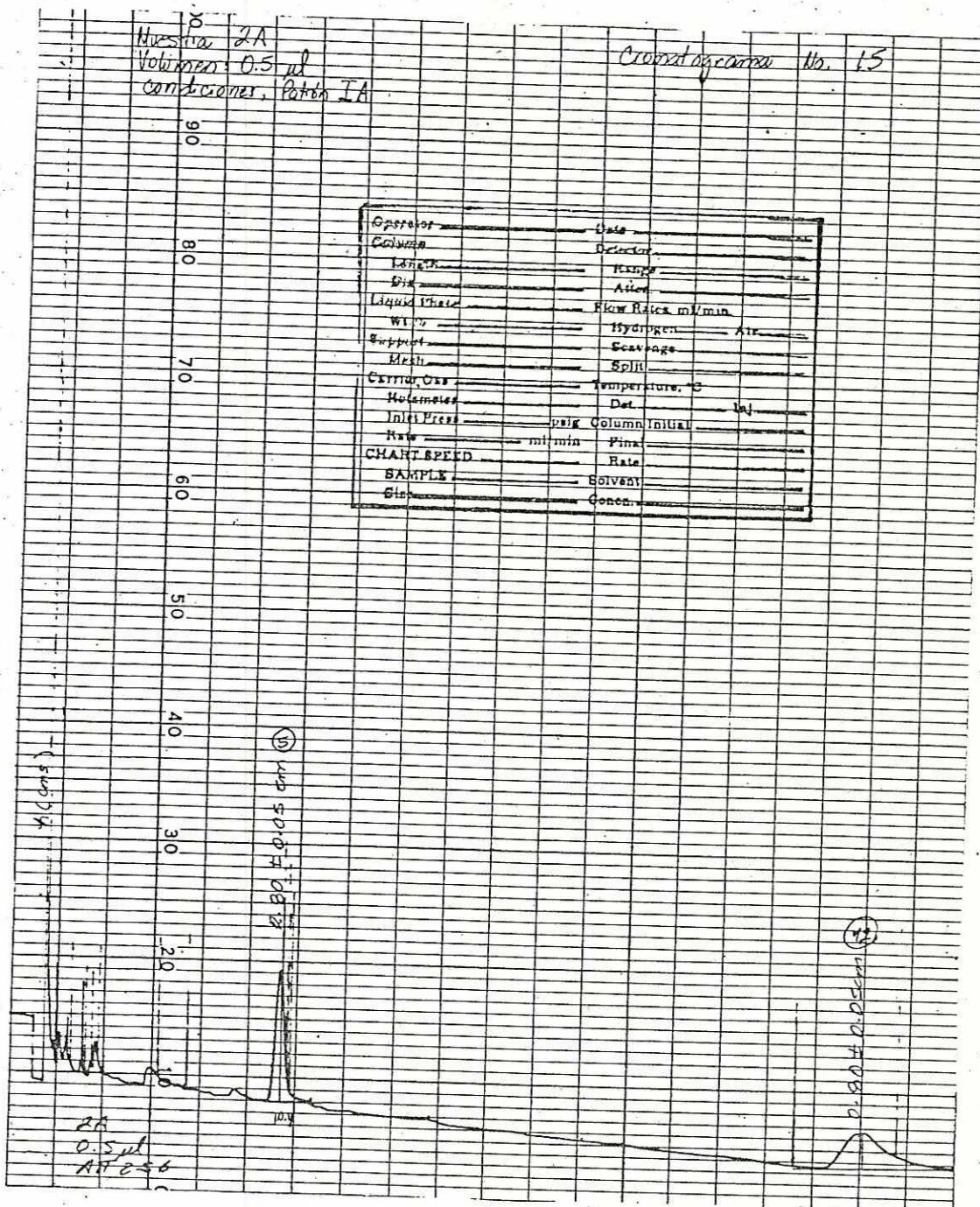
Cromatograma No. 11.
Muestra No. 1 (Playas públicas), en la tercera fecha 30/9/90.
Encontrándose los picos (pesticidas) lindano, aldrín, p-p-DDE,
y metoxicloro, picos 1,3,5 y 12 respectivamente. Bajo condi-
ciones del patrón 1 C.



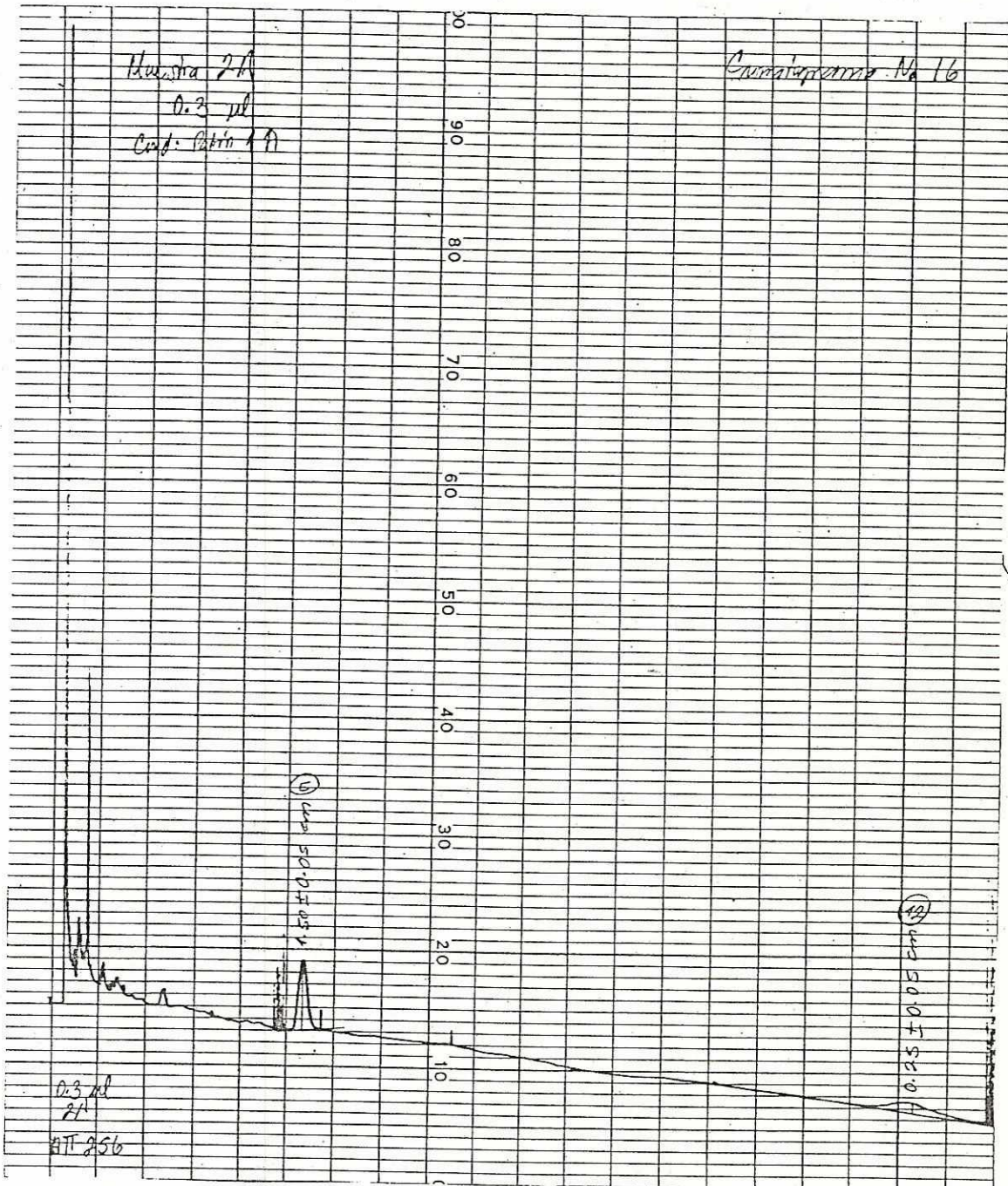
Cromatograma No. 13.
Corresponde al área o zona de viviendas, en la primera fecha 10/9/90, bajo las condiciones del patrón 1 C muestra los pesticidas lindano, aldrín, epóxido de heptacloro, p-p-DDD. Corrida bajo las condiciones del patrón 1C.



Cromatograma No. 14
Misma muestra que cromatograma No. 13, corrido bajo las mismas condiciones como replica.
(Puede apreciarse la presencia de los mismos pesticidas)

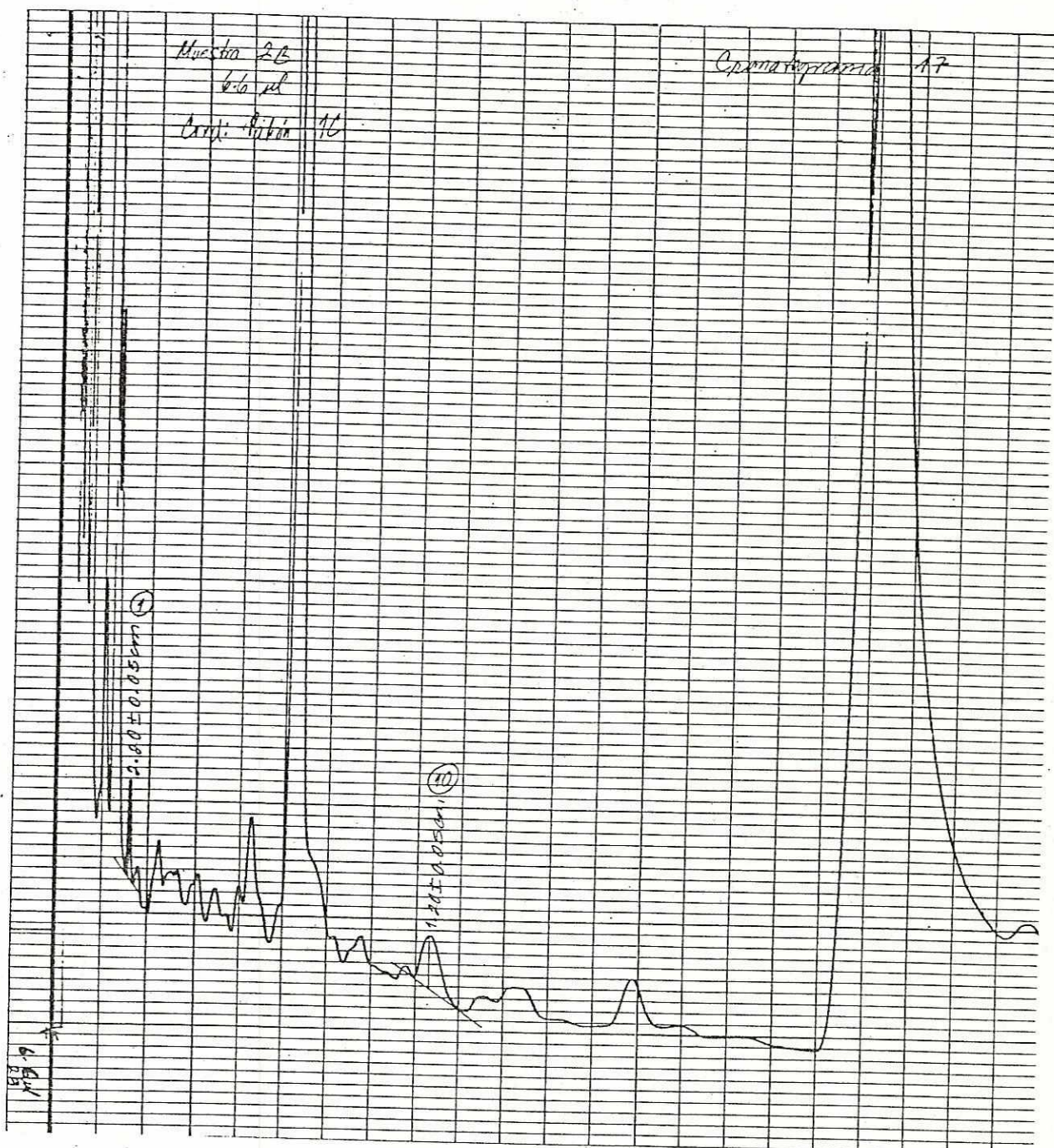


Cromatograma No. 15.
 Análisis de la misma muestra de los cromatogramas 13 y 14, a un volumen mucho menor de inyección y a condiciones del patrón 1A, para analizar la presencia de picos encontrados a concentraciones muy altas, picos 5 y 12, siendo lindano y p-p-DDE, respectivamente.



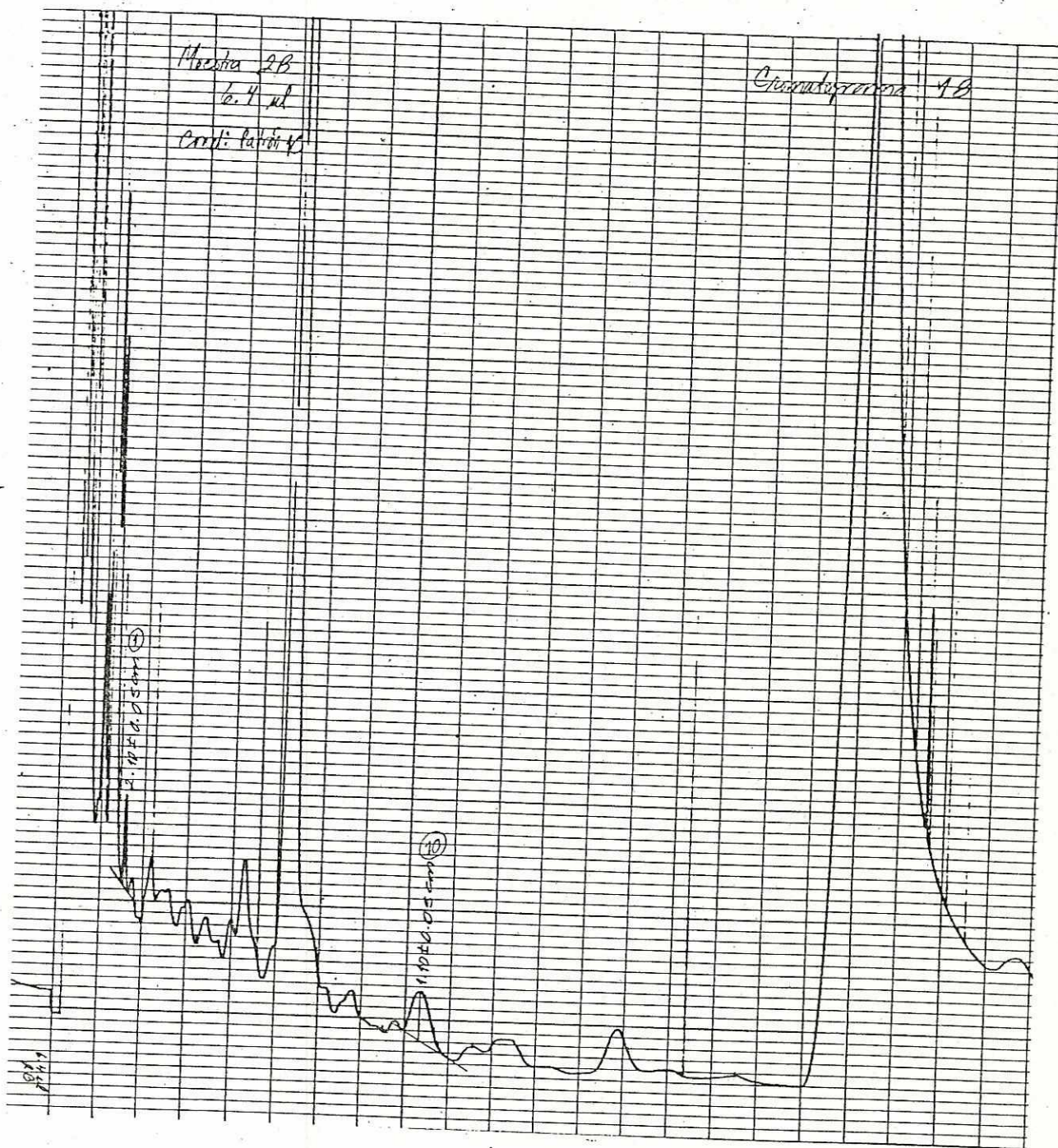
Cromatograma No.16

Misma muestra y mismas condiciones que el cromatograma No. 15 como replica de la muestra.



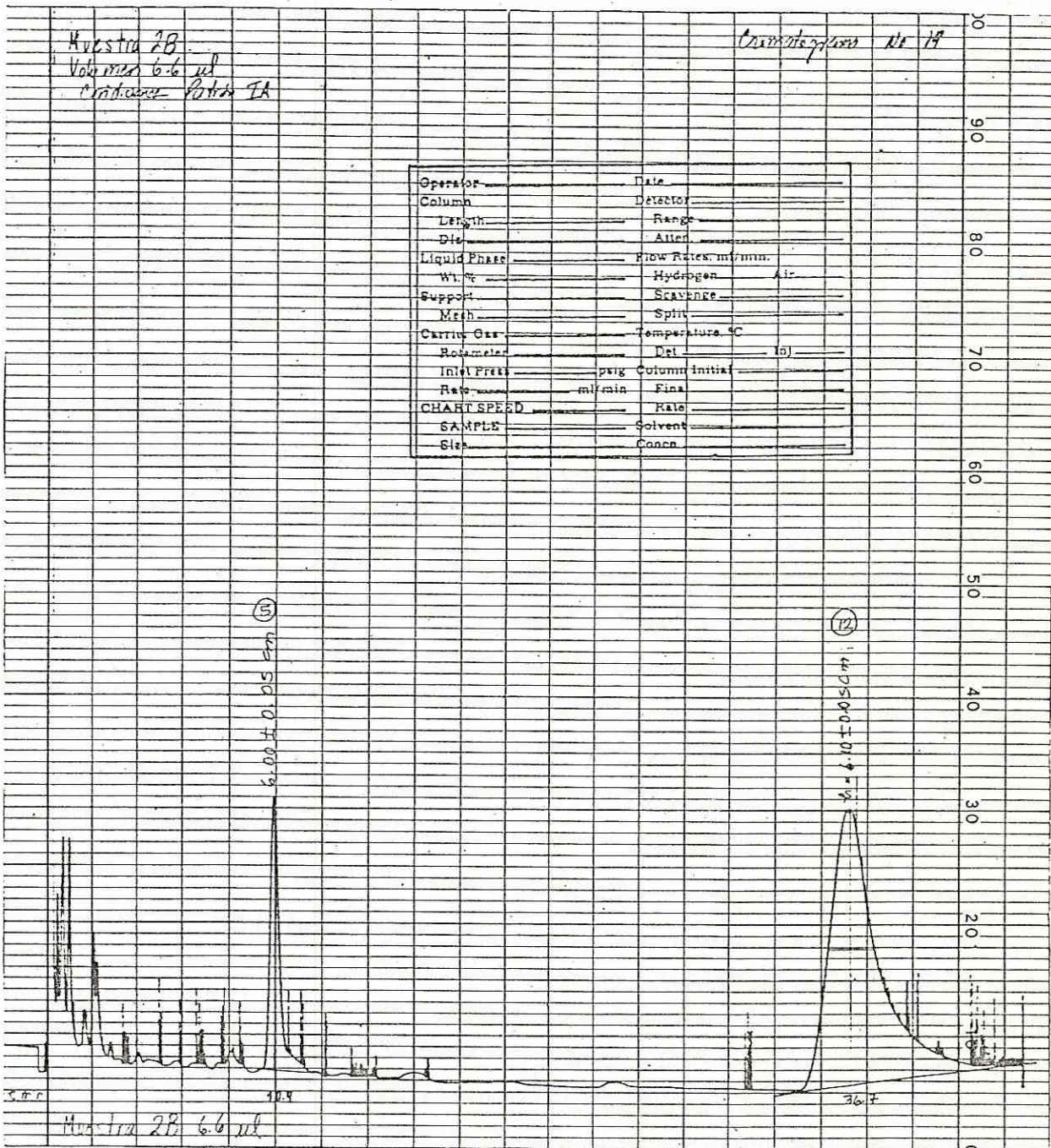
Cromatograma No. 17.

Muestra correspondiente a las viviendas , en segunda fecha 20/9/90, a condiciones del patrón 1C pueden notarse los pesticidas lindano y p-p-DDD picos 1 y 10 respectivamente.



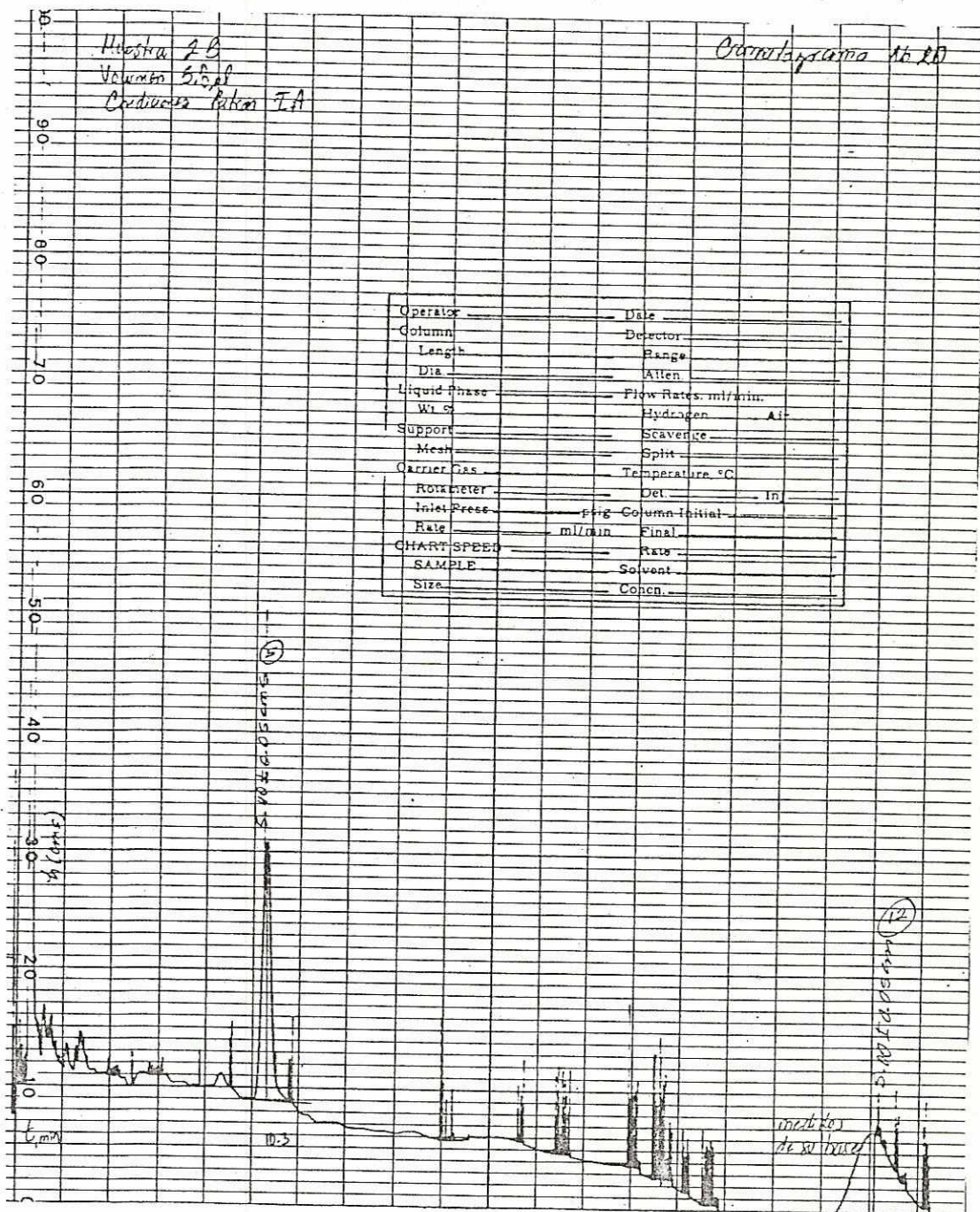
Cromatograma No. 18.

Misma muestra que cromatograma No. 17, mismas condiciones,
replica de la muestra.

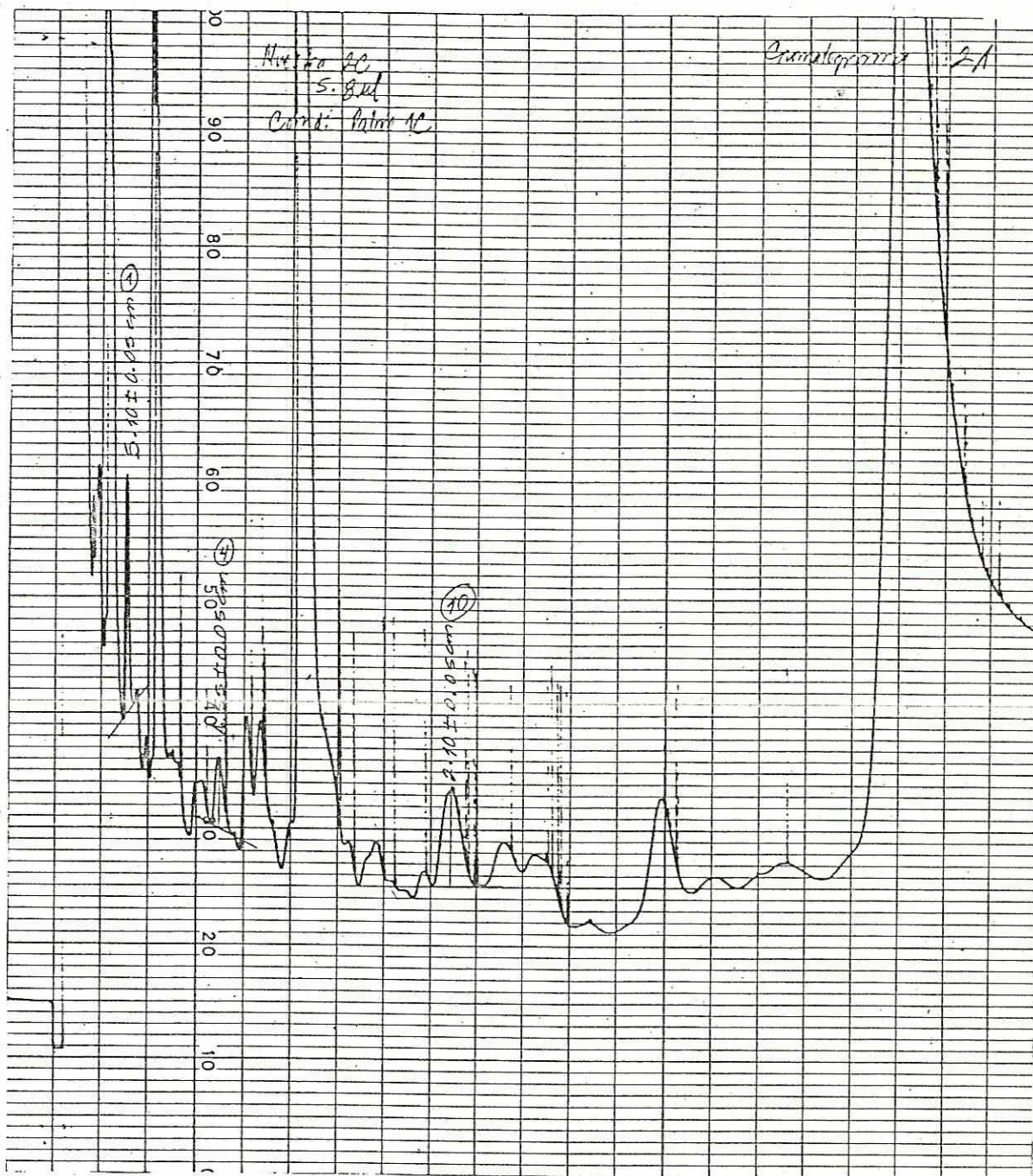


Cromatograma No. 19.

Misma muestra que en los cromatogramas 17 y 18, corrida bajo condiciones del patrón 1A, para el análisis de pesticidas, más concentrados en la muestra, p-p-DDE y metoxicloro, picos 5 y 12 respectivamente.

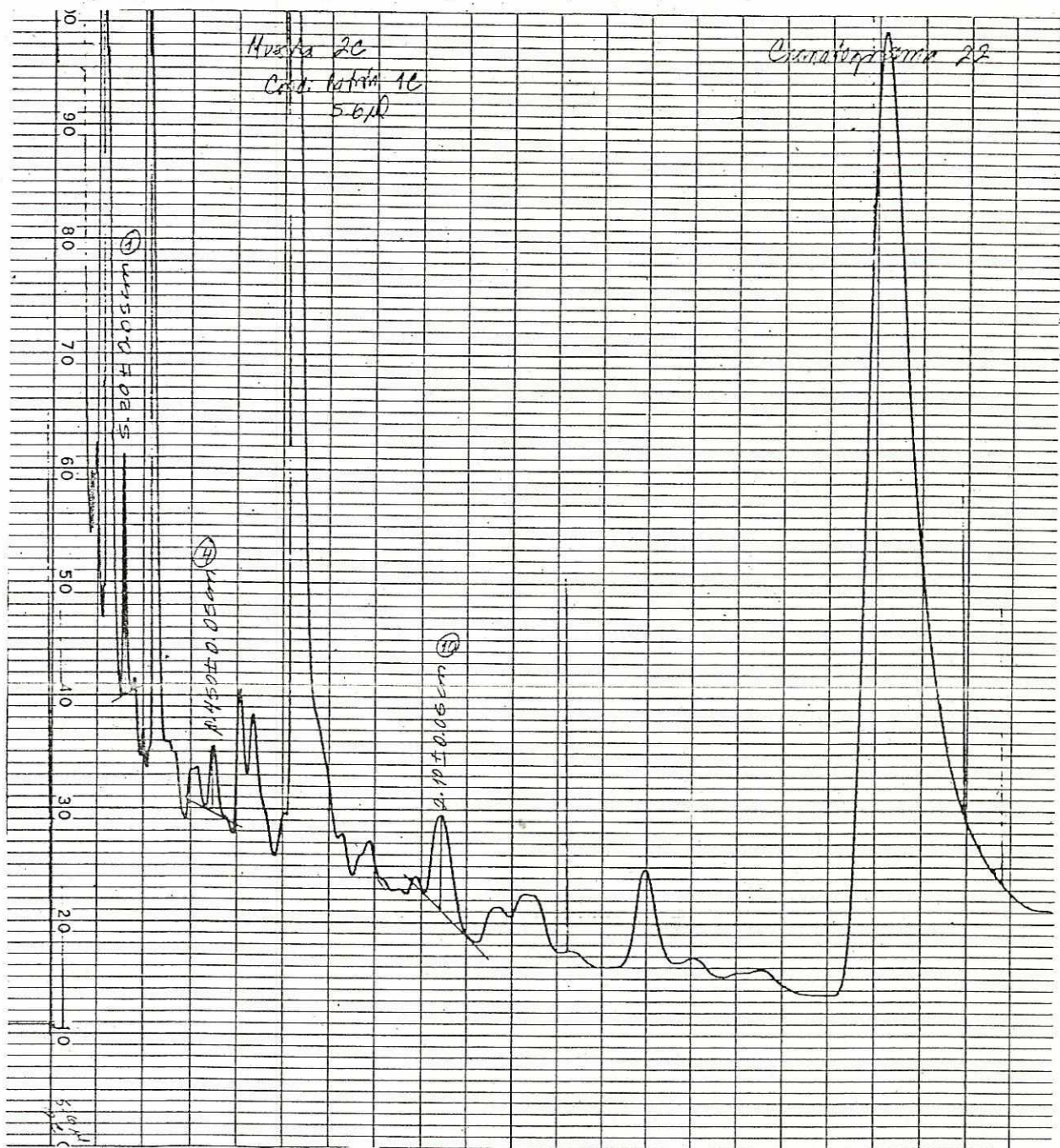


Cromatograma No. 20.
 Misma muestra y mismas condiciones que cromatograma No.19
 como replica de la muestra.



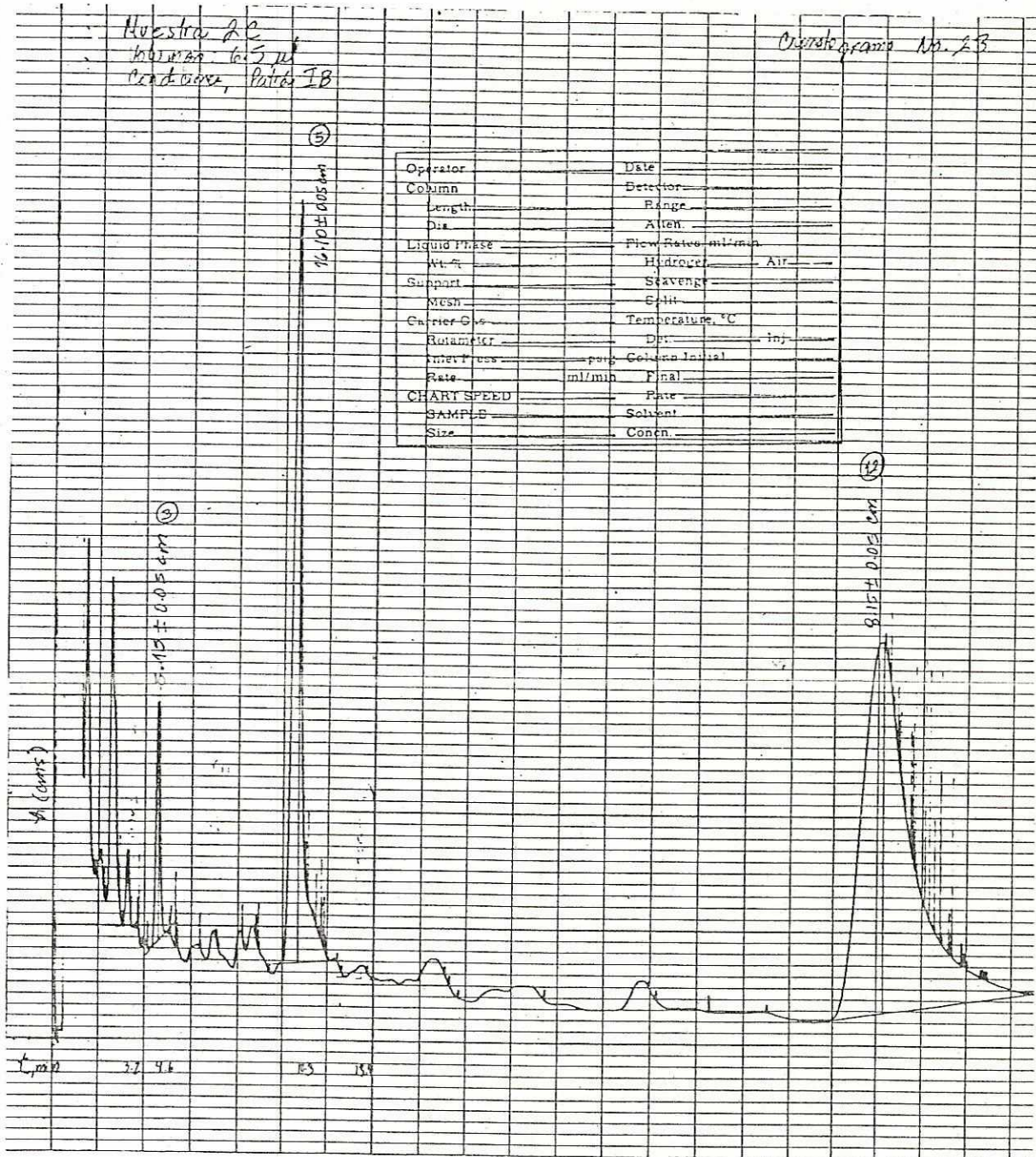
Cromatograma No. 21.

Muestra del área de viviendas en la tercera fecha 30/9/90, bajo las condiciones del patrón 1C aparecen los pesticidas lindano, epóxido de heptacloro y p-p²DDD, con los picos 1, 4 y 10 respectivamente.



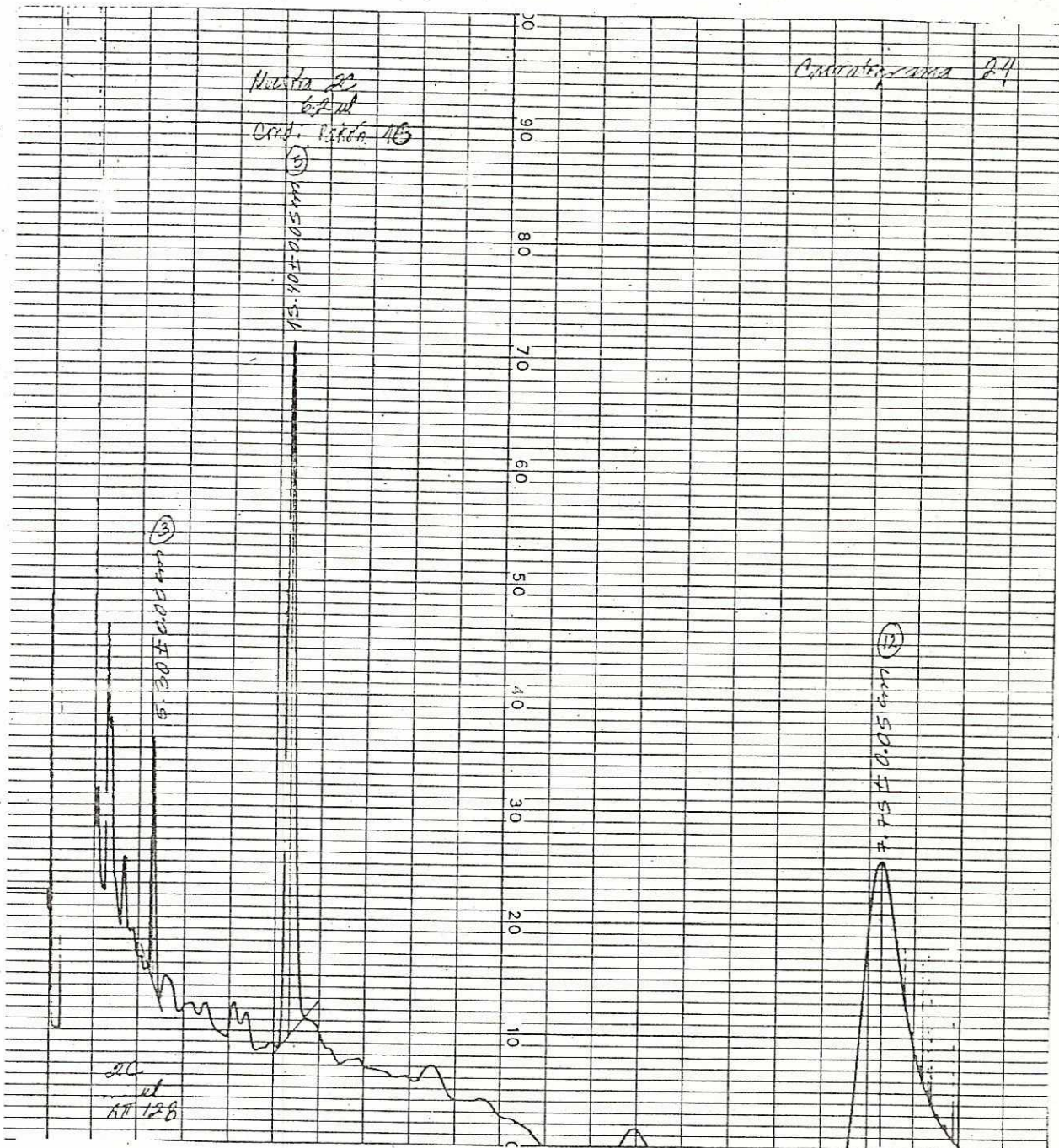
Cromatograma No.22.

Misma muestra y mismas condiciones que cromatograma No. 21,
replica de la muestra.

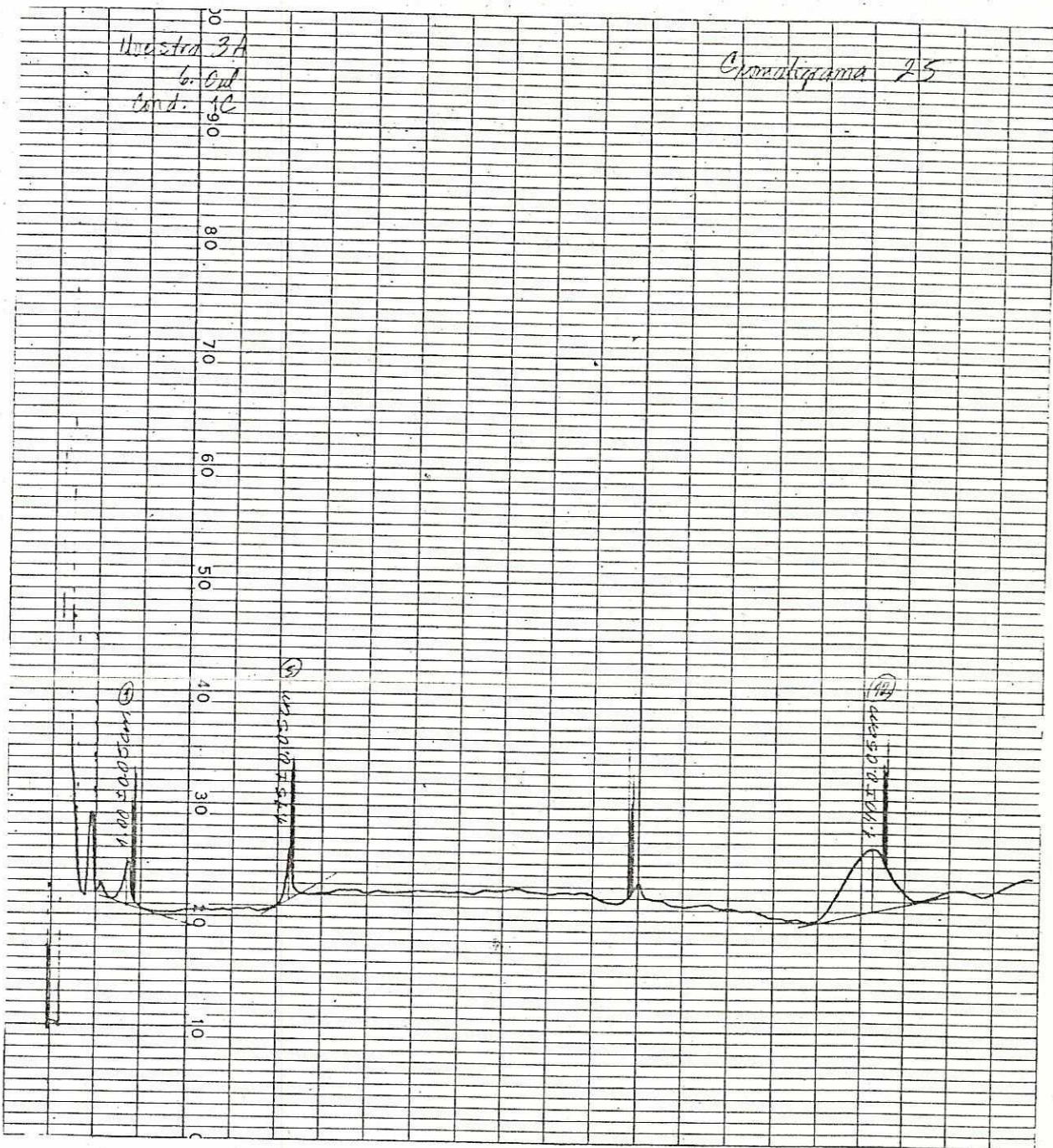


Cromatograma No.23.

Misma muestra que en cromatograma 21 y 22, bajo condiciones del patrón 1B, para el estudio de otros pesticidas presentes en la muestra aldrín, p-p-DDE y metoxicloro, picos 3,5 y 12 respectivamente.

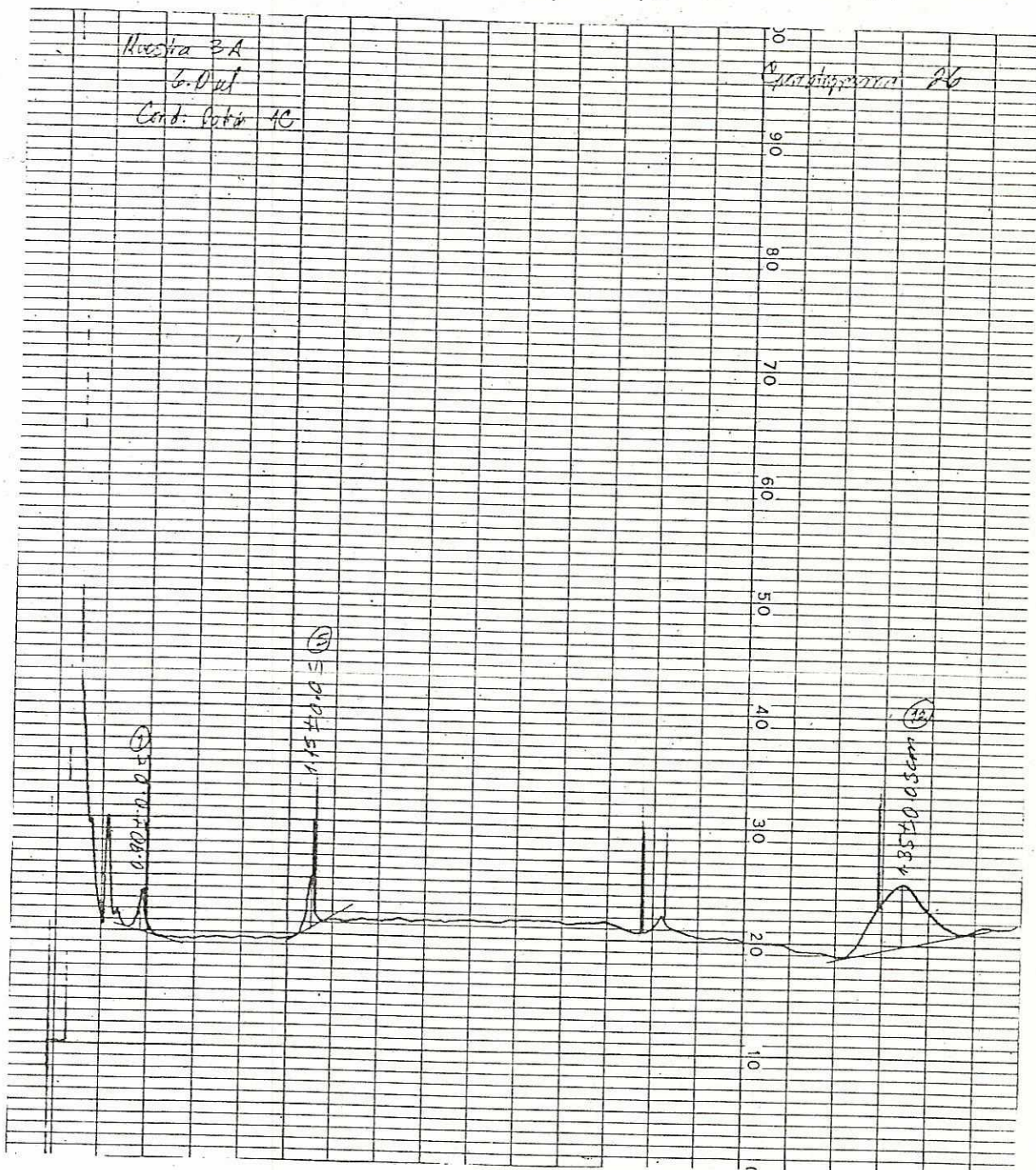


Cromatograma No.24.
Misma muestra y mismas condiciones que en el cromatograma No.23
(replica de la muestra).



Cromatograma No. 25.

Muestra correspondiente a la zona No. 3, afluente río Villalobos, en la primera fecha 10/9/90, bajo las condiciones del patrón 1C, se obtuvo la presencia de los pesticidas lindano, p-p-DDE y metoxicloro, picos 1,5 y 12 respectivamente.



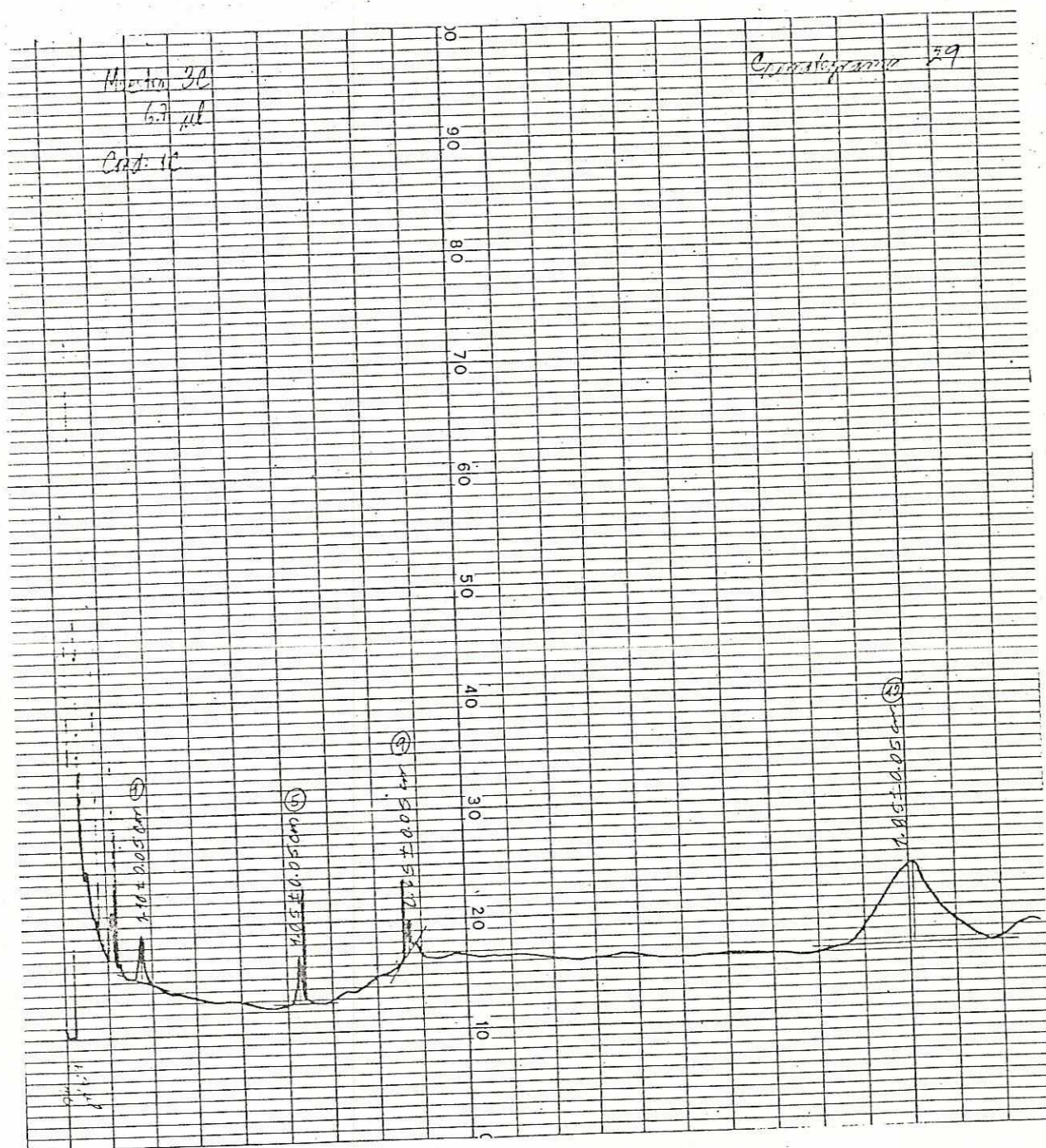
Cromatograma No.26.
 Misma muestra y mismas condiciones que en el cromatograma No.25
 (replica de la muestra).



Cromatograma No.27.

Muestra tomada del afluente río Villalobos, correspondiente a la segunda fecha 20/9/90, en ella se obtuvo la presencia de los pesticidas p-p-DDE, p-p-DDD, y metoxicloro, picos 5,10 y 12 respectivamente.

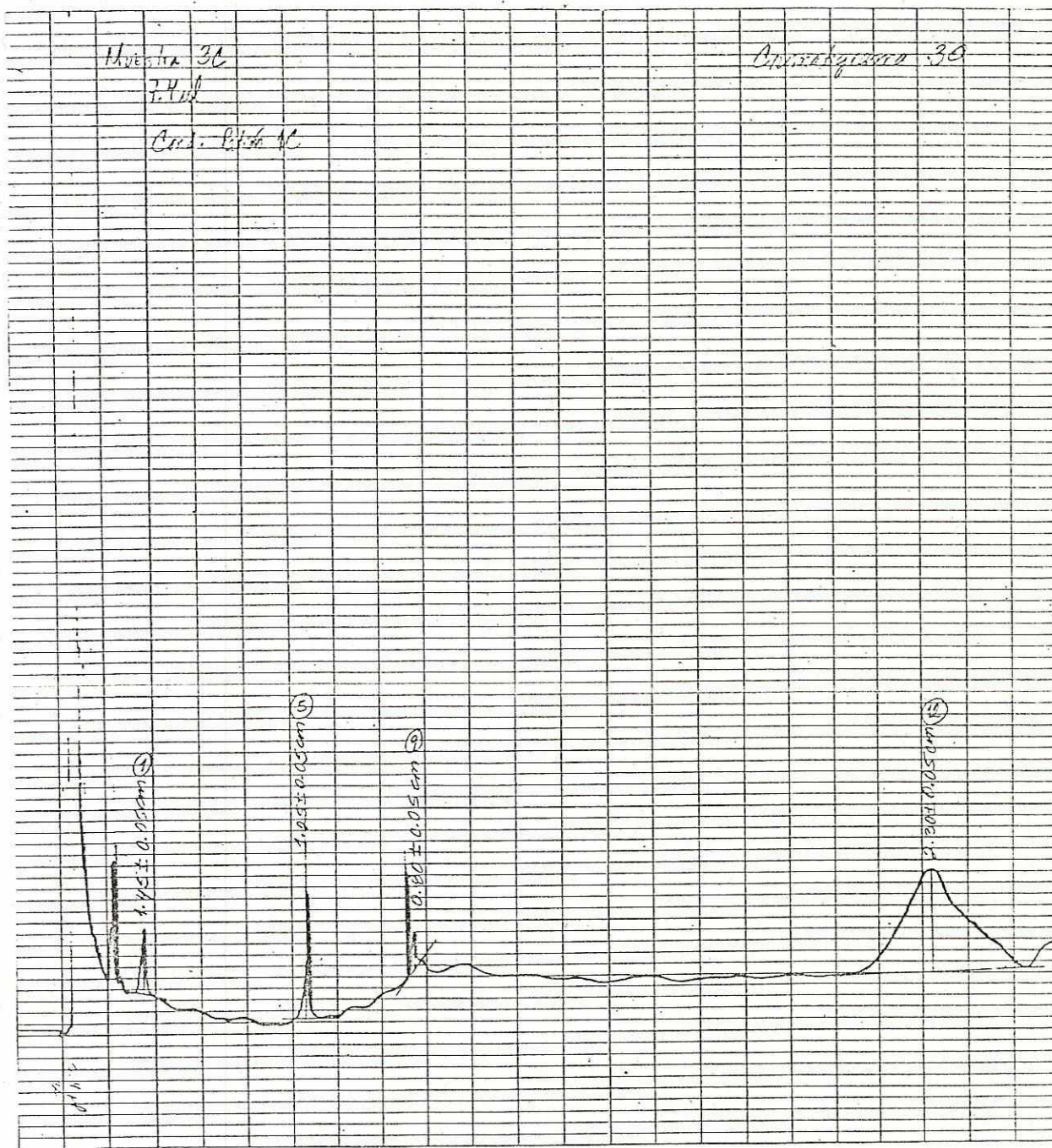
Condiciones del patrón 1C.



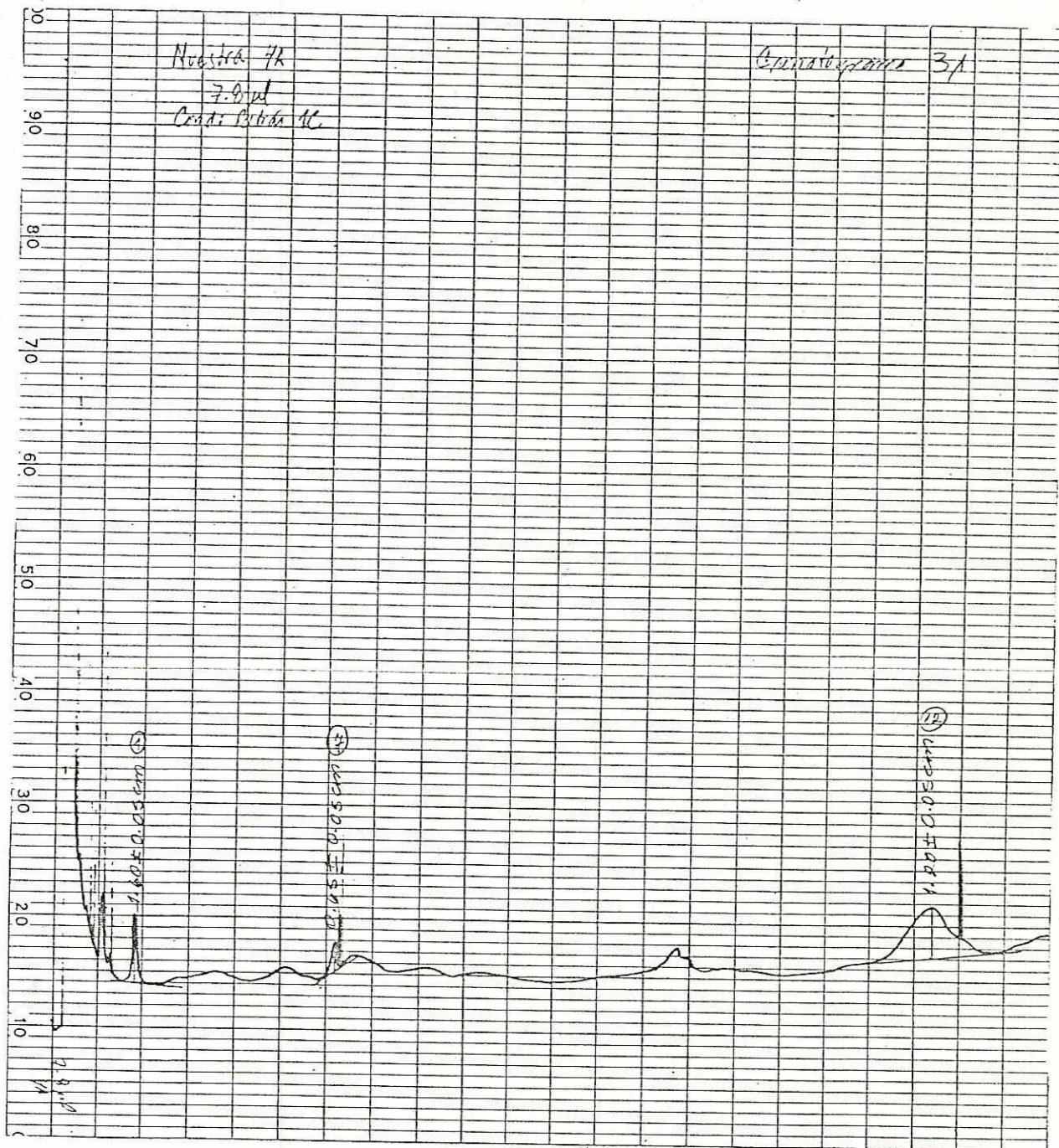
Cromatograma No. 29.

Muestra correspondiente al afluente río Villalobos, en la tercera fecha 30/9/90, se obtuvo la presencia de los pesticidas lindano, p-p-DDE, O-p-DDT y metoxicloro, picos 1, 5, 9 y 12 respectivamente.

Condiciones del patrón 1C.

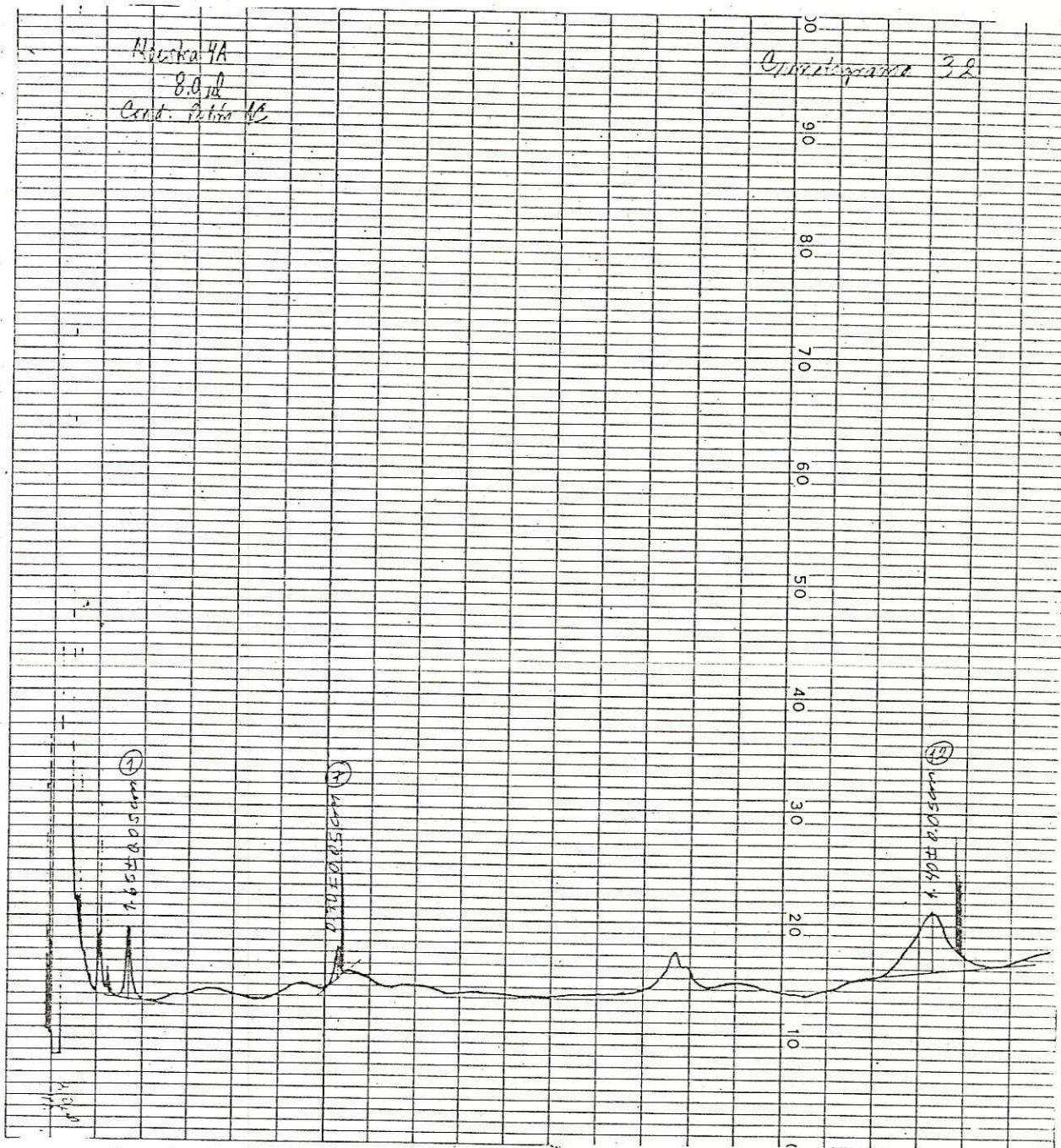


Cromatograma No.30.
 Misma muestra y condiciones que en el cromatograma No.29
 (replica de la muestra).



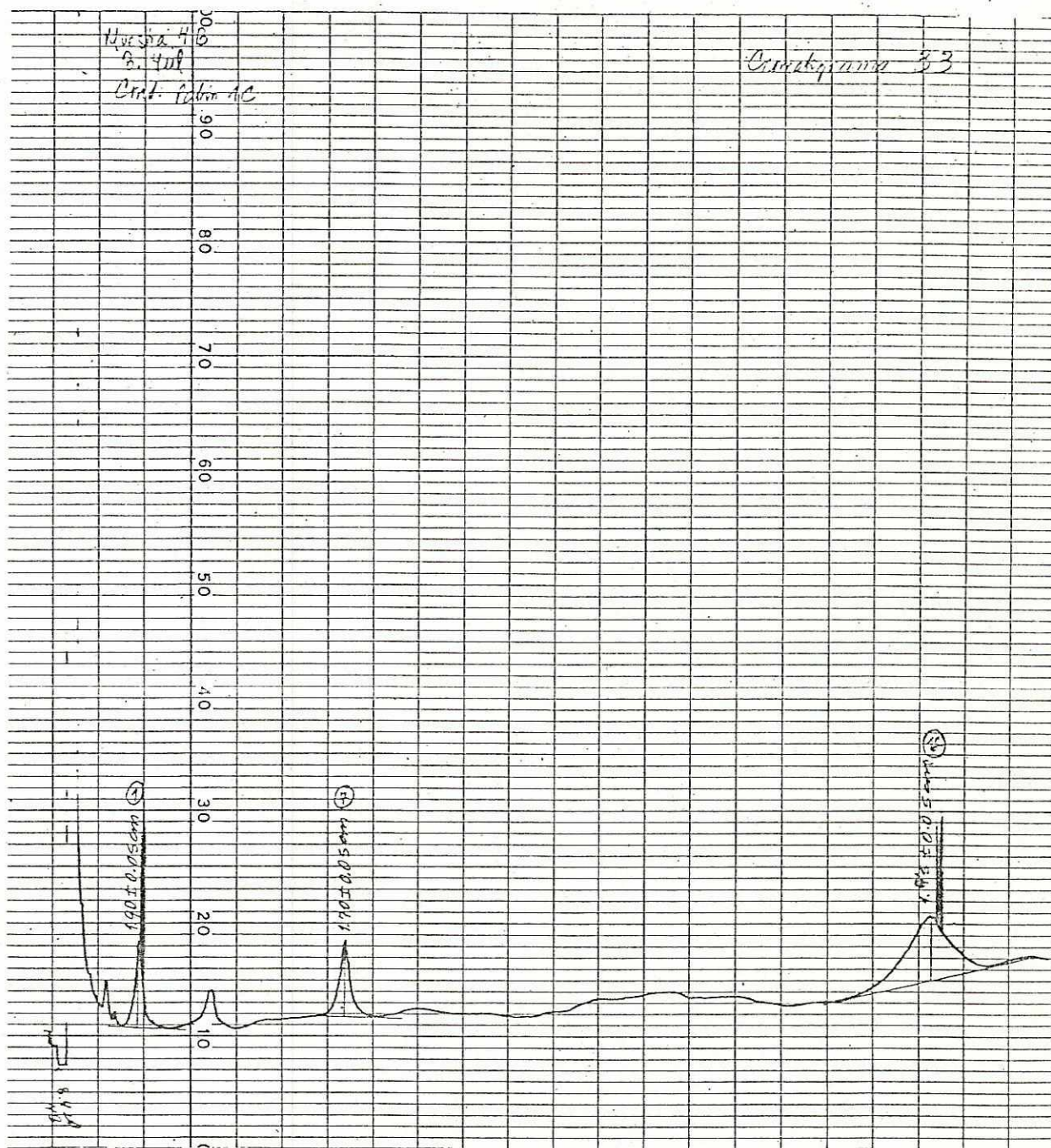
Cromatograma No. 31.

Muestra correspondiente a la zona de cultivos, en esta muestra bajo condiciones del patrón 1C, se obtuvo la presencia de los pesticidas lindano, O-p-DDD y metoxicloro, con los picos 1, 7 y 12 respectivamente.



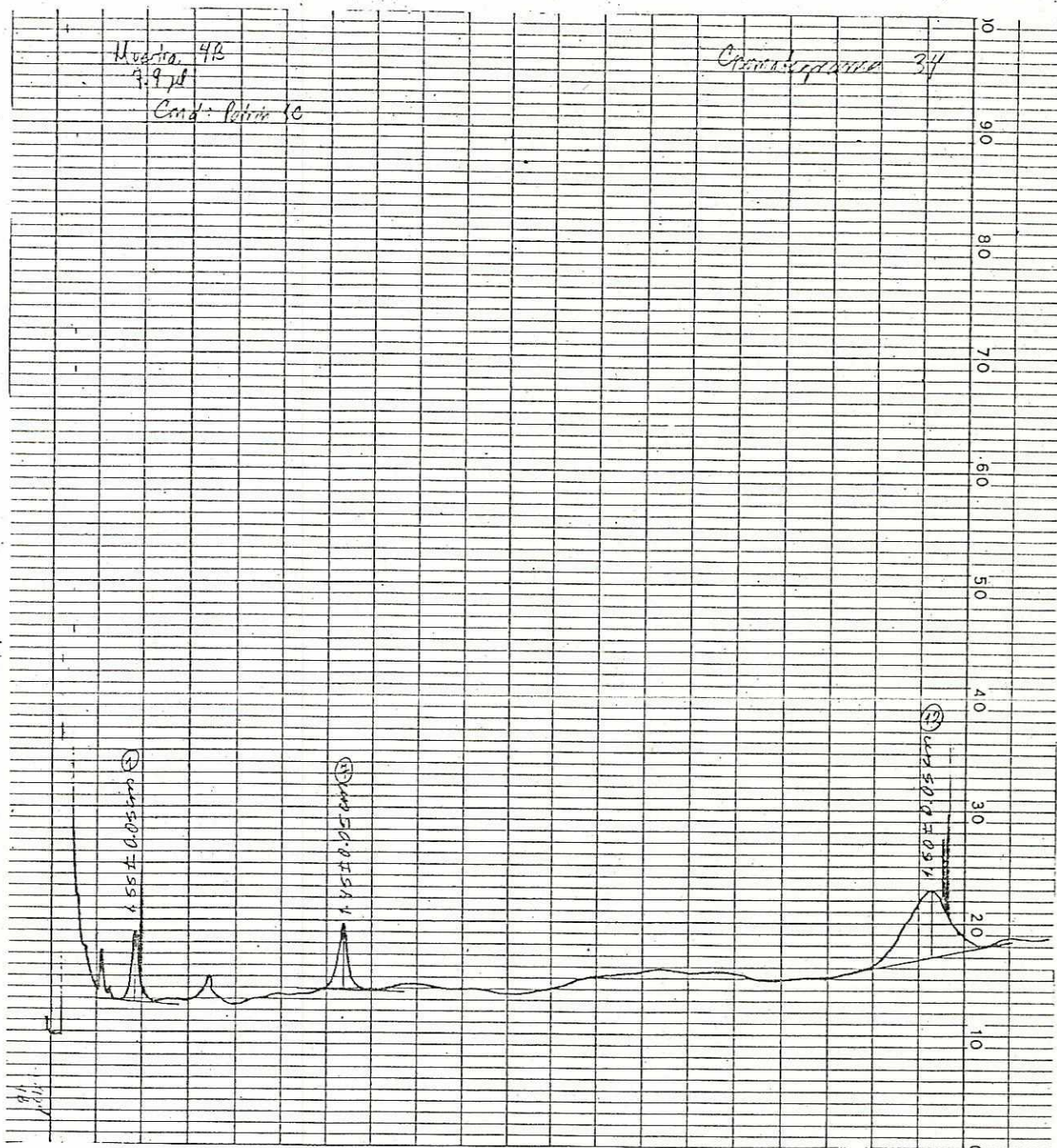
Cromatograma No. 32

Misma muestra y condiciones que en el cromatograma No. 31
(replica de la muestra).

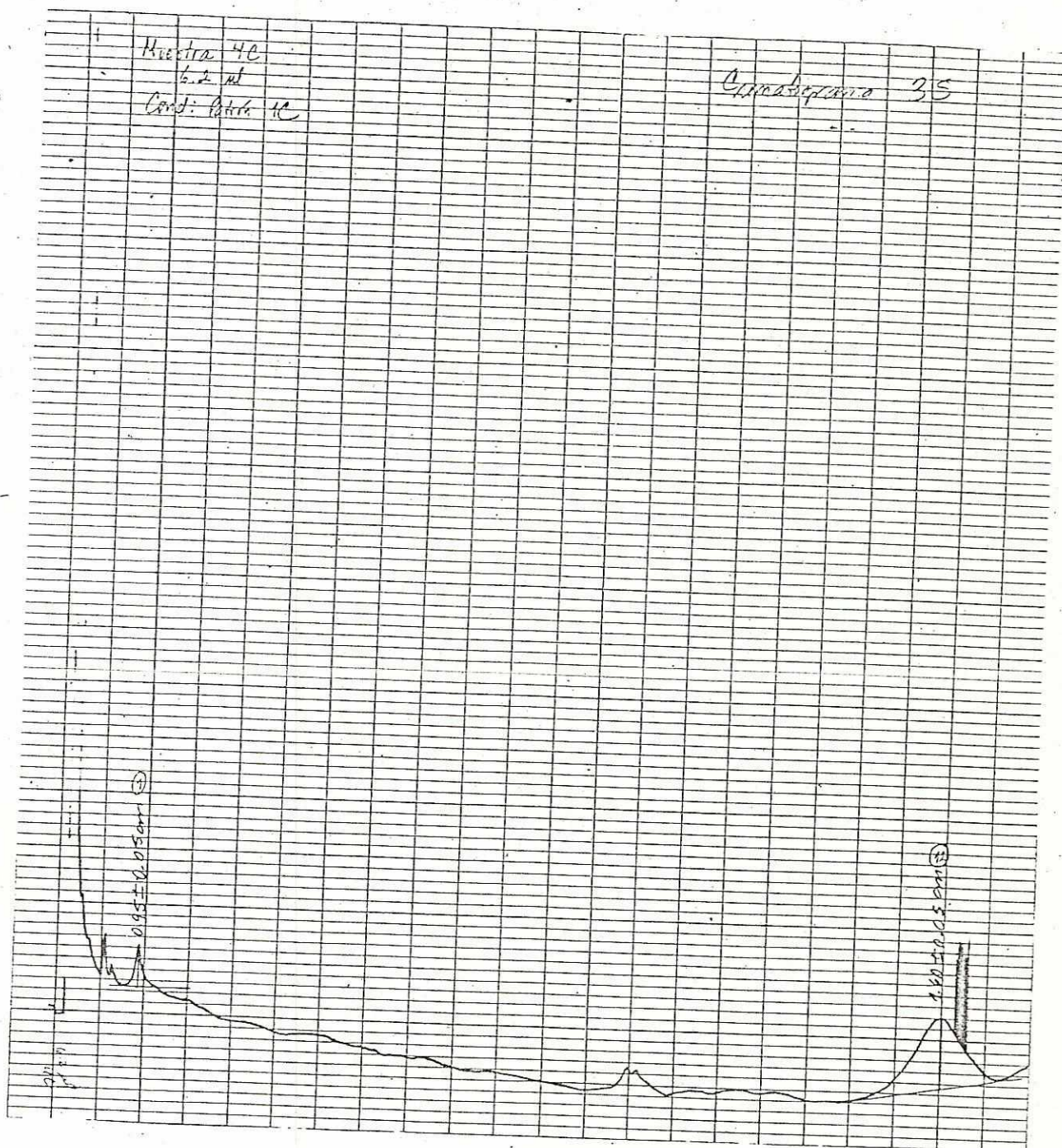


Cromatograma No. 33.

Muestra tomada del área o zona de cultivos en la segunda fecha 20/9/90, donde, bajo condiciones del patrón standard IC, se obtuvo la presencia de los picos 1, 7 y 12, de los pesticidas lindano, o-p-DDD y metoxicloro respectivamente.

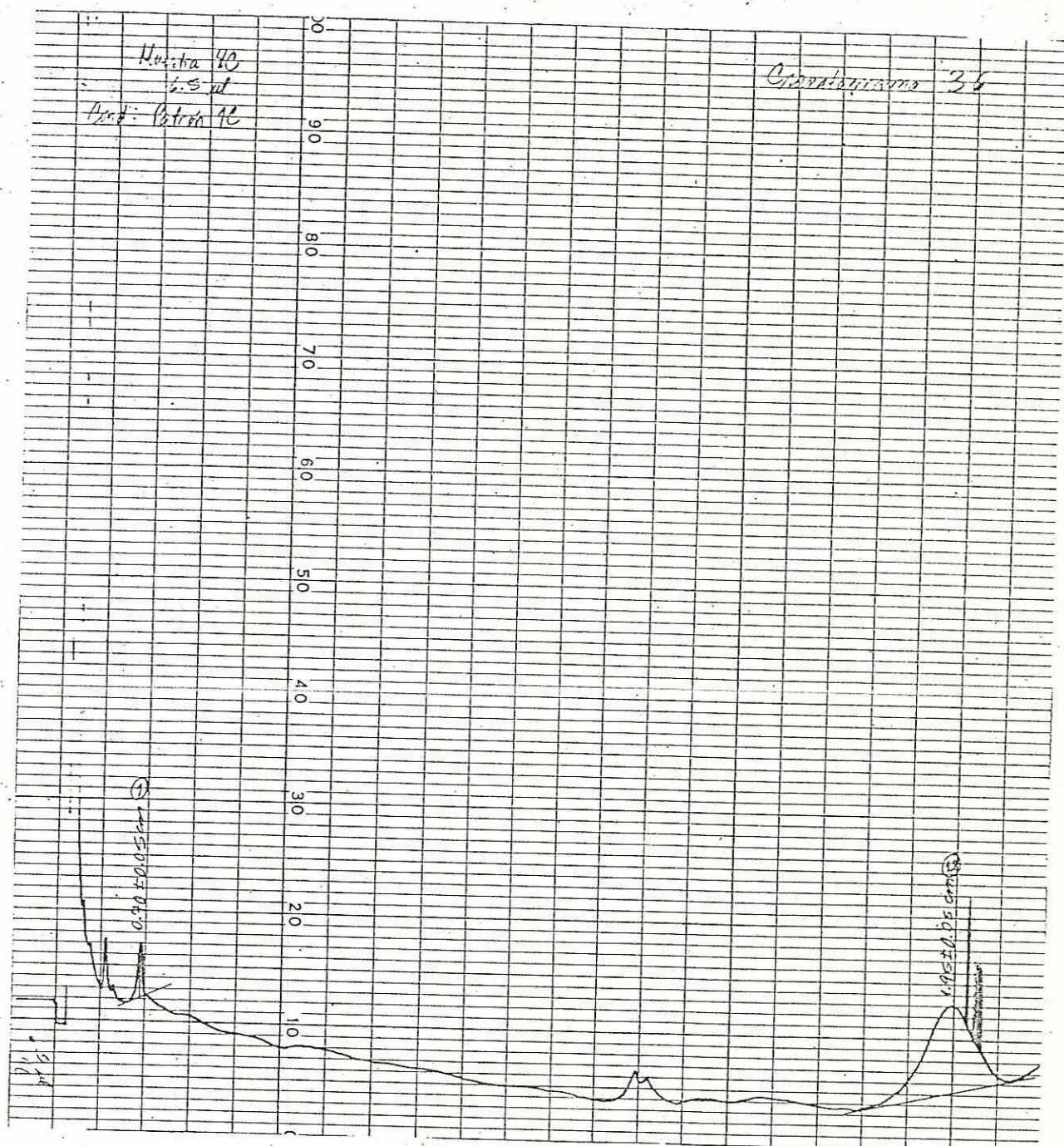


Cromatograma No. 34.
Misma muestra y condiciones que en el cromatograma No. 33.
(replica de la muestra).



Cromatograma No.35.

Muestra correspondiente al área o zona de cultivos en la tercera fecha 30/9/90, donde, bajo condiciones del patrón 1C, se obtuvo la presencia de los picos 1 y 12, de los pesticidas lindano y metoxicloro respectivamente.

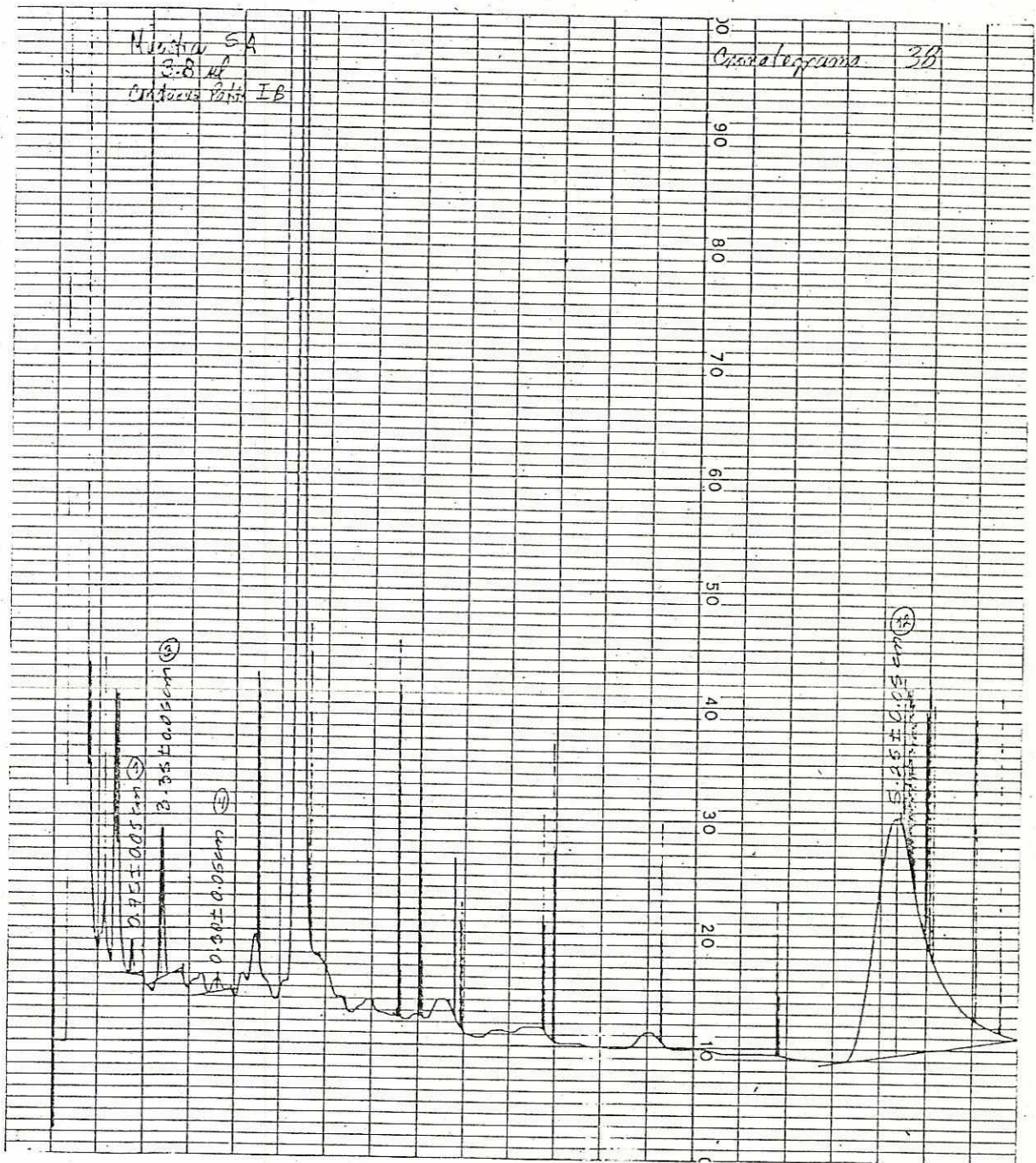


Cromatograma No. 36.
 Misma muestra y condiciones que en el cromatograma No. 35
 (replica de la muestra).



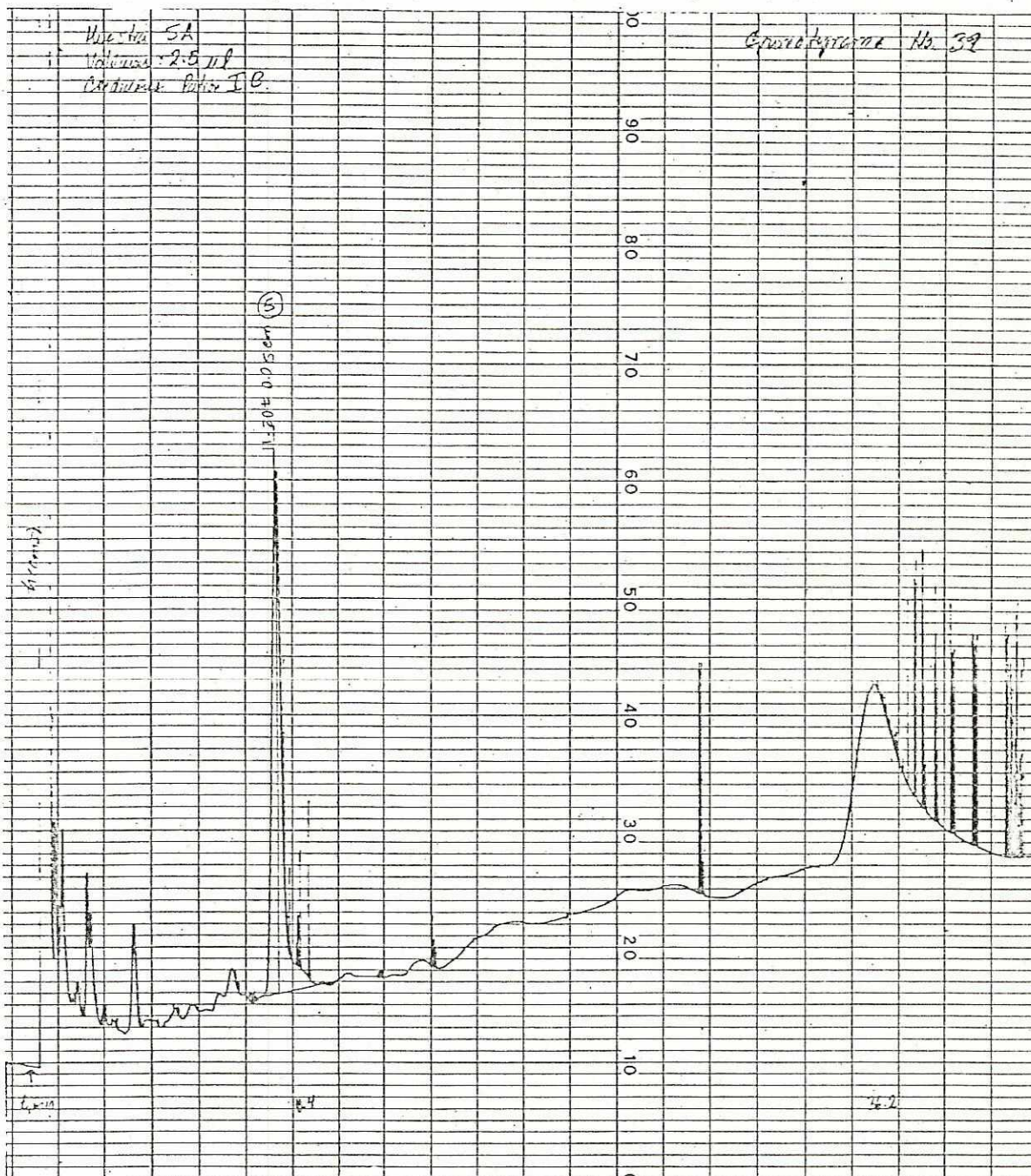
Cromatograma No.37.

Muestra correspondiente a la zona del efluente río Michatoya, tomada en la primera fecha 10/9/90. Bajo condiciones del cromatograma del patrón 1B, se obtuvo la presencia de los pesticidas lindano, aldrin, epóxido de heptacloro, y, metoxicloro.



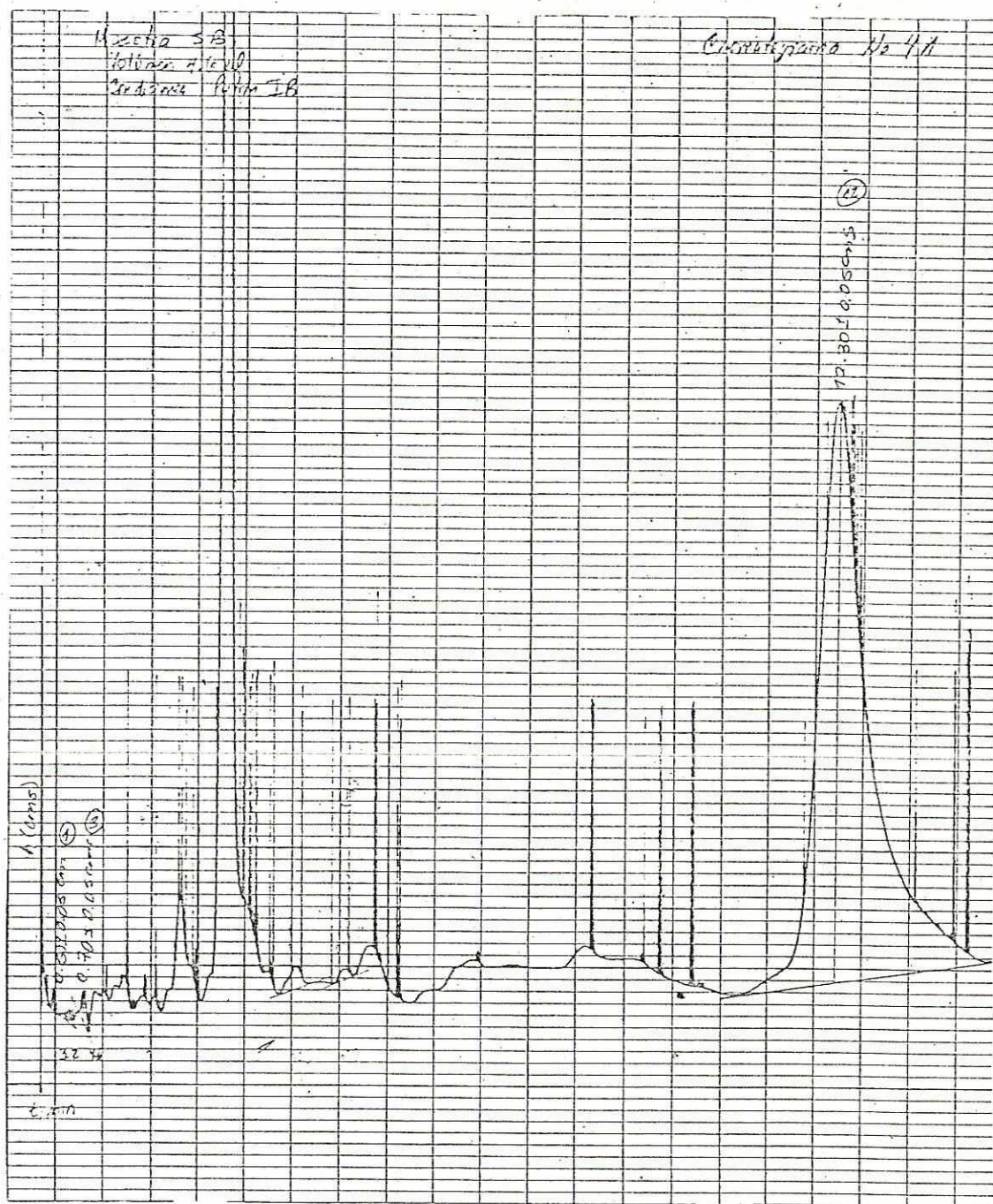
Cromatograma No. 38.

Misma muestra y mismas condiciones que en el cromatograma No.37
(replica de la muestra).

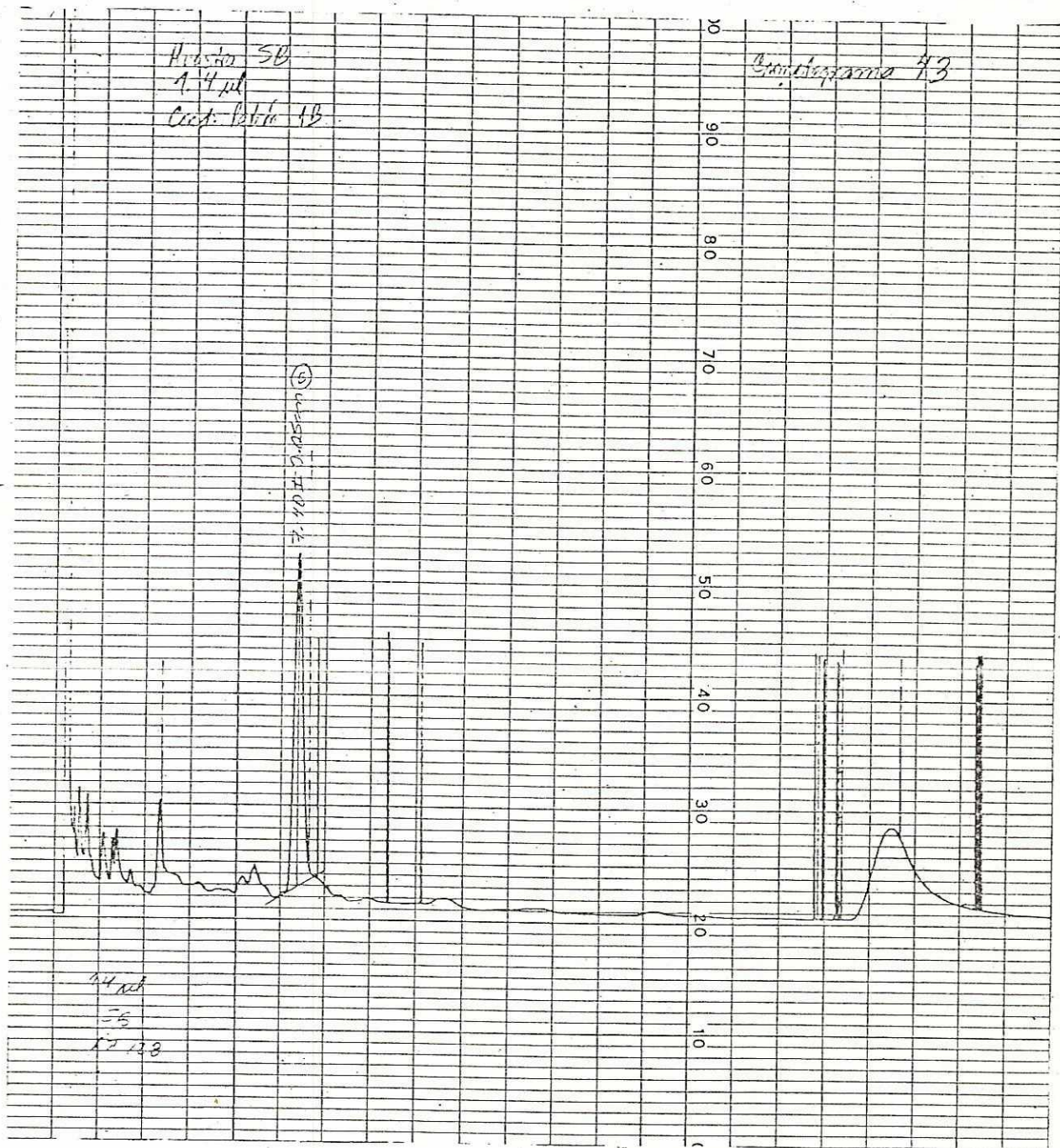


Cromatograma No. 39.

Misma muestra que en los cromatogramas 37 y 38, pero bajo condiciones del patrón 1B, para el estudio de otro pesticida presente p-p-DDE, identificado con el pico No. 5.

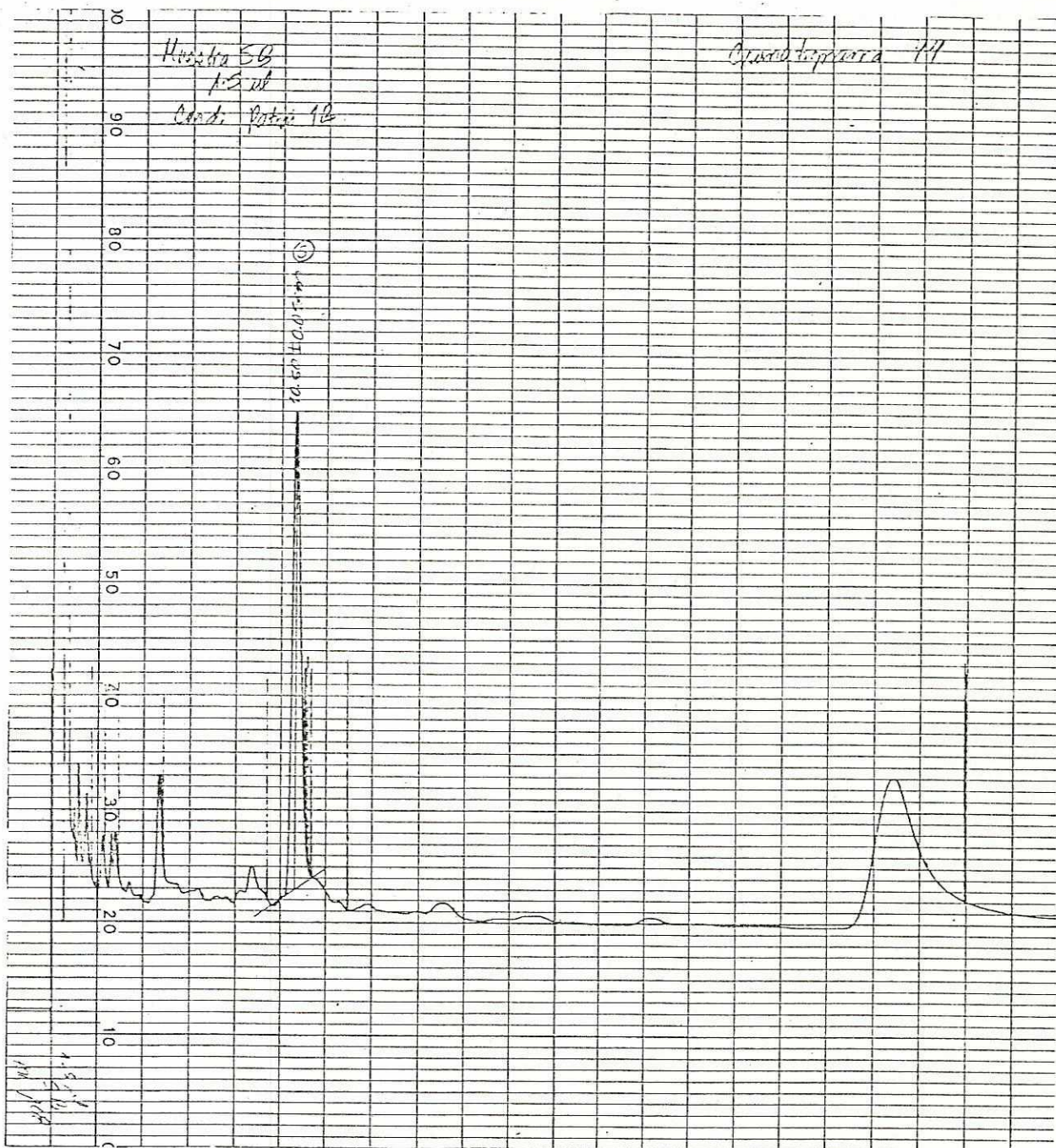


Cromatograma No. 41.
 Muestra correspondiente al efluente río Michatoya en la segunda fecha 20/9/90. Bajo las condiciones del patrón 1B, se obtuvo los pesticidas, lindano, aldrín y metoxi-cloro.

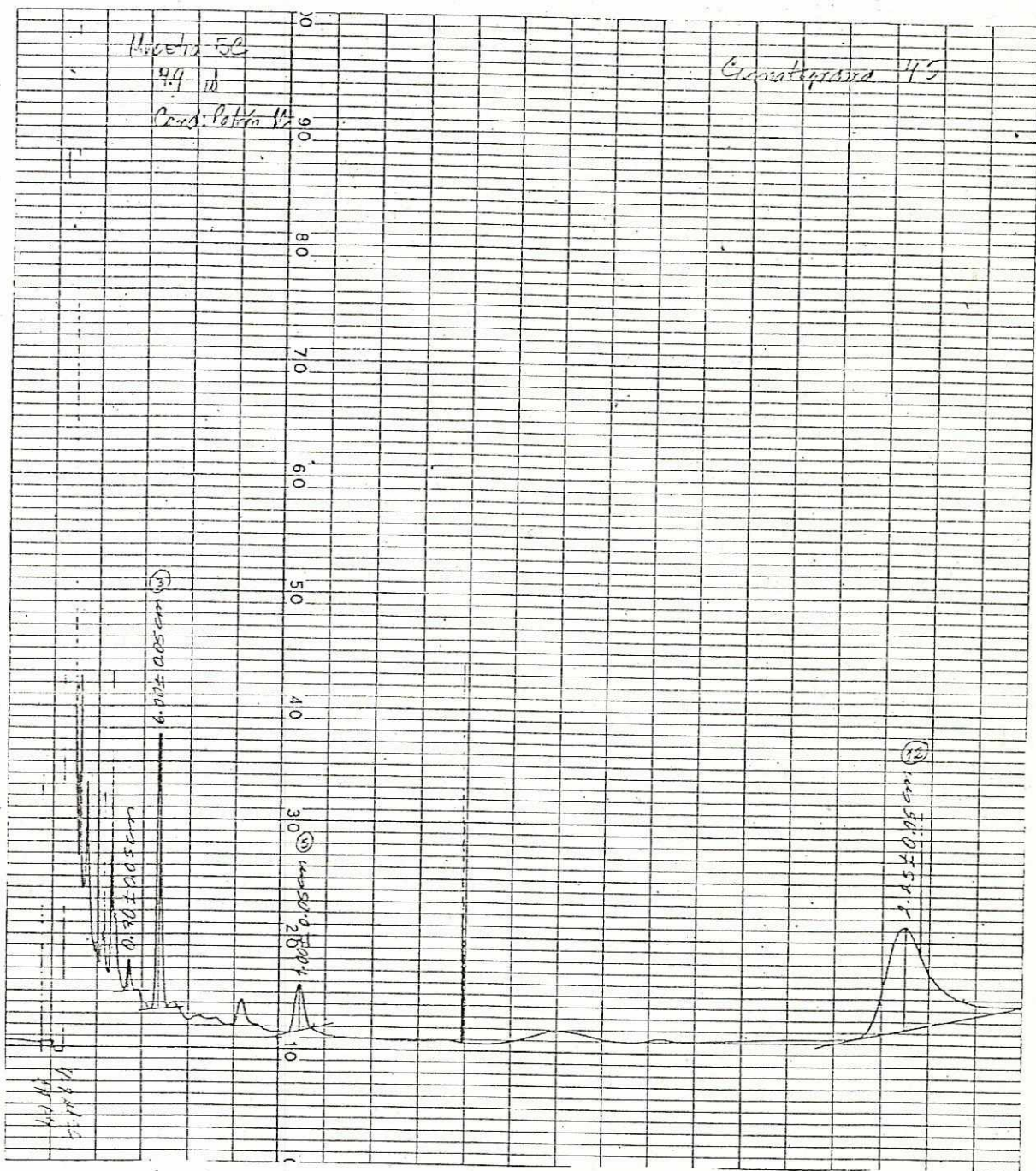


Cromatograma No. 43

Misma muestra que en los cromatogramas 41 y 42, pero a condiciones del patrón 1B, con un volúmen bastante menor de inyección para evaluar la presencia del pesticida p-p-DDE identificado como el pico No. 5.

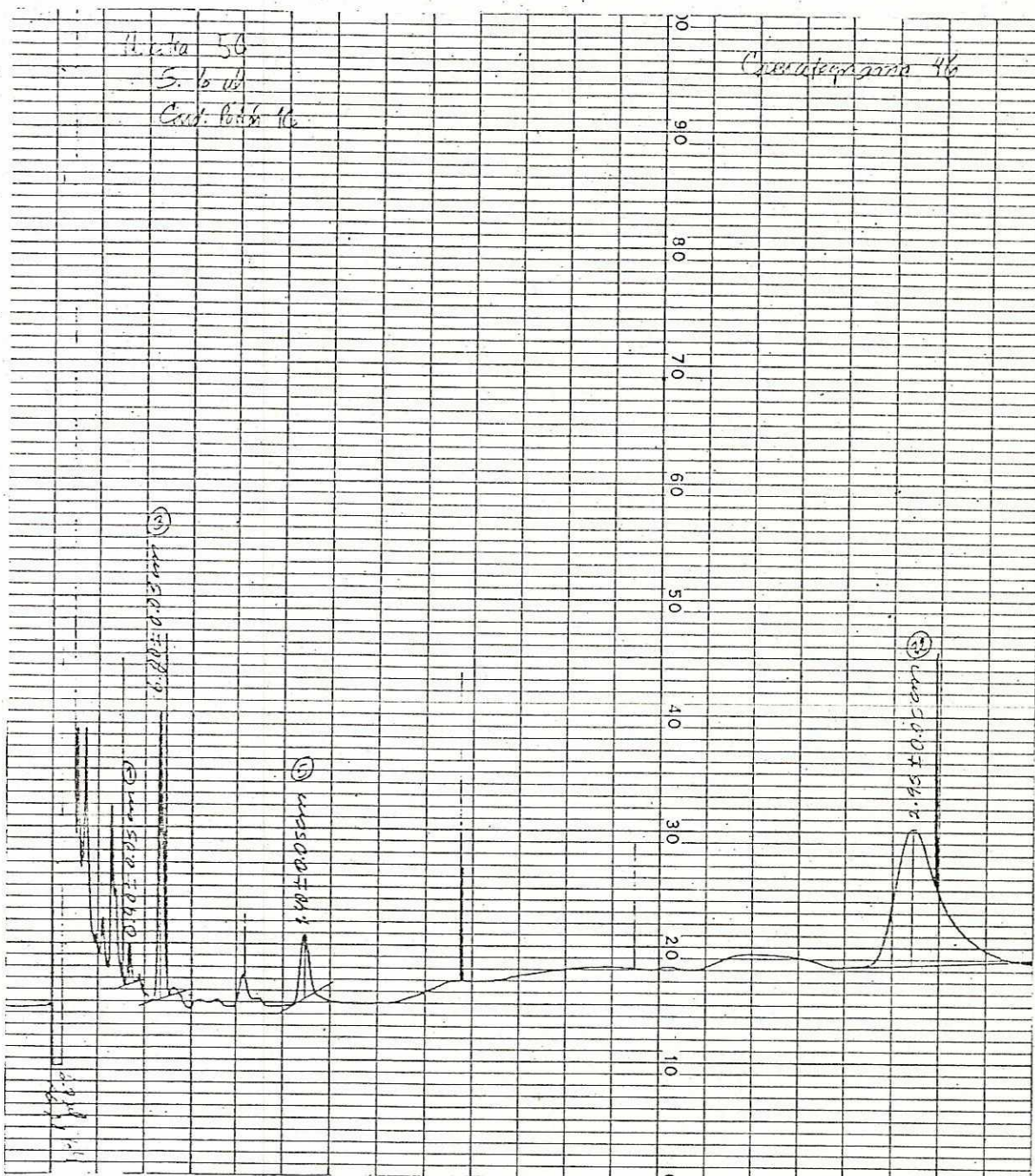


Cromatograma No. 44.
 Misma muestra y condiciones que en el cromatograma No. 43.
 (replica de la muestra).

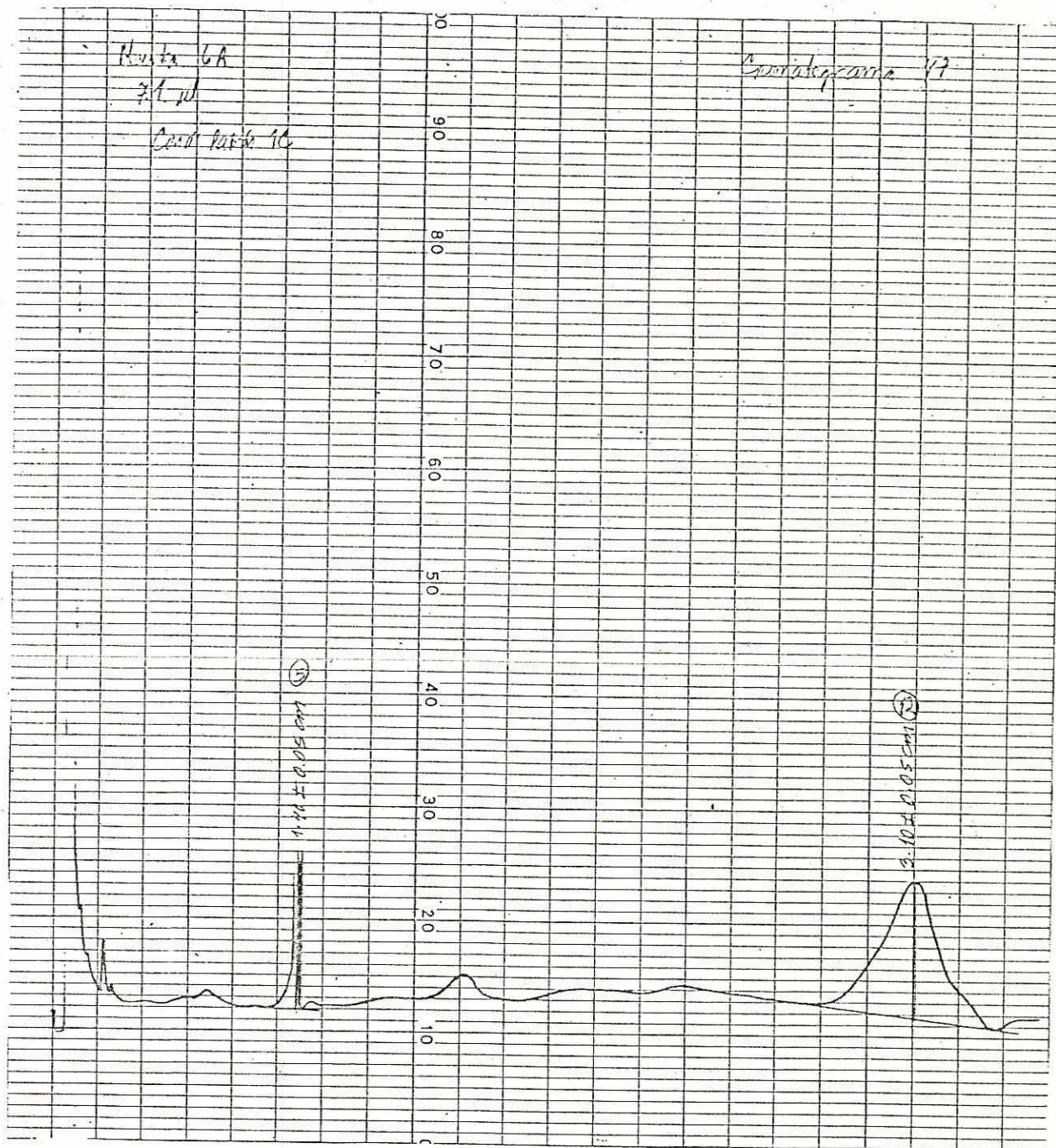


Cromatograma No. 45.

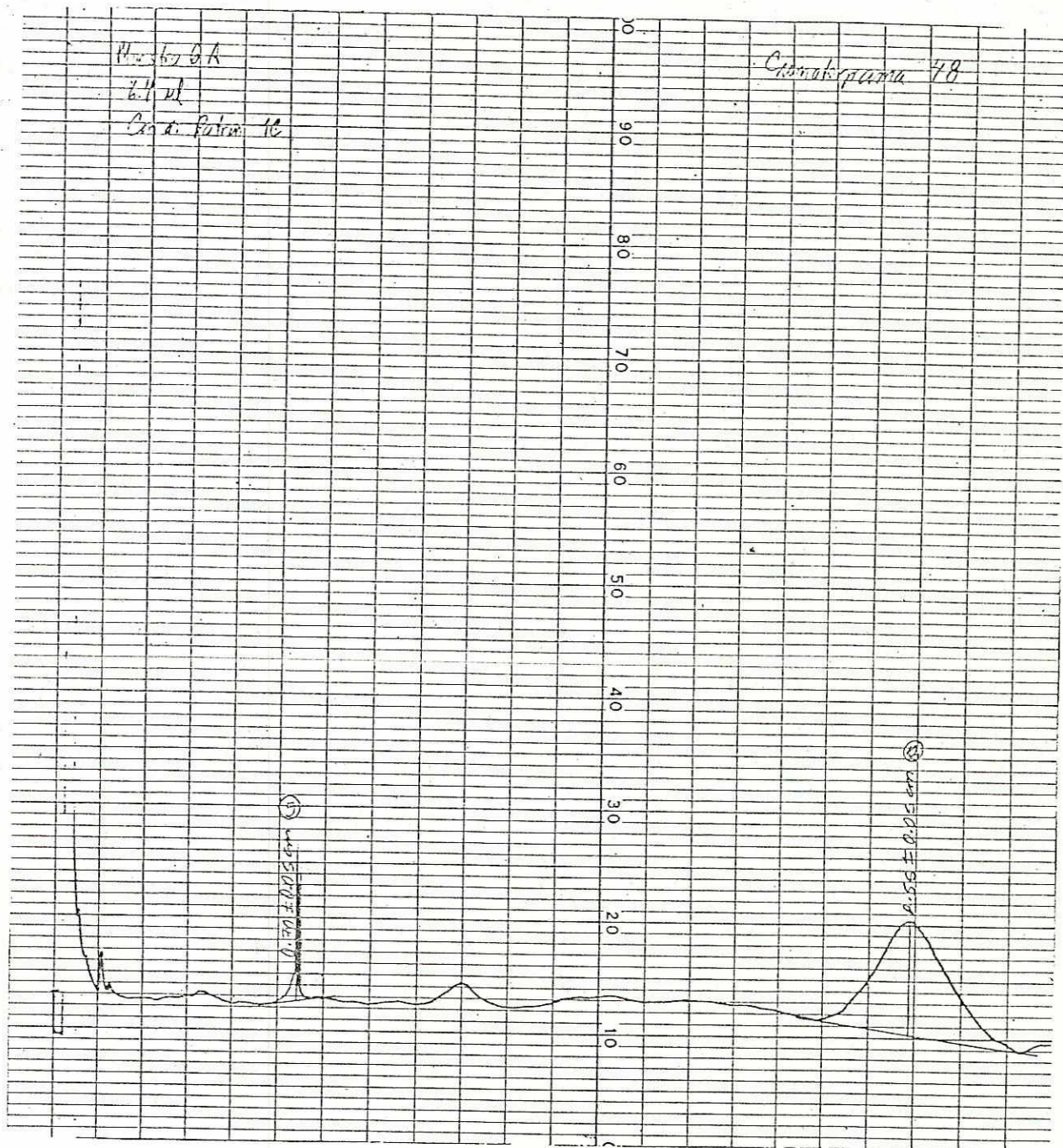
Muestra correspondiente al efluente río Michatoya en la tercera fecha de muestreo 30/9/90, en esta muestra se obtuvo la presencia de los pesticidas lindano, aldrín, p-p-DDE, y metoxicloro, numerados con los picos 1,3,5 y 12 respectivamente.



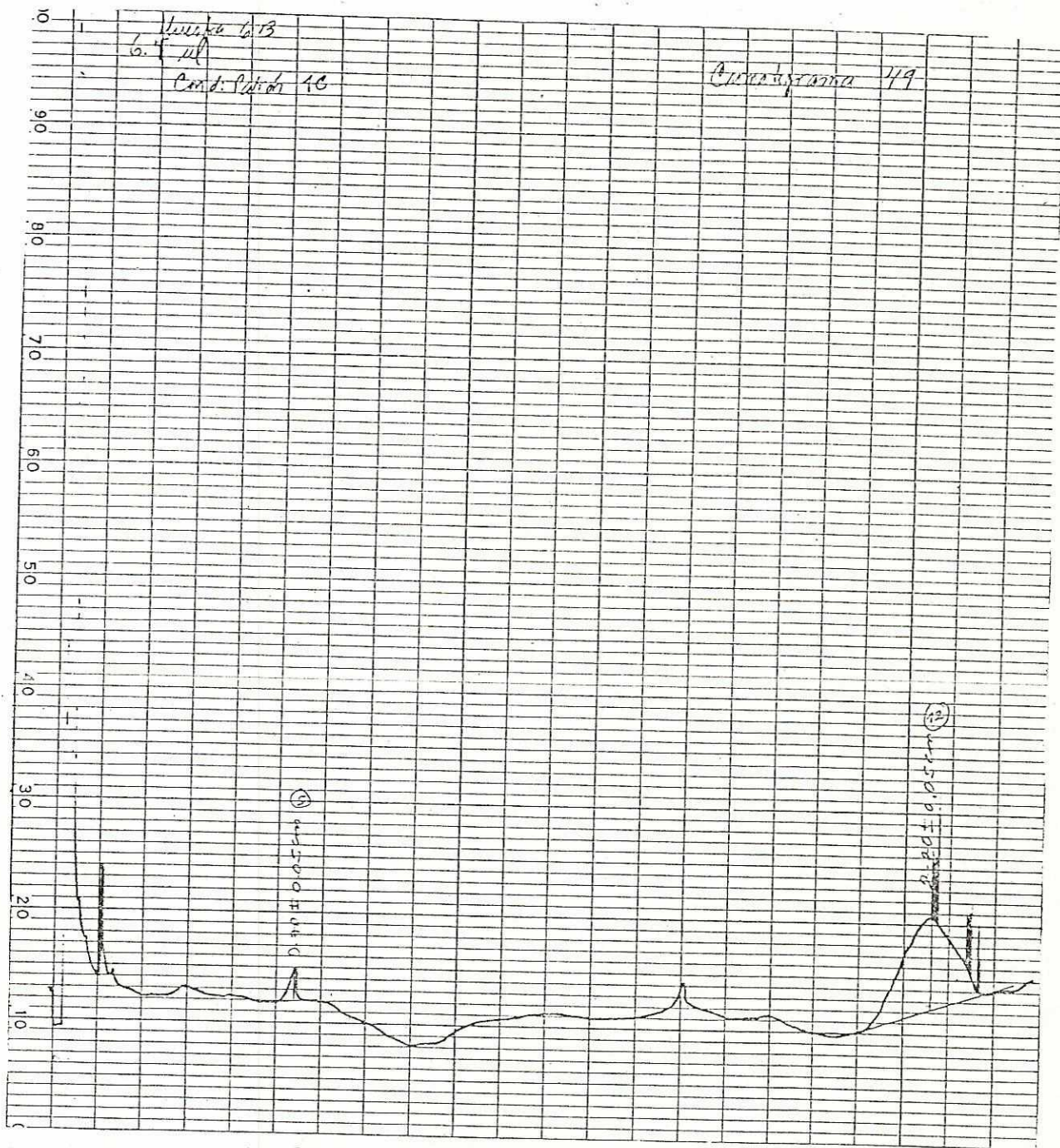
Cromatograma No. 46.
 Misma muestra y condiciones que en el cromatograma No. 45.
 (replica de la muestra).



Cromatograma No. 47.
 Muestra correspondiente a la zona del centro del lago, en esta zona bajo condiciones del patrón 1C, se obtuvo la presencia de los pesticidas p-p-DDE y metoxicloro, identificados con los picos 5 y 12, respectivamente.

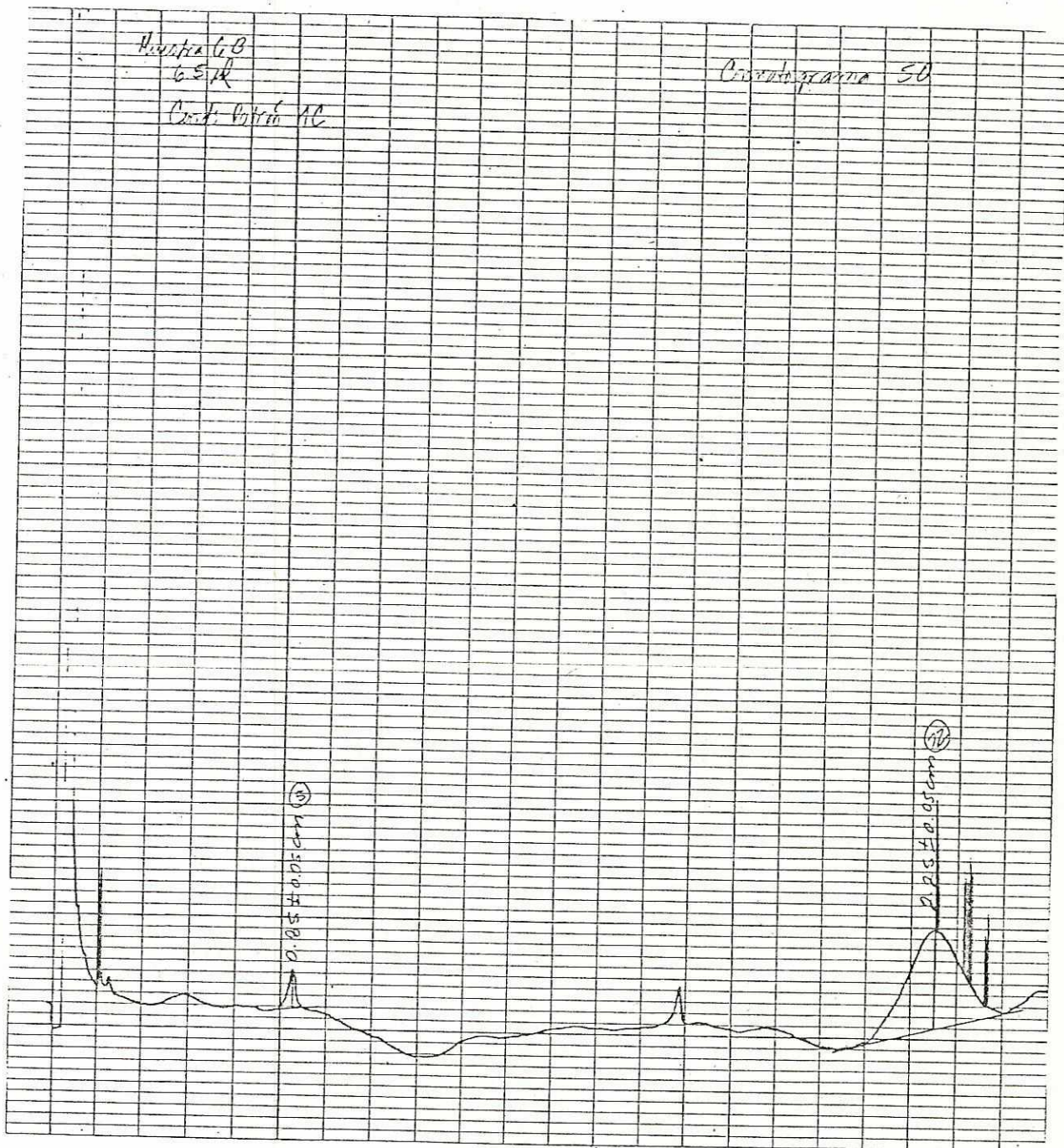


Cromatograma No. 48.
 Misma muestra y condiciones que en el cromatograma No. 47.
 (replica de la muestra).

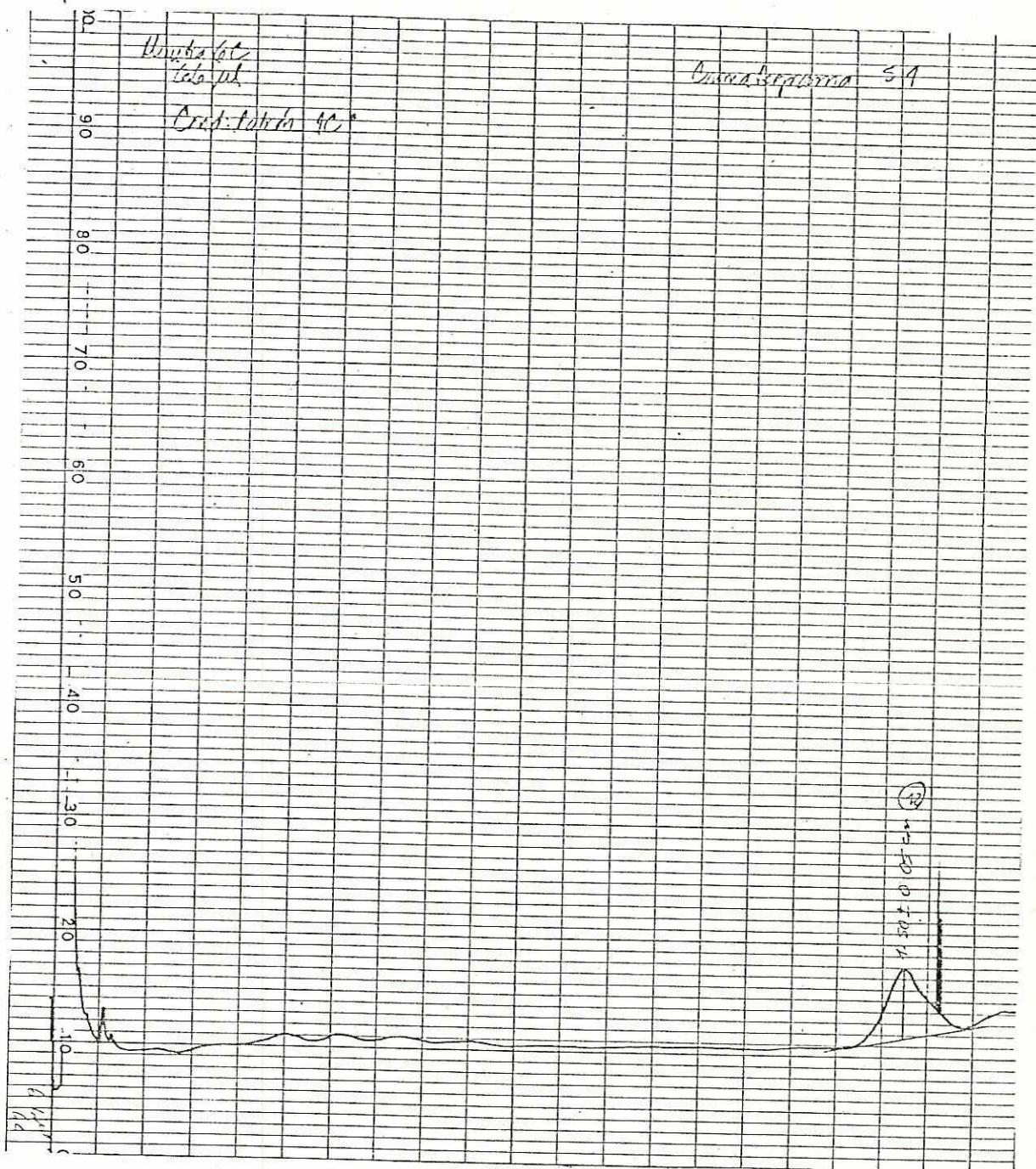


Cromatograma No. 49.

Muestra tomada de la zona del centro del lago, en la segunda fecha 20/9/90, bajo condiciones del patrón 1C, se obtuvo la presencia de los pesticidas, p-p-DDE y metoxicloro, con los picos 5 y 12 respectivamente.

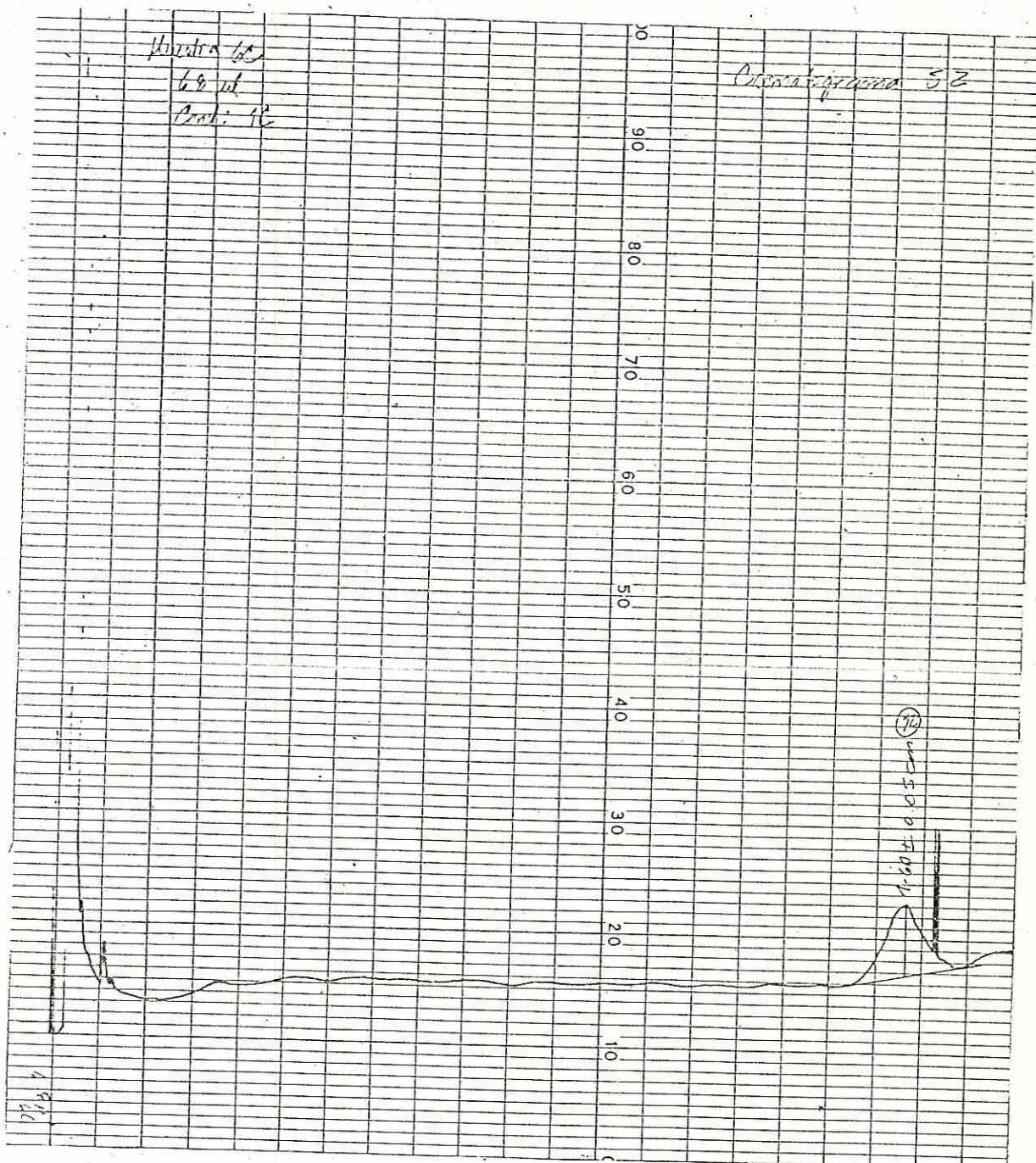


Cromatograma No. 50.
Misma muestra y condiciones que en el cromatograma No. 49.
(replica de la muestra).

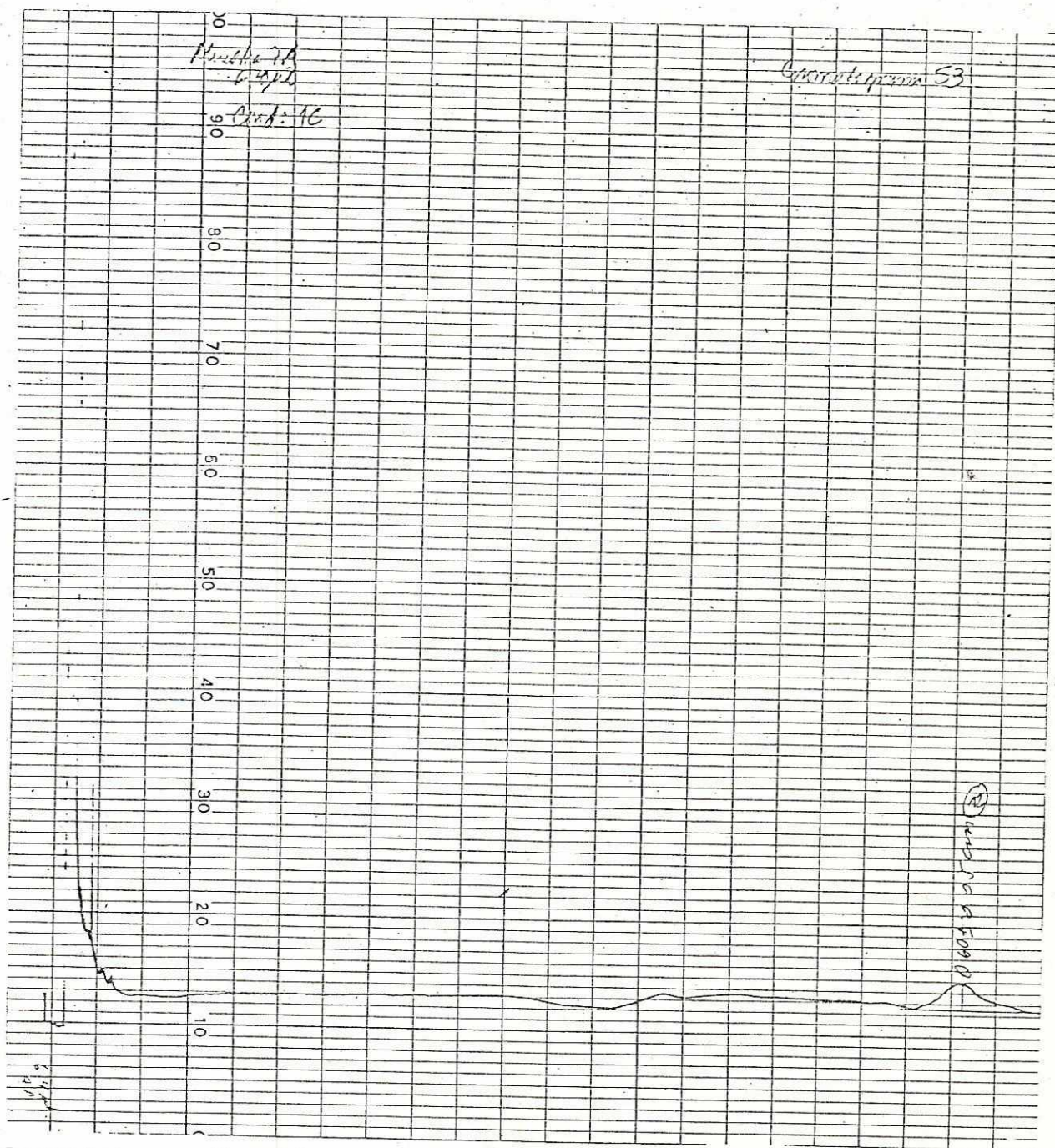


Cromatograma No. 51.

Muestra correspondiente a la zona del centro del lago en la tercera fecha de muestreo 30/9/90, se obtuvo unicamente la presencia del pesticida metoxicloro, identificado como el pico No. 12. Condiciones del patrón 1C.

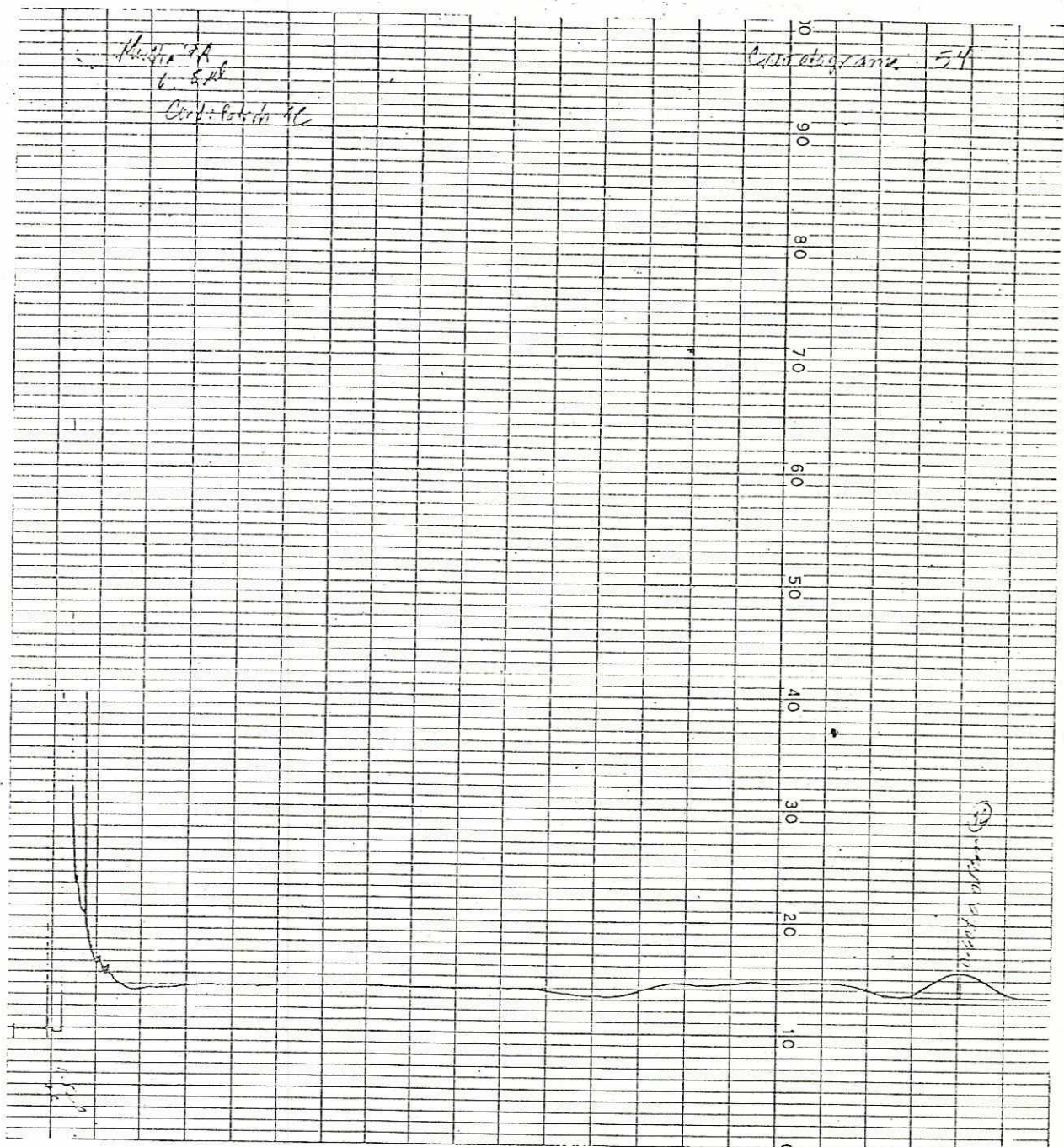


Cromatograma No. 52.
Misma muestra y condiciones que el cromatograma No. 51.
(replica de la muestra).

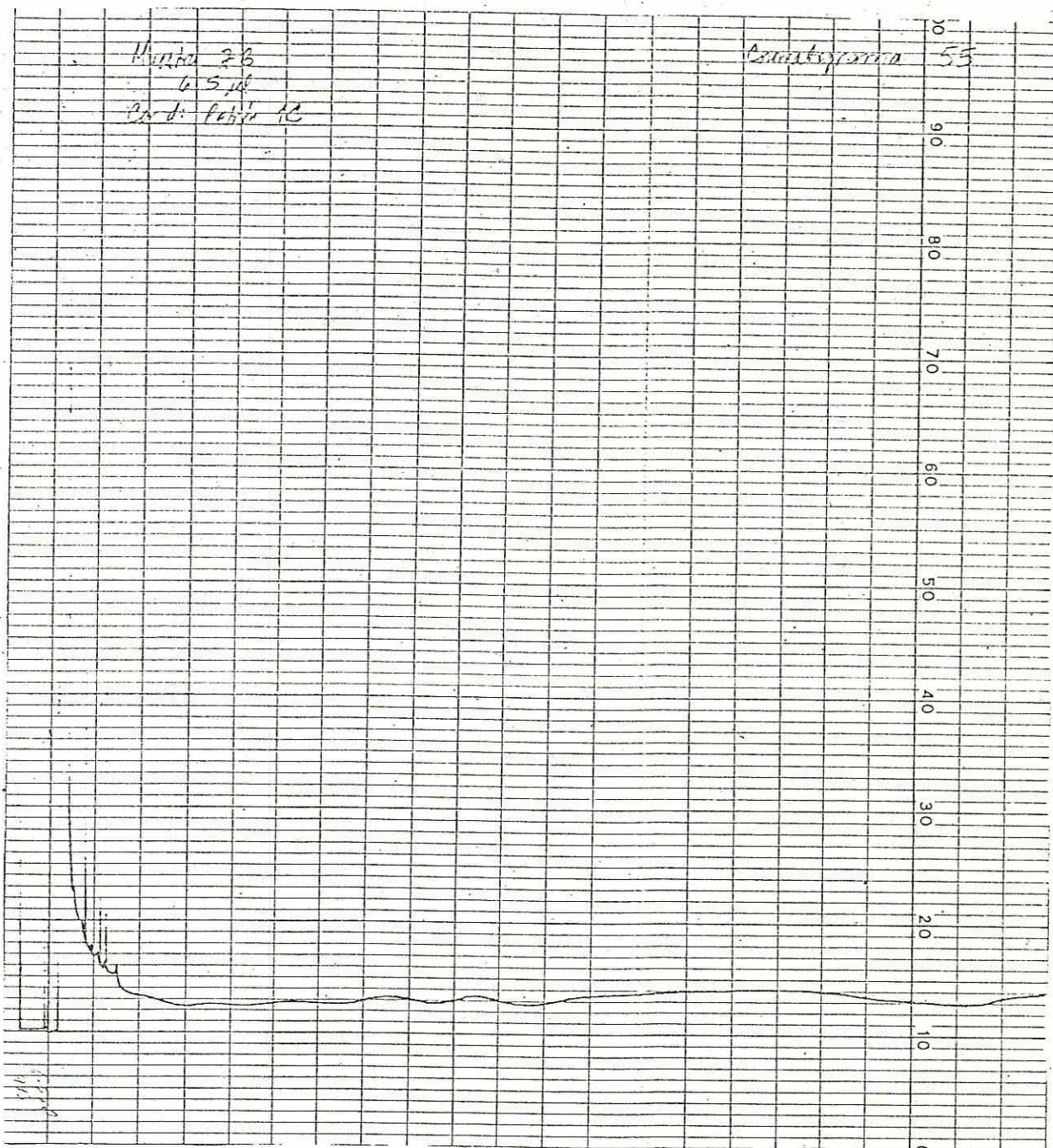


Cromatograma No. 53.

Muestra tomada de la segunda zona en el centro del lago, en la primera fecha de muestreo 10/9/90. Se obtuvo únicamente la presencia del pesticida metoxicloro, identificado como el pico No. 12. Condiciones del patrón 1C.

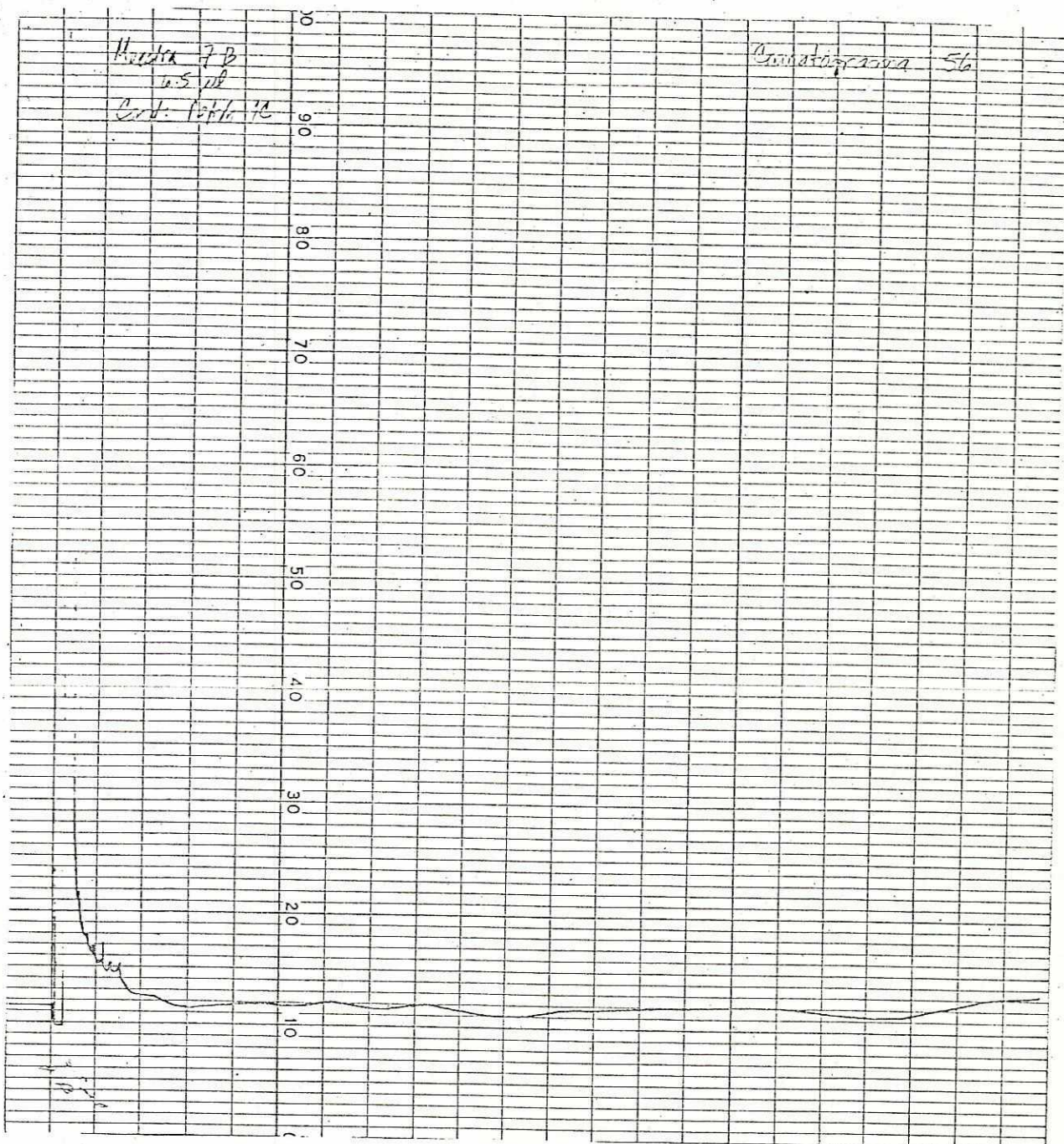


Cromatograma No. 54.
Misma muestra y condiciones que en el cromatograma No. 53.
(replica de la muestra).

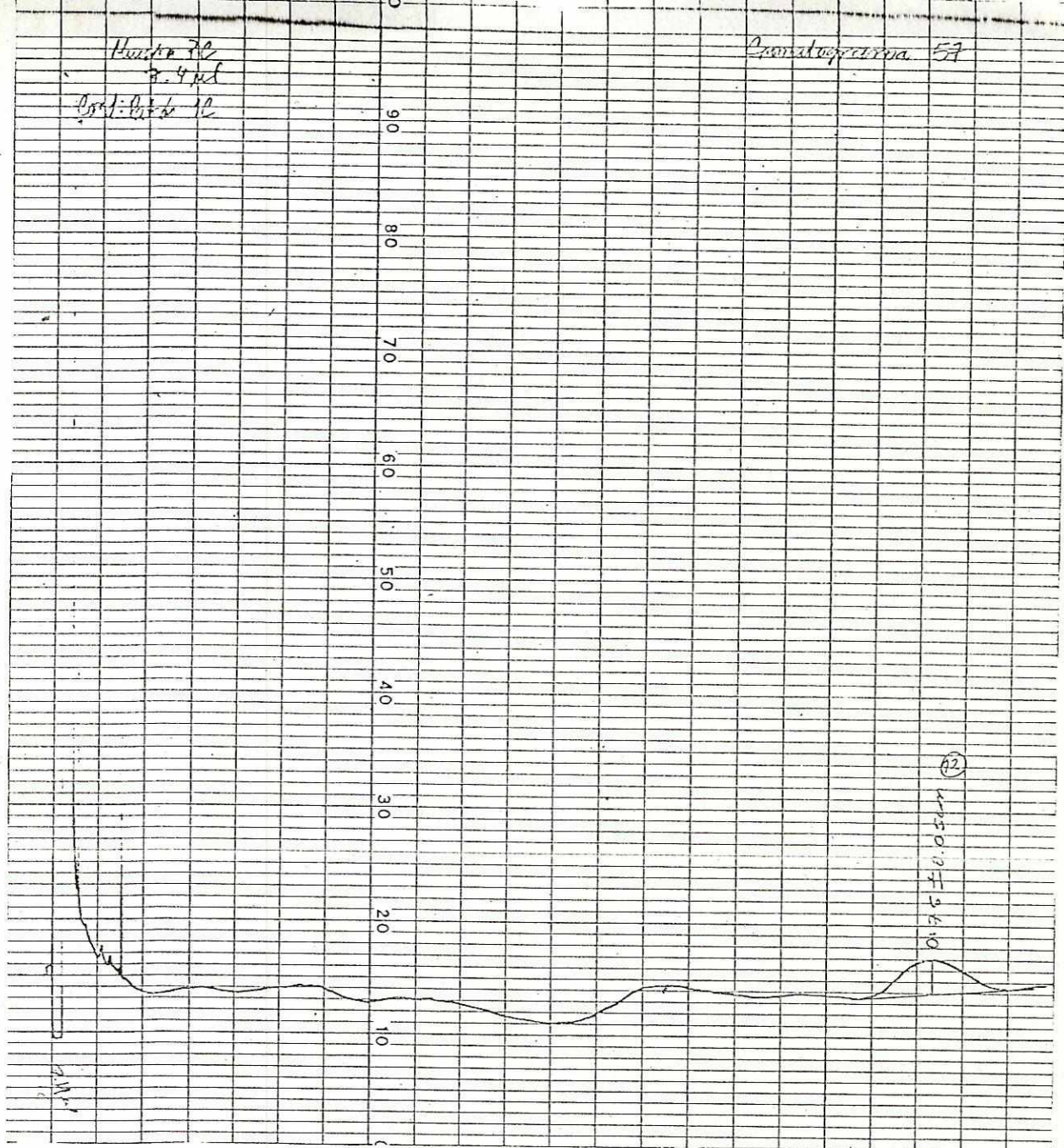


Cromatograma No. 55.

Muestra tomada de la segunda zona del centro del lago, en la segunda fecha de muestreo, bajo condiciones del patrón 1C, no se obtuvo presencia de pesticidas.



Cromatograma No. 56.
Misma muestra y condiciones que en el cromatograma No. 55.
(replica de la muestra).



Cromatograma No. 57.

Muestra tomada de la segunda zona del centro del lago, en la tercera fecha de muestreo 30/9/90. Bajo condiciones del patrón 1C, se obtuvo la presencia del pesticida Metoxicloro, identificado como el pico No. 12.

