

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE EDUCACION  
INSTITUTO DE INVESTIGACION PARA EL  
MEJORAMIENTO DE LA EDUCACION COSTARRICENSE  
(I.I.M.E.C.)

INFORME FINAL PROYECTO N° 724-82-030

ADQUISICION DE CONCEPTOS BASICOS DE FISICA, NECESARIOS  
PARA LA COMPRESION DE LA CLIMATOLOGIA EN  
ESTUDIANTES DE EDUCACION GENERAL  
BASICA DEL AREA METROPOLITANA

Investigador responsable:  
Licda. María Cristina Arrieta F.

Investigador participante:  
Dra. Giuliana Vicarioli G.

## JUSTIFICACION

En nuestro país, el Estado realiza un gran esfuerzo en materia de Educación, sin embargo, preocupa el escaso rendimiento cualitativo sobre todo en la enseñanza de la ciencia. En este sentido, la Universidad de Costa Rica como institución formadora de profesionales en educación ha tomado numerosas iniciativas para conocer las causas y mejorar la situación. Así, el Instituto de Investigación para el Mejoramiento de la Educación Costarricense (I.I.M.E.C.) (1984) y la Facultad de Educación (1979) han realizado numerosos estudios donde se demuestra que los resultados son deficientes.

El presente proyecto, efectuado dentro del programa de Epistemología Genética y Educación en el I.I.M.E.C. pretende hacer un diagnóstico de la situación en un caso particular: Los alumnos de 7- año comprenden realmente los contenidos de meteorología que se dan en el programa de ciencias? O se trata simplemente dado la complejidad intrínseca del tema de una memorización y repetición de términos "técnicos", lo que se confunde con aprendizaje? Esta situación puede mejorarse mediante la inclusión de ciertos contenidos de física antes de la introducción de los temas de meteorología.

En realidad este proyecto puede considerarse una prolongación y consecuencia del proyecto "Análisis de Capacidad Inductiva en estudiantes del Area Metropolitana, nivel operatorio concreto". Esta investigación en su primera fase puso en evidencia numerosas fallas en la concatenación de conceptos que presentan los programas escolares. Los resultados obtenidos llevaron a enfatizar la necesidad de adecuar el nivel de dificultad de los temas con el nivel de desarrollo mental que presentan los estudiantes. Esto que parece banal, no está suficientemente tomado en cuenta en los actuales programas.

La metodología utilizada en la primera parte de este proyecto, así como el tipo de muestra y forma de análisis es muy parecida a la del proyecto antes citado. Sin embargo, en el presente estudio no se realizó un análisis por niveles evolutivos, del tipo piagetiano, ya que el interés aquí no era tanto la búsqueda de la psicogénesis de los conceptos, sino, más bien, la génesis de los errores y las concatenaciones que pueden aparecer entre los conceptos.

### INTRODUCCION.

En los programas de Estudios Sociales, actualmente vigentes en nuestro país, se da mucha importancia al estudio de la climatología ("climatología de Costa Rica y el mundo"). Asimismo, en los programas de ciencias, abundan las referencias a temas de meteorología, aunque estos se concentran en una unidad del 7 año.

Se entiende aquí por climatología la ciencia estadística que estudia la frecuencia y variación de las situaciones meteorológicas. Por meteorología se entiende la dinámica y termodinámica de la atmósfera. Así, este proyecto comprende fundamentalmente temas de esta segunda disciplina.

En realidad la meteorología resulta ser un caso, particularmente complejo de la dinámica y termodinámica de los fluidos. Es evidente su relación con los temas de física cuando pretende dar las causas de los fenómenos atmosféricos. En el proyecto "Análisis de Capacidad Inductiva en estudiantes del área metropolitana" se hace hincapié en los problemas que se presentan cuando se estudian los temas propuestos en los programas, puesto que no se respetaba una ra

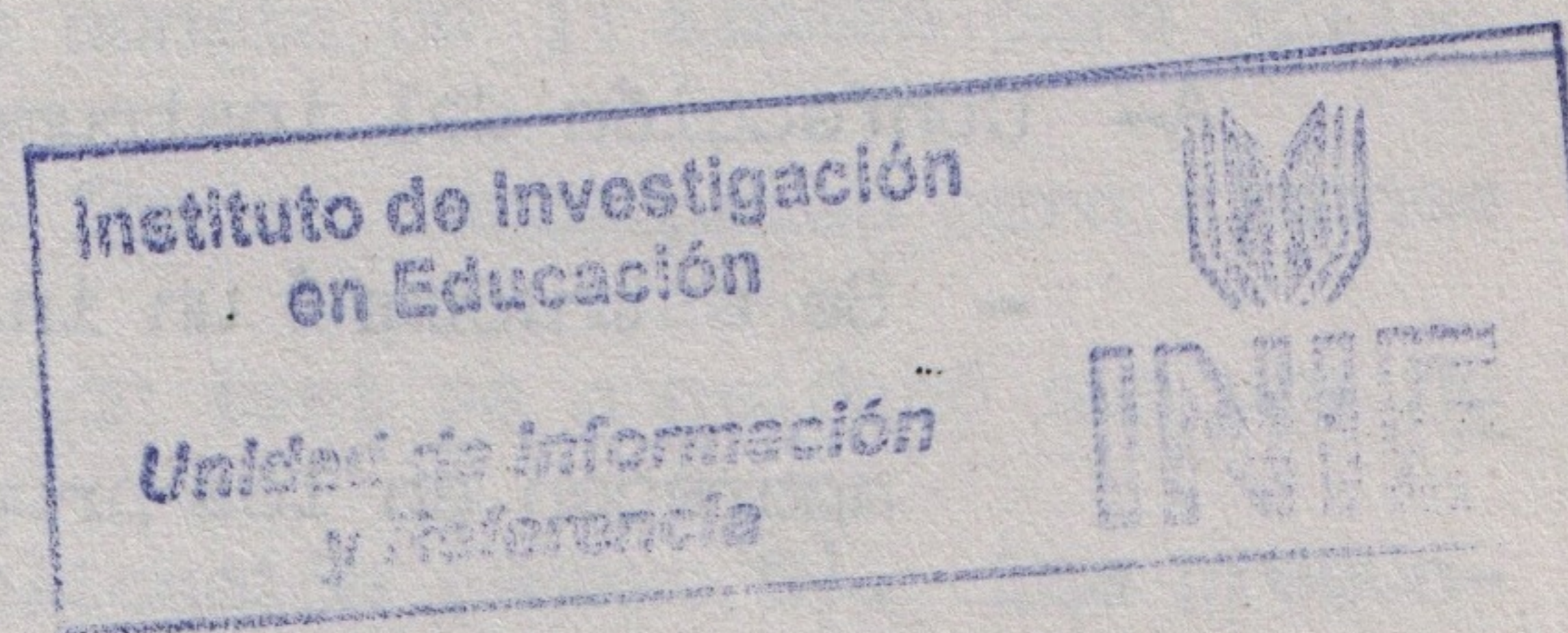
zonable "concatenación" entre ellos. Por ejemplo, en varios puntos de los programas de distintos años el tema de la presión atmosférica sin embargo el concepto de presión que es clave para la comprensión de la más elemental dinámica de fluidos, no aparece. Ahora bien, el concepto de presión es distinto del concepto de fuerza y no es un concepto fácil de aprender. En relación con el concepto de presión en la historia de la ciencia su introducción fue lenta y laboriosa y no se logró en forma adecuada sino hasta bien entrada el siglo VII. Por otra parte, los estudiantes lo confunden a menudo con la fuerza, el proceso de diferenciación de ambos conceptos (presión, fuerza) no se da en forma espontánea hasta que se introduce en 11 año.

El estudio de los temas de meteorología presentan dificultades, no obstante, resultan interesantes pues relacionan la vida cotidiana del estudiante (lluvias, viento, frío, etc.) con el aprendizaje escolar. Si se logrará hacer comprensible la meteorología para nuestros estudiantes se habría dado un paso adelante a la integración de la escuela y especialmente el aprendizaje de la ciencia con la vida diaria y los intereses vitales de los niños y los adolescentes. Es conveniente esta integración, pues, su ausencia es responsable de la apatía que existe en los estudiantes hacia la ciencia.

#### ETAPAS DEL PROYECTO.

Este proyecto presenta dos etapas:

1. Diagnóstico
2. Experiencia tendiente a probar la necesidad de establecer un adecuado encadenamiento de conceptos entre temas de física y meteorología. Es la física indispensable para comprender la meteorología?



## HIPOTESIS DE TRABAJO.

- A- Nuestros estudiantes presentan una deficiente comprensión de los temas de meteorología.
- B- De verificarse lo anterior, se obtiene la hipótesis fundamentada en la presentación aislada de los temas de meteorología, independientes de los de física.
- C- La construcción de los conceptos por parte de niños y adolescentes evidencia que algunos conceptos de física resultan indispensables para la comprensión de los temas de meteorología (conca-tenación de conceptos).

La etapa 1 se refiere a la hipótesis de trabajo A. La etapa 2 se realiza con el fin de verificar las hipótesis B y C.

### ETAPA 1. DIAGNOSTICO.

El diagnóstico que se realizó fue esencialmente cualitativo. La muestra que se tomó hubiera permitido algunas consideraciones estadísticas, pero éstas resultarían de escasa importancia pues lo esencial del análisis escapa a métodos cuantitativos.

Los pasos seguidos en el diagnóstico fueron los siguientes:

#### A- Confección del instrumento:

- Se estructuró un instrumento de 20 ítemes que incluía temas que aparecen en los programas de 3º a 11º año. Para elaborarlo se realizaron varias reuniones con los participantes en la investigación y especialistas en el campo de la meteorología, donde se hizo un análisis de los resultados que se había obtenido en el

proyecto "Análisis de capacidad inductiva en estudiantes del Area Metropolitana" y los contenidos de los programas. El tipo de preguntas que se planteó requería reflexión y capacidad de síntesis por parte de los estudiantes no obstante los temas tratados formaban parte del programa escolar se evitó, en lo posible, que las preguntas pudieran ser contestadas mediante respuestas "standar" o definiciones memorizadas en los libros de texto. Algunas de las preguntas requería soluciones gráficas.

- El primer test (Anexo A), se pasó a una muestra de 280 estudiantes de nivel socioeconómico medio igual al de la muestra definitiva y cuya determinación se describirá adelante.
- Con una muestra proveniente de una institución que no se tomó en cuenta en la investigación definitiva, (20 alumnos y 4 profesores) se analizó el nivel de dificultad de las preguntas. No se analizó el índice de discriminación porque se consideró que no era atinente, pues en este caso no se trataba de discriminar preguntas bien o mal contestadas, sino, conocer el nivel de dificultad de las preguntas.
- Con preguntas de nivel de dificultad entre difícil y muy difícil se estructuró un test definitivo. Este consta de 11 ítemes para aplicarse a estudiantes de 4 a 9 año y 5 ítemes adicionales para alumnos de 9 a 11 año. Con base en el anterior test se consideró que una hora lectiva era suficiente para su aplicación (Anexo B). Las preguntas eran todas abiertas y algunas pedían soluciones gráficas.

## B- Muestra.

- SE aplicó a una muestra de 120 alumnos por nivel de edad. Desde 4<sup>a</sup> a 11<sup>a</sup> año en escuelas y liceos públicos y semioficiales del área metropolitana. (Escuela Católica Activa, Escuela Joaquín García Monge, Colegio San Judas Tadeo, Liceo Monseñor Rubén Odio Herrera, Liceo José Joaquín Vargas Calvo).
- En la primera página del instrumento se incluyeron dos preguntas que permitieron determinar el nivel socio-profesional a que pertenecía el estudiante. Los datos que se pedía fueron: profesión de los padres, y lugar de residencia. El nivel escogido fue el medio y en consecuencia se eliminaron de la muestra los estudiantes que presentaban un nivel muy alto o muy bajo. También, se homogeneizó la muestra en cuanto a edades eliminando de ella aquellos cuya edad difería más de un año con la edad "oficial" correspondiente al nivel escolar determinado.

## C- Análisis de respuestas.

- El análisis cualitativo de las respuestas fue en extremo laborioso. Se clasificaron las respuestas, por pregunta según determinados tipos. Estos tipos en general no reflejan niveles de evolución piagetianos, sino más bien el tipo de error cometido y se intentó en ese sentido encontrar la génesis de los errores. Ciertos casos sí reflejaban una determinada evolución, en particular el paso de respuestas de tipo animista y vitalista a respuestas que reflejaban un nivel operatorio concreto. Se consideró también una "nota" global para cada estudiante. Es

ta no implicaba una respuesta "formalmente" correcta, sino una com  
presión aceptable en cuanto a considerar las circunstancias norma  
tivas del fenómeno.

#### D- Conclusión I etapa.

La hipótesis A quedó ampliamente probada en el análisis cualitati-  
vo. Por otra parte, solamente el 10%, en el mejor de los casos  
(Alumnos de 9 año) llegó a un 5/11 de "éxito" en la prueba este por-  
centaje es efectivamente muy poco. Los temas de meteorología son  
comprendidos por un porcentaje mínimo y el resto de los estudiantes  
repiten términos de "apariencia científica" sin que haya compren-  
sión.

Instituto de Investigación  
en Educación

Unidad de Información  
y Referencia



#### ETAPA 2.

Esta etapa intentó relacionar el conocimiento de algunos conceptos fisi  
cos, tales como presión, calor, temperatura, densidad, con la comprensión de  
temas de meteorología y además, determinar si era significativa o no la even  
tual mejora en la comprensión de la meteorología de un grupo que había recibi  
do algunos conceptos de física con otro que no los había recibido. Para esto  
se siguió el diseño experimental que se apunta a continuación:

#### A- Diseño de un test con preguntas cerradas.

Se diseño un test ( Anexo C) con preguntas cerradas, con base en el diag-  
nóstico. El cierre de las respuestas se hizo de acuerdo con los resulta-  
dos obtenidos en la primera etapa. En ellas se presentaban opciones co-  
rrectas formalmente, otras correctas, pero se empleaba el lenguaje que mu



chos estudiantes utilizaron en las preguntas abiertas y con un sentido que las sentía razonables. Otras reflejaban los errores que se dieron con mayor frecuencia: el uso del lenguaje "de apariencia científica", actitudes teleológicas y animistas.

En el apéndice D aparecen algunas de ellas, analizadas en forma detallada.

Ventajas del test cerrado: si el cierre de las preguntas refleja efectivamente el posible pensamiento del estudiante, un test a, donde la pregunta es cerrada ( Anexo D) presenta la ventaja de un objetivo y rápido análisis de resultados. Se pasó para su validación a una muestra de 20 estudiantes y 4 profesores, siendo el nivel de dificultad de las preguntas entre muy difícil y difícil. No se calculó el índice de discriminación.

#### B- Muestra.

Se tomaron dos grupos de estudiantes ( dos secciones, con 29 estudiantes cada una). Se hizo que estos fueran homogéneos de acuerdo con:

- 1.- Nivel socio-económico medio. Esto se hizo con base tomando en cuenta profesión del padre y de la madre y lugar de residencia.
- 2.- Nivel de éxito escolar. Esto se realizó con base en criterio expresado por el profesor y las notas que los alumnos habían obtenido en el semestre anterior en ciencias. Las calificaciones de ambos grupos presentaban una distribución muy parecida.
- 3.- El grupo experimental recibió 6 lecciones de física impartidas por la Dra. Giuliana Vicariolo. Se trató los temas de presión, densidad, prin

cipio de Arquímedes, calor y temperatura y conservación de la energía.

Las lecciones fueron de tipo esencialmente expositivo e ilustrado con numerosas experiencias. En algunas de ellas se utilizaban materiales de uso corriente ( jeringas, vasos de agua, plasticina ) y en general resultaron muy motivadoras para los estudiantes. En otras experiencias se empleaban materiales menos comunes (nitrógeno líquido para el estudio de "bajas" temperaturas, diferentes tipos de termómetros). El tiempo no permitió que los estudiantes hicieran las experiencias.

Durante las lecciones no se hizo ningún tipo de evaluación, ni oral ni colectiva y en ningún momento se relacionó explícitamente estas "lecciones extras" con el estudio de los temas de meteorología ni con el pasado y futuro test.

- 4- Las lecciones fueron precedidas por la aplicación del test a pregunta cerrada. El grupo control en este período "adelantó materia" referente a una unidad de biología.
- 5- Después de la experiencia con el grupo experimental y el "adelanto de materia" el grupo control, ambos grupos continuaron con el respectivo profesor de ciencias, las lecciones referentes a la unidad de meteorología. Esta fue desarrollada durante 5 semanas. El profesor utilizó como material de apoyo, un folleto escrito por él en relación con este tema.
- 6- Terminadas las clases sobre los temas de meteorología a ambos grupos se aplicó el mismo test con pregunta cerrada que fue utilizado como test de entrada.

7- Se comparó resultados entre el test de entrada y test de salida para el grupo experimental y los resultados en el test de salida para ambas secciones con el fin de analizar si eran o no significativas las variaciones encontradas. Esto se hizo pregunta a pregunta y por grupo de ellas. El análisis detallado de esto puede presentar algún interés por lo cual se da para algunas preguntas a modo de ejemplo en el apéndice D.

En el apéndice D aparecen, a modo de ejemplo, los análisis de las primeras siete preguntas. Los gráficos presentan para cada grupo, la frecuencia de determinado tipo de respuesta la cual se indica.

Se utilizaron dos muestras independientes (grupos experimental y control) y se diferenciaban en que el grupo experimental recibió lecciones sobre nociones de física.

En ambos grupos se compararon:

- a) las frecuencias de respuestas aceptables en las preguntas que lo permitían.
- b) las respuestas que en ambos grupos reflejan actitudes egocéntricas y teleológicas.

Para observar si la diferencia de comportamiento entre ambos grupos resultaba o no significativa se aplicó la prueba de  $\chi^2$ , para mediciones en escala nominal y muestras pequeñas, independientes, con correcciones por continuidad.

Los resultados se presentan a continuación:

	Nivel de comprensión formal	Nivel de actitud egocéntrica, teleológica.
Grupo control	63	36
Grupo experimental	113	114

control	63	36	99
experimental	113	14	127
	176	50	226

A	B	A+B
C	D	C+D
A+C	B+D	N

$$\begin{aligned}
 \chi^2 &= \frac{N (AD + BD) - N/2)^2}{(A+C)(B+D)(A+B)(C+D)} \\
 &= \frac{226 (1(63)(14) - (113 \cdot 36) - 226/2)^2}{(176)(50)(99)(127)} \\
 &= 19,28
 \end{aligned}$$

Dado que en este caso hay un grado de libertad, el valor de las tablas para  $\chi^2$ , para un grado de significancia del 5% es de 3,84 y como a partir de este valor para  $\chi^2$  se encuentran diferencias significativas en nuestro caso ( $\chi^2 = 19,28$ ), resultan estadísticamente diferentes los dos grupos.

## Conclusión etapa II.

Las hipótesis B y C de trabajo se confirman pues, efectivamente el grupo experimental presentó una mejora considerable en el nivel de comprensión aceptable.

Sin embargo, tal vez más significativa e inesperada resultó la variación en la frecuencia de las respuestas que reflejaban actitudes egocéntricas y teleológicas. A modo de conclusión parece razonable hacer hipótesis que esto se deba no tanto a la parte de los contenidos de física dados en forma expositiva sino la hecho de que los estudiantes tuvieron la ocasión (aunque limitada e incompleta) de aprender física, a través de experiencias. Este contacto pudo generar en los alumnos la tendencia a buscar respuestas de tipo causal. Valdría la pena poner a prueba esta nueva hipótesis.

## BIBLIOGRAFIA.

1. Castro, G y Mora J.M. Evaluación Parcial del Programa para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias (UNESCO-UNICEF-MEP) y análisis de la situación actual de la enseñanza de las Ciencias en la Enseñanza General Básica. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, Facultad de Educación, San José, 1979.
2. Esquivel J. M. Diagnóstico evaluativo de la Enseñanza de las Ciencias. Instituto de Investigación para el Mejoramiento de la Educación Costarricense. San José, 1984.
3. Fuller, R., R. Karplus A. E. Lawson. Can Physics develop reasoning . Physics Today Vol 30 ( N°2) 20. 1977.
4. Méndez, Z y otros. Análisis de la Capacidad Inductiva en estudiantes del área metropolitana, nivel operatorio concreto. CONICIT, San José, Costa Rica, 1984.
5. Ministerio de Educación Pública. Programas de Ciencias de II y III ciclo de la Enseñanza General Básica. Dirección General de Educación Académica, Departamento de Asesoría y Supervisión. San José, Costa Rica, 1980.
6. Programas de Ciencias en IV ciclo, Educación Diversificada. Dirección General de Educación Académica, Departamento de Asesoría y Supervisión. San José, Costa Rica, 1980.
7. Programas de Estudios Sociales de II y III ciclo de la Enseñanza General Básica. Dirección General de Educación Académica. San José, Costa Rica. 1980.
8. Programa de Estudios Sociales de IV ciclo, Educación Diversificada. Departamento de Asesoría y Supervisión. San José, Costa Rica. 1980.
9. Piaget, J., García R. Les explications causales. Etudes d'epistemologie genetique. Volumen XXVI P.U.F. 1972.
10. Raven, R. "The development of test of Piaget's logical operation". Rev. Science Education, N° 57 pp. 277-383. 1973

11. Siegel, S. Estadística no paramétrica, aplicada a las ciencias de la conducta. México, Ed. Trillas. 1975.
12. Walker, R. Hendrix y T. Martens. Written piagetian task instruments. Its development an use. Rev. Science Education 63 pp.211-220. 1979.

APÉNDICE D.

El análisis cualitativo de las respuestas abiertas en el test de diagnóstico permitió hacer preguntas de tipo cerrado, pero que reflejaran en el cierre ya preguntas correctas, ya algunas razonables y otras reflejaran los errores más comunes que se encontraron y que se procuró en estos casos respetar ciertas formas de lenguaje usadas por los estudiantes.

Se presenta a continuación, a modo de ejemplo, el análisis de éstas y un comentario acerca del por qué se propusieron, de esta forma.

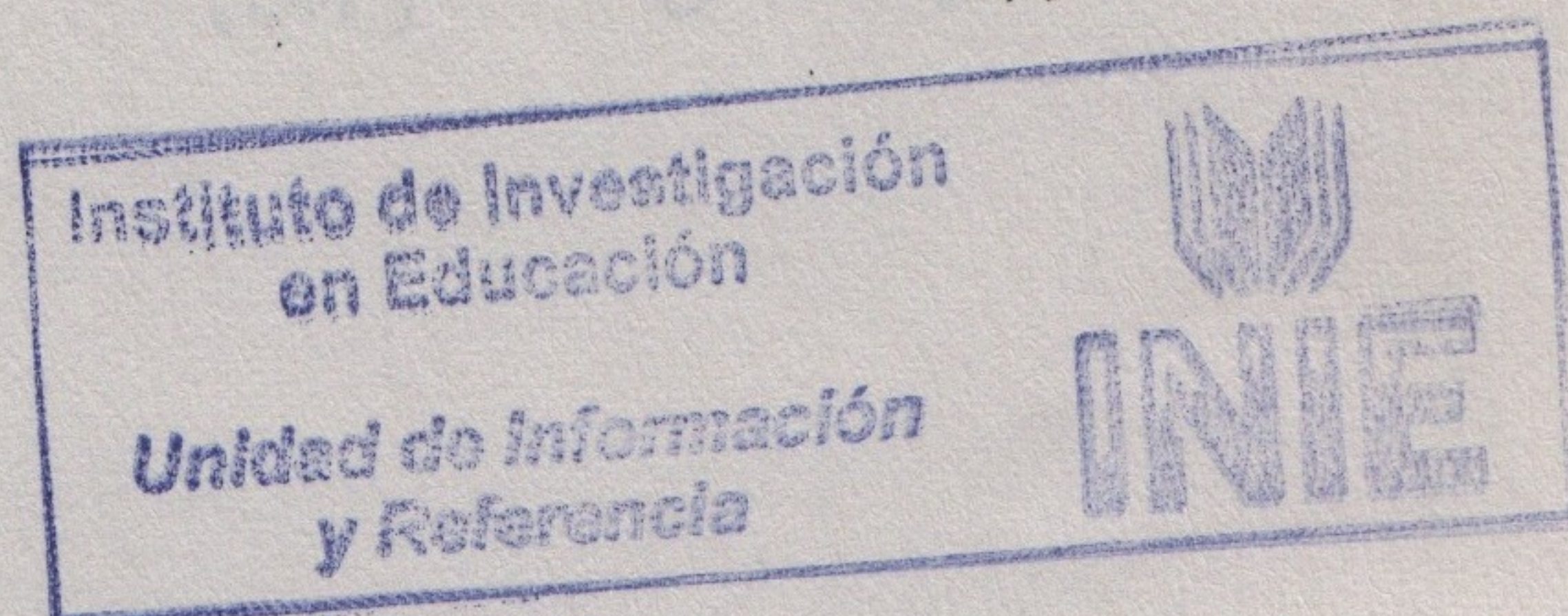
1- La atmósfera ejerce presión

- ( ) porque los gases que la forman tienen peso.
- ( ) porque existe gravedad entre planetas
- ( ) porque la gravedad actúa sobre el aire.
- ( ) por el movimiento de la tierra.
- ( ) porque sino los seres no podían vivir

Las 1 y 3 son las opciones correctas y reflejan dos formas características en que los estudiantes las habían escrito. Resulta interesante, sin embargo, notar (gráfico) que no necesariamente se dan cuenta en que se trata de dos formas diferentes de decir lo mismo.

Las 2 y 4 son opciones de "Apariencia Científica" y que se encontraron con mucha frecuencia en el test de diagnóstico. Son del tipo de respuestas en las que se emplea incorrectamente un vocabulario técnico, y uso con la escolarización del estudiante. En realidad, ni el movimiento de la tierra, ni la fuerza de gravedad entre planetas tiene nada que ver con el problema pero son palabras "con apariencia científica".

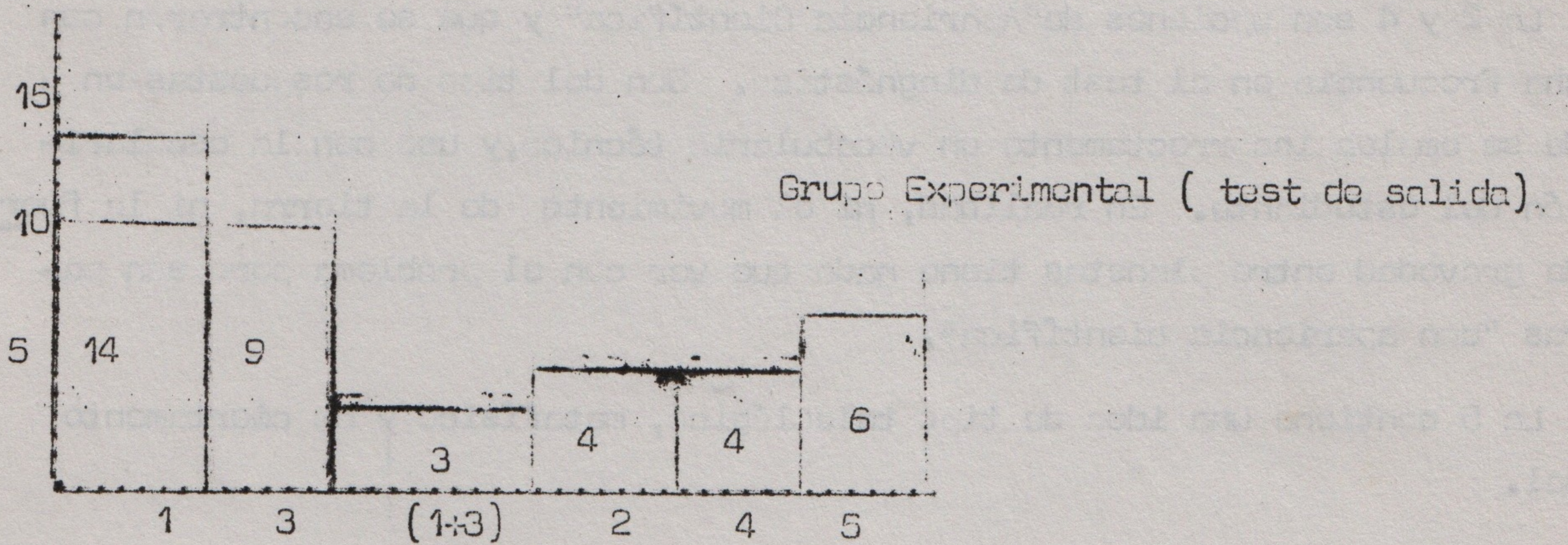
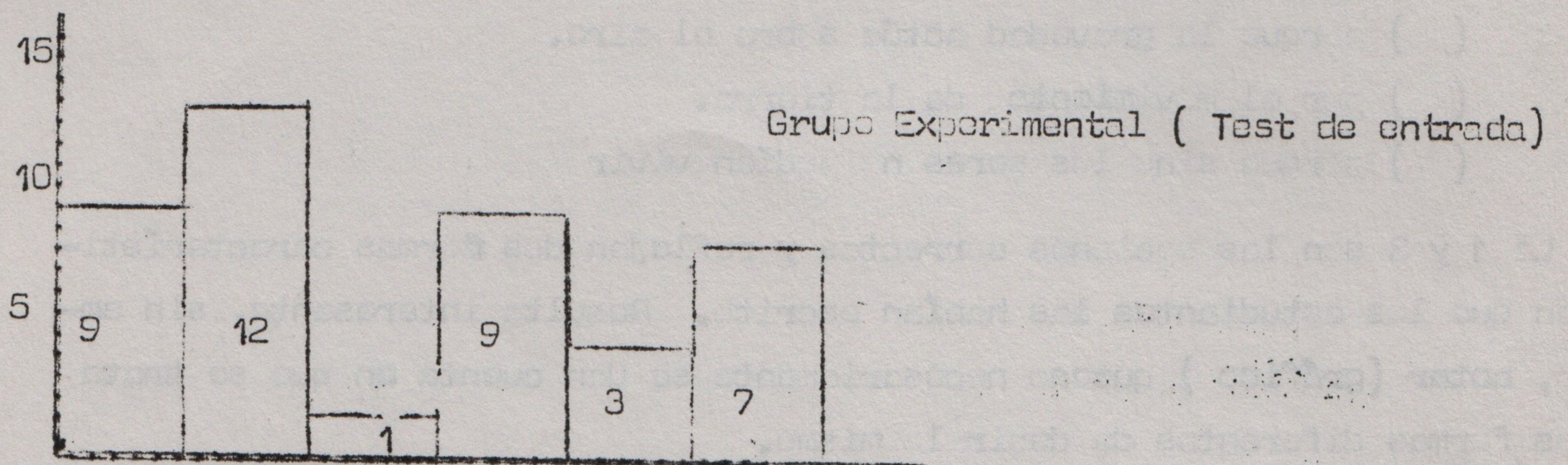
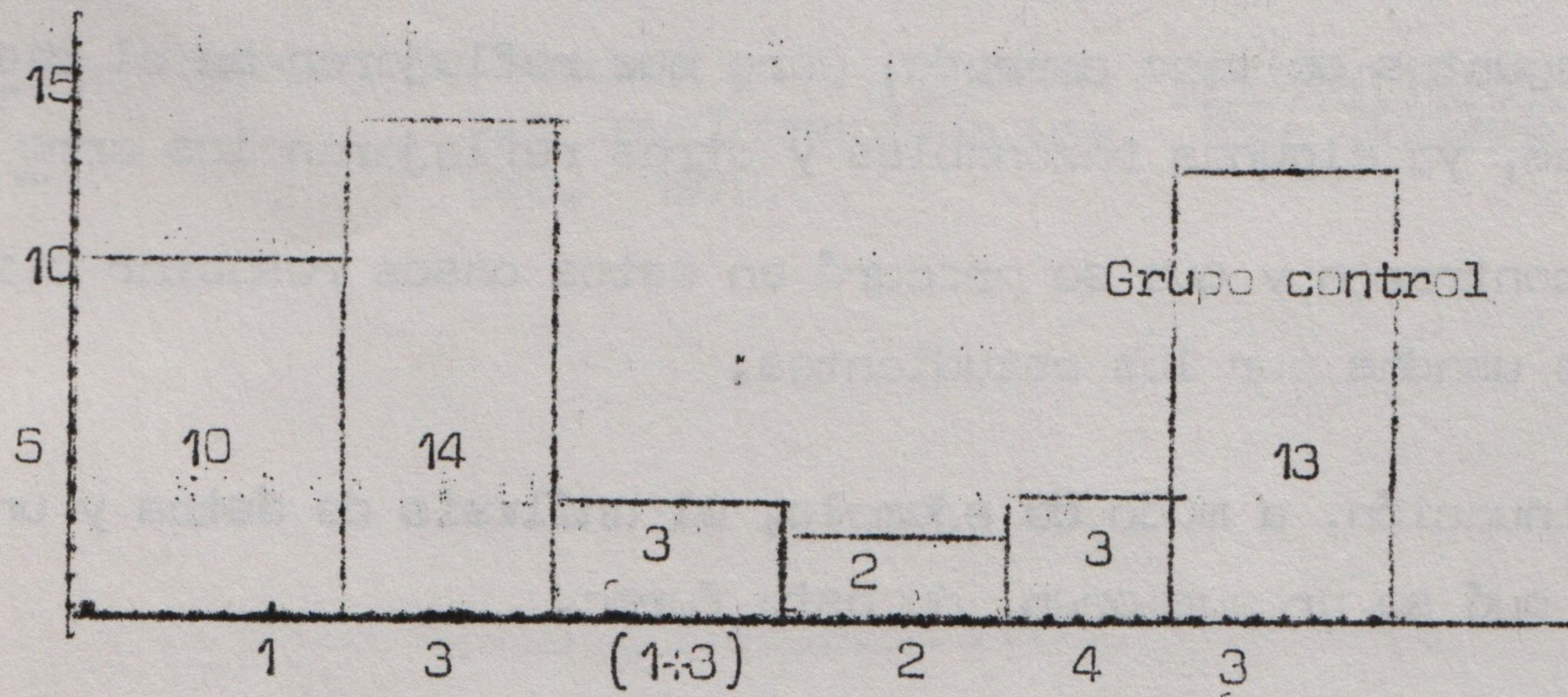
La 5 contiene una idea de tipo teleológico, metafísico y no ciertamente real.





Pregunta 1.

(Los histogramas que siguen dan la frecuencia de las respuestas en los diferentes grupos, de los diferentes tipos de respuestas.



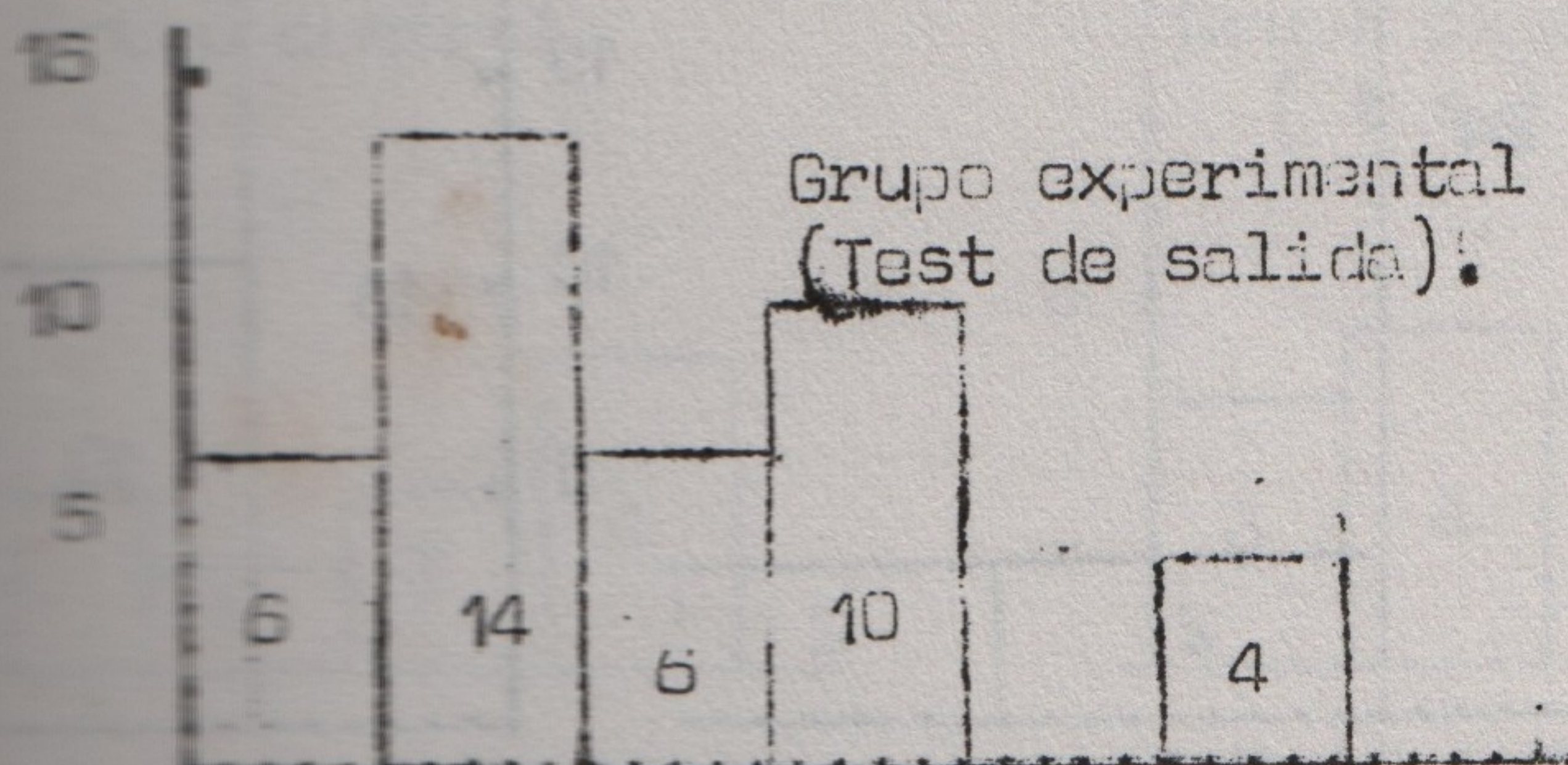
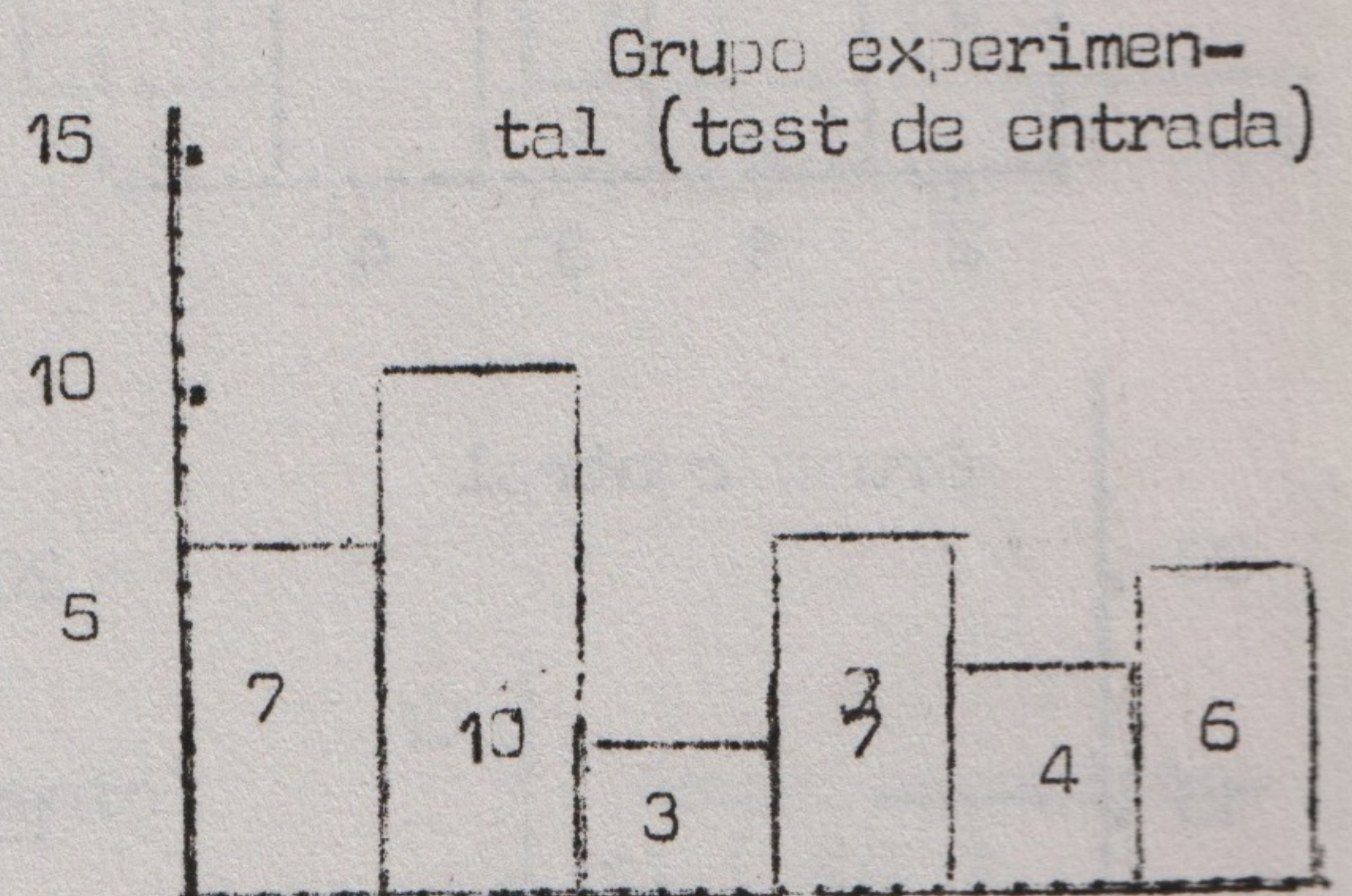
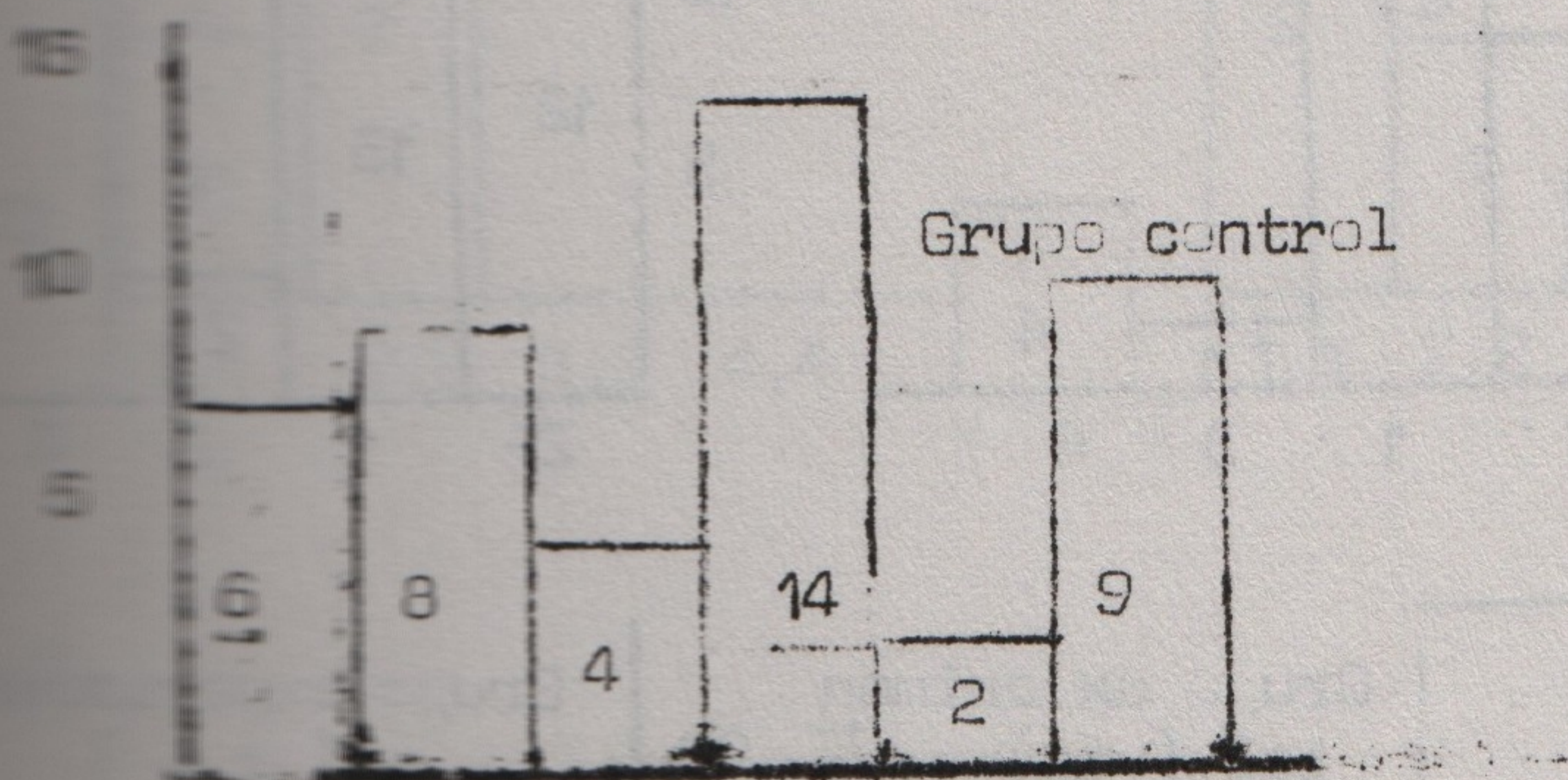
2- La presión atmosférica es:

- ( ) la presión que ejerce el espacio sobre la atmósfera
- ( ) una fuerza que corresponde al peso del aire
- ( ) el peso del aire que esta sobre nosotros.
- ( ) presión atmosférica fuerza ( peso del aire) entre la superficie
- ( ) es algo del clima, del viento y de los rayos
- ( ) es algo necesario para que los animales y las plantas puedan vivir.

En este caso aunque la opción 4 es la única formalmente correcta, la 2 y 3 son formas que se repitieron mucho en el test abierto de diagnóstico y que, en realidad dan cuenta de algunas de las circunstancias normativas del fenómeno, en este caso la presión dependen de la existencia de aire.

En cuanto a la opción 1, llama la atención en el diagnóstico el alto porcentaje que había respondido señalando la palabra, peso o presión del "espacio". Resultaría interesante profundizar con método de interrogación clínico el significado que la palabra espacio tiene para nuestros adolescentes.

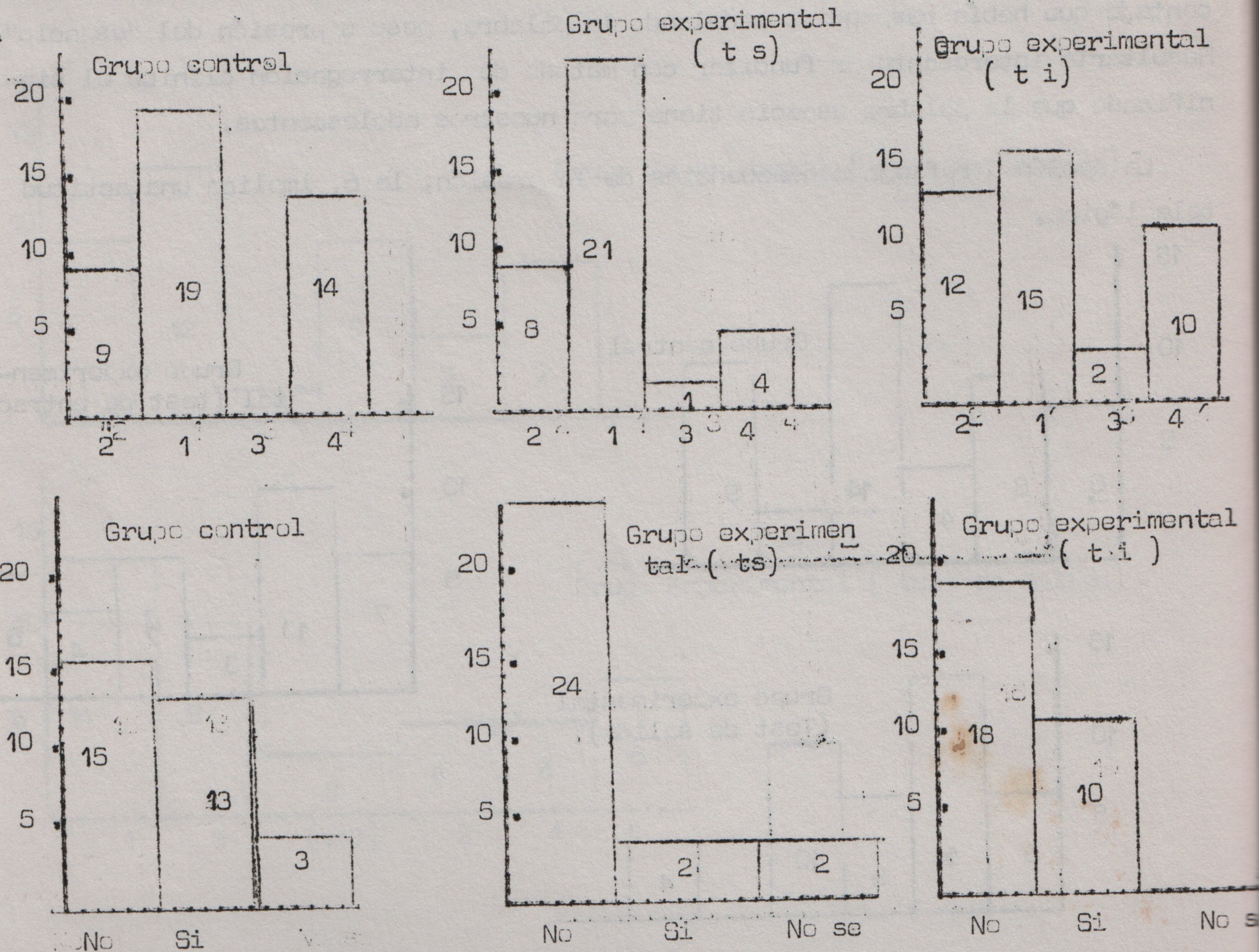
La opción 5 refleja consecuencias de la presión, la 6, implica una actitud talalgica.



Pregunta 4

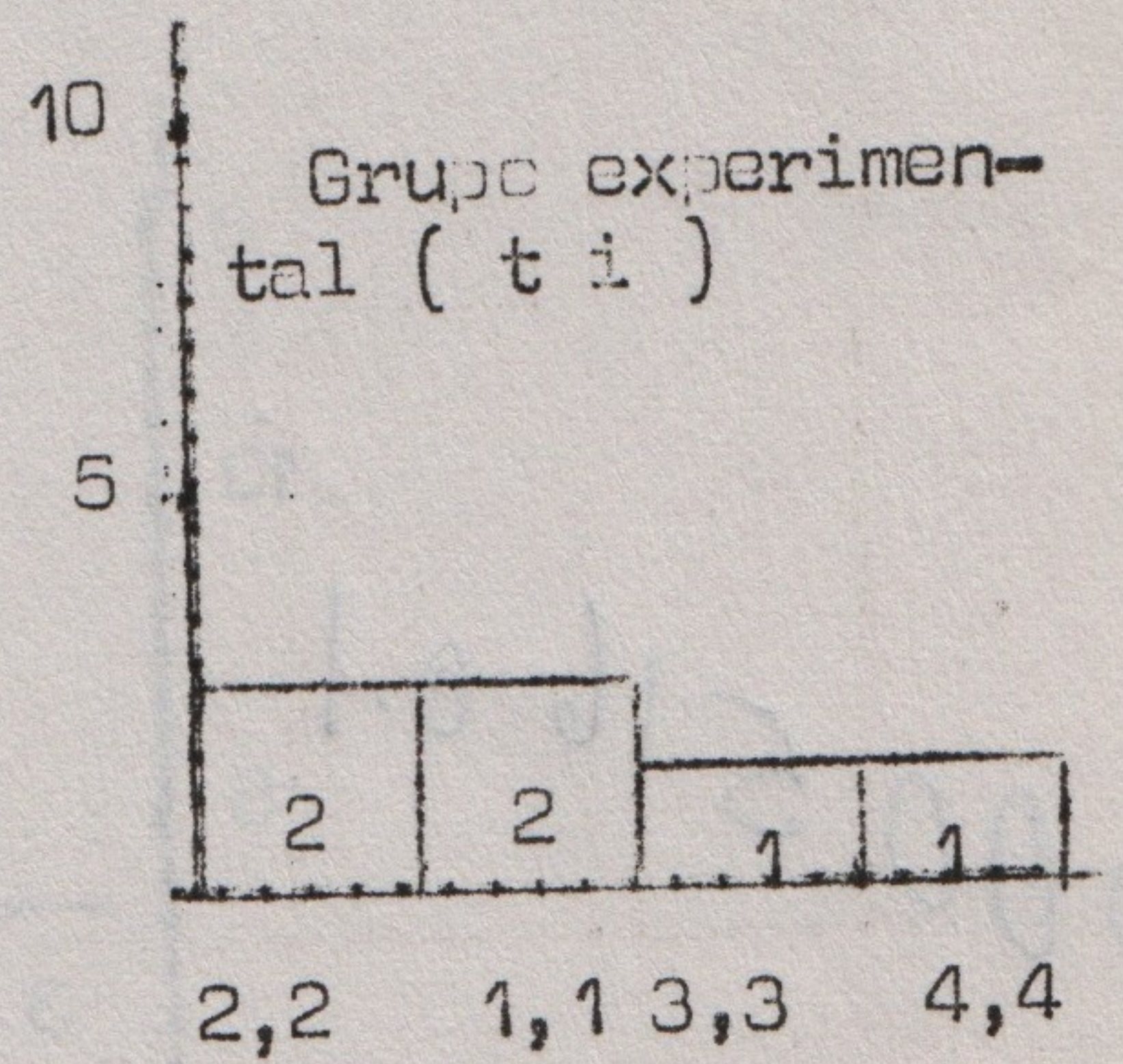
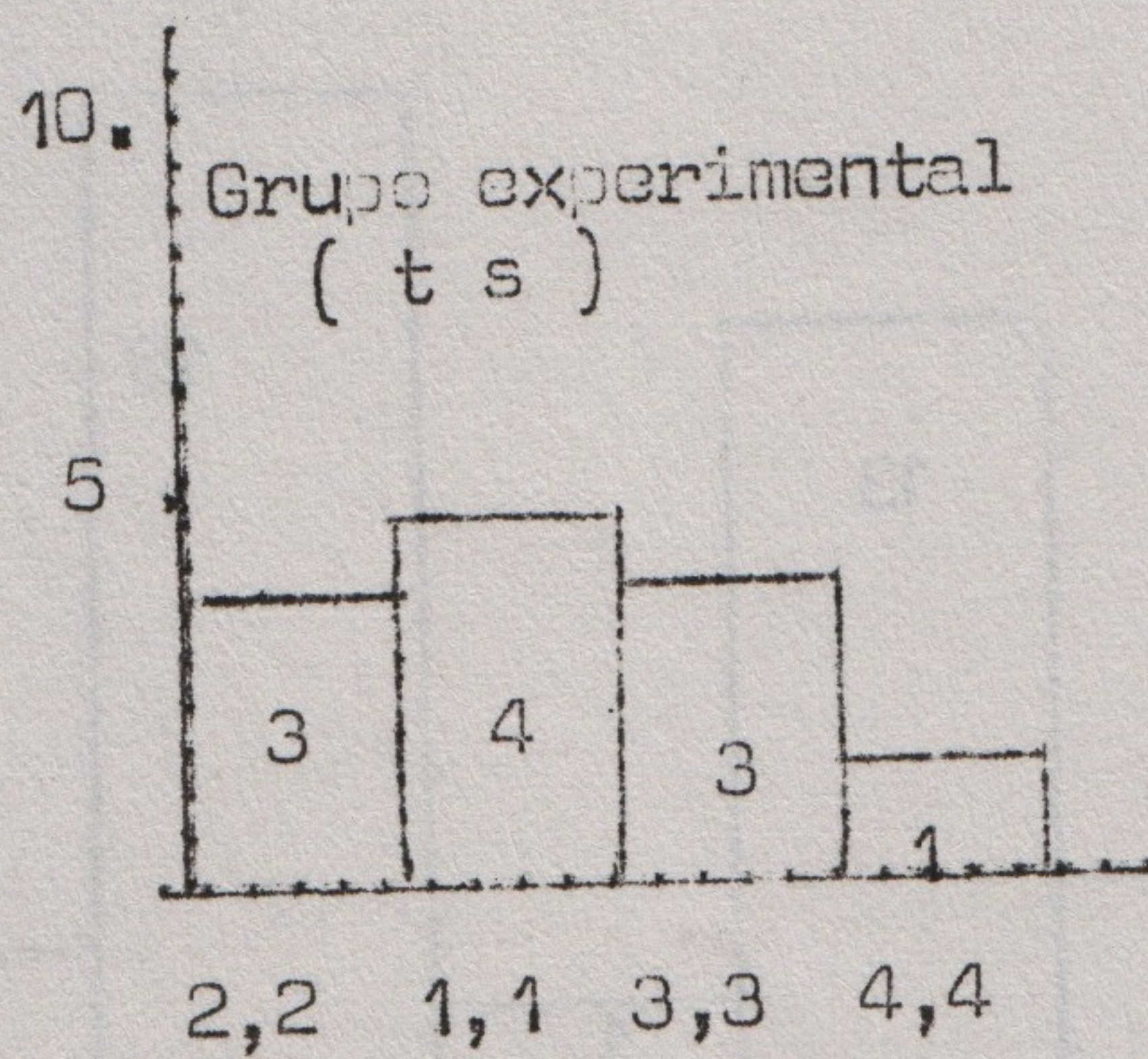
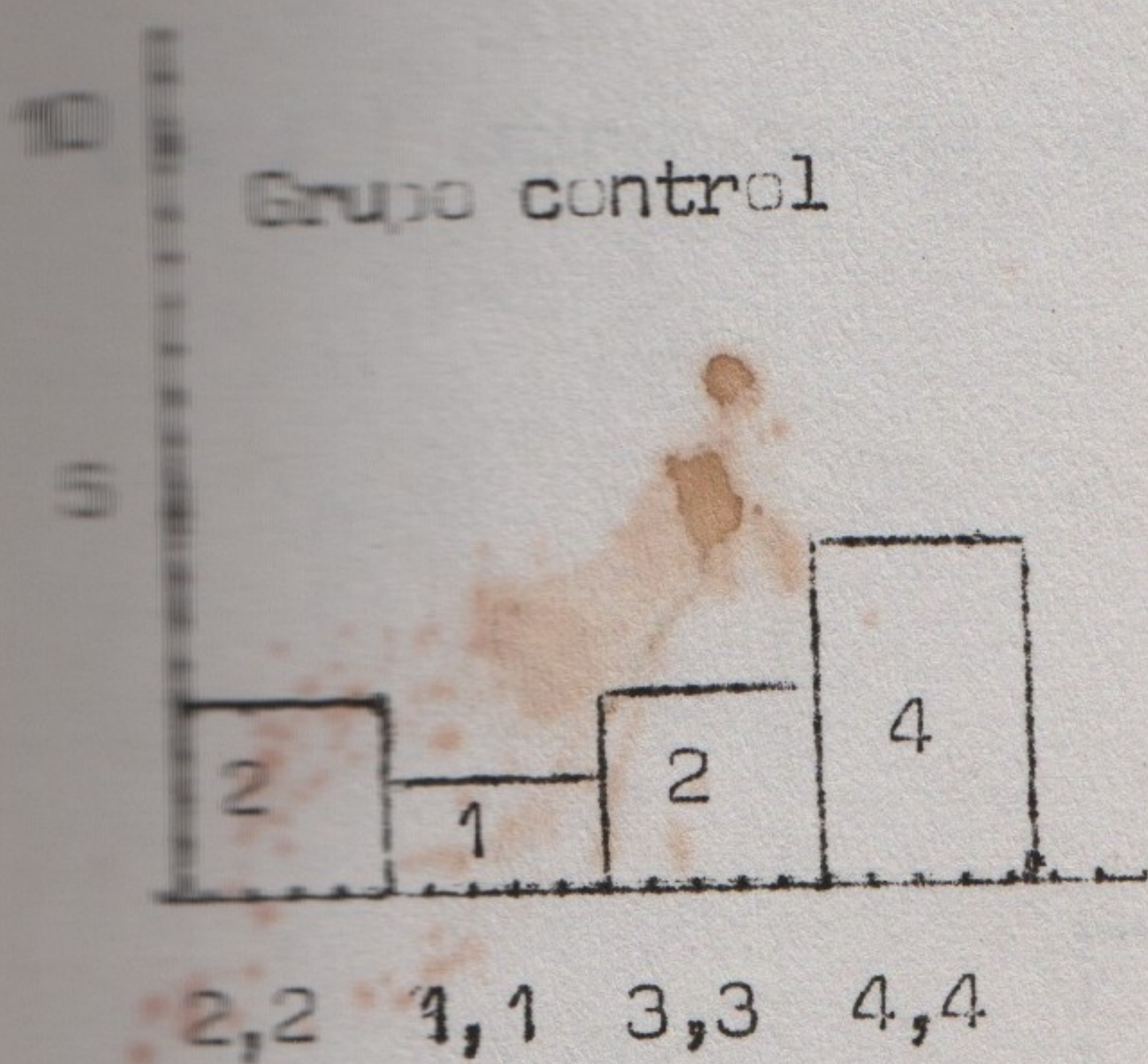
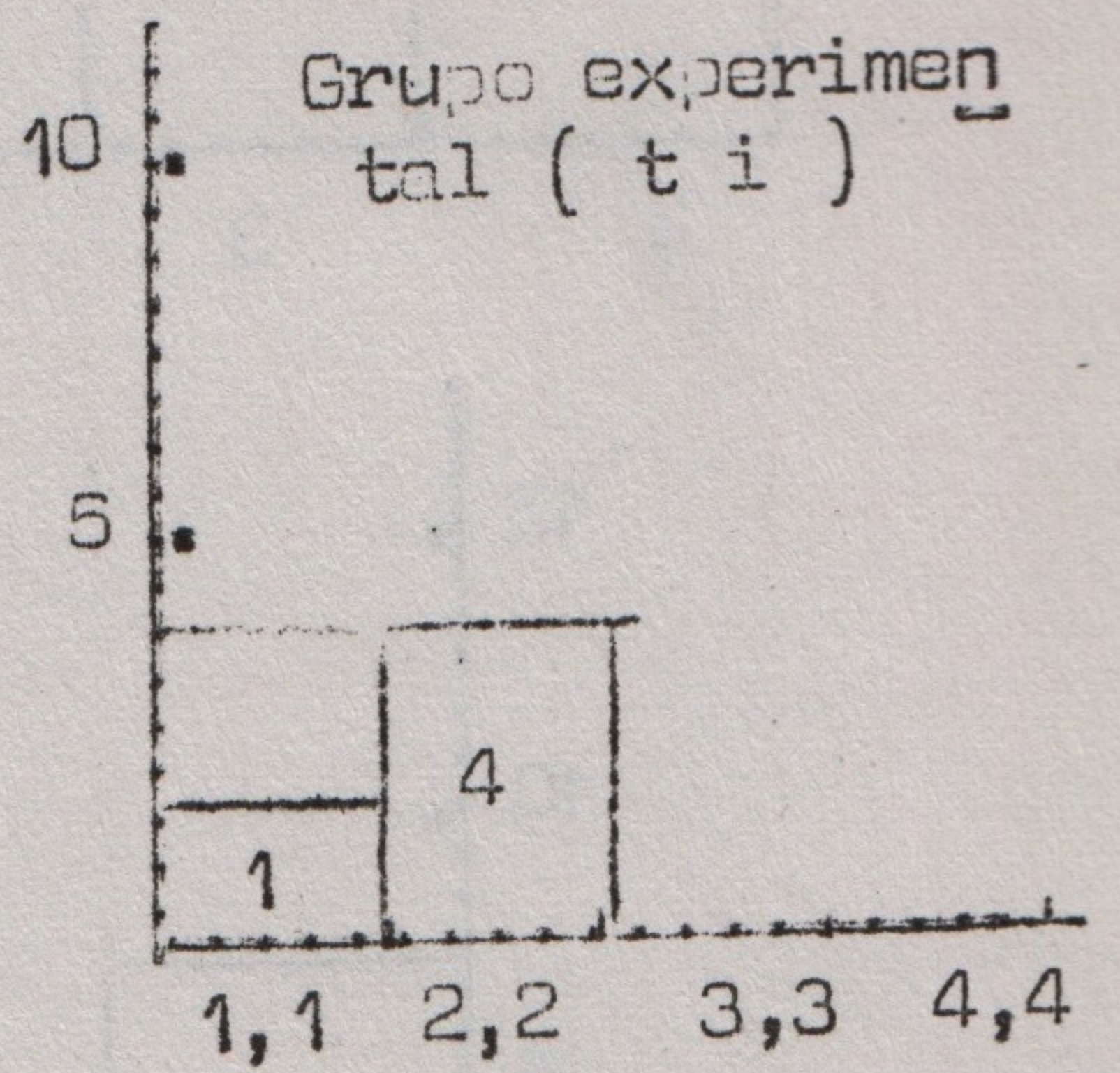
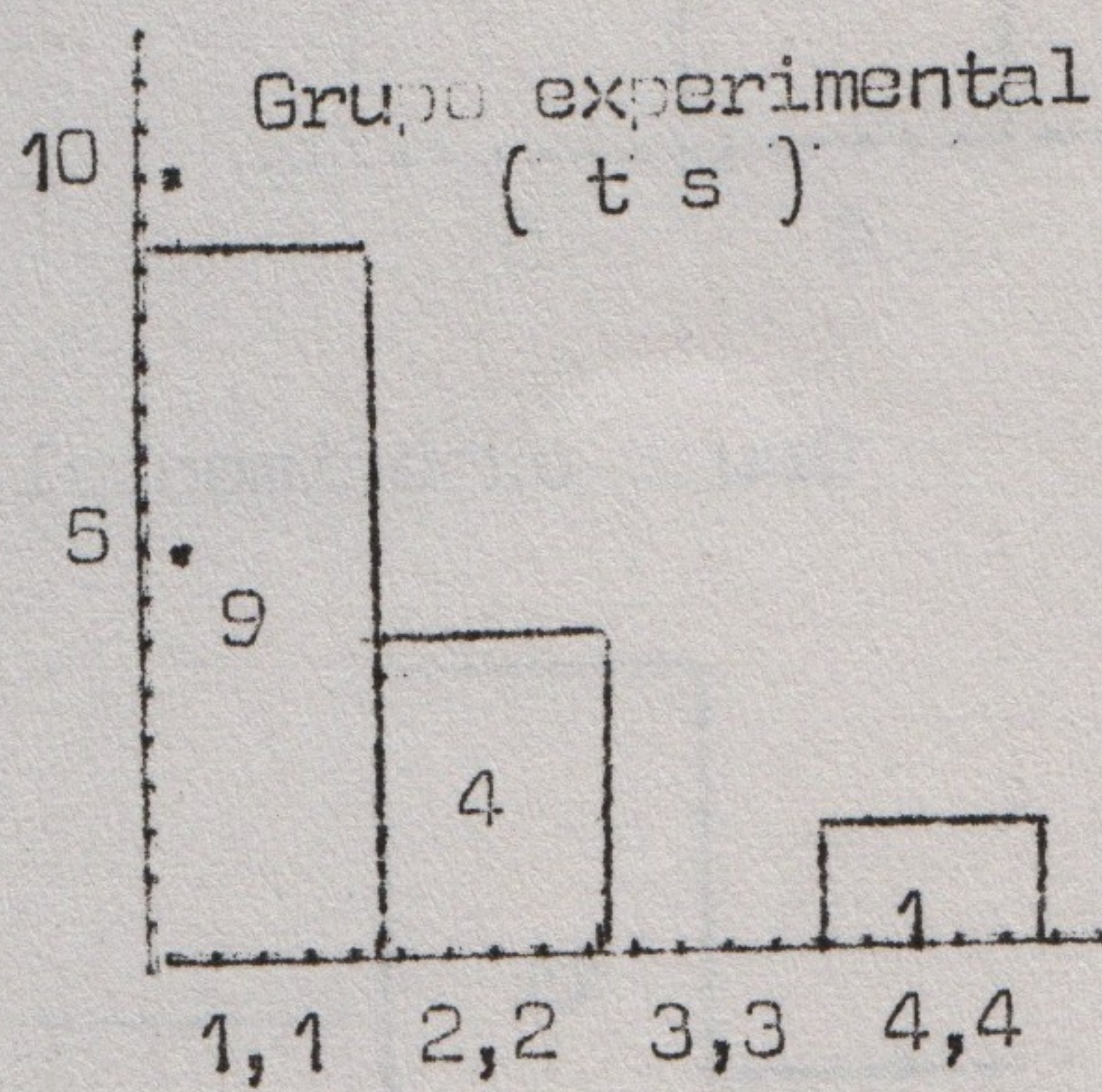
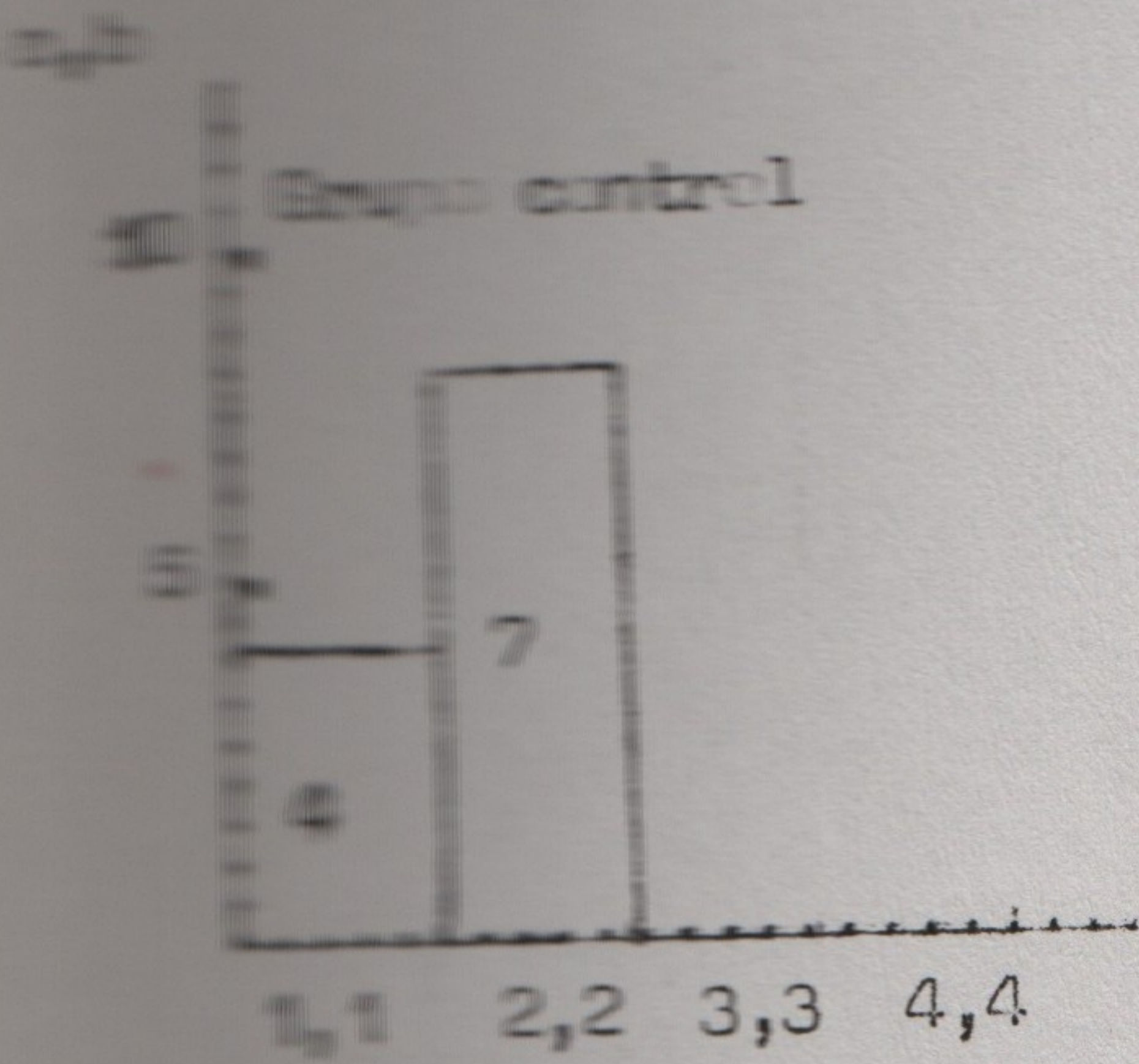
En la pregunta: Por qué es posible, beber refresco en pajilla? En el diagnóstico solamente el 1% contestó refiriéndose a la presión atmosférica como causa. Se presentaron entonces las cuatro opciones más repetidas y ninguna de ellas era correcta, (esto no fue señalado por nadie). La 2 refleja una actitud de "horror vacui" en forma explícita, la 1 y 3 también lo hacen pero en forma más vedada. En cuanto a la 4 denota una actitud egocéntrica.

Esta pregunta 3, viene seguida por otra (la 4) la cual quería poner a prueba, en forma indirecta y sin mencionar aire, si podían atribuir el fenómeno anterior a la presencia o no del aire. El resultado de ambas es extremo curioso, pero no es ningún modo concluyente.



La pregunta 5 presenta una secuencia de posibilidades. Las opciones 1,1 en la parte a y b corresponderían a las opciones 2,2 en c y d. Sin embargo, se observa de los gráficos que no todos los que respondieron en forma coherente en los dos primeros lo hacen en las últimas. La evaporación aparentemente es un fenómeno más familiar que la condensación. Otras opciones que presentan coherencia, aunque erradas, si conservan la energía son la 2,2 para a y b y la 1,1 para la c y d. Opciones 3,3 y 4,4 también resultas coherentes.

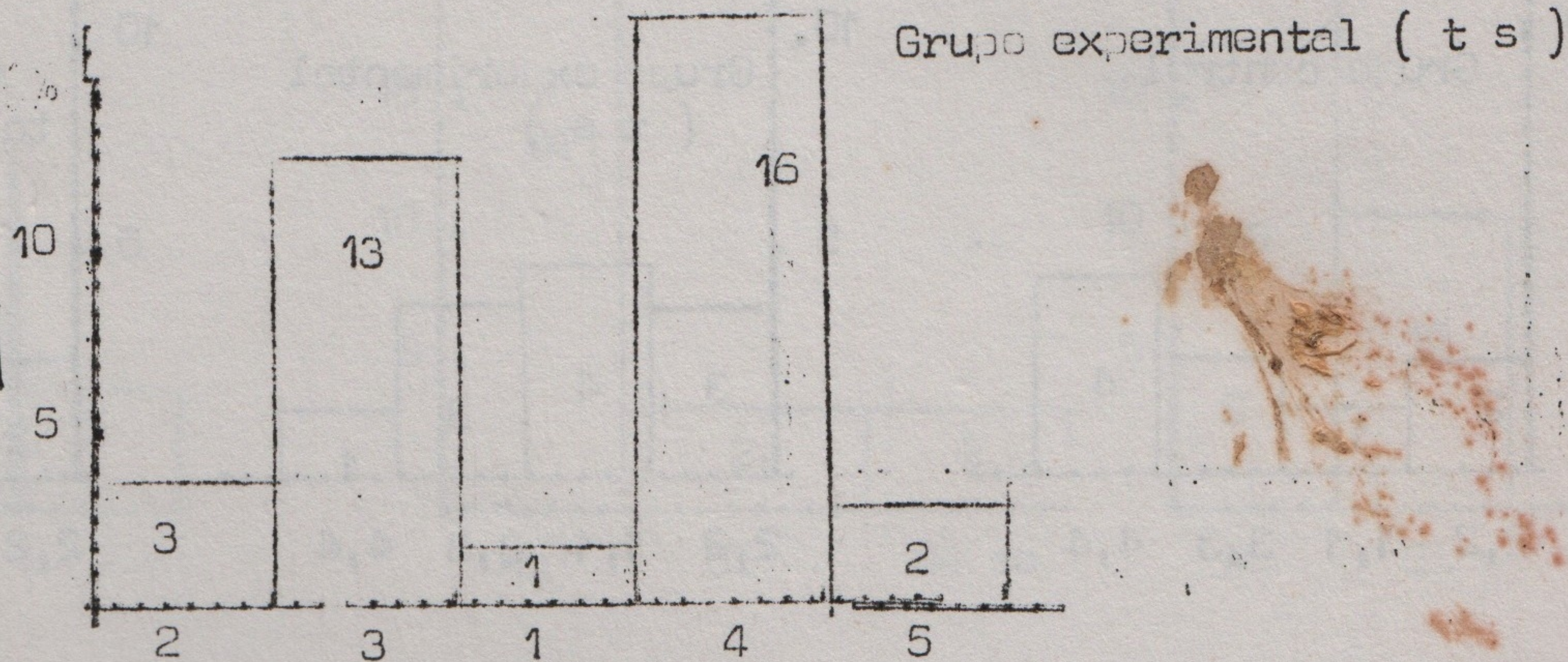
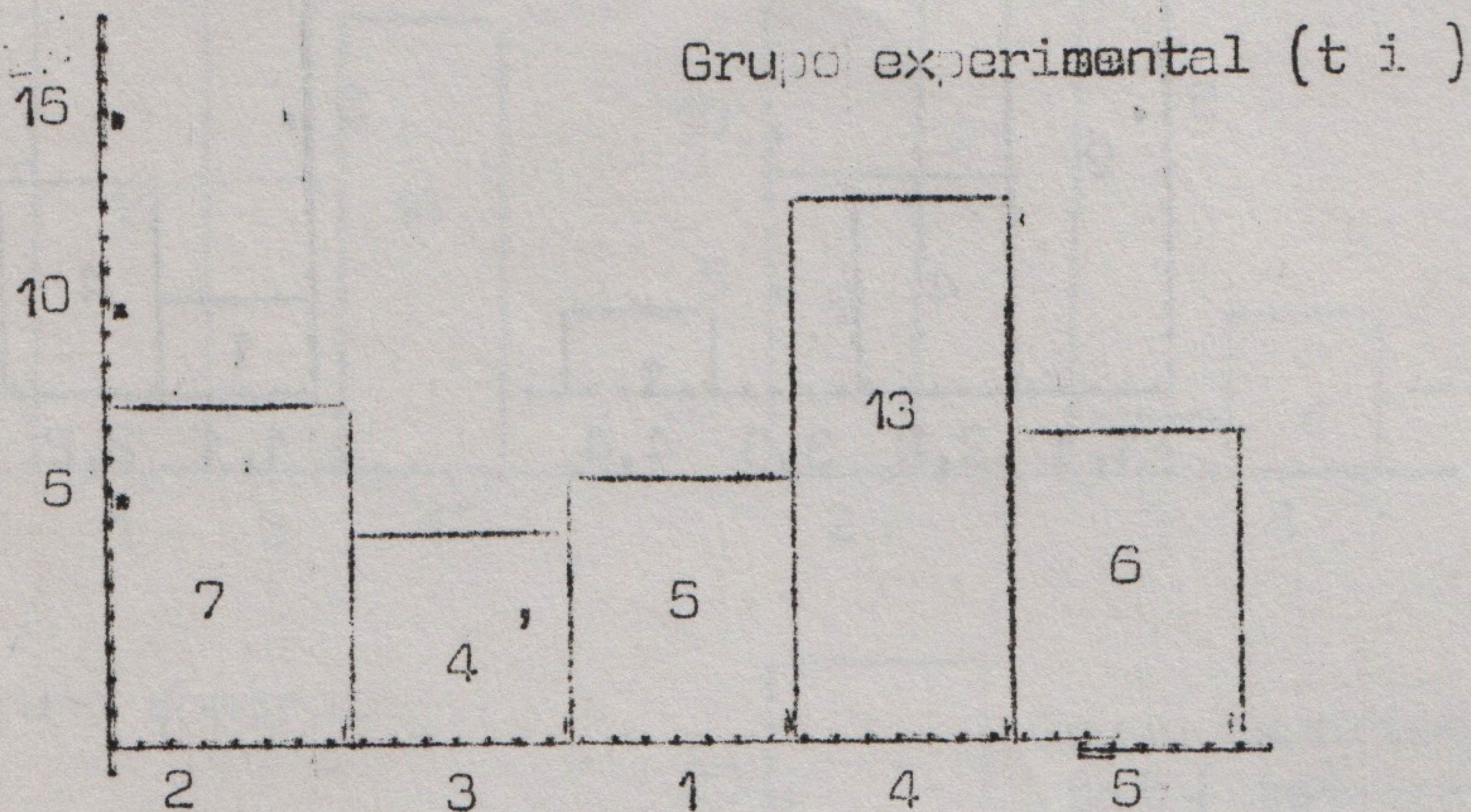
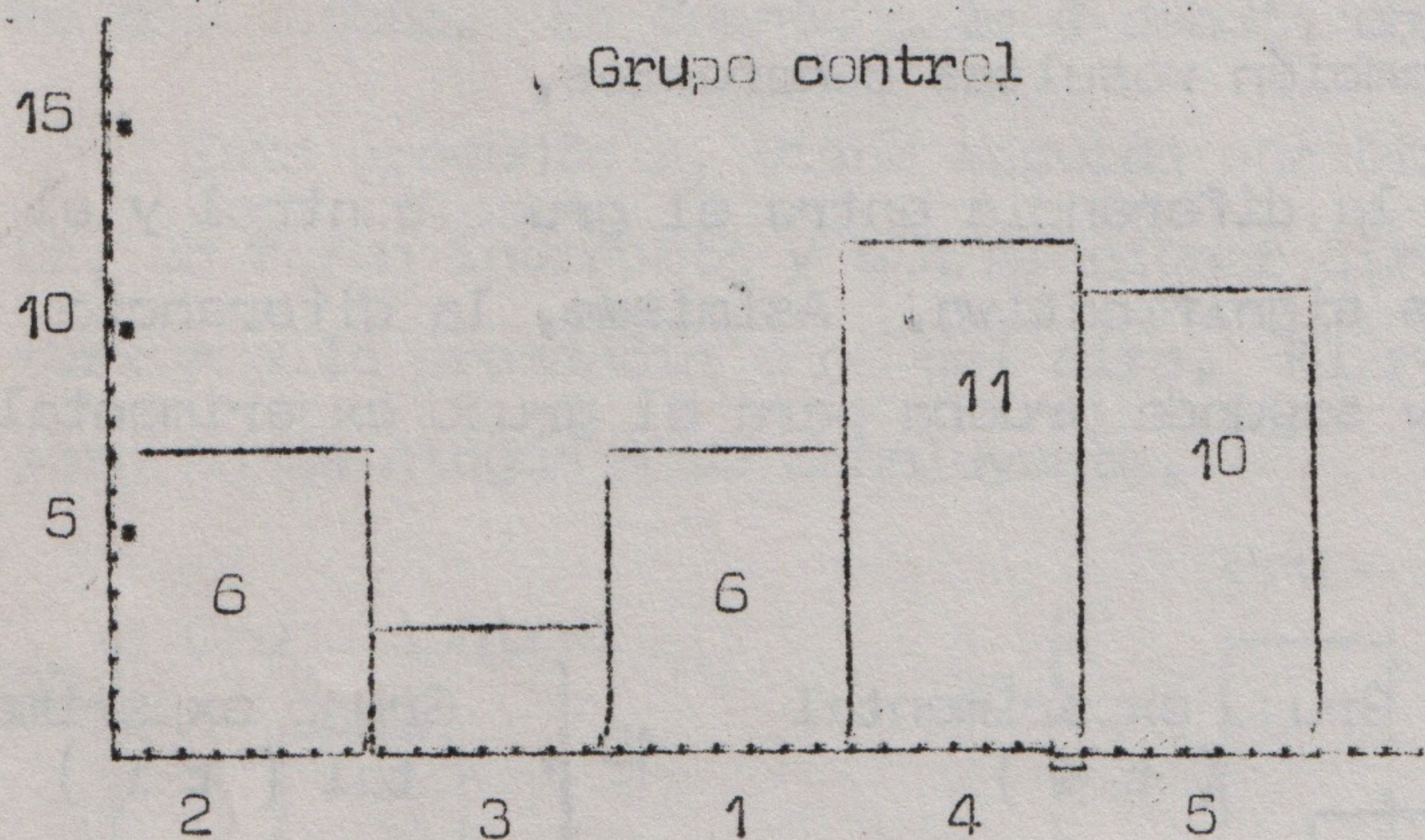
Obsérvese en los gráficos como la diferencia entre el grupo control y el experimental en la segunda prueba es significativa. Asimismo, la diferencia con los primeros entre la primera y segunda prueba para el grupo experimental.



000516  
e.1

Pregunta 6

En esta la opción 2 es la única correcta e implica un conocimiento de energía y calor como formas de energía. La opción 3 demuestra una cierta noción de conservación aunque con desconocimiento de lo que es calor latente. La 1 no presenta conservación. En cuanto a la cuatro resulta no atinante, y, además, confundir calor y temperatura.



000516 e.1

