

ENRIQUE G. JIMENEZ GOMEZ

DISCRIMINACION CROMATICA EN
IGUALACIONES ISOMERAS



TESIS DOCTORALES DE LA
UNIVERSIDAD DE GRANADA



Biblioteca Universitaria de Granada



01162293

BIBLIOTECA
FACULTAD DE CIENCIAS
GRANADA
Estante 10
Tabla 2
Núm. 7-3

FACULTAD DE CIENCIAS
BIBLIOTECA
GRANADA

UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION DE FISICAS

R. 22491

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA	
GRANADA	
N.º Documento	615168736
N.º Copia	i.1638k35x

DISCRIMINACION CROMATICA EN IGUALACIONES
ISOMERAS

Memoria presentada por
ENRIQUE G. JIMENEZ GOMEZ
para optar al Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS
SECCION DE FISICAS

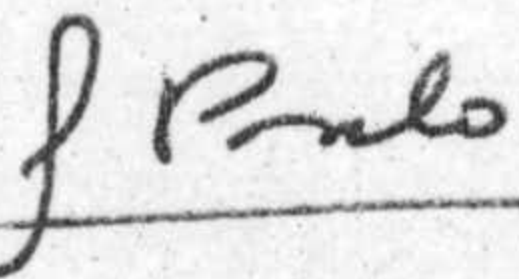
Im.Un.Gr.121.1979. Depósito legal Gr.484.1979.

~~_____~~ **Tesis** doctoral, dirigida por los Doctores D. Gerardo Pardo Sanchez y D. Enrique Hita Villaverde, de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. Fue juzgada, el día 28 de junio de 1979 en dicha Facultad, ante el tribunal formado por los Profesores: Bernardo Garcia Olmedo; Luis Brú Villaseca; Gerardo Pardo Sanchez; Antonio de la Cruz Castillo y Rafael Martinez Garcia. Obtuvo la calificación de sobresaliente "cum laude".

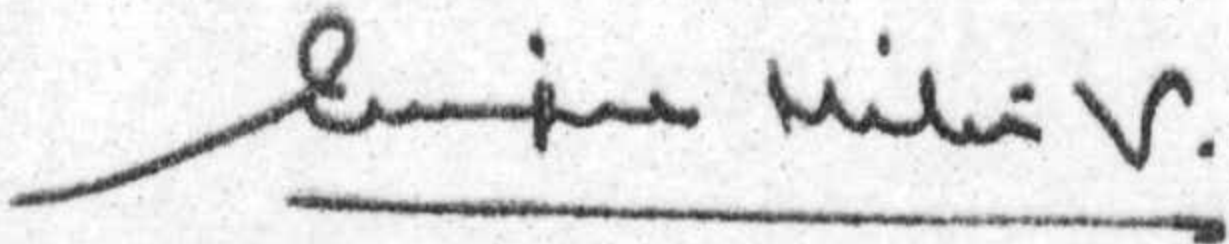
DISCRIMINACION CROMATICA EN IGUALACIONES
ISOMERAS

Visado en Granada a
31 de Mayo de 1.979

DIRECTORES DE LA
TESIS



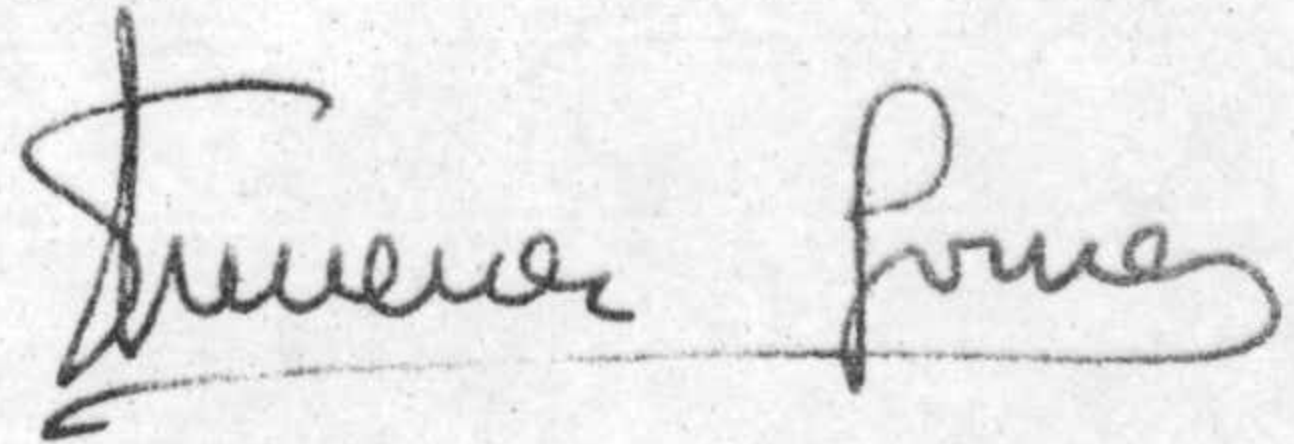
Firmado: Prof. Dr. D.
Gerardo Pardo Sán-
chez, Catedrático
y Director del De-
partamento de Físi-
ca Fundamental.



Dr. D. Enrique F.
Hita Villaverde
Prof. Agregado In-
terino de Optica

Memoria presentada para
aspirar al Grado de DOC-
TOR EN CIENCIAS (SECCION
FISICAS).

Granada, 31 de Mayo de
1.979



Firmado: Enrique G.
Jimenez Gómez

A mis padres y a
Rosa Mari

Cualquier trabajo de investigación resultaría imposible de realizar sin la ayuda material y moral de gran número de compañeros. No puedo, pues, mas que sentir un profundo agradecimiento por aquellos que de una forma u otra han hecho posible la realización de esta Memoria.

Deseo mencionar especialmente a:

D. Gerardo Pardo Sánchez, director de este trabajo, por su constante ayuda y colaboración.

A mi compañero el Prof. Enrique Hita Villaverde, a quien debo, en gran parte, mi vocación por la Optica y mi iniciación en este campo de la investigación. Sin su eficaz dirección y desmedido interés no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

A D. Manuel Álvarez-Claro por su estímulo y entrega total, haciendo siempre sugerencias de gran interés.

A D. Manuel Guerrero, por su colaboración en la puesta a punto del dispositivo y en la realización en las medidas.

A D. Miguel Cabrerizo, Jefe del Taller de este Departamento, por las ayudas prestadas en el montaje del dispositivo experimental.

A Javier de las Nieves, Juan Antonio Lao y Ramón Ruiz Merino, por su colaboración en la realización de las observaciones.

Al Centro de Cálculo de esta Universidad, en las personas de Miguel Montoya y Salvador Villena

A Luis Rejón por la ayuda prestada en la realización de las figuras.

A la Srta. Alicia Gómez por su paciente y exquisita colaboración mecanográfica.

A todos los miembros del Departamento y tantos otros que se quedan sin mencionar, no por olvido, sino porque su relación completa sería demasiado larga.

Para todos ellos mi más profundo agradecimiento.

INDICE

I	INTRODUCCION	10
II	FUNDAMENTOS TEORICOS	16
II.1.	Conceptos generales	16
II.2.	Isomerismo y Metamerismo	22
II.3.	Umbrales diferenciales	23
III	ANTECEDENTES HISTORICOS	30
IV	DISPOSITIVO EXPERIMENTAL	46
IV.1.	Sistema de producción del estímulo de referencia	46
IV.2.	Sistema de producción de estímulos variables por mezcla espacial o <u>si</u> multánea de primarios	52
IV.3.	Sistema de producción de estímulos variables por mezcla temporal o <u>su</u> cesiva de primarios	56
IV.4.	Sistema de observación	62
IV.5.	Condiciones experimentales	64
IV.6.	Puesta a punto del dispositivo	74
V.	OBTENCION Y ANALISIS DE DATOS	78
V.1.	Realización de las medidas	78

V.2. Elipsoides de error	88
V.3. Representación puntual	90
VI. RESULTADOS	94
VI.1. Introducción	94
VI.2. Elipsoides de error	98
a) Representación de elipsoides	100
b) Representación en el diagrama C.I.E.-1931- de las secciones principales	112
VI.2.1. Análisis de resultados. In- fluencia del tipo de fusión de primarios.	116
VI.3. Representación puntual	120
a) Secciones elípticas y distribu- ciones puntuales correspondien- tes	123
b) Influencia del Criterio de Igu- lación	154
b-1) Representaciones corres- pondientes a pesos de 5-10	154
b-2) Representaciones corres- pondientes a pesos 10	186
VI.3.1. Discusión de los resultados	218
a) Análisis de los métodos de representación utilizados	218

b) Consideraciones sobre el intervalo de luminancia	222
c) Significación de las diferentes secciones elípticas representadas	256
VII. CONCLUSIONES	258
VIII. BIBLIOGRAFIA	264

I. INTRODUCCION

El papel desempeñado por el color en la vida diaria, así como el gran número de problemas científicos y técnicos que plantea, hacen de la ciencia del color un área de investigación de enorme interés. En ella debemos distinguir dos aspectos diferenciados: Aquellos que se refieren a la medida o especificación del color (colorimetría) y aquellos otros que hacen relación al propio proceso de la visión cromática. Es en este terreno donde se desarrolla nuestro trabajo.

El color no es más que un aspecto del fenómeno de la percepción visual. Así, la C.I.E. define el color como aquel aspecto de la misma por el cual un observador puede distinguir diferencias entre dos campos de visión de igual forma y tamaño, tales como las que pueden ser causadas por diferencias en la composición espectral de la energía radiante de los estímulos a observar.

Consecuencia del mismo proceso de la visión, la experiencia fundamental es la comparación de estímulos de color (entendiendo por tales aquella energía radiante de intensidad y composición espectral dada que, llegando al ojo produce una sensación de color). Ahora bien, debemos distinguir claramente entre dos tipos de igualaciones. Aquellas en que la igualdad de color deriva de una identidad de composición espectral de los estímulos presentados (Igualaciones isómeras) y aquellas en que la igualdad en color se verifica a pesar de fuertes diferencias en tal composición espectral (Igualaciones

metámeras).

Independientemente de que la igualación de partida sea isómera o metámera, se da el hecho de que un observador no aprecia diferencias cromáticas cuando uno de los estímulos que originan la igualación es ligeramente modificado. Esto equivale a decir que a toda igualación en color se le puede atribuir un "error" derivado de una limitación en el poder discriminatorio del observador. Tal limitación origina lo que se conoce como umbral diferencial, entendiendo éste como la diferencia mínima perceptible entre dos estímulos de color.

Dos aspectos, uno teórico y otro práctico, nos dan la medida de la importancia del estudio de estos umbrales diferenciales de color. En el aspecto teórico, el establecimiento de una métrica en el espacio de color se ha fundamentado, generalmente, en el conocimiento de estos umbrales con vistas a establecer la forma del elemento de línea de dicho espacio. En el

aspecto práctico, es evidente que los umbrales representan la base científica del establecimiento de tolerancias en color.

El análisis de los resultados experimentales encontrados por diversos investigadores nos sugieren que existen causas que hacen variar las características de estos umbrales. Podemos clasificar dichas causas en dos grupos

a) Los que se refieren a las condiciones experimentales (campo de observación, tiempo de presentación, adaptación, etc ...)

b) Los que se refieren al propio observador.

En trabajos anteriores hemos estudiado los umbrales diferenciales de color comparando para diferentes observadores cómo variaban dichos umbrales al tomar como variable experimental el tipo de fusión de primarios (temporal o espacial), partiendo en estas experiencias de igualaciones metámeras.

En el presente trabajo hemos realizado

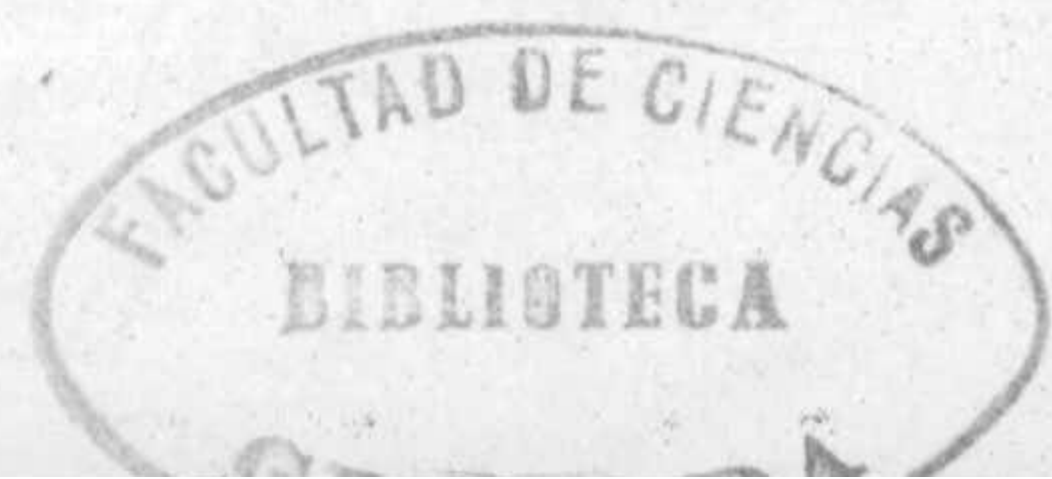
do el mismo estudio pero partiendo de iguala -
ciones isómeras.

Los umbrales estudiados se han obte-
nido a partir de un mayor número de datos expe-
rimentales que en trabajos anteriores con mi -
ras a una más correcta interpretación de los
mismos.

II. FUNDAMENTOS TEORICOS

II.1. - CONCEPTOS GENERALES

Las leyes experimentales de igualaciones de color se resumen en la propiedad tricromática. Esta, establece que bajo un amplio rango de condiciones de observación un gran número de colores pueden ser igualados por mezclas aditivas, en cantidades apropiadas, de tres colores primarios. La validez de las leyes de Grassmann nos aseguran que la proporcionalidad y aditividad son aplicables a toda igualación de color dentro de ciertos límites. Es posible, pues,



representar los colores por vectores tridimensionales y las igualaciones de color por ecuaciones lineales entre tales vectores siguiendo la representación usual.*

Si \vec{Q} es el vector representante de un color dado y \vec{R} , \vec{G} y \vec{B} son vectores que representan cantidades unidad de tres primarios fijos, entonces la ecuación vectorial

$$\vec{Q} = R\vec{R} + G\vec{G} + B\vec{B}$$

establece que el color dado es igualado por una mezcla aditiva de las cantidades R, G y B de los respectivos primarios. A R, G y B se les denomina valores triestímulos del color dado (\vec{Q}).

Si al color \vec{Q} le corresponde una distribución espectral L_{λ} , este se puede obtener por mezcla aditiva de colores \vec{Q}_{λ} , siendo los co

* A este respecto nos remitimos a nuestra publicación (Alvarez-Claro, M. Hita, E. & Pardo, G. (1.976))

respondientes estímulos los componentes monocromáticos del estímulo original.

Si llamamos R_λ , G_λ y B_λ los valores triestímulos del color \vec{Q}_λ , se cumplirá que

$$\vec{Q}_\lambda = R_\lambda \vec{R} + G_\lambda \vec{G} + B_\lambda \vec{B}$$

Como

$$\vec{Q} = \int_\lambda \vec{Q}_\lambda d\lambda$$

Se cumplirá que

$$R = \int_\lambda R_\lambda d\lambda ; G = \int_\lambda G_\lambda d\lambda ; B = \int_\lambda B_\lambda d\lambda$$

resultando el color \vec{Q} :

$$\vec{Q} = \int_\lambda R_\lambda d\lambda \vec{R} + \int_\lambda G_\lambda d\lambda \vec{G} + \int_\lambda B_\lambda d\lambda \vec{B}$$

Para el cálculo de R, G y B, se utilizan las funciones de mezcla representadas por \bar{r}_λ , \bar{g}_λ y \bar{b}_λ . Estas fueron obtenidas por vez primera por Wright, W.D. (1927) y J. Guild (1934). Ellos establecieron los valores experimentales de las cantidades de primarios que igualaban los colores espectrales presentando al observador

radiaciones espectrales suficientemente puras, a intervalos regulares del espectro visible. De este modo se obtuvo, para cada observador, un conjunto de funciones que lo caracterizaba. Como era necesario establecer funciones comparables entre sí, lo primero que realizaron fue normalizar los resultados dividiendo las cantidades de los estímulos de referencia por el de la radiación espectral igualada. De este modo, cada terna de valores representaba las cantidades de estímulos de referencia necesarios para igualar la unidad de flujo de la radiación espectral.

Algebraicamente

$$\vec{Q}(\lambda) = R\vec{R} + G\vec{G} + B\vec{B}$$

Dividiendo por Q se obtiene

$$\vec{q}(\lambda) = \frac{R}{Q} \vec{R} + \frac{G}{Q} \vec{G} + \frac{B}{Q} \vec{B}$$

a los cocientes $\frac{R}{Q}$, $\frac{G}{Q}$ y $\frac{B}{Q}$ se les denota por \bar{r}_λ , \bar{g}_λ y \bar{b}_λ siendo $\vec{q}(\lambda)$ el estímulo monocromático

co de radiancia unidad.

Como

$$\begin{aligned}\vec{Q} &= \int_{\lambda} L e_{\lambda} \vec{q}_{\lambda} d\lambda = \int_{\lambda} L e_{\lambda} (\bar{r}_{\lambda} \vec{R} + \bar{g}_{\lambda} \vec{G} + \bar{b}_{\lambda} \vec{B}) d\lambda = \\ &= \int_{\lambda} L e_{\lambda} \bar{r}_{\lambda} \vec{R} d\lambda + \int_{\lambda} L e_{\lambda} \bar{g}_{\lambda} \vec{G} d\lambda + \int_{\lambda} L e_{\lambda} \bar{b}_{\lambda} \vec{B} d\lambda\end{aligned}$$

y por tanto

$$R = \int_{\lambda} L e_{\lambda} \bar{r}_{\lambda} d\lambda ; \quad G = \int_{\lambda} L e_{\lambda} \bar{g}_{\lambda} d\lambda ; \quad B = \int_{\lambda} L e_{\lambda} \bar{b}_{\lambda} d\lambda$$

Conocidos R, G y B podemos representar un color mediante tres coordenadas tricromáticas definidas por:

$$r = \frac{R}{R+G+B} , \quad g = \frac{G}{R+G+B} , \quad b = \frac{B}{R+G+B}$$

Evidentemente $r + g + b = 1$.

Cualquier color se podrá representar, pues, en el interior de un triángulo en cuyos vértices se encuentren los primarios \vec{R} , \vec{G} y \vec{B} .

El sistema de representación de color R G B, mencionado anteriormente presenta el in-

conveniente de poseer, a veces, una de las coor
denadas tricromáticas negativas, lo cual difi -
culta los cálculos. Se evita este defecto esco-
giendo unos primarios que sean irreales, repre-
sentados por XYZ. Se obtiene así un nuevo sistema
de representación de colores, establecido
por la C.I.E, siendo posible la transformación
del sistema RGB al XYZ, y a la inversa, median-
te una transformación lineal sencilla.

II.2. ISOMERISMO Y METAMERISMO

Dos estímulos de color de radiancia Le_λ y $L'e_\lambda$, podrán producir o no, idénticos valores triestímulos.

Si en las ecuaciones

$$\int Le_\lambda \bar{r}_\lambda d\lambda = \int L'e_\lambda \bar{r}_\lambda d\lambda$$

$$\int Le_\lambda \bar{g}_\lambda d\lambda = \int L'e_\lambda \bar{g}_\lambda d\lambda$$

$$\int Le_\lambda \bar{b}_\lambda d\lambda = \int L'e_\lambda \bar{b}_\lambda d\lambda$$

se verifica que $Le_\lambda \neq L'e_\lambda$ diremos que hemos realizado una igualdad metámera (o que los es t́mulos son metámeros).

Como un observador queda especificado en su visión de color por \bar{r}_λ , \bar{g}_λ y \bar{b}_λ , cualquier observador no igualará dos estímulos que sean metámeros para otro observador.

Es evidente que si $Le_\lambda = L'e_\lambda$, indep

dientemente del observador (es decir, de sus curvas de mezcla), la igualdad en color se verificará. A este tipo de igualaciones le denominamos isómeras.

II.3.- UMBRALES DIFERENCIALES

Cuando decimos que un observador igual la dos estímulos que se le presentan en campos visuales yuxtapuestos, queremos decir en realidad que los dos campos presentan igual claridad, el mismo tono e idéntica saturación. No obstante, en muchas ocasiones puede ser de interés especial la igualación solamente de algunos de estos aspectos. Es bien conocida la dificultad de tales observaciones.

Si por algún procedimiento variamos la radiación en uno de los campos (multiplicando la curva L_{λ} por un factor) puede que se destruya la igualación previamente establecida o que no ocurra así. Si sucede esto último, deci-

mos que no se ha superado el umbral diferencial de luminancia.

Variando la distribución espectral de la función Le_{λ} pero manteniendo constante el área bajo la curva $Le_{\lambda} \cdot \bar{M}_{\lambda}$, es decir, el nivel de energía, puede ocurrir que observemos una variación en cromaticidad, en luminancia o de ambas en dicho campo respecto al otro, o que esto no suceda. Decimos entonces, que se ha superado, o no, el umbral diferencial de cromaticidad (propiedad relacionada con el tono y saturación).

En general, si al variar Le_{λ} no se mantiene constante el nivel energético del estímulo, aparecerá, o no, una desigualdad en el aspecto de ambos campos. A priori, no podemos conocer, si la variación va a ser de luminancia o de cromaticidad, en caso de destrucción de la igualdad. Podríamos llamar a éste último caso umbral diferencial global.

En los trabajos realizados sobre umbrales diferenciales, suelen estudiarse los um-

brales de luminancia separadamente de las de cromaticidad. No obstante, en algunas ocasiones (Brown, W.R. & MacAdam, D.L. (1949) y Wyszecki (1972) han sido estudiados conjuntamente.

Cualquiera que sea el sistema de representación utilizado, los resultados de medidas de umbrales vienen dados por una nube de puntos. Con objeto de determinar posibles variaciones de esta nube con los diferentes parámetros en estudio, se hace un análisis estadístico de los mismos siguiendo el procedimiento del elipsoide de error, Cruz, A. (1971).

Este elipsoide, de ecuación

$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dxy + 2Eyz + 2Fzx + d = 0. \text{ Ec. II.1}$$

queda determinado por sus coeficientes:

$$A = \frac{N-1}{\Delta} \begin{vmatrix} C_v & C_{vy} \\ C_{vy} & C_y \end{vmatrix}$$

$$B = \frac{N - 1}{\Delta} \begin{vmatrix} C_u & C_{uy} \\ C_{uy} & C_y \end{vmatrix}$$

$$C = \frac{N - 1}{\Delta} \begin{vmatrix} C_u & C_{uv} \\ C_{uv} & C_v \end{vmatrix}$$

$$D = \frac{-(N-1)}{\Delta} \begin{vmatrix} C_{uv} & C_{vy} \\ C_{uy} & C_y \end{vmatrix}$$

$$E = \frac{-(N-1)}{\Delta} \begin{vmatrix} C_u & C_{uv} \\ C_{uy} & C_{vy} \end{vmatrix}$$

$$F = \frac{N - 1}{\Delta} \begin{vmatrix} C_{uv} & C_v \\ C_{uy} & C_{vy} \end{vmatrix}$$

donde

$$\text{Var}(U) = \frac{1}{N-1} C_u$$

$$C_u = \sum (u_i - u_M)^2 \cdot S_i$$

$$\text{Var}(V) = \frac{1}{N-1} C_v$$

$$C_v = \sum (v_i - v_M)^2 \cdot S_i$$

$$\text{Var}(Y) = \frac{1}{N-1} C_y$$

$$C_y = \sum (Y_i - Y_M)^2 \cdot S_i$$

$$\text{Cov}(UV) = \frac{1}{N-1} C_{uv}$$

$$C_{uv} = \sum (u_i - u_M)(v_i - v_M) \cdot S_i$$

$$\text{Cov}(UY) = \frac{1}{N-1} C_{uy}$$

$$C_{uy} = \sum (u_i - u_M)(Y_i - Y_M) \cdot S_i$$

$$\text{Cov}(VY) = \frac{1}{N-1} C_{vy}$$

$$C_{vy} = \sum (v_i - v_M)(Y_i - Y_M) \cdot S_i$$

S es el número de afirmaciones que el observador ha dado en cada punto, y

$$U_M = \frac{1}{N} \sum u_i$$

$$V_M = \frac{1}{N} \sum v_i$$

$$Y_M = \frac{1}{N} \sum Y_i$$

que nos dan el valor medio de las coordenadas (u_i, v_i) y de la luminancia de cada uno de los puntos estudiados, en el diagrama C.I.E.

$$u_i = \frac{X_i}{X_i + Y_i + Z_i}$$

y por último Δ que representa la matriz de las varianzas y covarianzas

$$\Delta = \begin{vmatrix} \text{Var}(U) & \text{Cov}(U, V) & \text{Cov}(U, Y) \\ \text{Cov}(V, U) & \text{Var}(V) & \text{Cov}(V, Y) \\ \text{Cov}(Y, U) & \text{Cov}(Y, V) & \text{Var}(Y) \end{vmatrix}$$

Una vez conocida la ecuación del elipsoide de error (Ec.II.1) puede calcularse un conjunto de parámetros que hacen posible la representación del elipsoide dándonos la orientación y tamaño del mismo.

III. ANTECEDENTES HISTORICOS

Las primeras tentativas de medir umbrales diferenciales de color se deben a Donath, F. (1926) y Judd, D.B (1933) quienes estudian las variaciones de saturación en función de la longitud de onda. Priest y Brickwedde (1938) y Tyndall (1933) hicieron lo mismo para variaciones de pureza, también en función de la longitud de onda dominante y en forma inversa, respectivamente.

Wright (1934) estudió los umbrales diferenciales de cromaticidad (no incluyendo

variaciones de luminosidad). Para ello empleó un colorímetro diseñado por él. En este experimento iluminó el campo visual de prueba con una mezcla de dos luces espectrales, y variando las proporciones de ambas, la igualó con las sumas de los primarios, pidiendo al observador que determinaria la diferencia mínima perceptible en cada caso. Se obtuvieron los resultados de la figura n° 1.

El primer estudio riguroso sobre los umbrales de discriminación cromática fué realizado por MacAdam (1943). Los resultados obtenidos parecen indicar el hecho de que estos umbrales pueden ser representados por elipses en el diagrama cromático C.I.E., tal como se observa en la figura n° 2.

En principio, si se acepta la realidad de estas elipses, es admisible la posibilidad del establecimiento de una métrica riemanniana del espacio del color. Si bien MacAdam inició sus estudios sobre umbrales en cromati-

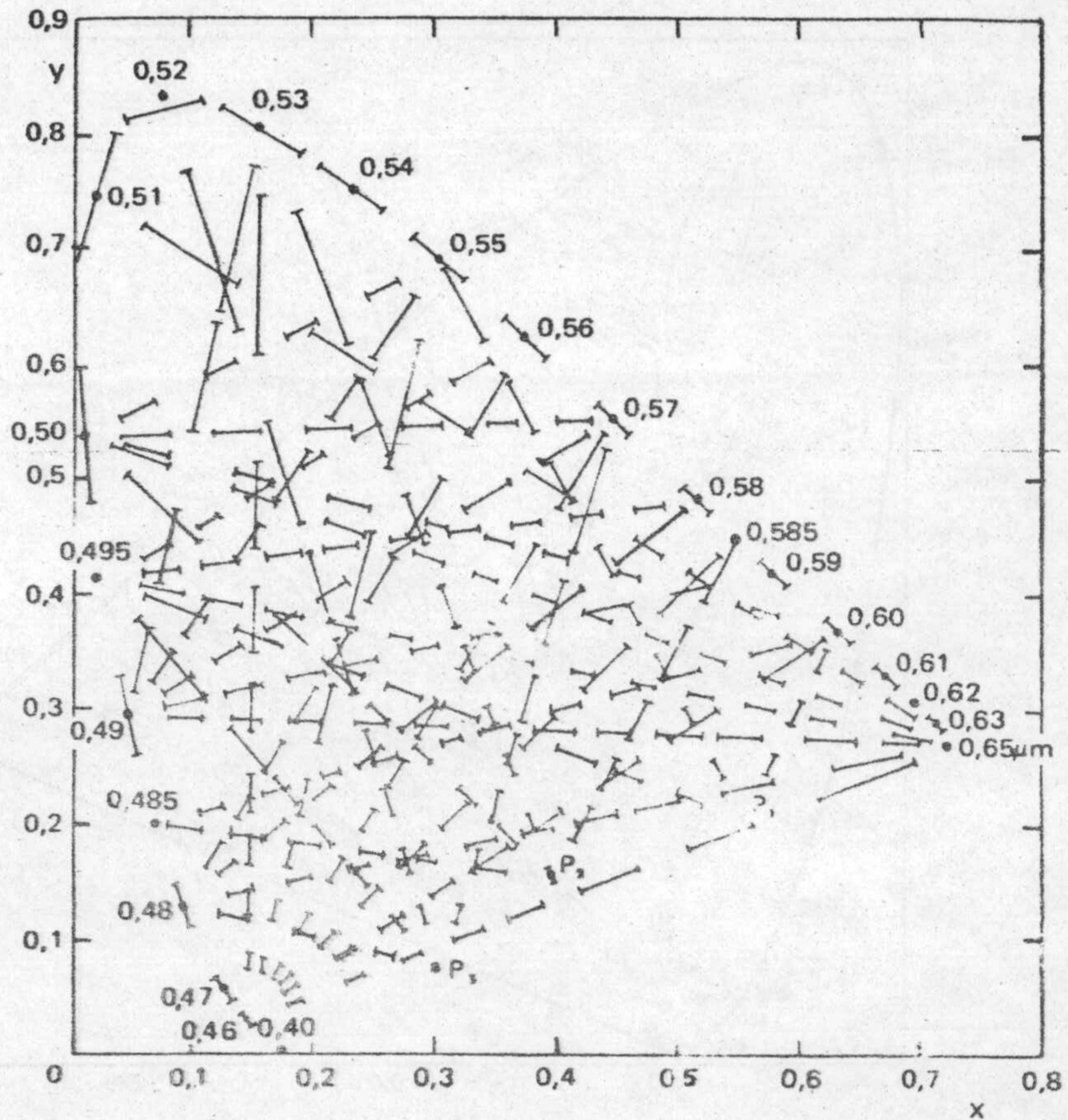


Fig. 1

Diagrama de cromaticidad CIE 1931, muestran diferencias de cromaticidad perceptualmente iguales (cada segmento significa perceptualmente la misma variación sensitiva)

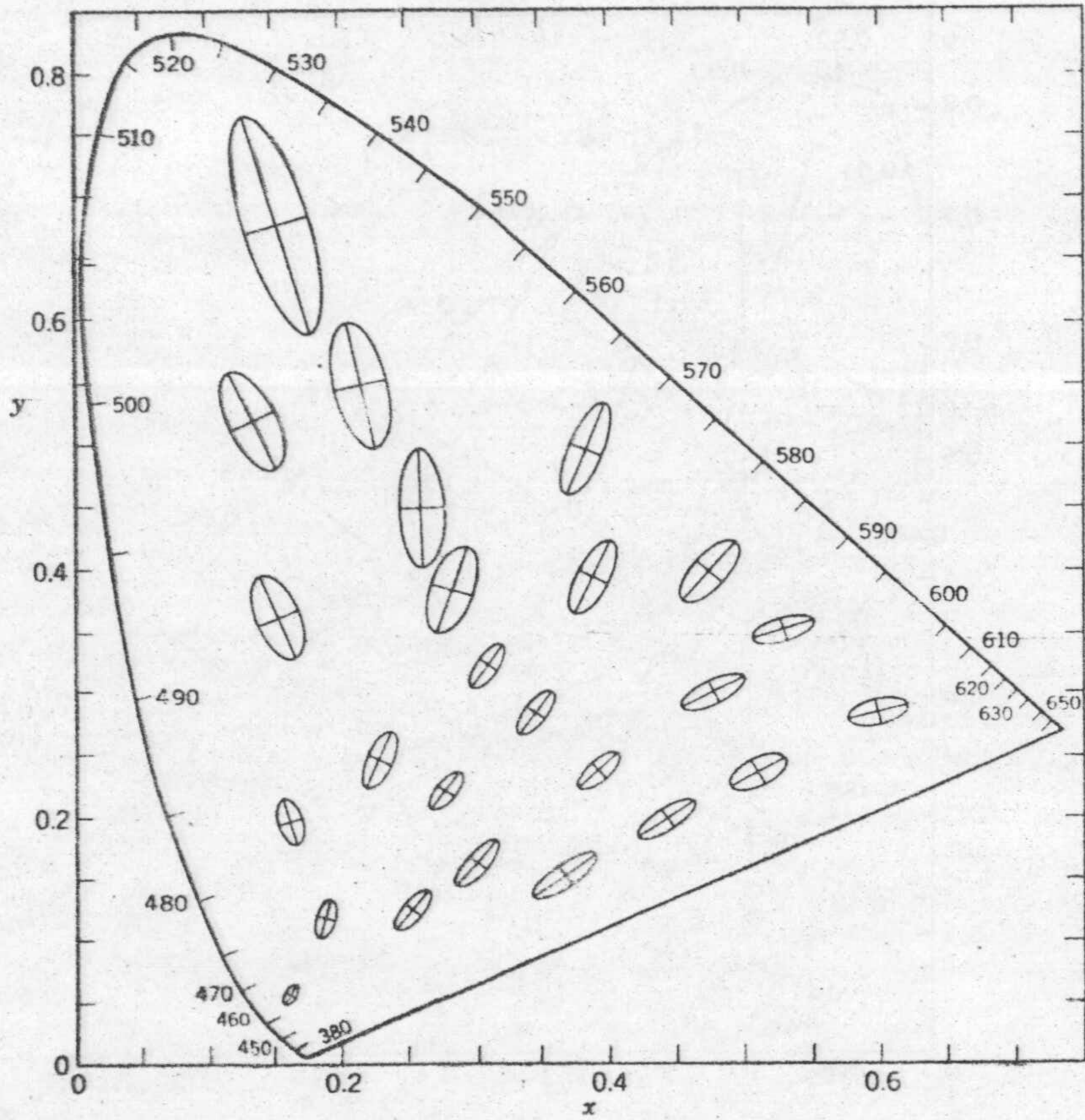


Fig. 2

Elipses de MacAdam representados en el diagrama cromático C.I.E 1931.

cidad, posteriormente los amplió a la determinación de umbrales globales, estableciéndolos como elipsoides, Brown-MacAdam (1949). No obstante, con posterioridad han aparecido una serie de trabajos al respecto que apuntan la posibilidad de que dichos umbrales no sean precisamente elipses y, naturalmente, se plantea la necesidad de una investigación más profunda sobre el conocimiento de los factores que puedan influir en la determinación de los mismos. Los trabajos de Wyszecki (1971), Crawford (1972) y Le Grand (1972) son los que más esclarecen el problema planteado.

Wyszecki y Fielder (1971) proponen la correlación de los resultados obtenidos por otros autores (MacAdam (1942), Wright (1941), etc) en sus experiencias sobre igualaciones en color. Para estas investigaciones emplean dos colorímetros tipo Donaldson. El tipo de visión es monocular y los campos de observación son yuxtapuestos y de forma ortogonal, utilizando un diámetro angular de 3° . El campo circundan-

te es blanco y de 40° de diámetro angular. Interesa subrayar que las igualaciones que realizan son casi isómeras y que el propio observador es el que, durante las operaciones de medida, y manejando los tres primarios de uno de los colorímetros, establece la igualdad entre estímulos y, tras su destrucción, repite la experiencia hasta treinta veces por sesión, sobre un mismo estímulo de referencia.

Adoptan como sistema de representación el C.I.E. Como las experiencias que realizan no se hacen a luminancia constante, los resultados que obtienen constituyen una nube de puntos en el espacio x, y, Y , al cual ajustan un elipsoide de error que contiene el 95% de las igualaciones en su interior. Con el fin de separar el problema de los umbrales de cromaticidad del de luminancia, cortan el elipsoide por una sección recta paralela a $L = \text{constante}$ a través del centro del mismo, obteniendo elipses que son utilizadas como una medida de la precisión del observador en la igualación de

la cromaticidad del color de referencia. Estos resultados los interpretan indicando que los datos de igualaciones visuales de color, obtenidos por el mismo observador, en diferentes ocasiones, pero en idénticas condiciones de observación, parecen ser menos reproducibles de lo que indicaría un análisis estadístico normal.

Sugieren que el funcionamiento del mecanismo visual pueda estar afectado por parámetros que dependan del tiempo y posiblemente por otras circunstancias que no se toman en cuenta por los métodos estadísticos. Las diferencias encontradas entre distintos observadores indican que pueden deberse a las diferencias existentes en los procedimientos experimentales, y apuntan la necesidad de experiencias específicamente diseñadas para estudiar las variaciones en las condiciones de observación.

Crawford (1972) propone como objeti-

vo la medida directa de los cambios de cromati-
cidad empleando en sus experiencias un colorí-
metro tipo Donaldson de seis estímulos y visión
monocular. El campo de observación es de 10° y
el circundante oscuro, manteniendo constante
la luminancia del semicampo de referencia.

En el proceso de medida se parte de
igualaciones isómeras en ambas partes del campo
de observación y se añade a una de ellas una
cantidad controlada de radiación de banda espec-
tral estrecha hasta que aparece una diferencia
de cromaticidad justamente perceptible en ambas
mitades. Si antes de aparecer una diferencia
de cromaticidad lo hace una de luminancia, el
observador la elimina mediante un control espe-
cífico, reduciéndola con la inclinación de una
lámina de vidrio.

Se emplea también el sistema C.I.E.
en la representación de los resultados y se en-
cuentra que al unir los extremos de los despla-
zamientos umbrales en diferentes direcciones

del espacio aparece una figura poligonal que puede ser ajustada a una elipse cuyo centro no coincide con la cromaticidad del estímulo de referencia, apareciendo una asimetría con respecto al mismo; esta asimetría tiene implicaciones muy significativas, tanto en los aspectos prácticos de igualaciones de color como en la teoría de los mecanismos de discriminación del mismo.

Se observa, por otro lado, que en ciertas direcciones, los desplazamientos de cromaticidad justamente perceptibles, varían con la composición espectral del estímulo de referencia incluso aunque la cromaticidad de éste permanezca constante. Esta cuestión apunta la necesidad de una investigación exhaustiva de los efectos del metamerismo sobre las tolerancias en las igualaciones de color en relación a problemas prácticos. En algunos casos, Crawford analiza la variación diaria de los umbrales diferenciales de color y observa que cuando aparecen tales variaciones, parecen

afectar a todos los acimut igualmente contrayéndose o dilatándose, lo que indicaría un cambio en la sensibilidad del receptor, pero en éste último caso afectaría igualmente a los diversos receptores de color, suponiendo que tal variedad de receptores exista.

Los resultados más sorprendentes, en relación a este problema, tal vez sean los obtenidos por Parra, F. (1970), de ellos se desprenden implicaciones muy sugestivas, tanto bajo el punto de vista práctico como teórico, en lo referente al establecimiento de una métrica del espacio de color, objetivo inicial de su investigación, centrada sobre la medida de umbrales diferenciales de cromaticidad. Parra (1970) empleó un colorímetro diferencial que realizaba la mezcla de estímulos por fusión temporal. El tipo de visión es también monocular y el campo de visión presenta un diámetro angular de $3^{\circ}50'$ en total, diferenciándose de las investigaciones anteriores al utilizar un campo de referencia y uno variable concéntri-

cos. El diámetro angular del campo circundante es de 52° . La luminancia del campo de observación permanece constante en los dos estímulos que estudia (rojo y azul). El punto del diafragma cromático alrededor del cual se trabaja queda determinado por la abertura relativa de tres semisectores interiores. Los tres semisectores exteriores, coincidentes en principio con los correspondientes interiores, se mueven simultáneamente siguiendo una ley que permite desplazarse en una dirección determinada del diafragma cromático, manteniendo el nivel de luminancia constante.

En la expresión de sus resultados empleó también el sistema C.I.E., encontrándose la existencia de direcciones privilegiadas que hacen que la curva de contorno no sea cóncava hacia el interior como en las elipses, sino convexa. Otra conclusión interesante, es la diferencia de umbral, para desplazamientos en dos sentidos opuestos a partir de una iguala ción en un punto del diagrama cromático.

Ante esta versatilidad de resultados experimentales, iniciamos en nuestro laboratorio una línea de investigación con el fin de obtener información y tratar de analizar la influencia que sobre los procesos de discriminación pudieran tener algunos parámetros.

Partiendo de igualaciones metámeras y de diferentes tipos de fusión de primarios, fueron estudiados dos puntos del diagrama cromático por dos observadores. Con adaptación previa a la oscuridad y con un campo de observación de 4° , se encontró Hita, E. (1976) que las elipsoides de error sufrían variaciones de consideración en sus orientaciones, al pasar de un método a otro de fusión de primarios. Igualmente se obtuvieron variaciones sensibles en los tamaños de las elipsoides.

En trabajos posteriores, Hita, E. (1977) y (1979) se analizaron las nubes de puntos obtenidos en los diferentes casos apareciendo en todas las ocasiones una tendencia a dismi

nuir la discriminación en determinadas direcciones.

Como se puede deducir de los resultados obtenidos, tanto en los trabajos específicos sobre el tema como en otros complementarios, debe ser objeto de mayor atención el estudio de las variaciones en las condiciones experimentales de las observaciones.

Paralelamente a este análisis experimental, debe desarrollarse la base teórica, a cuya luz sea posible interpretar los datos que se vayan obteniendo. Esta teoría puede tomar dos vertientes, bien de índole biofísica o bien de índole sicofísica.

En el primer aspecto interesa el conocimiento de los mecanismos reales por los cuales el estímulo luminoso crea una excitación y la posterior transmisión de la misma hasta el cerebro. En el segundo, nos basta conocer la relación estímulo-respuesta, independientemente de estos mecanismos. En tanto que la bio-

Física Matemática de autómata teorías fisi-

o-químicas para explicar dichos procesos, a

la química le basta un modelo matemático

que de cuenta de los resultados de las expe-

riencias realizadas. Es importante hacer cons-

tar, que la investigación en el terreno de la

biología no apunta a la que se lleva a cabo en

en campo de la sicológica, debido a varios mo-

tivos, de los que entresacamos dos. En primer

lugar, una auténtica teoría de los mecanismos

internos del receptor visual debe dar cuenta

de los resultados que relacionan directamente

el origen del proceso, es decir, el estímulo

con el resultado mismo, o sea, la respuesta;

una teoría que no cumpla este requisito sería

incompleta.

Por otra parte, y refiriéndonos a

los problemas prácticos de la colibría,

de las propiedades físicas y químicas, como

lo que es exacto posible, de donde responde un

servador a determinadas propiedades y sus posi-

bles variaciones, ya sea por causa del estímulo, ya lo sea por causa del observador.

En general, la investigación biofísica ha obtenido una gran masa de resultados en animales de visión cromática parecida a la del hombre, dada la dificultad de aplicación de sus métodos al mismo. En cambio, los métodos sicofísicos presentan también dificultades en su aplicación a los animales, lo que conduce a la situación particular de que ambos conjuntos de datos no sean susceptibles de correlación debido a su peculiar procedencia.

No obstante, cuando estas comparaciones se establecen, se ha llegado a conclusiones verdaderamente interesantes, como por ejemplo la discutida existencia de los tres tipos de conos, cada uno con fotopigmentos diferentes, como se postula en la primitiva teoría de Young.

Todo esto nos conduce a afirmar que la investigación en el terreno del color debe

ser consciente de los diferentes métodos de experimentación y no tratar de aventurar teorías, ya sean sicofísicas o biofísicas, sin apoyo mútuo. No podemos omitir una nueva aportación al problema que, aunque proviene de principios científicos diversos, puede ser de capital importancia en la clasificación de ideas. Nos referimos aquí a la cibernética en el sentido de la creación de modelos de comportamiento similar al del cerebro vivo.

IV. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

IV.1. - SISTEMA DE PRODUCCION DEL ESTIMULO DE REFERENCIA

Nuestro dispositivo experimental ha sido diseñado y construido en nuestros talleres y laboratorios.

La descripción detallada de sus componentes pueden encontrarse en E.Hita (1975) , limitándonos aquí a dar su descripción, resaltando las modificaciones introducidas en el mismo para la realización de las experiencias pro-

gramadas para este trabajo.

Consta, nuestro dispositivo, de cuatro partes bien diferenciadas que estudiaremos desglosadas en los siguientes apartados:

1) Sistema de producción del estímulo de referencia

2) Sistema de producción del estímulo variable por mezcla espacial de primarios

3) Sistema de producción del estímulo variable por mezcla temporal de primarios

4) Sistema de observación

El esquema general del dispositivo se muestra en la figura n° 3. El filamento de la fuente luminosa S_3 (lámpara de Iodo-cuarzo, Syvania, 230 volt. 500 watt. tipo FFX, estabilizada, al igual que todas las que se utilizan en el dispositivo, con un estabilizador Boar, tipo 2000 S T al 0'3 %) se representa mediante un condensador sobre el orificio de entrada de una esfera integrante.

Entre los dos componentes del conden

sador se encuentra una placa portadora con tres filtros de color. El control de los primarios se efectúa, mediante tres diafragmas constituidos por semisectores. Figura n° 4.

La esfera integrante está recubierta de MgO por su parte interior. A 90° del orificio de entrada y en el mismo plano se dispone una salida consistente en una rendija (0,5 mm), la cual se encuentra en el foco de un doblete de focal 146 mm., y de diámetro 60 mm. Este doblete produce un haz colimado que por acción del dado fotométrico se yuxtapone al que proviene de la otra parte del dispositivo.

La fuente luminosa S_3 , el condensador y la placa portadora de los filtros, se encuentran dentro de una carcasa que está refrigerada por aire, para evitar se produzcan variaciones en la transmitancias de los filtros.

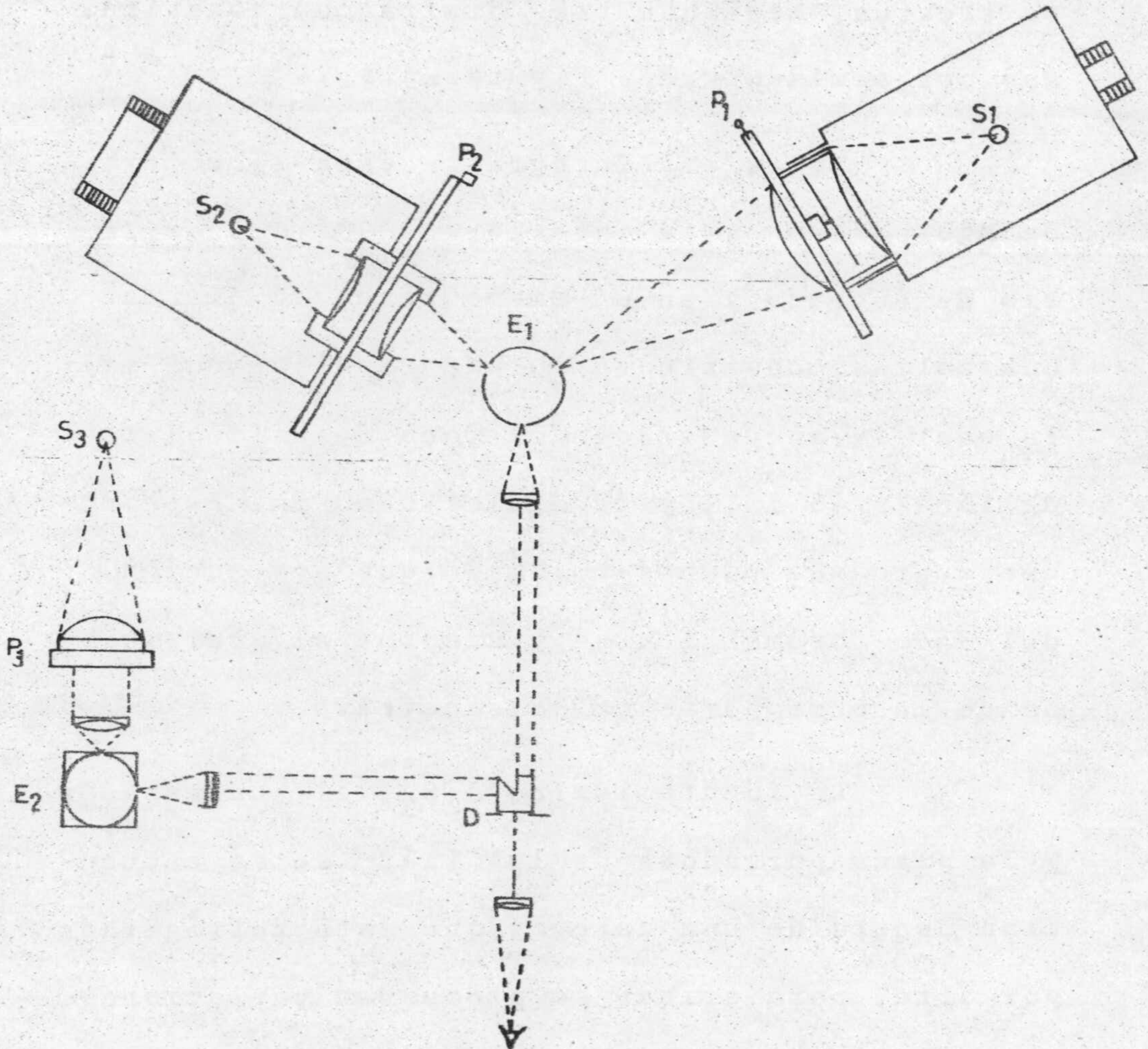


Fig. 3

ESQUEMA GENERAL DEL DISPOSITIVO

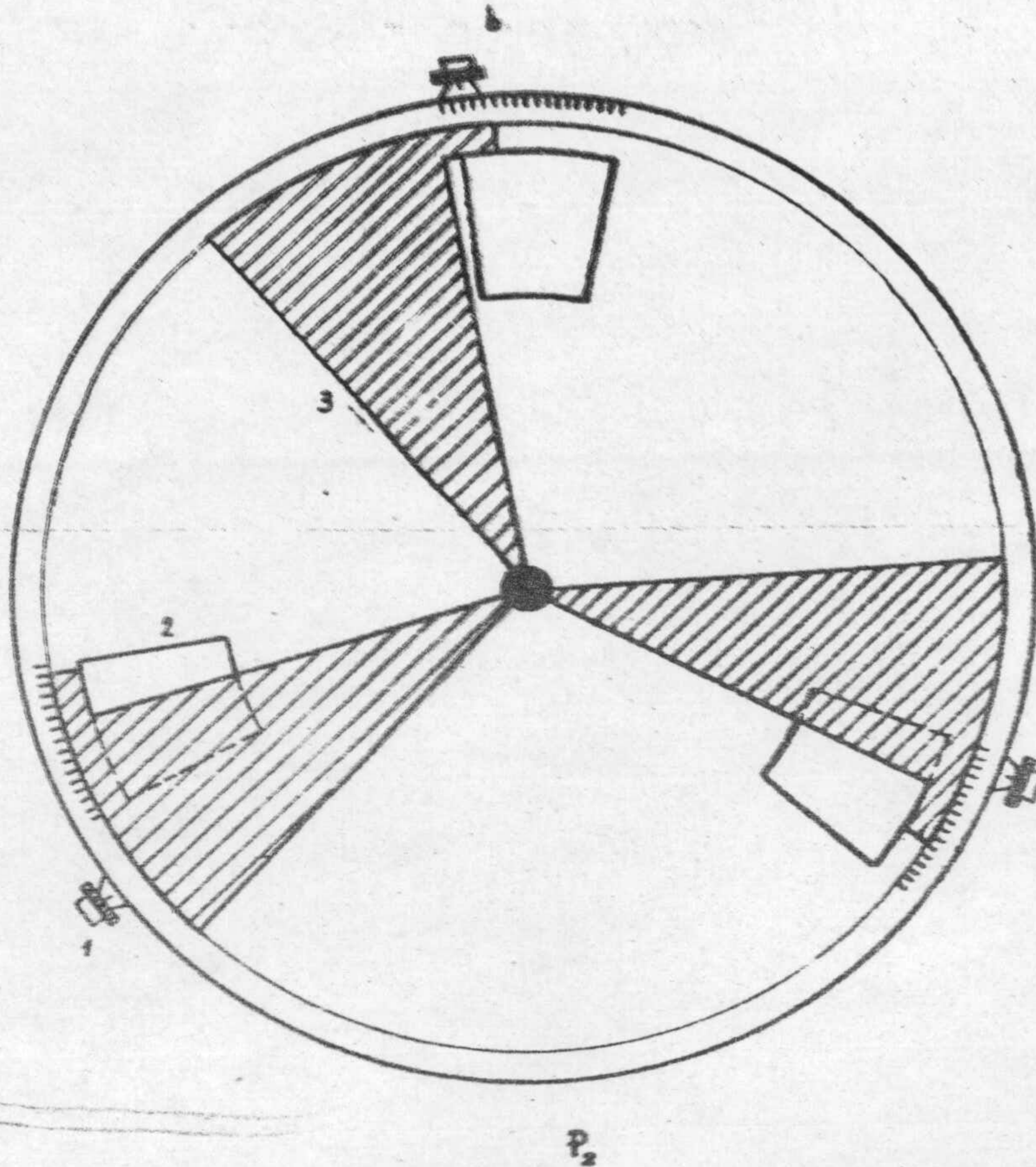


Fig. 4

DISPOSITIVO DE REFERENCIA

Placa portadora de tres filtros de color y sus respectivos diafragmas.

IV.2.- SISTEMA DE PRODUCCION DE ESTIMULOS VARIABLES POR MEZCLA ESPACIAL O SIMULTANEA DE PRIMARIOS

En la figura n°3 también se muestra en esquema. La fuente S_2 (igual a la anterior y estabilizada de la misma forma), se encuentra en el interior de una carcasa metálica debidamente refrigerada por aire y montada sobre un soporte regulable en altura. Frente a ella, y centrado con su filamento, se encuentra un condensador que lo representa sobre un orificio de 2'5 cm de diámetro de la esfera integrante.

El filamento de la lámpara S_2 , se sitúa en el foco de la primera lente del condensador, de forma que el haz emergente de ella sea paralelo al eje del sistema.

Las variaciones de radiancia se lleva a cabo por medio de diafragmas cuadrados de área

variable. Figura n° 5.

A continuación de la placa se sitúa la segunda lente del condensador de iguales características que el anterior, que origina la convergencia del haz que atraviesan los filtros, formando la imagen del filamento de la lámpara sobre uno de los orificios de entrada de una esfera integrante (de idéntico tamaño que la anterior). Esta tiene dos orificios de entrada y uno de salida, todos ellos en el mismo plano y a 120° , siendo los de entrada de 2'5 cm de diámetro y estando la esfera recubierta interiormente por una capa de MgO. El tamaño de ambas esferas es de 15 cm de diámetro.

El depósito de MgO se realiza en el interior de la esfera integrante sobre la superficie cromada, de acuerdo con las normas dadas en Keitz, H.A. (1955).

Una rendija, de 0'2 mm, acoplada en el orificio de salida de la esfera integrante, está situada en el plano focal de un doblete acromático de distancia focal 67 mm. y de diá-

metro 5 cm. Dicho doblete produce un haz colimado que se yuxtapone con el estímulo de referencia, misión que desempeña el dado fotométrico.

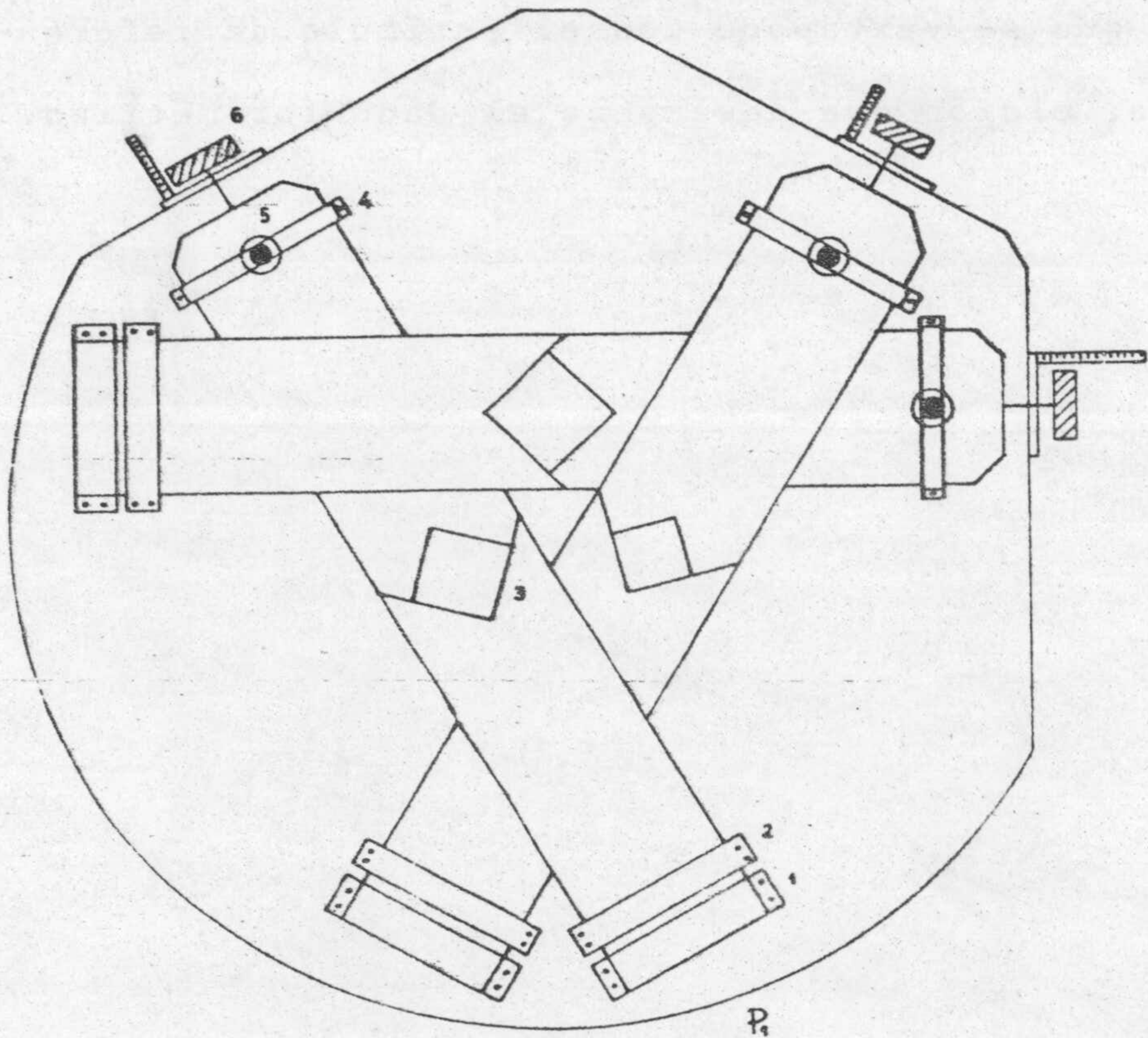


Fig. 5

DISPOSITIVO DE MEZCLA ESPACIAL

Placa portadora de tres filtros de color y sus respectivos diafragmas.

IV. 3. - SISTEMA DE PRODUCCION DE ESTIMULOS VARIABLES POR MEZCLA TEMPORAL O SUCESIVA DE PRIMARIOS

El esquema del dispositivo puede observarse en la figura n° 3, siendo este dispositivo análogo a los otros dos anteriormente descritos, mencionaremos aquí solamente las diferencias de este con respecto a los anteriores.

Las lentes del condensador son en este caso de 20 cm. de diámetro, siendo sus distancias focales 37'5 y 47'5 cm.

Los diafragmas están constituidos por láminas de acero que se deslizan sobre aberturas rectangulares, figura n° 6.

Solidario con las dos lentes que forman el condensador, figura n° 7, y entre ellas, se encuentra acoplado un motor coincidiendo su eje con el eje del colimador. En el extremo del eje del motor se encuentra una lámina de celuloide

opaca, en la que se ha realizado una abertura de tamaño igual a la máxima abertura de los diafragmas. Figura n° 8.

El giro del motor, hace que sucesivamente queden descubiertas cada una de las aberturas, produciéndose así la fusión temporal de los primarios.

Todo el conjunto formado por la fuente S de iluminación, condensador, placa de soporte de filtros y motor eléctrico, se encuentran acoplados en una carcasa suficientemente refrigerada por aire.

La lente de mayor distancia focal se encuentra en la parte exterior de la carcasa y forma la imagen del filamento de la lámpara sobre el orificio de entrada de la esfera integrante, la misma que la empleada en el sistema de producción de estímulos variables por mezcla espacial.

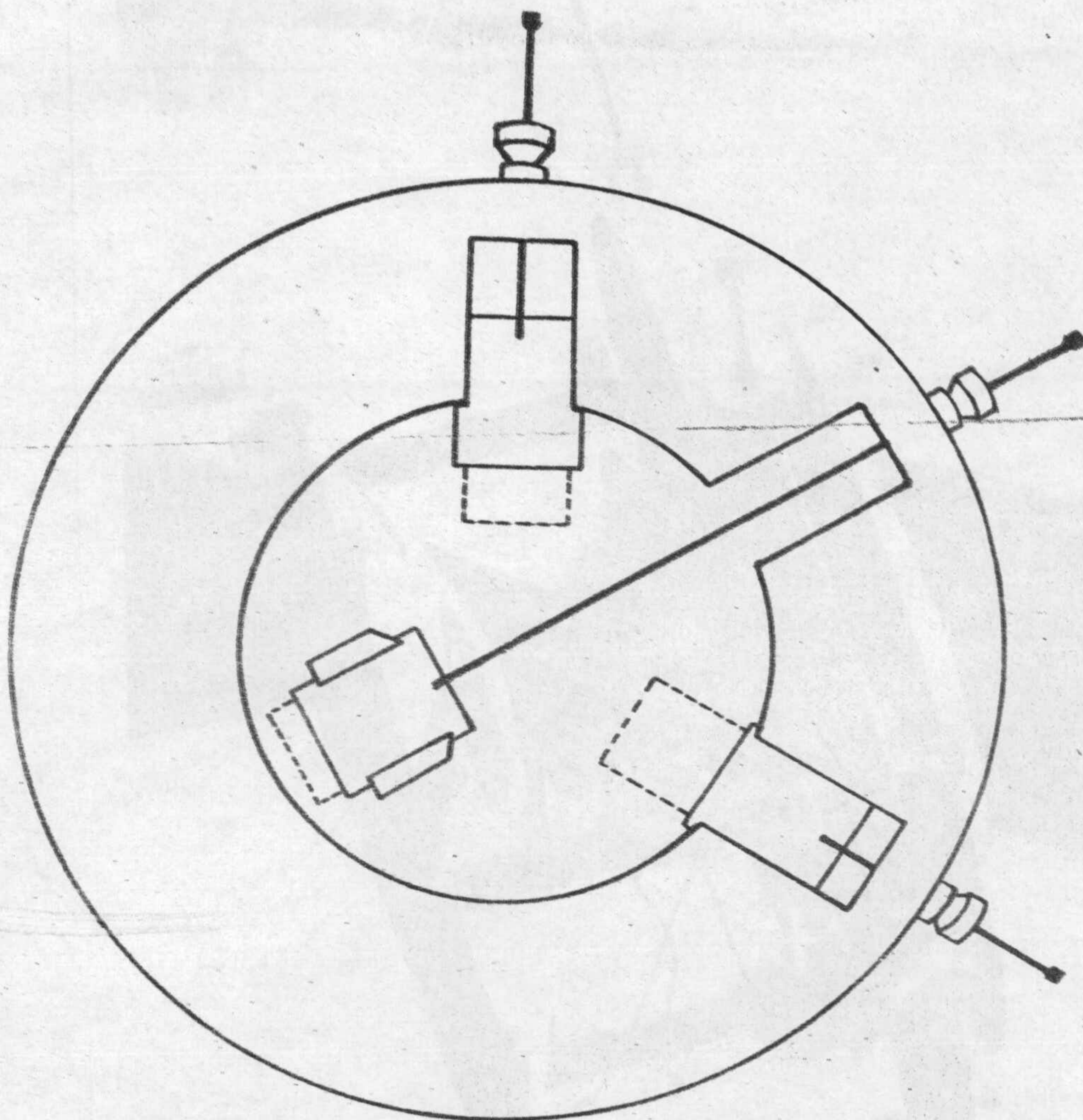


Fig. 6

DISPOSITIVO DE MEZCLA TEMPORAL

Placa portadora de tres filtros de color y sus respectivos diafragmas.

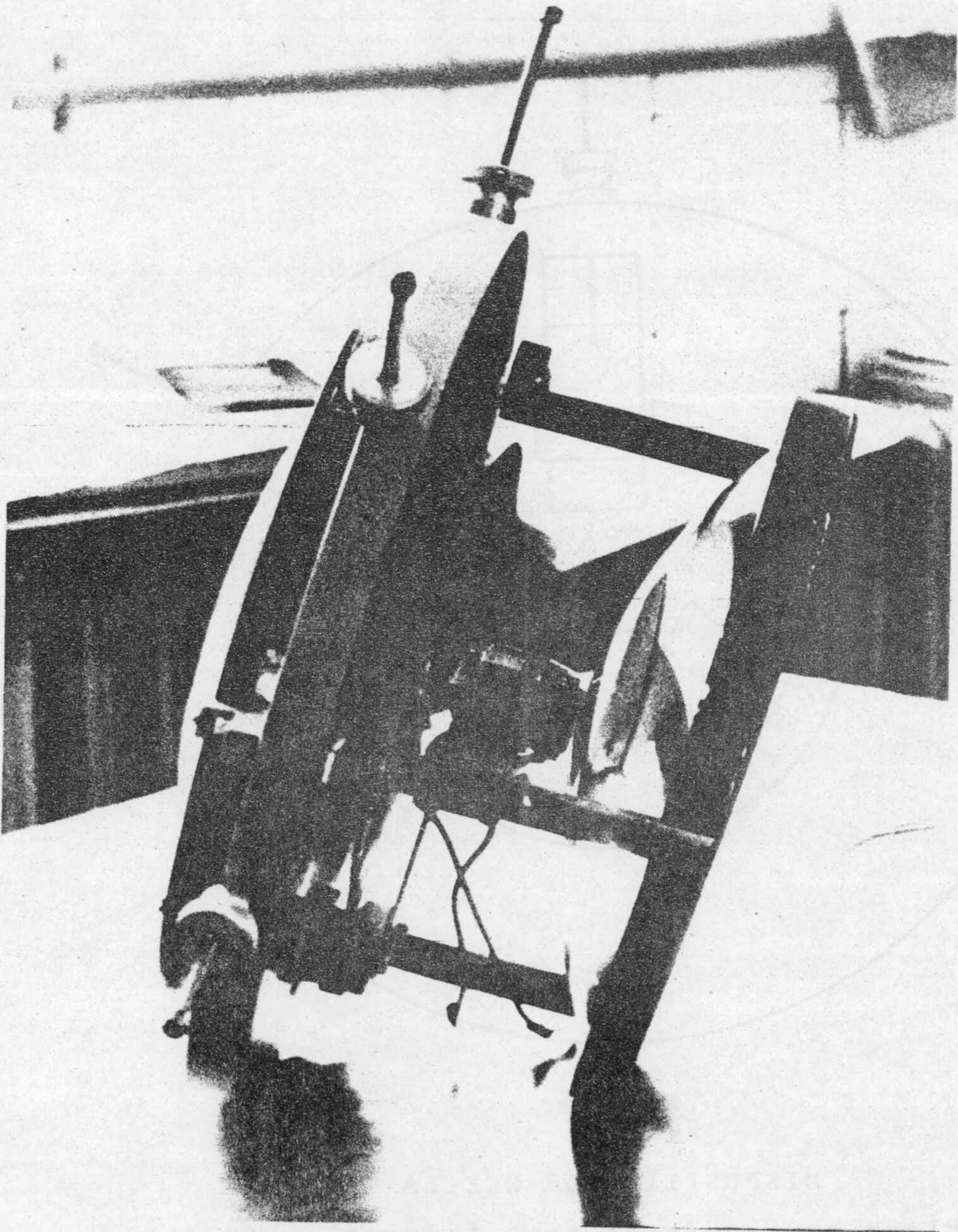


Fig. 7

Dispositivo para la mezcla temporal o sucesiva de primarios.

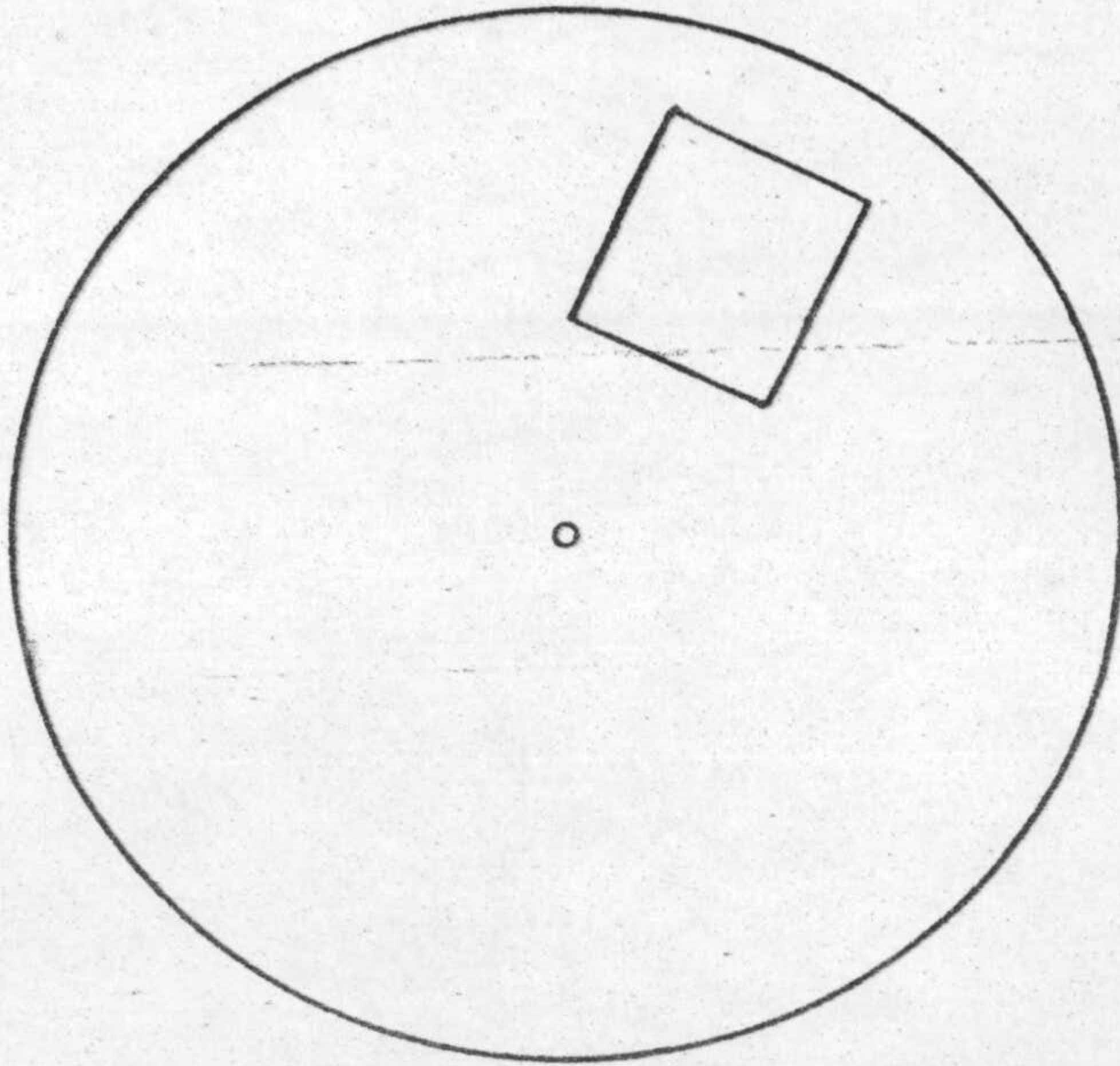
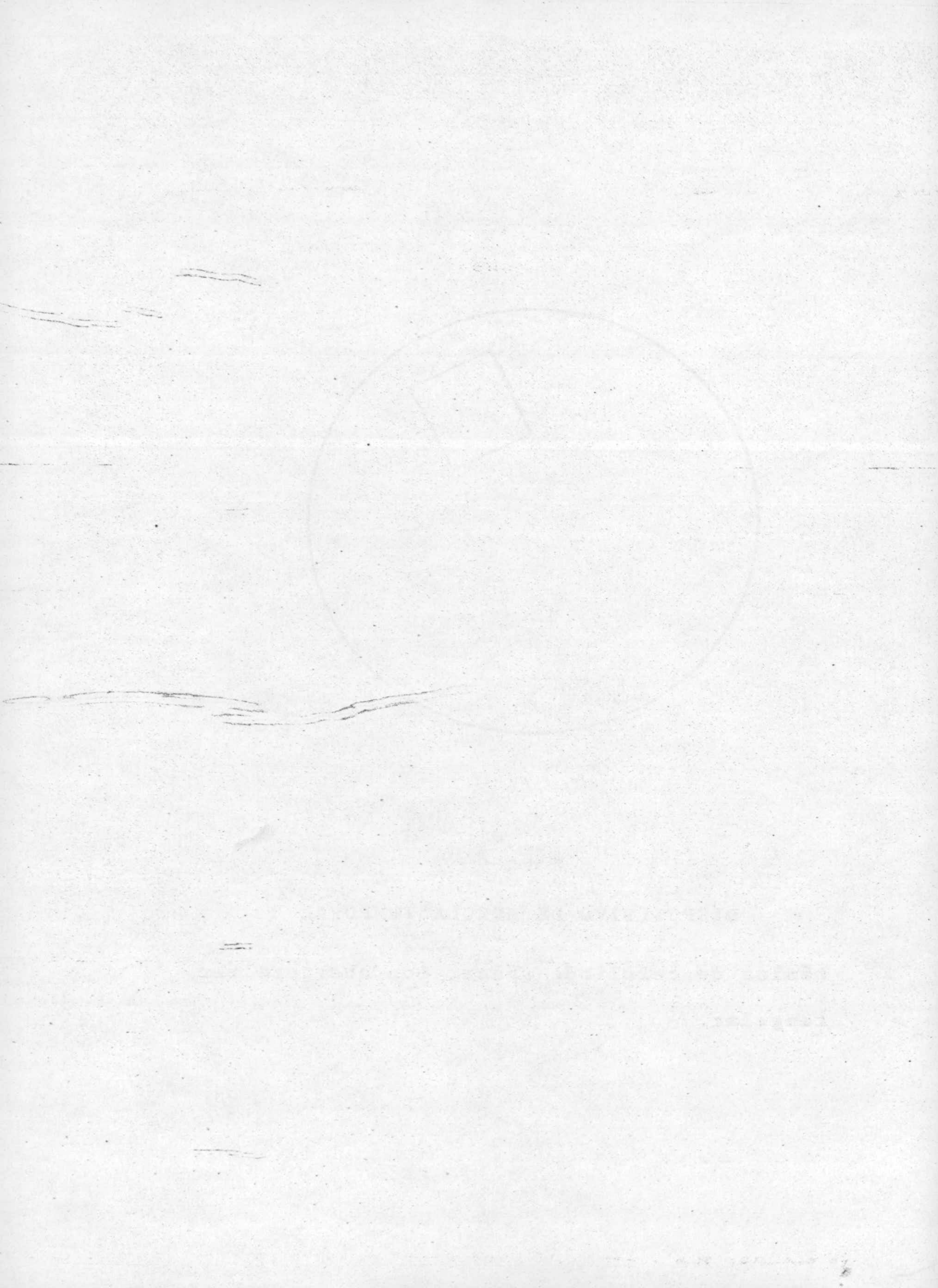


Fig. 8

DISPOSITIVO DE MEZCLA TEMPORAL

Lámina de celuliode apaca, con abertura rec
tangular.



IV. 4. - SISTEMA DE OBSERVACION

Para presentar al observador los estímulos procedentes de cada uno de los sistemas anteriormente descritos, se utiliza el dispositivo que se observa en la figura n° 3.

La yuxtaposición de los estímulos, se lleva a cabo en el dado fotométrico.

Los haces luminosos emergentes del dado, que seguirán siendo paralelos, son limitados por un diafragma circular (1'6 cm de diámetro) incidiendo sobre un triplete, de distancia focal 21,5 cm y de diámetro 6 cm. En el foco de éste se sitúa una pupila artificial de 2 mm. de diámetro, para de este modo fijar la posición del ojo, obteniéndose visión Maxwelliana.

El observador fija la cabeza por medio de una dentonera y observa un campo circular subtendido por un ángulo de cuatro grados, dividido en dos semicampos. En el de la derecha se

presenta el estímulo variable y en el de la iz
quierda el estímulo fijo o de referencia.

IV. 5. CONDICIONES EXPERIMENTALES

Uno de los problemas de mayor importancia en este tipo de trabajo es la elección de las condiciones experimentales pues, los resultados que se obtengan van a ser función de las mismas.

Dado que en el presente trabajo nos planteamos el estudio de igualaciones isómeras, la elección de primarios y fuentes luminosas deben ser tales que este requisito satisfaga. Por ello las lámparas utilizadas deben ser idénticas y además los filtros responsables de la cromaticidad de los primarios deben ser iguales, es decir, sus curvas de transmitancia deben coincidir.

Teniendo en cuenta lo anterior, se eligieron tres lámparas de Iodo-cuarzo marca sylvania de 230 volt. y 500 watt. Estas lámparas poseen alto rendimiento luminoso y filamento concentrado. Además poseen una elevada cons

tancia en su emisión, una vez envejecidas.

Los filtros que seleccionamos para producir los primarios en cada uno de los dispositivos descritos vienen especificados por sus curvas de transmitancia en las siguientes figuras: 9a, 9b y 9c ; 10a, 10b y 10c; 11a, 11b y 11c.

Las lámparas utilizadas producen una elevación de la temperatura del medio y de los filtros. Por la absorción estos elevan su temperatura aún más, lo que lleva consigo una variación en su transmitancia bastante significativa, si el intervalo de temperatura es amplio Juan, J. (1974). Esto nos llevó a establecer un control de la temperatura. Para ello, cada dispositivo lleva incorporado un turbo-ventilador y una inyección adicional de aire regulada mediante un venturímetro. De esta forma, la temperatura se estabiliza pasado un tiempo de unos cinco minutos.

Referente a las demás condiciones de

observación, escogimos adaptación a la obscuridad y un campo de observación de 4 grados. El tiempo de presentación de estímulos es de 1 seg. y el intervalo de adaptación de 10 seg.

Las medidas las han realizado dos observadores, de 29 y 30 años respectivamente, a efectos de poder comparar los resultados de ambos.

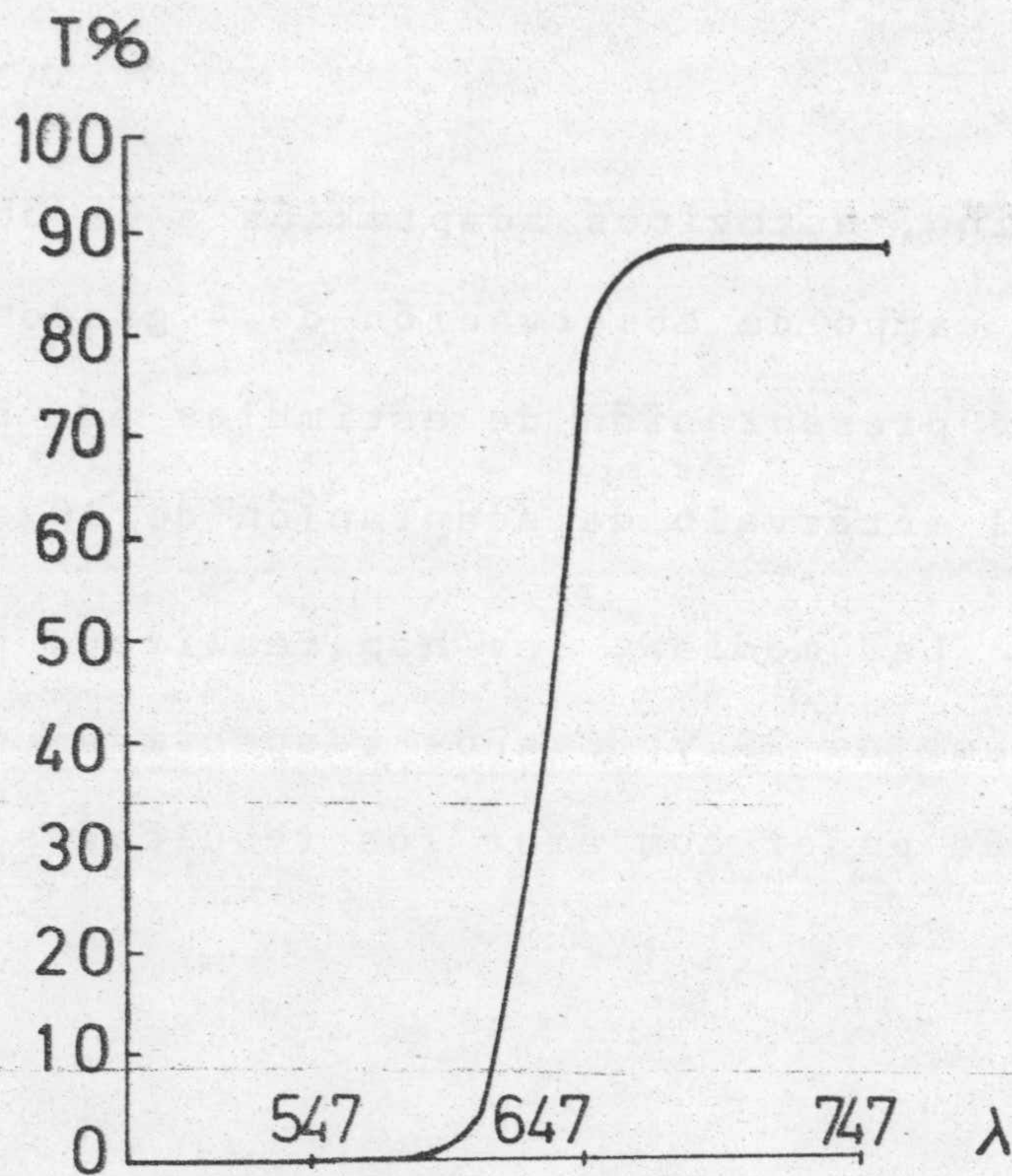


Fig. 9-a

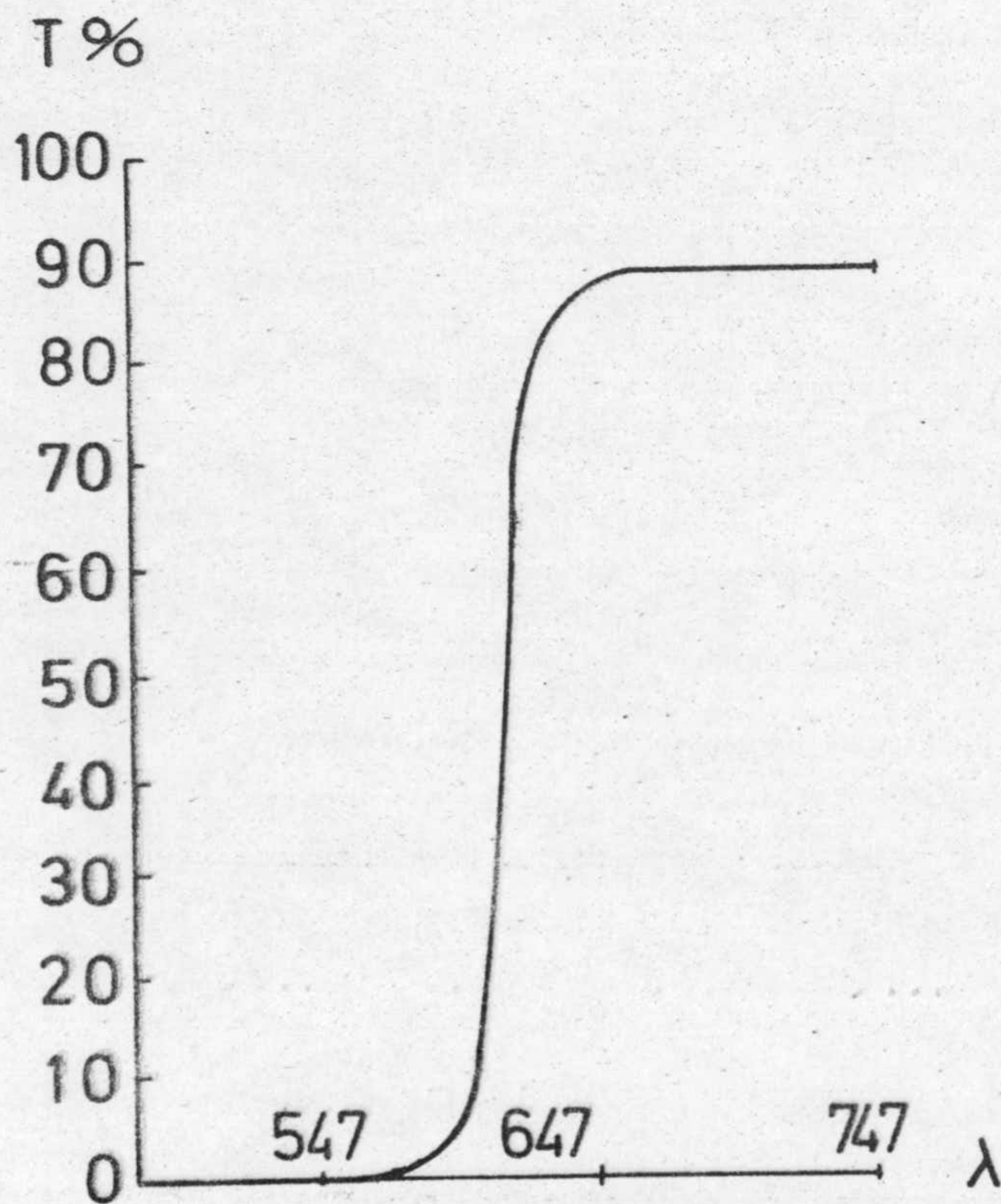


Fig. 9-b

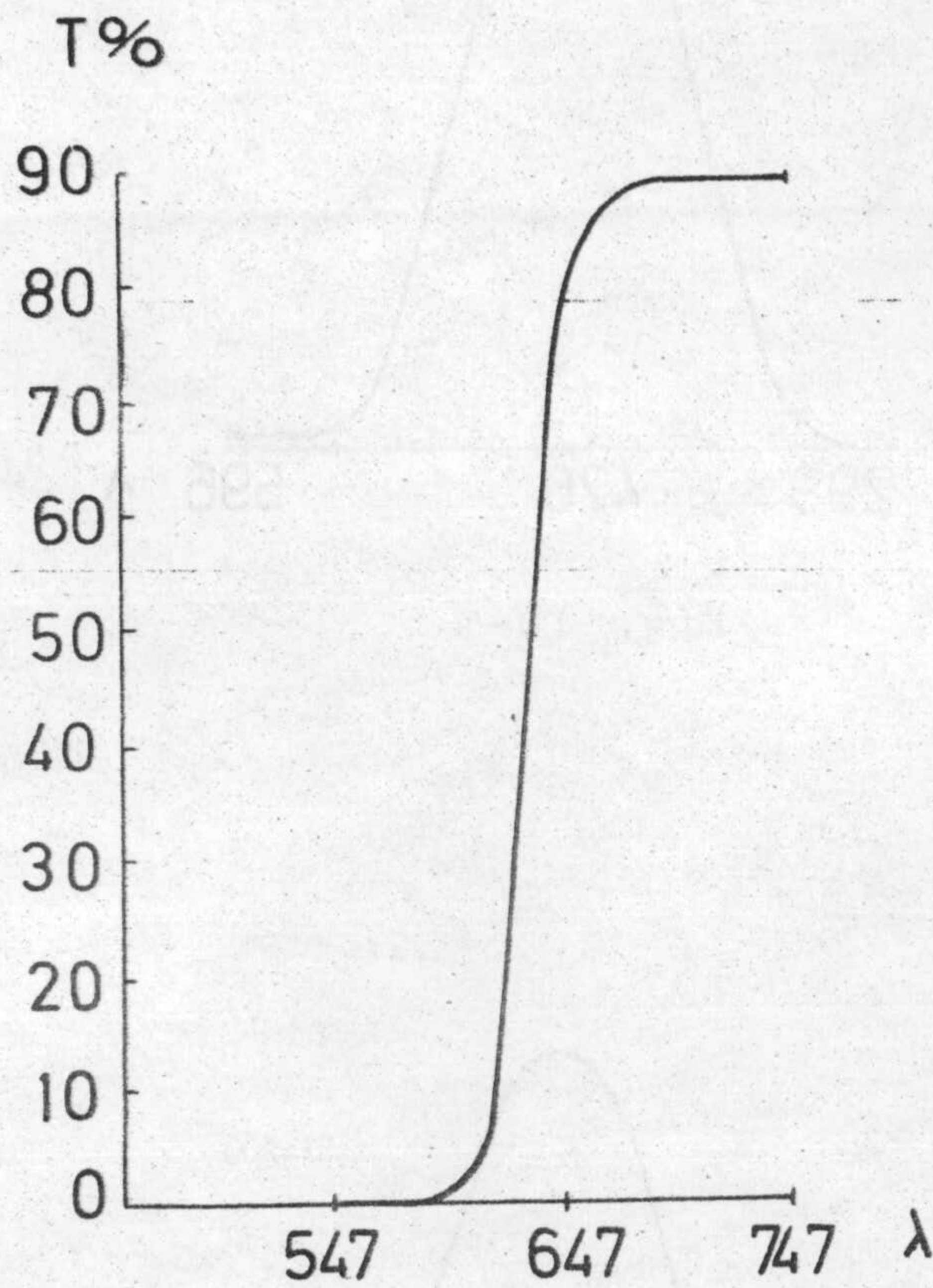


Fig. 9-c

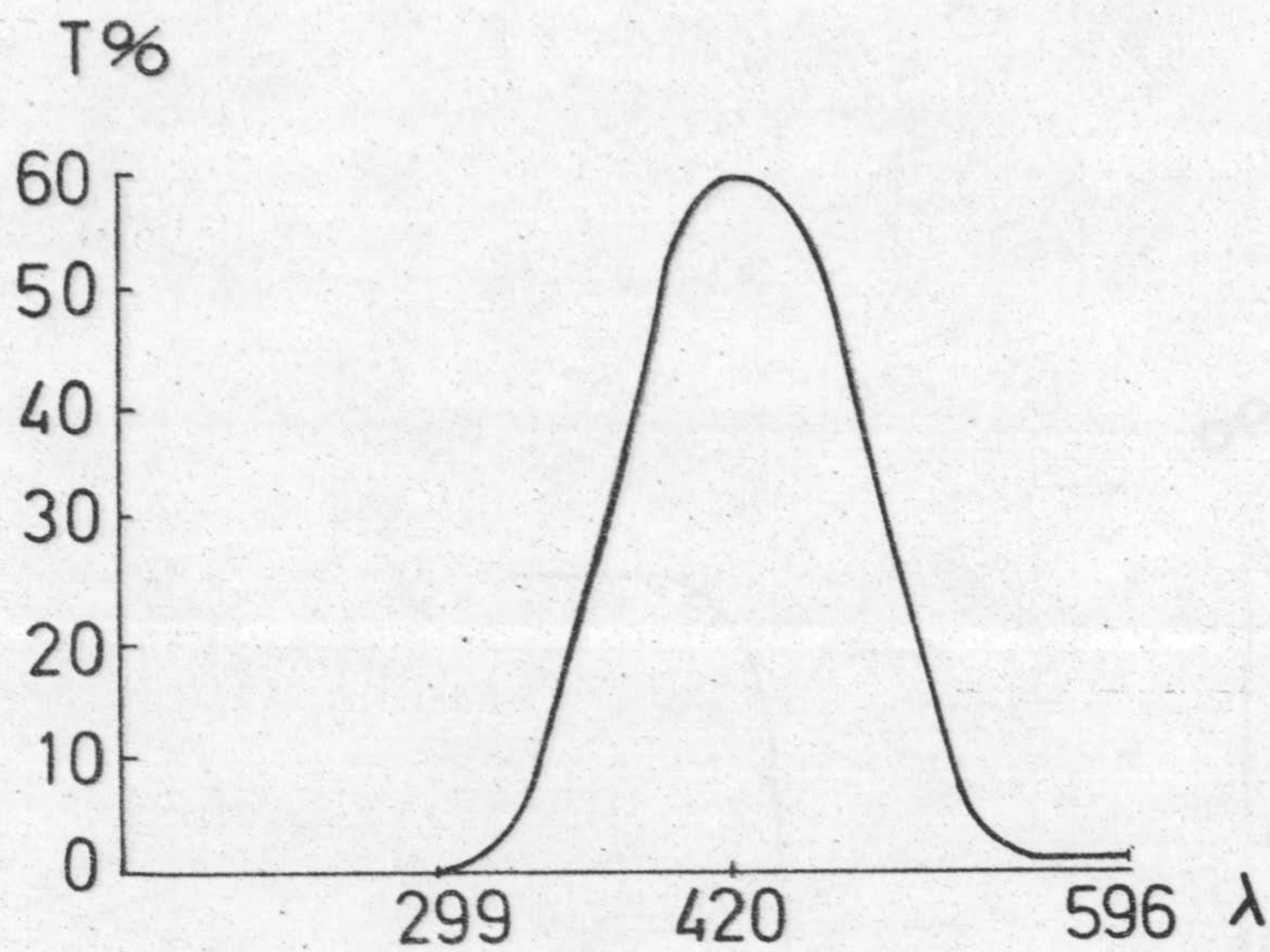


Fig. 10-a

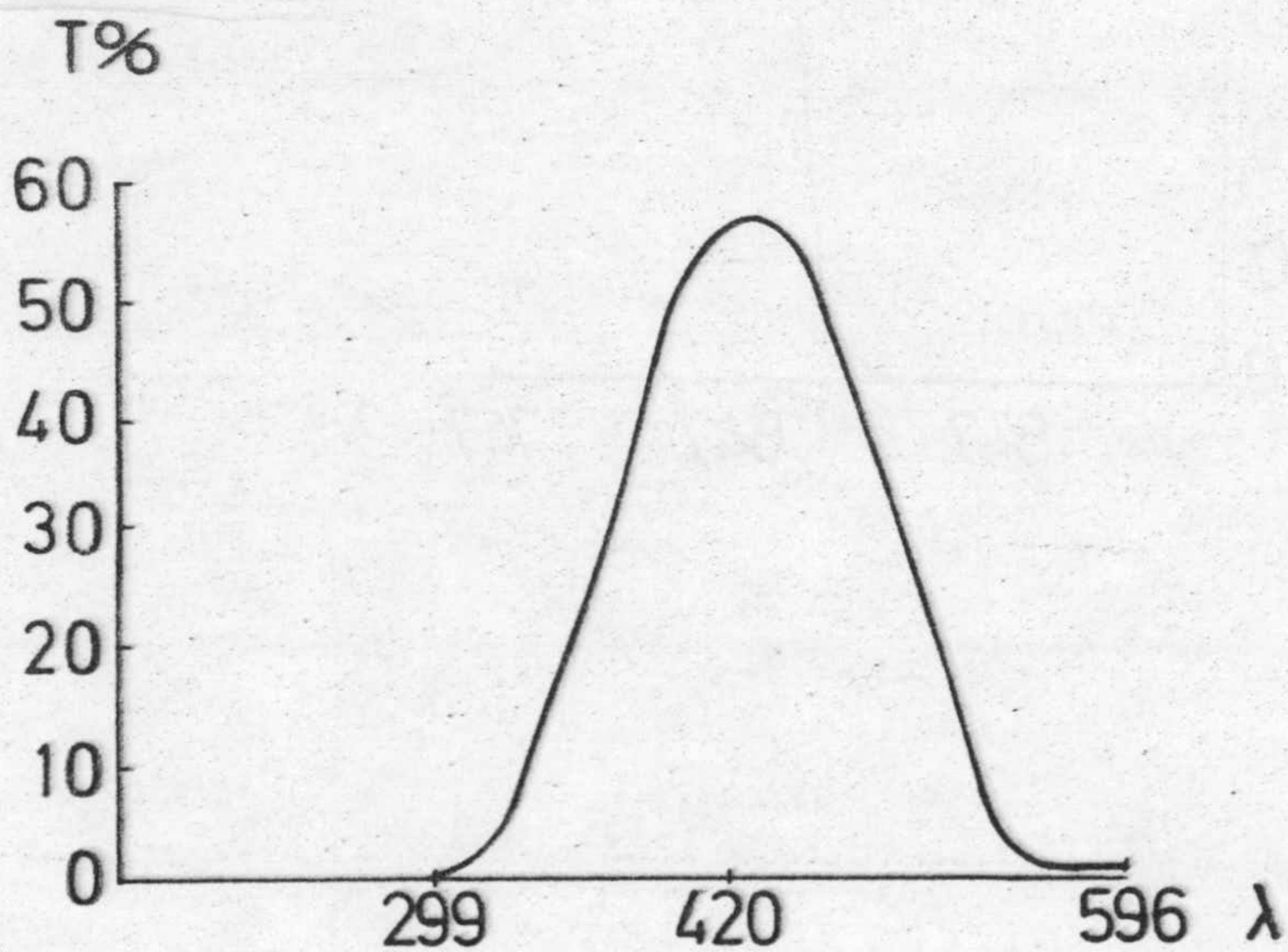


Fig. 10-b

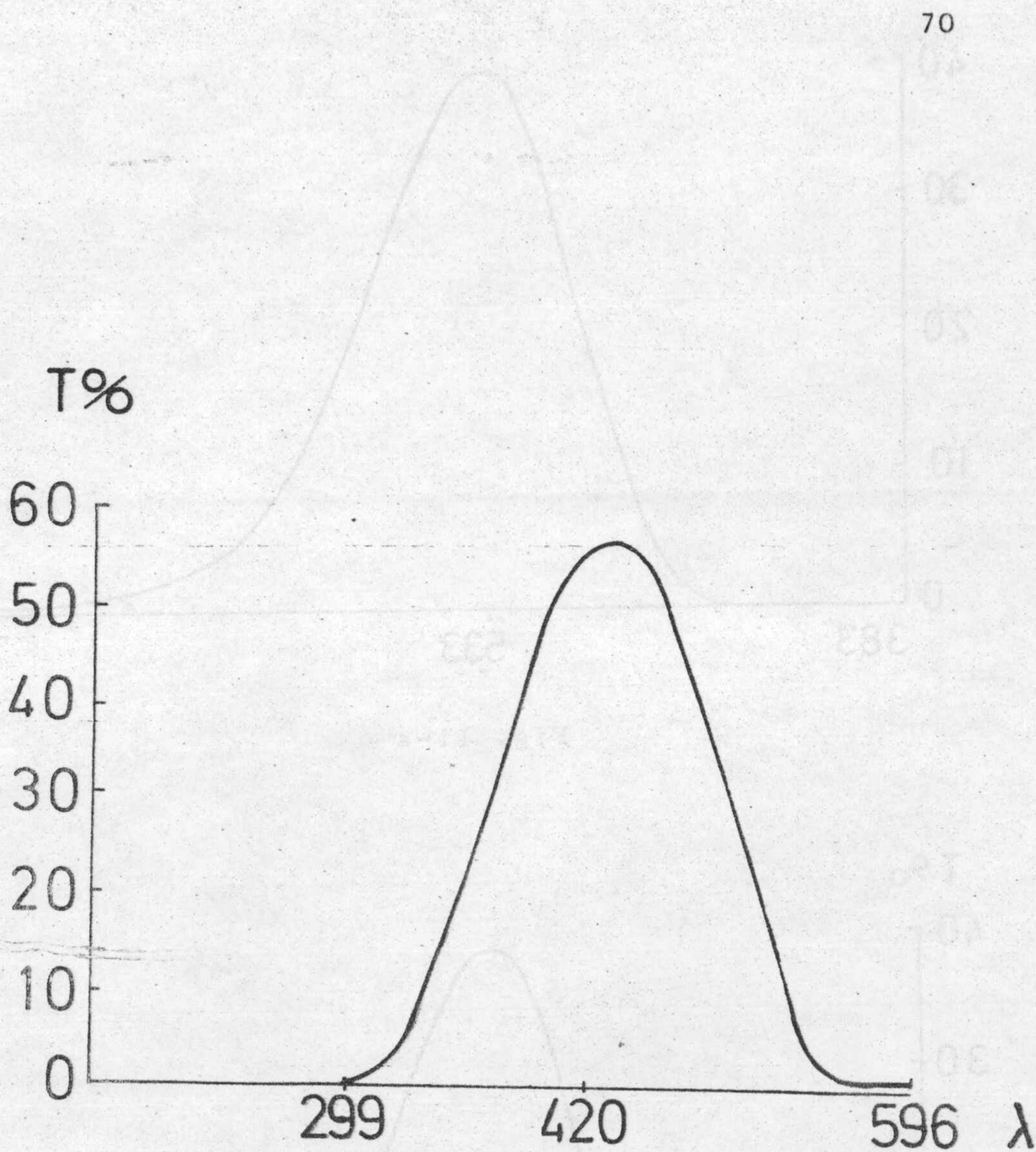


Fig. 10-c

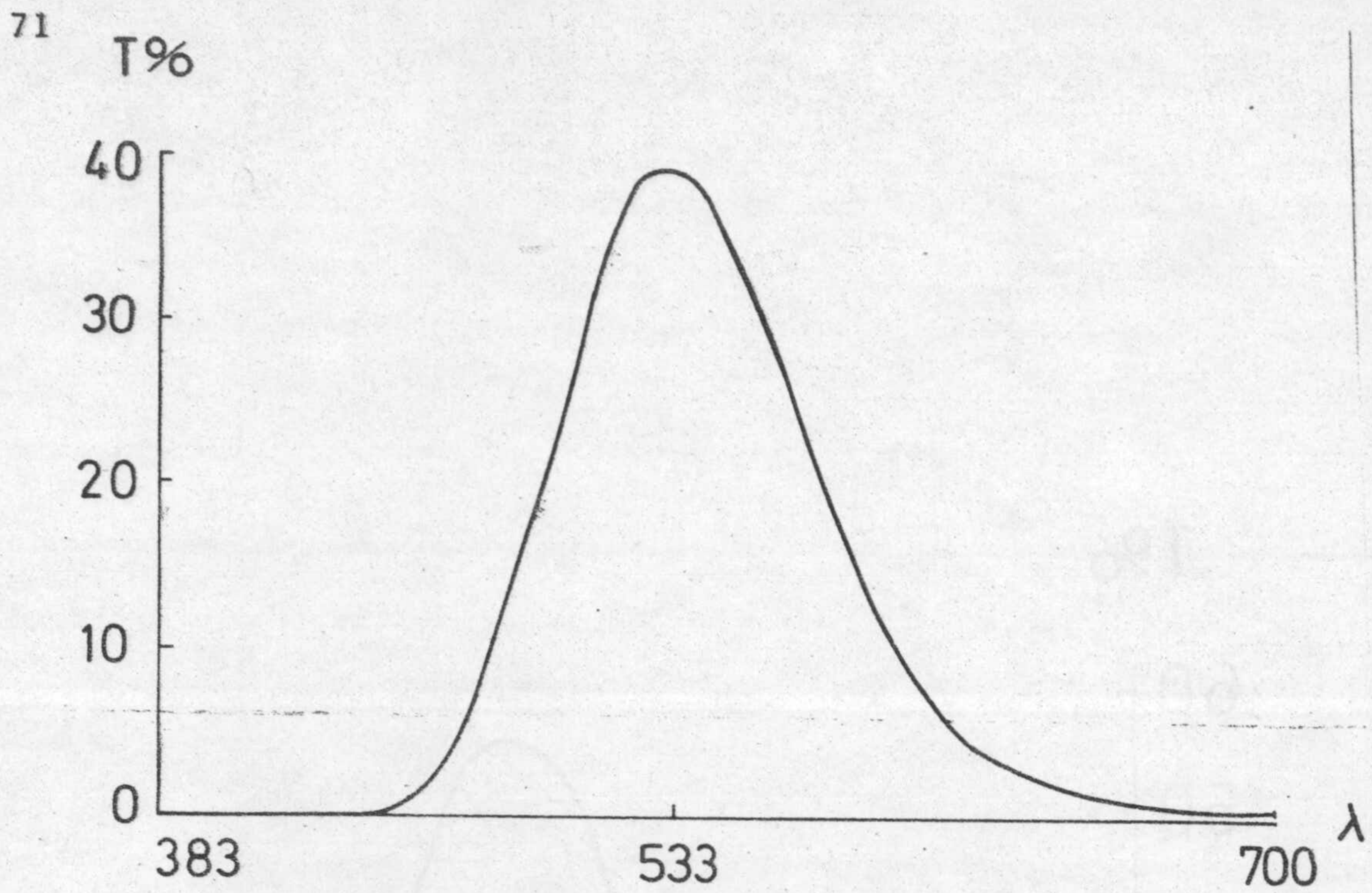


Fig. 11-a

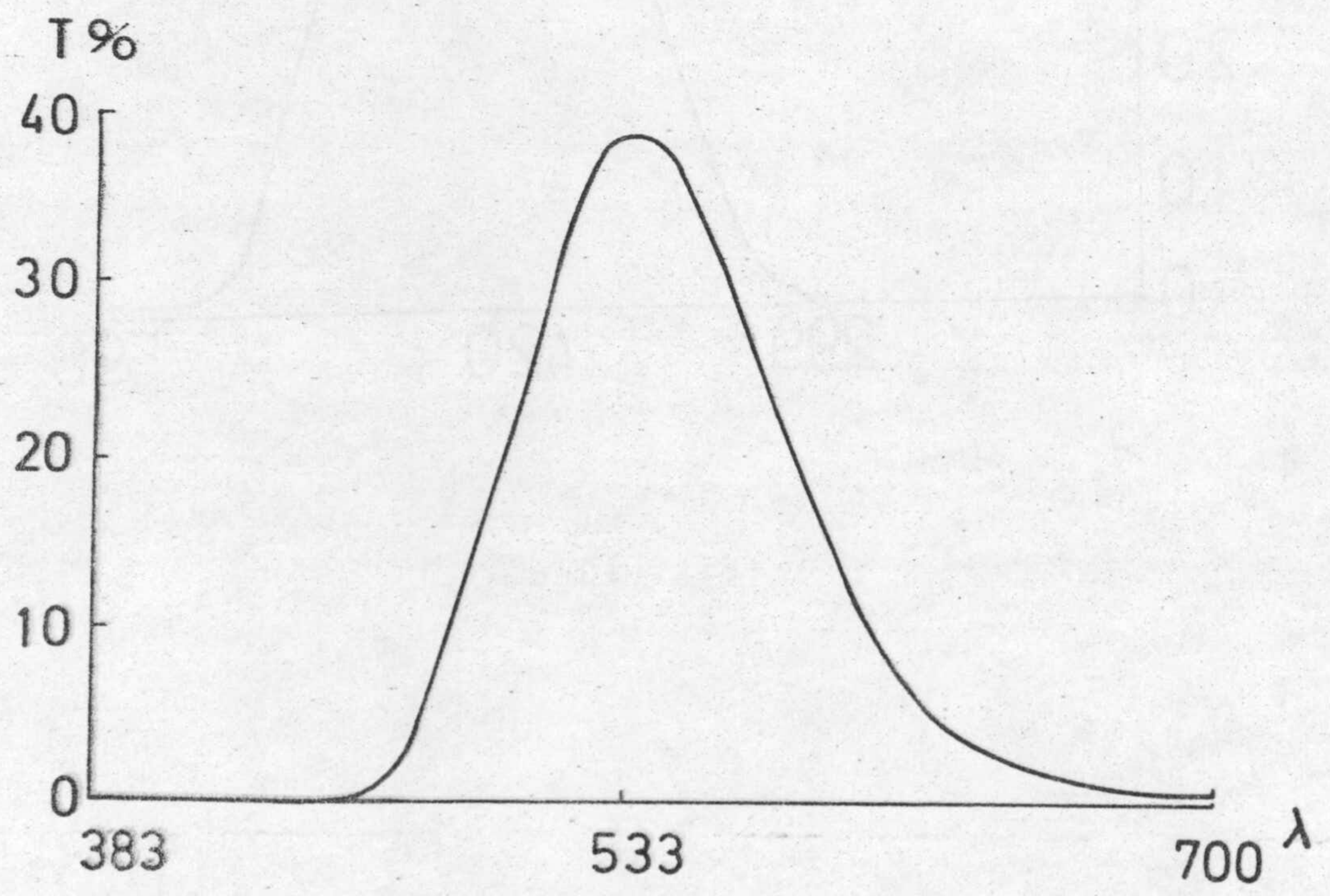


Fig. 11-b

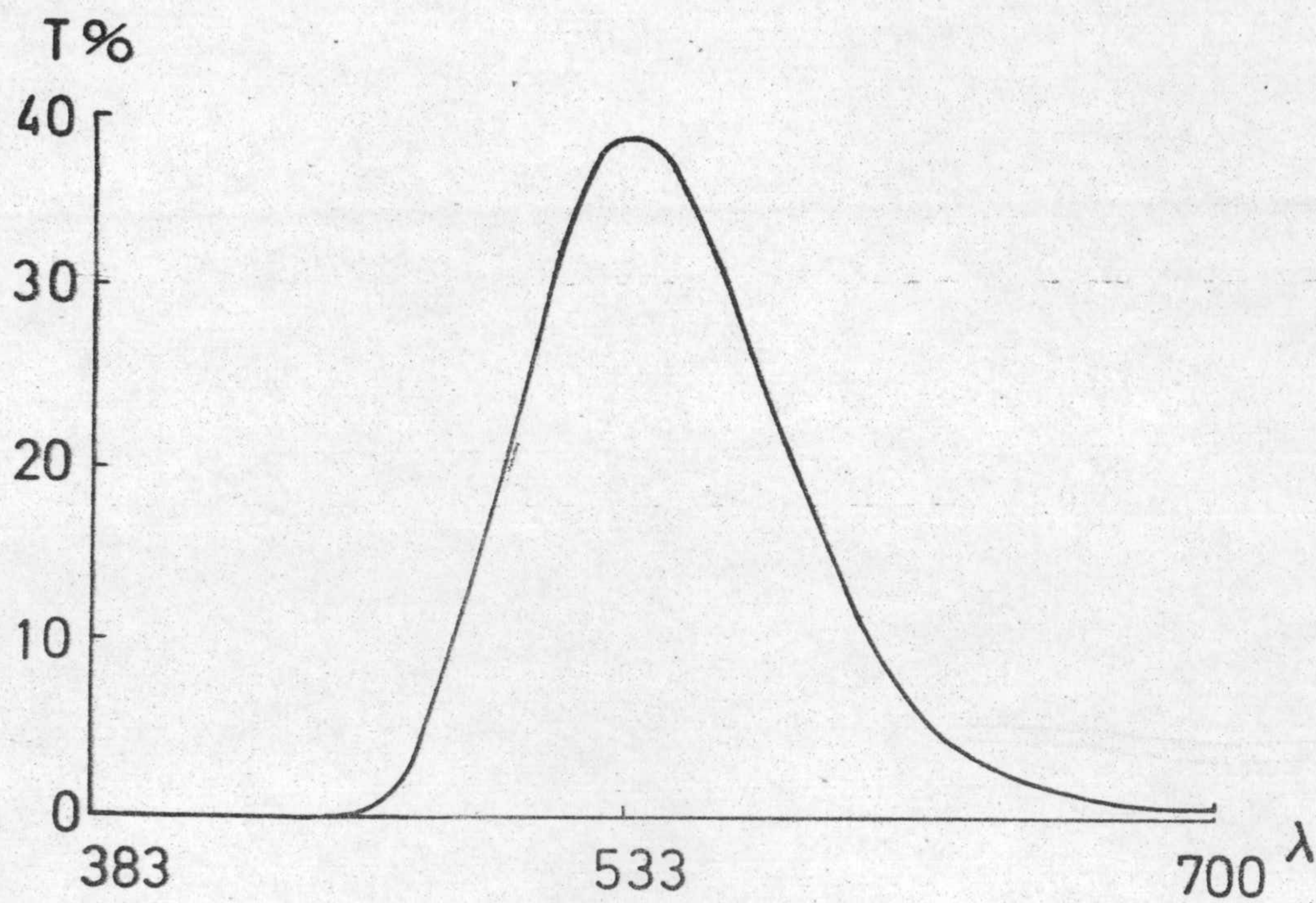
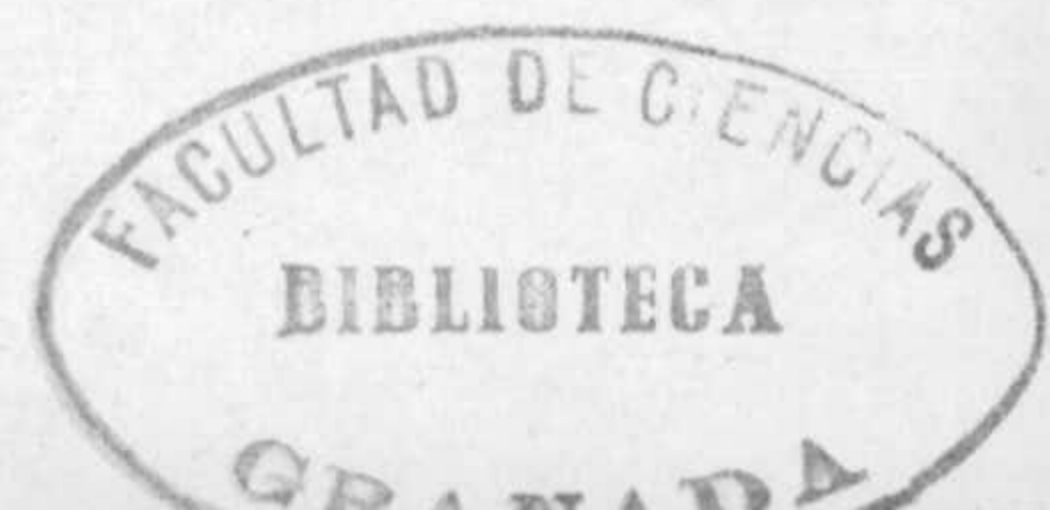


Fig. 11-c

IV:6. - PUESTA A PUNTO DEL DISPOSITIVO

Nuestro dispositivo está concebido de tal manera que se puede analizar y medir la luz que llega al ojo del observador utilizando una red de difracción. Para ello se sustituye el sistema de observación por dicha red. En la figura n° 12 se muestra un esquema en donde la rendija de la esfera E_1 se encuentra en el plano focal de un doblete del cual emerge un haz de luz paralelo que atraviesa el cubo fotométrico y llega a la red de difracción, donde se descompone espectralmente. Se utiliza la misma lente que se emplea en el sistema de observación para representar sobre una rendija el espectro de cada primario. Esta rendija selecciona adecuadamente la anchura espectral de las bandas correspondientes a cada uno de los filtros, que han de incidir sobre el fotocátodo del fotomultiplicador (XP-1020).

La medida de las radiancias espectra-



les, se lleva a cabo cuando el campo está iluminado por cada uno de los primarios. Teniendo en cuenta la sensibilidad del fotomultiplicador, la radiancia energética espectral viene dada por:

$$Le_{\lambda} = \frac{R_{\lambda}}{S_{\lambda}} \quad \text{siendo}$$

Le_{λ} la radiancia incidente

R_{λ} la respuesta del fotomultiplicador

S_{λ} la sensibilidad del fotomultiplicador.

El calibrado para cada filtro y para cada abertura de los diafragmas, se ha obtenido de 10 en 10nm., como es usual y dada la suavidad en la curva de transmitancia de los filtros.

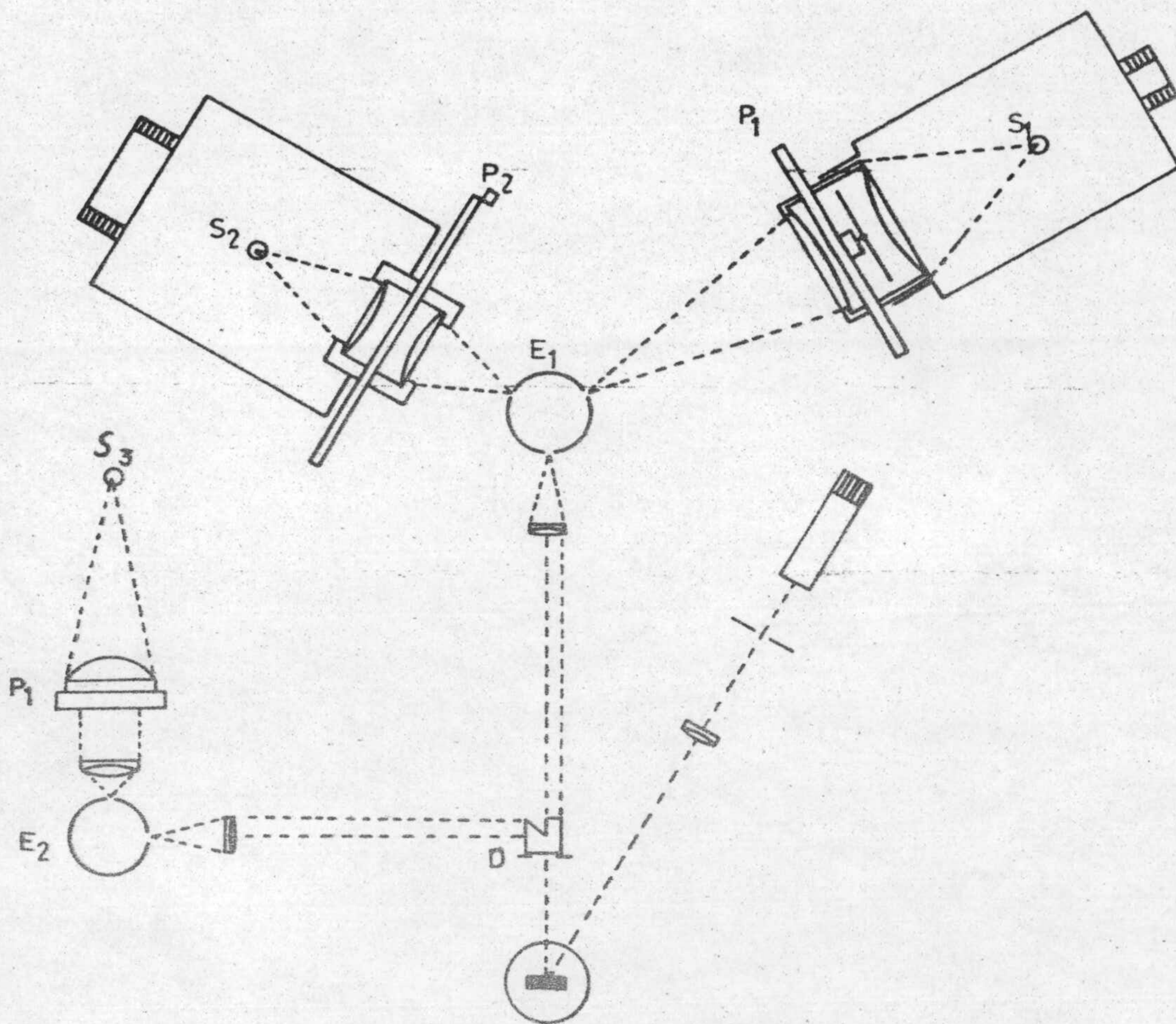
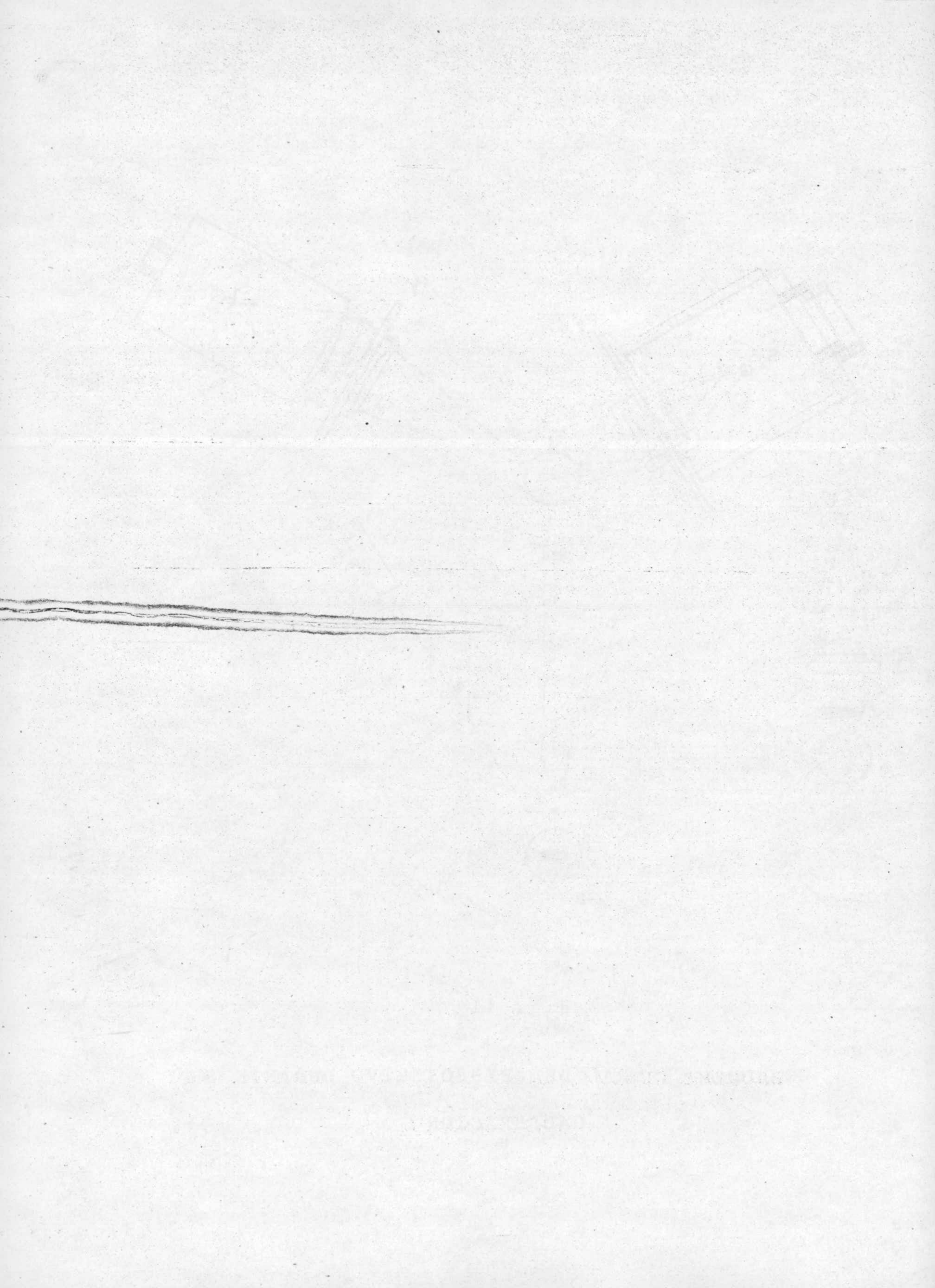


Fig. 11

ESQUEMA GENERAL DEL DISPOSITIVO DURANTE SU
CALIBRACION



V. OBTENCION Y ANALISIS DE DATOS

V.1.- REALIZACION DE LAS MEDIDAS

Con el dispositivo anteriormente descrito, previamente calibrado, y conocidas las radiancias espectrales ($L_{e\lambda}$) para cualquier posición de abertura de los diafragmas, de cada uno de los filtros, se hacen llegar al observador dos estímulos, uno fijo (procedente del sistema de referencia) y otro variable (procedente de uno de los dispositivos productores de estímulos variables). Así, se obtiene, como única respuesta, la igualdad o desigualdad en color

de los mismos.

En la presentación de estímulos, primero se elige la cromaticidad del estímulo de referencia, así como un nivel de luminancia adecuado para nuestro estudio. A continuación se lleva a cabo la igualación con uno de los dispositivos, con el obturador abierto y adaptación al propio color del estímulo de referencia. El experimentador varía los controles del dispositivo utilizado, hasta que el observador considere que ambos semicampos se han igualado.

Una vez realizada la igualación entre uno de los dispositivos y el estímulo de referencia, (igualación que sólo sirve de orientación en la confección posterior del conjunto de estímulos a presentar al observador), se inicia la presentación definitiva de estímulos previa adaptación del observador a la oscuridad.

Durante los diez segundos de intervalo de presentación entre estímulos (ignorando el observador cuál le va a ser presentado); el ex-

perimentador cambia de estímulo, moviendo para ello los diafragmas que controlan los primarios del dispositivo en estudio, y anota la respuesta que el observador ha dado de la presentación del anterior estímulo. El conjunto de presentaciones constituye una sesión con una duración no superior a los 15 minutos, que se distribuyen a lo largo del día no siendo superiores en número a seis. Se eligieron diferentes horas del día para la realización de estas sesiones. De esta forma se promedian las condiciones psicológicas del observador. En la primera sesión se presentan estímulos variables que vienen del dispositivo de fusión espacial, en la segunda se presentan estímulos variables, que proceden del dispositivo de fusión temporal y así, alternativamente. De esta forma se evitan las posibles influencias debidas al envejecimiento de las lámparas, que ahora sería simultáneo en ambos casos. No obstante, se han realizado periódicamente calibrados, en intervalos de tiempo suficientes, para comprobar posibles

anomalías debido a este fenómeno, o a desajustes de componentes, por vibración, polvo, etc.

Cuando los estímulos se presentan a un observador simultáneamente, como es nuestro caso, si se conocen los Le_λ para cada una de las cantidades de primarios utilizados en la igualdad, se demuestra analíticamente que si las curvas de mezcla de un observador son: \bar{r}_λ , \bar{g}_λ y \bar{b}_λ la igualdad viene dada por:

$$\int Le_\lambda \bar{\mu}_i d\lambda = \int L'e_\lambda \bar{\mu}_i d\lambda \quad \text{Ec. V.1}$$

donde $\bar{\mu}_i$, simboliza \bar{r}_λ , \bar{g}_λ y \bar{b}_λ

En el caso de obtener una igualdad isómera ($Le_\lambda = L'e_\lambda$), si queremos determinar el elipsoide de error correspondiente a un color determinado, debemos modificar al menos uno de los primarios, que intervienen en la obtención del estímulo variable, en este caso las ecuaciones anteriores se transformarán en:

$$\int_{\lambda} L e_{\lambda} \bar{\mu}_i d\lambda = \int_{\lambda} (L' e_{\lambda} + \Delta L' e_{\lambda}) \bar{\mu}_i d\lambda \quad \text{Ec. V.2}$$

donde $\bar{\mu}_i$ simboliza \bar{r}_{λ} , \bar{g}_{λ} y \bar{b}_{λ}

Estas ecuaciones serán isómeras si

$$L e_{\lambda} = (L' e_{\lambda} + \Delta L' e_{\lambda})$$

o bien estrictamente que $\Delta L' e_{\lambda} = 0$, es decir, si se cumple que

$$\int \Delta L' e_{\lambda} \bar{\mu}_i d\lambda = 0 \quad \bar{\mu}_i > 0$$

donde $\bar{\mu}_i$ simboliza \bar{r}_{λ} , \bar{g}_{λ} y \bar{b}_{λ}

La transformación de las ecuaciones V.1 en V.2 llevan consigo consideraciones de gran interés que hemos desarrollado en anteriores trabajos de investigación E. Hiña (1977).

Como resultado de la presentación de gran número de estímulos, tendremos una nube de puntos que rodean al estímulo de referencia.

Los estímulos de referencia que se han elegido corresponden a un amarillo-verdoso y a un azul (poco saturado). El primero de ellos ha sido estudiado por dos observadores E.J. de 29 años y E.H. de 30 años, con visión normal al color, según test de Hishihara (1973) y con los dispositivos de fusión de primarios utilizados. El segundo color de referencia ha sido estudiado sólo por E.J., utilizando también los dos dispositivos.

El número de estímulos presentados a E.J. es alrededor de unos 65.000, es decir, 65.000 presentaciones distribuidas en 1.100 sesiones, que se han realizado a lo largo de más de tres años de intensa experimentación. Para E.H. el número de presentaciones fué alrededor de 20.000, distribuidas en unas 300 sesiones.

Cada uno de los anteriores estímulos presentados están controlados por las posiciones de los mandos que regulan las aberturas

ras de los diafragmas de los primarios rojo, verde y azul. Si estas aberturas fuesen 5, 16 y 21, la radiancia espectral de dicho estímulo sería

$$Le_{\lambda 5,16,21} = L_{R5} + L_{G16} + L_{B21}$$

La representación de esos estímulos, la hemos llevado a cabo en el diagrama C.I.E. Para ello hemos aplicado las conocidas expresiones.

$$X = \int_{\lambda} Le_{\lambda} \bar{x}_{\lambda} d\lambda$$

$$Y = \int_{\lambda} Le_{\lambda} \bar{y}_{\lambda} d\lambda$$

$$Z = \int_{\lambda} Le_{\lambda} \bar{z}_{\lambda} d\lambda$$

donde $Le_{\lambda} = Le_{\lambda ijk}$

Siendo i, j, k las aberturas de los diafragmas de los primarios rojo, verde y azul.

Las coordenadas x, y, z serán

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad ; \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

Teniendo en cuenta que las radiancias espectrales medidas son relativas, los valores x , y , z serán también relativos, es decir, múltiplos del mismo factor de los valores triestímulos, ya que

$$Le_{\lambda_m} = f Le_{\lambda_v}$$

donde m indica el valor medido y v el verdadero que llega al ojo. No obstante, las coordenadas de cromaticidad (x, y) son independientes de este factor f . Por otra parte, son las variaciones de Y las que nos interesan y estamos en condiciones, con la ayuda del ordenador, de representar en el sistema C.I.E. toda la nube de puntos que rodea al estímulo de referencia.

Naturalmente, se pretende que el estí-

mulo de referencia quede completamente rodeado por la nube de puntos obtenida. Para ello los estímulos variables, o sea las posiciones de los mandos correspondientes, se seleccionaron de forma que a partir de la igualación inicial se variaba en una determinada cantidad uno de los primarios; permaneciendo este fijo en la nueva posición, se variaban los otros dos hasta conseguir en la comparación respuestas negativas del observador en todos los casos posibles. A continuación se realizaba un nuevo incremento al mismo primario y se repitió la operación hasta rodear completamente la posición inicial.

En todos los casos, se ha seguido el mismo criterio de selección y presentación de estímulos. Para el observador E.J. y estímulo de referencia azul con fusión temporal de primario, se modificó expresamente el criterio de selección anterior ampliando los intervalos con el fin de analizar su influencia.

V. 2. - ELIPSOIDE DE ERROR

Conocidas las coordenadas cromáticas en el diagrama C.I.E., de cada uno de los estímulos presentados, y siguiendo los cálculos realizados por A. Cruz y Alvarez-Claro (1973) se han ajustado a un elipsoide de error que engloba el 95 % de las igualaciones. A partir de la ecuación II.1 se deduce el centro del elipsoide, sus puntos extremos, secciones a $Y = \text{cte}$ y las proyecciones sobre el plano x, y .

De las elipsoides podemos extraer consecuencias en varios aspectos:

1) Que varíe el tamaño del elipsoide. En este caso es evidente que ha cambiado la discriminación cromática globalmente.

2) Que varíe la orientación de los ejes. En este caso, se mantiene la igualdad, como en el caso anterior, pero variará la discriminación según las posibles direcciones

del espacio.

3) Que varíe el centro del elipsoide. Esto significa que han variado las condiciones de igualación.

Ahora bien, estas conclusiones son evidentemente globales pues sólo se refieren al tamaño y orientación de la nube de puntos. No nos pone de manifiesto las posibles singularidades que puedan presentarse en dicha nube. Así, como complemento a este tipo de representación damos una forma más detallada de la distribución puntual.

V. 3. - REPRESENTACION PUNTUAL

Para poner de manifiesto las posibles formas y direcciones privilegiadas de la nube de estímulos que rodean al estímulo de referencia, hemos considerado conveniente hacer una representación en el plano xy del diagrama C.I.E. de cada uno de los estímulos que hemos comparado con el de referencia.

Cada estímulo ha sido presentado diez veces al observador sucesivamente. Por ello, cada punto del diagrama se completa con un número que indica el número de respuestas afirmativas acerca de la igualdad en color. El diez (10) lo representamos, por sencillez, mediante cero (0) en el plano xy e indica la igualdad, en todos los casos, entre los dos semicampos comparados y la desigualdad (10 no es) entre ambos estímulos, la representamos por un punto (.).

Para la representación de la nube de puntos, hemos ordenado todos los estímulos por orden de sus valores de luminancia relativa, en número de intervalos suficientes como para que en cada uno de ellos el observador no pueda detectar las variaciones en luminancia entre el estímulo fijo y el variable. El número de esos intervalos es de cinco, habiéndose obtenido al dividir la diferencia entre el valor de luminancia máxima y el valor de luminancia mínima por cinco. De esta forma se logra que los estímulos estén clasificados en los intervalos

$$Y_{\min.} + n \frac{\Delta Y}{5} \quad e \quad Y_{\min.} + (n+1) \frac{\Delta Y}{5}$$

con $n = 0, 1, \dots, 5$. Esta clasificación de estímulos se lleva a cabo con el ordenador, quedando cada estímulo, con su respectivo peso, en su intervalo correspondiente según sea su valor de luminancia. Una vez clasificados todos los estímulos se procede a su representación en el plano x y del diagrama C.I.E.

A la vez que se hace la representación anteriormente mencionada, se lleva a cabo una superposición con las elipses obtenidas al cortar el elipsoide de discriminación por su eje transversal de luminancias, a valores constantes de este. Esos valores de luminancia constante se obtienen al dividir

$$\frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{6} = \Delta Y$$

y el primer corte al elipsoide de error perpendicular al eje de luminancia, se llevaría a

$$Y = \text{Cte} = Y_{\min} + \Delta Y$$

obteniéndose la primera sección elíptica. El segundo corte a $Y = \text{Cte}$ se obtendría para el valor de luminancia

$$Y = Y_{\min} + 2 \Delta Y$$

y así sucesivamente, hasta obtener cinco secciones elípticas. Estas secciones elípticas se re-

presentan superponiéndolas a la nube de puntos.

A partir de lo anteriormente expuesto, se obtendría en un mismo plano xy del diagrama cromático C.I.E., una elipse proveniente del primer corte al eje transversal de luminancias y la nube de estímulos representados por su peso, que se encuentran en el primer intervalo de luminancia y así sucesivamente, hasta cinco representaciones similares.

VI. RESULTADOS

VI.1. - INTRODUCCION

Los resultados que hemos obtenido en este trabajo se han agrupado en dos apartados.

En el primero de ellos V.2 (que comprende desde la página 110 a 111) se representan los elipsoides de discriminación obtenidos para los dos estímulos de referencia estudiados (amarillo-verdoso y azul) por dos observadores y para los diferentes tipos de fusión de primarios utilizados. Además, se incluye, con el fin de visualizar mejor los resultados y a efecu

tos comparativos, la representación en el diagrama C.I.E. de las secciones elípticas principales de los elipsoides anteriores (página 112 a la 114).

En el segundo apartado VI.3 hemos representado las distribuciones puntuales obtenidas en cada caso, superponiéndolas a las secciones elípticas correspondientes. Estas representaciones se han realizado teniendo en cuenta las consideraciones hechas en el apartado V.3.

Los resultados que se expresan aquí aparecen en función del estímulo de referencia estudiado, del observador, del tipo de fusión de primarios y de la función peso. En relación con este último parámetro los resultados se agrupan en tres subapartados. El primero de ellos engloba las nubes de puntos con pesos comprendidos entre 1 y 10. (Página 123 a 152), en el segundo se consideran solamente aquellos puntos cuyo peso va desde 5 a 10 (página 156 a 185) y en el tercero solamente los de peso 10

(Página 188 a 217). En los tres casos se inclu
yen los puntos de peso nulo.

Al final de este apartado incluimos otro grupo de representaciones, obtenidas con criterios diferentes a los anteriores, que ocu
pan desde la página 225 a la 254, y que nos per
miten asegurar la fiabilidad de los resultados anteriores.

Al final de cada apartado incluimos un análisis de los resultados correspondientes al mismo.

VI. 2. ELIPSOIDES DE ERROR

A continuación se presenta un conjunto de elipsoides de error precedidos por una tabla de valores donde se especifican: El centro del elipsoide, los puntos extremos del mismo y los semiejes de las secciones elípticas, obtenidas al cortar al elipsoide por planos paralelos para distintos valores de luminancias. La primera sección elíptica resulta de cortar por un plano que pasa por el centro del elipsoide.

Con el fin de visualizar el elipsoide, en el esquema se trazan otras cuatro secciones elípticas paralelas (de las que sólo se representan sus ejes) a la anterior, dos por encima y dos por debajo, y a distancias de $1/3$ y $2/3$ entre el centro y cada uno de los puntos extremos. El ángulo α formado por el semieje mayor de la sección que pasa por el centro del elipsoide de error y el eje x del diagrama

C.I.E., nos indicará la orientación del elipsoide en plano xy.

En las páginas 112, 113 y 114 se representan en el diagrama C.I.E. las secciones elípticas que se obtienen al cortar el elipsoide de error por el centro del mismo y perpendicular al eje de luminancia.

Debido a que los umbrales de discriminación cromática son pequeños y difíciles de visualizar, se han representado tres veces mayores a su valor real.

OBSERVADOR: E.J.

ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DISPOSITIVO DE
MEZCLA TEMPORAL

CENTRO DEL ELIPSOIDE

$$x_c = .394$$

$$y_c = .458$$

$$Y_c = .714$$

PUNTOS EXTREMOS

$$x_1 = .396 \quad x_2 = .393$$

$$y_1 = .462 \quad y_2 = .454$$

$$Y_1 = .783 \quad Y_2 = .645$$

SECCIONES A Y = CTE

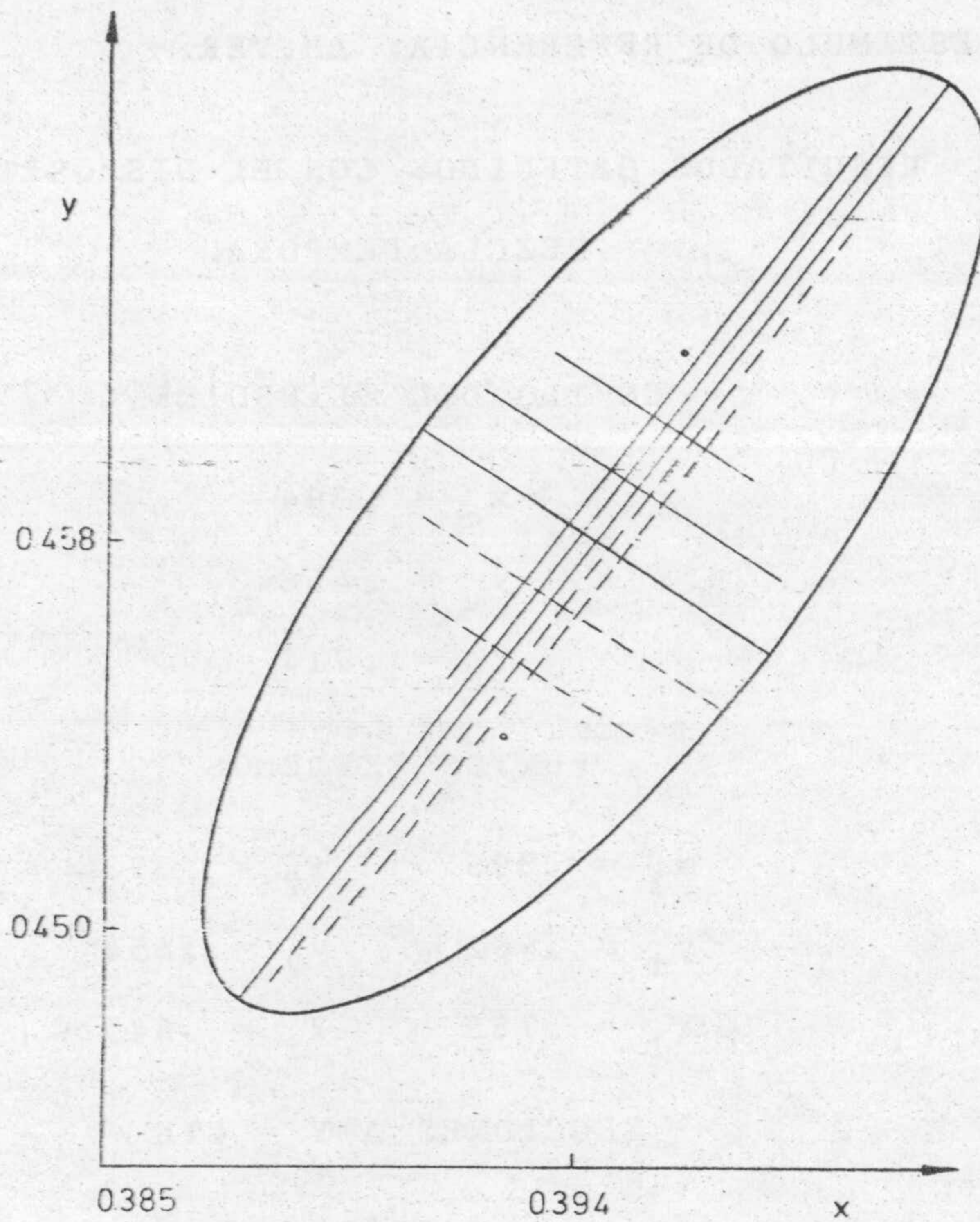
$$\alpha = 55'1^\circ$$

Semiejes

$$P_o = .004 \quad Q_o = .012$$

$$P_1 = .003 \quad Q_1 = .010$$

$$P_2 = .002 \quad Q_2 = .007$$



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

OBSERVADOR: E.J.

DISPOSITIVO MEZCLA TEMPORAL

OBSERVADOR: E.J.

ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DISPOSITIVO DE
MEZCLA ESPACIAL

CENTRO DEL ELIPSOIDE

$$x_c = .396$$

$$y_c = .451$$

$$Y_c = .705$$

PUNTOS EXTREMOS

$$x_1 = .398 \quad x_2 = .394$$

$$y_1 = .458 \quad y_2 = .444$$

$$Y_1 = .782 \quad Y_2 = .628$$

SECCIONES A $Y = \text{CTE}$

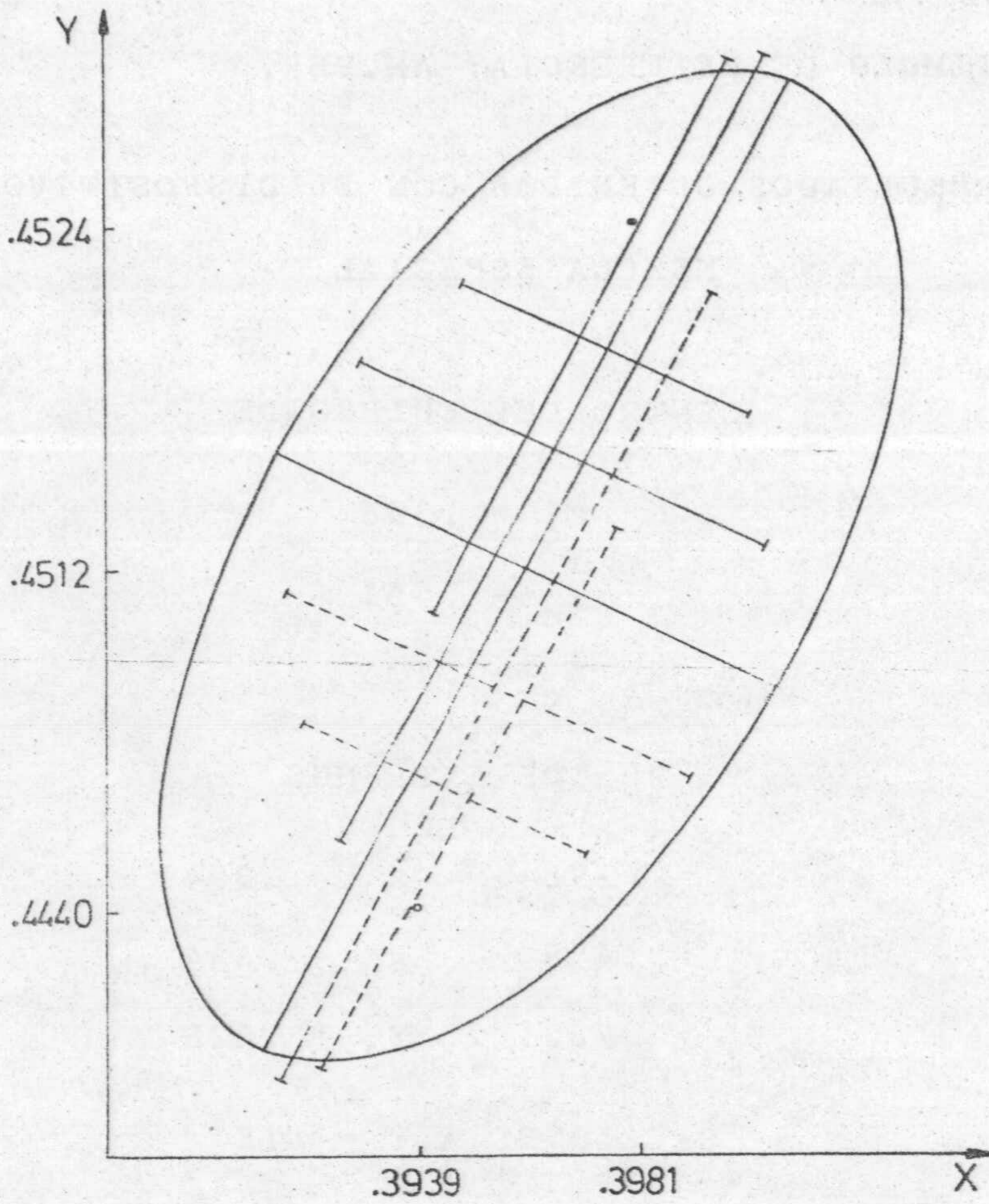
$$\alpha = 62^\circ$$

Semiejes

$$P_0 = .006 \quad Q_0 = .011$$

$$P_1 = .005 \quad Q_1 = .009$$

$$P_2 = .003 \quad Q_2 = .007$$



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

OBSERVADOR: E.J.

DISPOSITIVO DE MEZCLA ESPACIAL

OBSERVADOR: E.H.

ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER.

RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DISPOSITIVO DE
MEZCLA TEMPORAL

CENTRO DEL ELIPSOIDE

$$x_c = .389$$

$$y_c = .443$$

$$Y = .558$$

PUNTOS EXTREMOS

$$x_1 = .395 \quad x_2 = .383$$

$$y_1 = .457 \quad y_2 = .430$$

$$Y = .716 \quad Y = .399$$

SECCIONES A $Y = \text{CTE}$

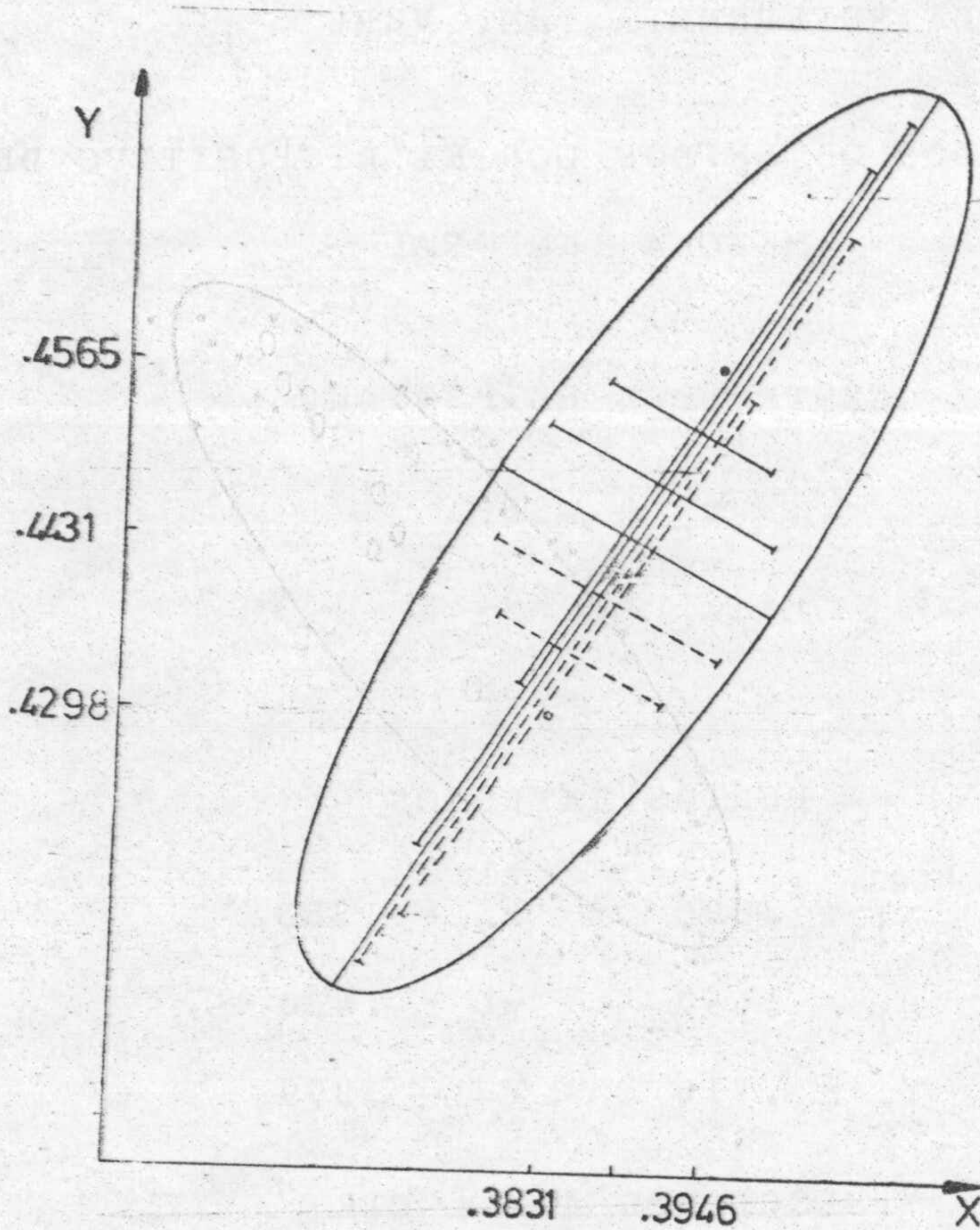
$$\alpha = 59'6''$$

Semiejes

$$P_0 = .011 \quad Q_0 = .040$$

$$P_1 = .009 \quad Q_1 = .033$$

$$P_2 = .006 \quad Q_2 = .023$$



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

OBSERVADOR: E.H.

DISPOSITIVO MEZCLA TEMPORAL

OBSERVADOR: E.H.

ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER.

RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DISPOSITIVO DE
MEZCLA ESPACIAL

CENTRO DEL ELIPSOIDE

$$x_c = .393$$

$$y_c = .436$$

$$Y_c = .712$$

PUNTOS EXTREMOS

$$x_1 = .396 \quad x_2 = .390$$

$$y_1 = .450 \quad y_2 = .423$$

$$Y_1 = .888 \quad Y_2 = .535$$

SECCIONES A $Y = \text{CTE}$

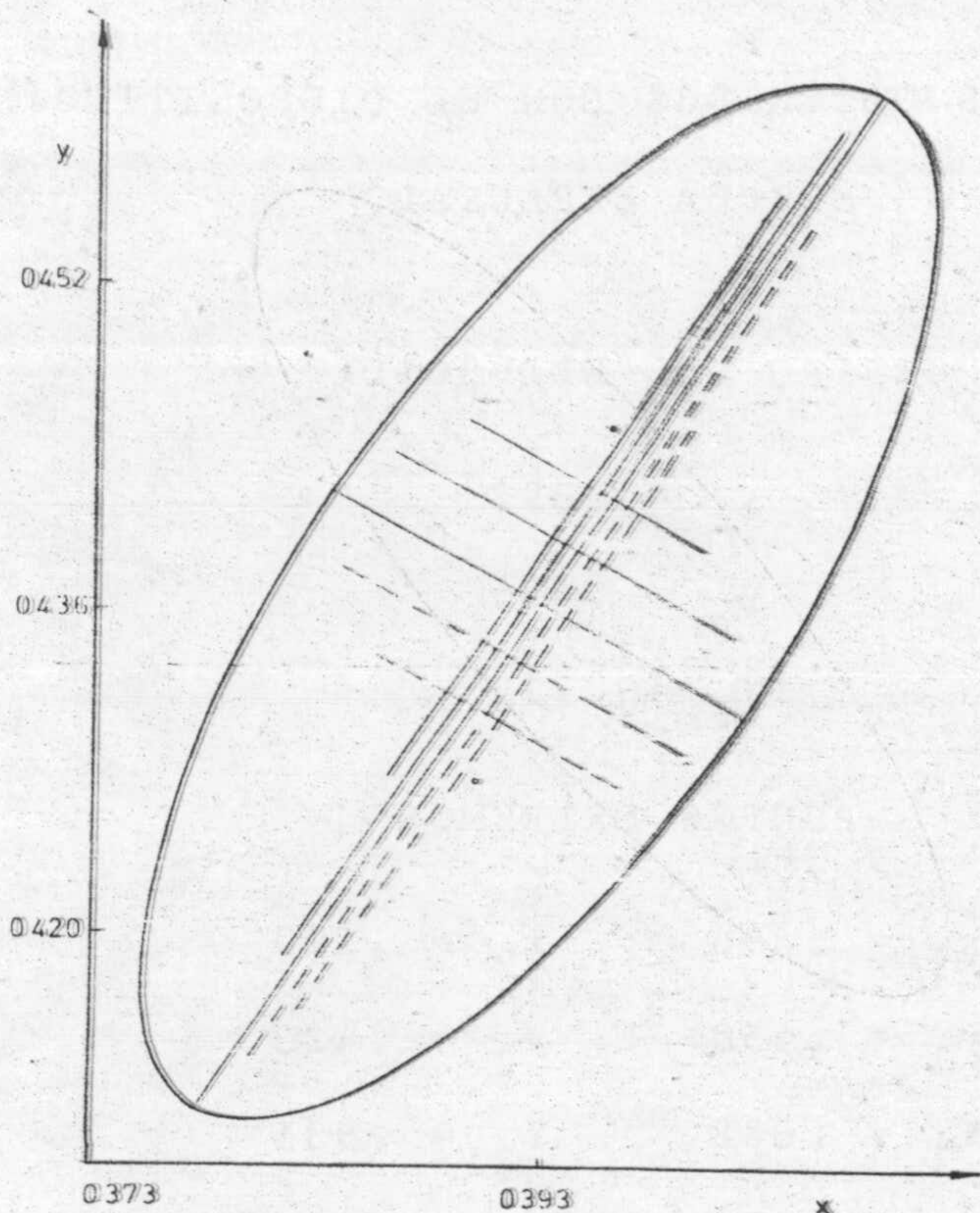
$$\alpha = 59^\circ$$

Semiejes

$$P_0 = .011 \quad Q_0 = .029$$

$$P_1 = .009 \quad Q_1 = .024$$

$$P_2 = .006 \quad Q_2 = .017$$



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER.

OBSERVADOR: E.H.

DISPOSITIVO MEZCLA ESPACIAL

OBSERVADOR: E.J.

ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DISPOSITIVO DE
MEZCLA TEMPORAL

CENTRO DEL ELIPSOIDE

$$x_c = .275$$

$$y_c = .266$$

$$Y = .262$$

PUNTOS EXTREMOS

$$x_1 = .281 \quad x_2 = .269$$

$$y_1 = .276 \quad y_2 = .256$$

$$Y_1 = .287 \quad Y_2 = .238$$

SECCIONES A Y = CTE

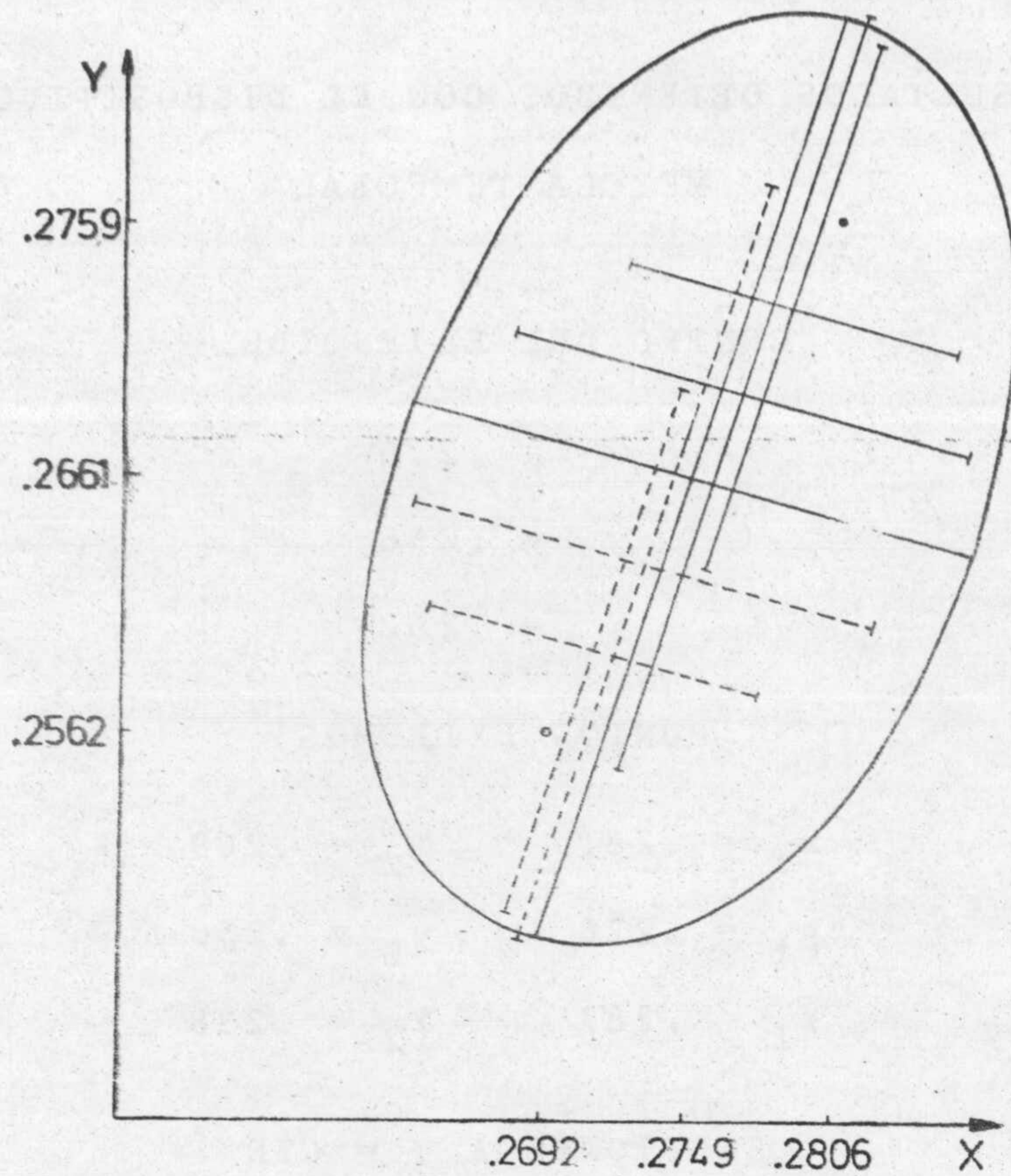
$$\alpha = 73'4''$$

Semiejes

$$P_0 = .010 \quad Q_0 = .019$$

$$P_1 = .008 \quad Q_1 = .015$$

$$P_2 = .006 \quad Q_2 = .011$$



ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

OBSERVADOR: E.J.

DISPOSITIVO MEZCLA TEMPORAL

OBSERVADOR: E.J.

ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DISPOSITIVO DE
MEZCLA ESPACIAL

CENTRO DEL ELIPSOIDE

$$x_c = .275$$

$$y_c = .273$$

$$Y = .234$$

PUNTOS EXTREMOS

$$x_1 = .281 \quad x_2 = .268$$

$$y_1 = .286 \quad y_2 = .259$$

$$Y_1 = .267 \quad Y_2 = .200$$

SECCIONES A $Y = \text{CTE}$

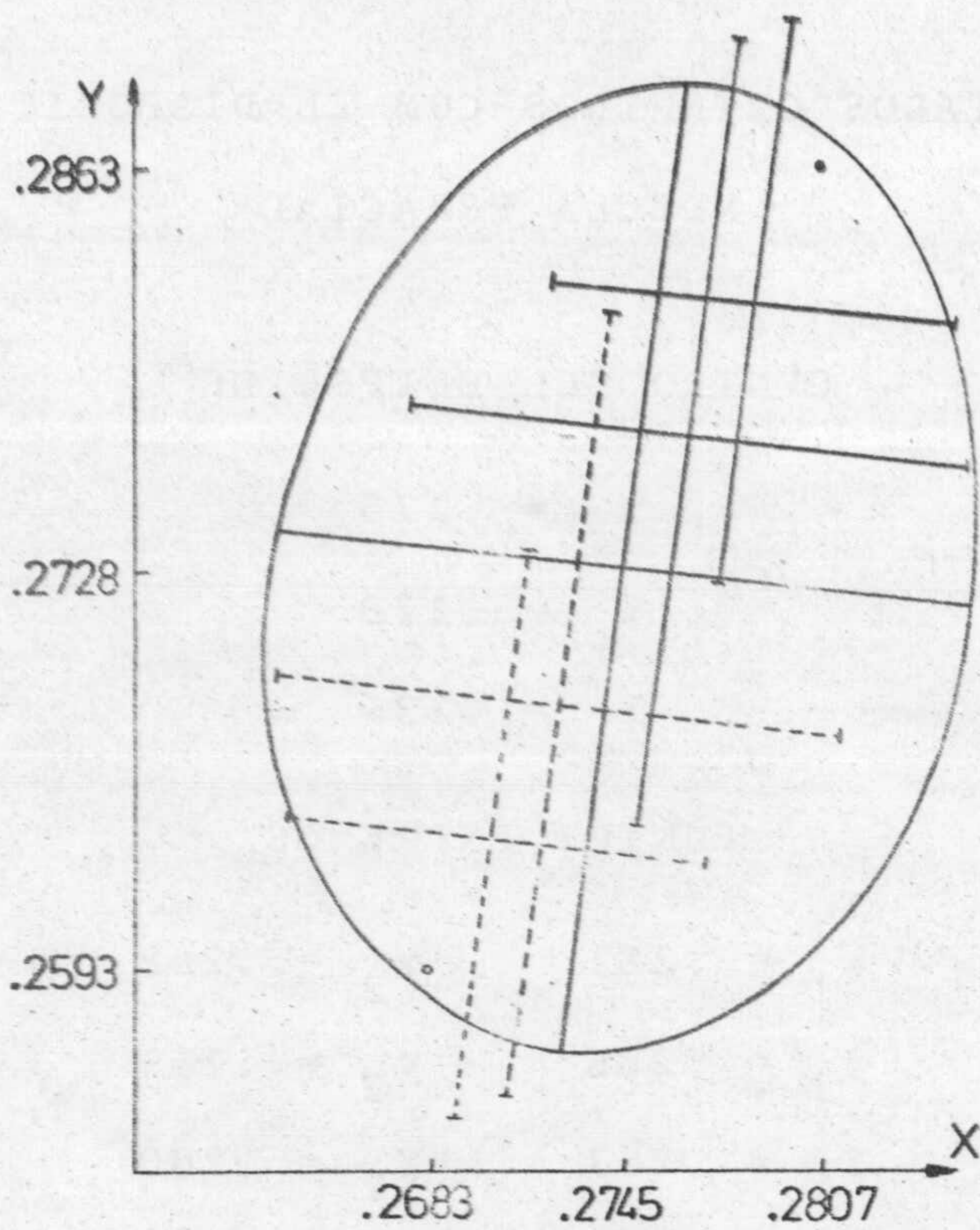
$$\alpha = 83'2''$$

Semiejes

$$P_0 = .011 \quad Q_0 = .016$$

$$P_1 = .009 \quad Q_1 = .013$$

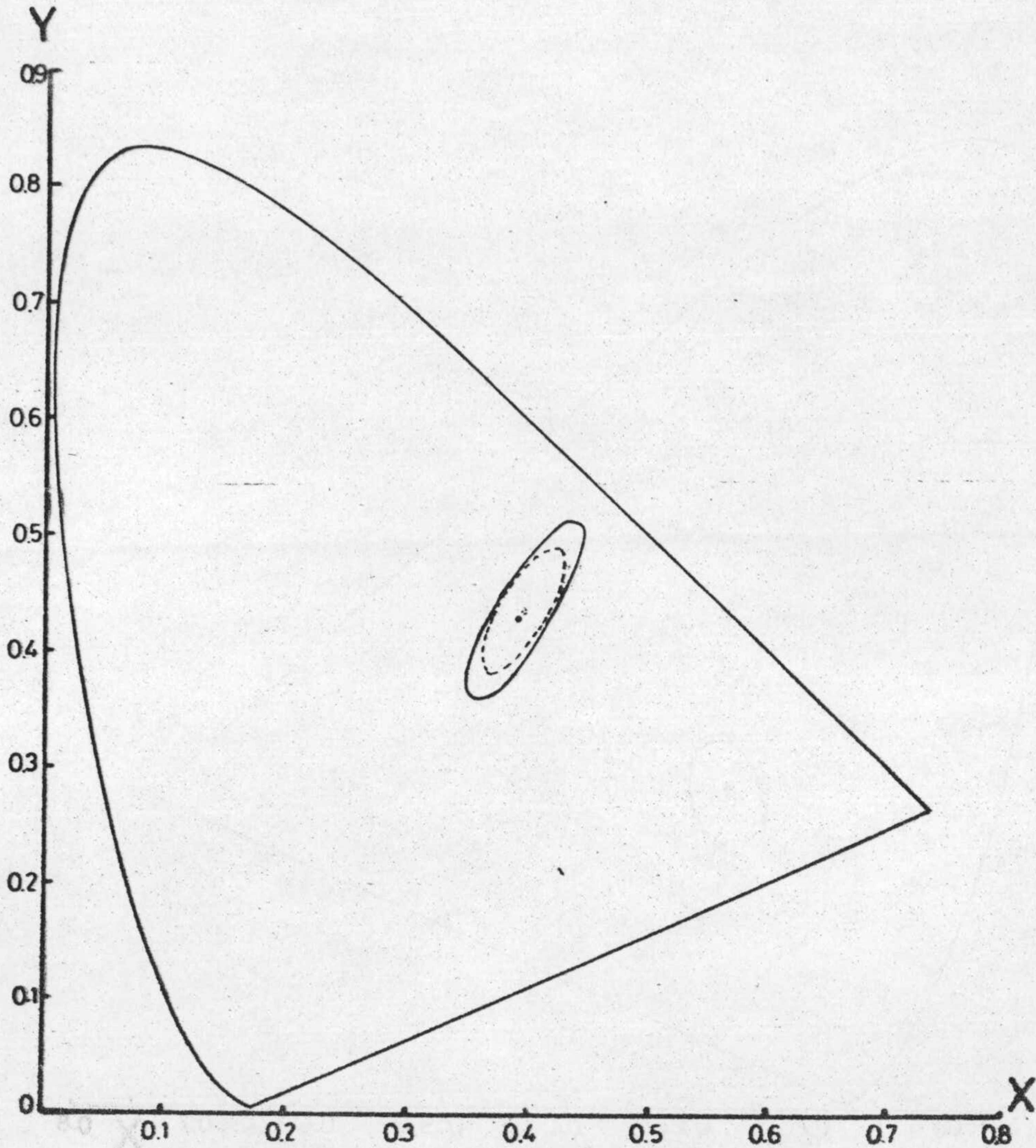
$$P_2 = .006 \quad Q_2 = .009$$



ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

OBSERVADOR: E.J.

DISPOSITIVO MEZCLA ESPACIAL



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Proyecciones elípticas principales obtenidas por el observador E.H.

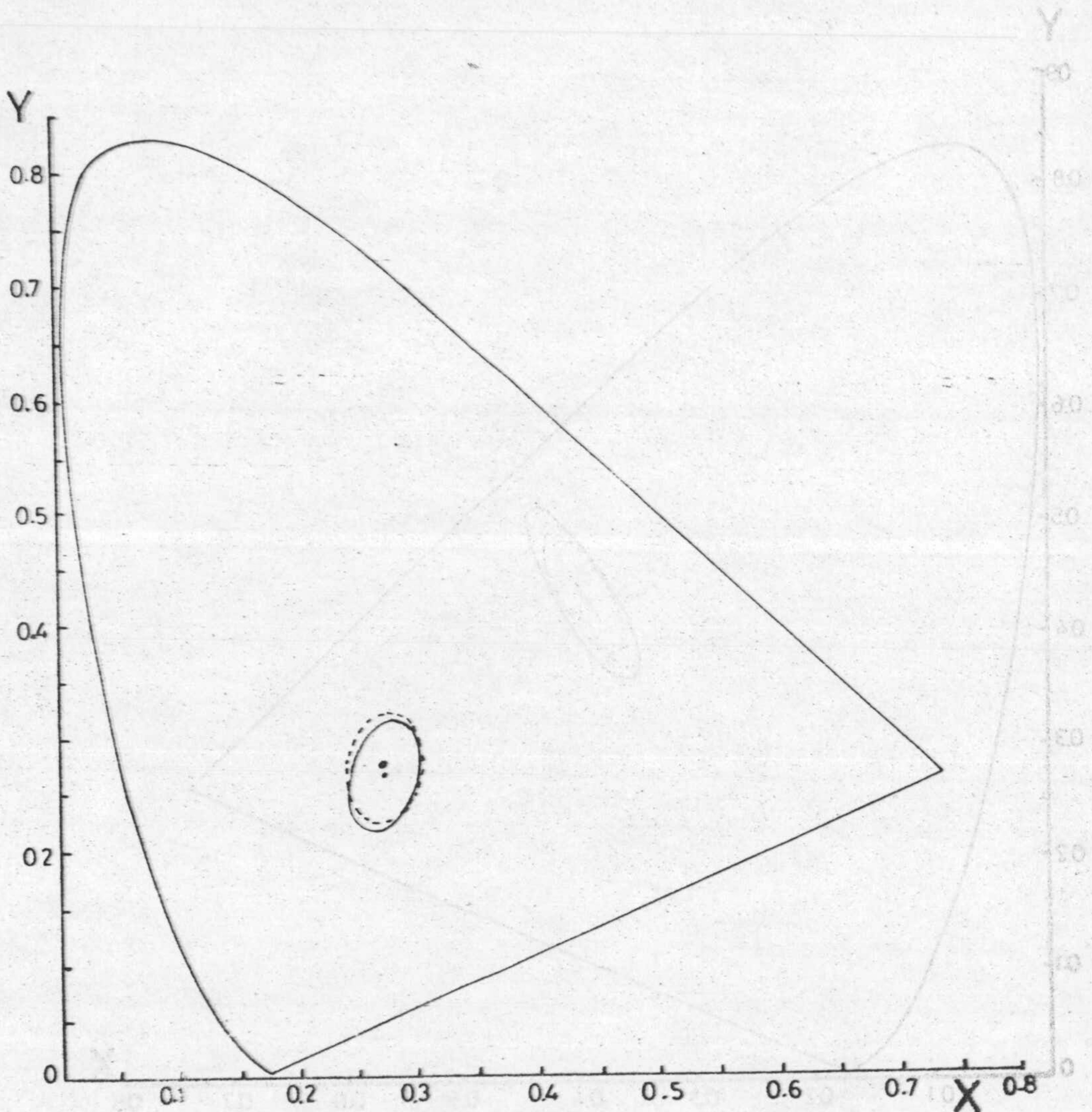
Trazo continuo: Mezcla temporal de primarios.

Trazo discontinuo: Mezcla espacial de primarios.

Se representan con tamaños dos veces superiores a los reales.

RELACION DE VOLUMENES:

$$V_{\text{c.f. espacial}} / V_{\text{c.f. temporal}} = 0.6$$



ESTIMULOS DE REFERENCIA: AZUL

Proyecciones elípticas principales obtenidas por el observador E.J.

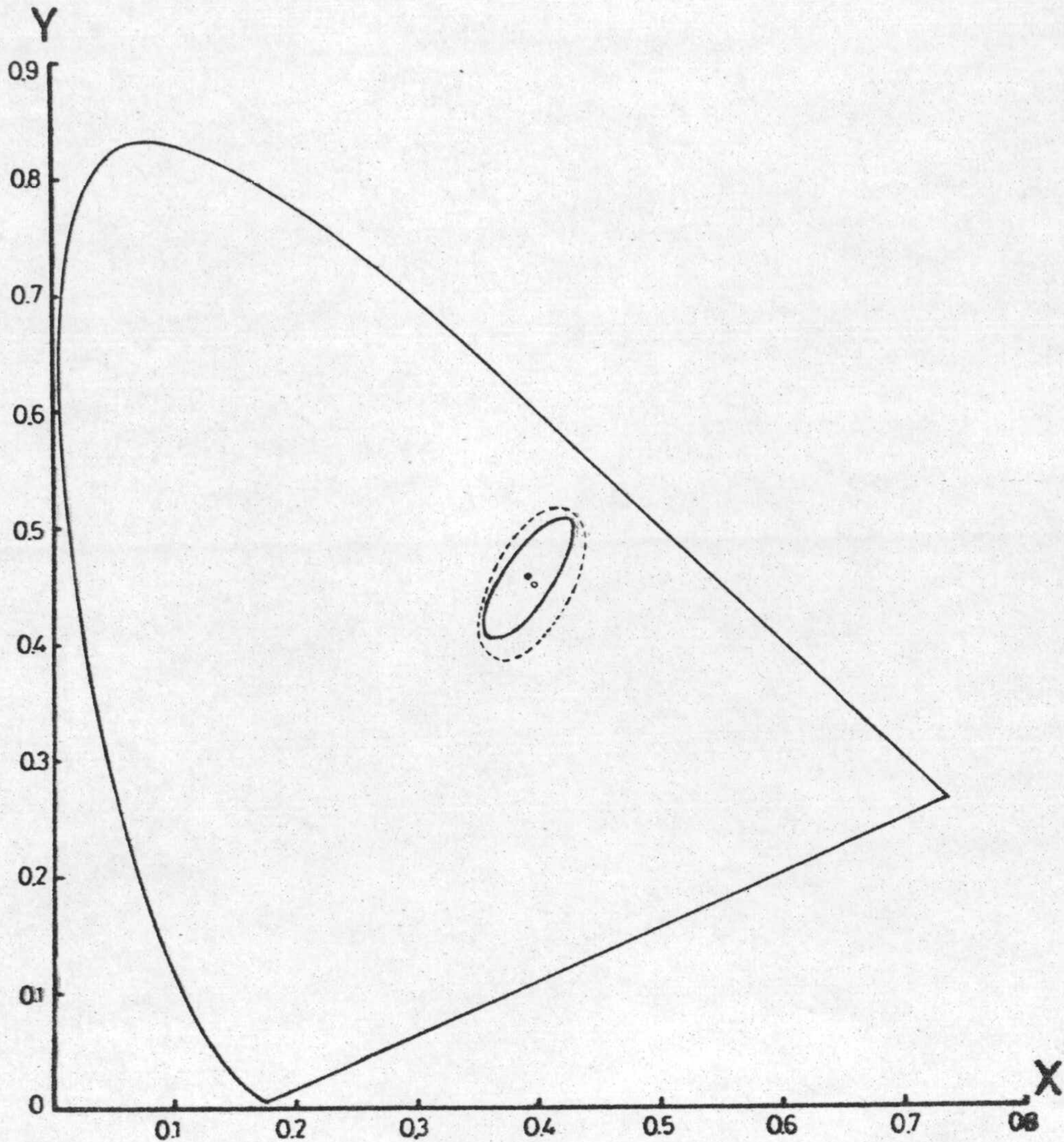
Trazo continuo: Mezcla temporal de primarios.

Trazo discontinuo: Mezcla espacial de primarios.

Se representan con tamaños tres veces superiores a los reales.

RELACION DE VOLUMENES:

$$V_{\text{c.f. espacial}} / V_{\text{c.f. temporal}} = 1.3$$



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER.

Proyecciones elípticas principales obtenidas por el observador E.J.

Trazo continuo: Mezcla temporal de primarios.

Trazo discontinuo: Mezcla espacial de primarios.

Se representan con tamaños cinco veces superiores a los reales.

RELACION DE VOLUMENES:

$$V_{\text{c.f. espacial}} / V_{\text{C.F. temporal}} = 2.5$$

VI. 2. 1. - ANALISIS DE RESULTADOS. INFLUENCIA DEL TIPO DE FUSION DE PRIMARIOS

Como hemos indicado, el tipo de representación de los datos obtenidos ajustándolos a un elipsoide de error, puede suministrar-nos información sobre la influencia de los parámetros en estudio en los procesos de discriminación en color.

De la observación de las figuras anteriores se deducen algunas consideraciones que creemos son de interés en el estudio que hemos realizado.

En primer lugar, no se observan variaciones superiores a 10° en la orientación de las secciones principales, al variar el tipo de fusión de primarios. Los ángulos α toman el valor de $55'1''$ y $62''$ para el observador E.J., y para el dispositivo de mezcla temporal y espacial respectivamente. Para el observador E.H. y fusión temporal $\alpha = 59'6''$ y fusión espacial $59'5''$. En el estímulo de referencia azul, Observador E.J. y fusión temporal $\alpha = 73'4''$ y espa -

cial $\alpha = 83'2^\circ$. Igualmente sucede con la evolu
ción del elipsoide en relación al eje Y, como
se desprende directamente de la observación de
las figuras de las páginas 101, 103, 105, 107, 109 y 111
Estas variaciones son muy superiores (hasta de
50°) cuando se parte de igualaciones metámeras
Hita, E. (1976). El hecho anterior está de acuero
do con los resultados obtenidos experimentalmente
por otros autores Crawford, B.H. (1972).

Otro hecho interesante de destacar ,
en lo que se refiere al tamaño de las elipsoi-
des de error, son las notables diferencias que
se presentan en este sentido según que se em-
plee fusión espacial o temporal de primarios
(figuras de la página 112 y 114). Si se compara
ran estos resultados con los obtenidos por los
mismos observadores y en las mismas condiciones
de observación pero a partir de igualaciones meta
támeras, aparece este mismo hecho Hita, E. (1976).
Lo anterior nos inclina a establecer que el ti-
po de fusión de primarios presenta una influen-
cia significativa en la capacidad de discriminaci

ción del observador. Ahora bien, este hecho no ocurre para el observador E.J. en el estímulo de referencia azul, figura de la página 113 lo que parece indicar una influencia de la cromaticidad del estímulo de referencia y que está de acuerdo con los resultados de otros autores, Crawford (1972). Creemos también interesante destacar que el diferente grado de discriminación encontrado, según sea el tipo de fusión de primarios, aparece invertido en ambos casos.

Naturalmente, una afirmación rotunda sobre las características de esta influencia, en cualquier sentido, requiere mayor número de experiencias, si bien, y como se ha indicado anteriormente, las condiciones psicológicas del observador se pueden considerar promediadas y, por tanto, parece manifiesta la influencia del tipo de fusión de primarios en la discriminación en color.

VI:3.- REPRESENTACION PUNTUAL

En general, cuando se trata de determinar umbrales de cromaticidad suelen emplearse dispositivos experimentales que permiten trabajar a luminancia constante: MacAdam , (1942), Parra (1970), etc. Ahora bien difícilmente un observador compara en la vida ordinaria dos estímulos de igual luminancia.

En nuestro tratamiento, los umbrales de cromaticidad, o mejor dicho, las nubes de puntos representativos de los mismos, se obtienen a partir de la nube del umbral global por secciones r. por ello, los resultados obtenidos los consideramos más representativos de la realidad.

Por otro lado, nuestras experiencias han puesto de manifiesto que, cuando se sigue una secuencia preestablecida y conocida del observador, los resultados obtenidos son diferen

tes de los que se obtiene cuando esta selección y presentación es desconocida para el mismo, lo que hace pensar que las condiciones psicológicas, como era de esperar, juegan un papel decisivo en estas experiencias, de ahí, la necesidad de promediarlas. Estas mismas conclusiones pueden deducirse de los resultados de otros autores

Ante estos resultados pensamos que el tipo de representación puntual elegido es mas significativo que los usuales y, desde luego, los resultados obtenidos difieren significativamente de los encontrados utilizando los métodos clásicos que, pensamos, conducen a resultados "forzados". Un ejemplo lo tenemos en el método del error medio utilizado por MacAdam (1942), en el cuál estamos de acuerdo con las consideraciones hechas por el Dr. I. Legrand (1972) y los resultados de Crawford (1972).

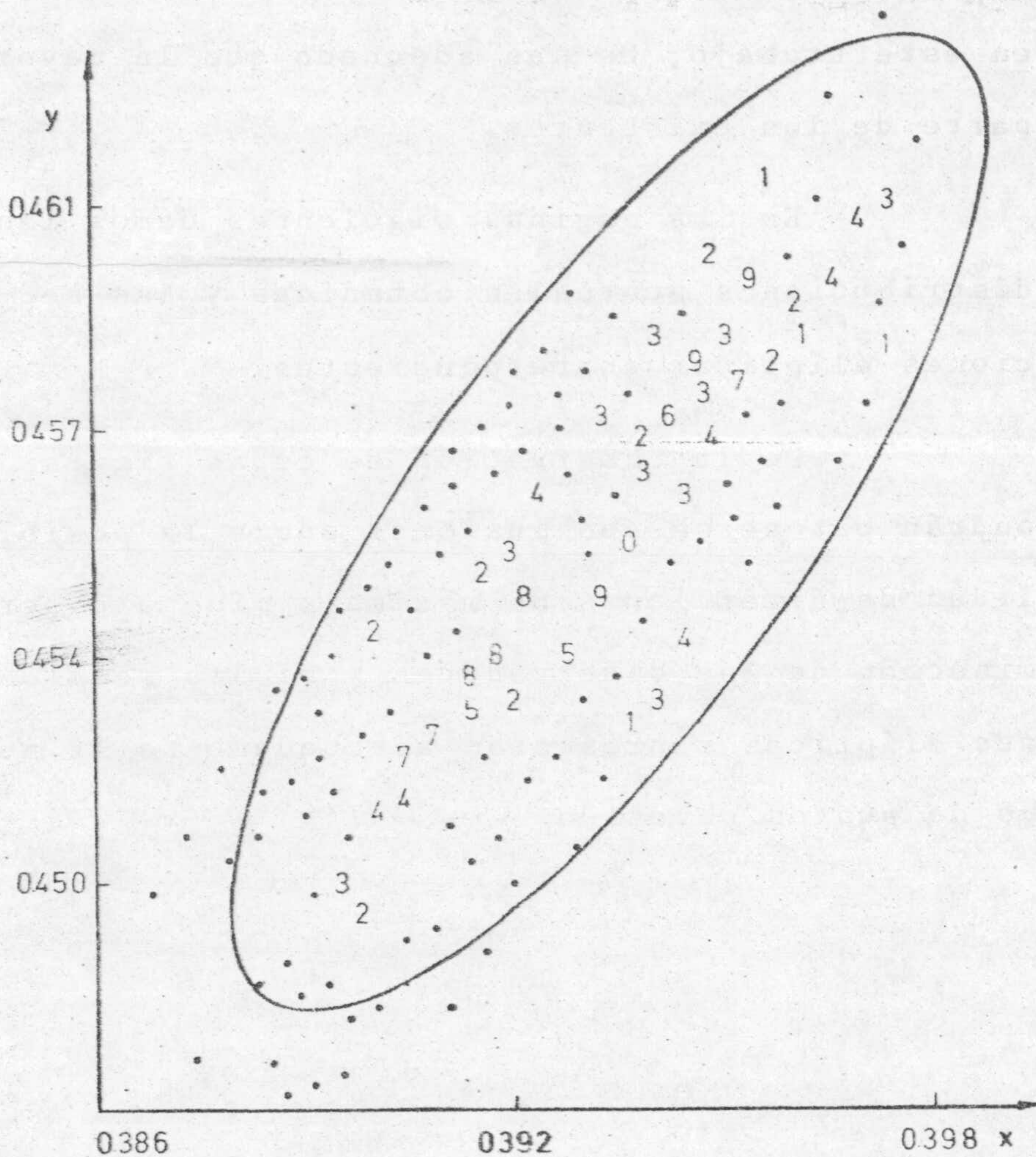
Pensamos, pues, que el método utilizado por Wyszecski, G. (1971) y que adaptamos

en este trabajo, es mas adecuado que la mayor parte de los existentes.

En las páginas siguientes damos las distribuciones puntuales obtenidas y las secciones elípticas correspondientes.

De la observación de estas figuras podrán obtenerse conclusiones sobre la posibilidad de direcciones de máxima o mínima discriminación de los observadores, y si las secciones elípticas representan adecuadamente la nube de puntos obtenida.





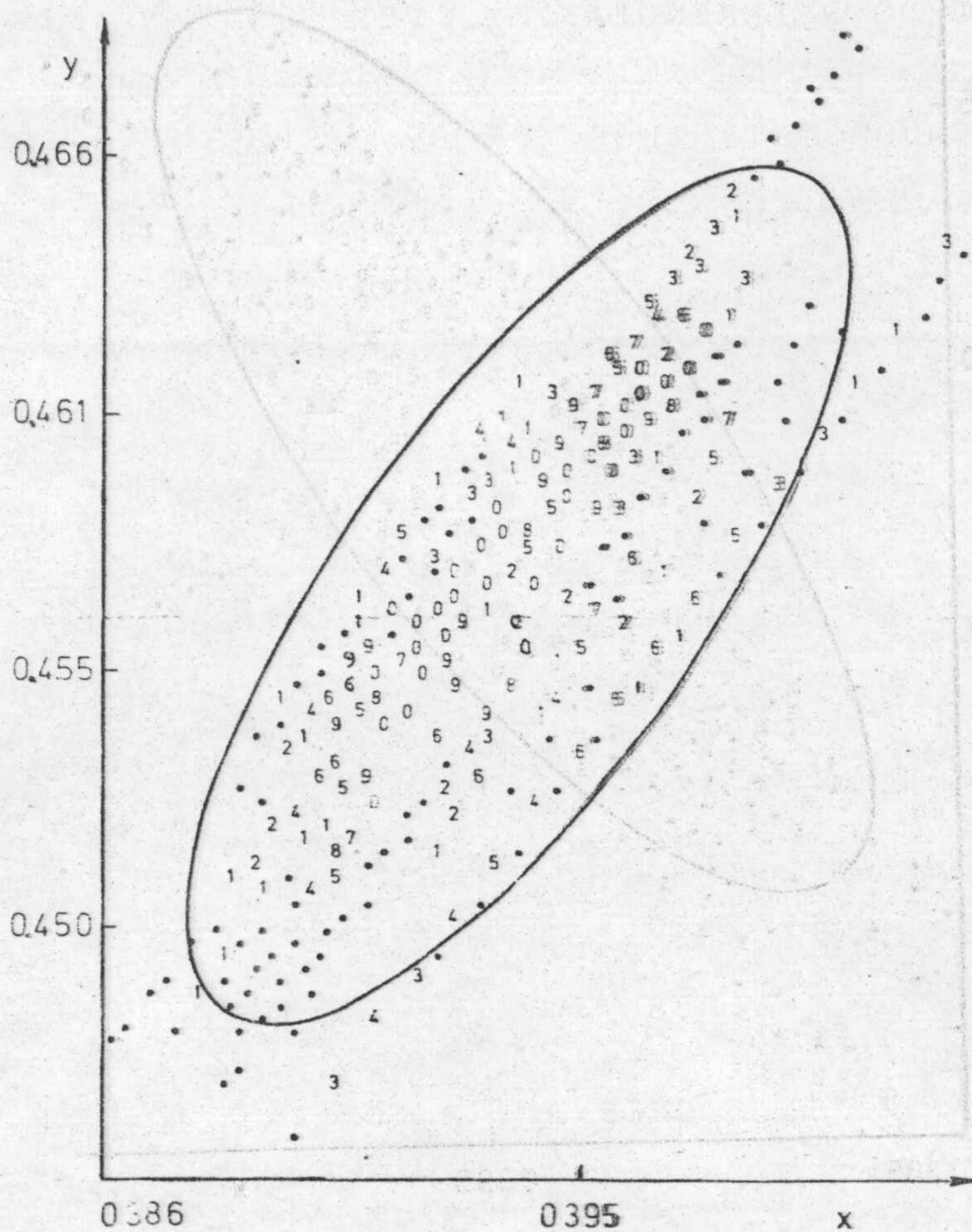
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

PRIMERA SECCION

Peso de 1 a 10



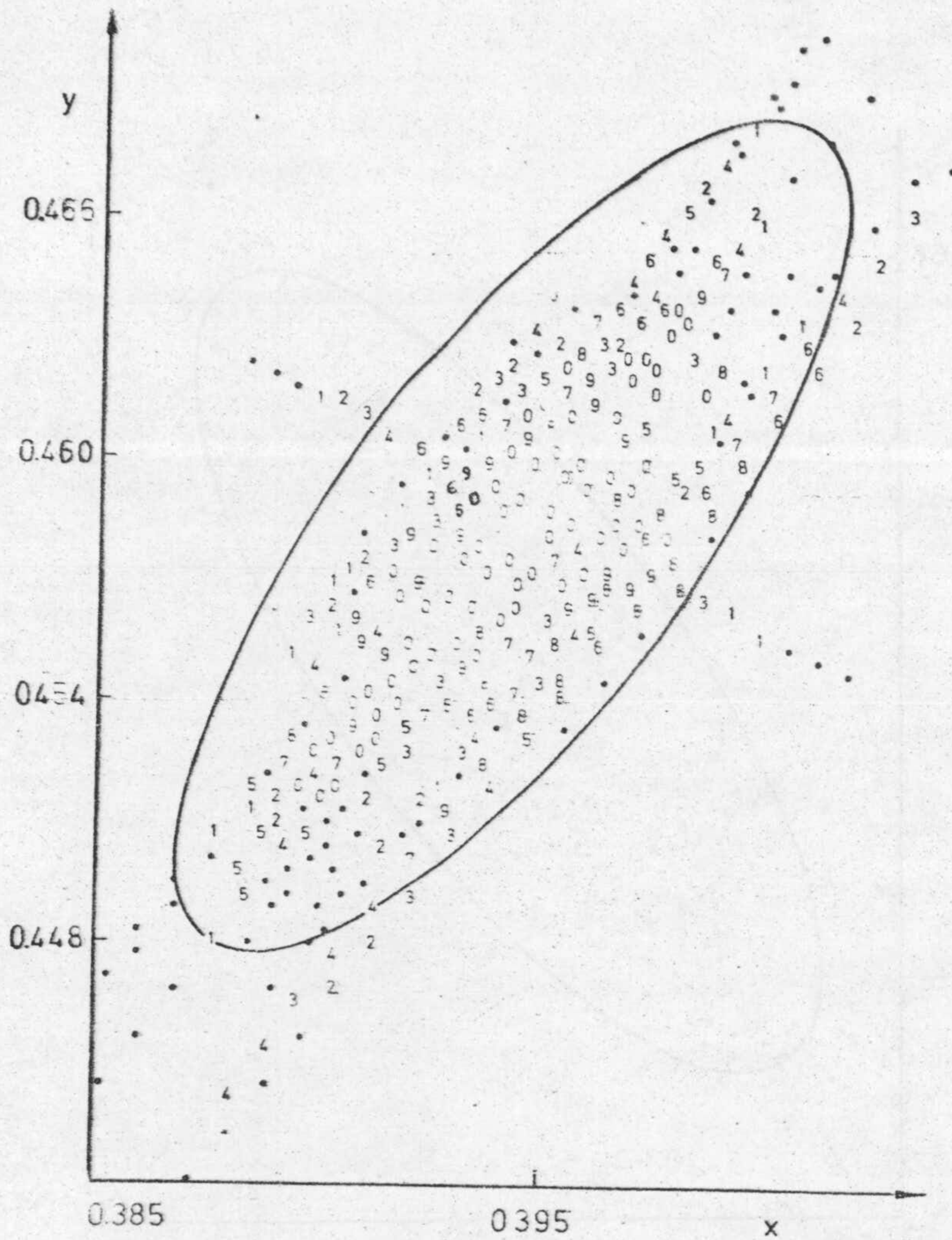
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

SEGUNDA SECCION

Peso de 1 a 10



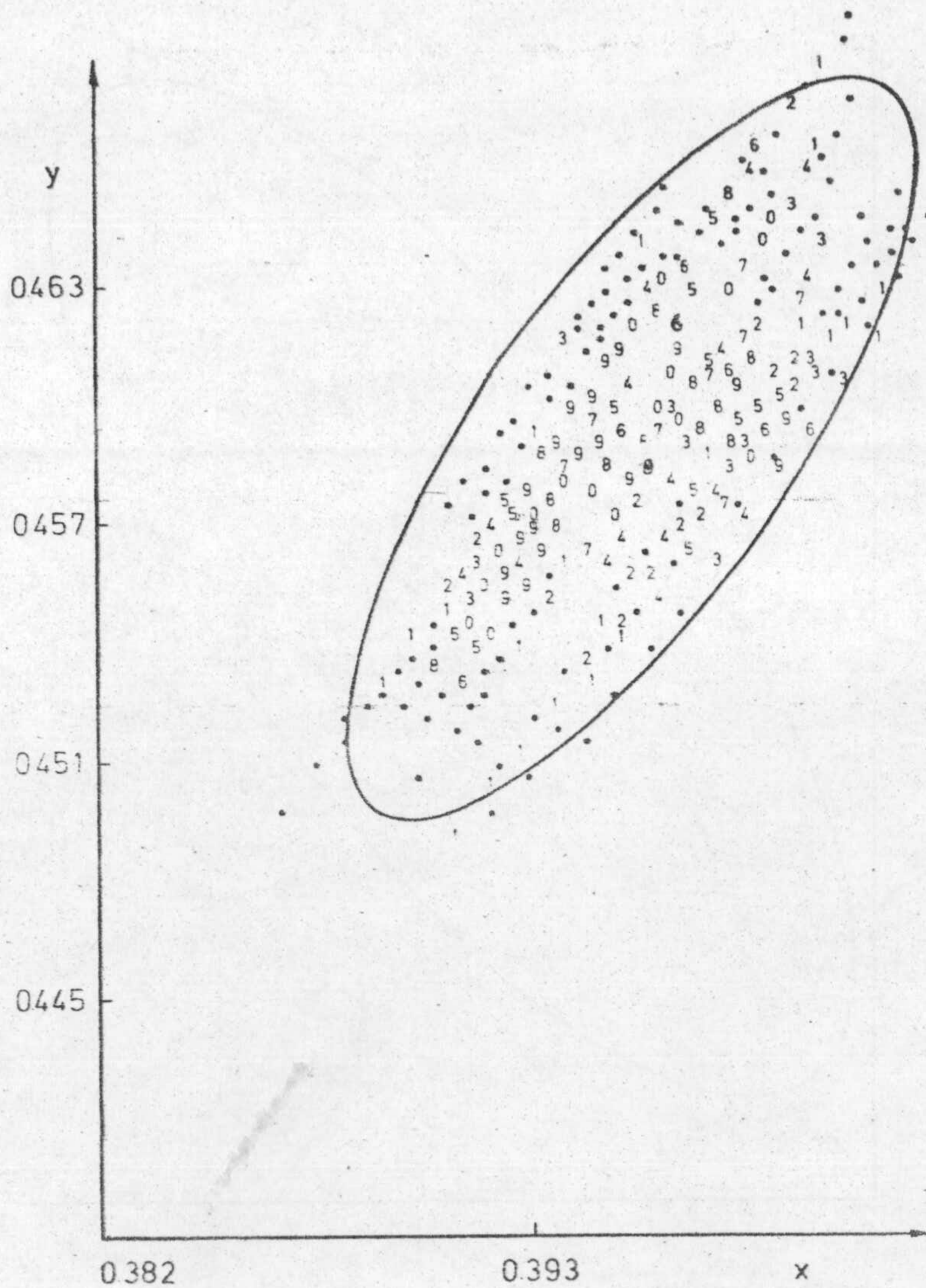
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

TERCERA SECCION

Peso de 1 a 10



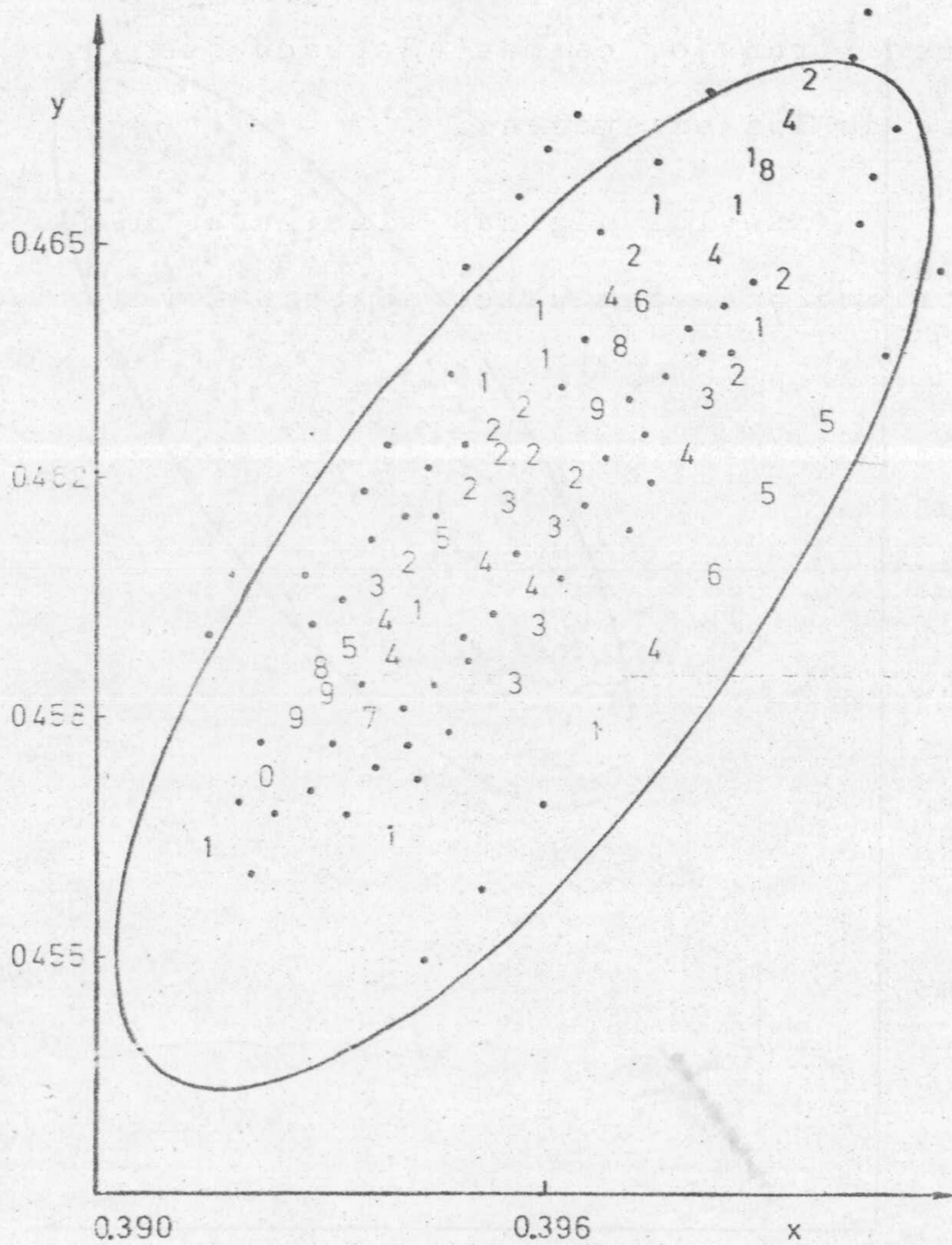
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

CUARTA SECCION

Peso de 1 a 10



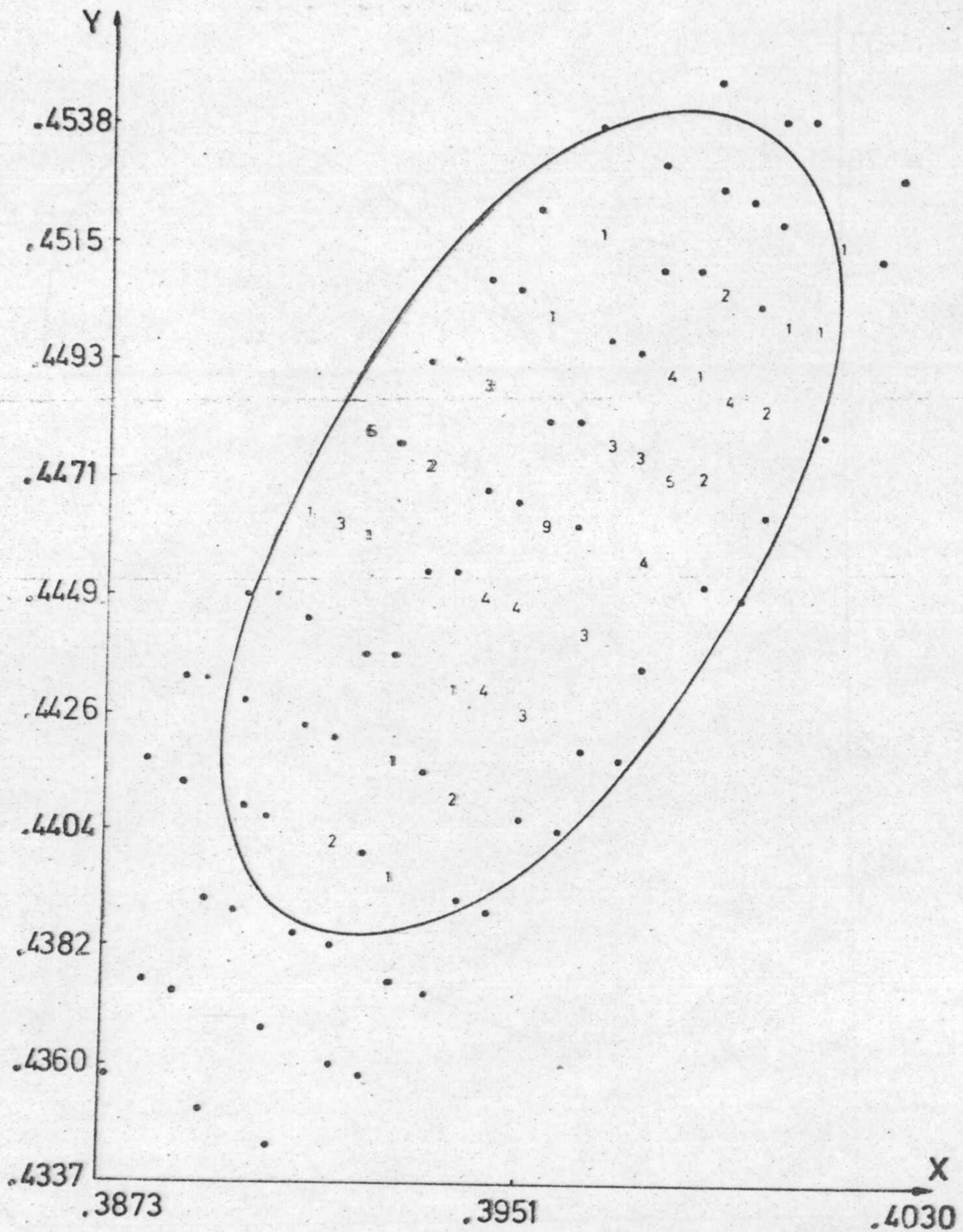
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

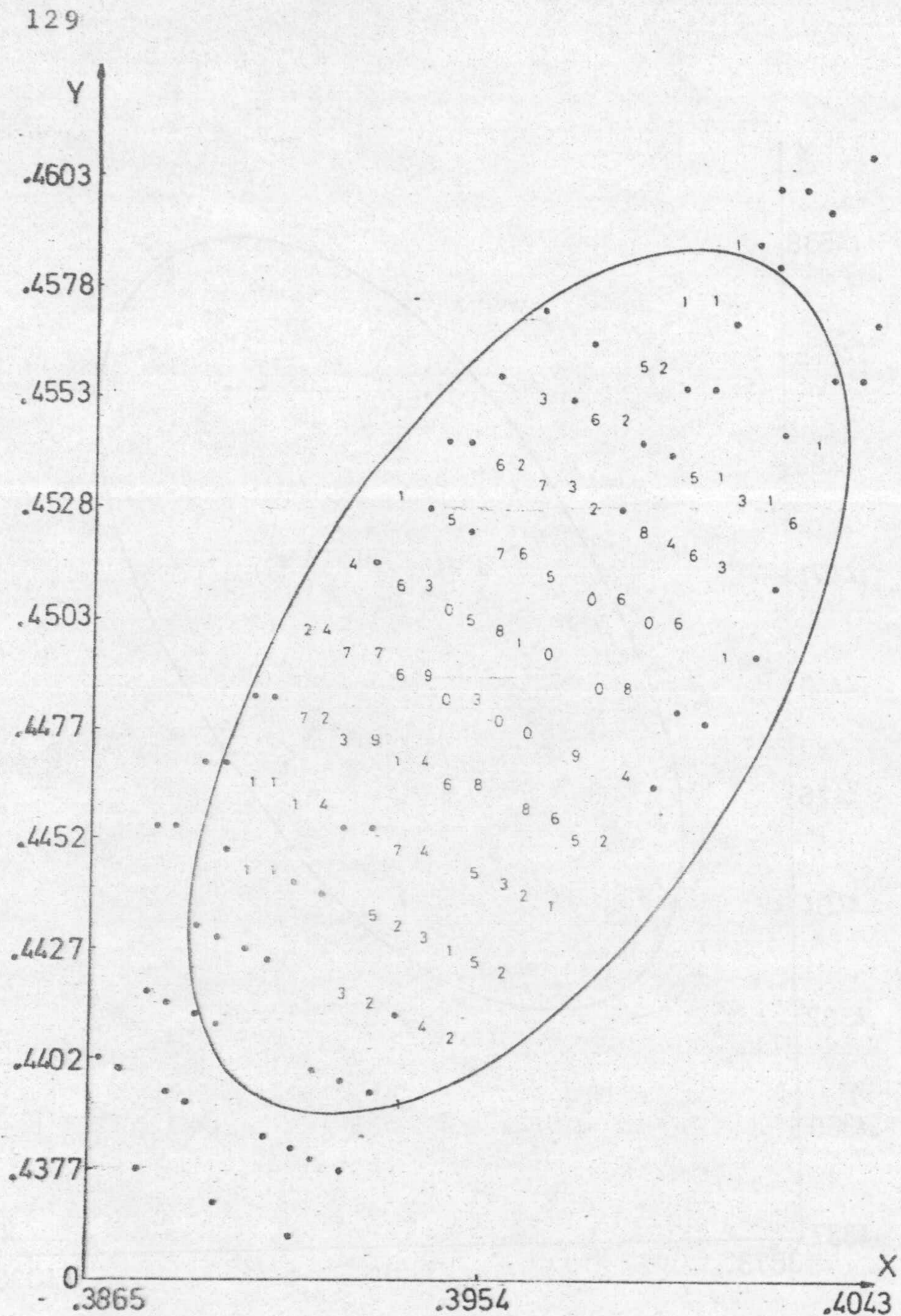
QUINTA SECCION

Peso de 1 a 10



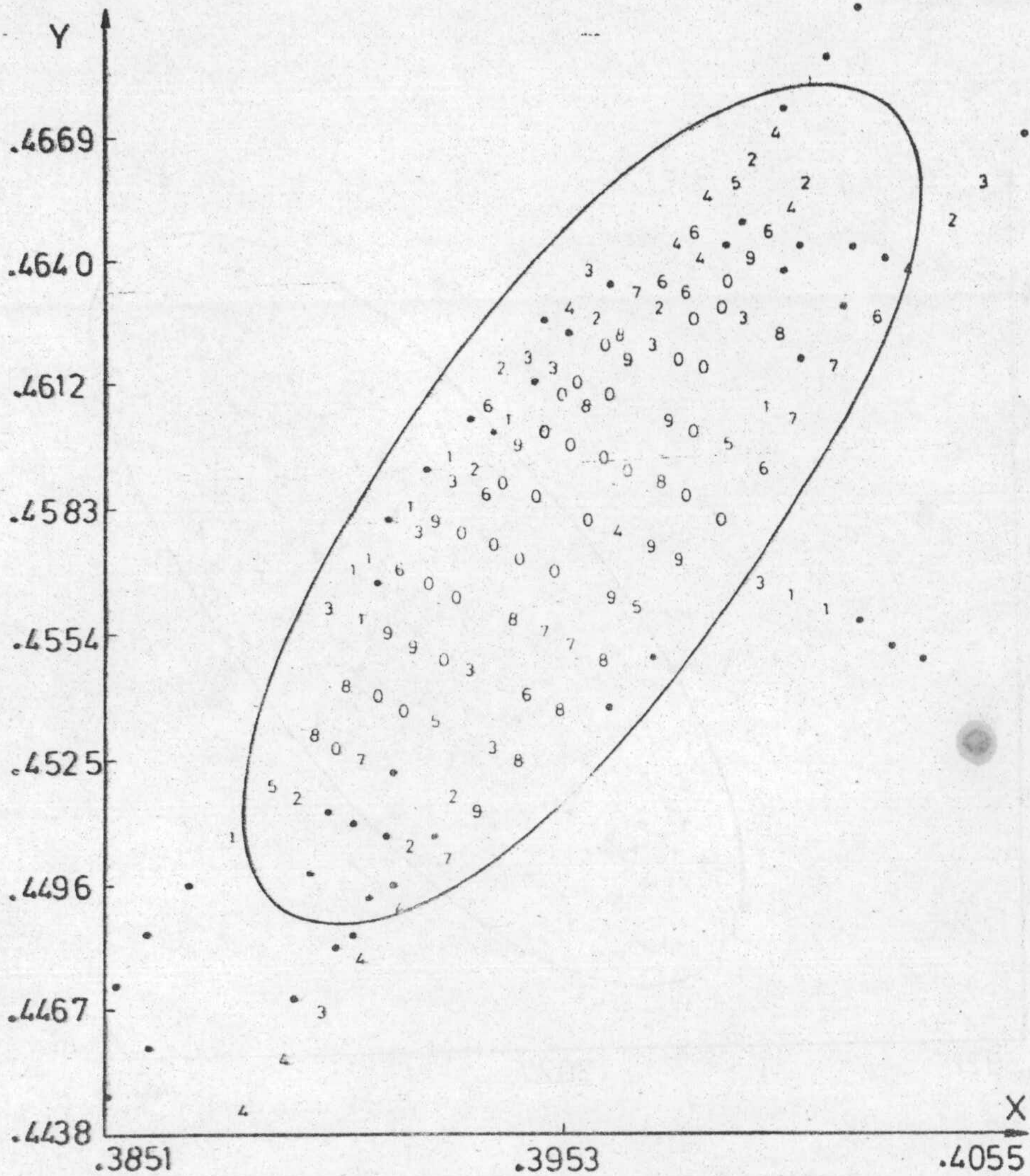
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.
 Dispositivo de mezcla espacial
 PRIMERA SECCION
 Peso de 1 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E. J.
 Dispositivo de mezcla espacial
 SEGUNDA SECCION
 Peso de 1 a 10



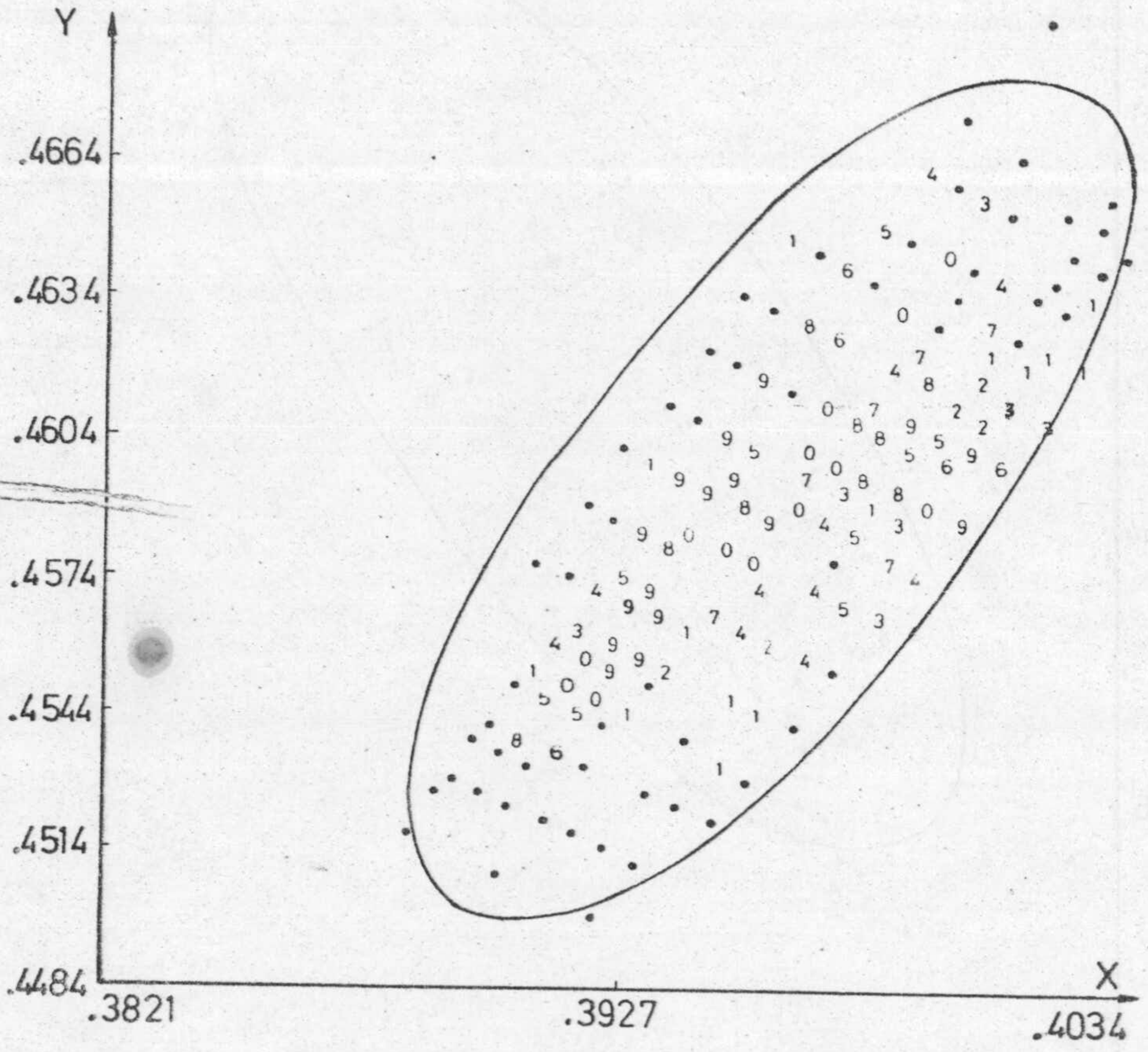
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

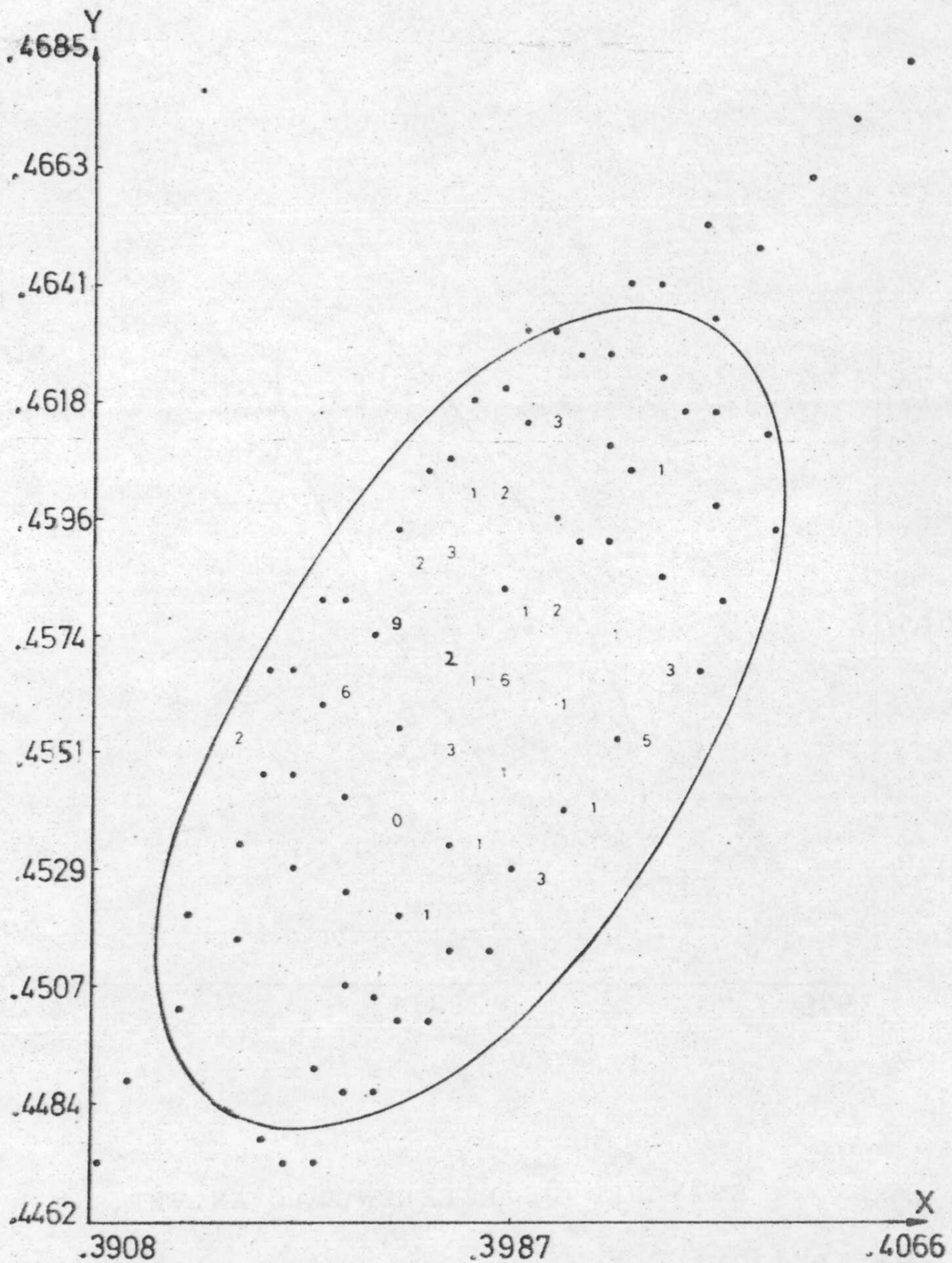
SEXTA SECCION

Peso de 1 a 10



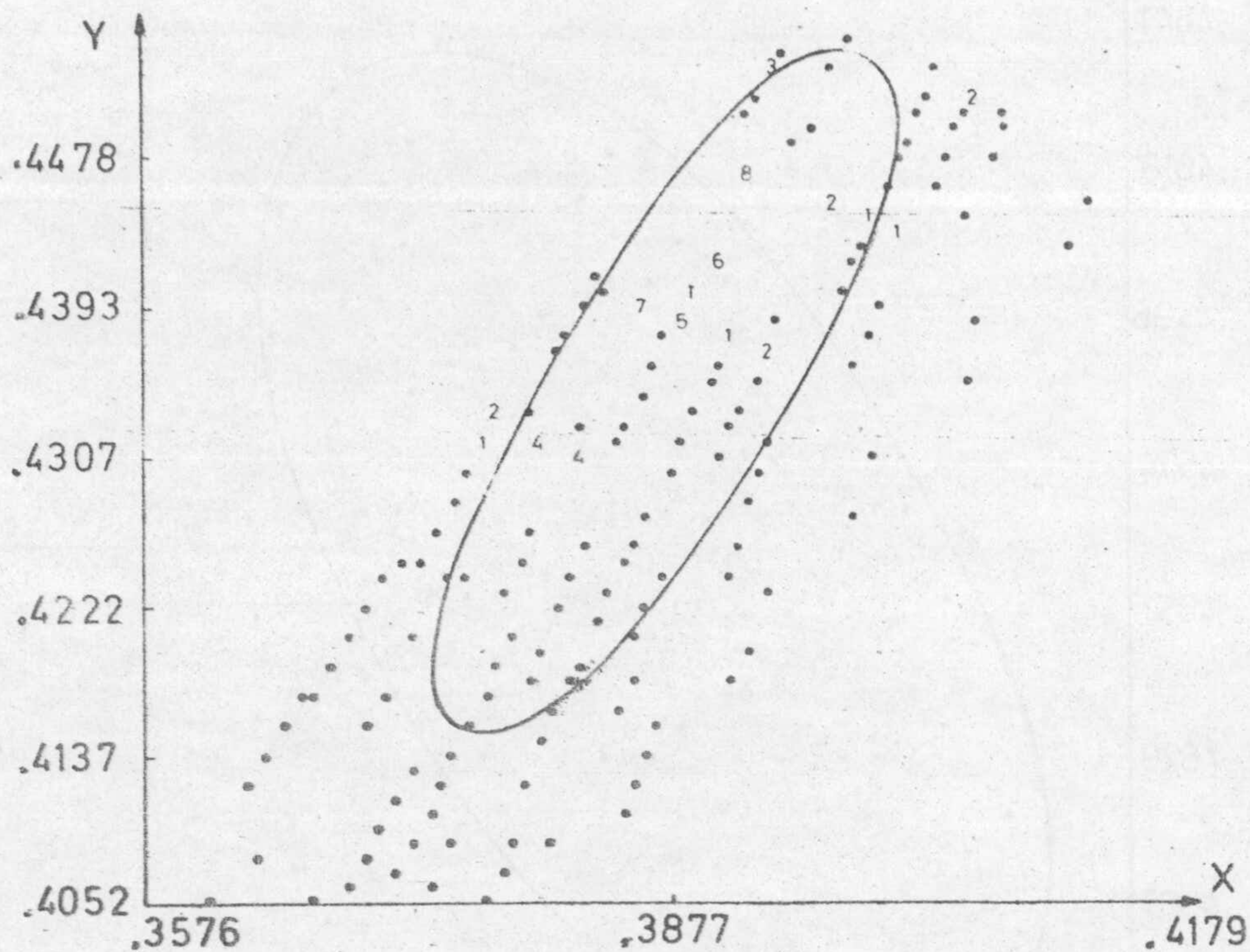
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.
Dispositivo de mezcla temporal
SEPTIMA SECCION
Peso de 1 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.
 Dispositivo de mezcla espacial
 QUINTA SECCION
 Peso de 1 a 10



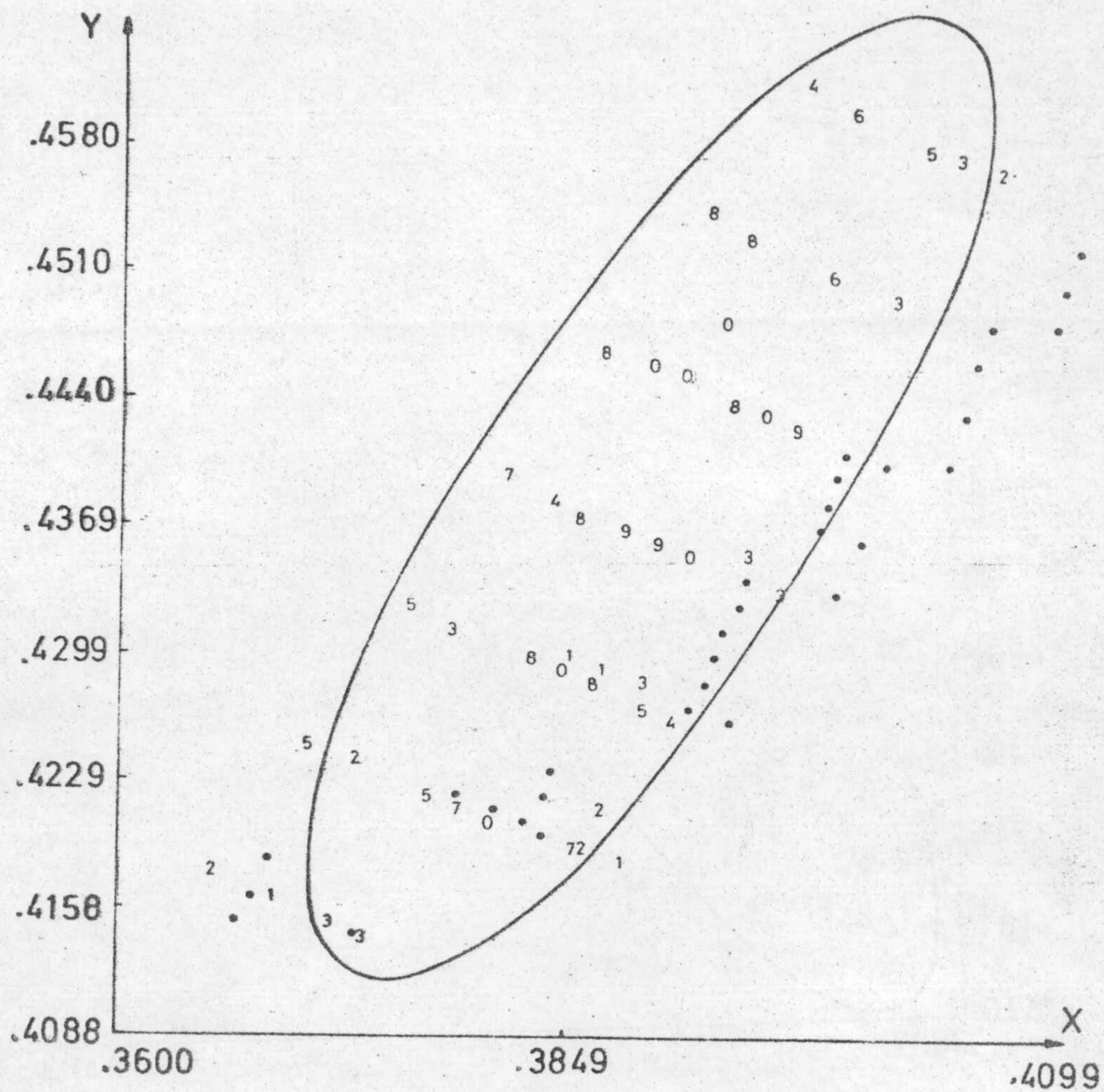
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla temporal

PRIMERA SECCION

Peso de 1 a 10



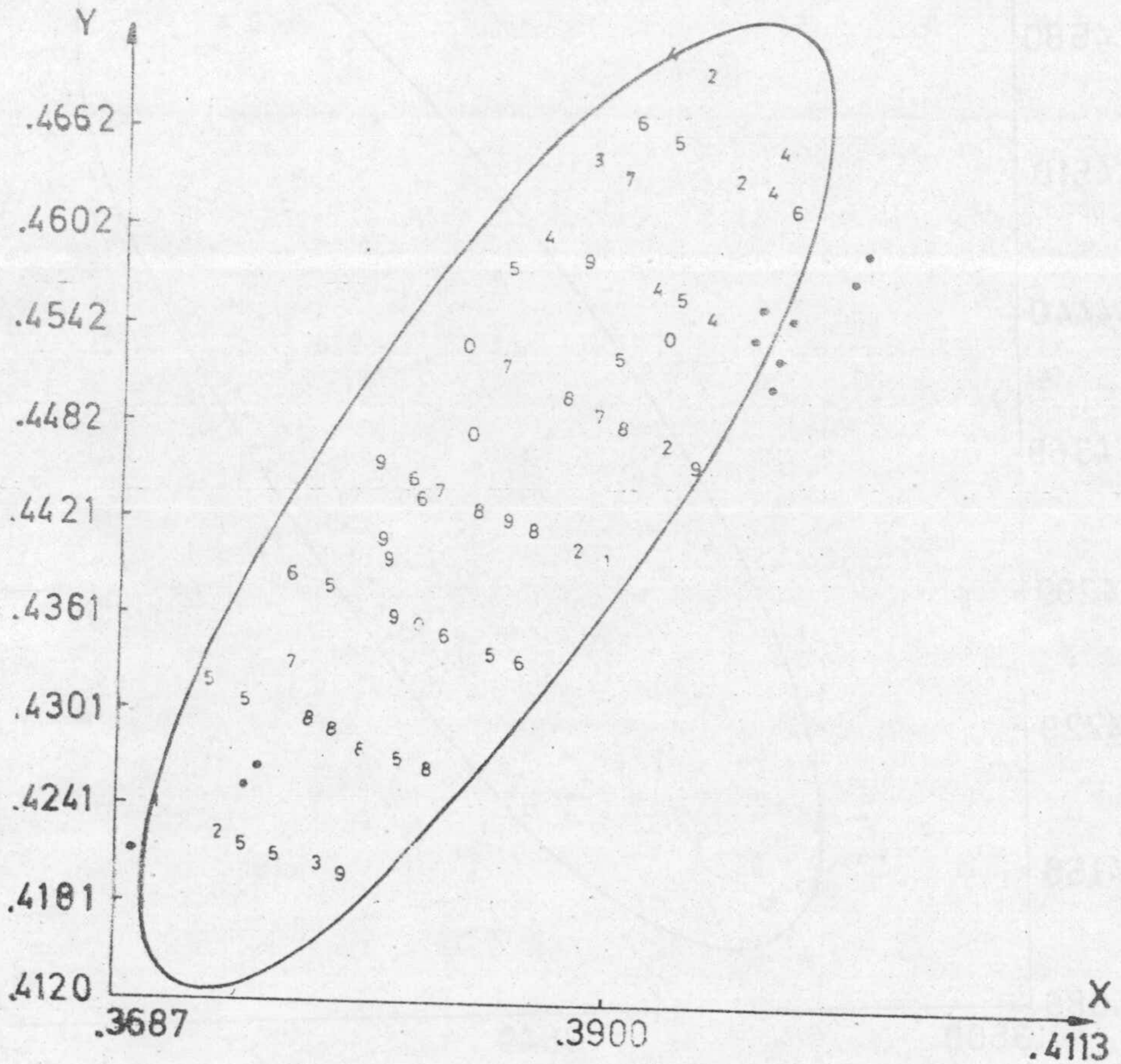
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla temporal

SEGUNDA SECCION

Peso de 1 a 10



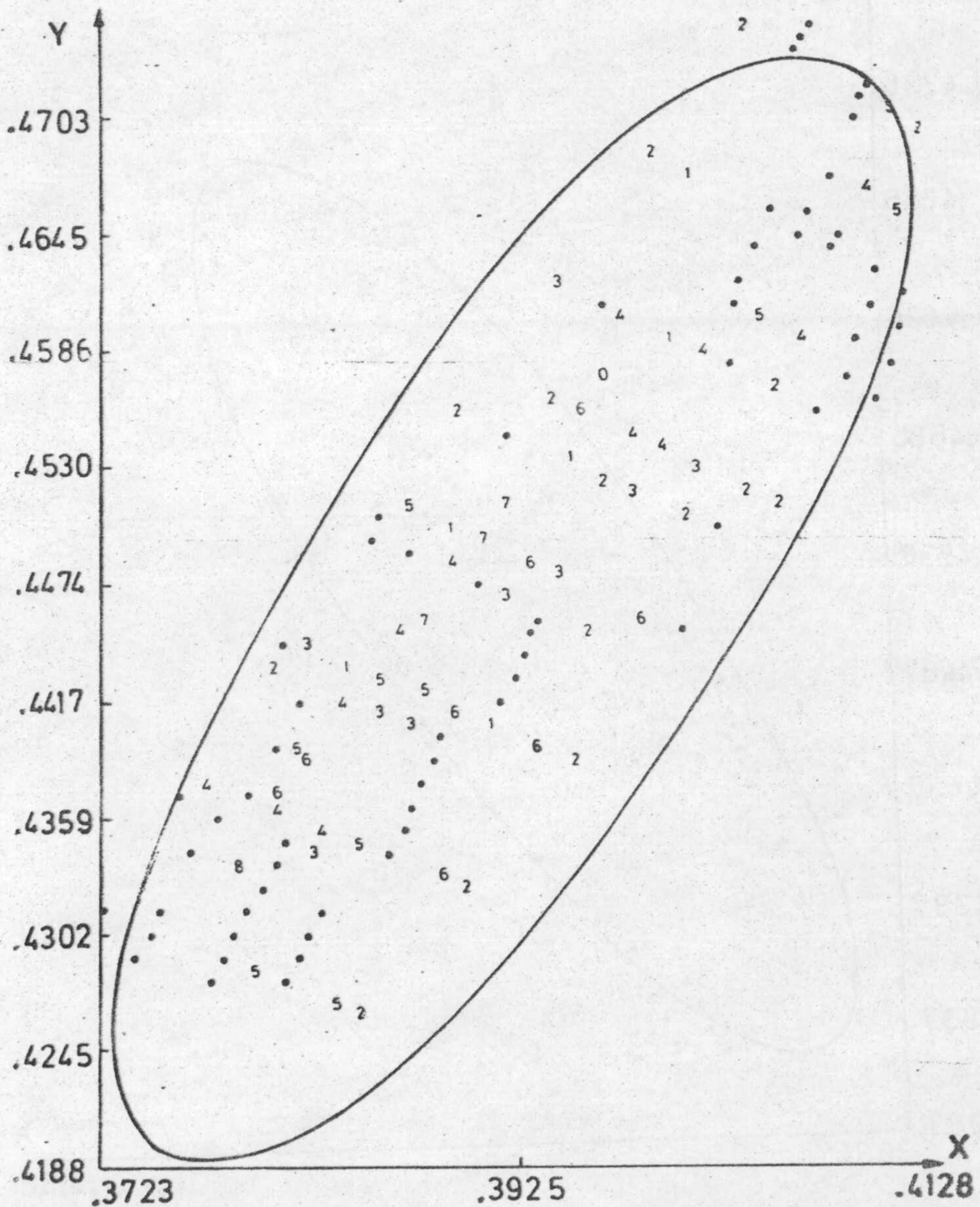
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla temporal

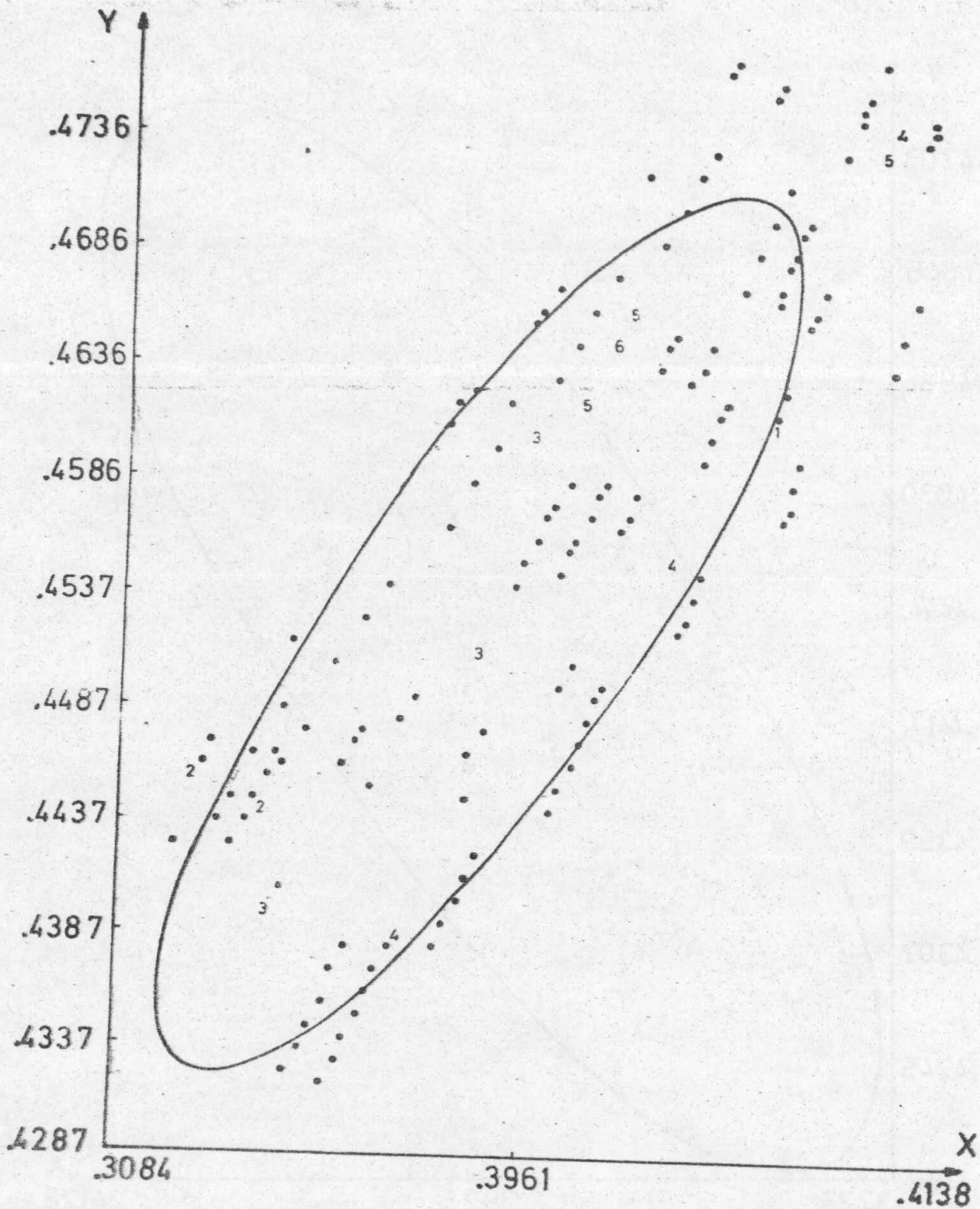
TERCERA SECCION

Peso de 1 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.
 Dispositivo de mezcla temporal
 CUARTA SECCION
 Peso de 1 a 10



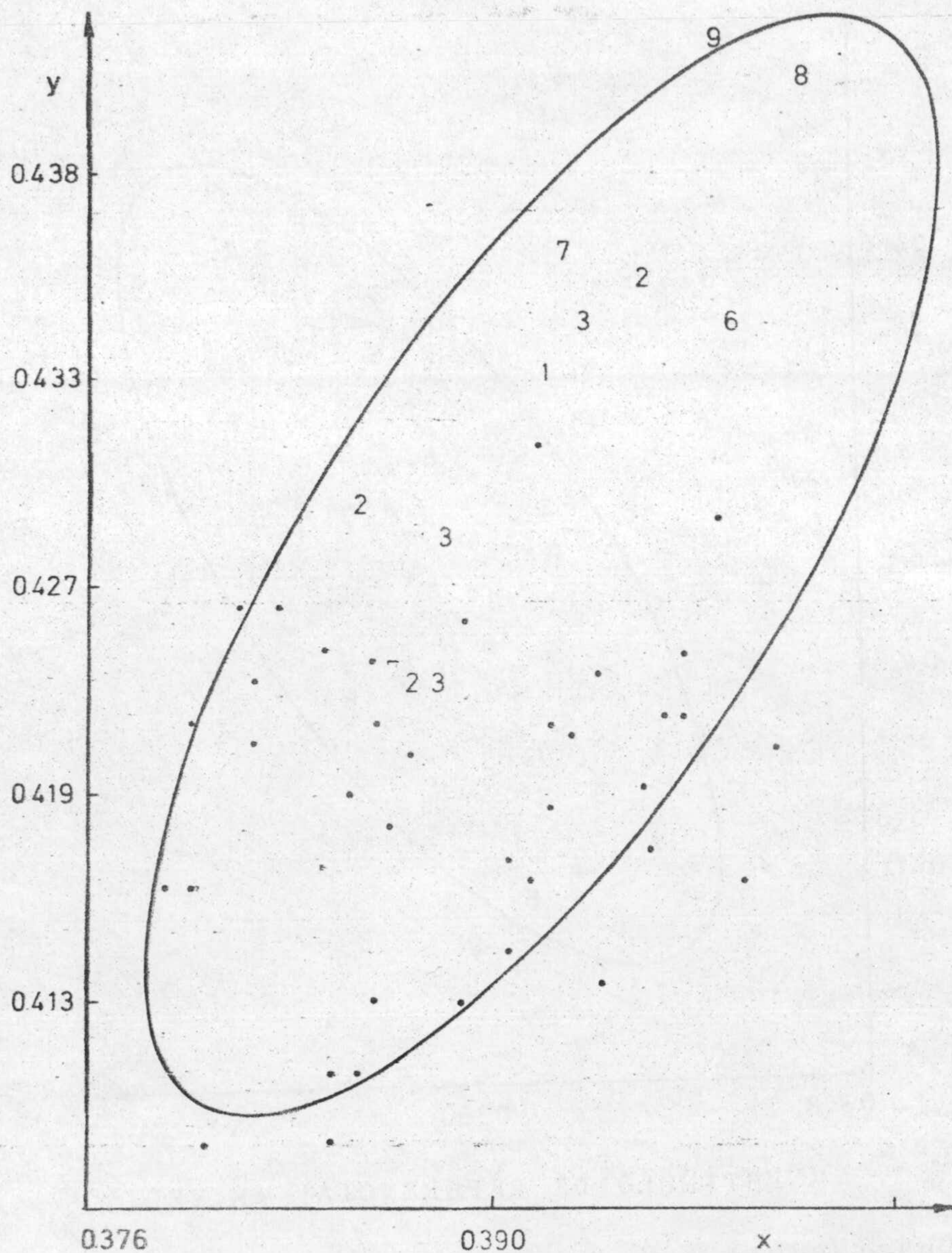
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla temporal

QUINTA SECCION

Peso de 1 a 10



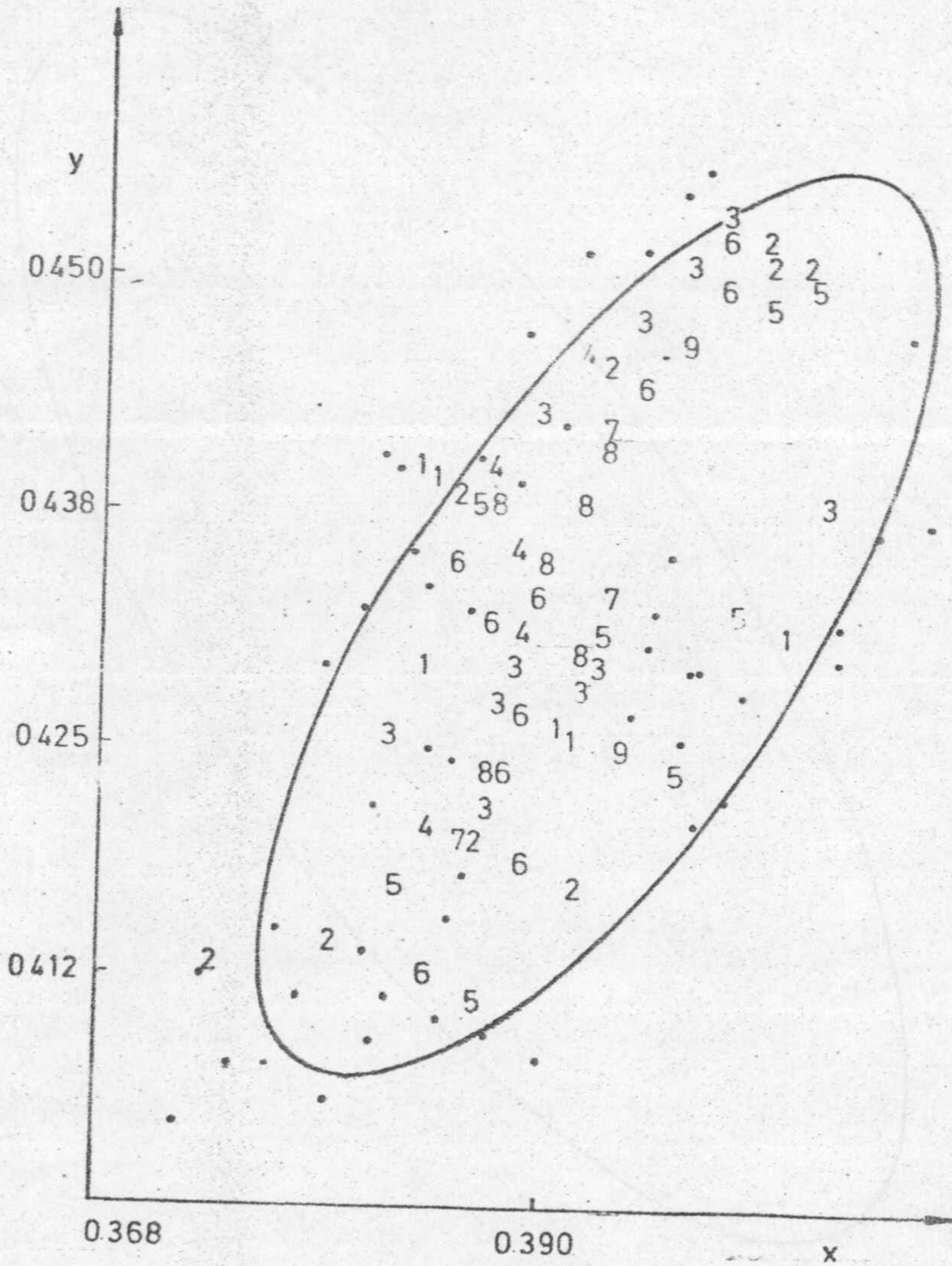
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.YER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla espacial

PRIMERA SECCION

Peso de 1 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

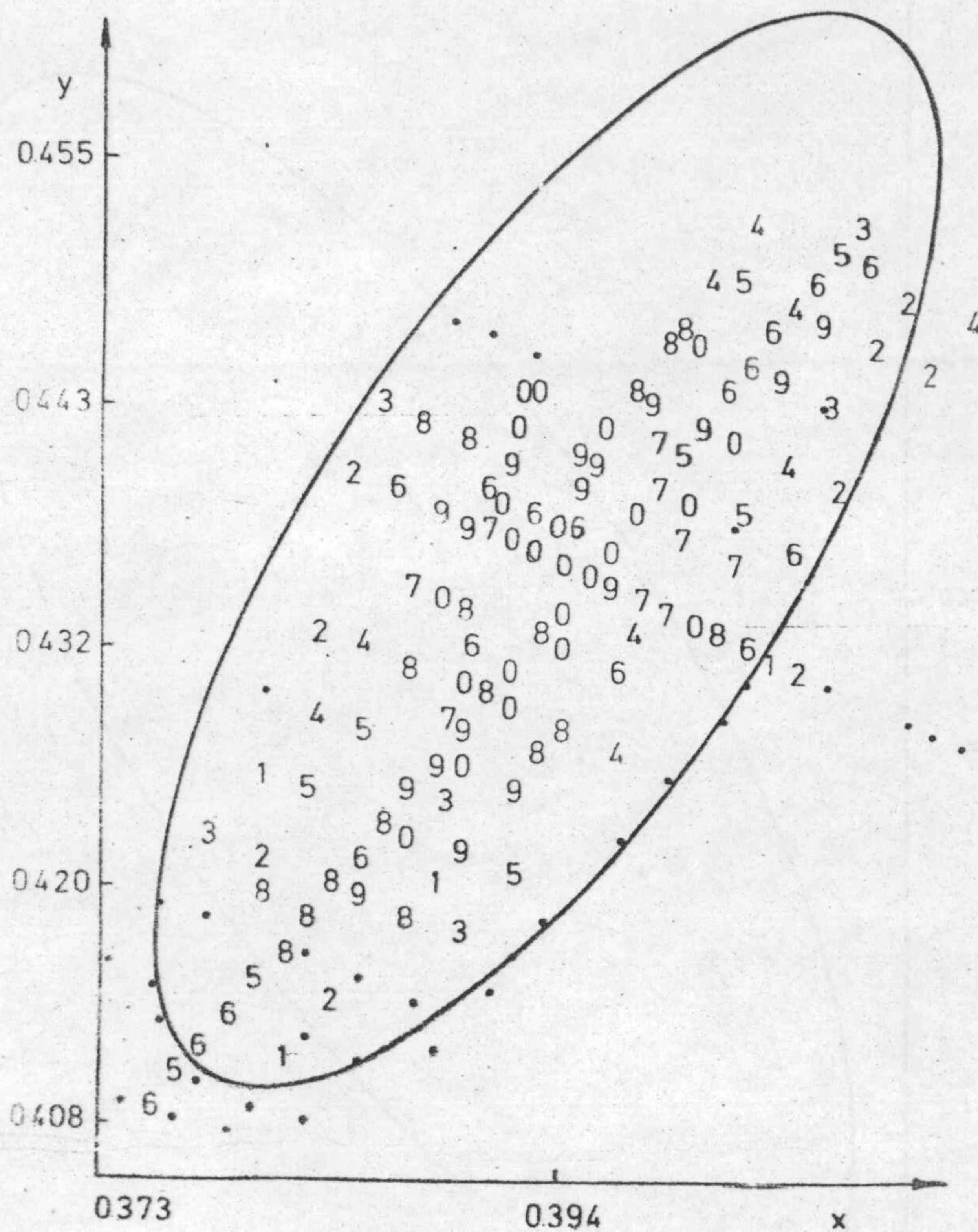
Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla espacial

SEGUNDA SECCION

Peso de 1 a 10

Observador: E.H.
 Dispositivo de mezcla espacial
 PRIMERA SECCION
 Peso de 1 a 10



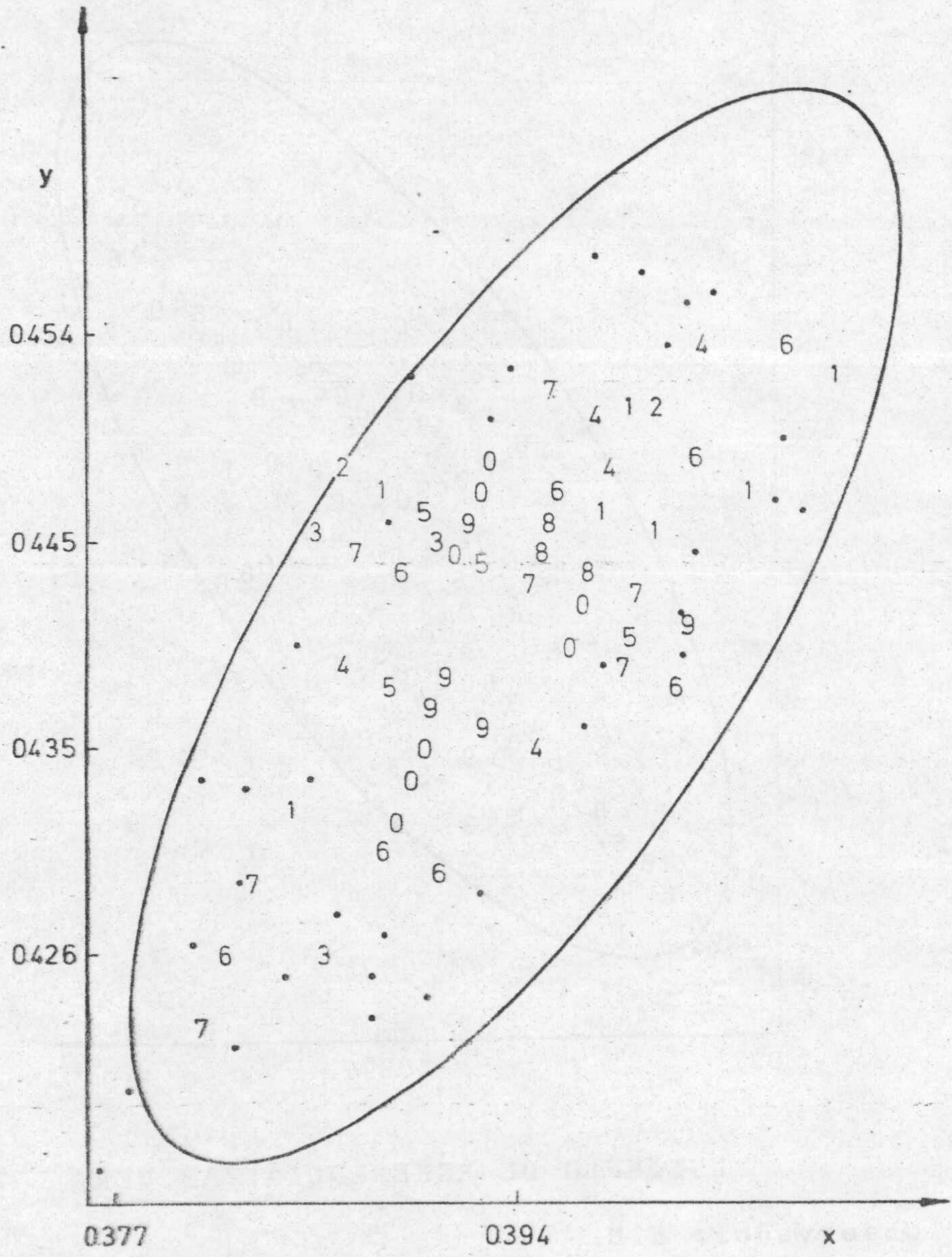
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla espacial

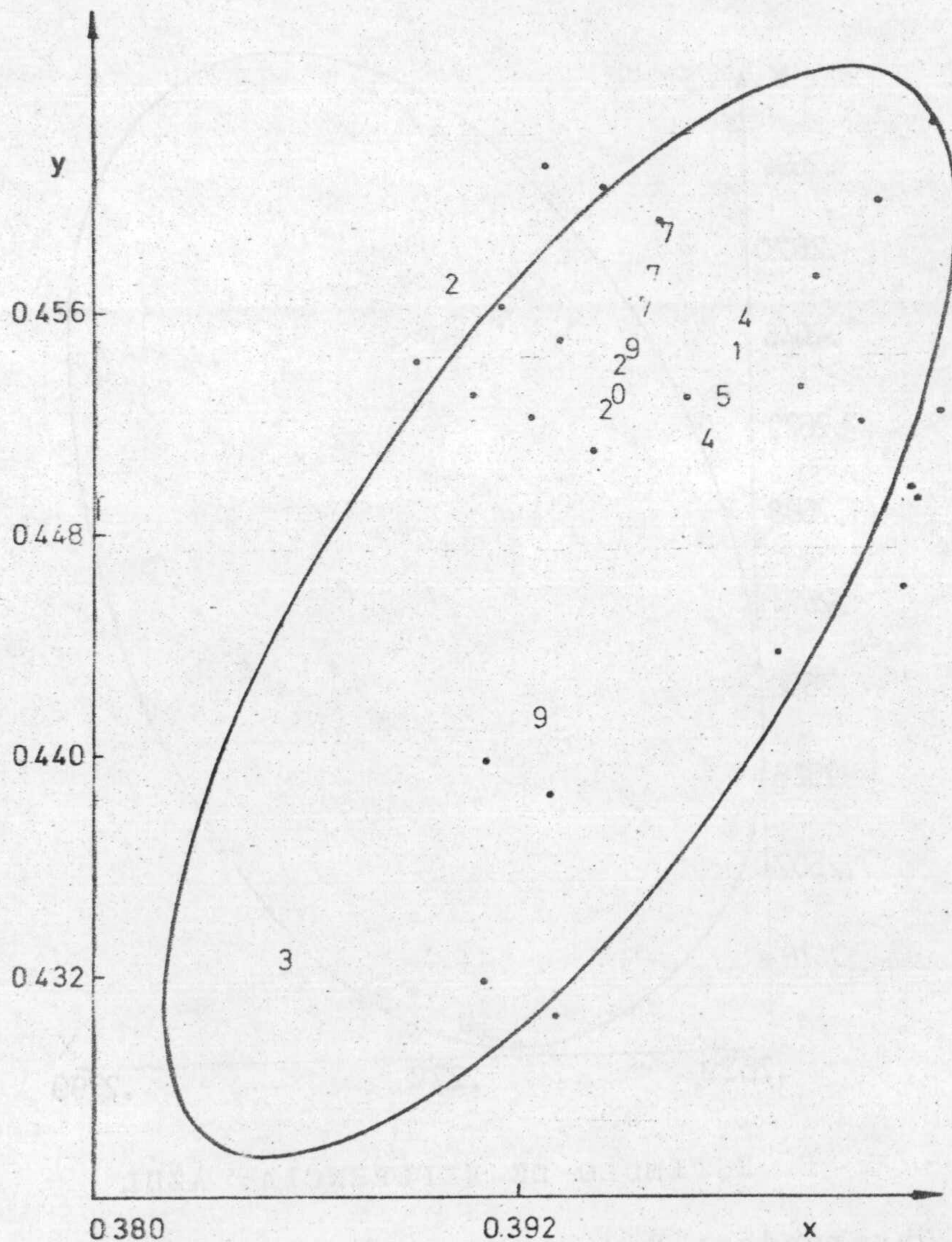
TERCERA SECCION

Peso de 1 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.
Dispositivo de mezcla espacial
CUARTA SECCION
Peso de 1 a 10



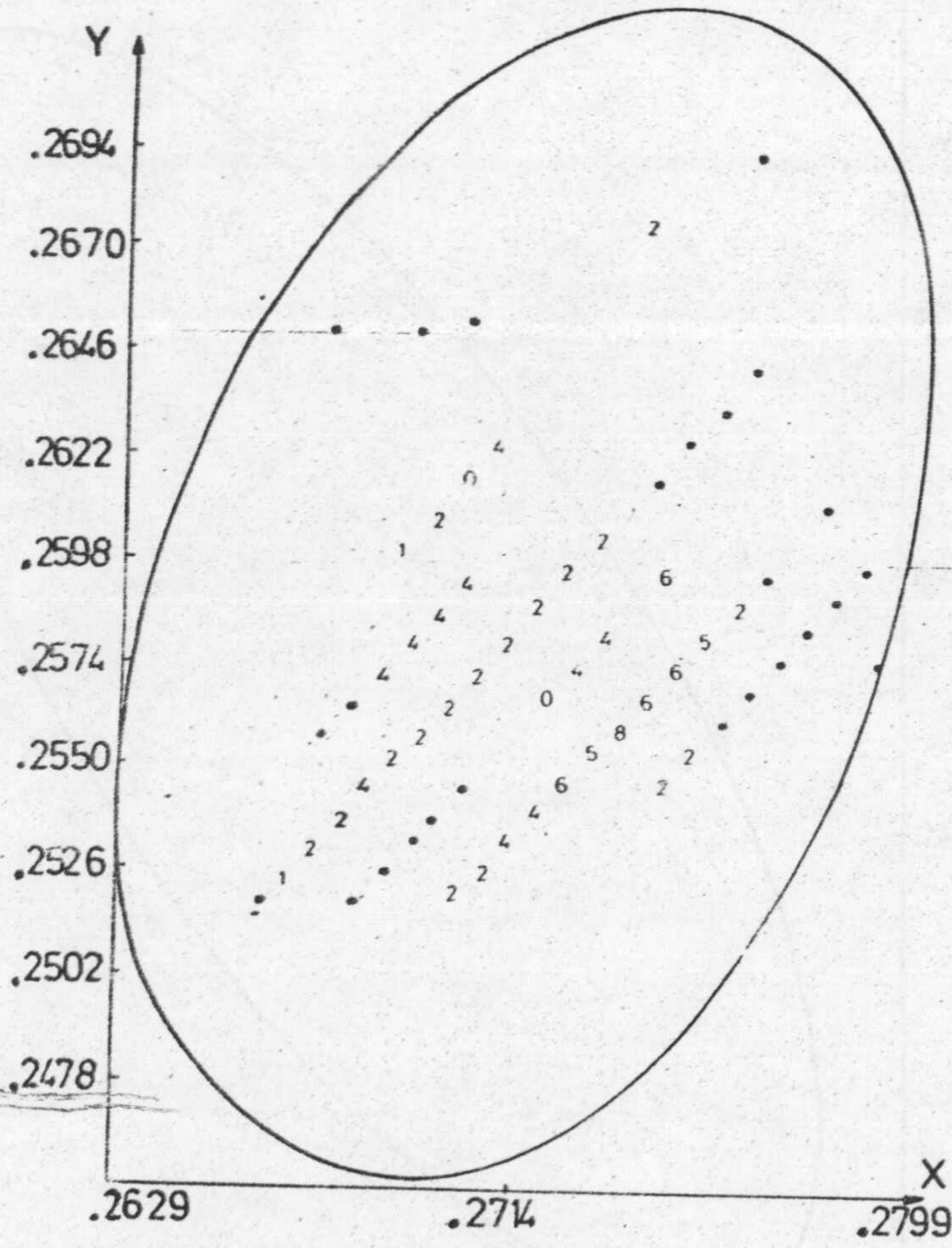
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla espacial

QUINTA SECCION

Peso de 1 a 10



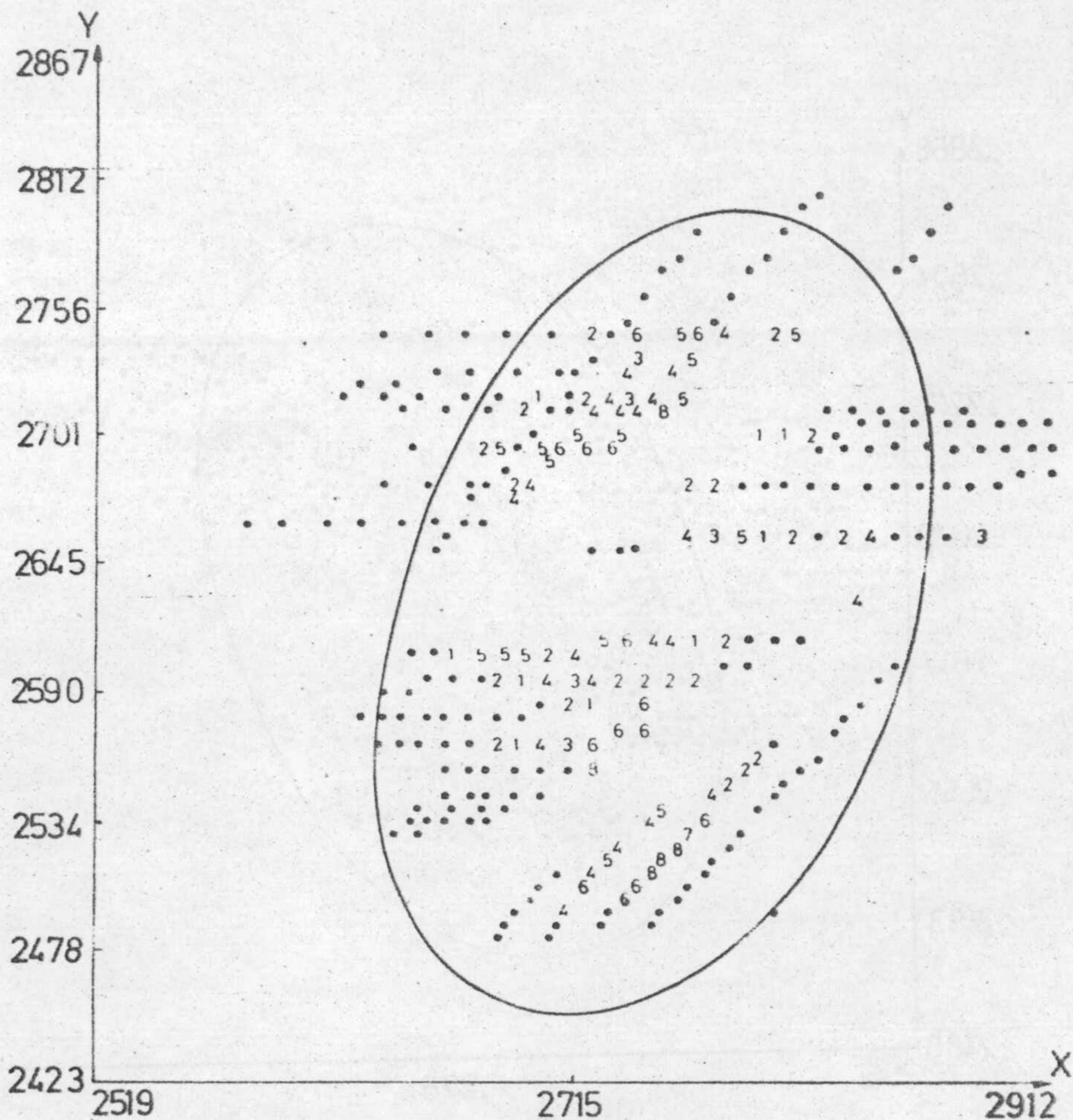
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

PRIMERA SECCION

Peso de 1 a 10



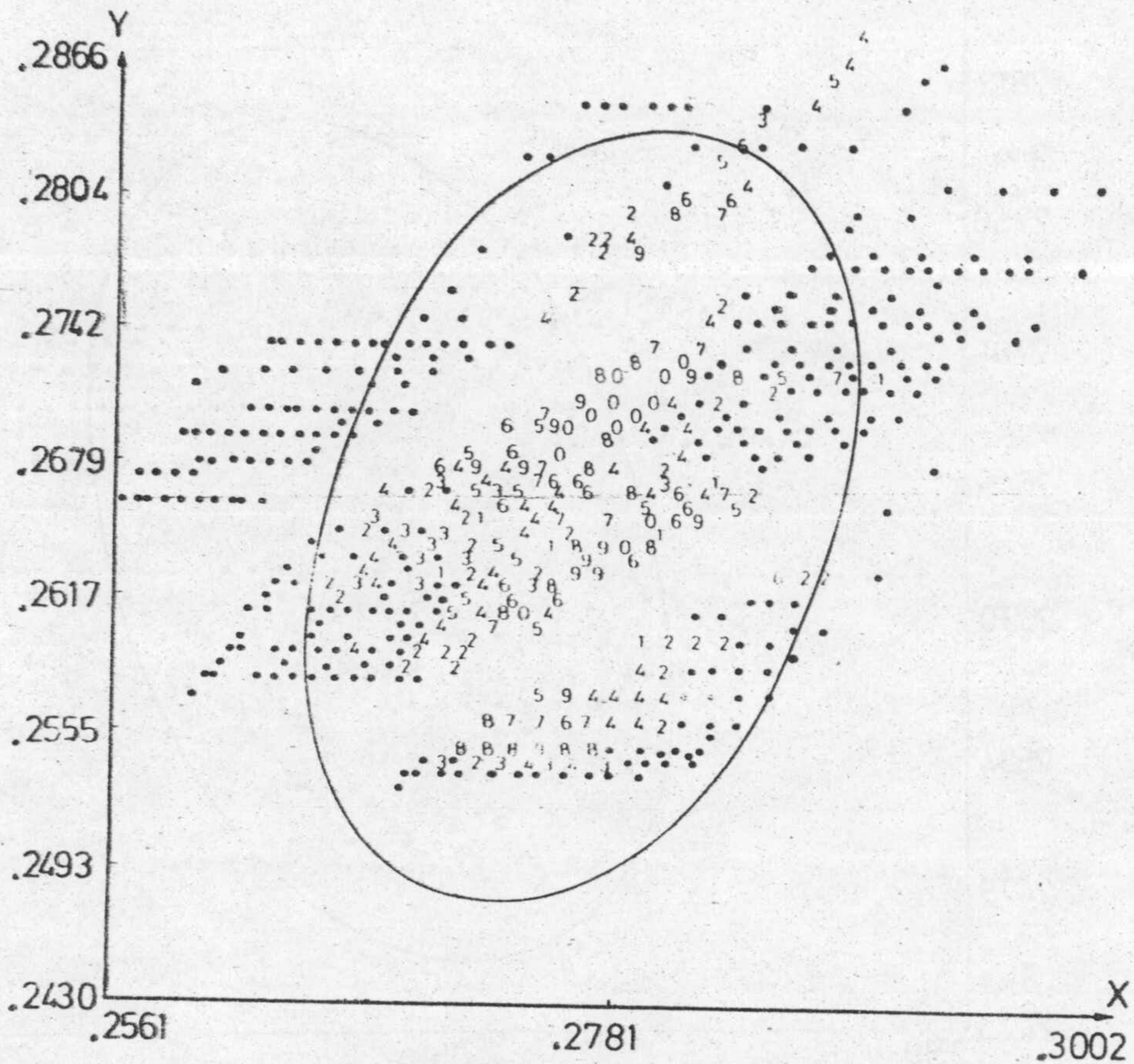
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

SEGUNDA SECCION

Peso de 1 a 10



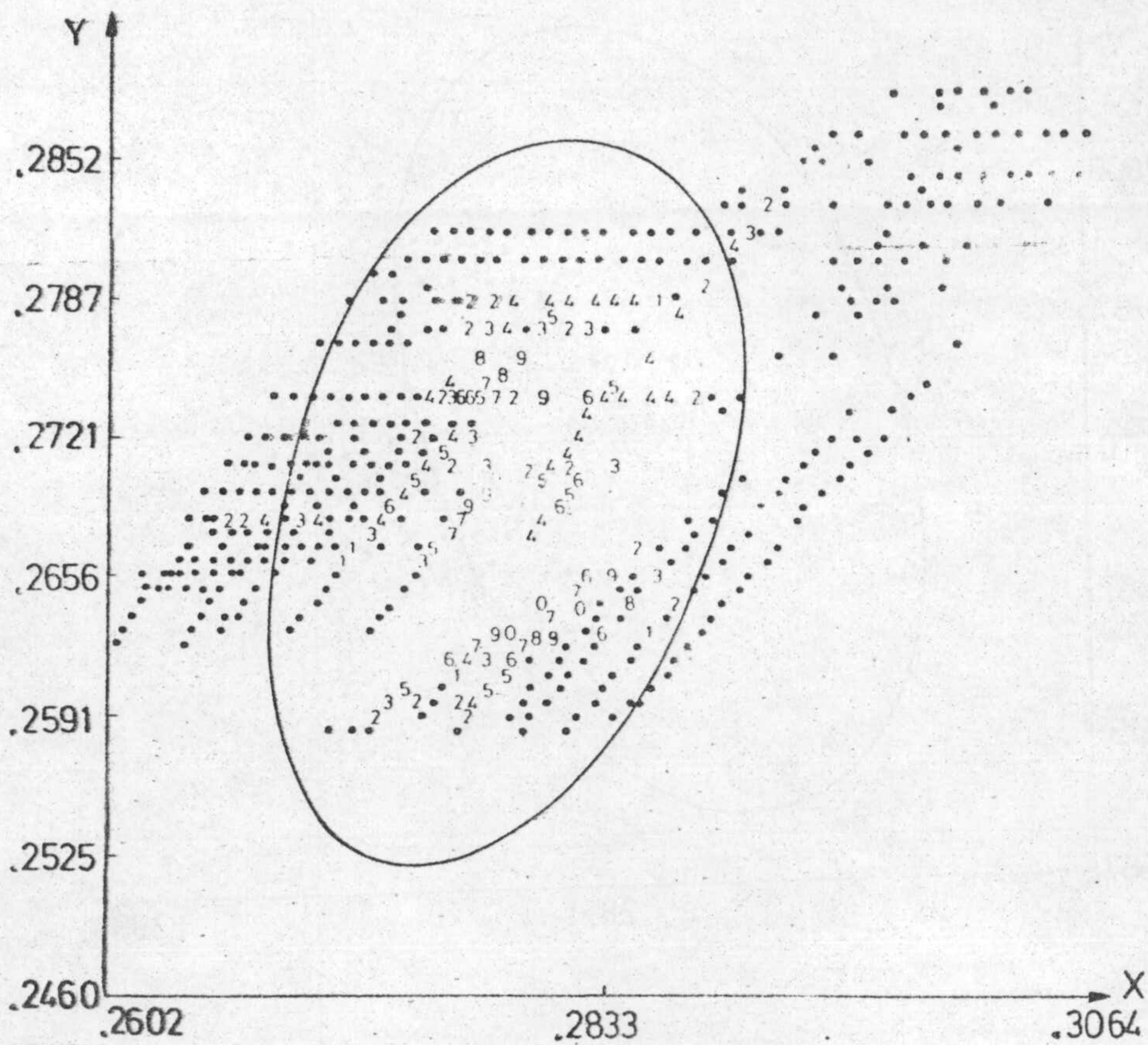
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

TERCERA SECCION

Peso de 1 a 10



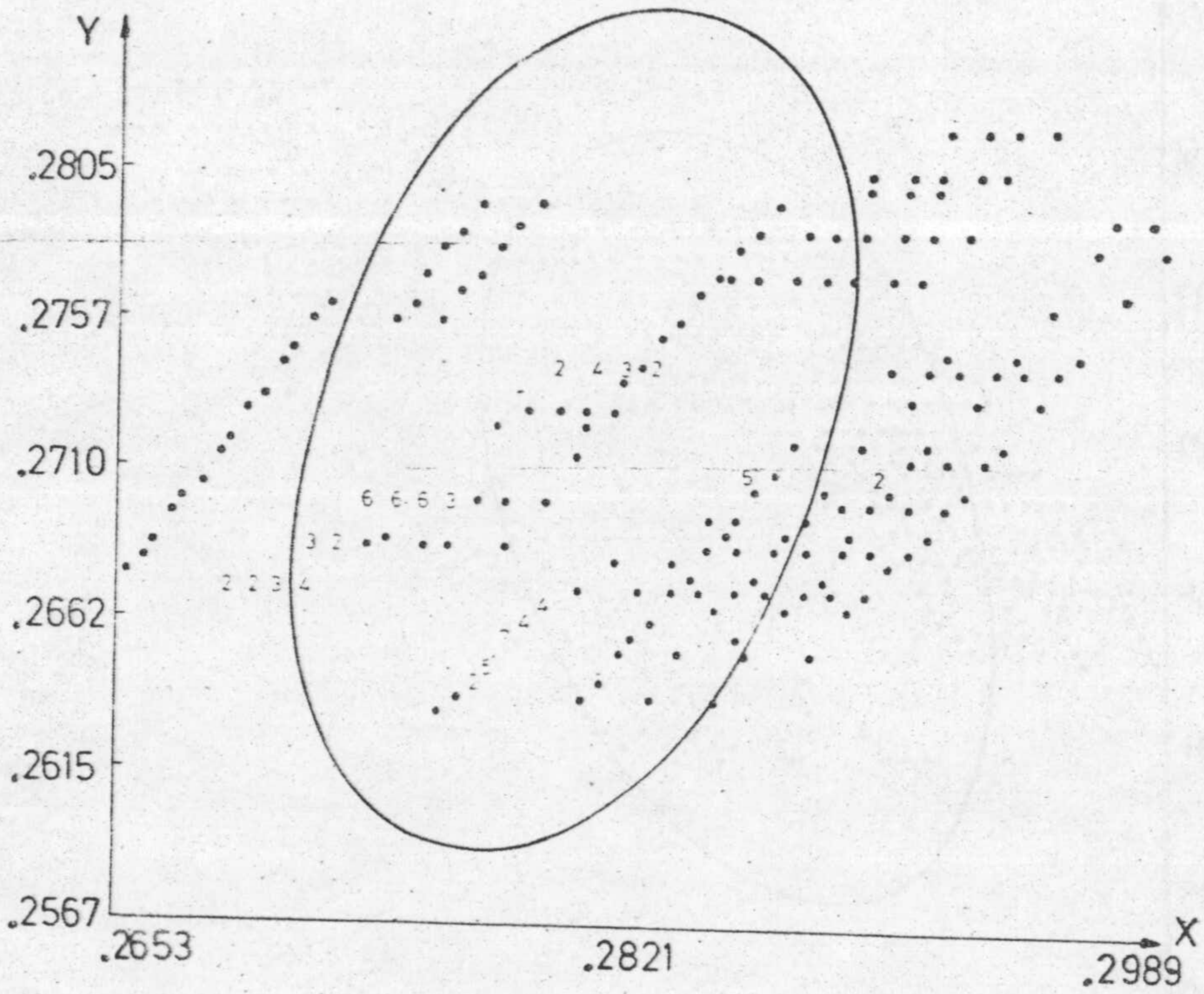
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

CUARTA SECCION

Peso de 1 a 10



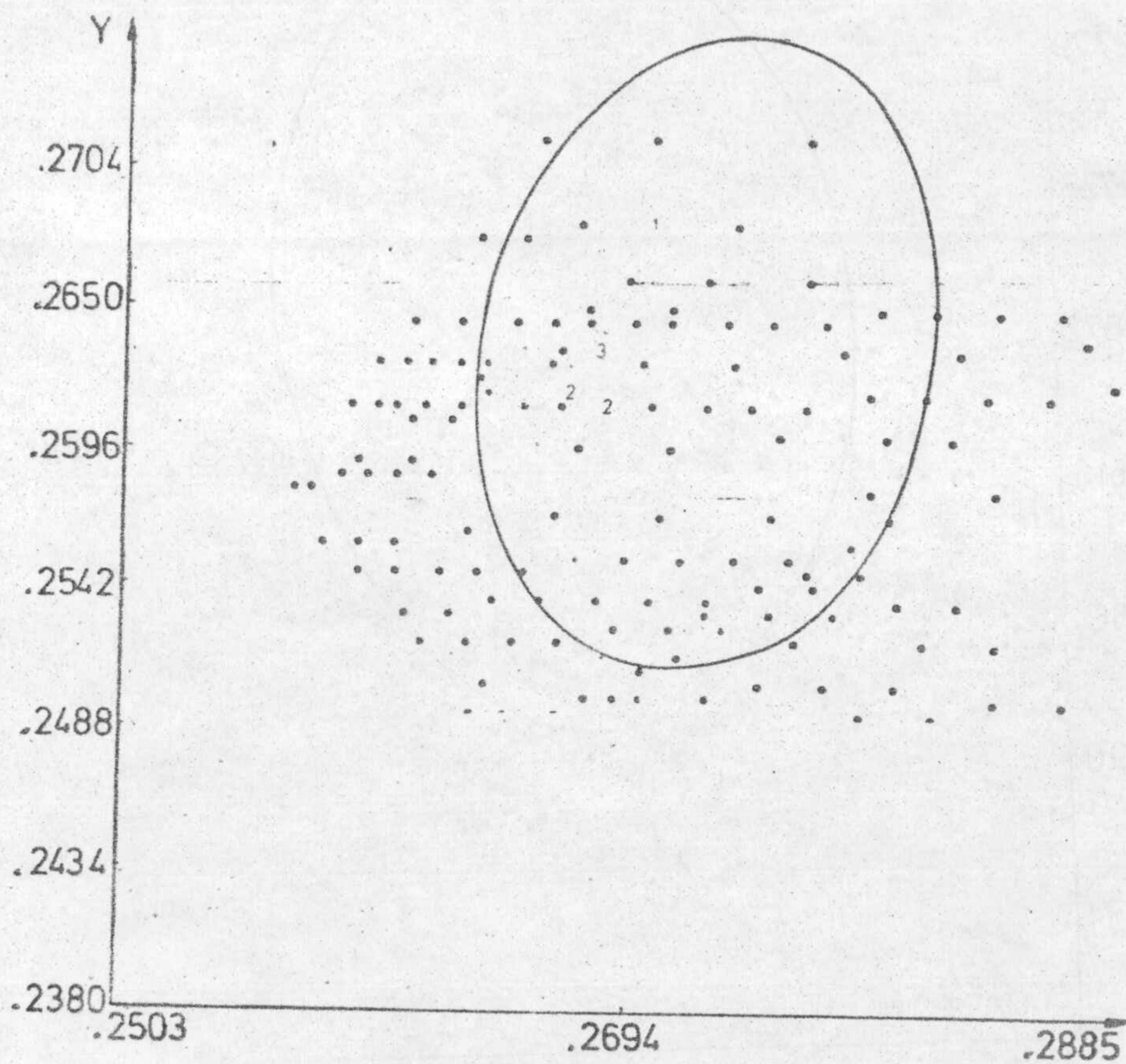
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

QUINTA SECCION

Peso de 1 a 10



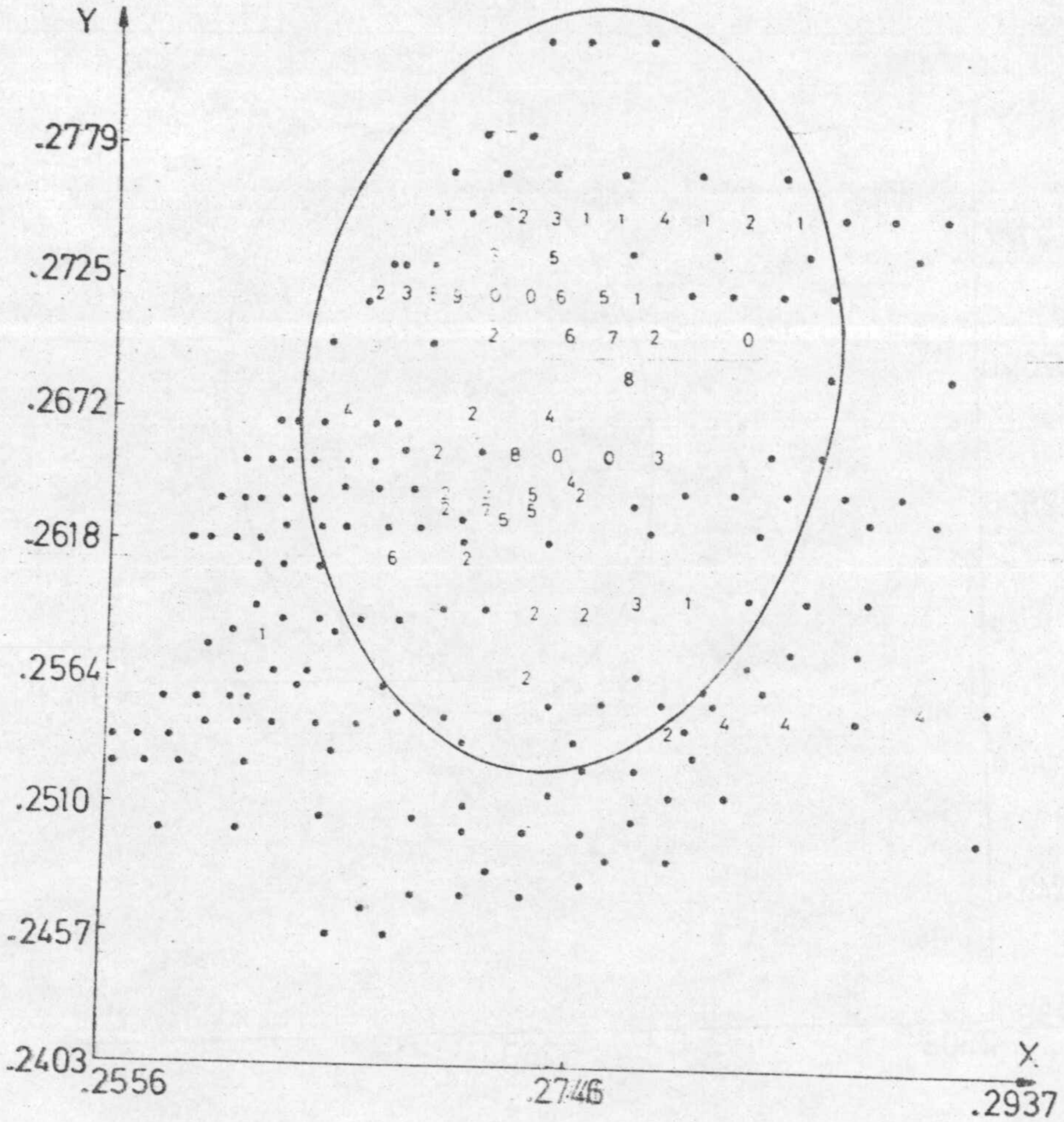
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

PRIMERA SECCION

Peso de 1 a 10



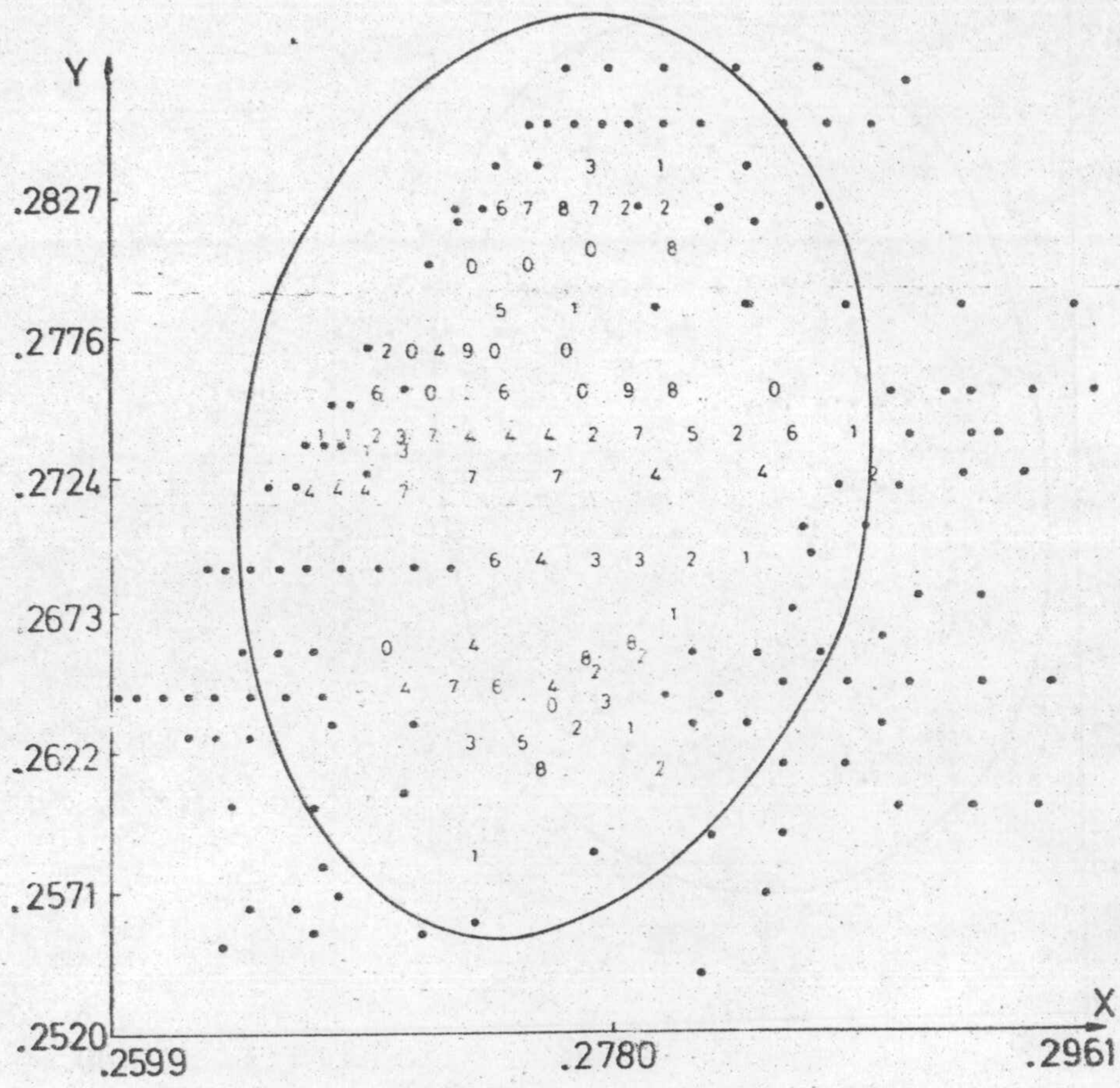
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

SEGUNDA SECCION

Peso de 1 a 10



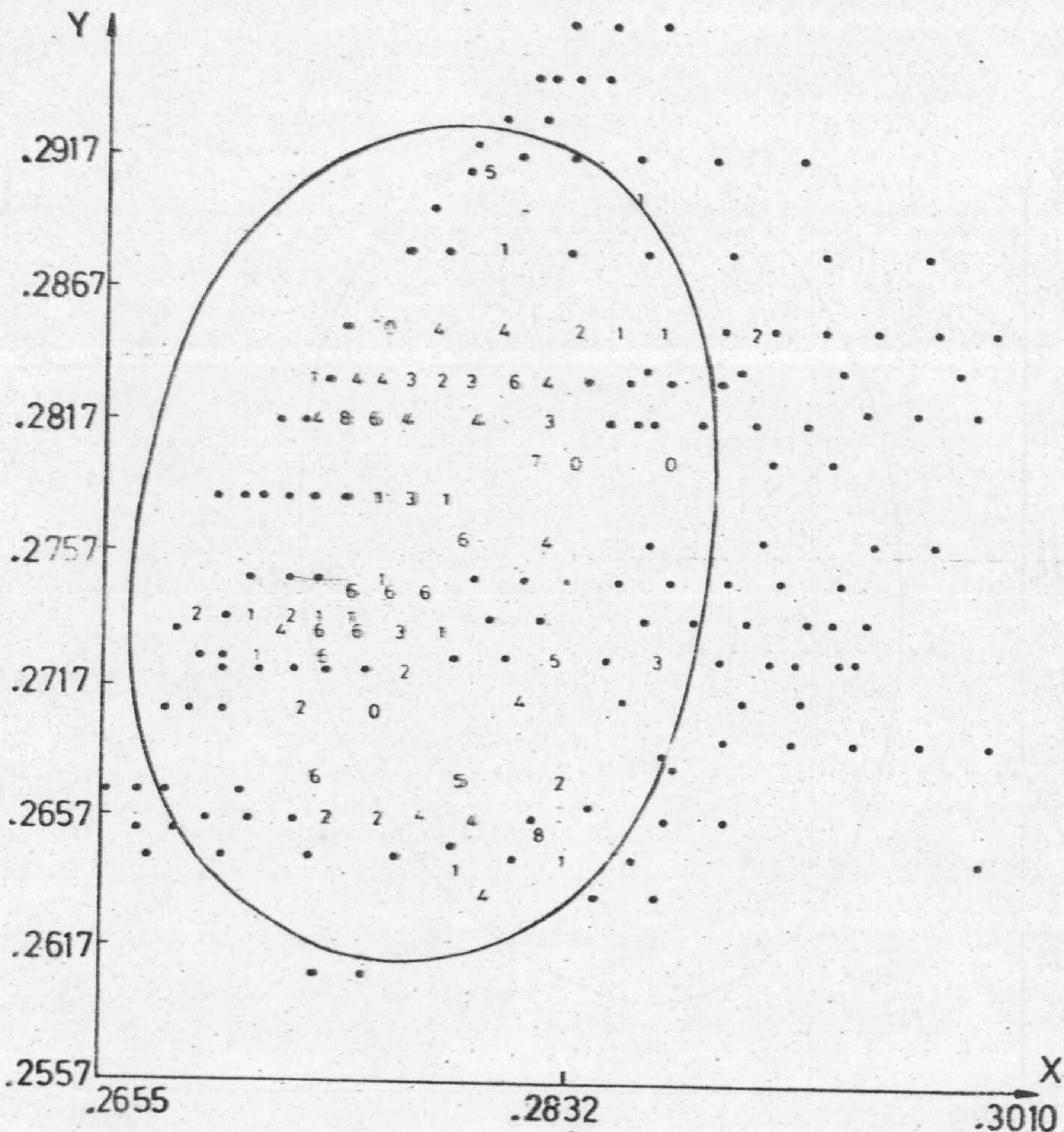
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

TERCERA SECCION

Peso de 1 a 10



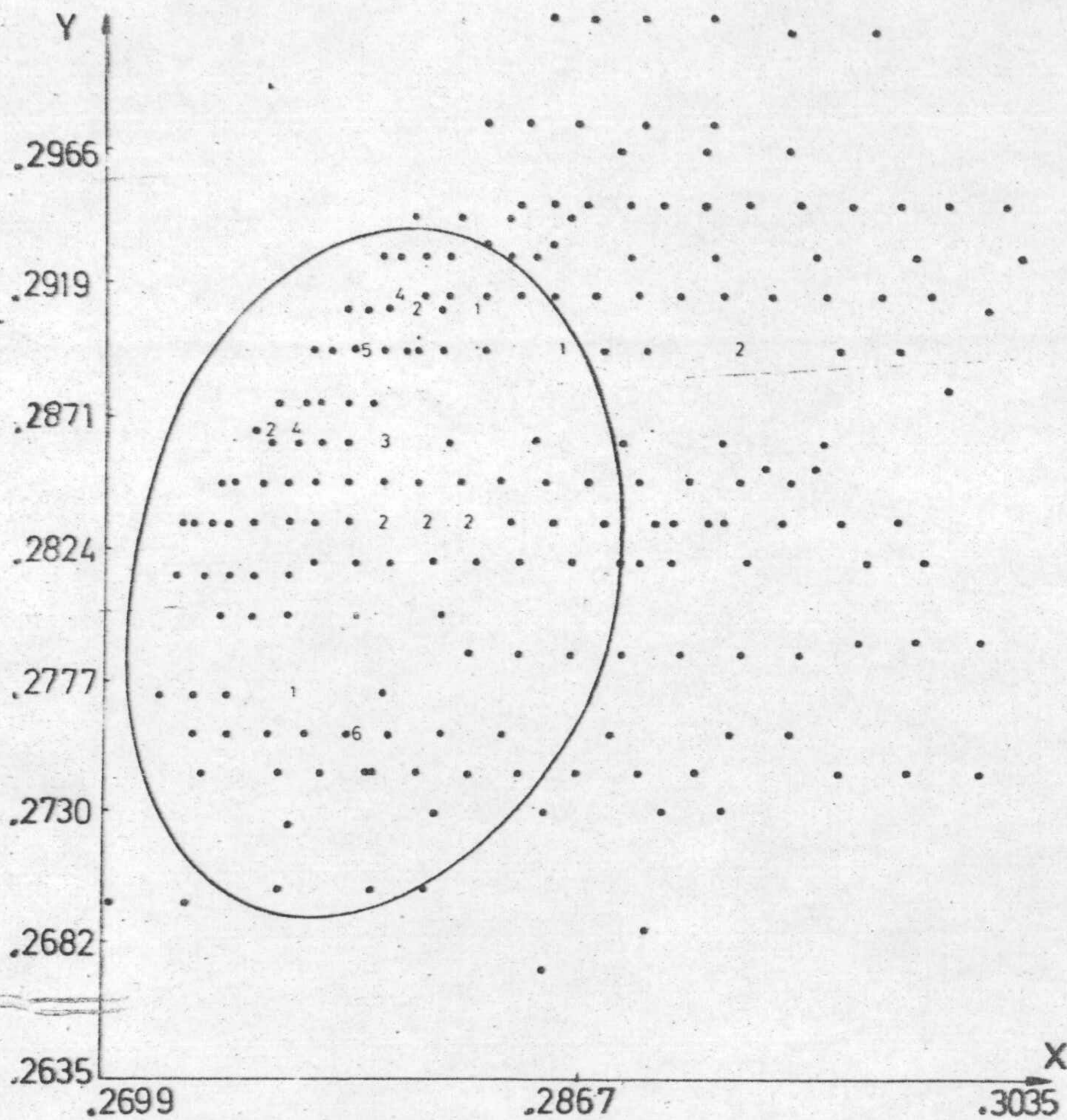
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

CUARTA SECCION

Peso de 1 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

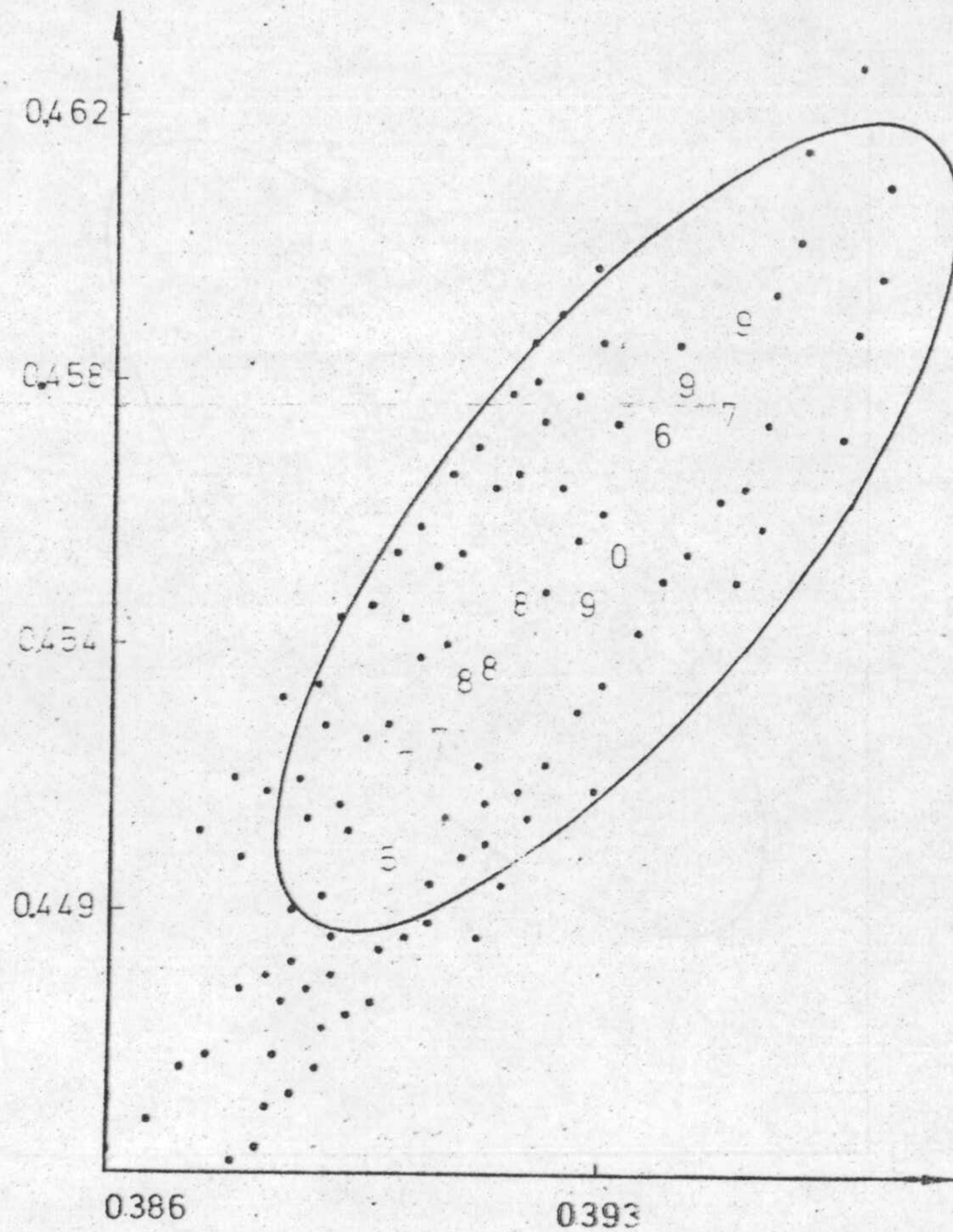
QUINTA SECCION

Peso de 1 a 10

INFLUENCIA DEL CRITERIO

DE IGUALACION

(Peso de 5 a 10)



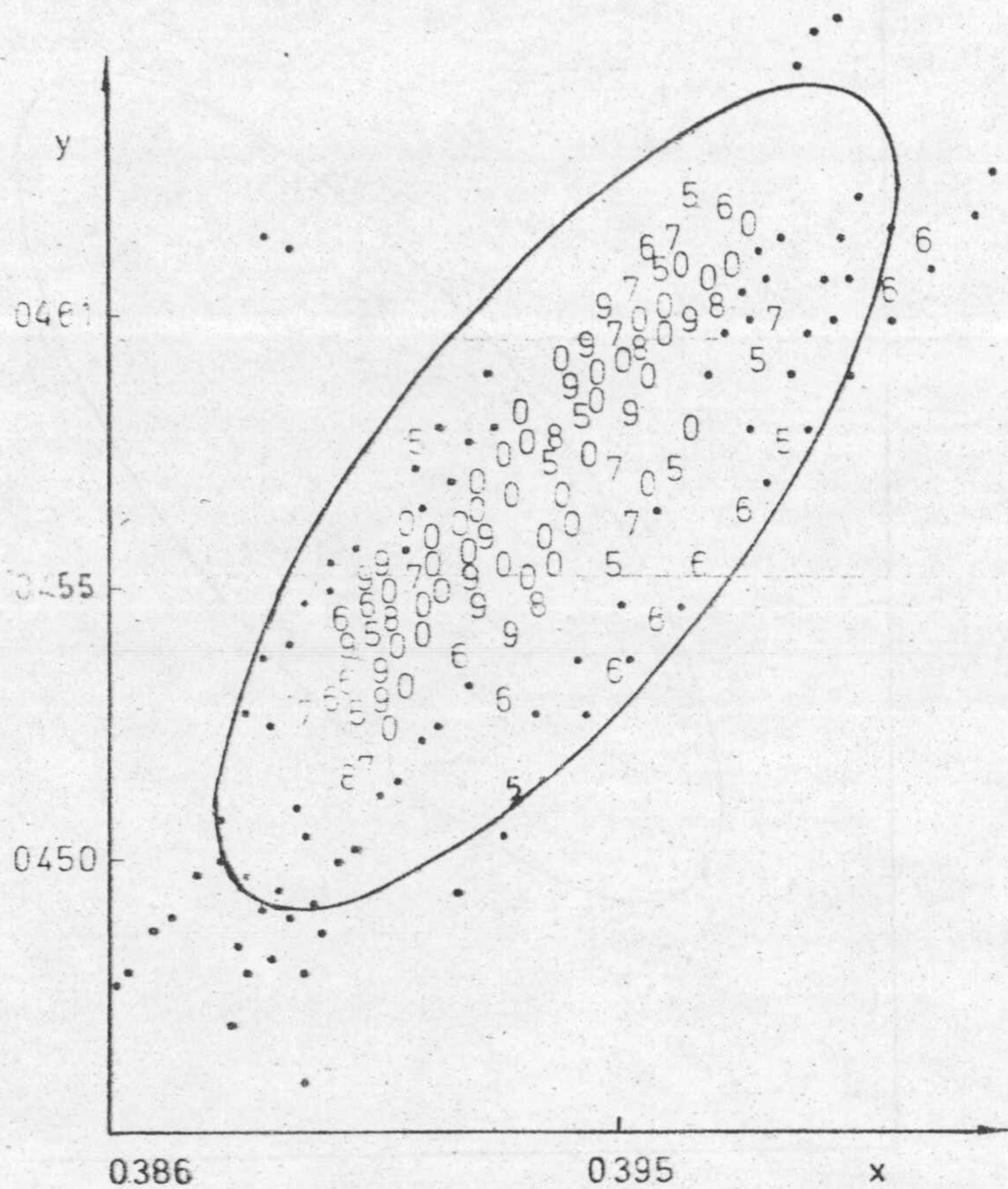
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

PRIMERA SECCION

Peso de 5 a 10



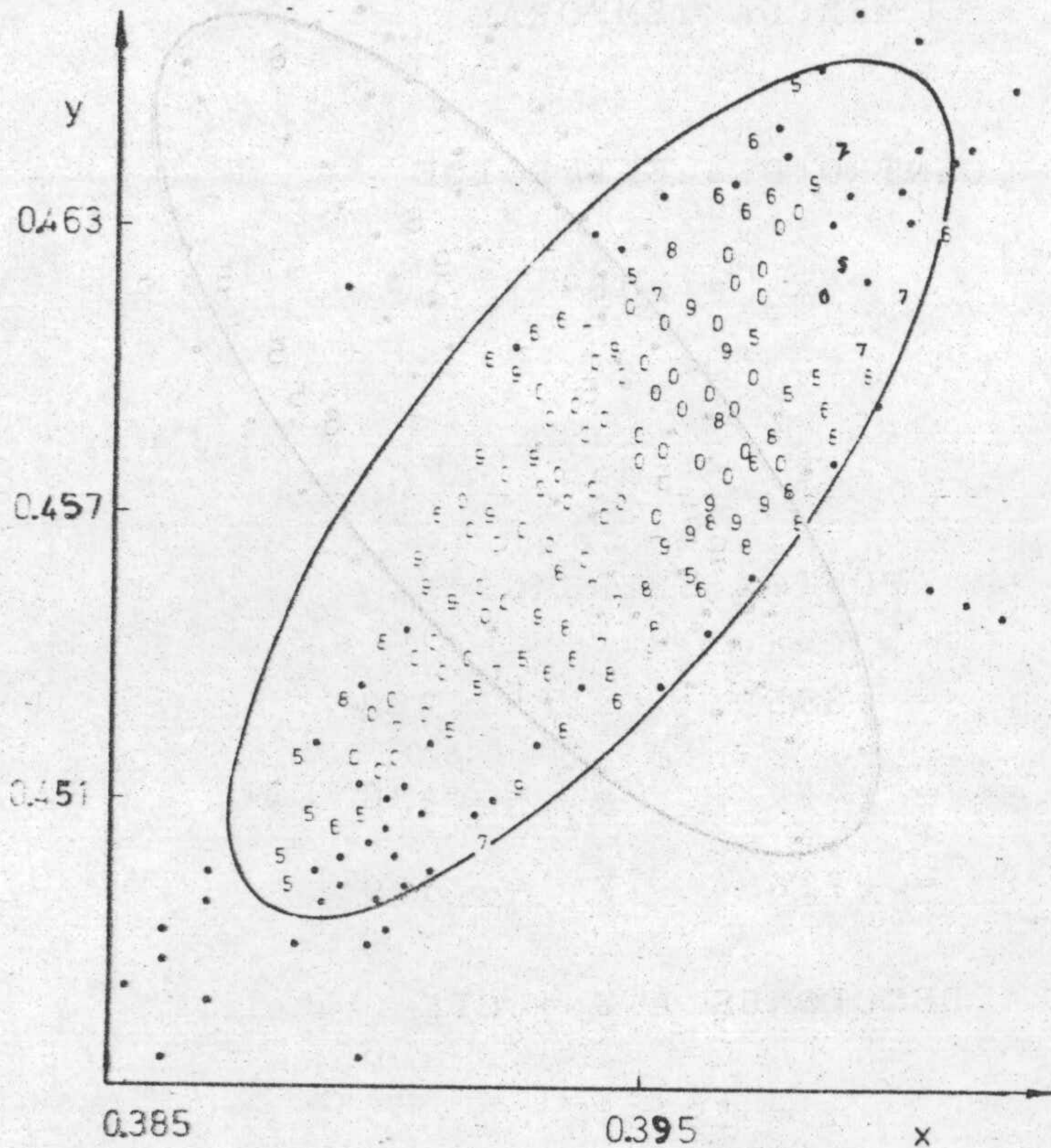
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

SEGUNDA SECCION

Peso de 5 a 10



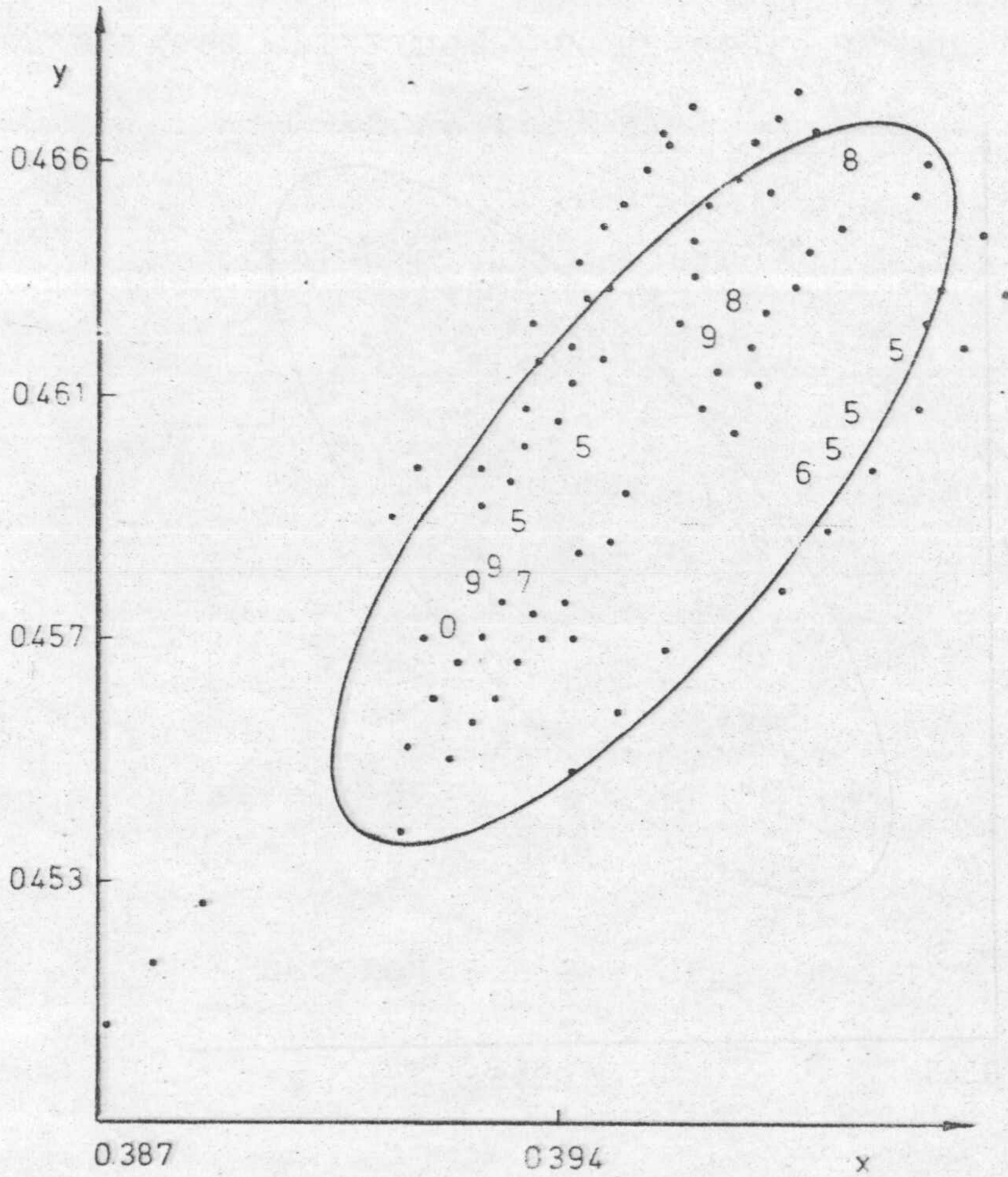
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

TERCERA SECCION

Peso de 5 a 10



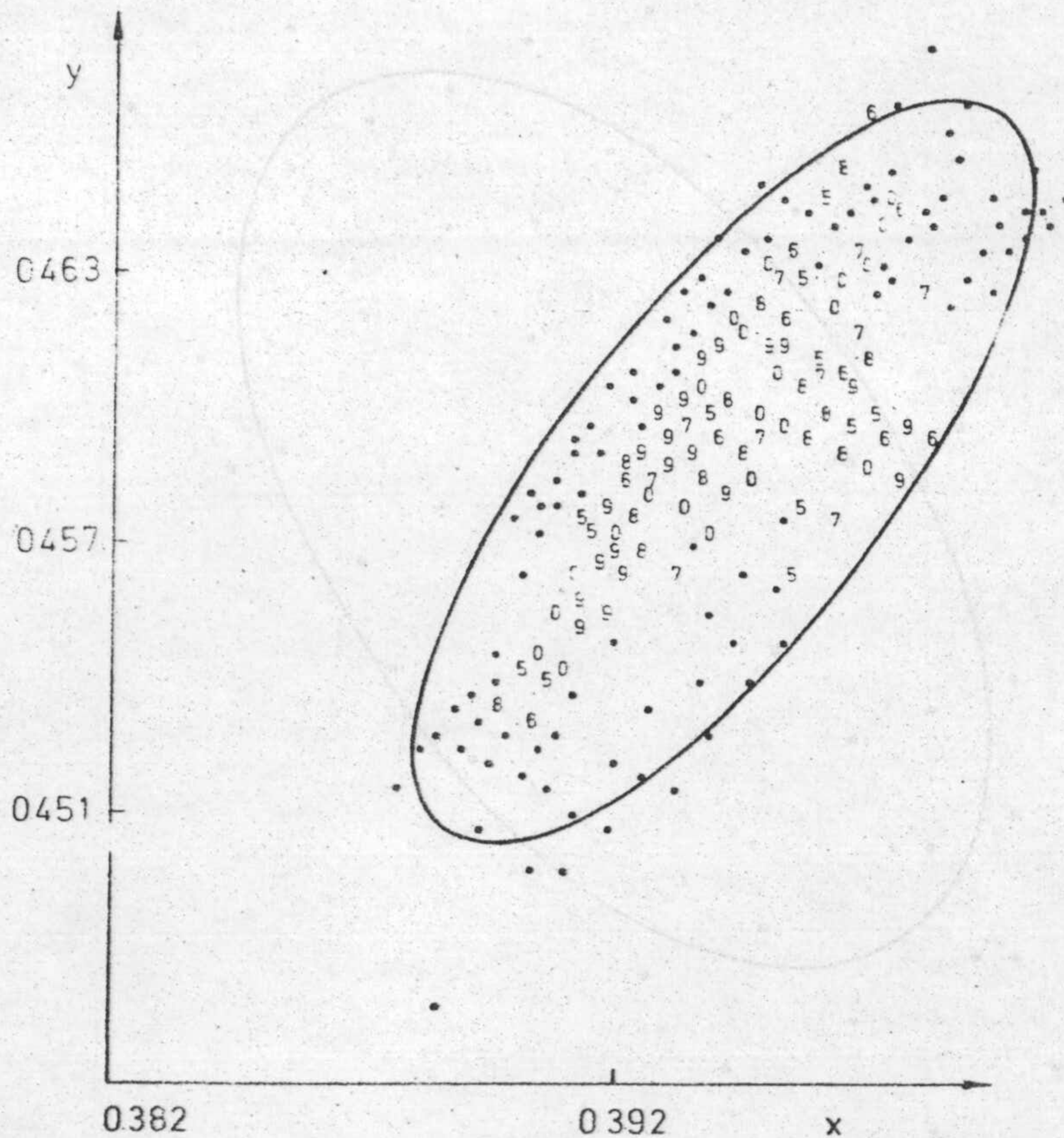
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

CUARTA SECCION

Peso de 5 a 10



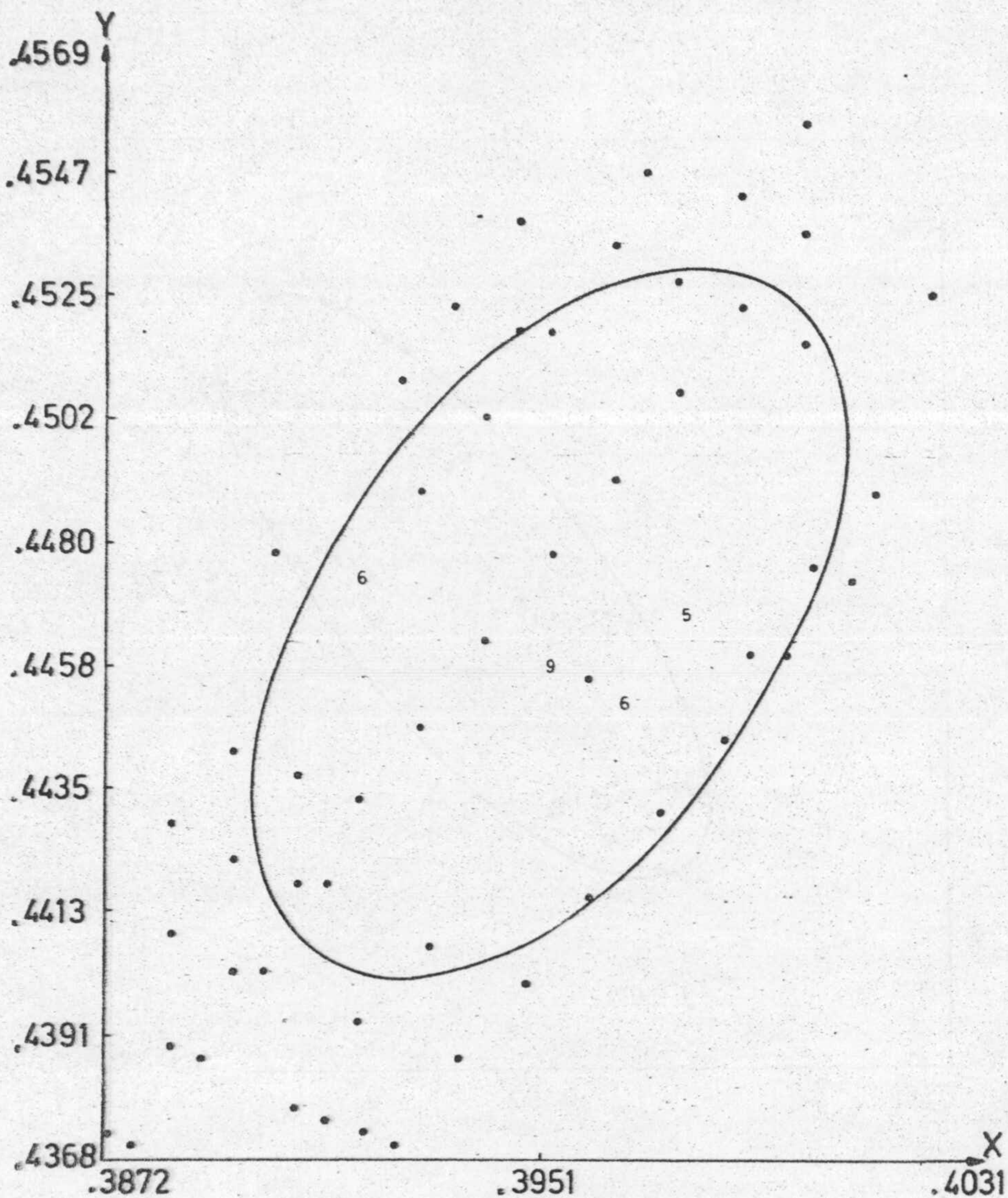
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

QUINTA SECCION

Peso de 5 a 10



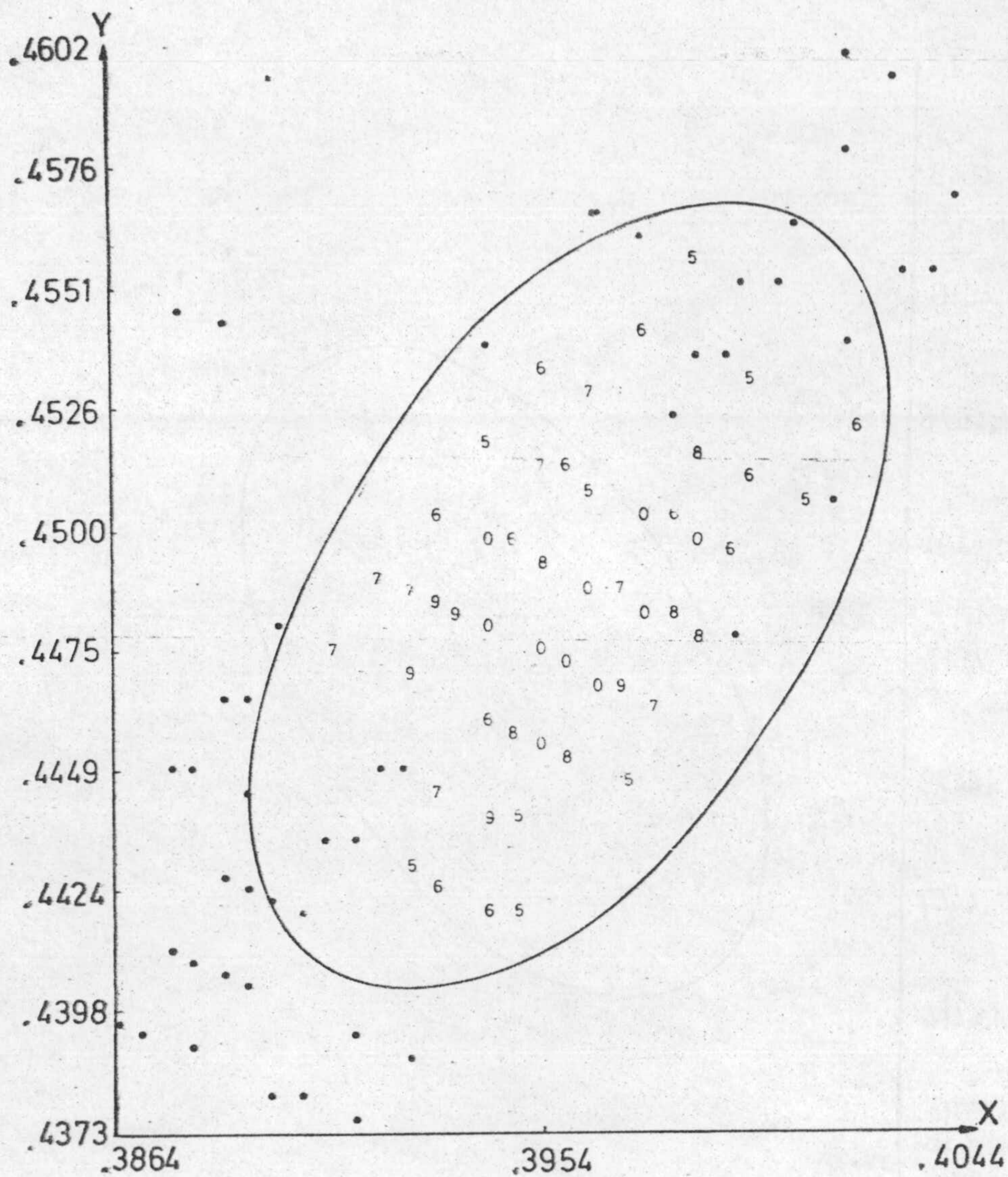
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

PRIMERA SECCION

Peso de 5 a 10



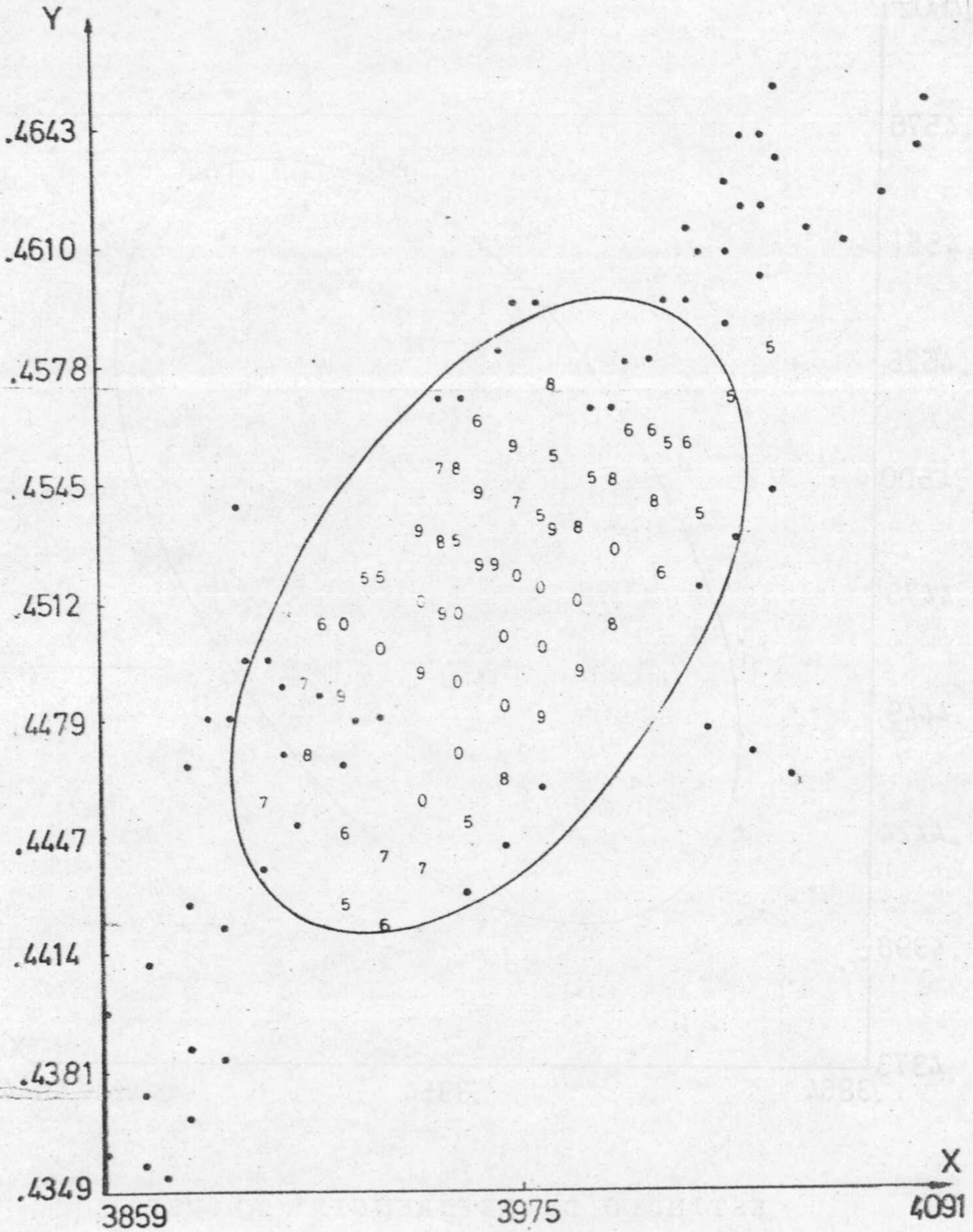
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

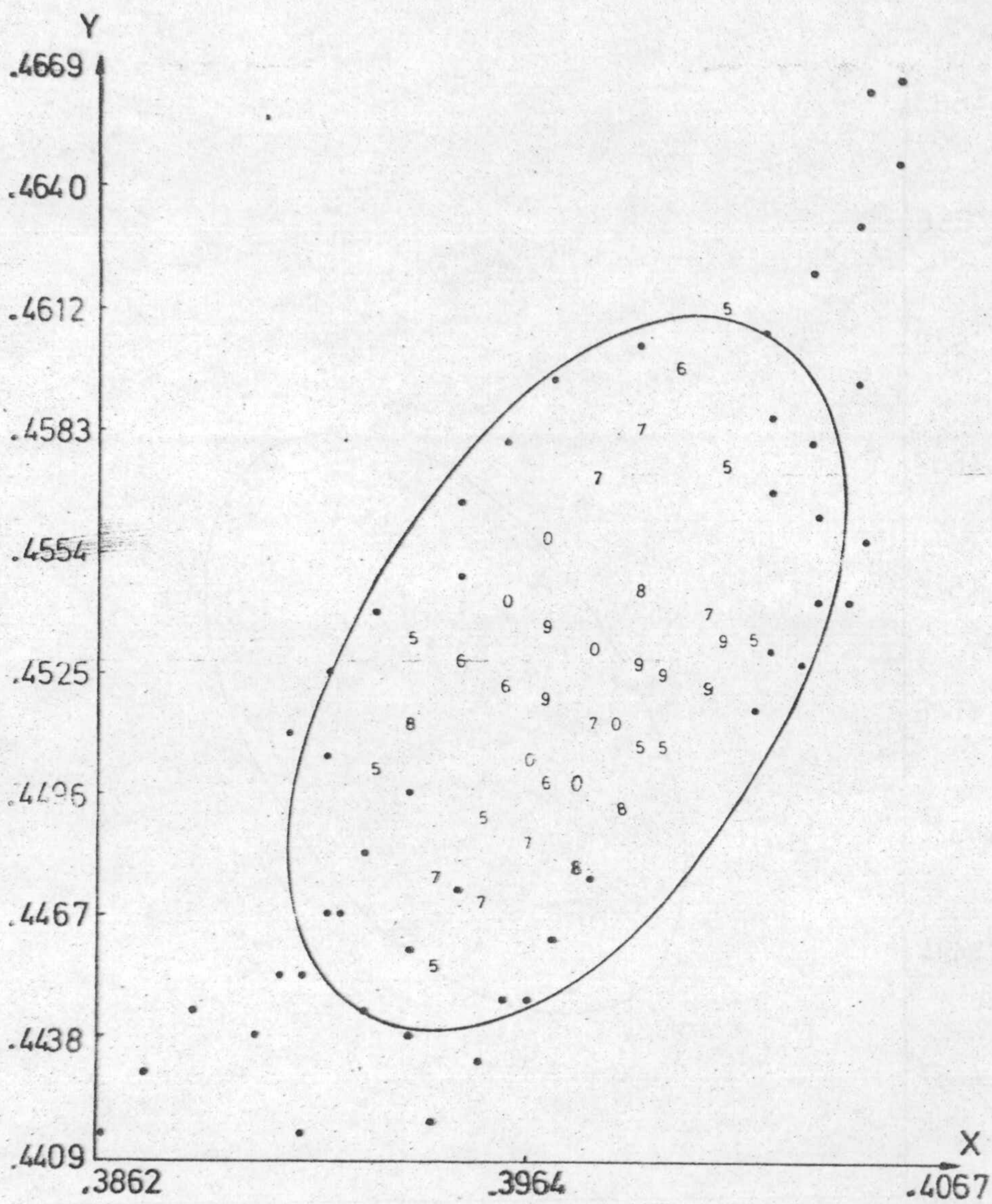
SEGUNDA SECCION

Peso de 5 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER. 9220

Observador: E.J.
Dispositivo de mezcla espacial
TERCERA SECCION
Peso de 5 a 10



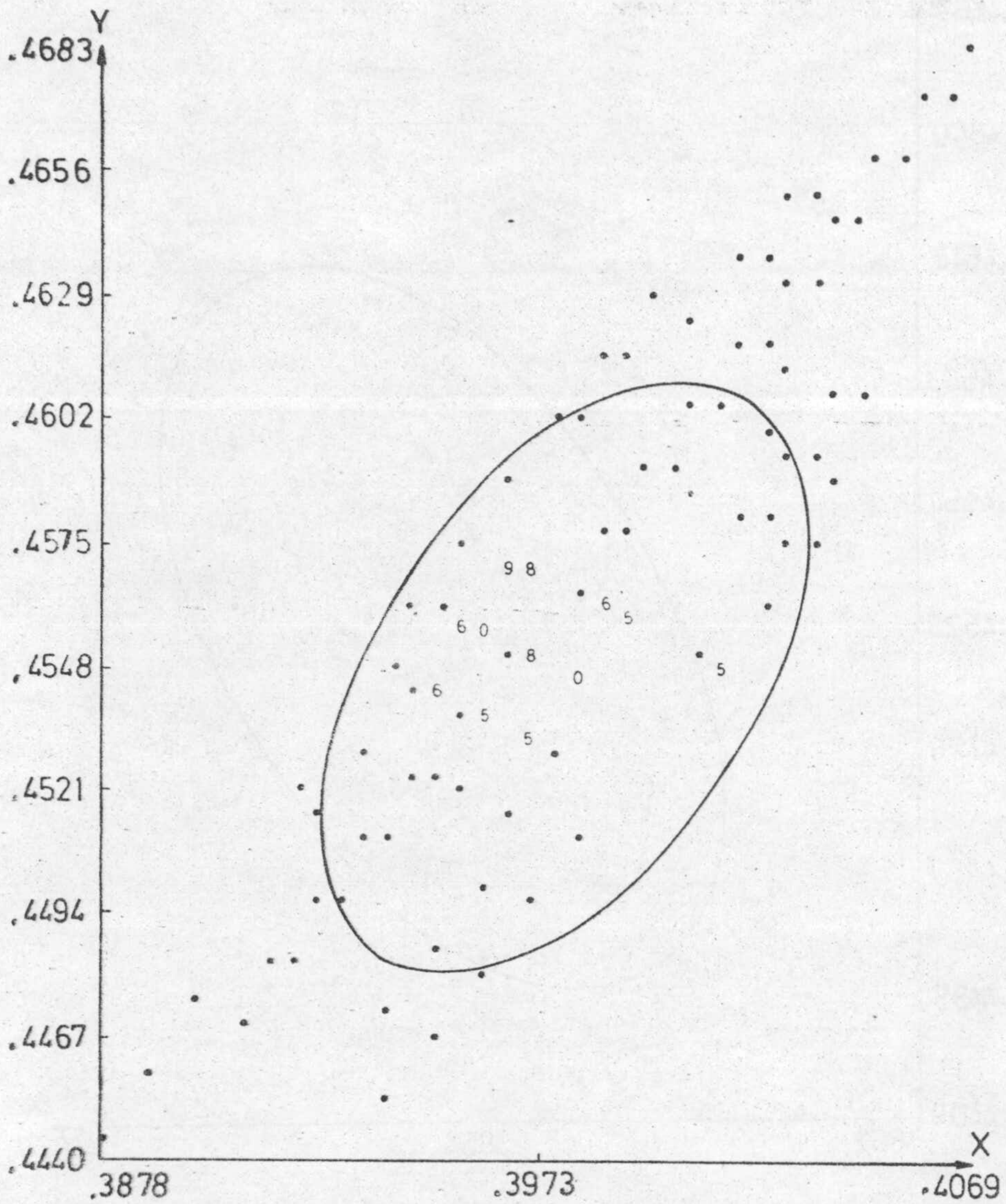
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

CUARTA SECCION

Peso de 5 a 10



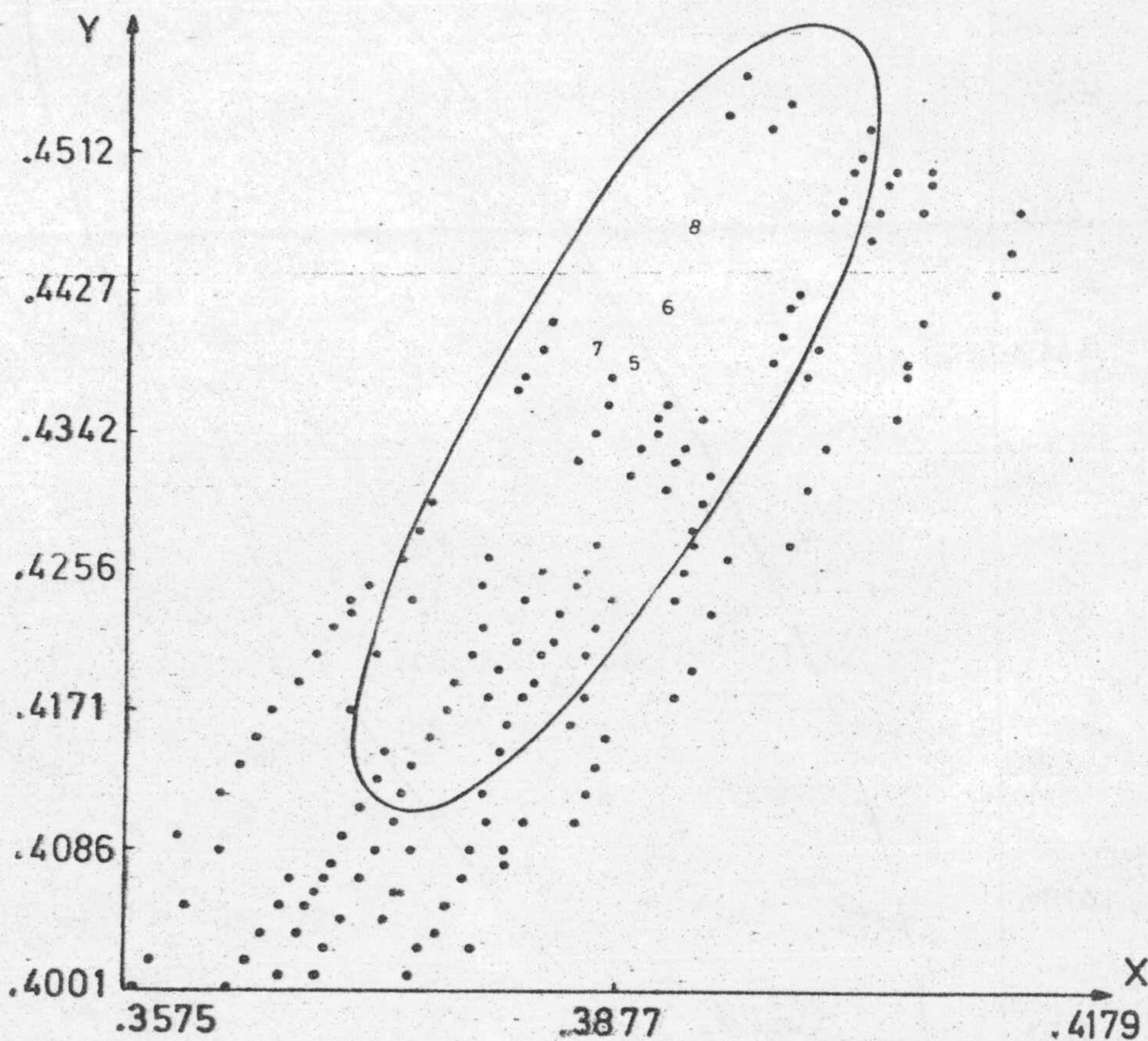
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

QUINTA SECCION

Peso de 5 a 10



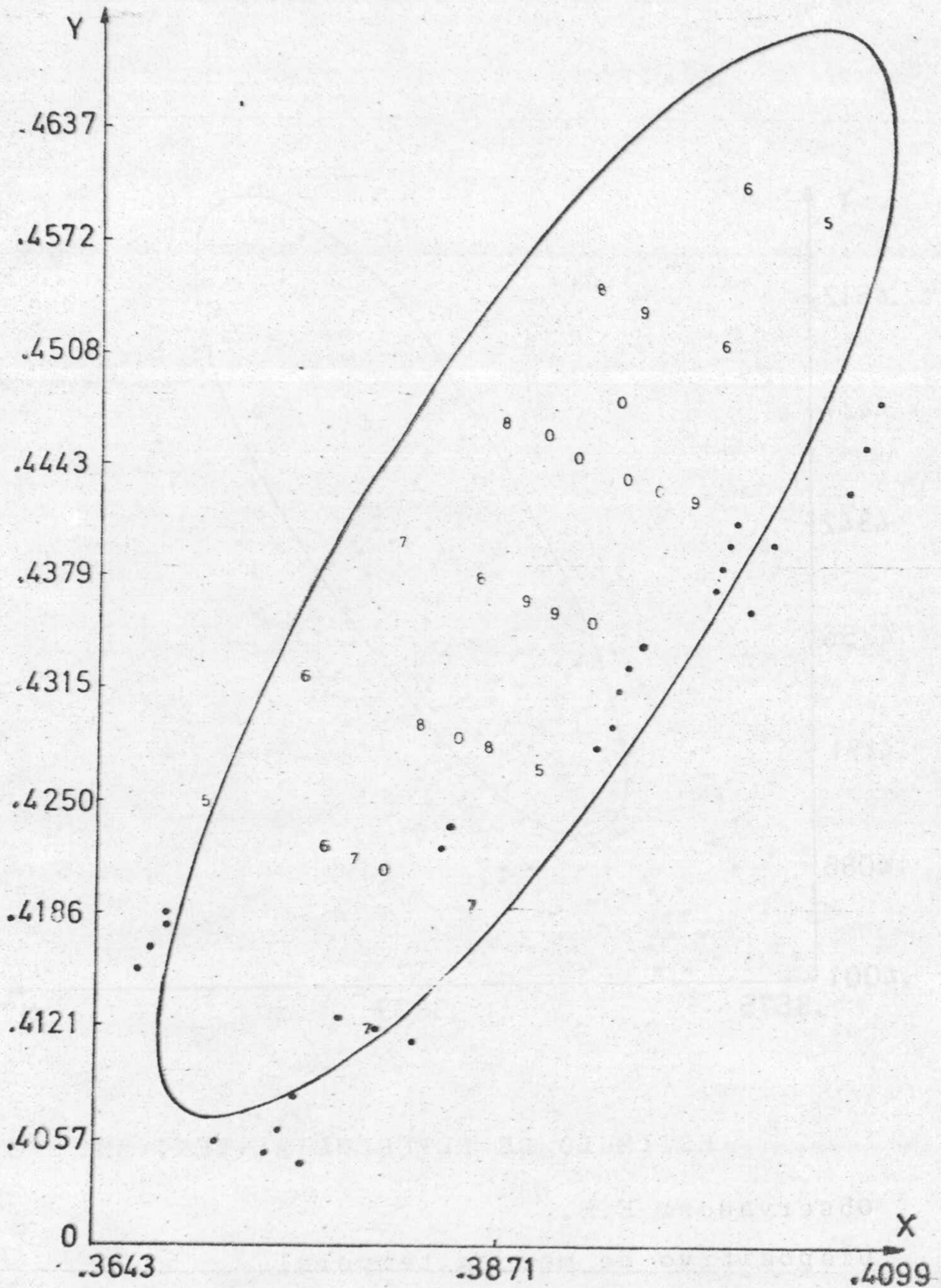
ESTIMULO DE REFERENCIA: VER. AM.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla temporal

PRIMERA SECCION

Peso de 5 a 10



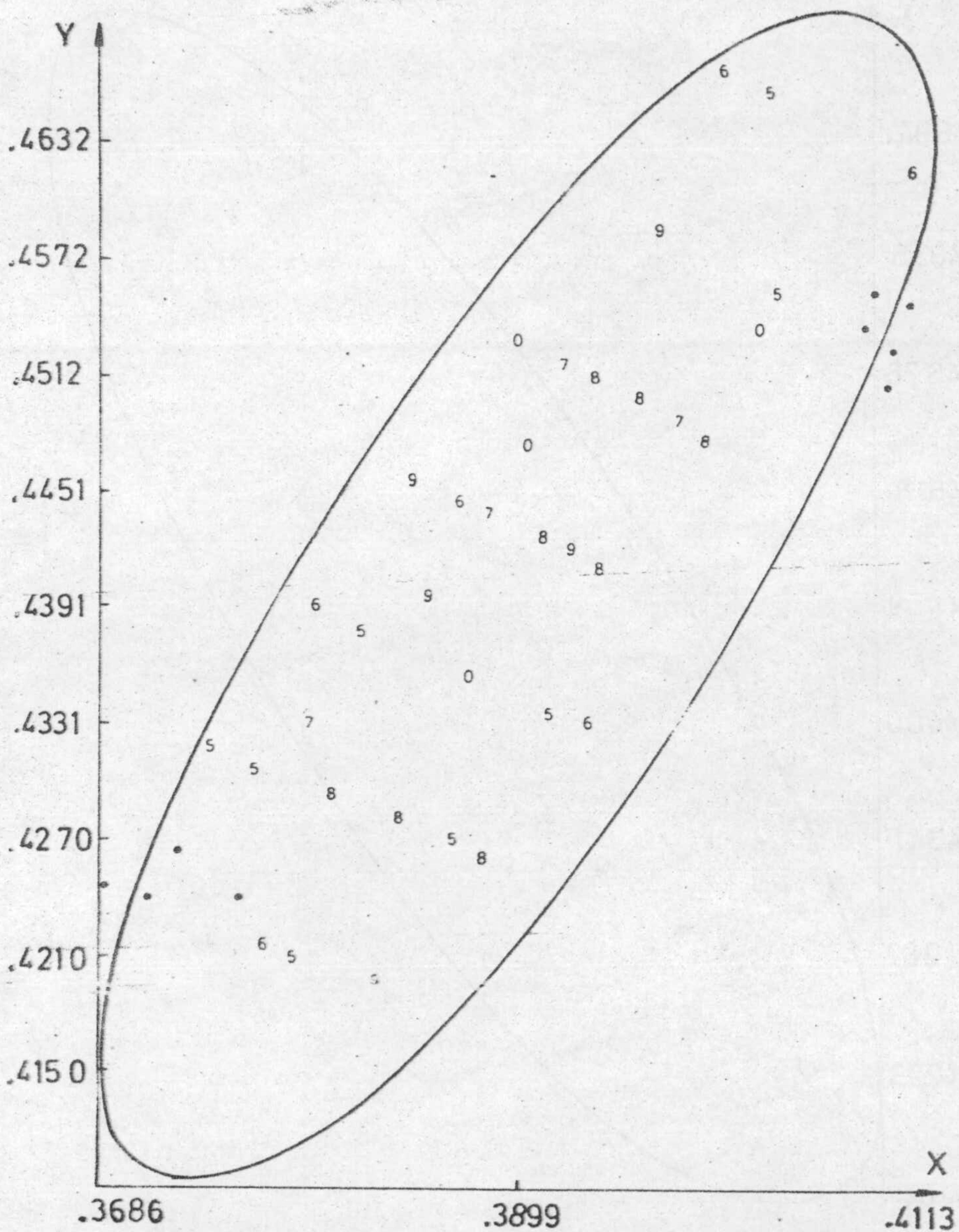
ESTIMULO DE REFERENCIA: VER. AM.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla temporal

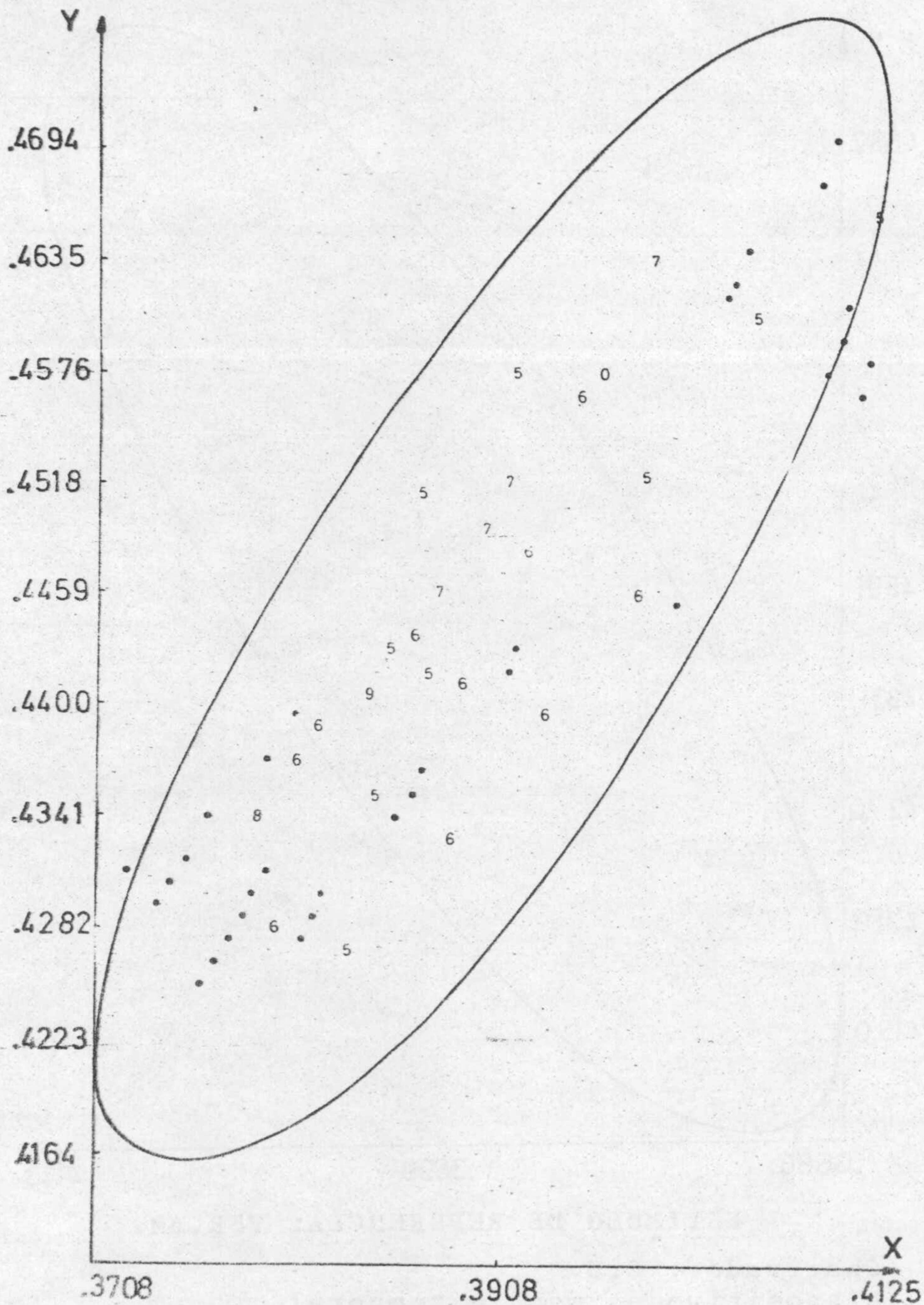
SEGUNDA SECCION

Peso de 5 a 10



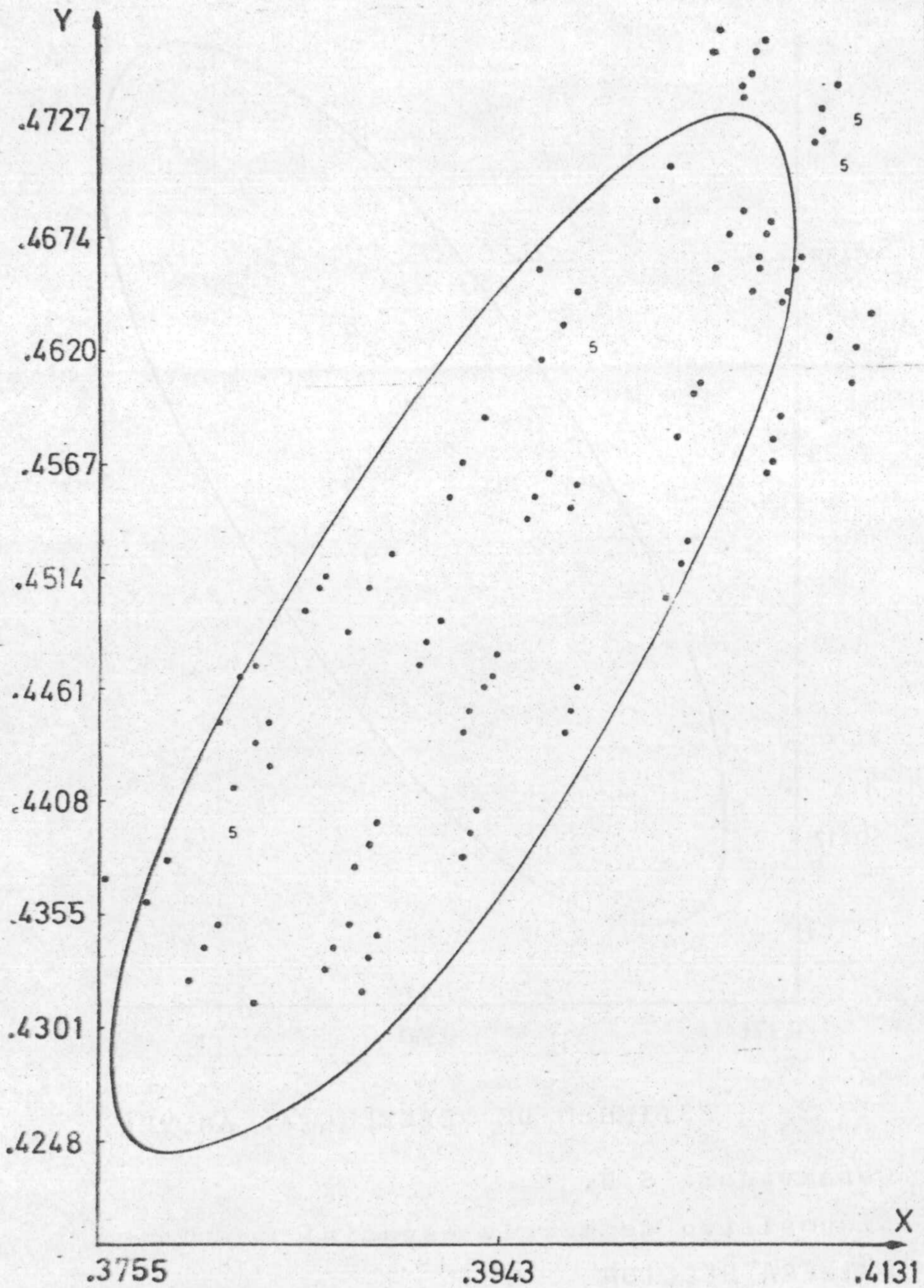
ESTIMULO DE REFERENCIA: VER.AM.

Observador: E.H.
 Dispositivo de mezcla temporal
 TERCERA SECCION
 Peso de 5 a 10



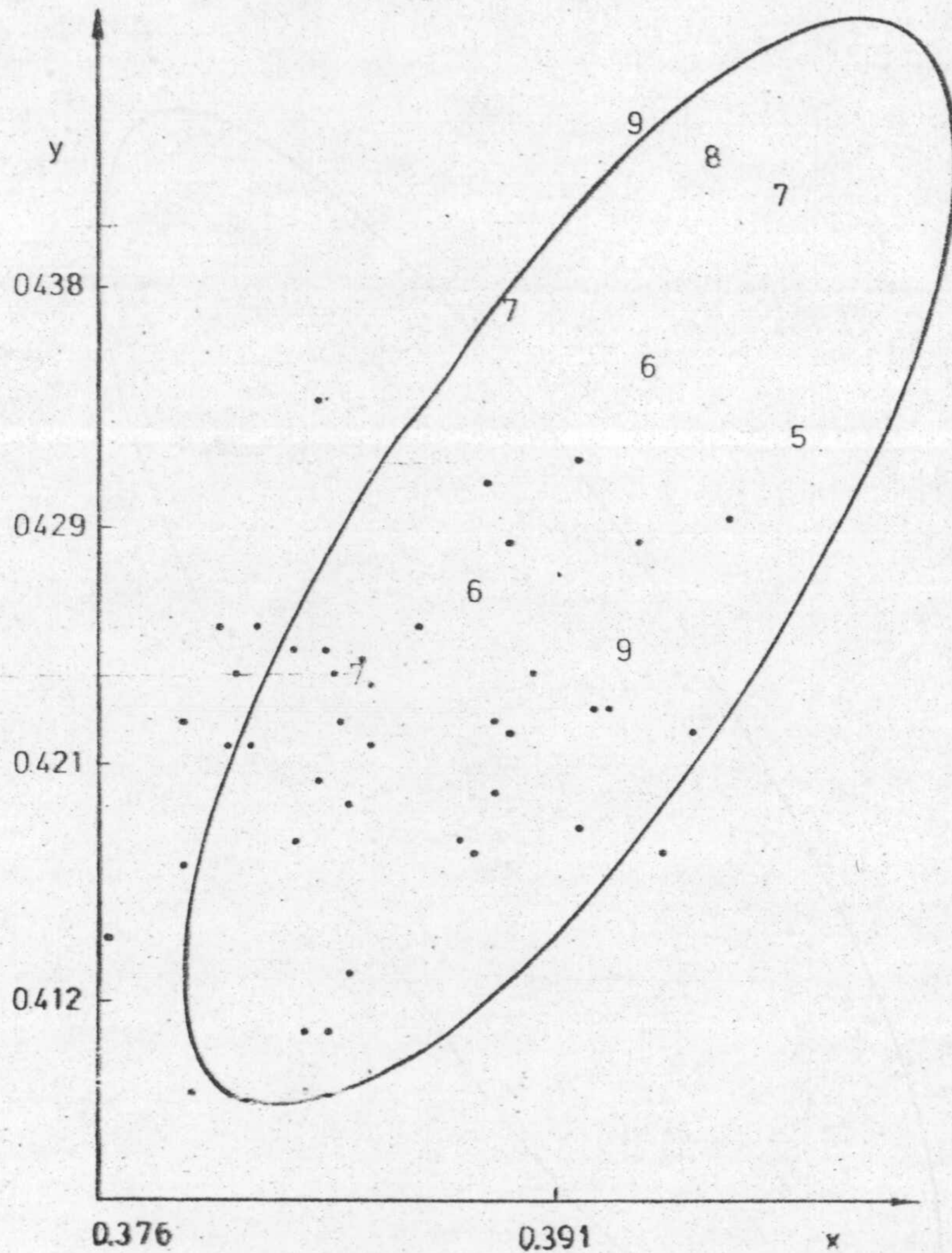
ESTIMULO DE REFERENCIA: VER. AM.

Observador: E.H.
 Dispositivo de mezcla temporal
 CUARTA SECCION
 Peso de 5 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: VER. AM.

Observador: E.H.
 Dispositivo de mezcla temporal
 QUINTA SECCION
 Peso de 5 a 10



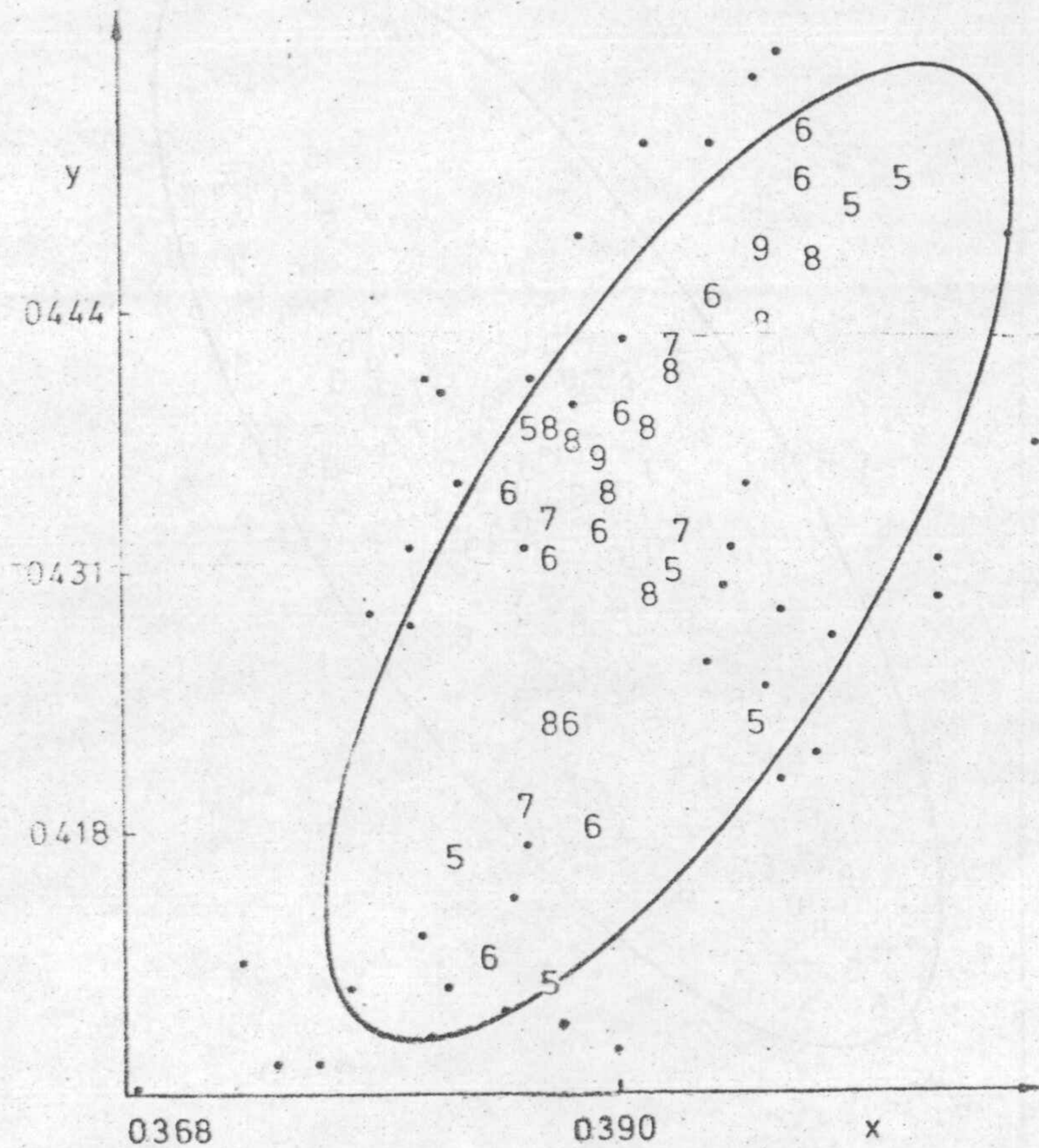
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla espacial

PRIMERA SECCION

Peso de 5 a 10



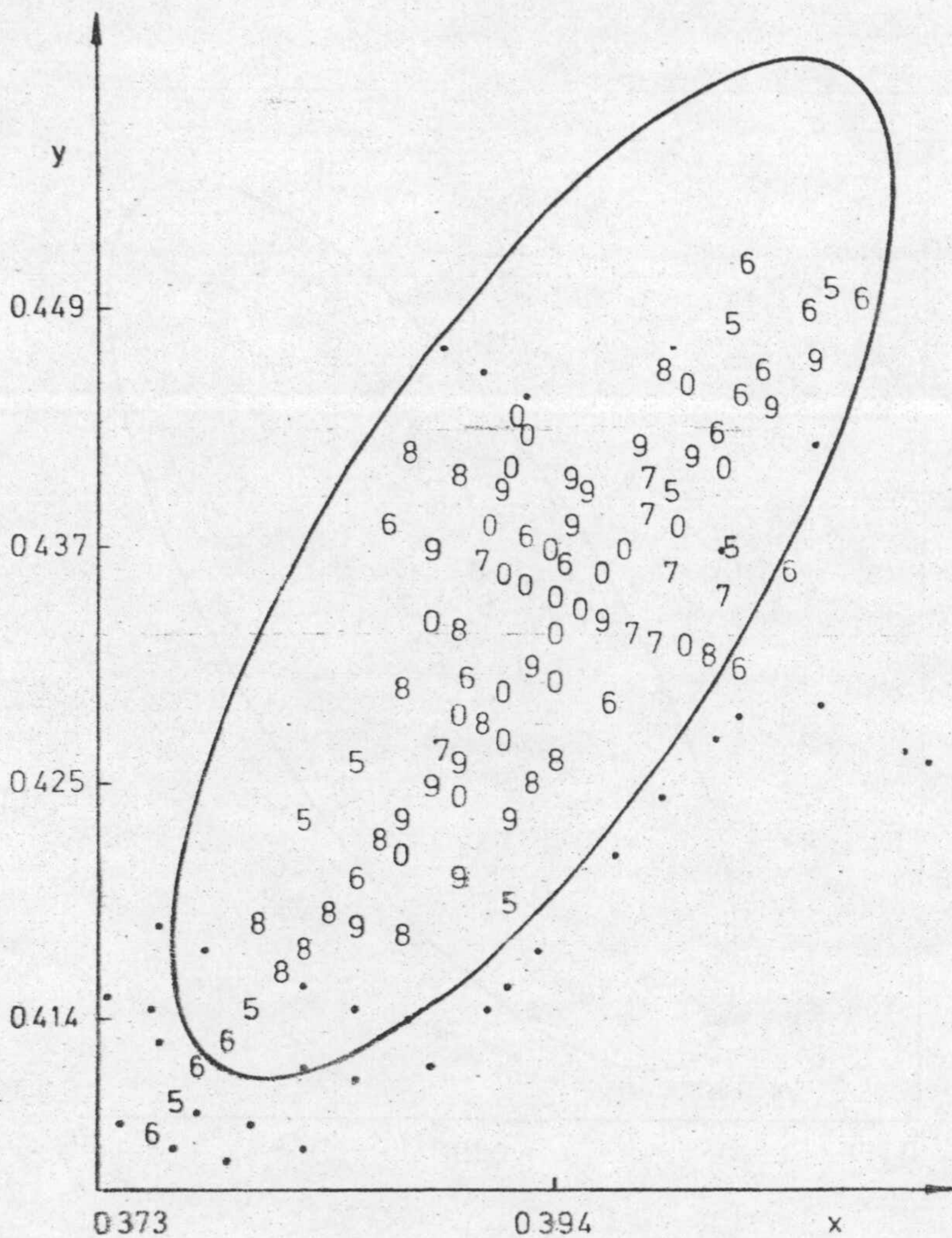
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla espacial

SEGUNDA SECCION

Peso de 5 a 10



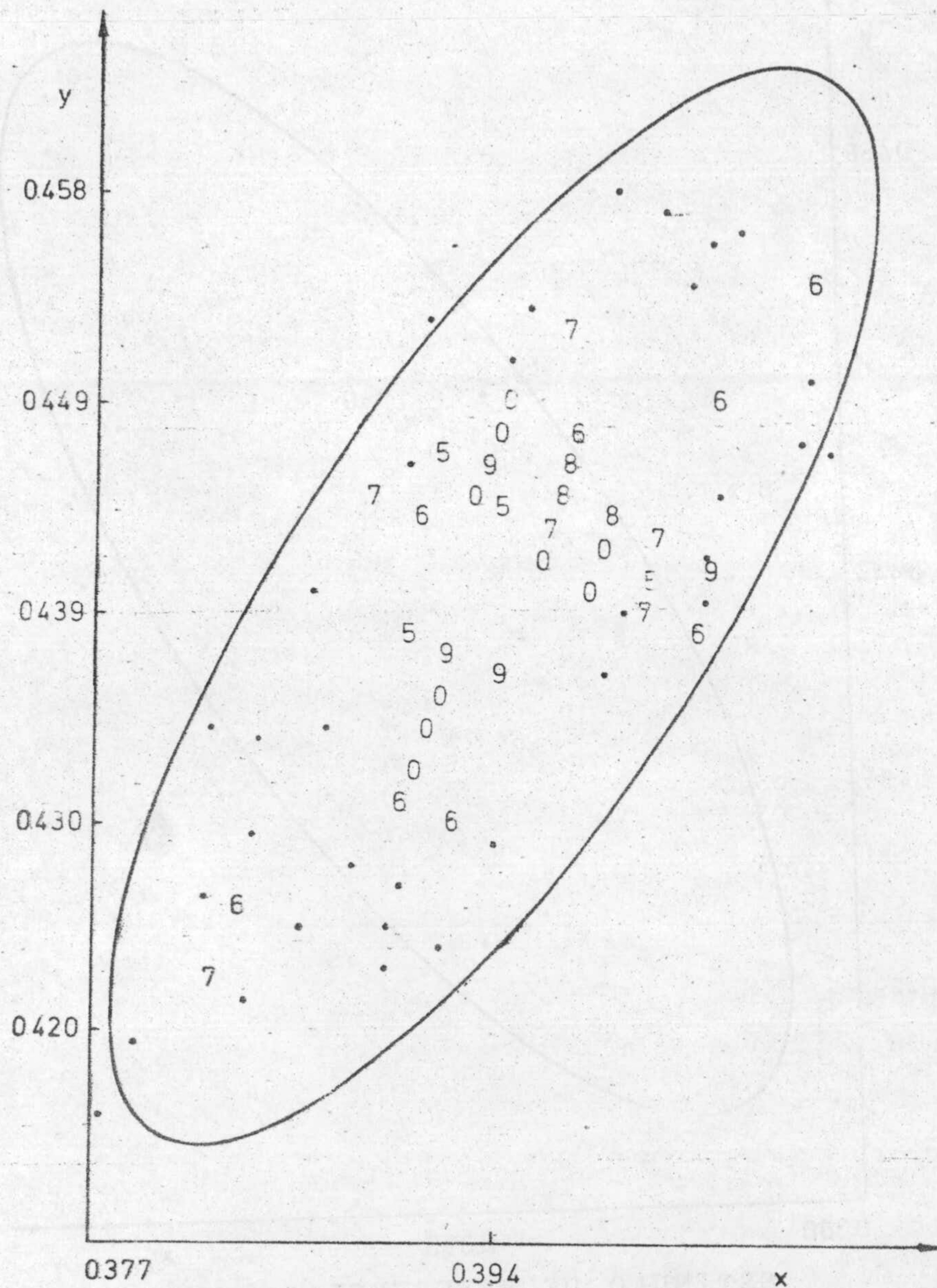
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla espacial

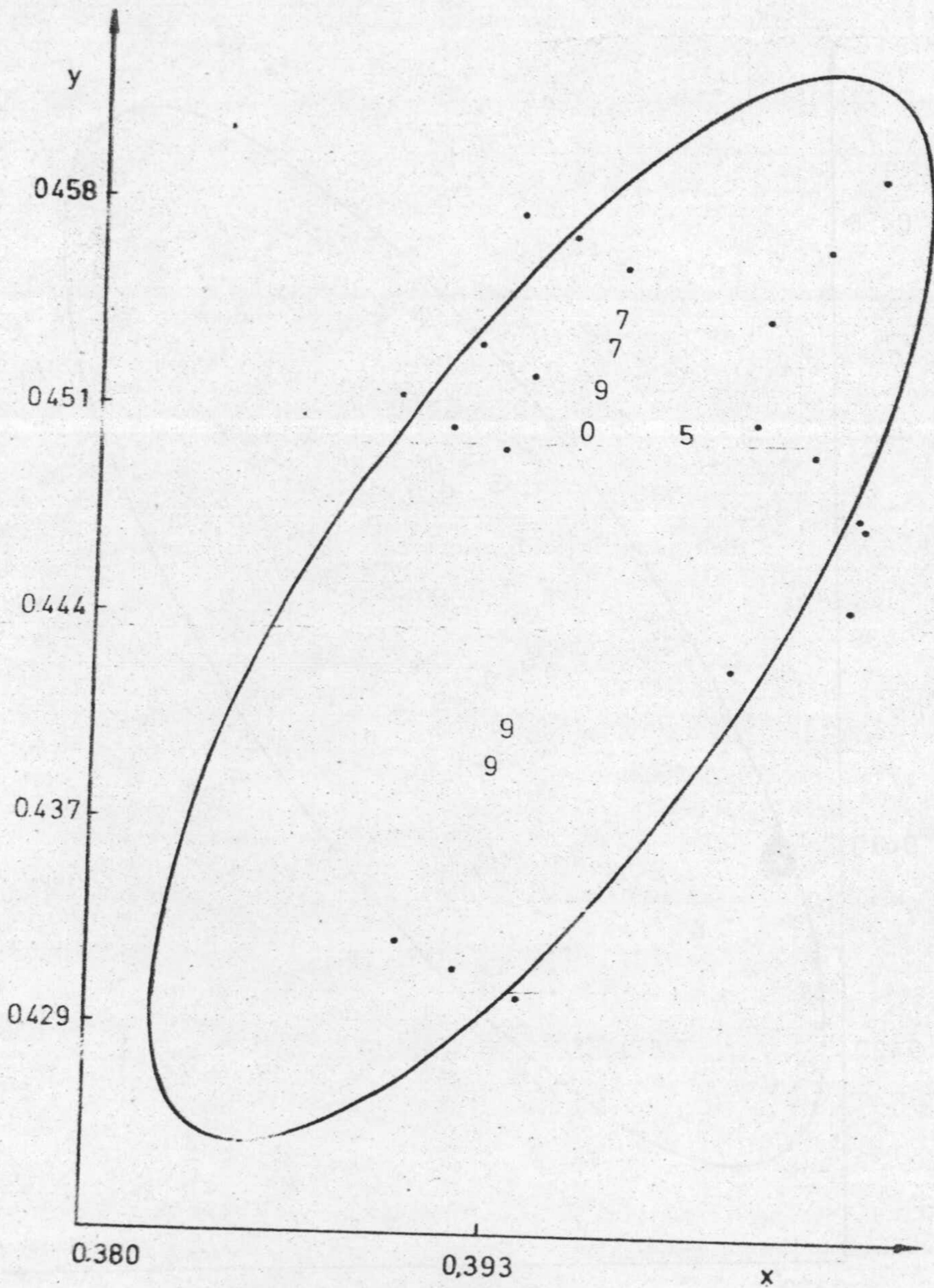
TERCERA SECCION

Peso de 5 a 10



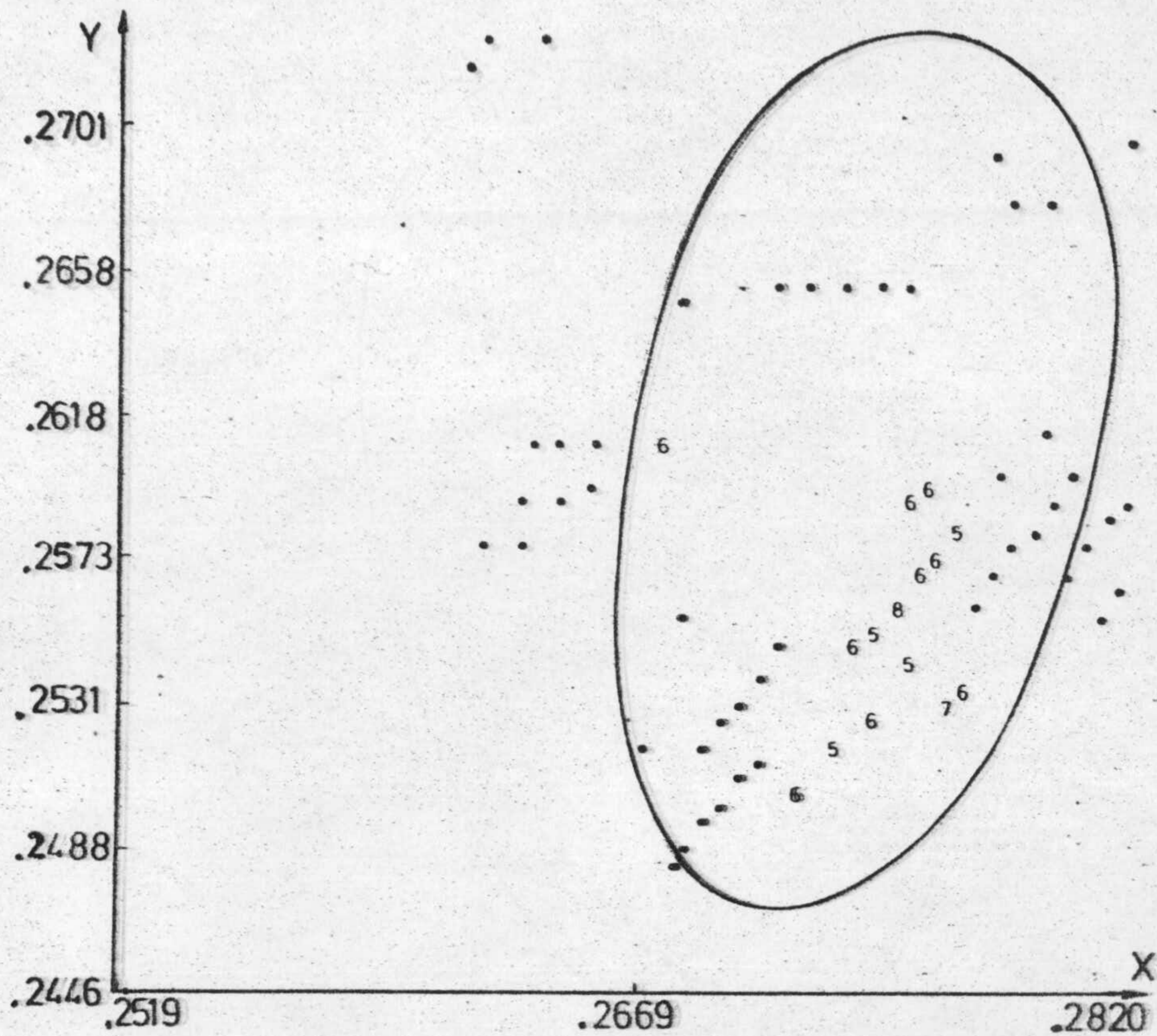
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.
 Dispositivo de mezcla espacial
 CUARTA SECCION
 Peso de 5 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER.

Observador: E.H.
 Dispositivo de mezcla espacial
 QUINTA SECCION
 Peso de 5 a 10



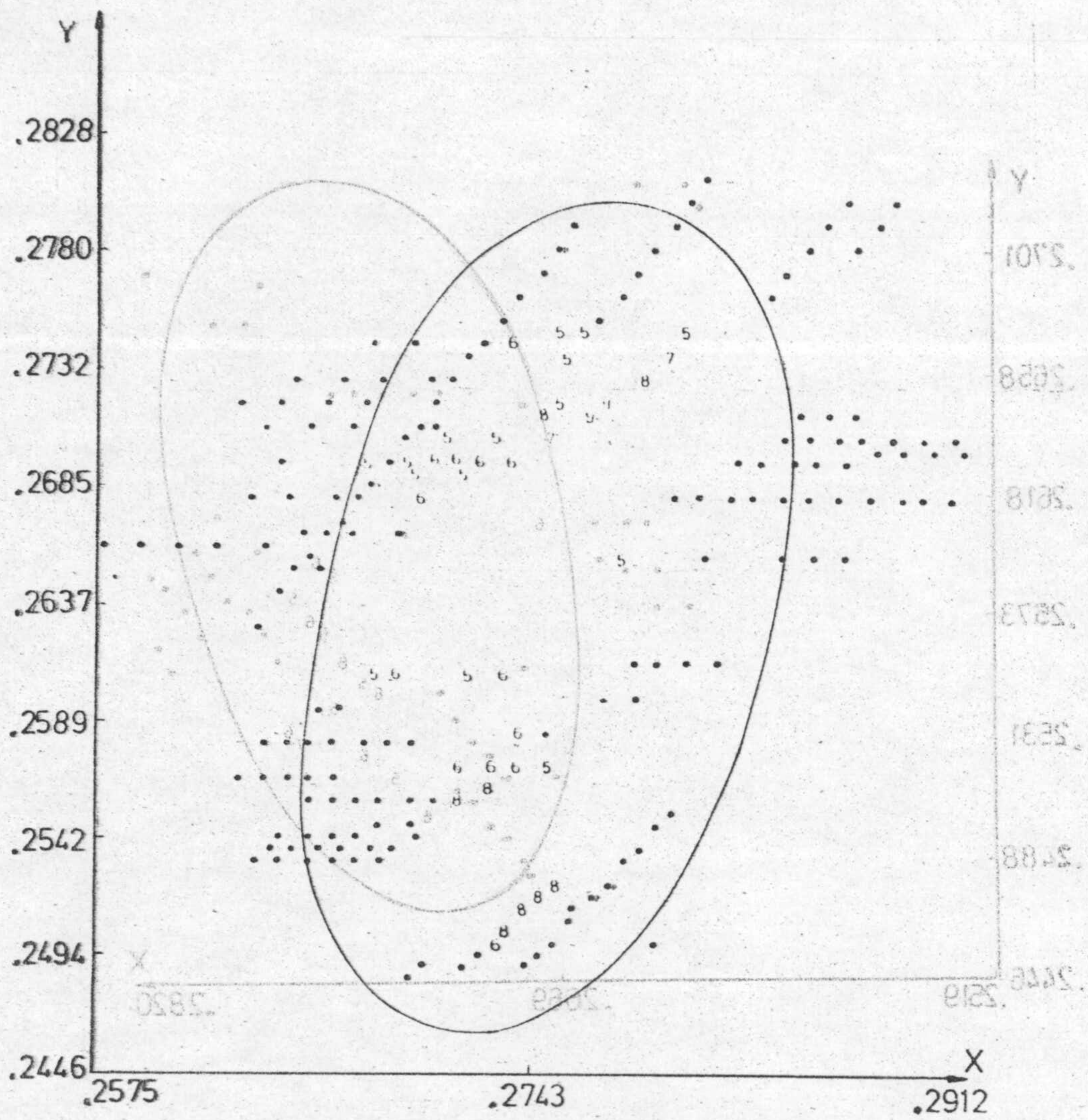
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

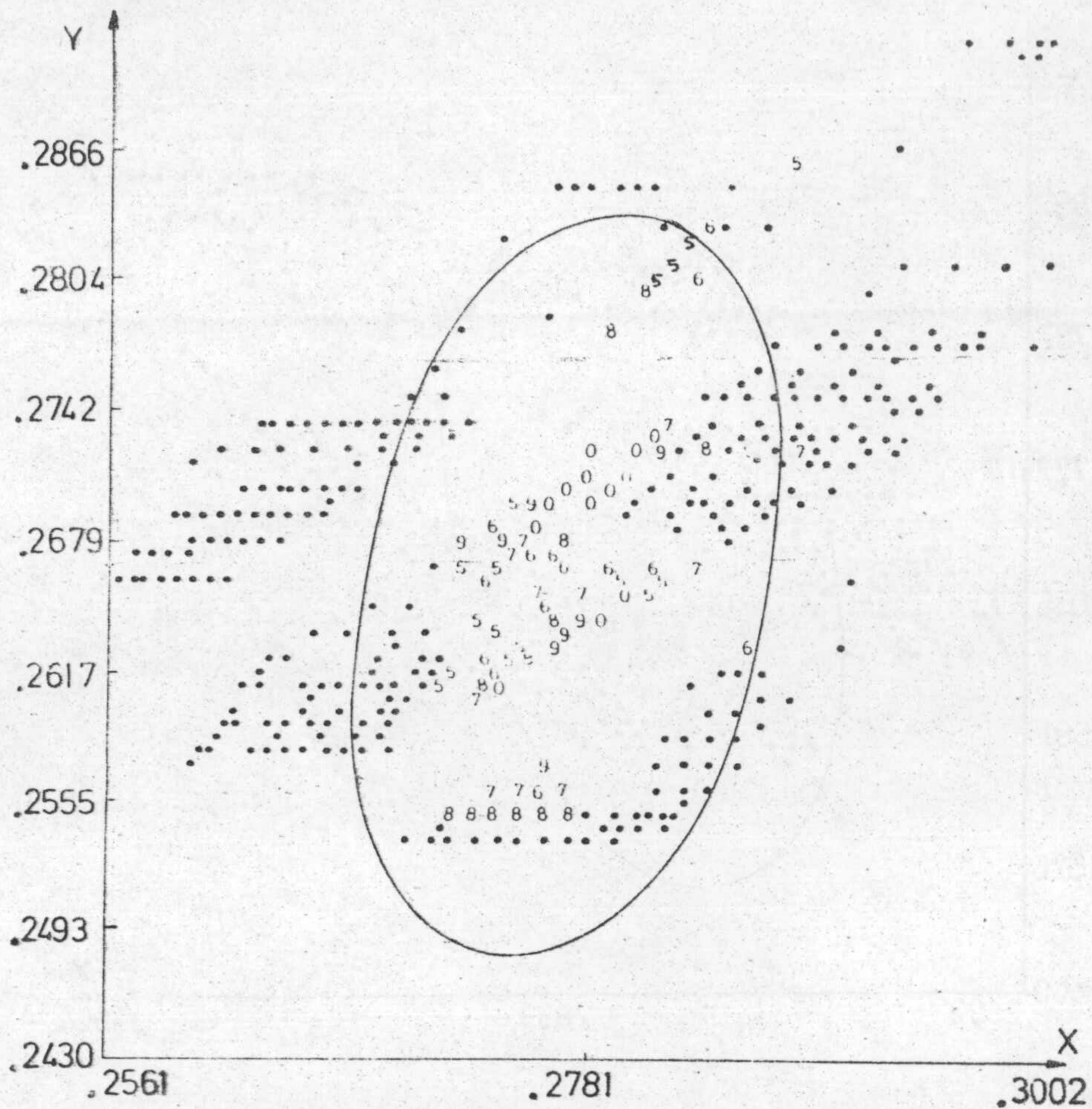
PRIMERA SECCION

Peso de 5 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.
 Dispositivo de mezcla temporal
 PRIMERA SECCION
 Peso de 5 a 10



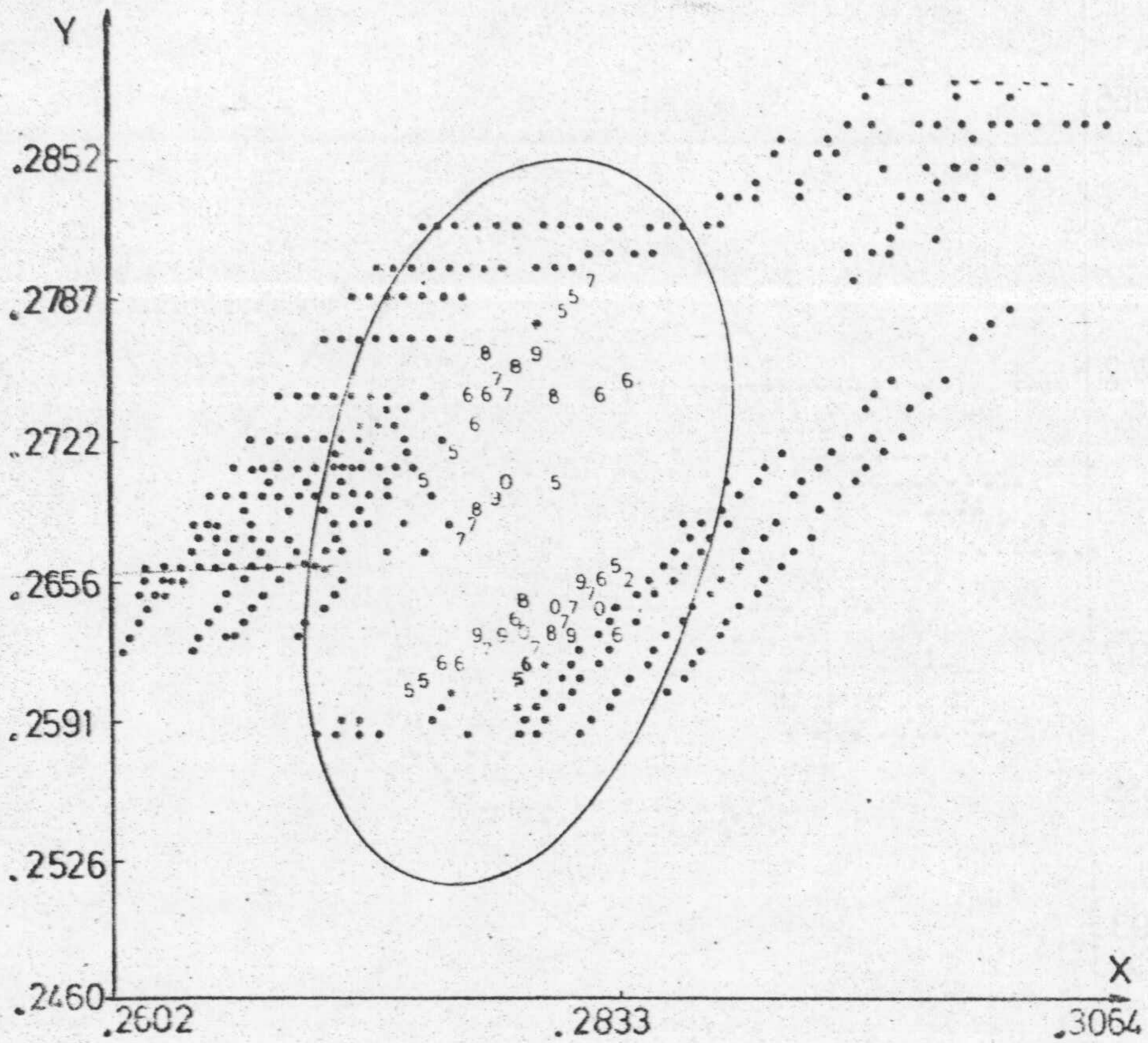
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

TERCERA SECCION

Peso de 5 a 10



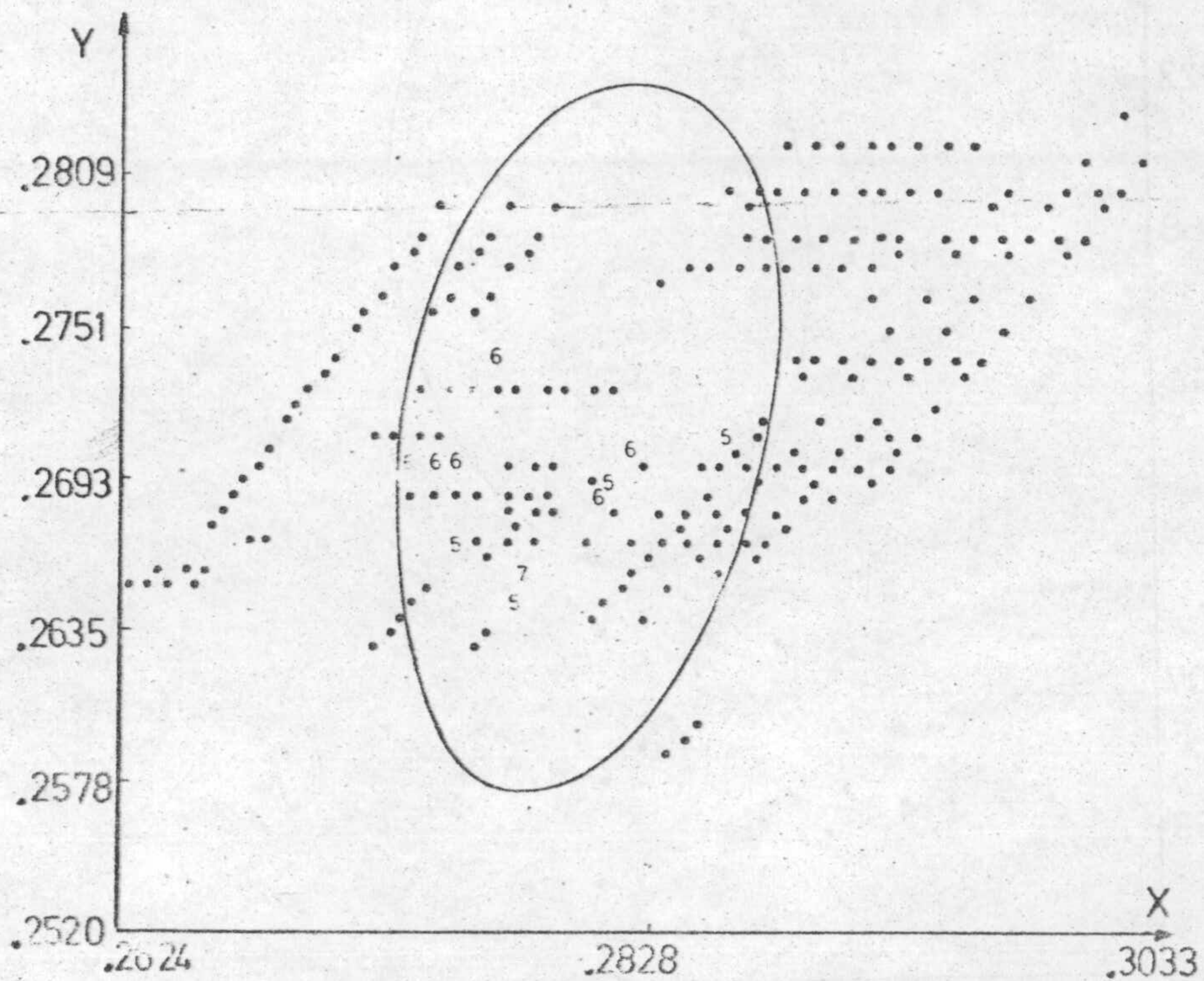
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

CUARTA SECCION

Peso de 5 a 10



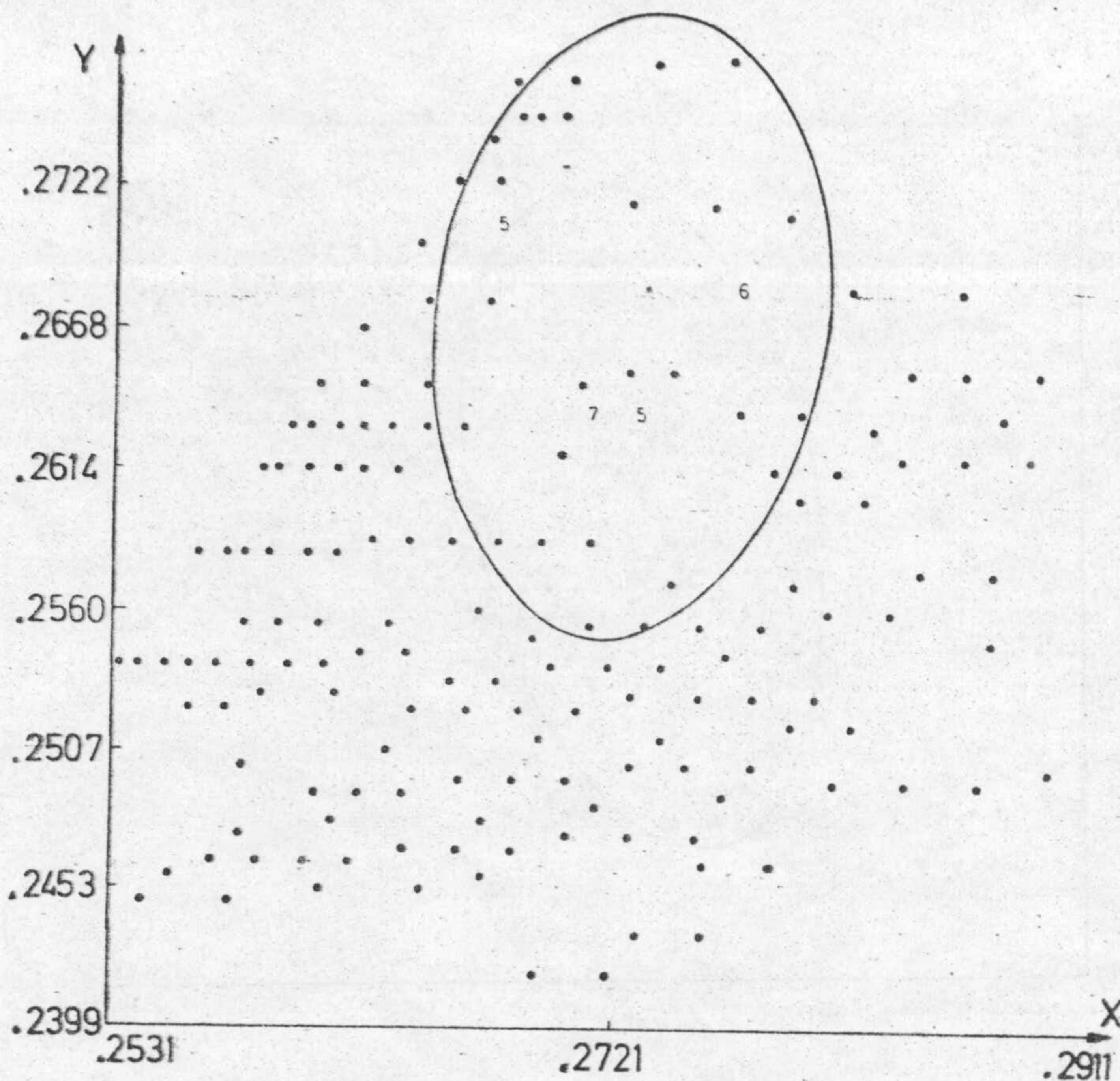
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

QUINTA SECCION

Peso de 5 a 10



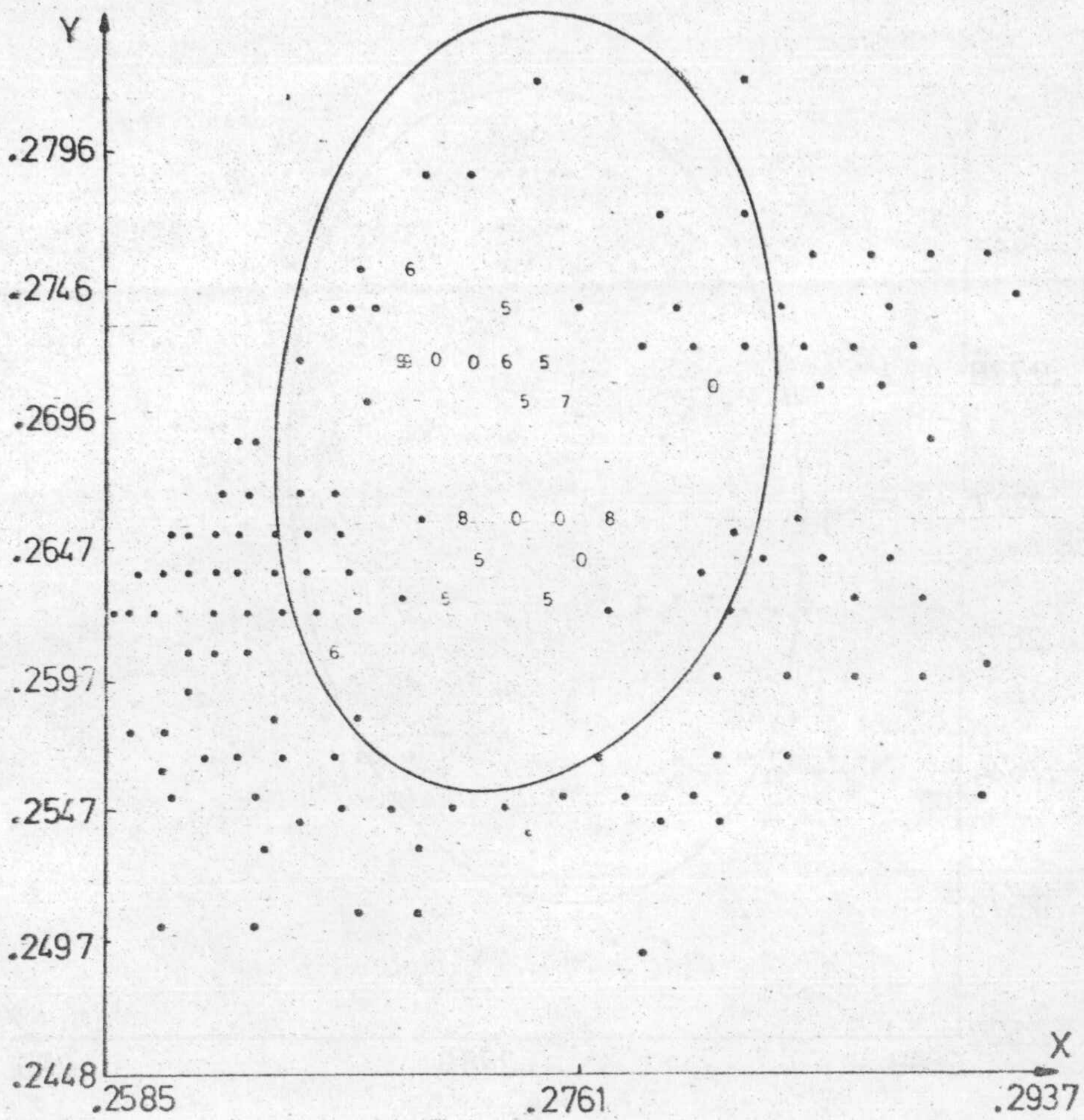
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

PRIMERA SECCION

Peso de 5 a 10



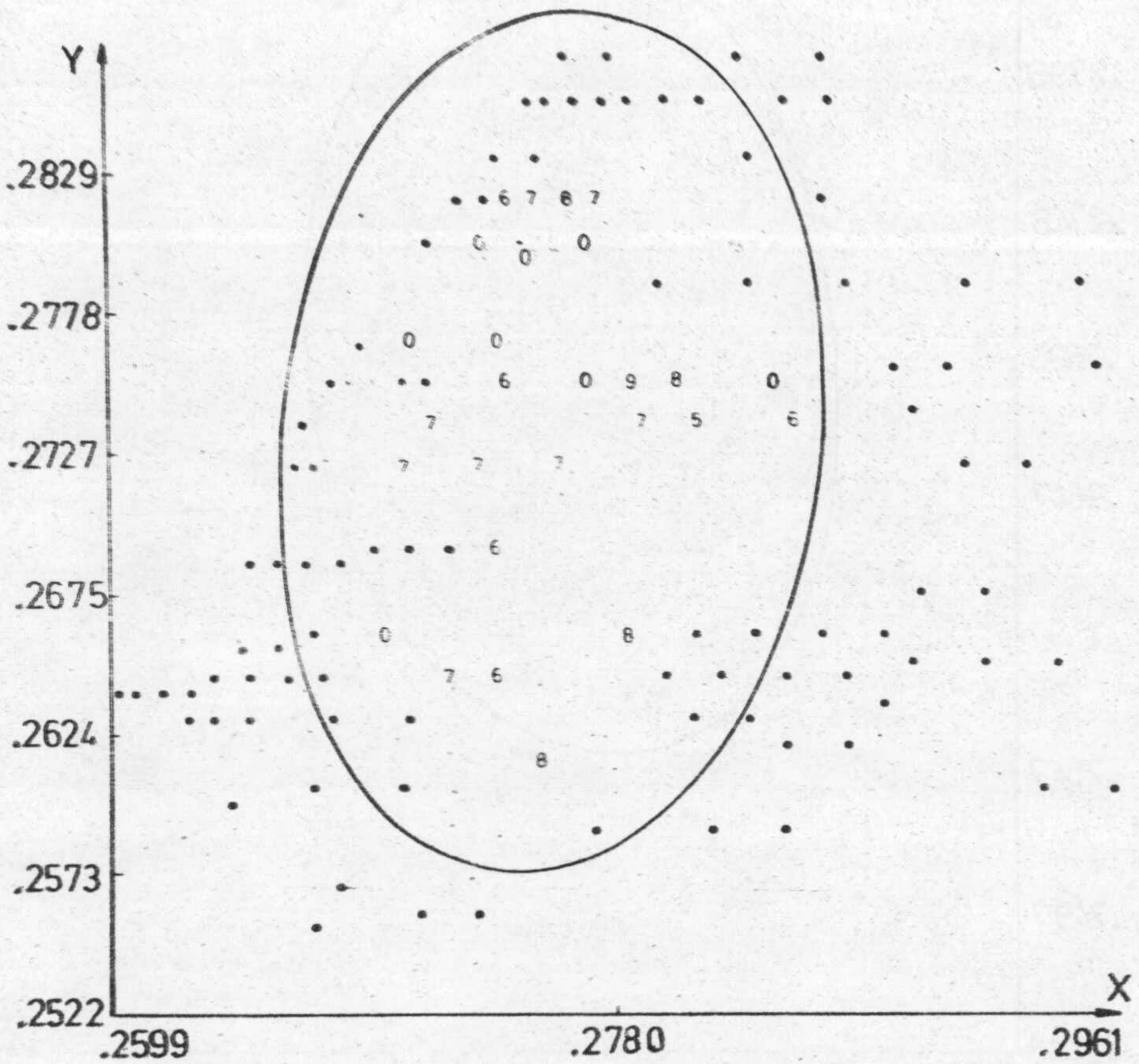
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

SEGUNDA SECCION

Peso de 5 a 10



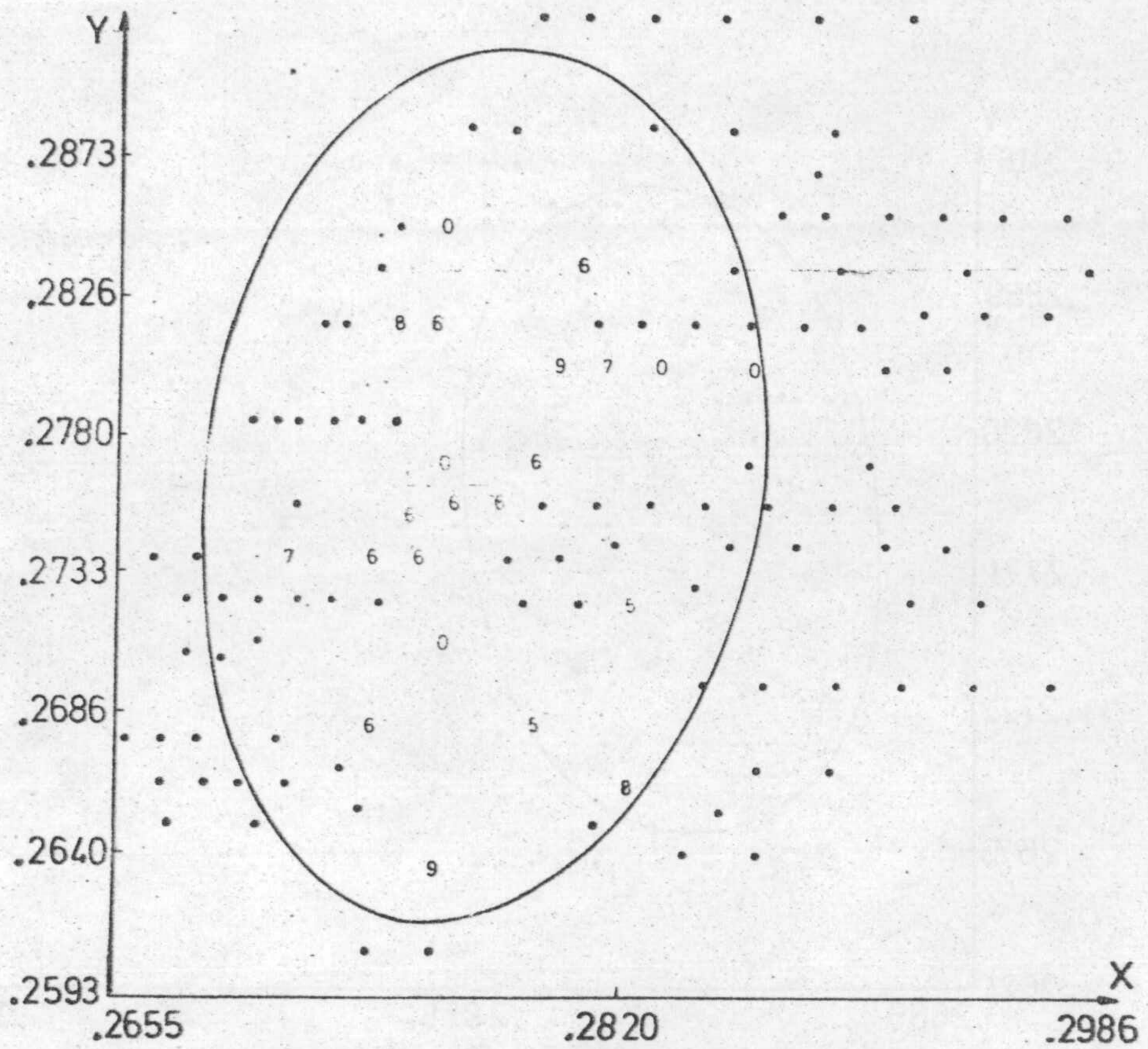
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

TERCERA SECCION

Peso de 5 a 10



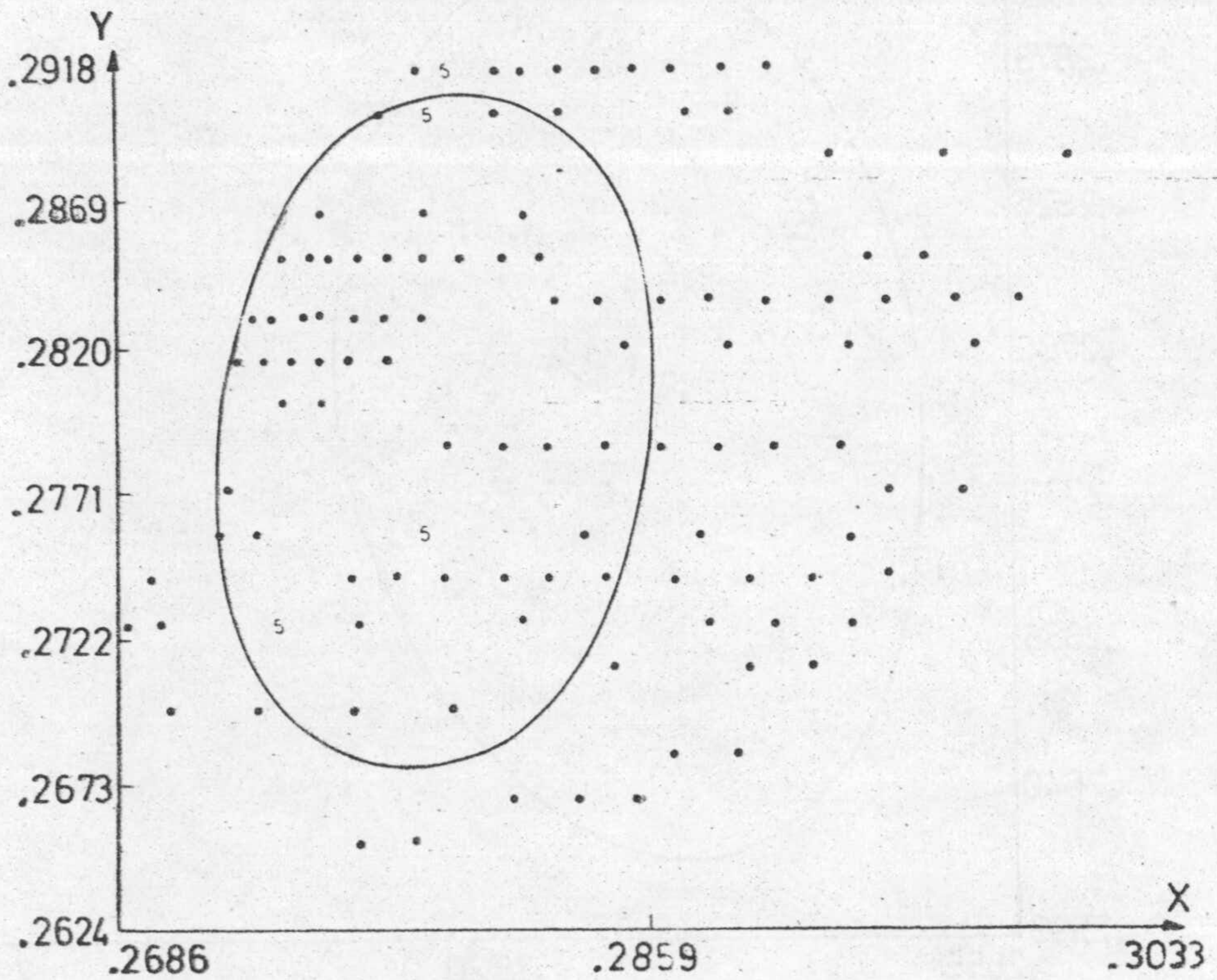
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

CUARTA SECCION

Peso de 5 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

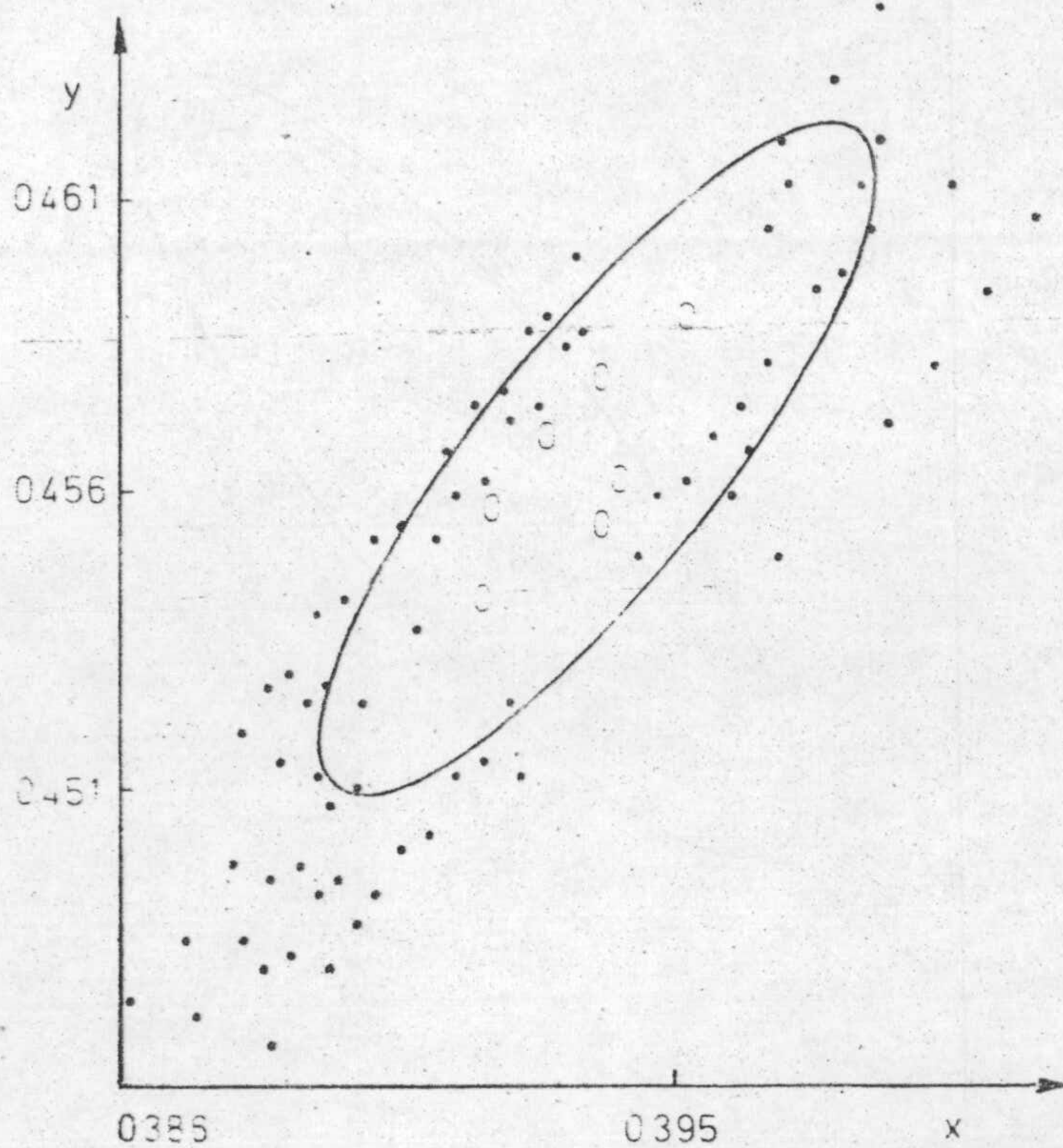
Dispositivo de mezcla espacial

QUINTA SECCION

Peso de 5 a 10

INFLUENCIA DEL CRITERIO
DE IGUALACION

(Peso 10)



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

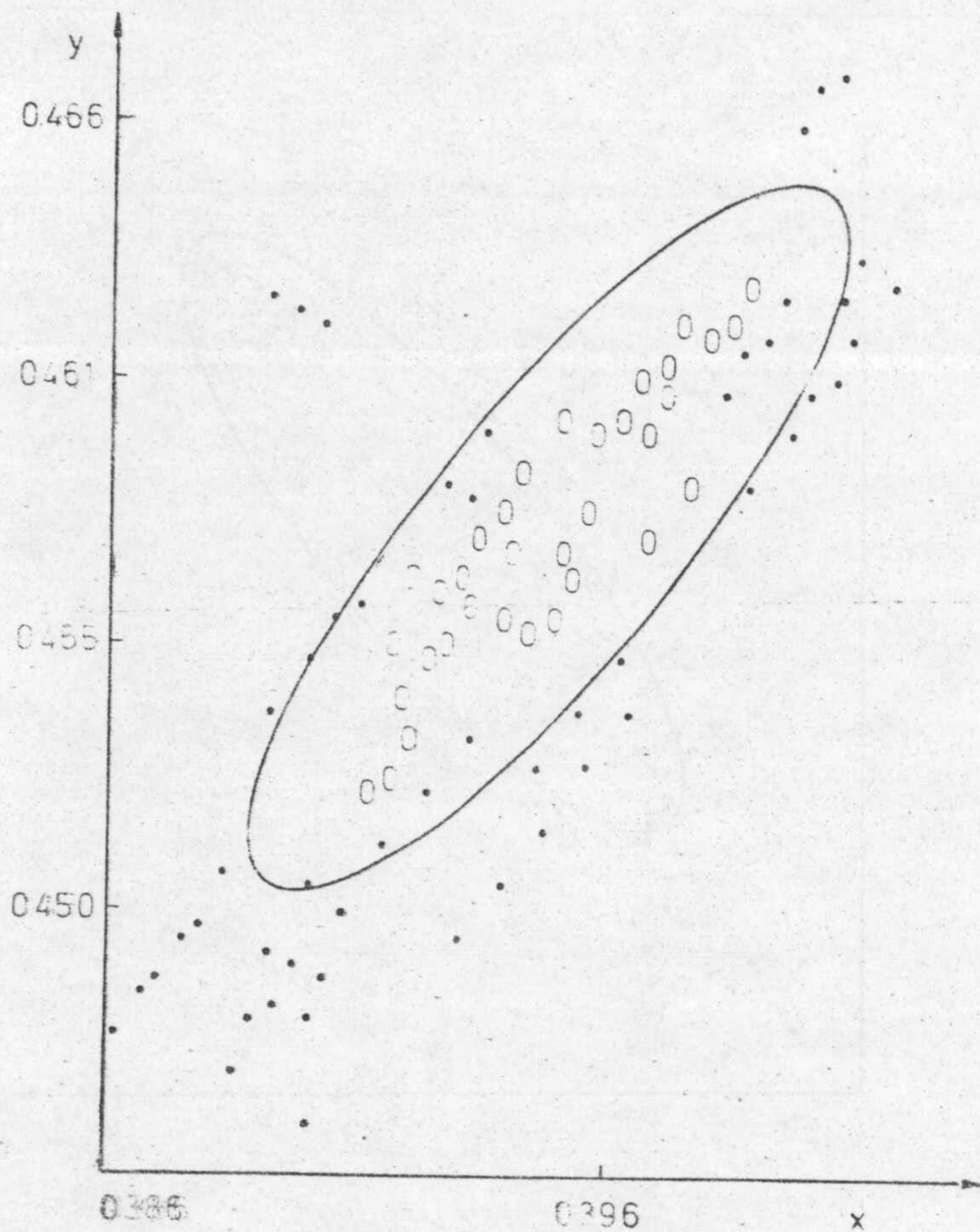
Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

PRIMERA SECCION

Peso 10





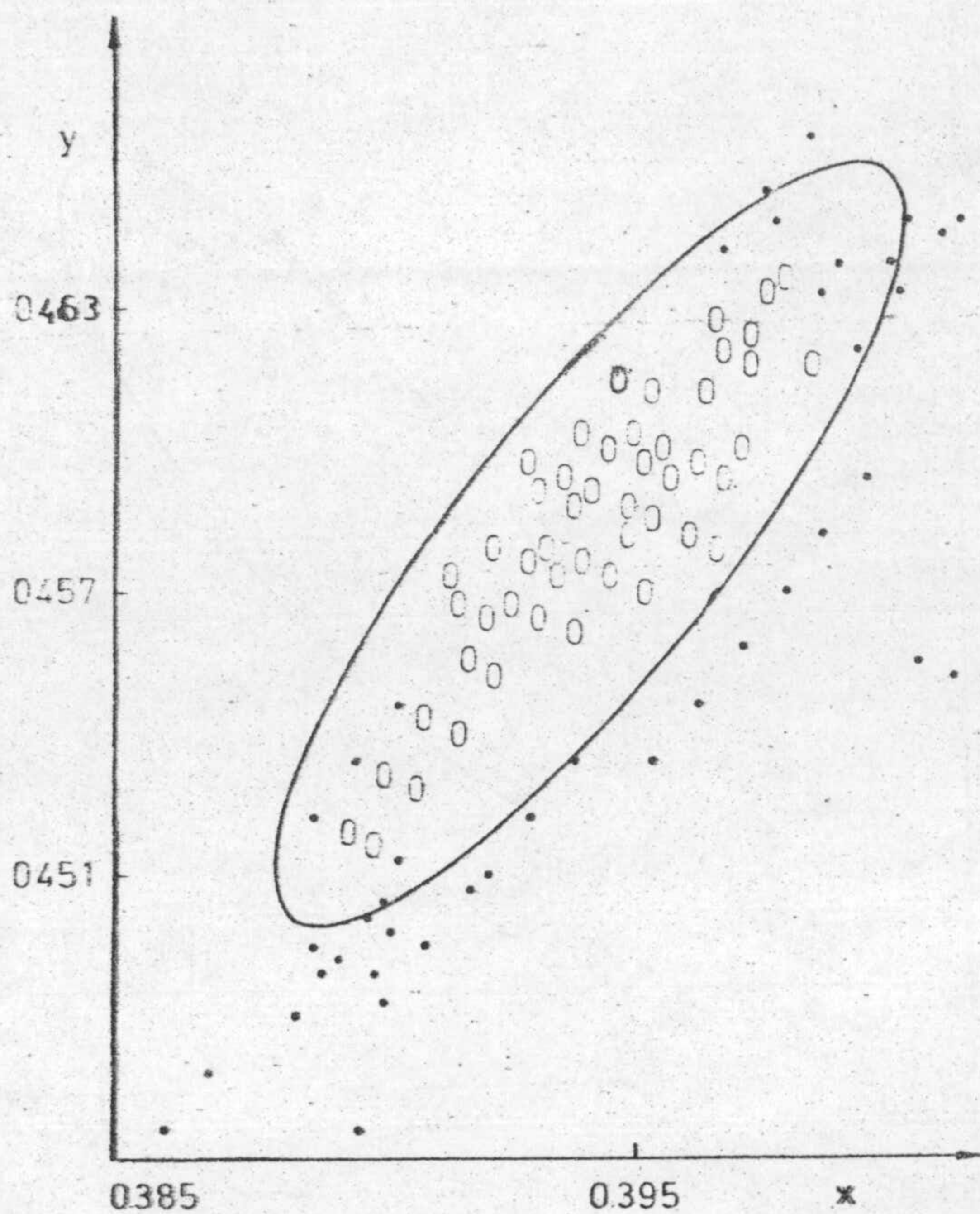
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

SEGUNDA SECCION

Peso 10



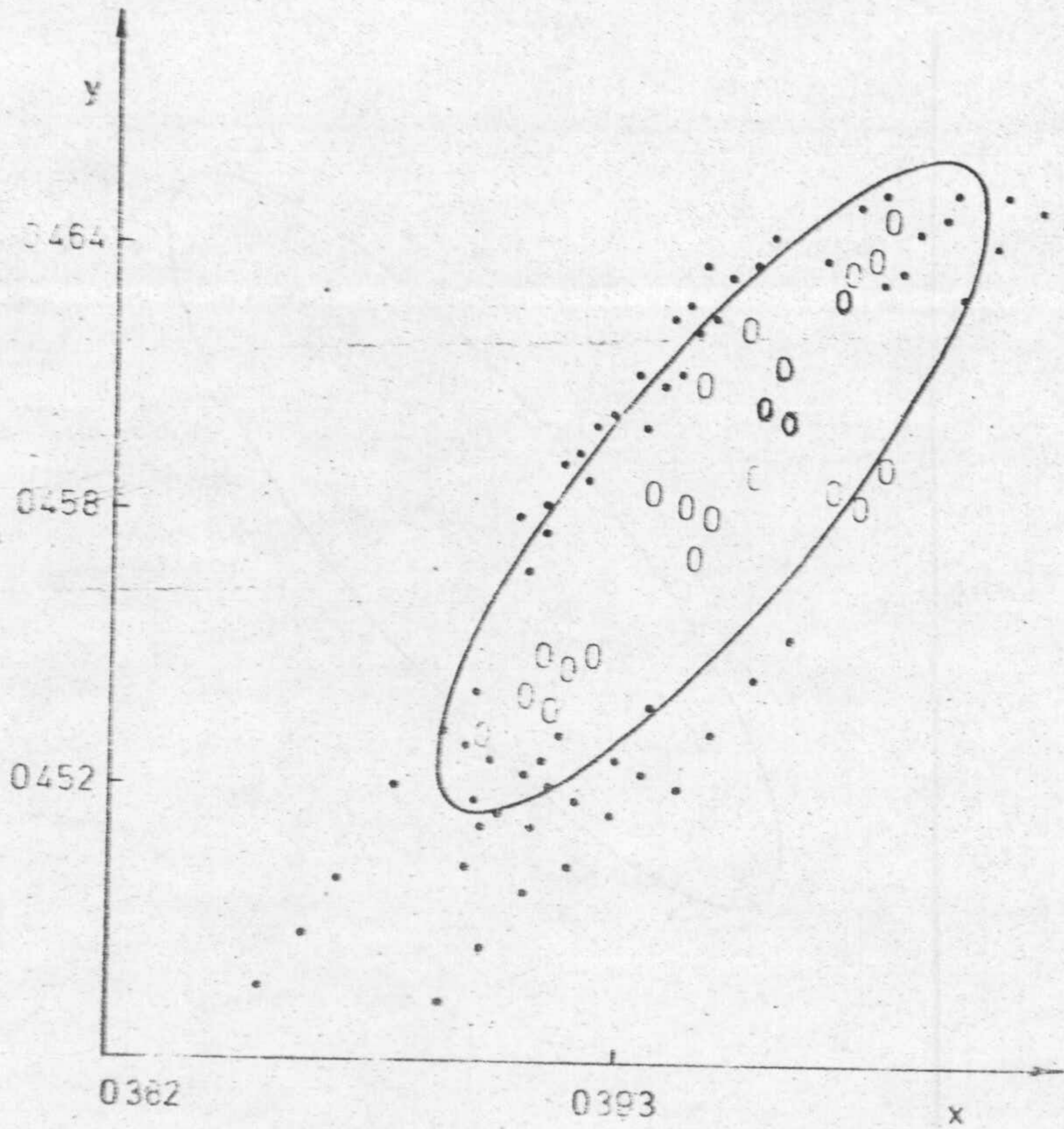
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

TERCERA SECCION

Peso 10



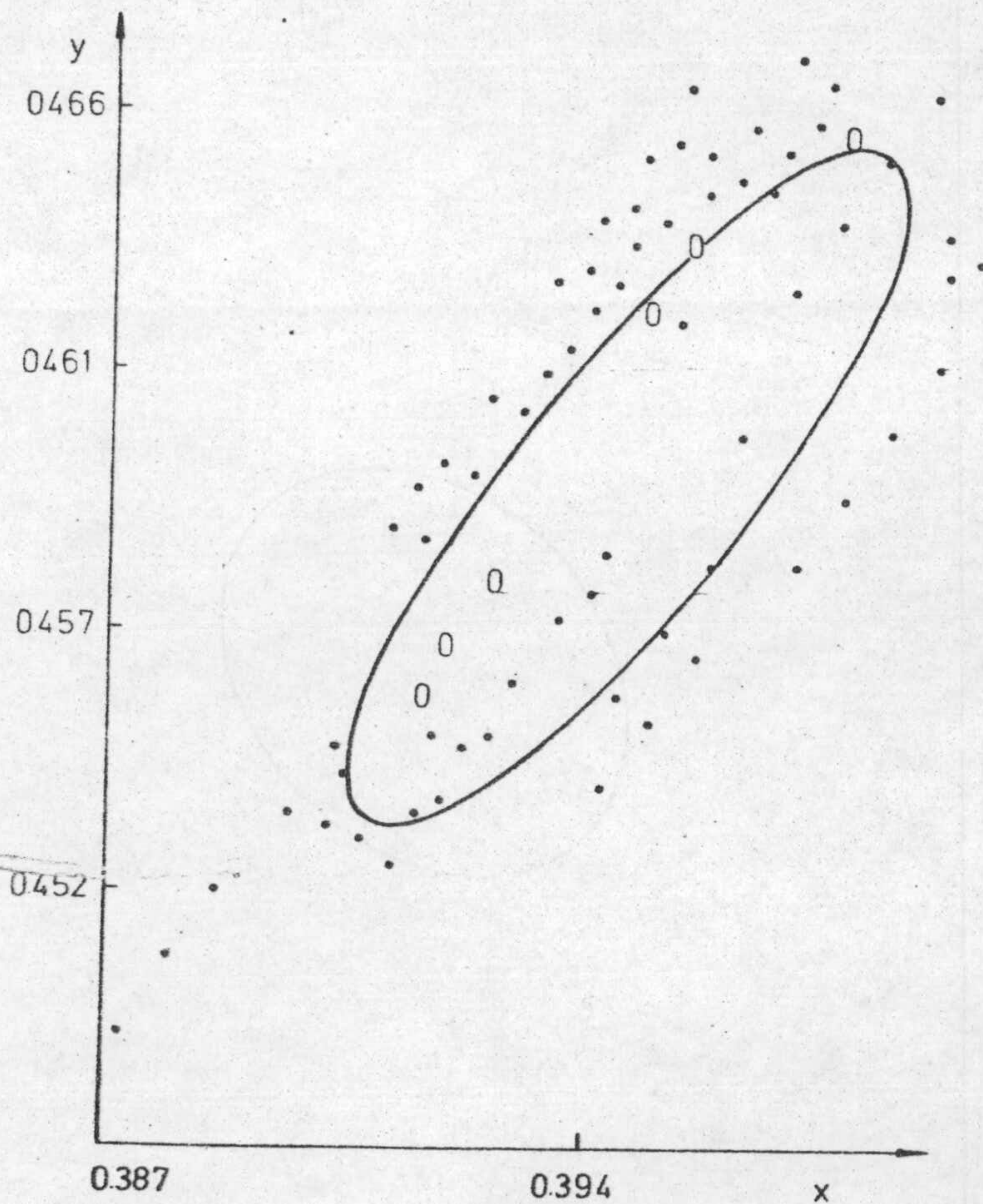
ESTIMULO DE REFERENCIA: AMA.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

CUARTA SECCION

Peso 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

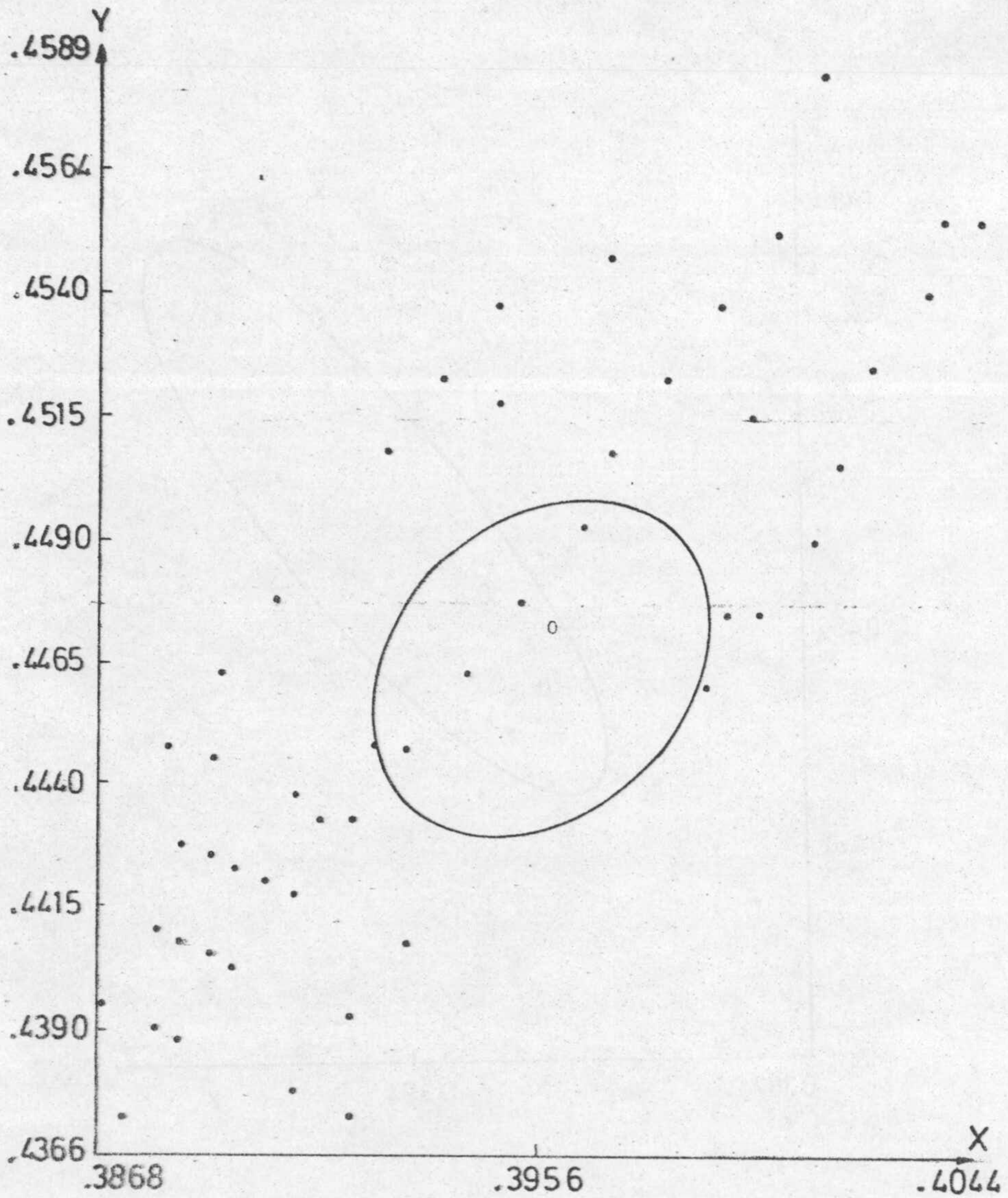
Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

QUINTA SECCION

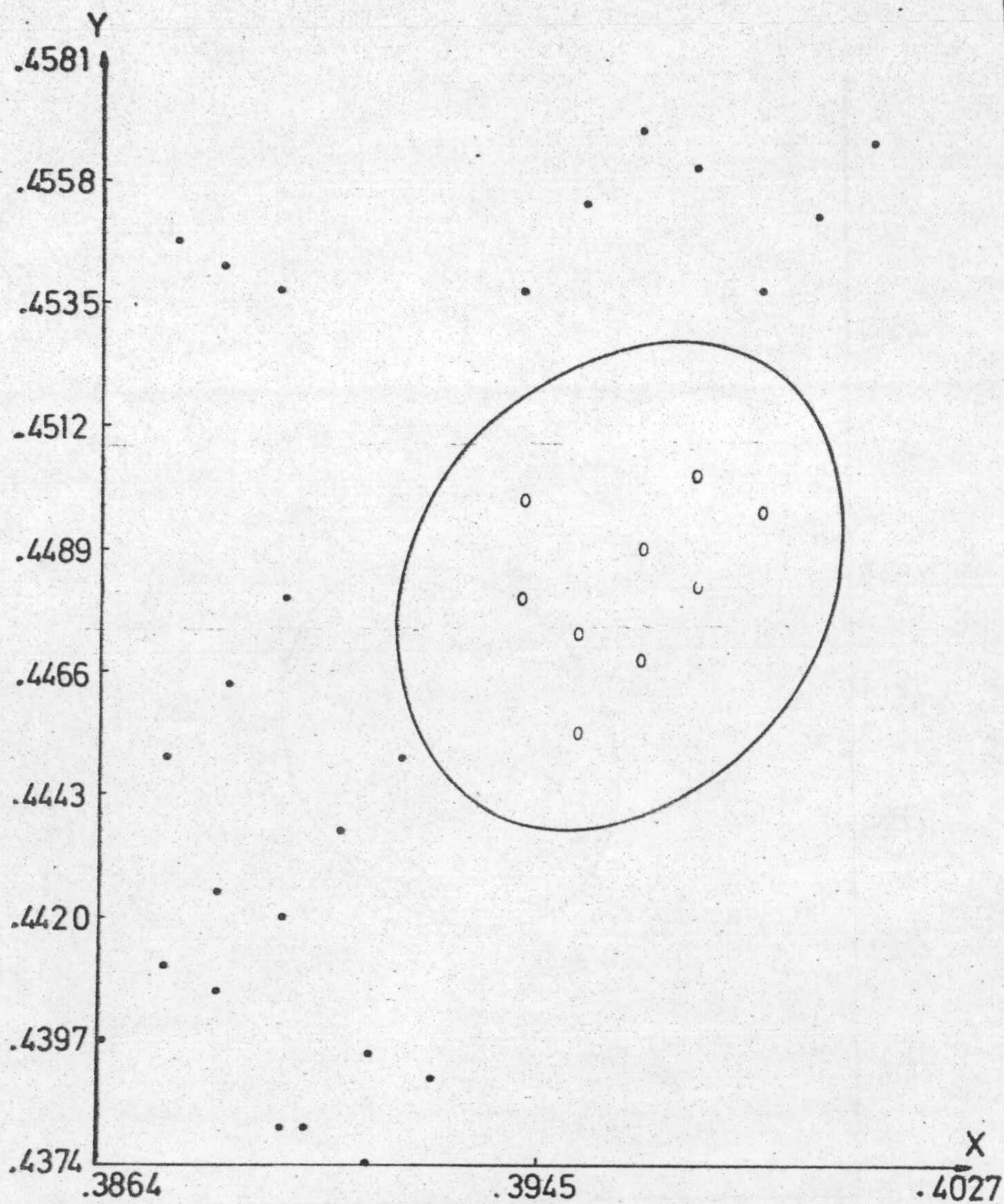
Peso 10

193



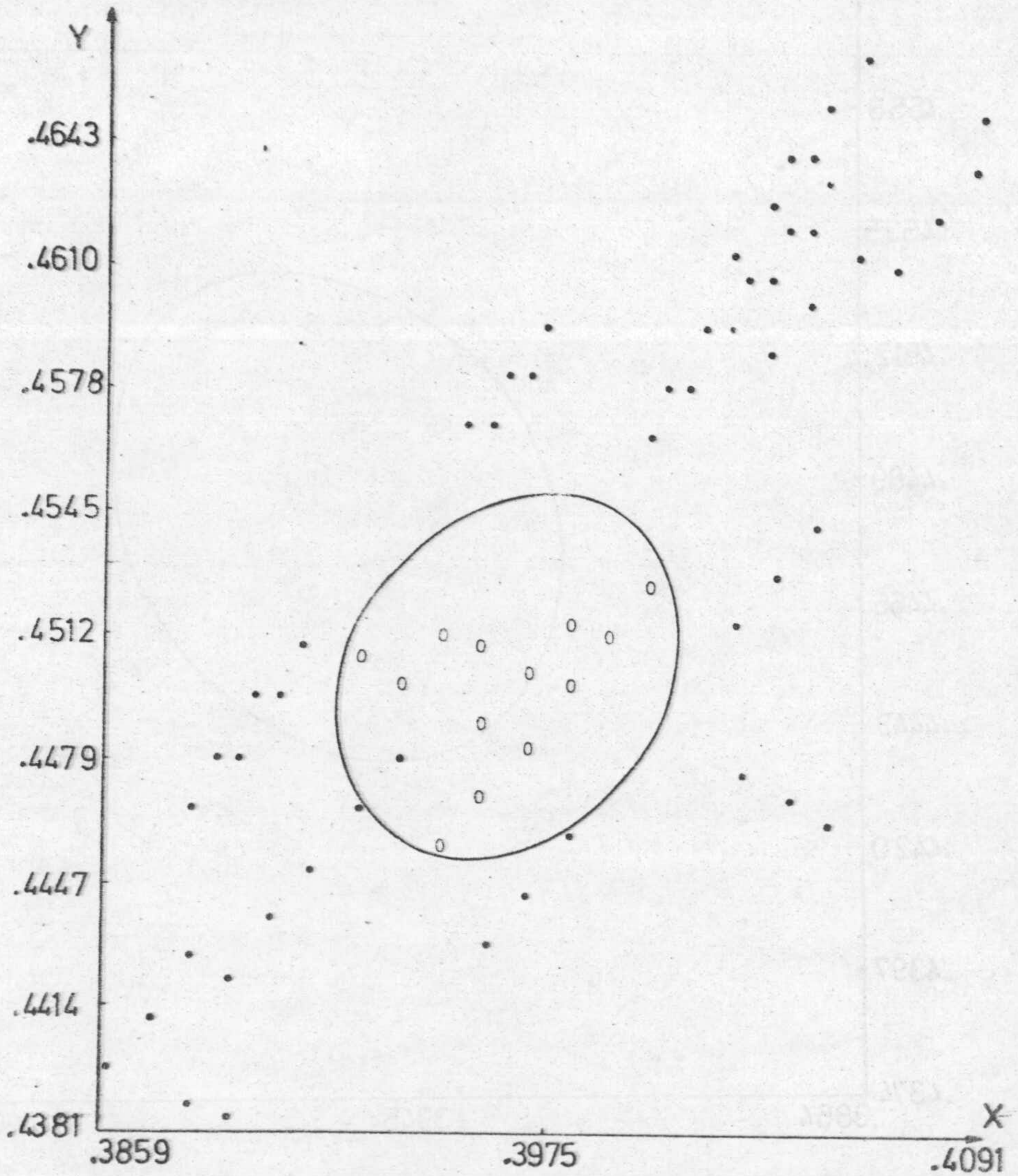
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.YER.

Observador: E.J.
Dispositivo de mezcla espacial
PRIMERA SECCION
Peso 10



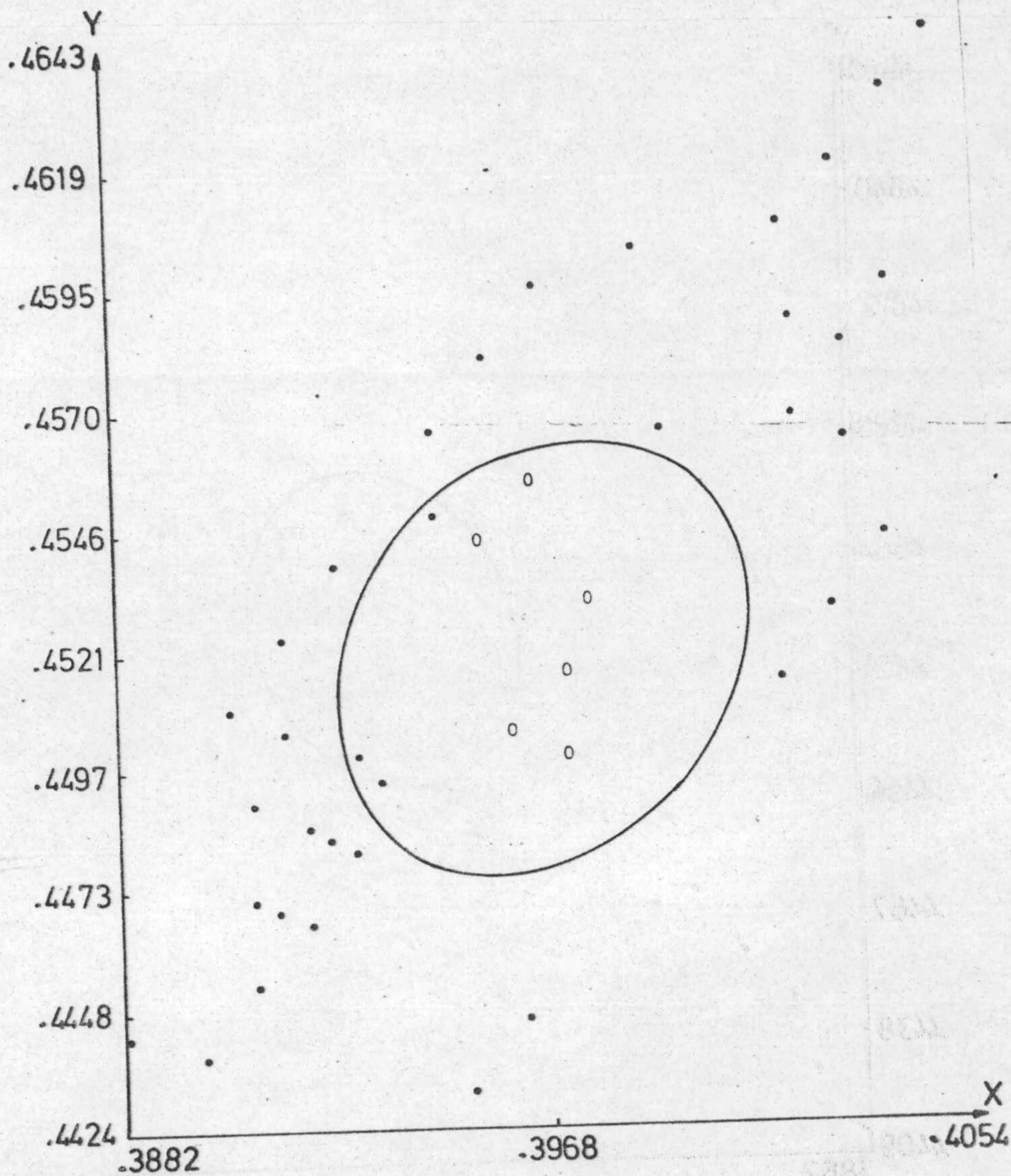
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.
Dispositivo de mezcla espacial
SEGUNDA SECCION
Peso 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

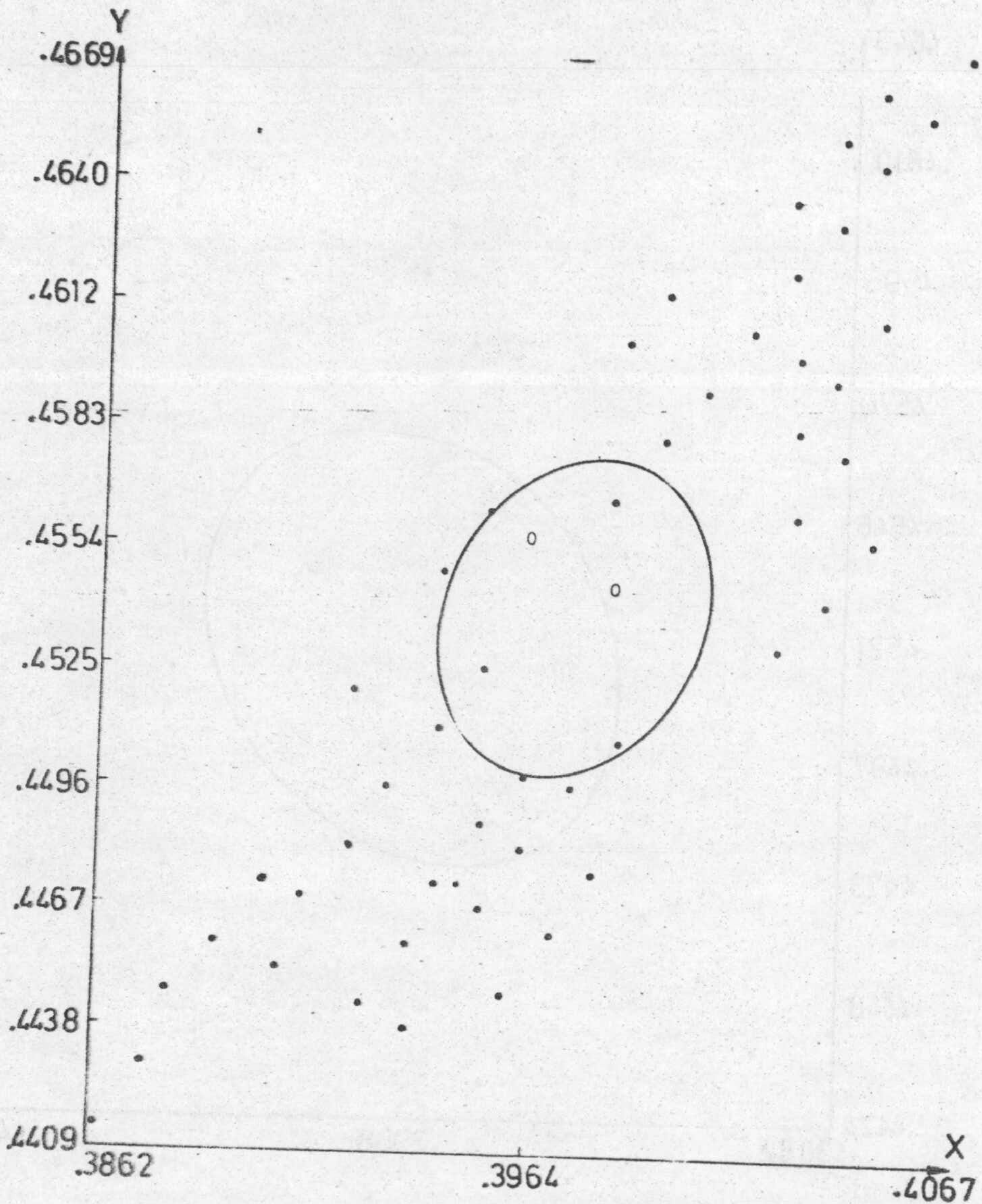
Observador: E.J.
 Dispositivo de mezcla espacial
 TERCERA SECCION
 Peso 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

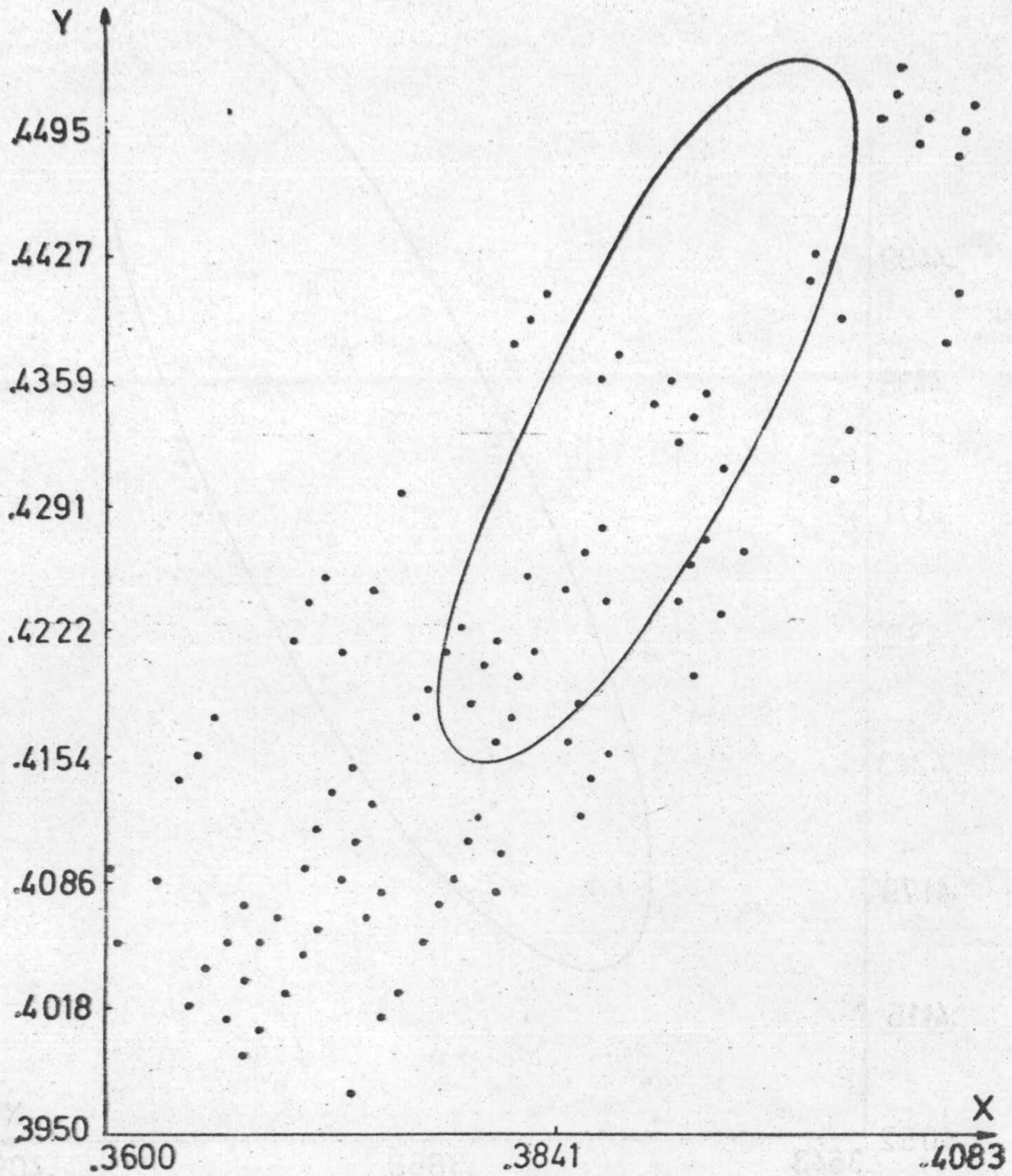
Observador: E.J.
 Dispositivo de mezcla espacial
 CUARTA SECCION
 Peso 10

197



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.
Dispositivo de mezcla espacial
QUINTA SECCION
Peso 10



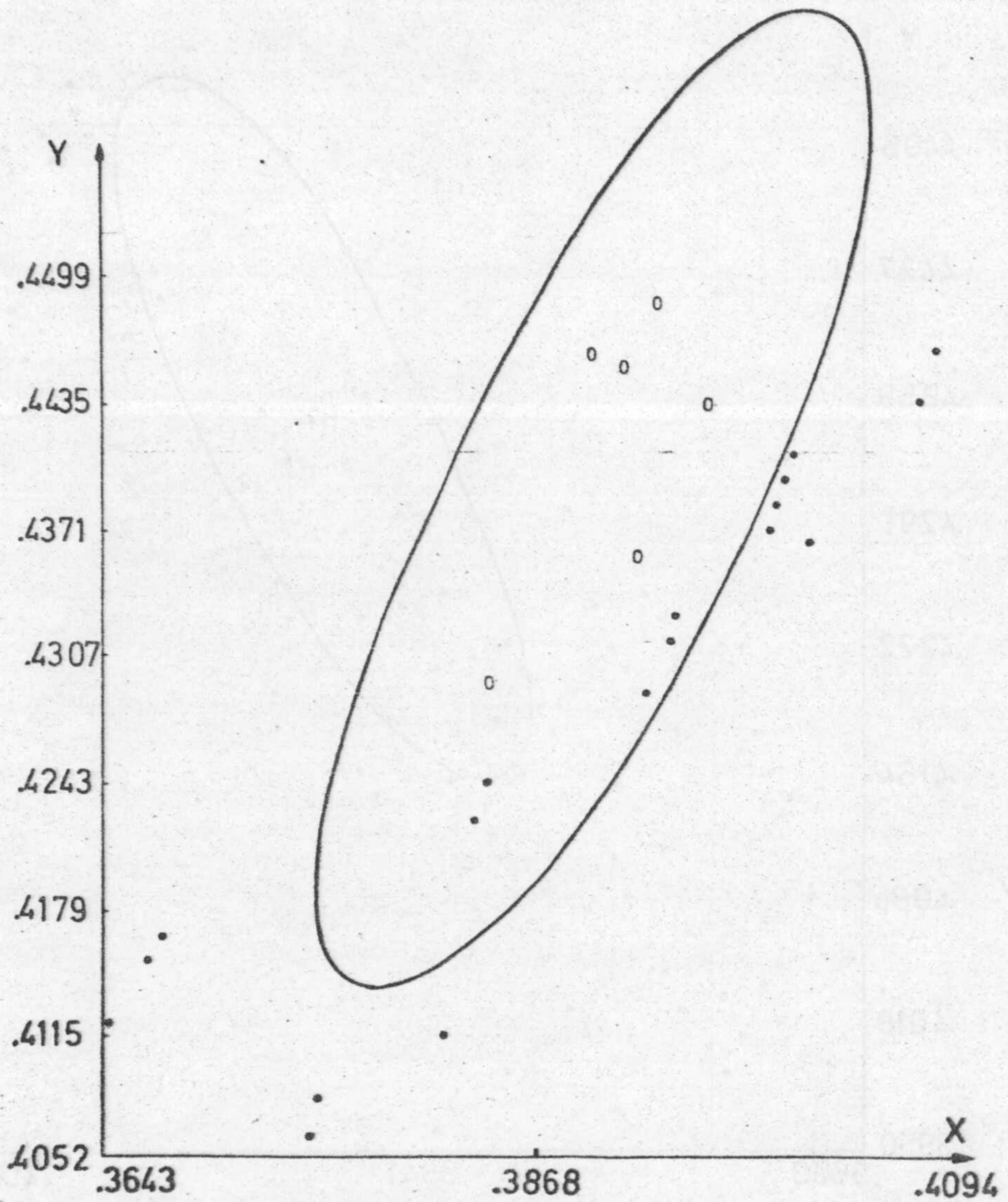
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla temporal

PRIMERA SECCION

Peso 10



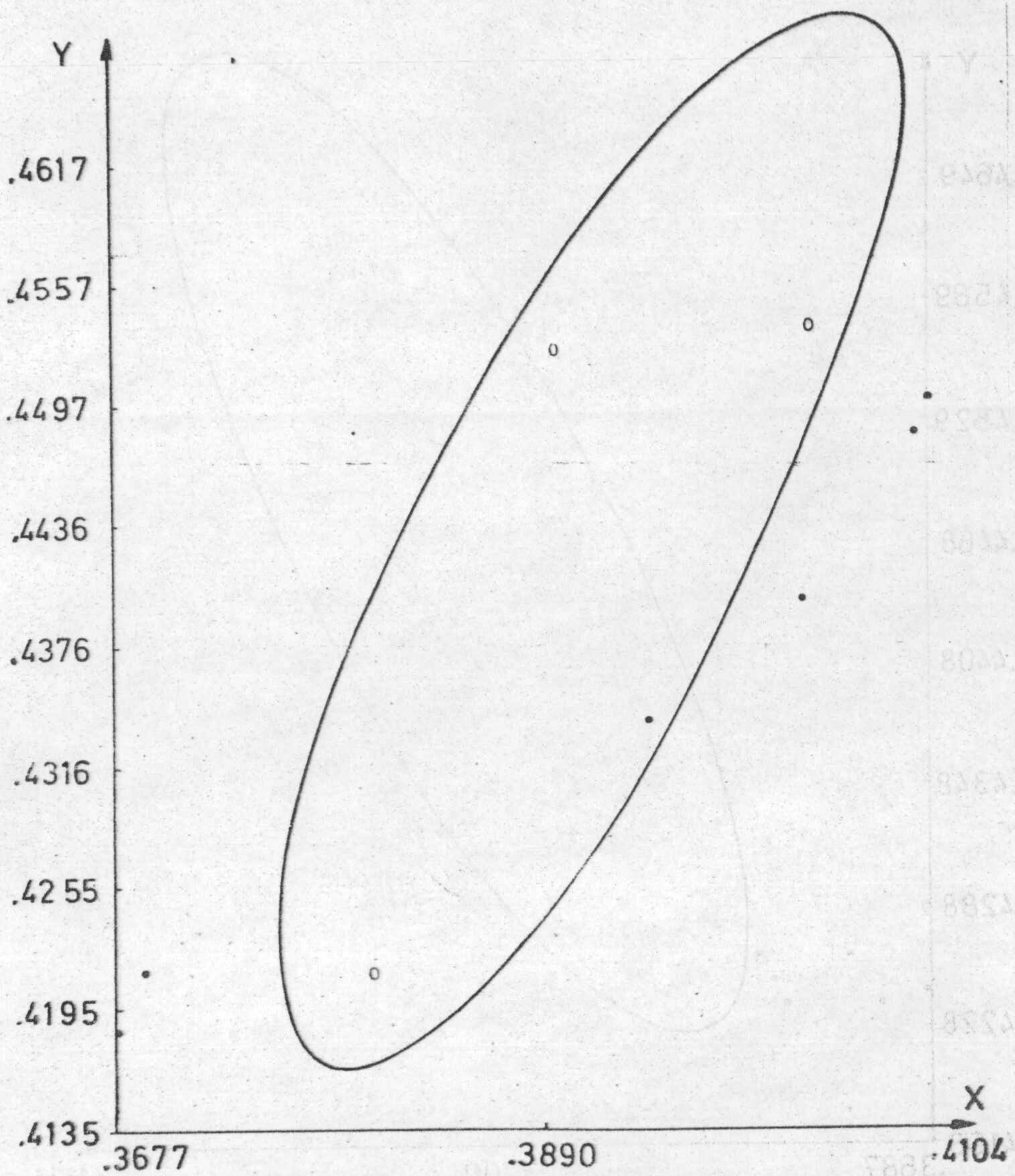
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla temporal

SEGUNDA SECCION

Peso 10



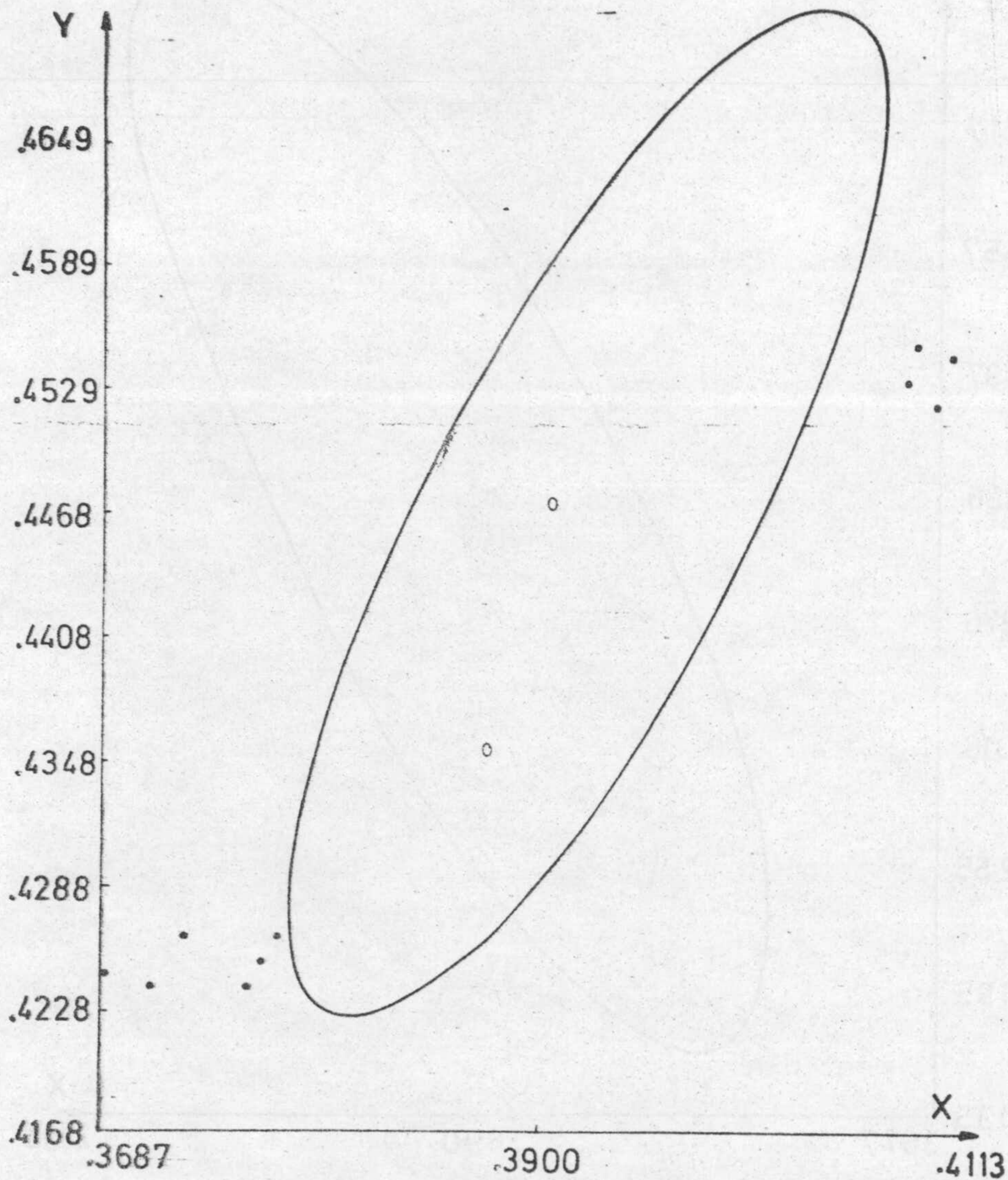
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla temporal

TERCERA SECCION

Peso 10



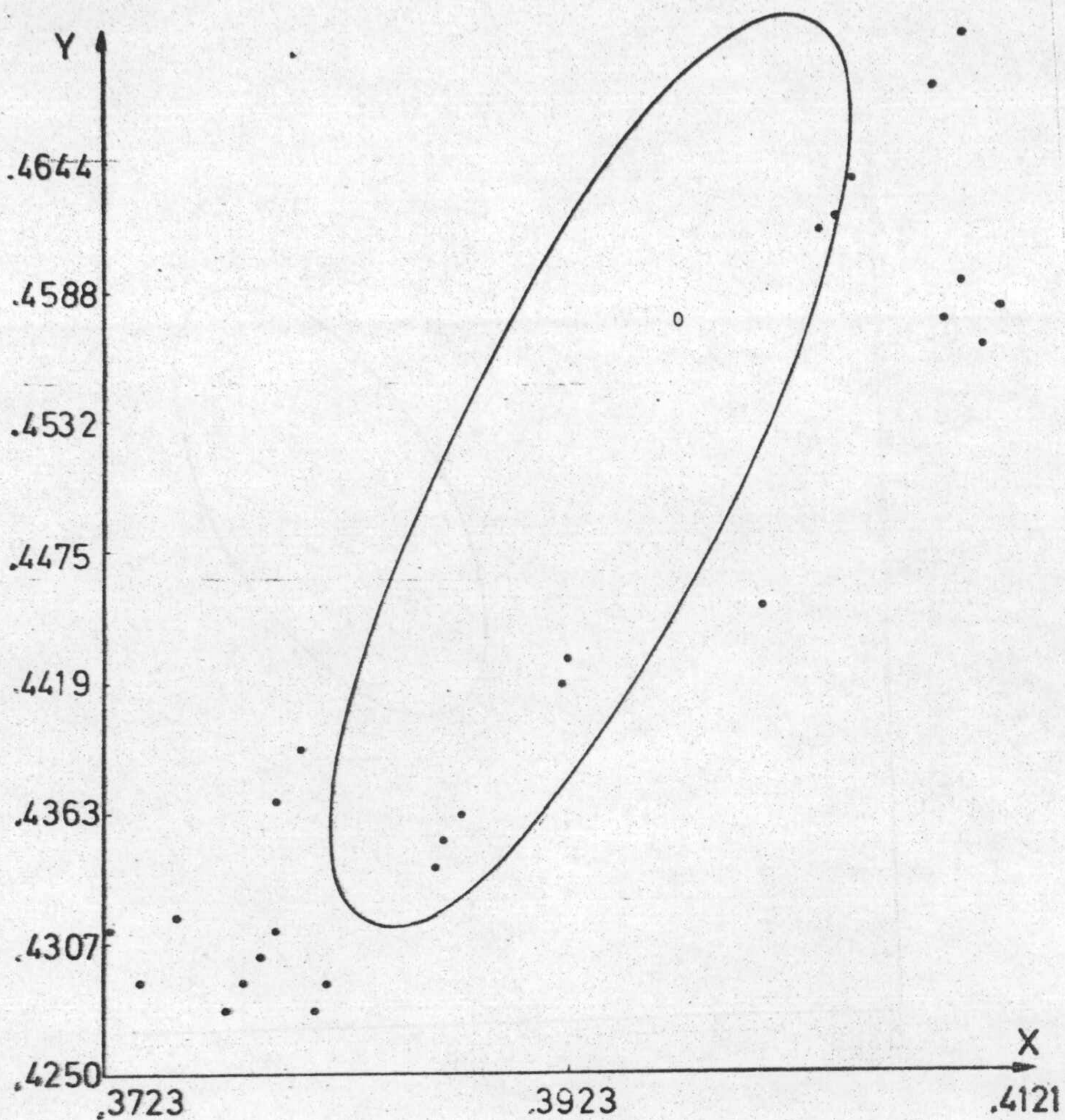
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla temporal

CUARTA SECCION

Peso 10



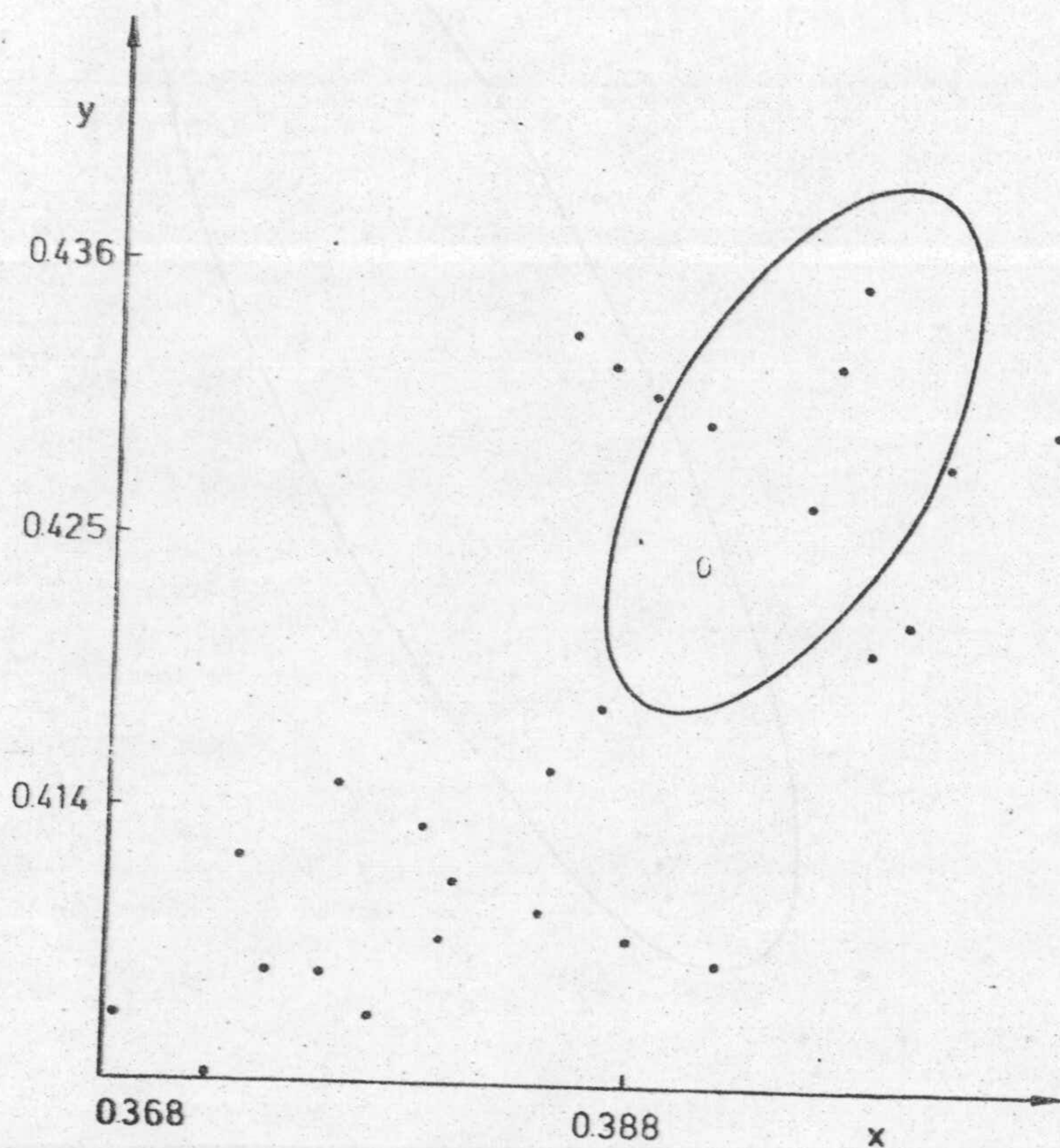
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla temporal

QUINTA SECCION

Peso 10



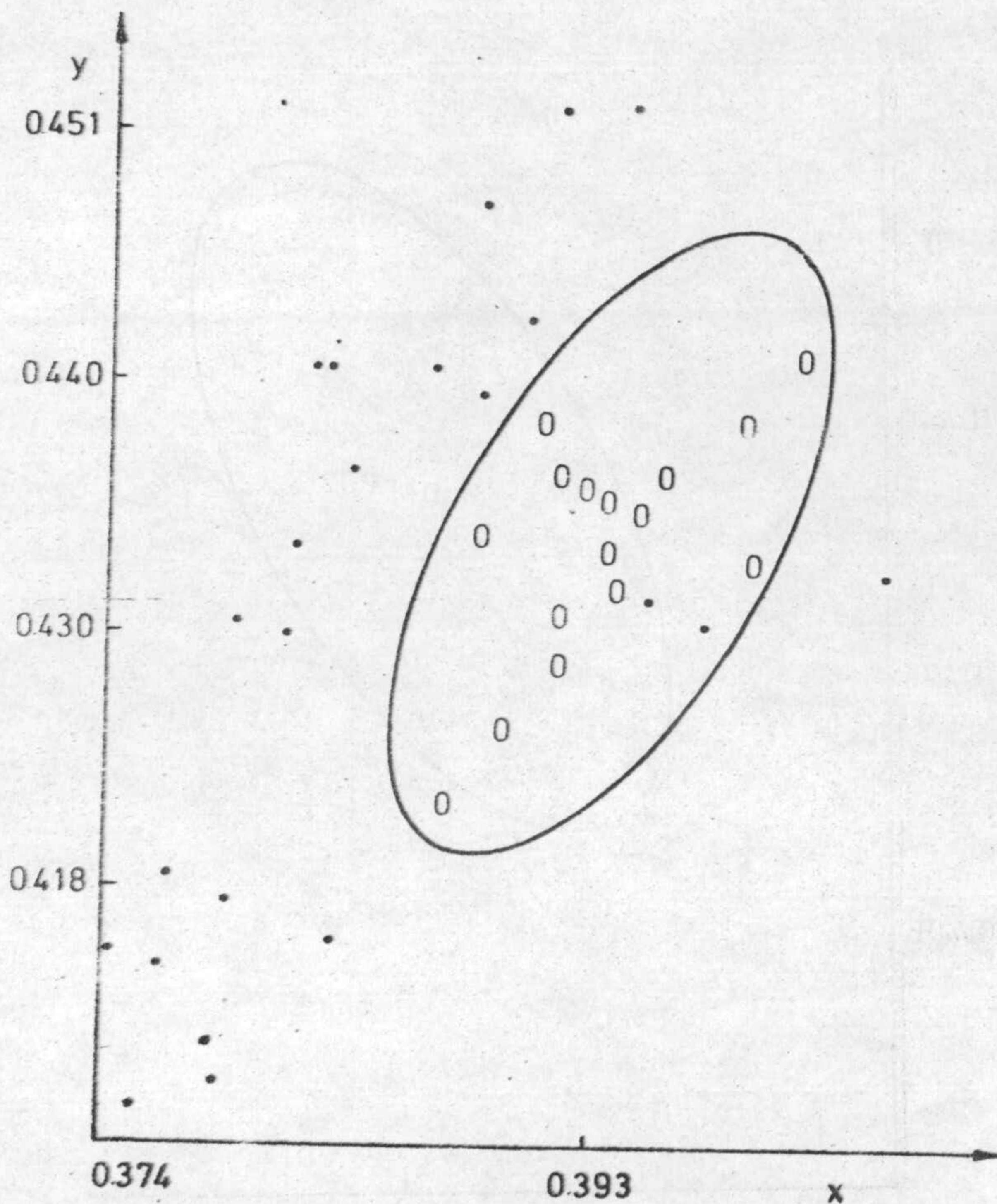
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla espacial

PRIMERA SECCION

Peso 10



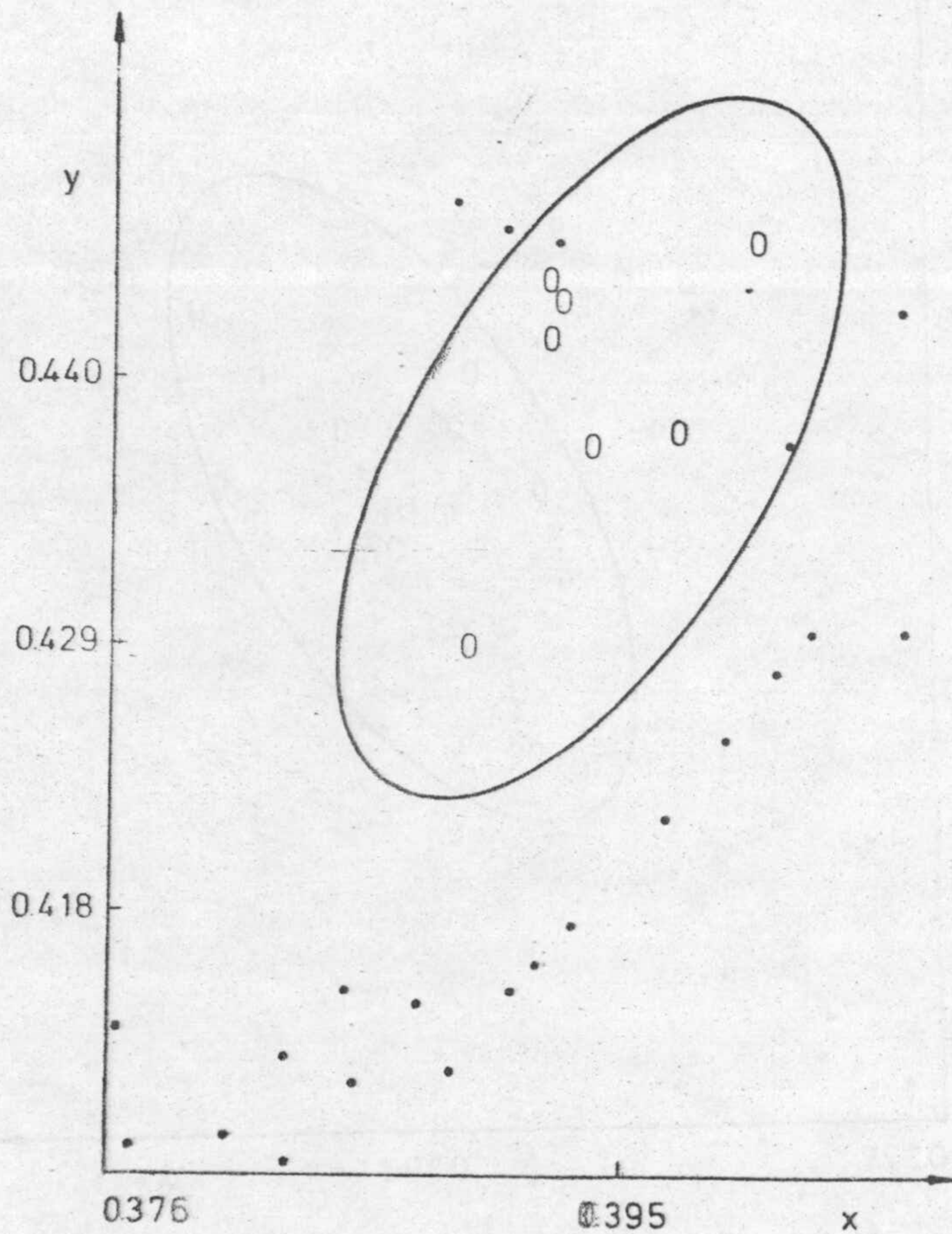
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla espacial

SEGUNDA SECCION

Peso 10



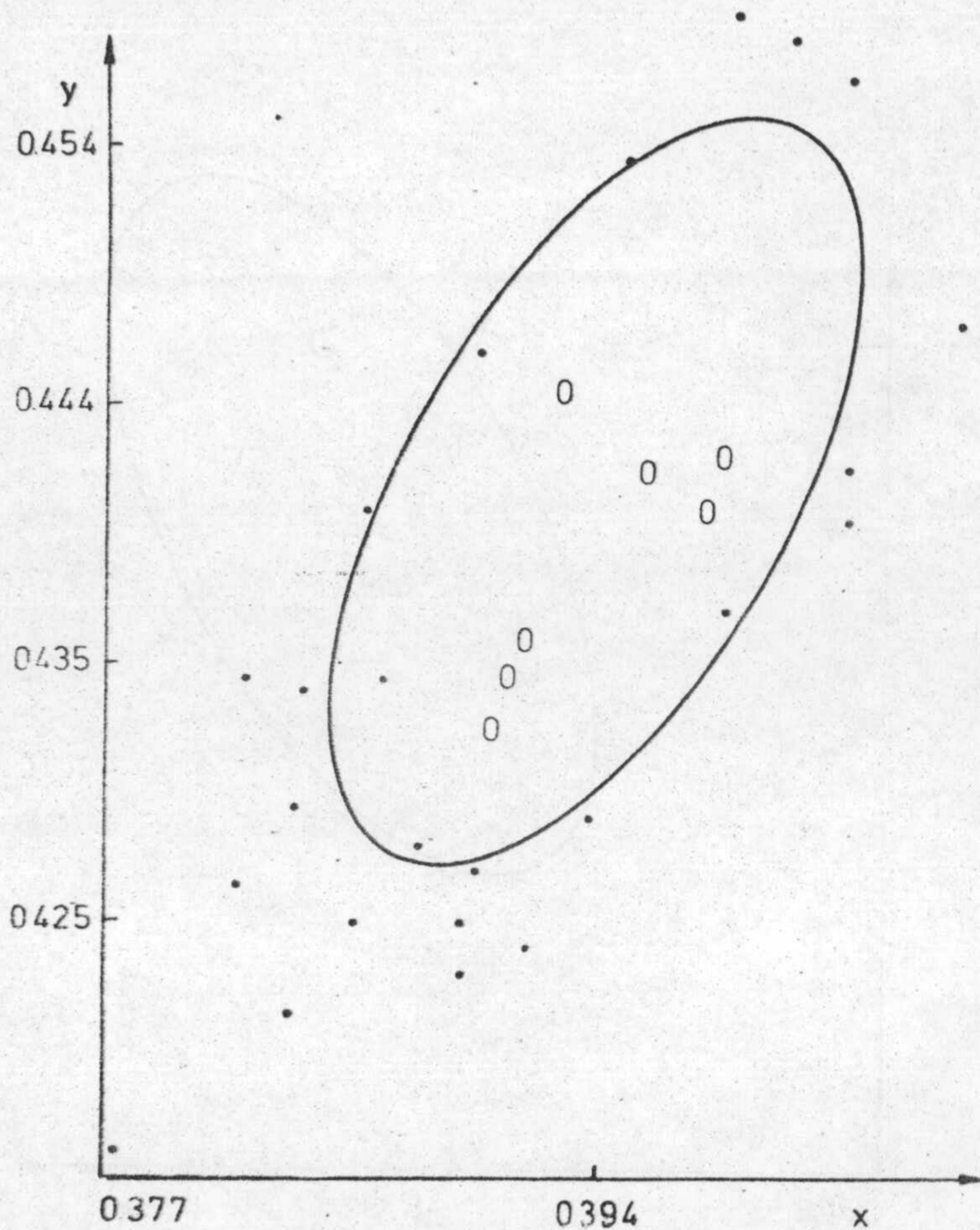
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla espacial

TERCERA SECCION

Peso 10.



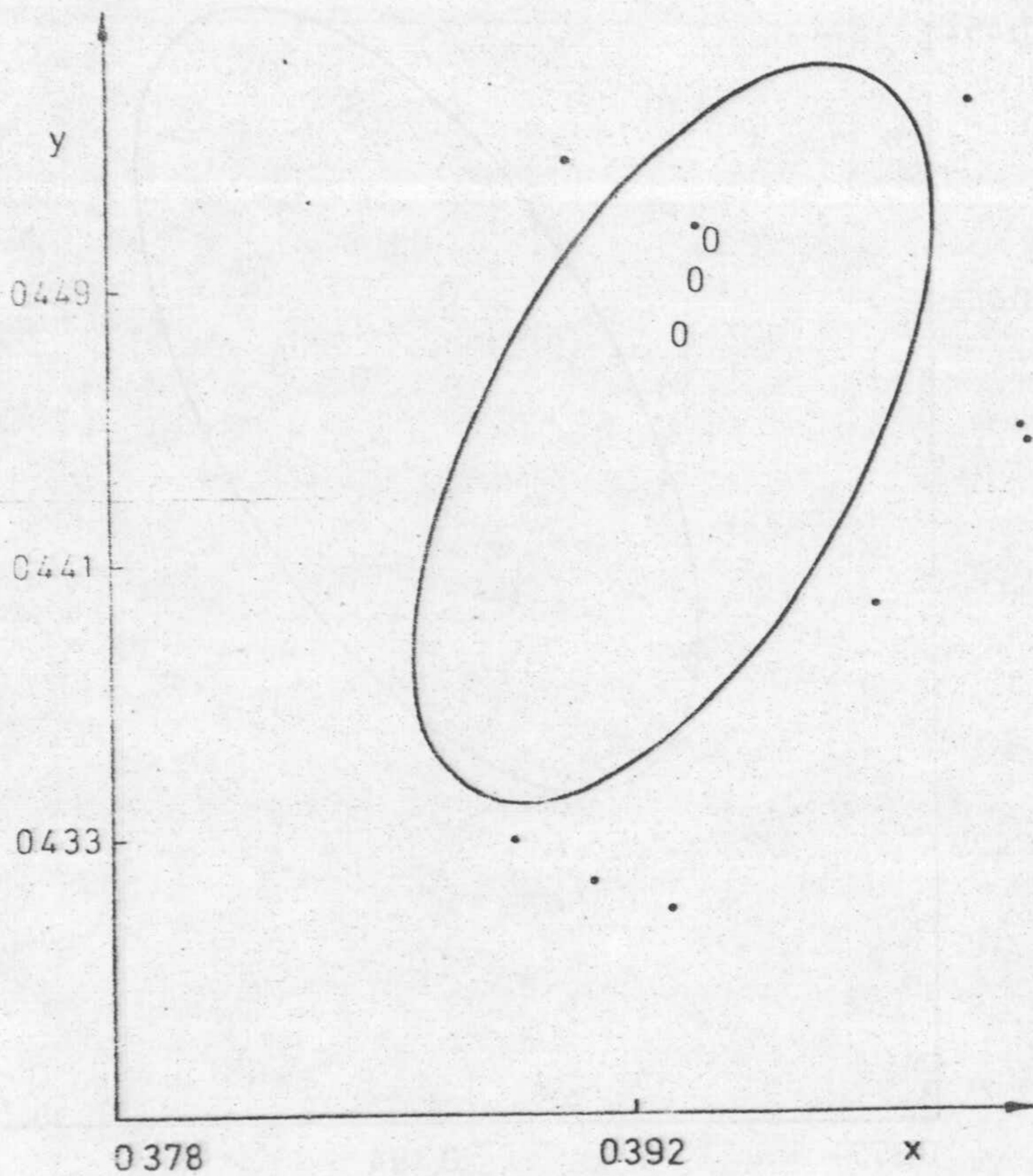
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla espacial

CUARTA SECCION

Peso 10



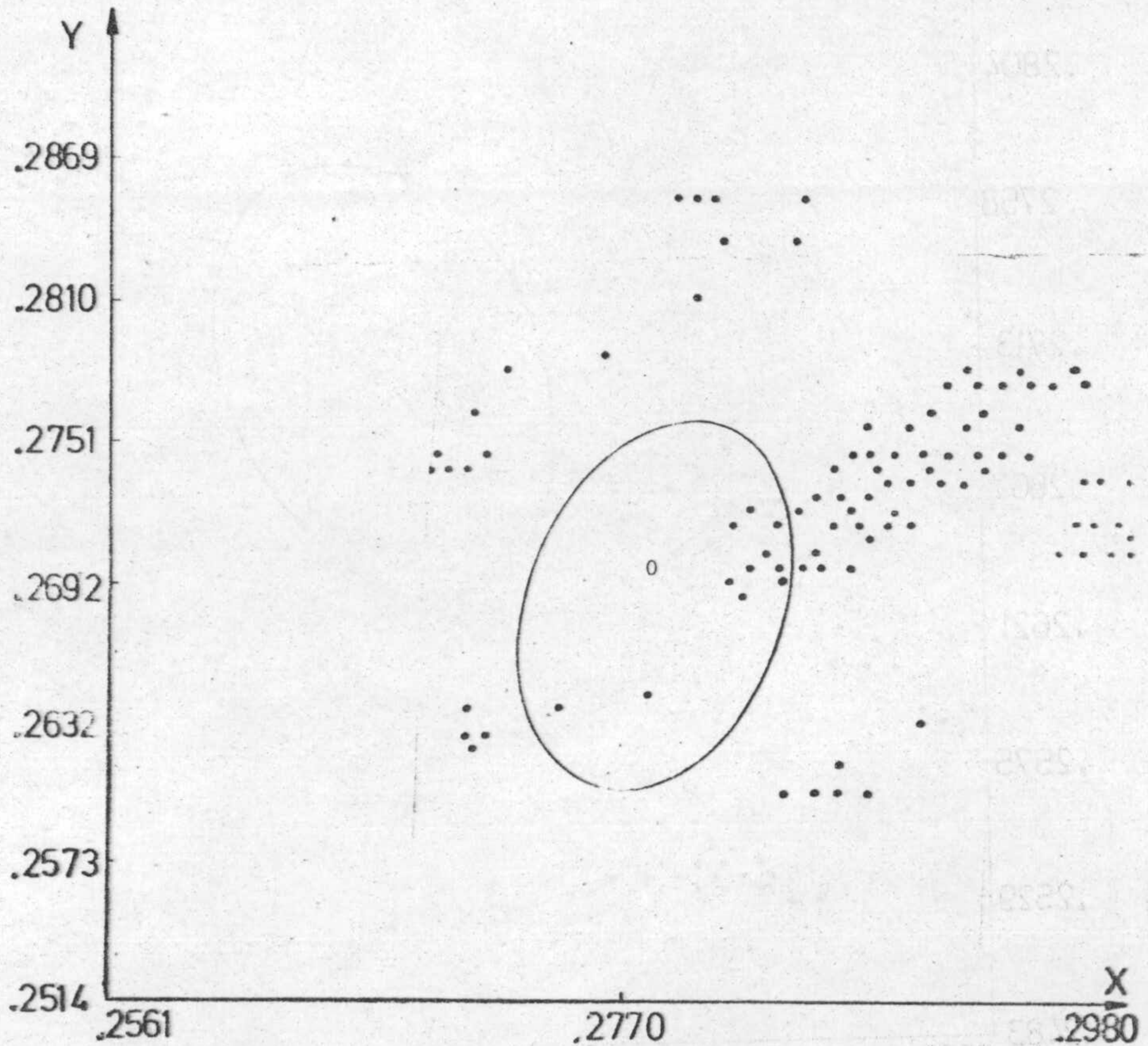
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.H.

Dispositivo de mezcla espacial

QUINTA SECCION

Peso 10



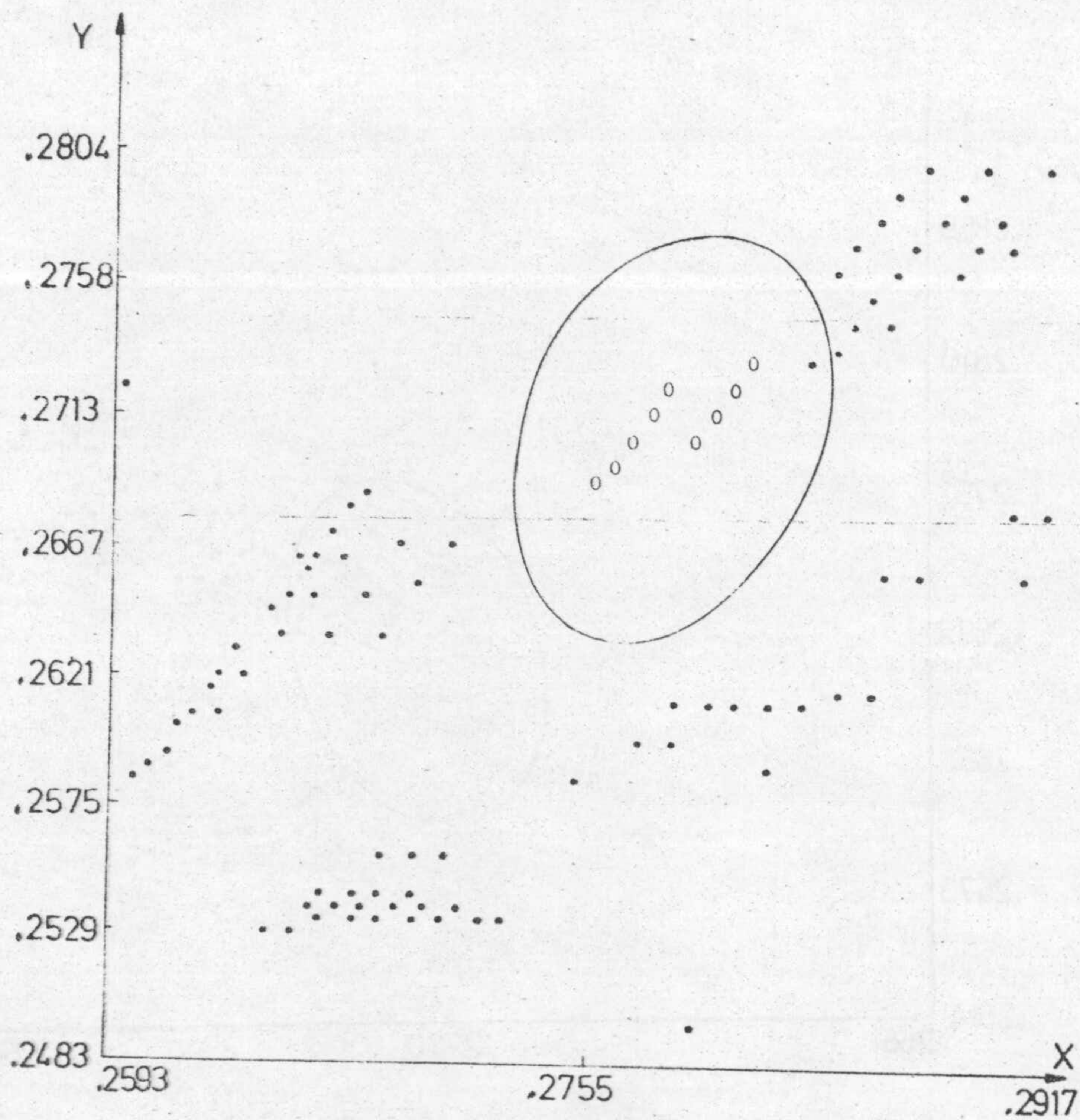
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

PRIMERA SECCION

Peso 10



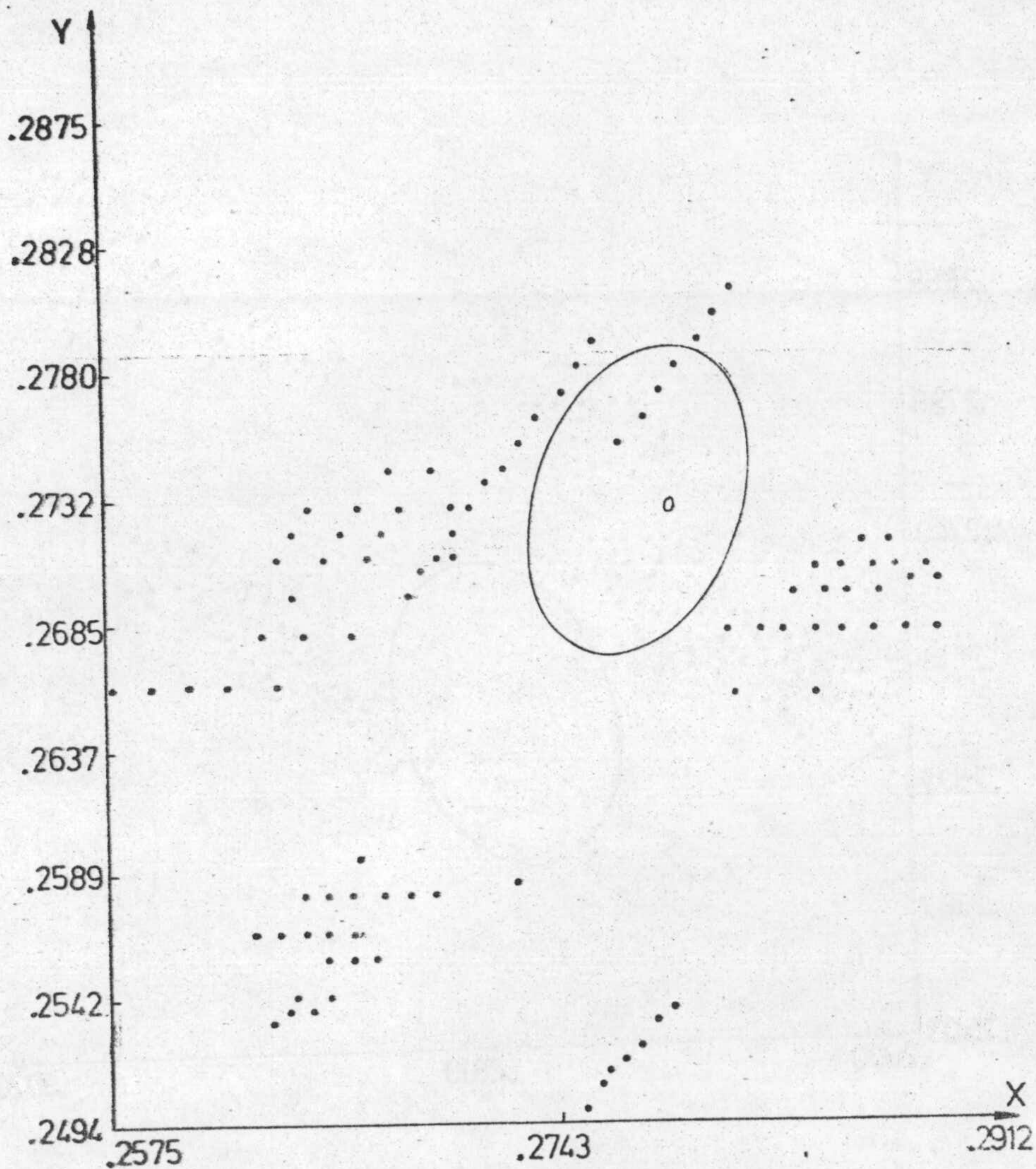
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

SEGUNDA SECCION

Peso 10



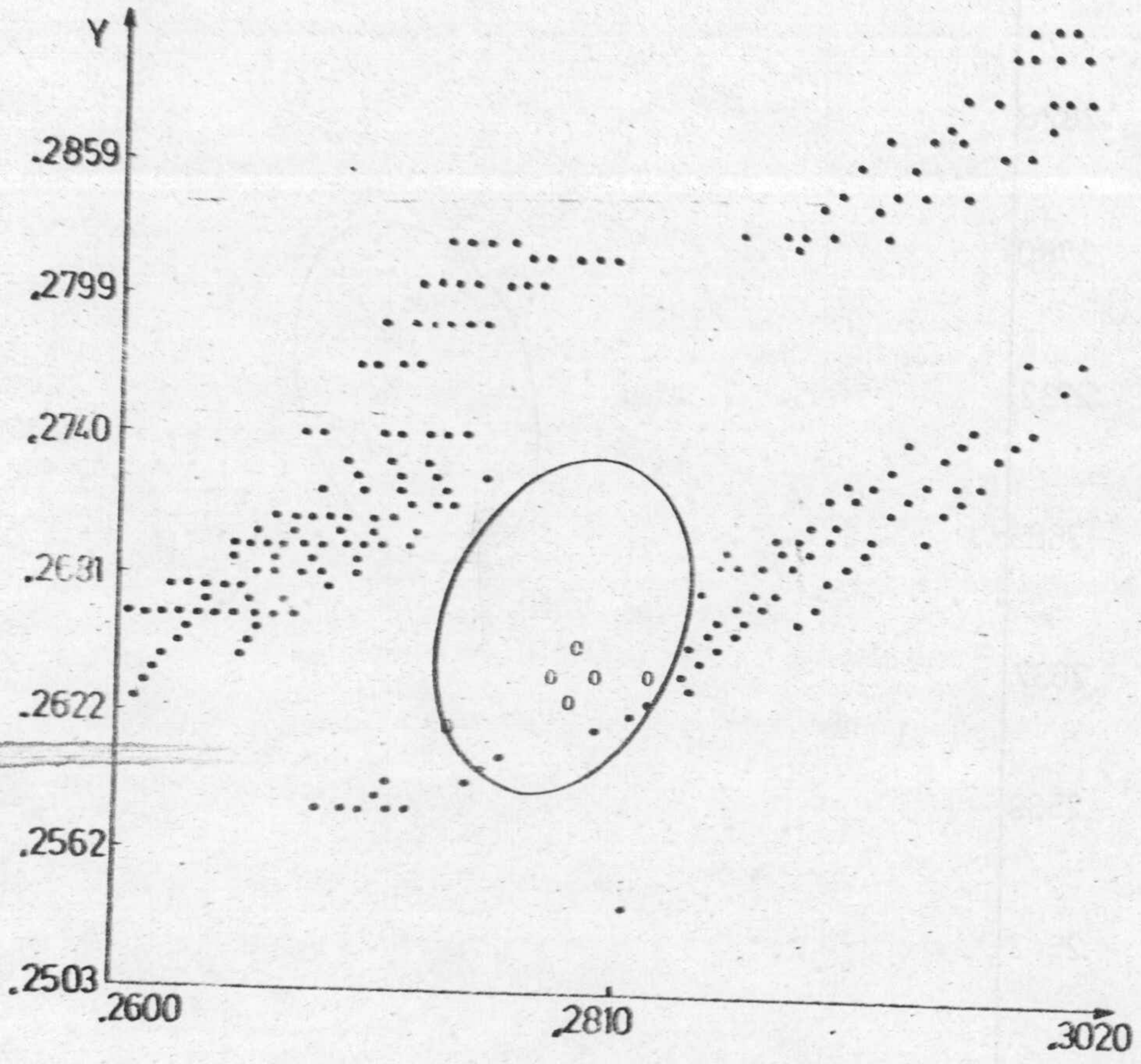
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

TERCERA SECCION

Peso 10



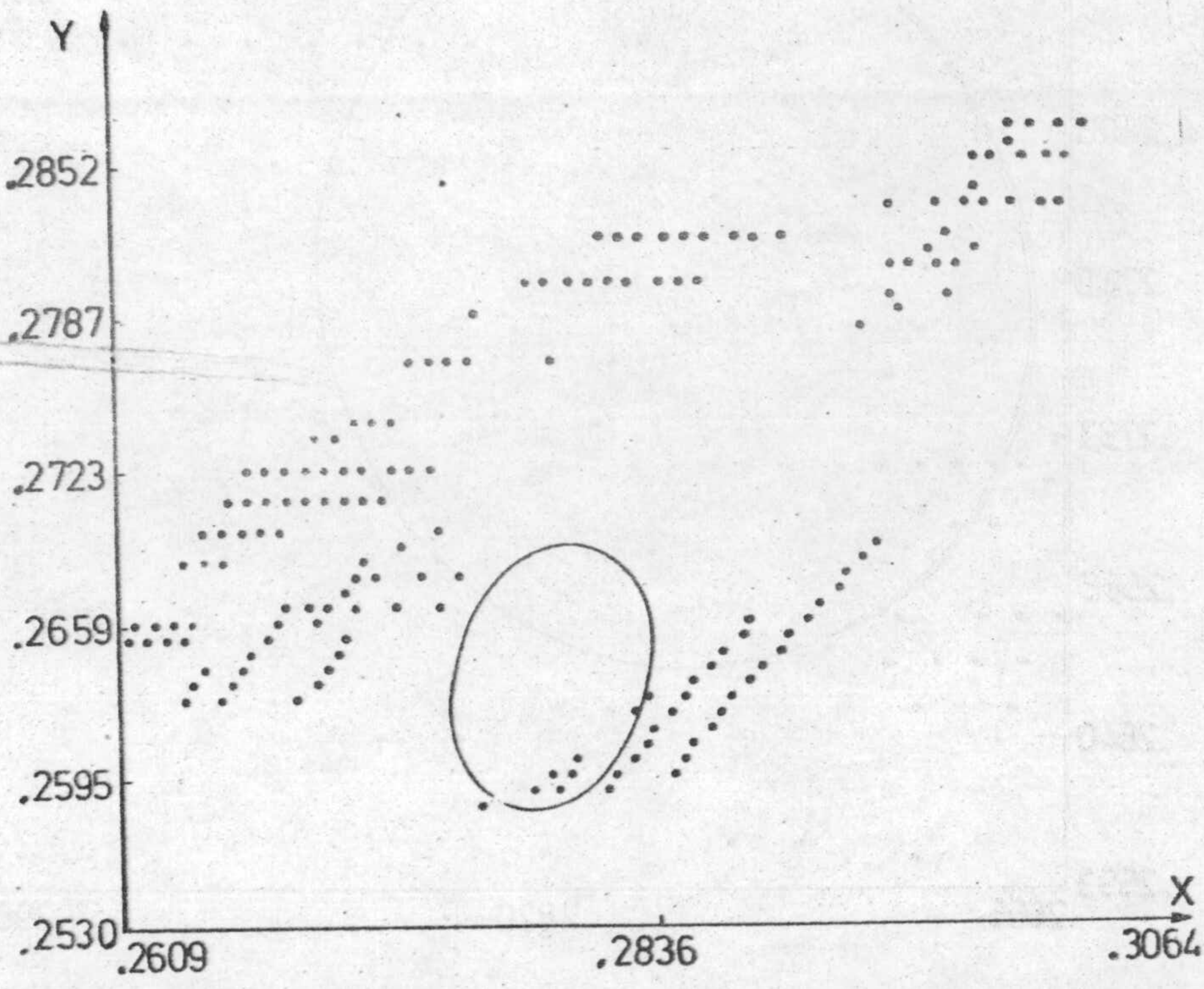
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

CUARTA SECCION

Peso 10



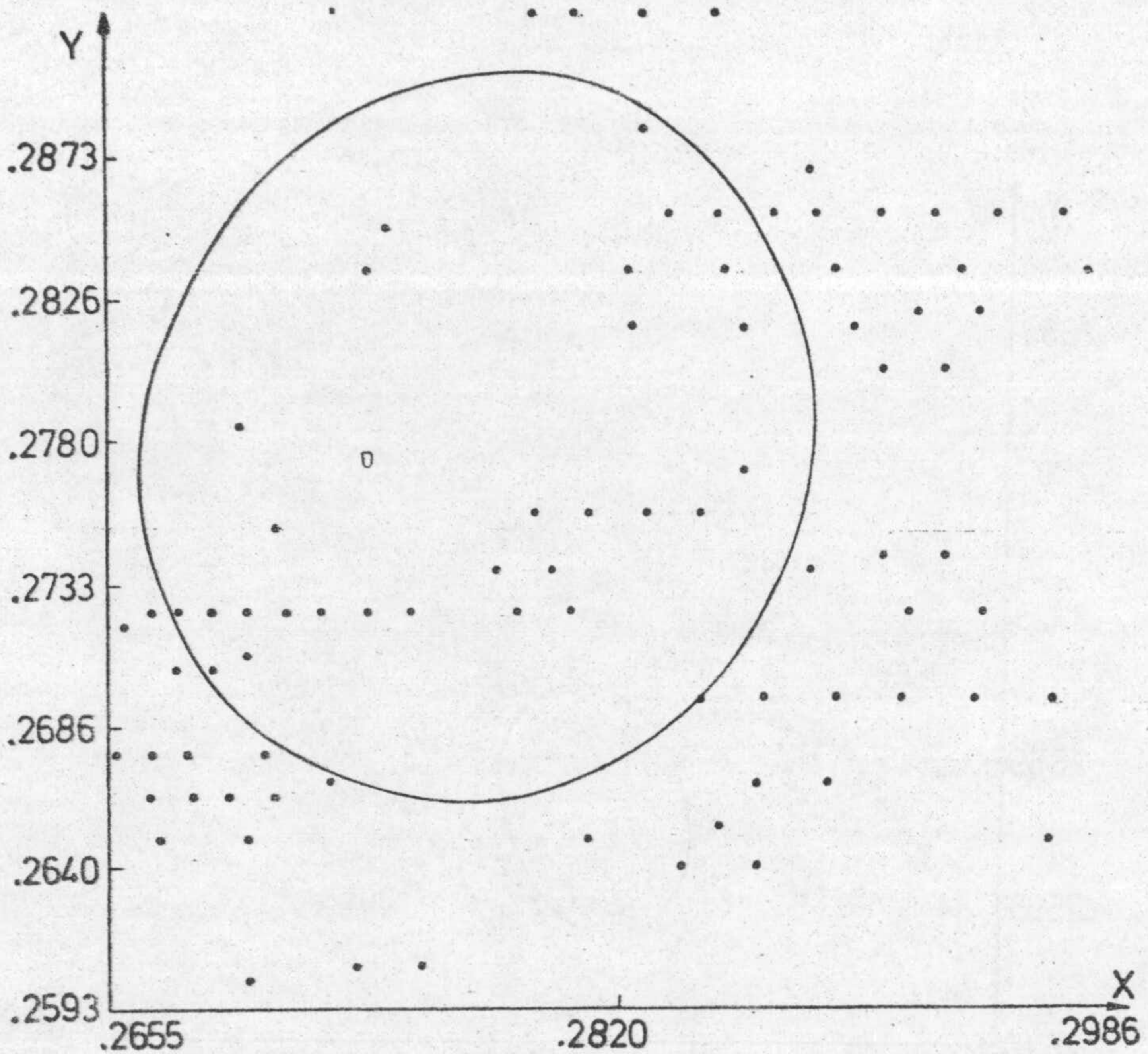
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

QUINTA SECCION

Peso 10



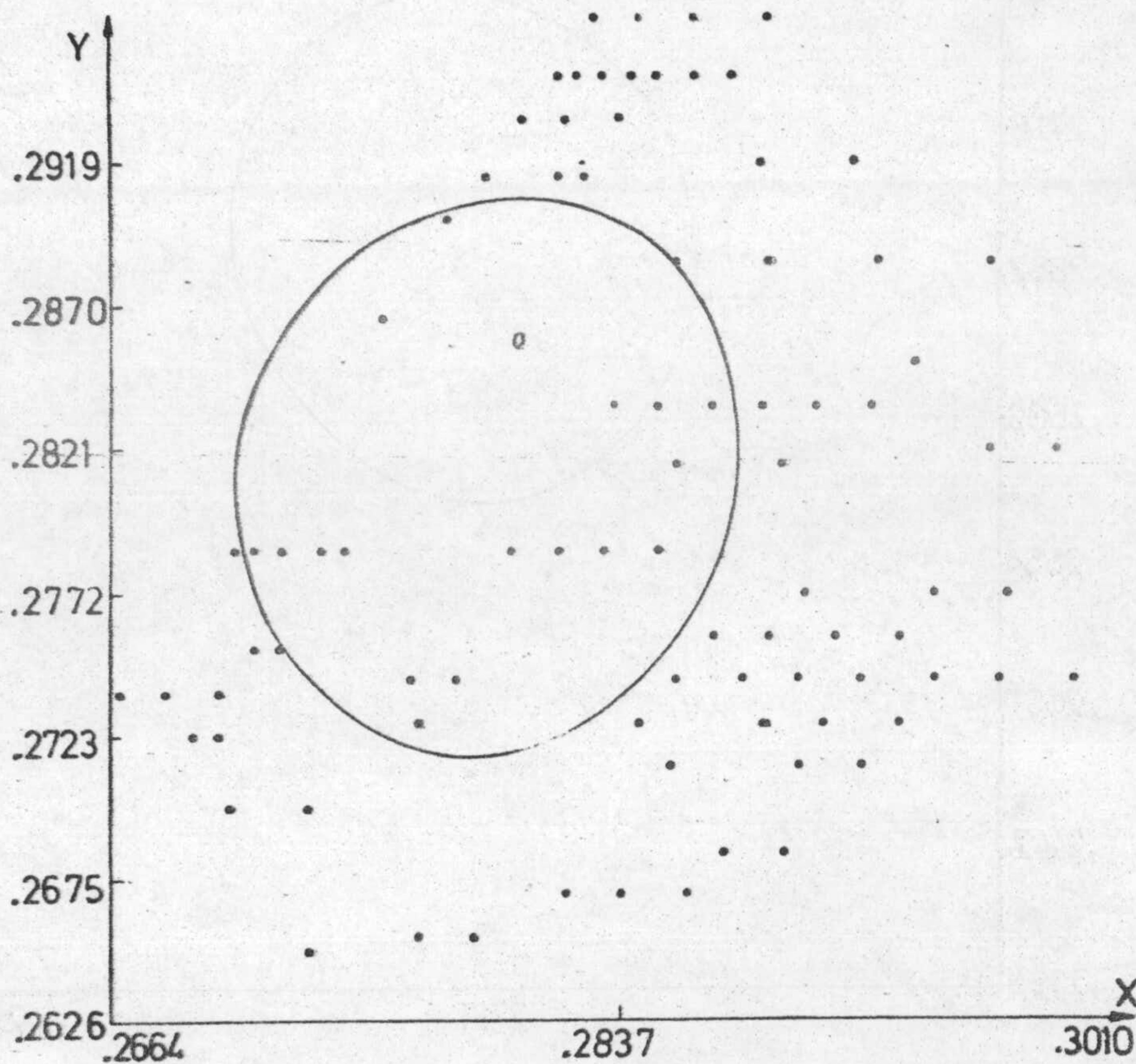
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

PRIMERA SECCION

Peso 10



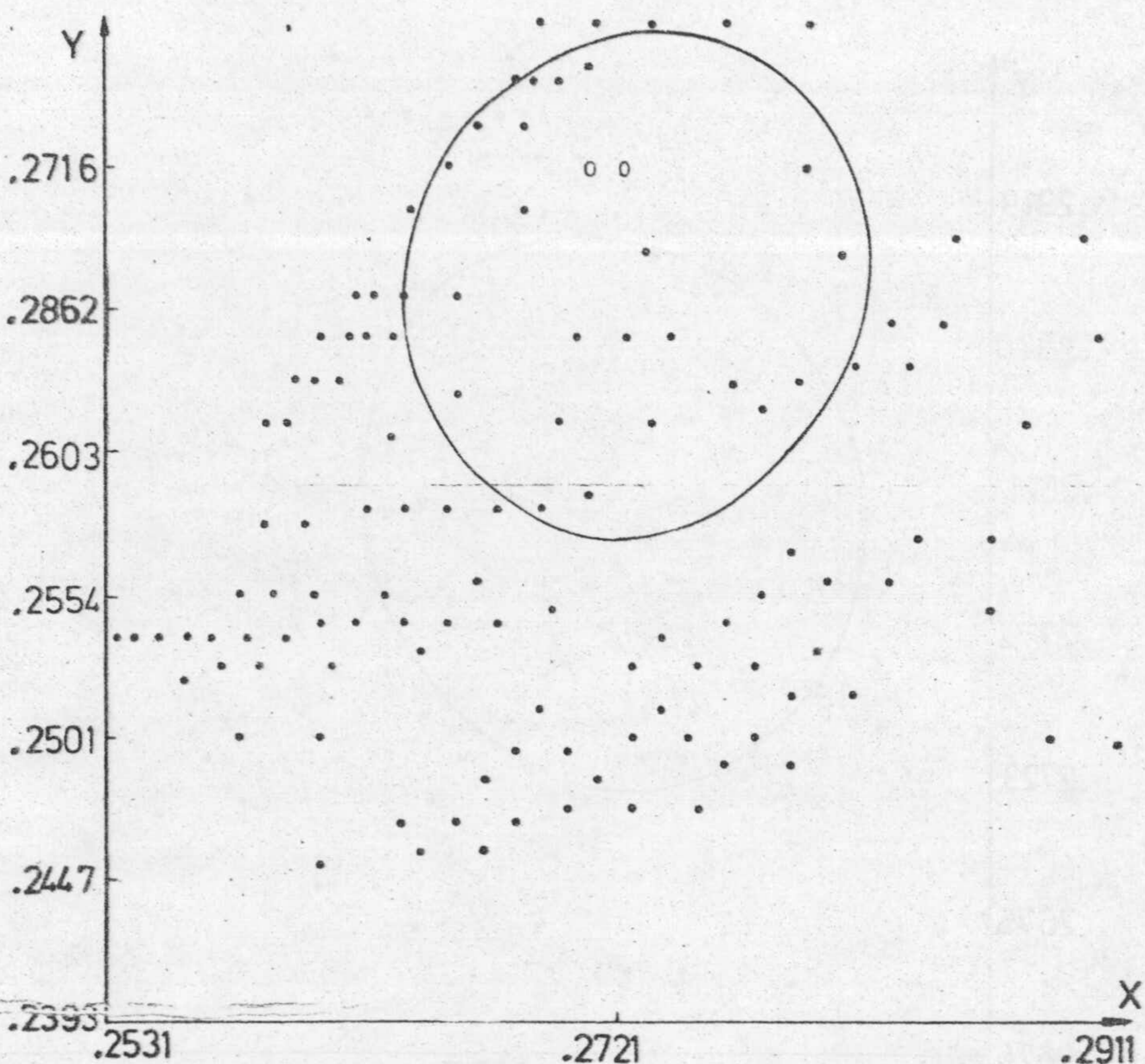
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

SEGUNDA SECCION

Peso 10



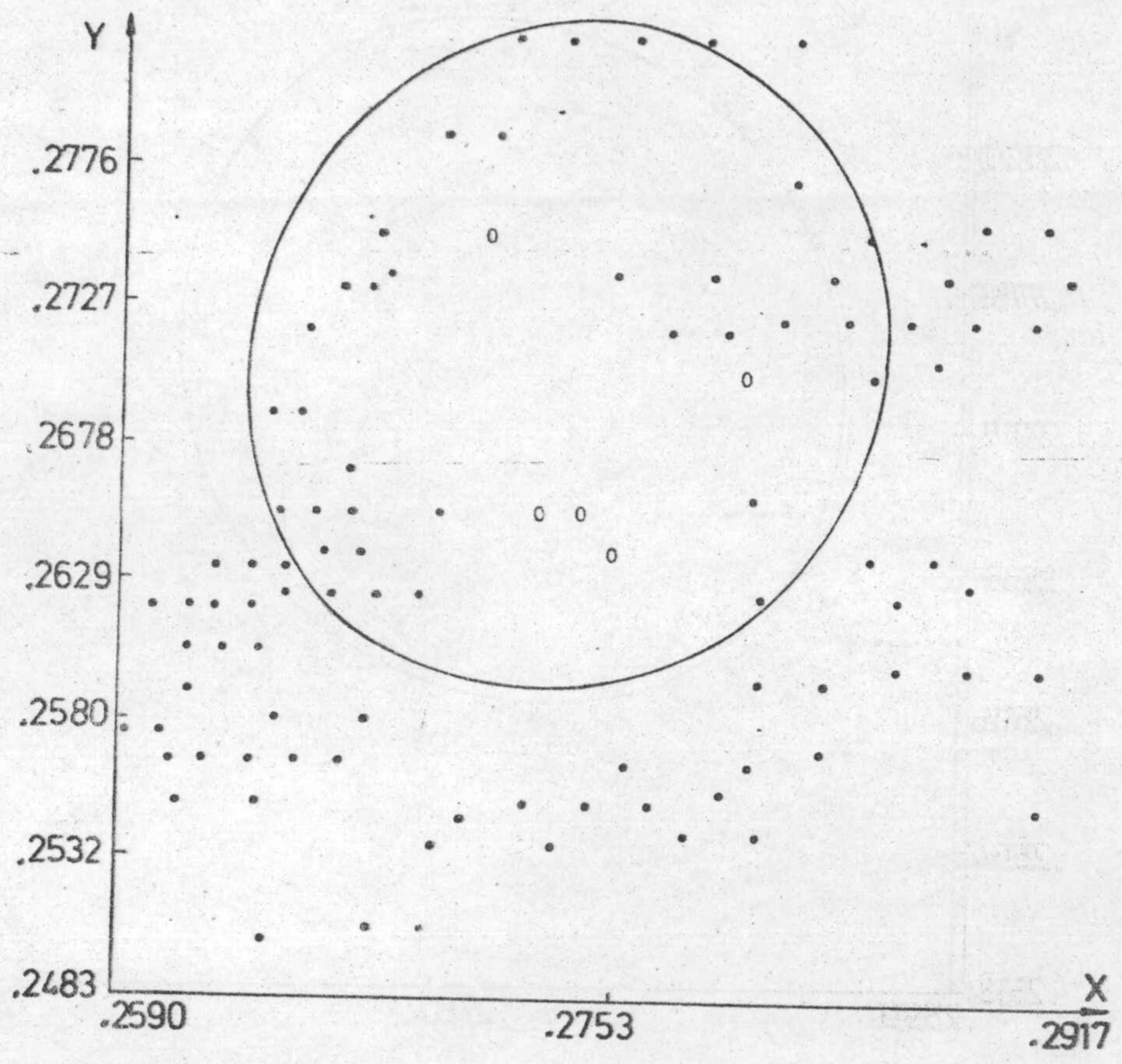
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

TERCERA SECCION

Peso 10



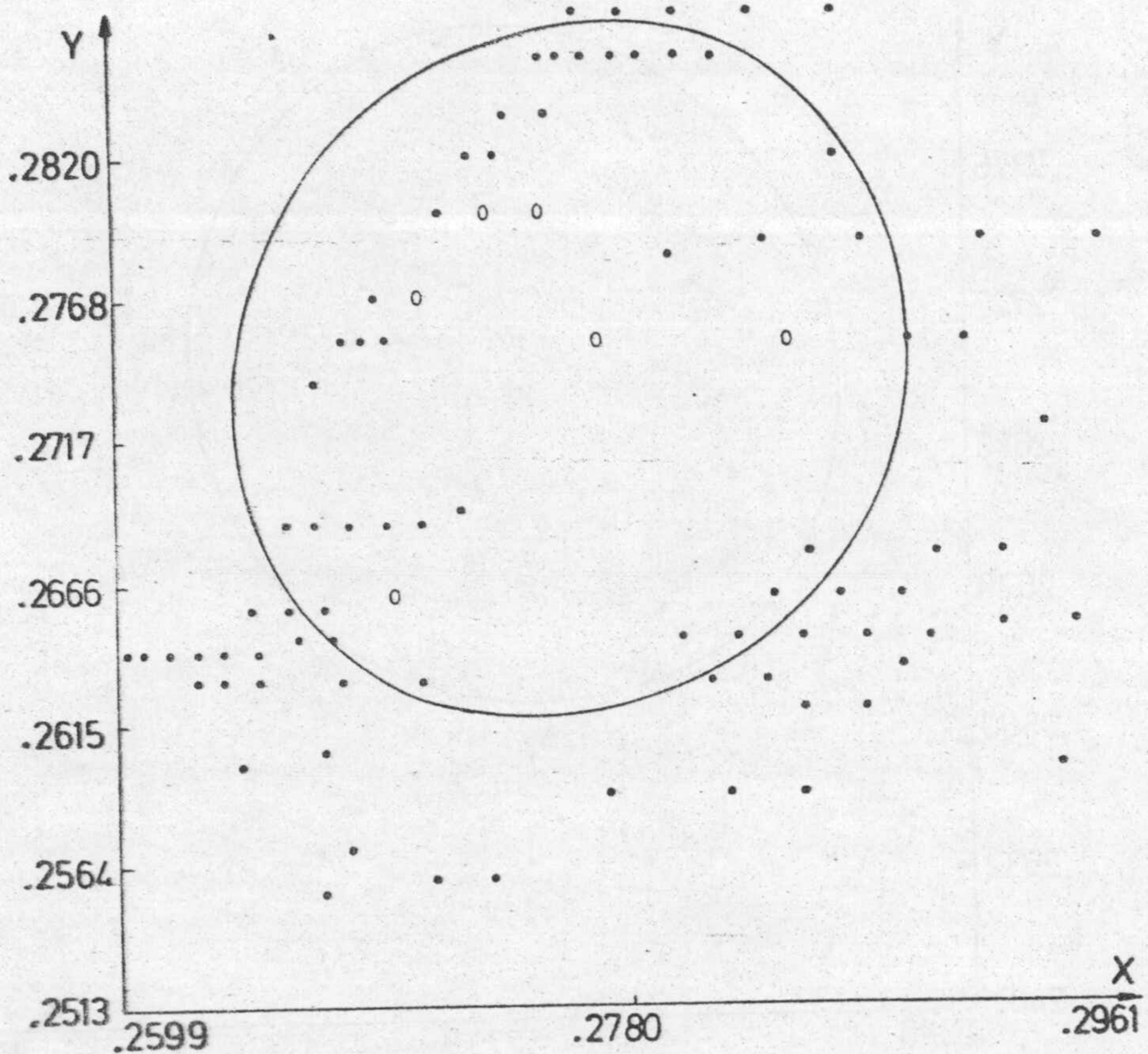
ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

CUARTA SECCION

Peso 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AZUL

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla espacial

QUINTA SECCION

Peso 10

VI. 3.1. - ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Del estudio de la representación puntual que hemos realizado se desprenden algunas consecuencias que creemos son de interés.

En primer lugar, se observa, en todos los casos la aparición de puntos de peso nulo en el interior de las secciones elípticas. Este hecho nos hace pensar que, representar la discriminación cromática de los observadores por tales secciones no es la forma más idónea de hacerlo, lo que está de acuerdo con los resultados de otros autores: Hita, E. (1977 y 1979), Parra, F. (1970).

Un aspecto de interés, en este sentido, pensamos que es la influencia del criterio de igualación adoptado y con el fin de analizar este parámetro se han sustraído de la nube de puntos, y antes de calcular el elipsoide y sus secciones correspondientes, los puntos de peso comprendidos entre 1-4 en un caso, (figuras pág

na 156a185) y los de peso comprendido entre 1-9 (figuras página 188a217) en otro. Como puede observarse, aparece una disminución del volumen del elipsoide al realizar tales cálculos, lo que era de esperar, y no aparecen variaciones significativas en sus orientaciones. No obstante se presentan en todos los casos puntos de peso nulo en el interior de las elipses calculadas lo que ratifica lo anteriormente dicho.

Estos grupos de puntos de peso nulo dan lugar a direccionalidades en las nubes que parecen confirmar los resultados encontrados por otros autores en lo referente a la existencia de asimetrías Crawford (1972) y Parra (1970).

Finalmente, consideramos de interés el hecho de que estos resultados se presentan en todos los casos y por tanto son independientes del observador, cromaticidad del estímulo de referencia y tipo de fusión de primarios, así como del carácter metámero (E. Hita 1977) o isomero de las igualaciones

En el caso del observador E.J., estímulo de referencia azul y mezcla temporal de primarios, se varió el criterio de selección de estímulos que rodearan al de referencia, ampliando los intervalos (V.1), con el fin de analizar la posible influencia de tal variable. En las figuras de las páginas 143a147 puede observarse como las diferencias de los resultados obtenidos con este criterio en comparación con los demás casos, se limitan a la aparición de zonas sin puntos, pero todas las interpretaciones hechas hasta aquí se mantienen inalteradas.

*CONSIDERACIONES SOBRE EL INTERVALO DE
LUMINANCIA*

En las figuras siguientes (página 225 a254), se agrupan los resultados obtenidos por el observador E.J. para el estímulo de referencia amarillo-verdoso y fusión temporal de primarios, según criterio de igualación (peso 1 a 10, página 225 a234; peso 5 a 10, página 235a 244) y (peso 10, página 245a254). Todos ellos van encaminados a poner de manifiesto la fiabilidad de los resultados anteriores.

De la nube de puntos que hemos representado, y como hemos indicado anteriormente, los puntos (.) significan desigualdad entre el estímulo variable y el de referencia. El acercamiento de estos al centro de la elipsoide podría provenir de la propia forma de representación como se indica en la figura (13). Así puntos tales como el A podrían quedar representados en A' y estos quedar próximos al centro

de la elipse y justificar nuestros resultados.

Para comprobar si esos puntos provienen de fuera del elipsoide, hemos dividido el $\Delta L = Y_{\max} - Y_{\min}$ en vez de por 5 por 10, con lo cual el punto B se representaría más al exterior del centro de la elipse. Si aún seguimos dividiendo $\frac{\Delta L}{20}$ quedaría aún más al exterior. Pues bien, aquí por limitaciones de espacio sólo presentamos un conjunto de figuras correspondientes a 10 cortes.

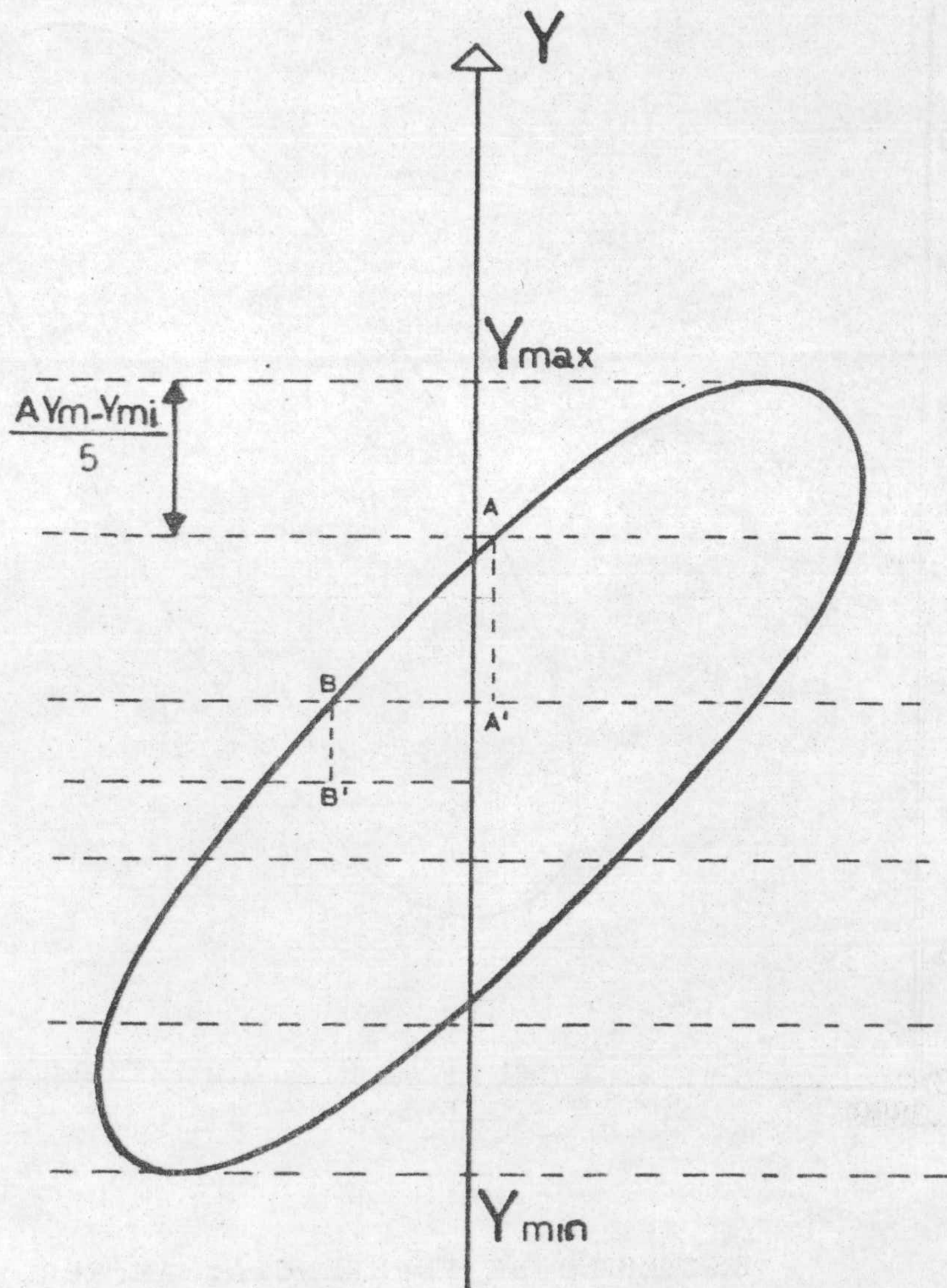
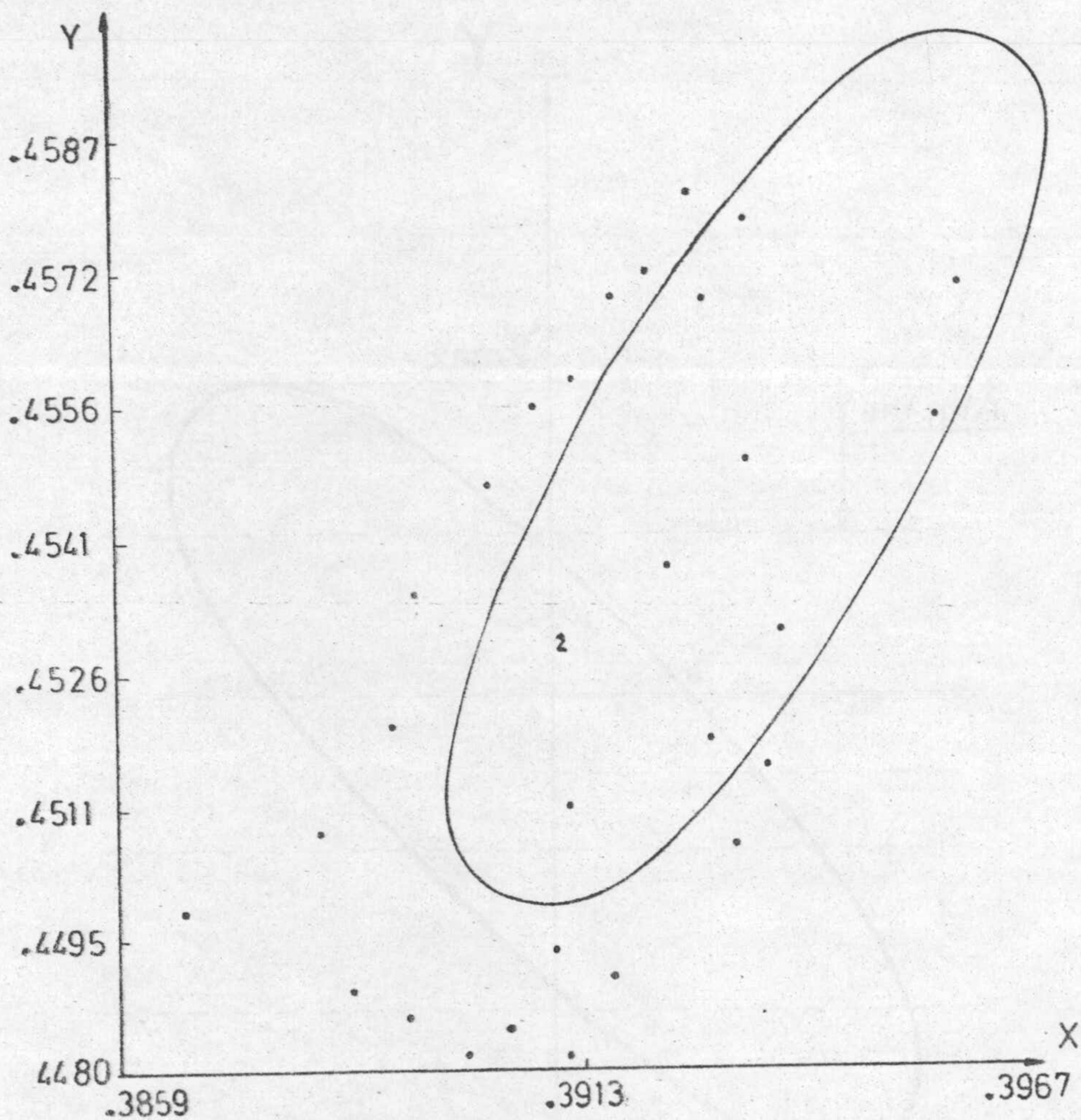


Fig. 13



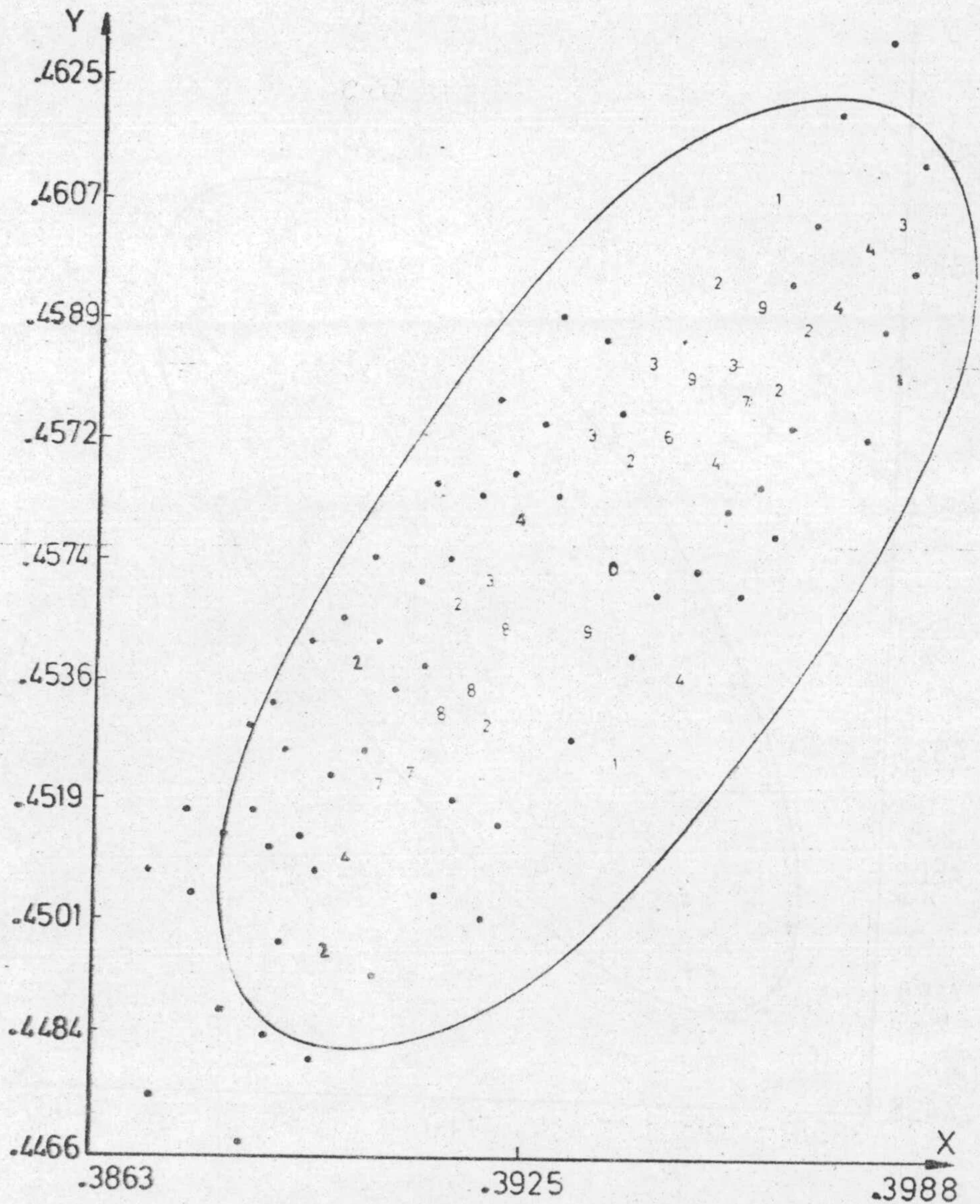
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

PRIMERA SECCION

Peso de 1 a 10



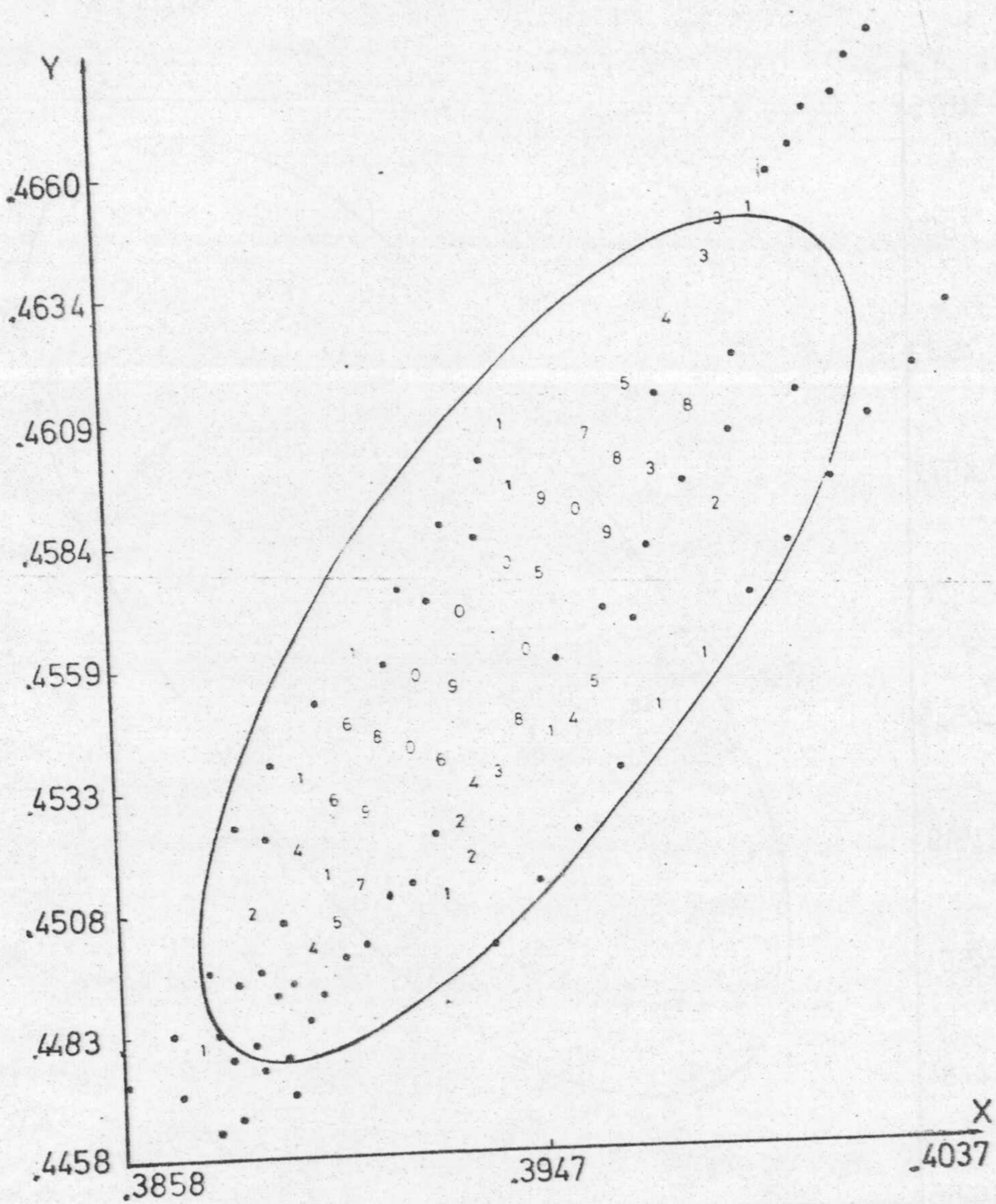
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

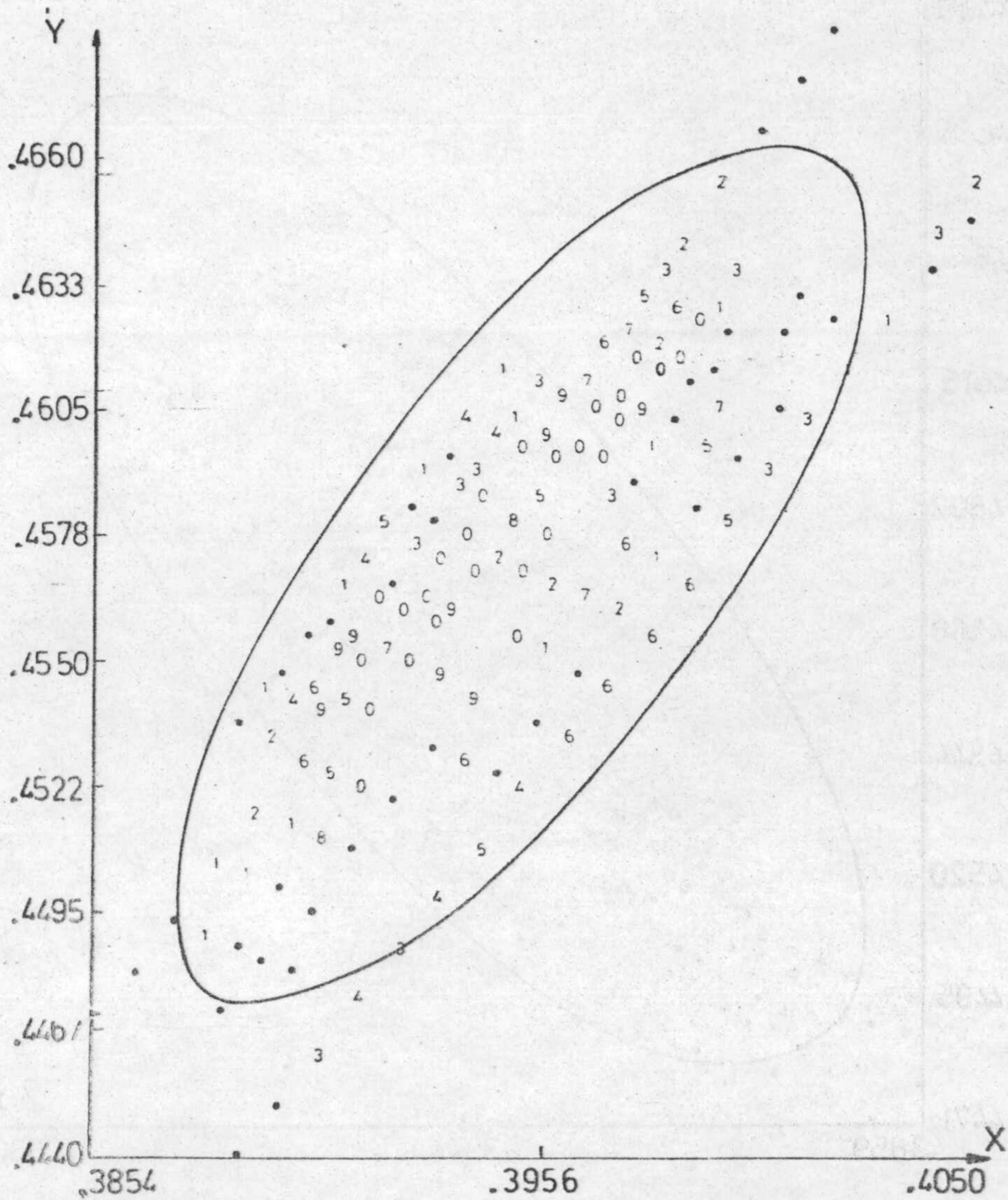
SEGUNDA SECCION

Peso de 1 a 10



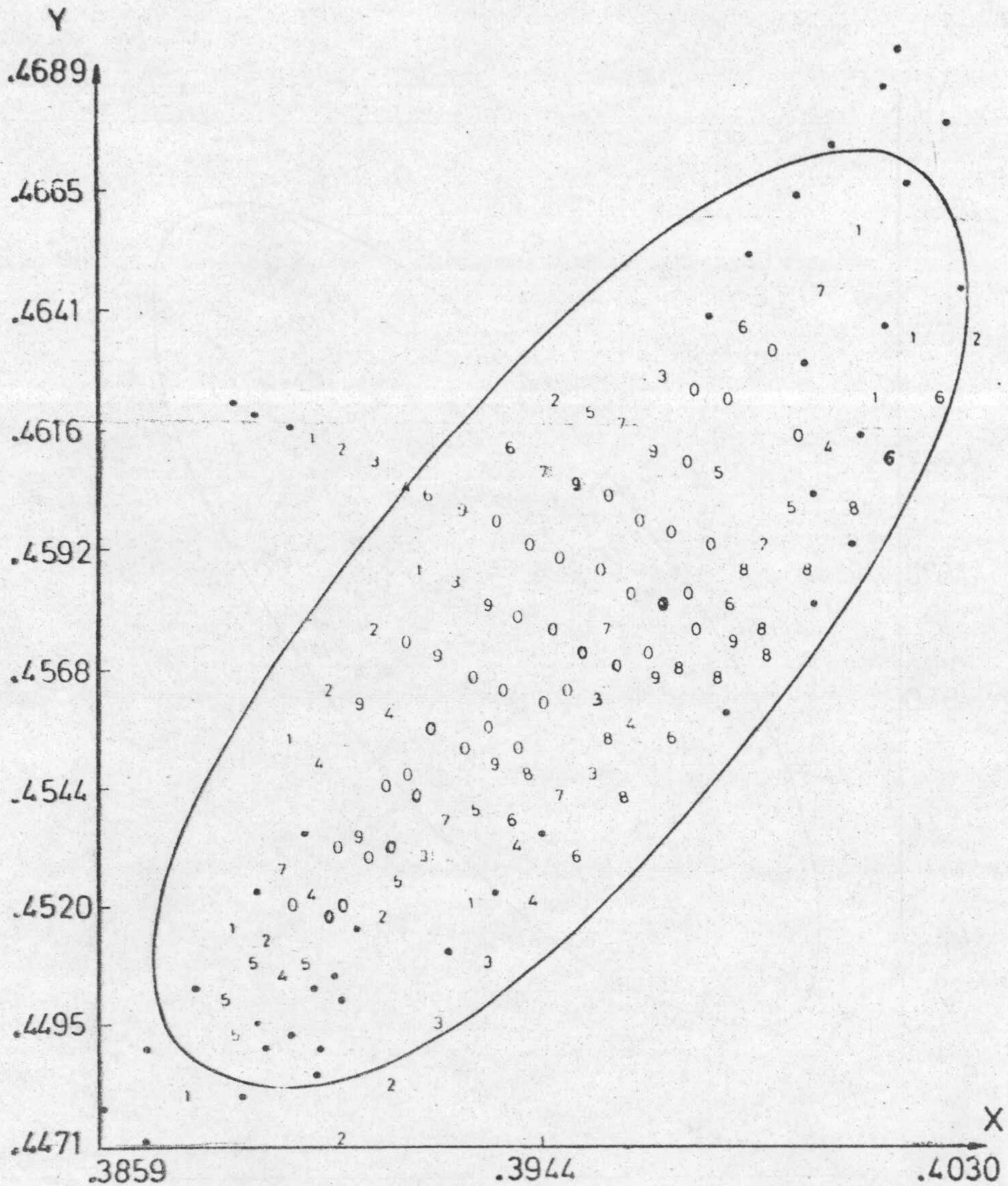
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.
 Dispositivo de mezcla temporal
 TERCERA SECCION
 Peso de 1 a 10



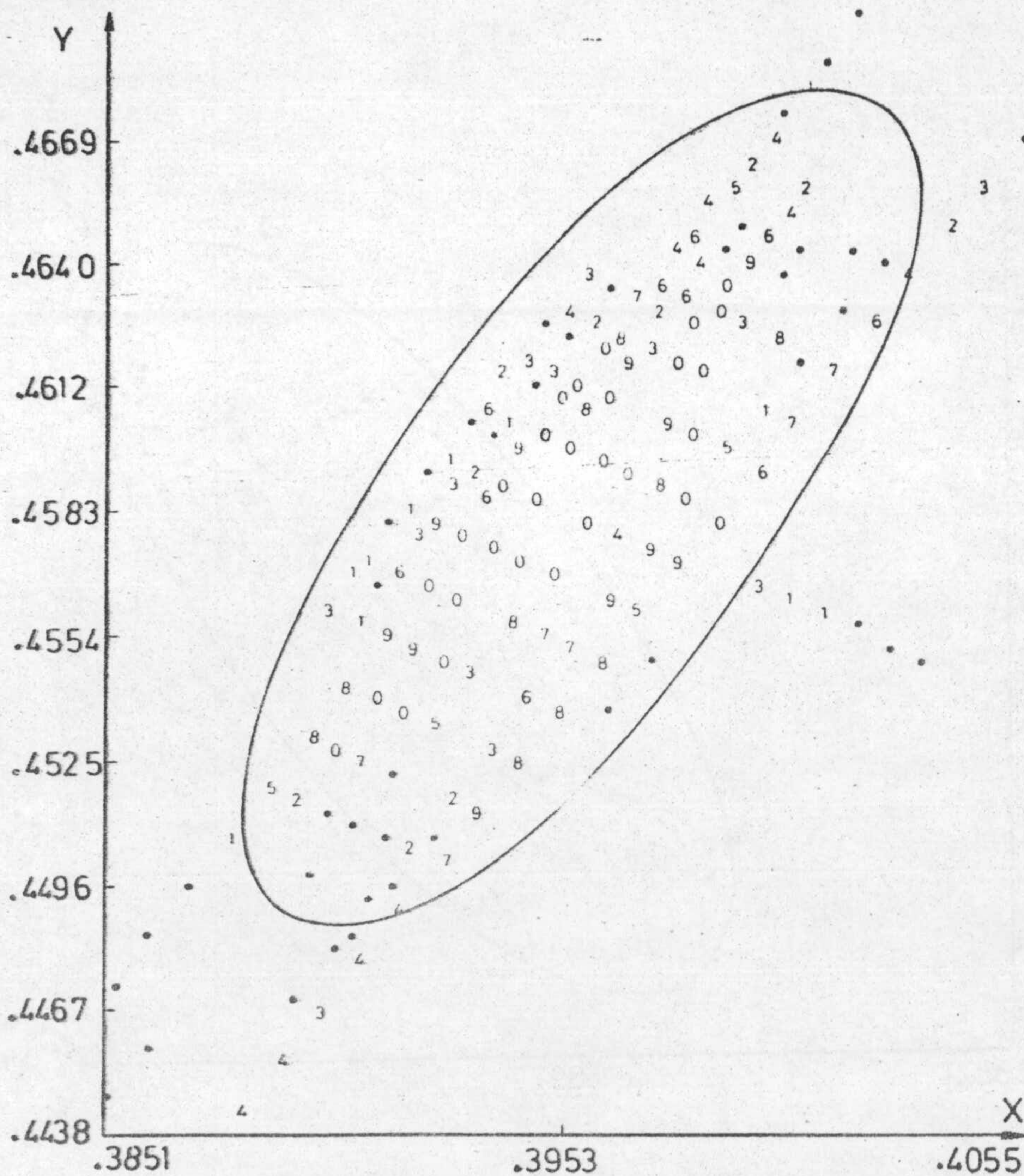
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.
 Dispositivo de mezcla temporal
 CUARTA SECCION
 Peso de 1 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.
 Dispositivo de mezcla temporal
 QUINTA SECCION
 Peso de 1 a 10



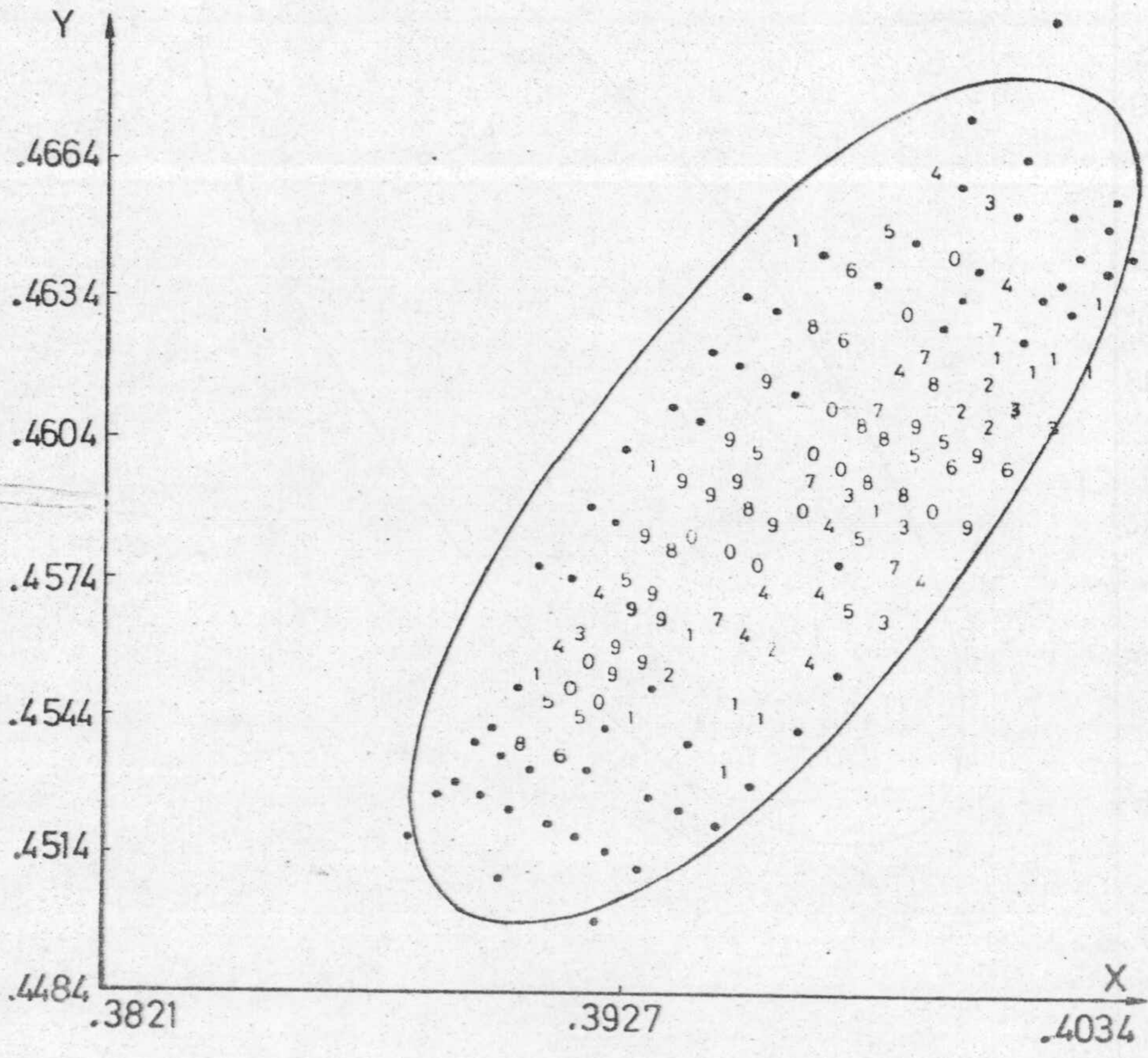
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

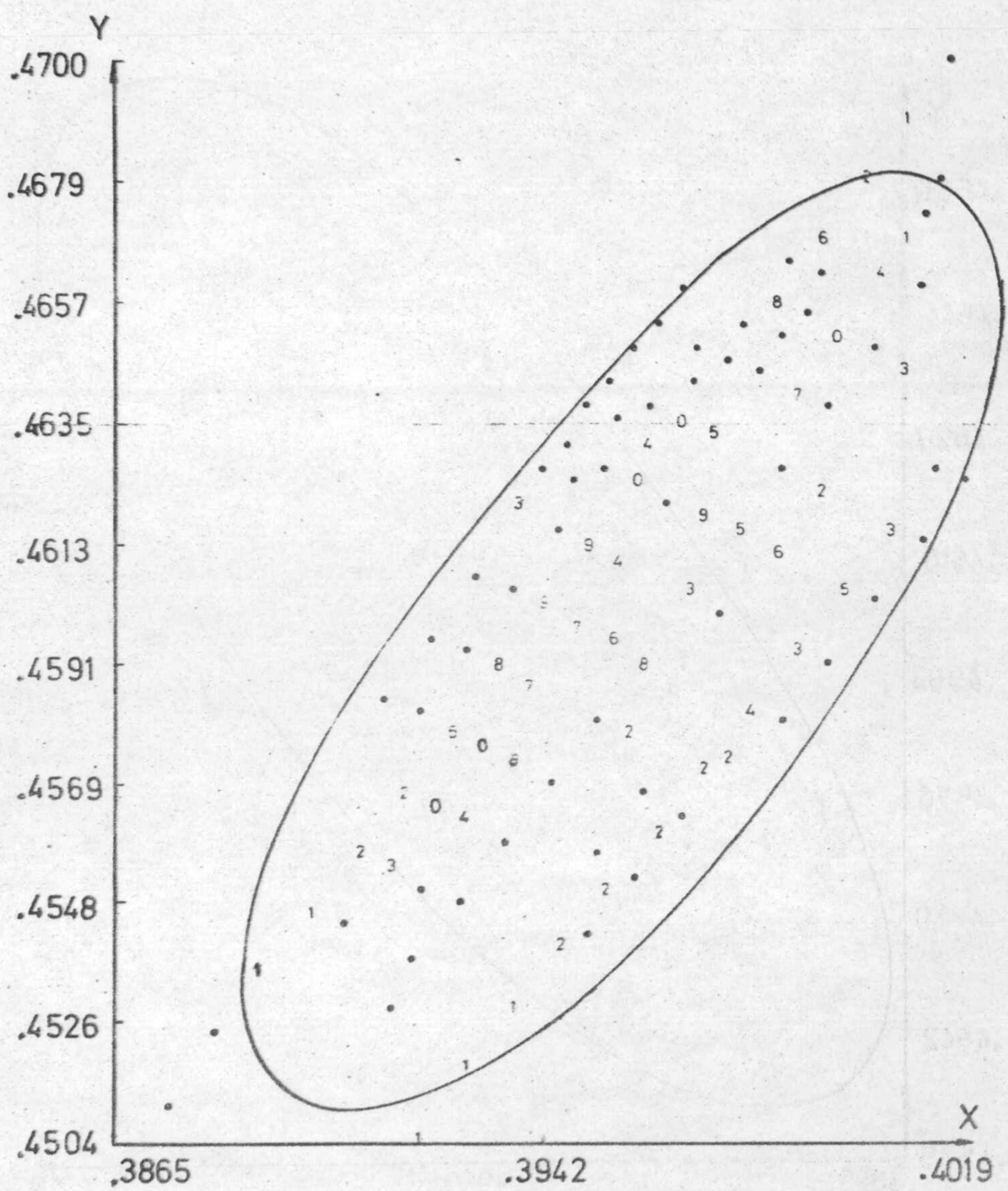
SEXTA SECCION

Peso de 1 a 10.



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

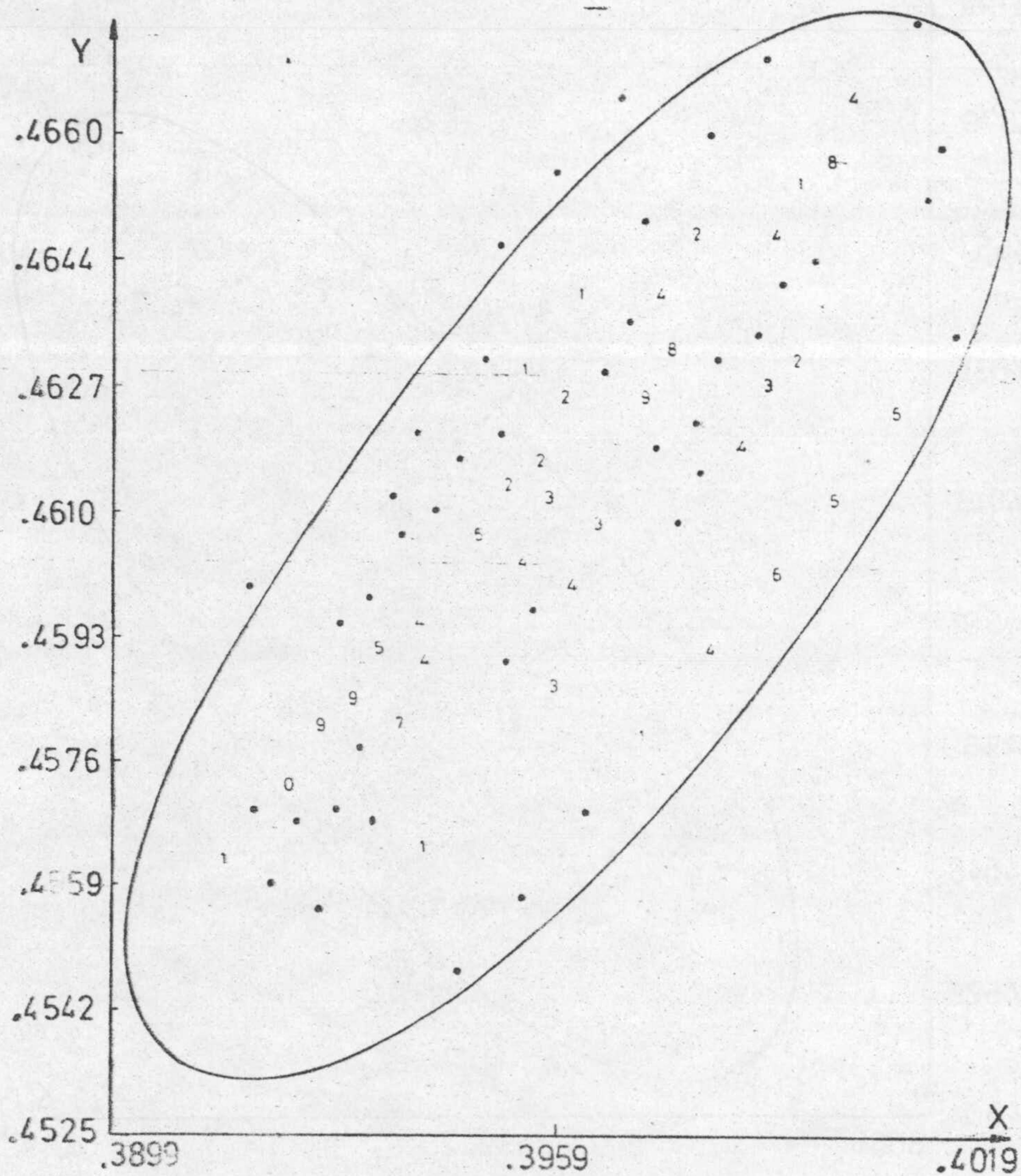
Observador: E.J.
 Dispositivo de mezcla temporal
 SEPTIMA SECCION
 Peso de 1 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

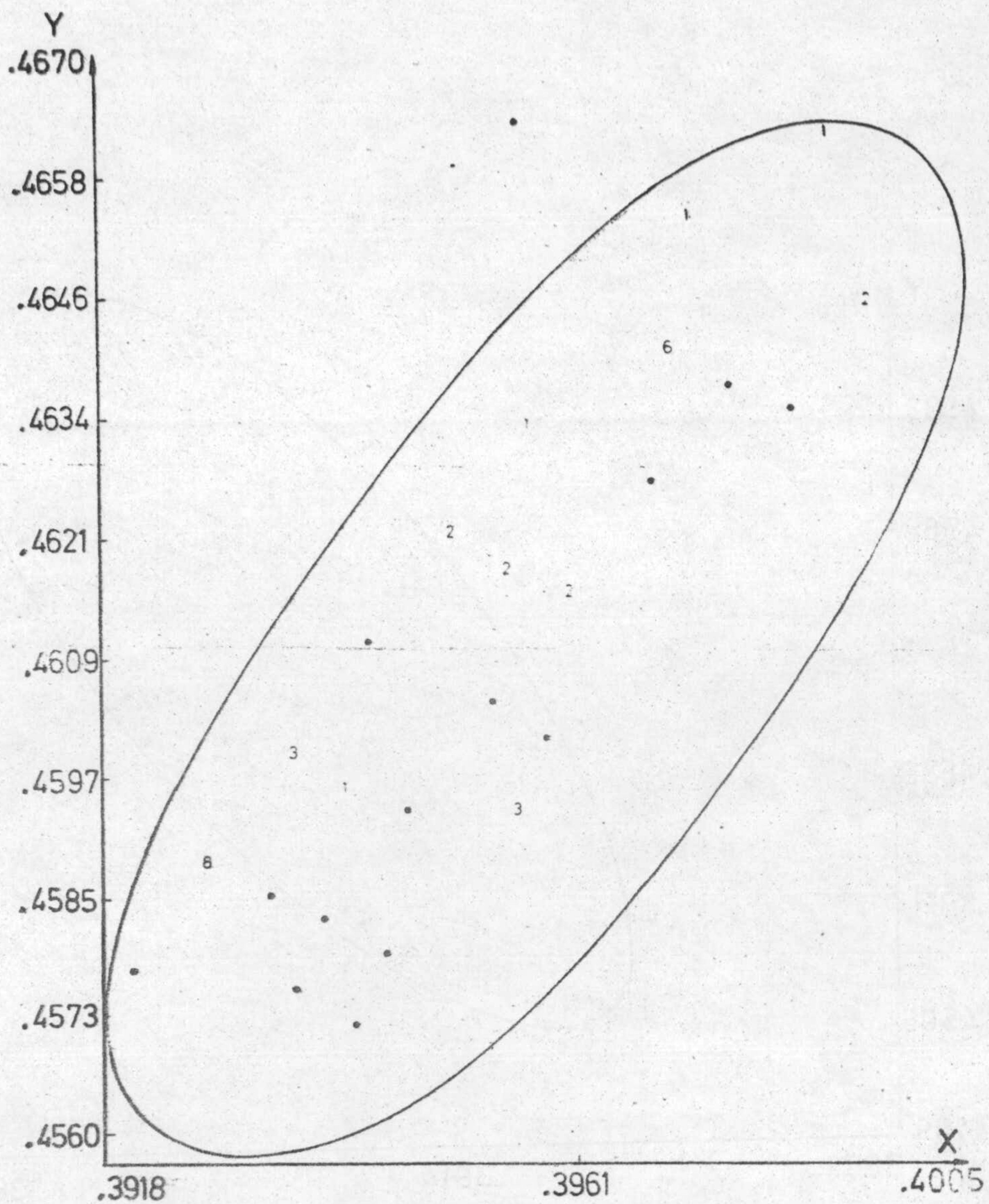
Observador: E.J.
Dispositivo de mezcla temporal
OCTAVA SECCION
Peso de 1 a 10

3 2162712410
26 34131204276
1043332 AKJYOV
12 8 4 36 0883



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

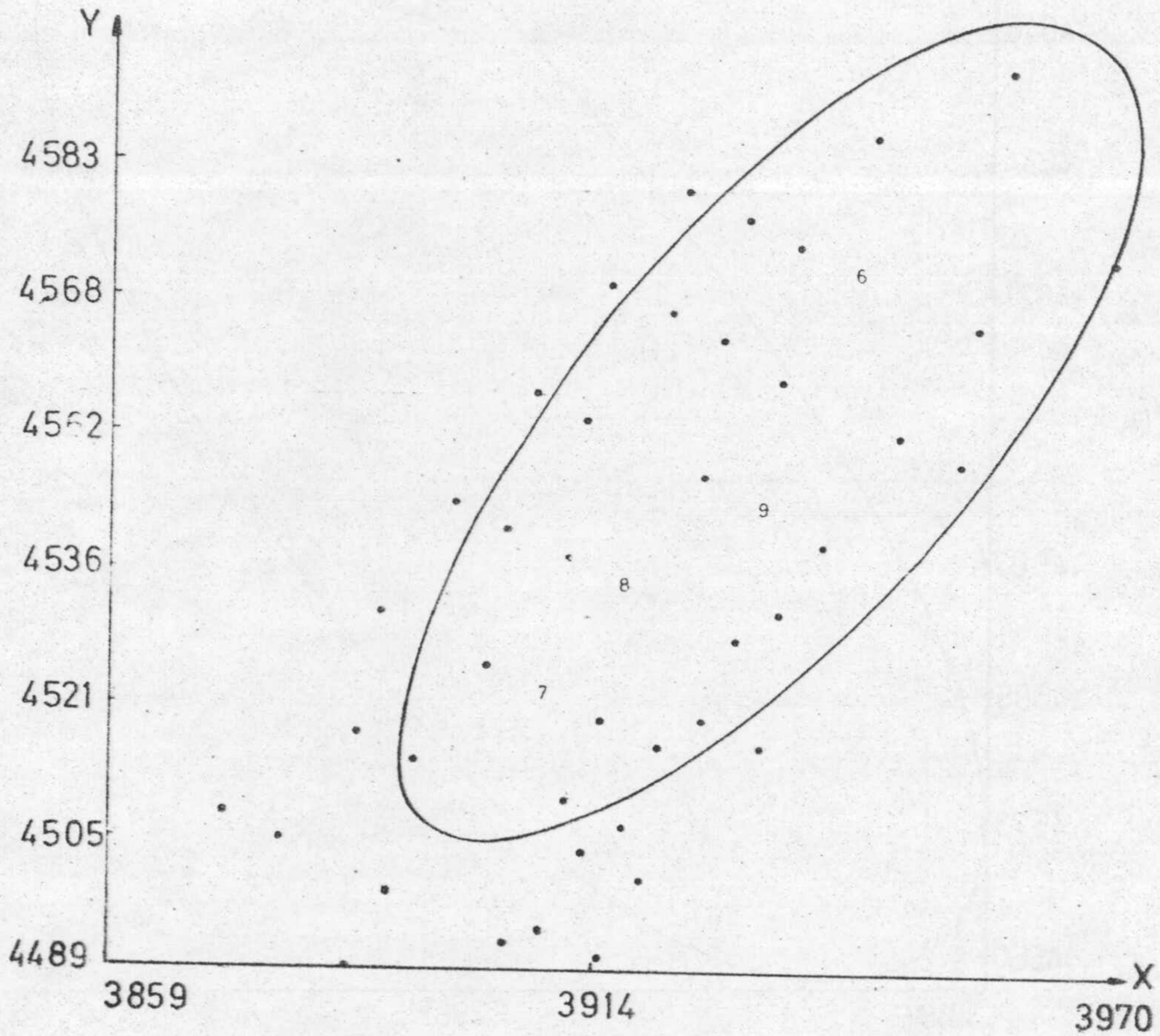
Observador: E.J.
 Dispositivo de mezcla temporal
 NOVENA SECCION
 Peso de 1 a 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.
 Dispositivo de mezcla temporal
 DECIMA SECCION
 Peso de 1 a 10





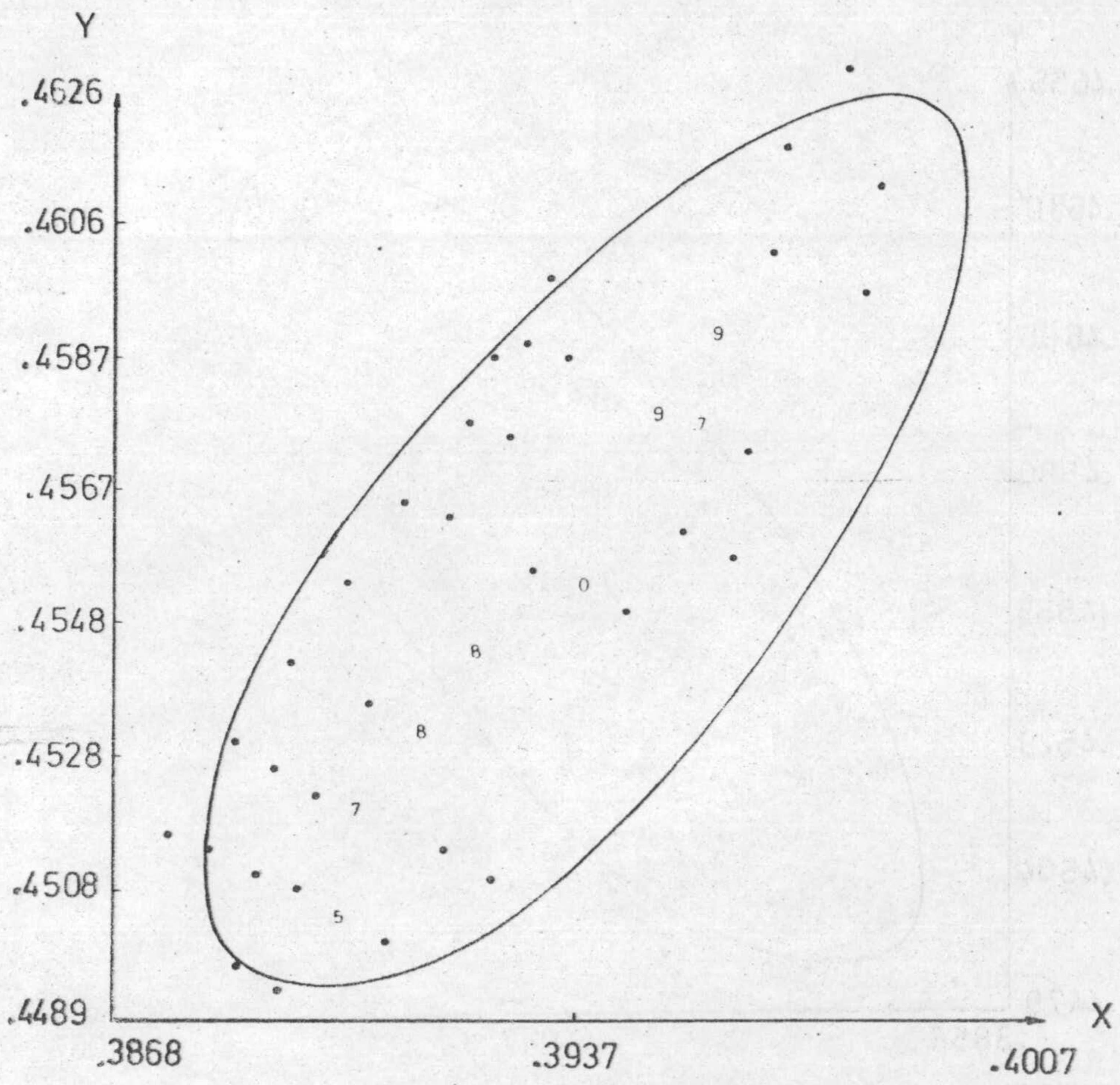
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

PRIMERA SECCION

Peso 5 a 10



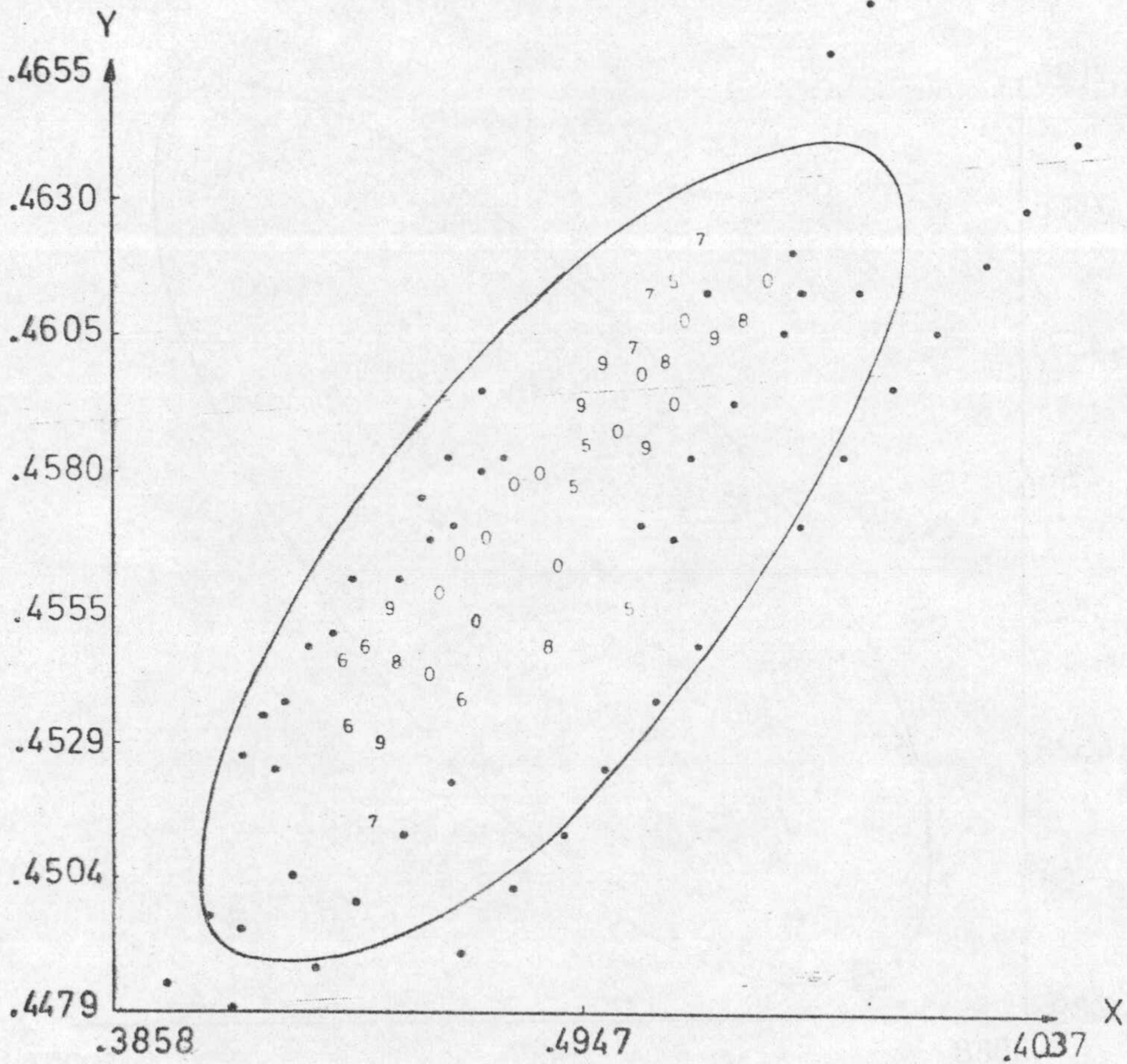
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

SEGUNDA SECCION

Peso 5 a 10



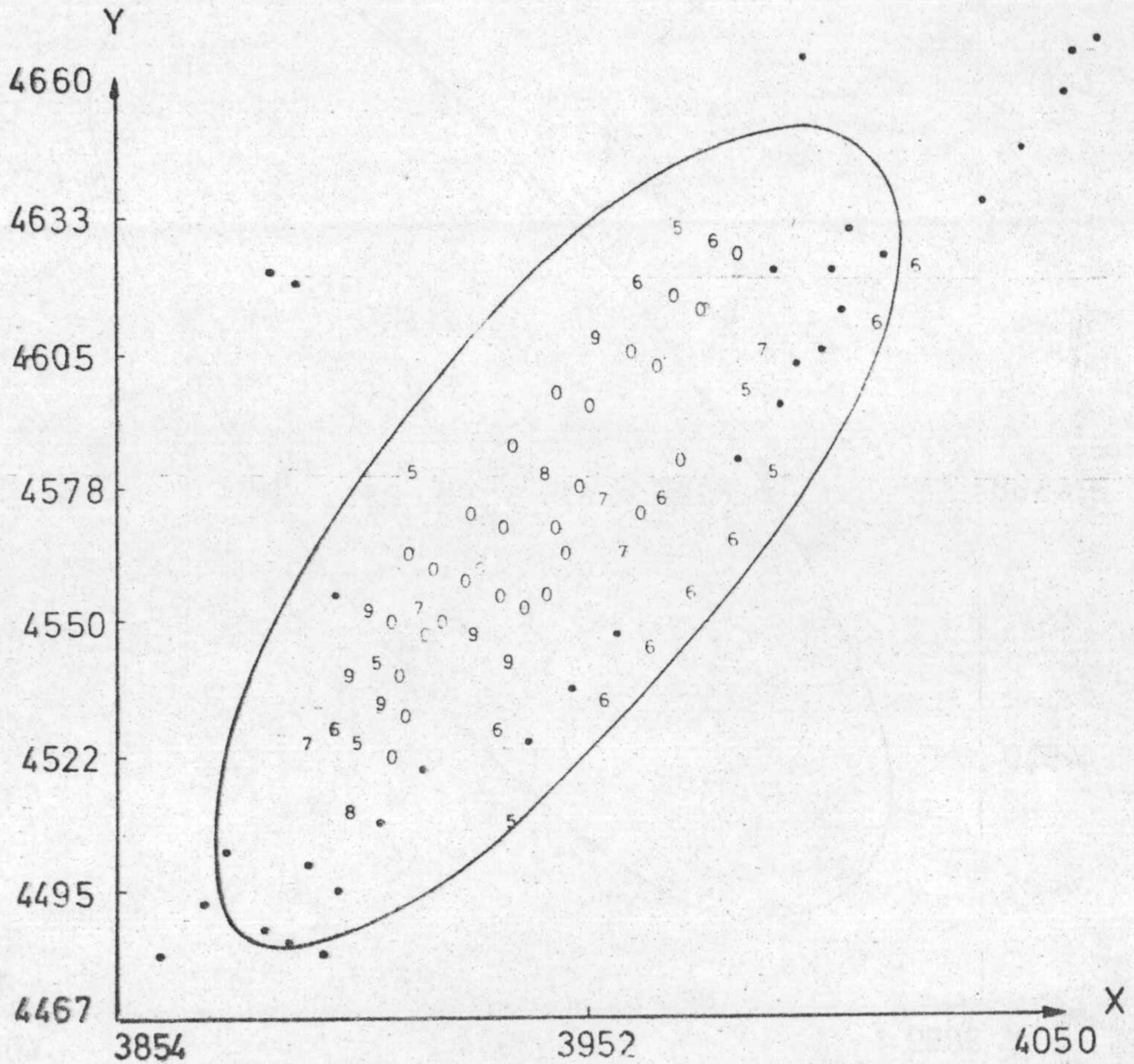
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

TERCERA SECCION

Peso 5 a 10



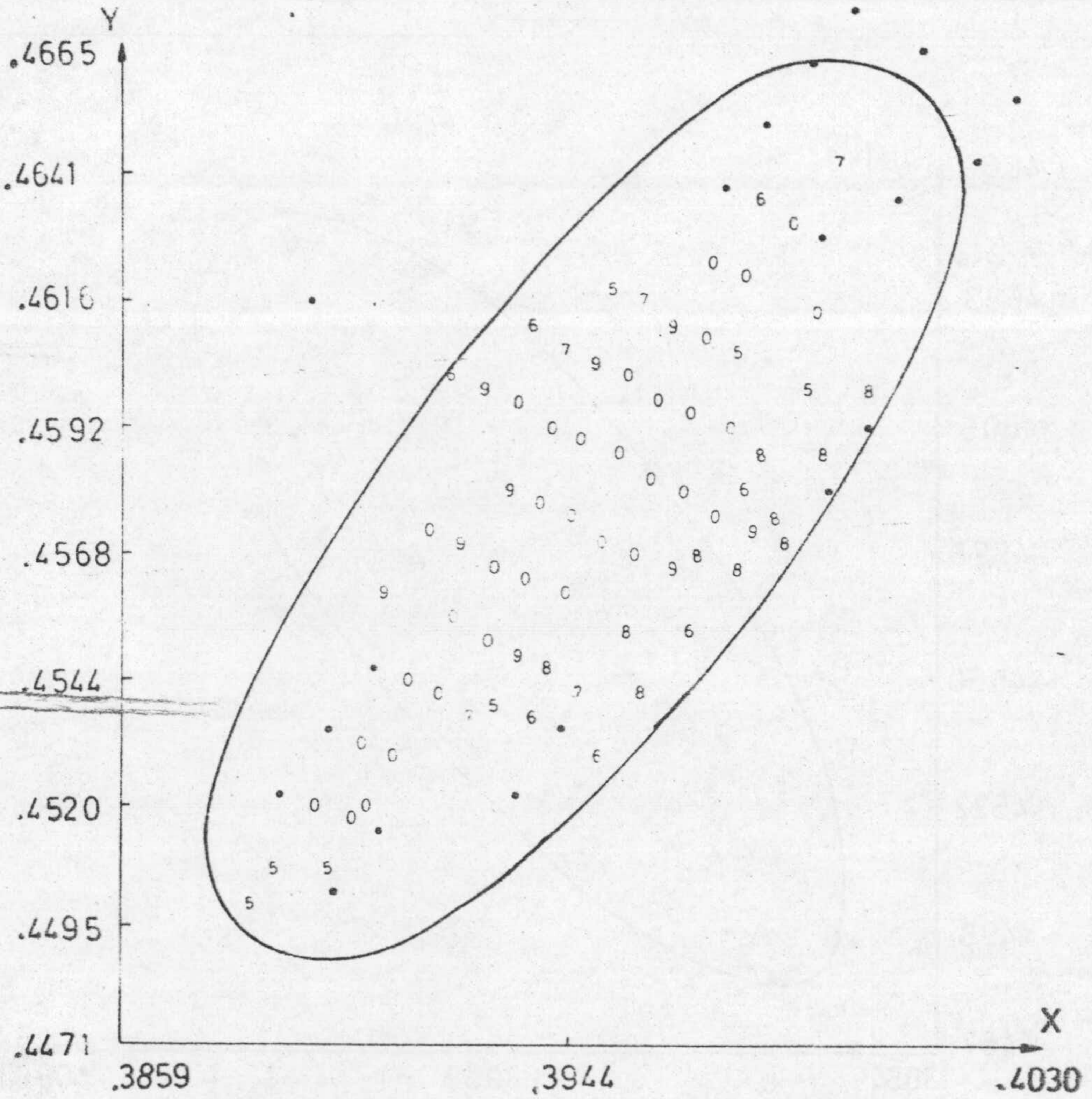
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

CUARTA SECCION

Peso 5 a 10



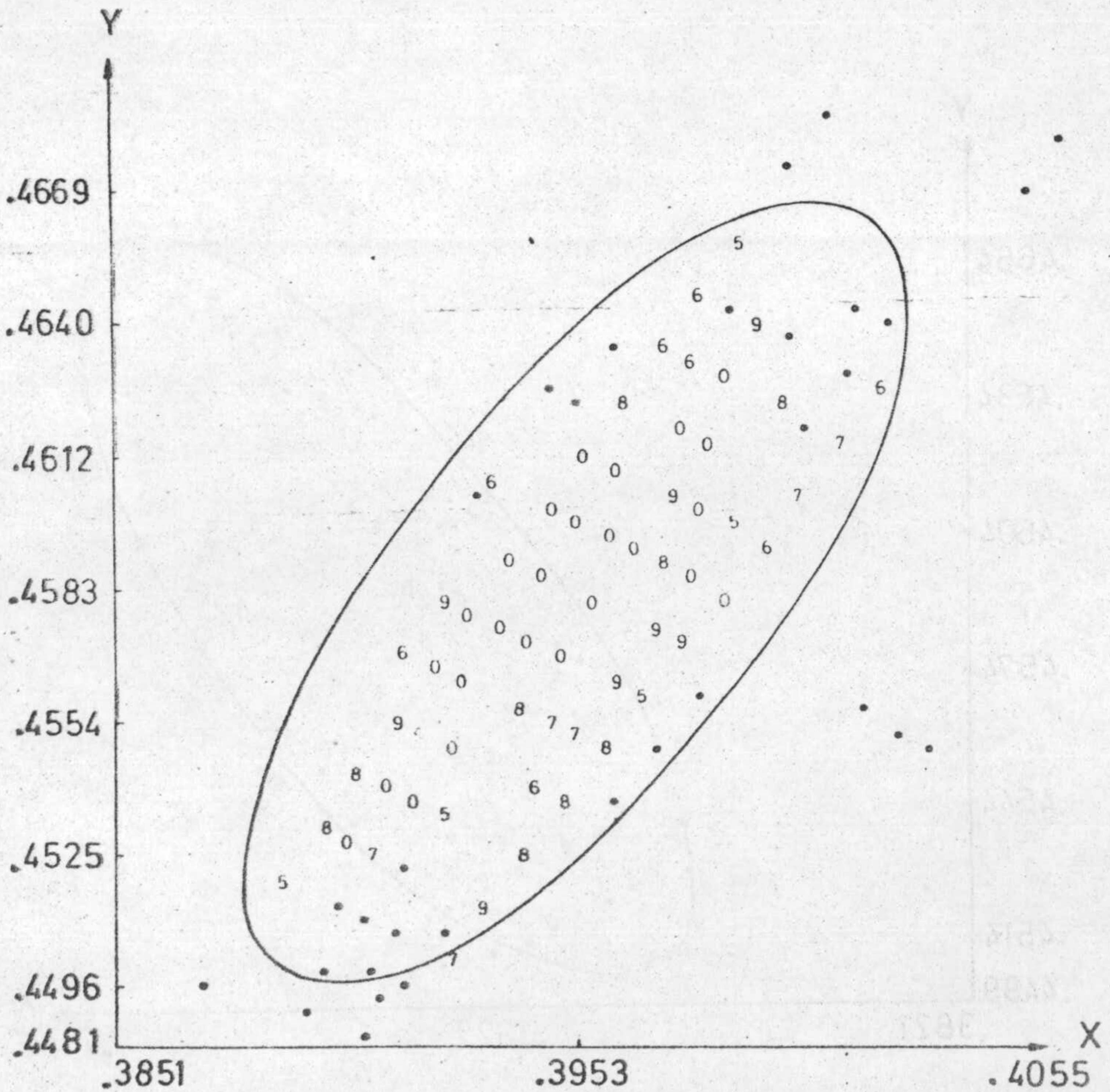
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

QUINTA SECCION

Peso de 5 a 10



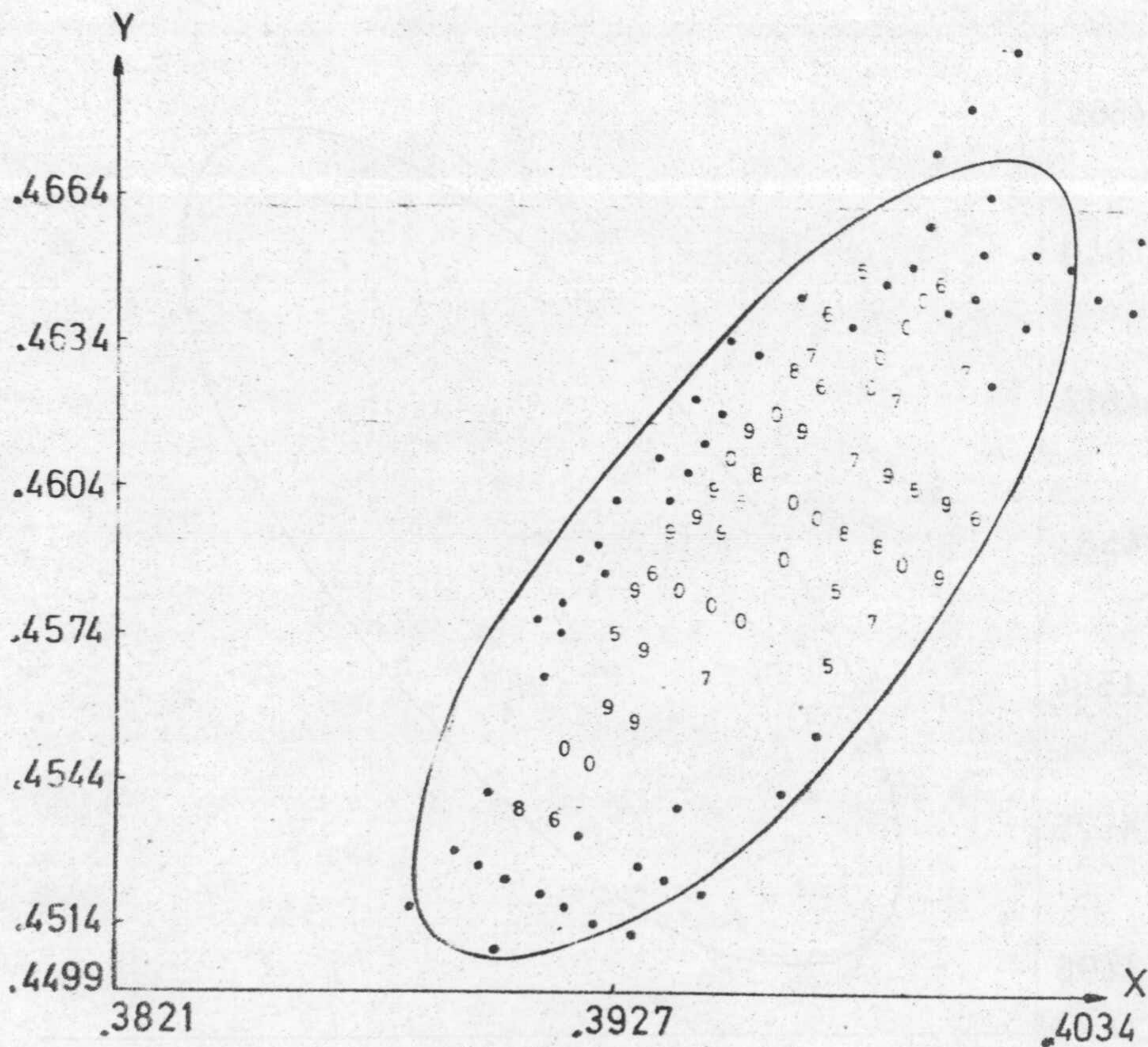
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

SIXTA SECCION

Peso de 5 a 10



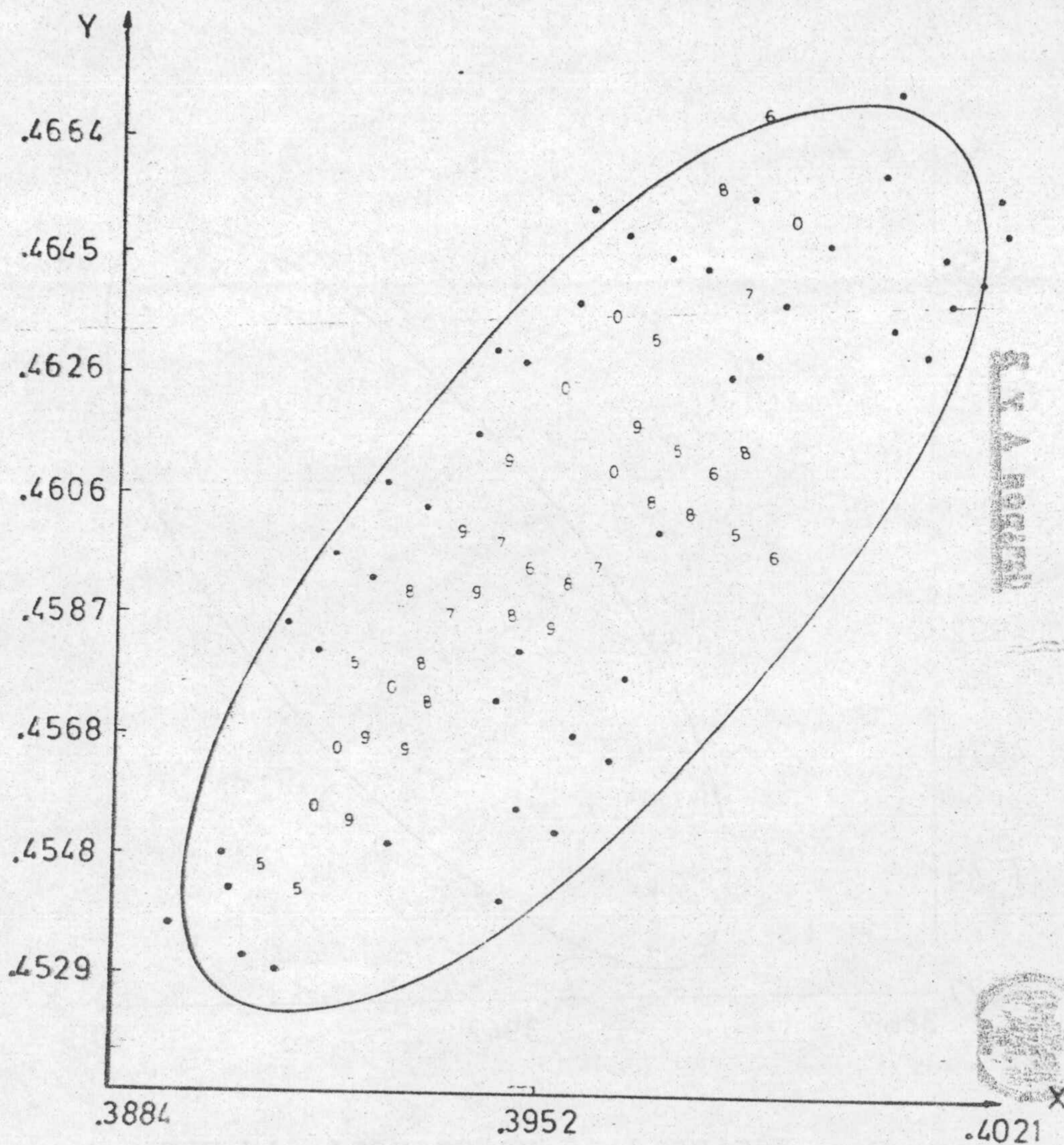
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

SEPTIMA SECCION

Peso de 5 a 10.



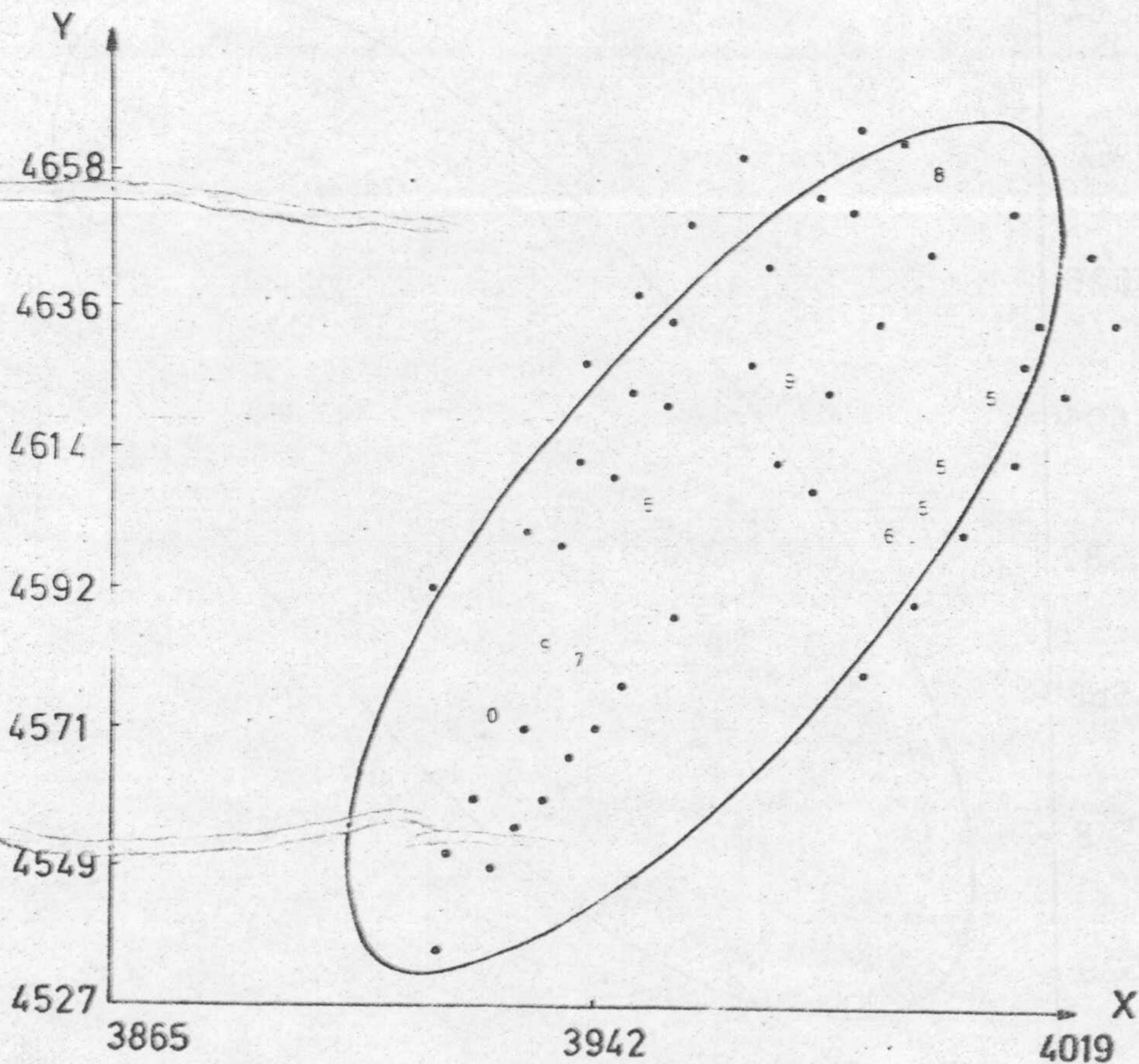
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

OCTAVA SECCION

Peso de 5 a 10



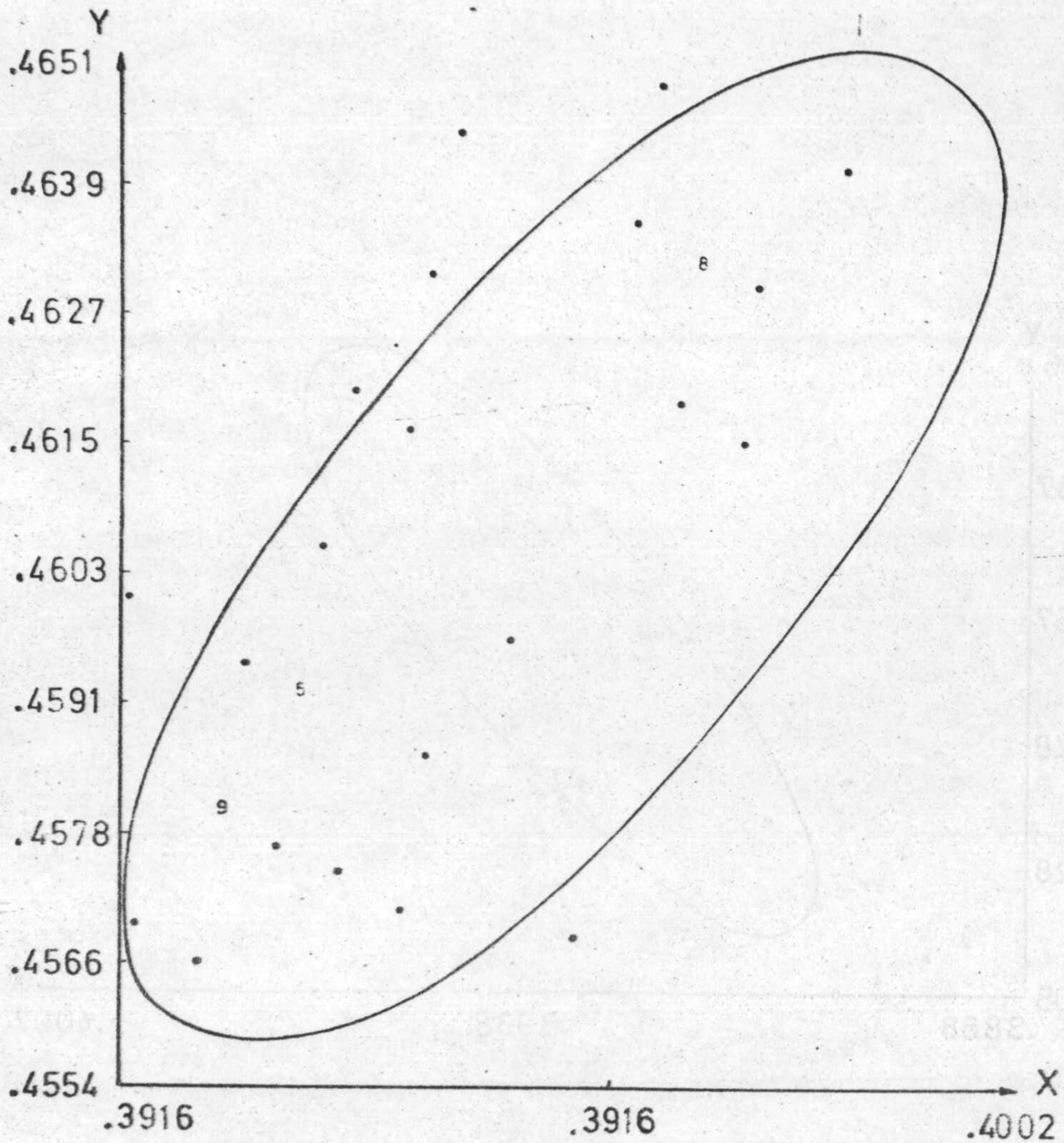
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

NOVENA SECCION

Peso de 5 a 10



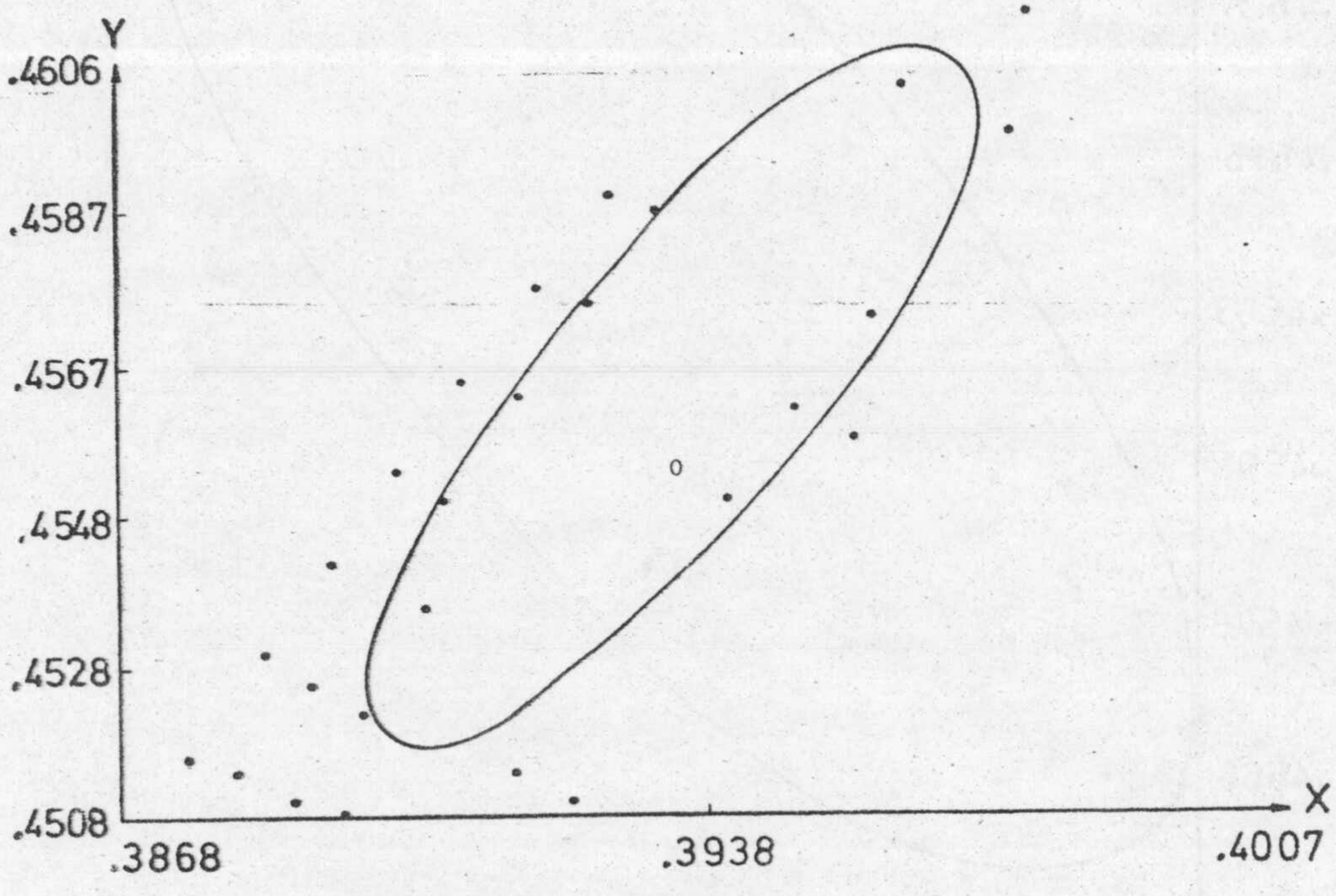
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

DECIMA SECCION

Peso de 5 a 10



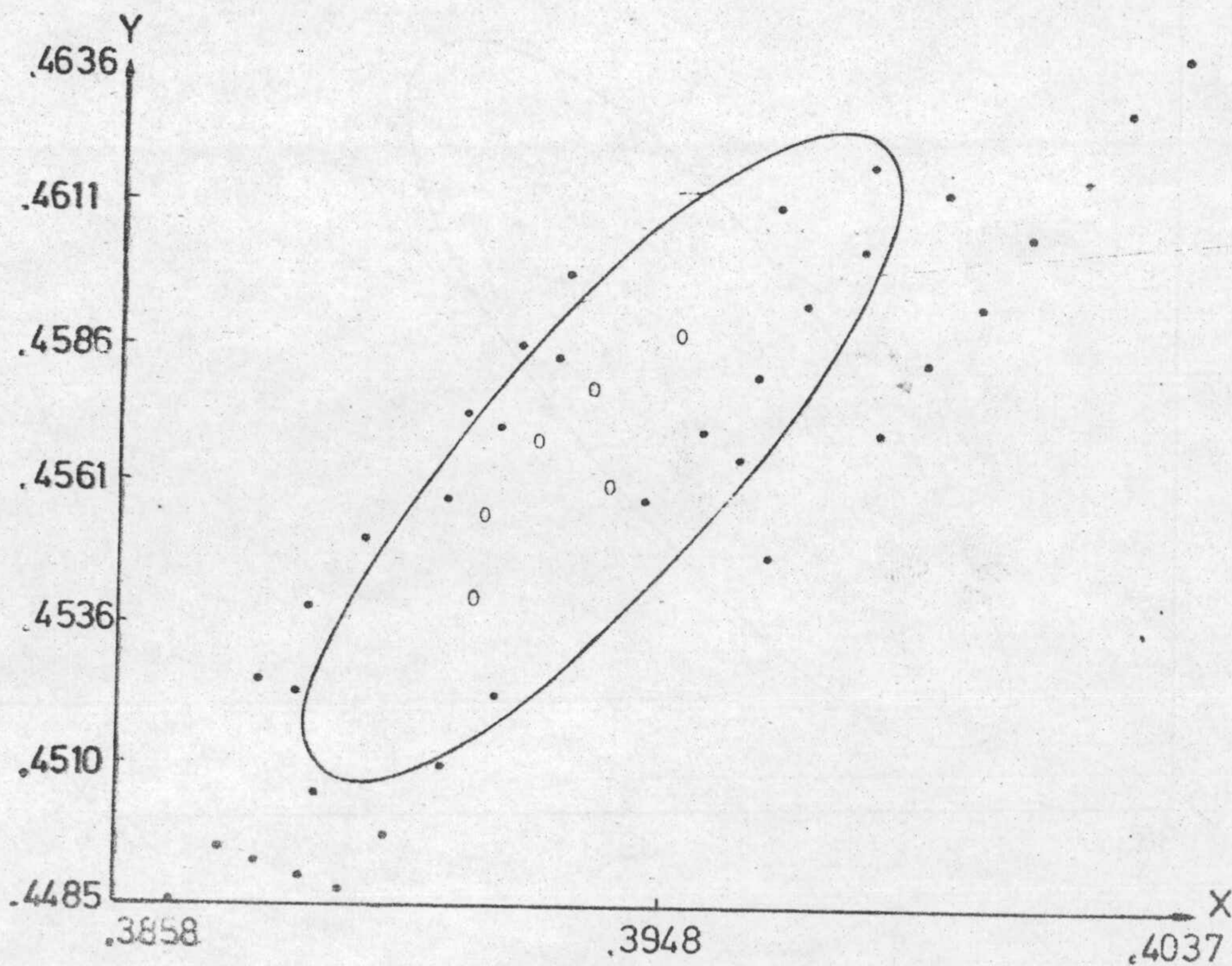
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

PRIMERA SECCION

Peso 10



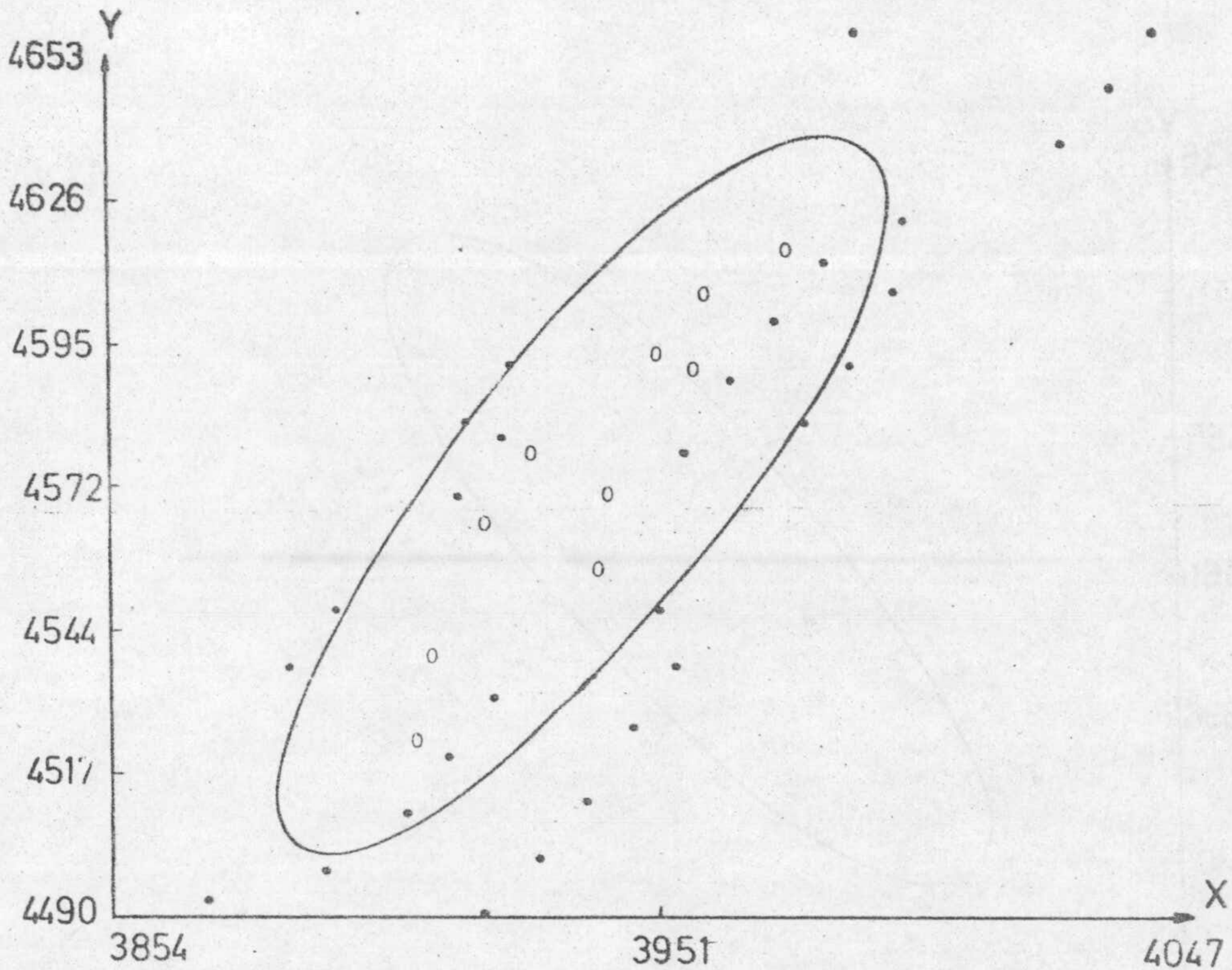
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

SEGUNDA SECCION

Peso 10



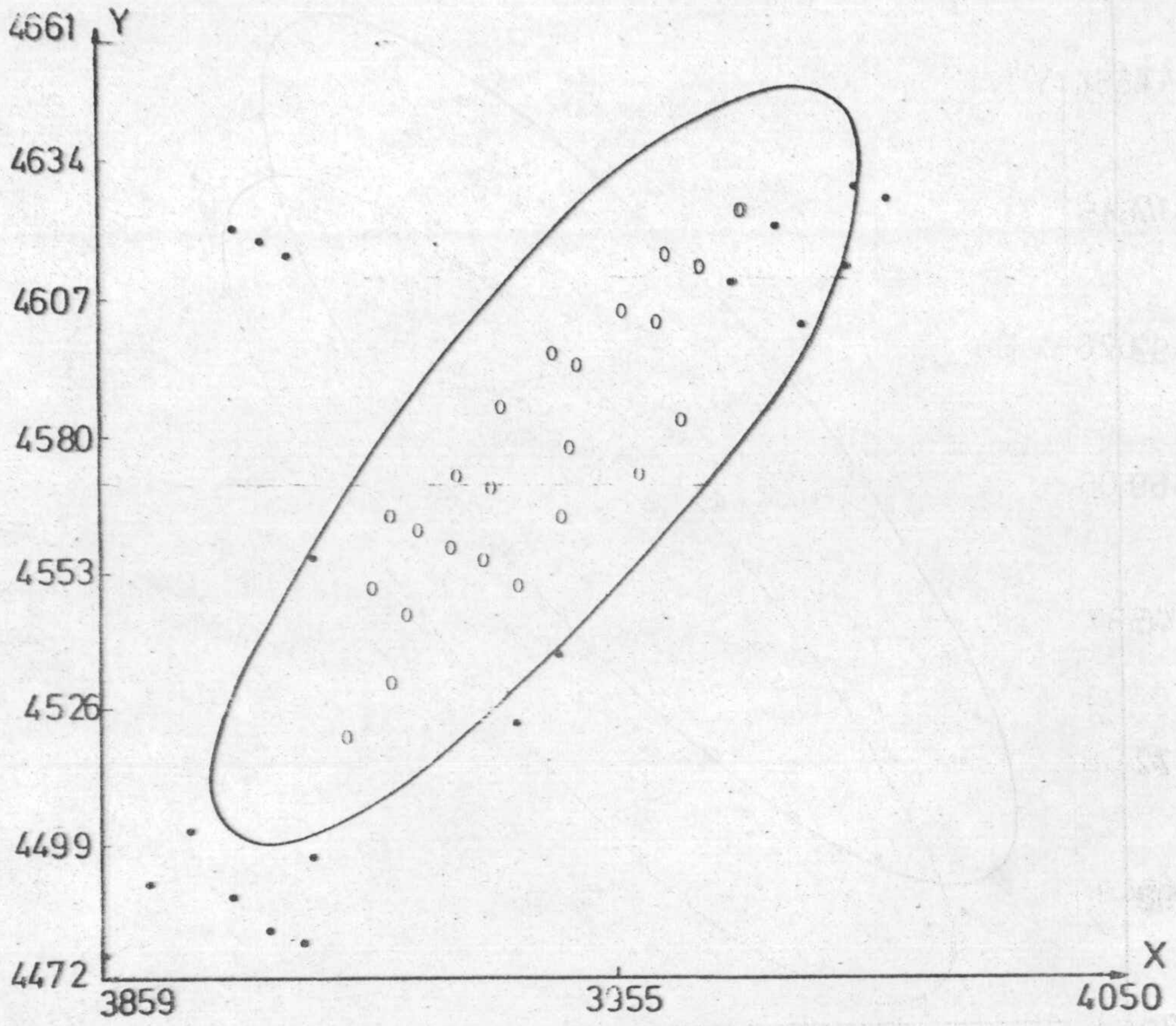
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

TERCERA SECCION

Peso 10



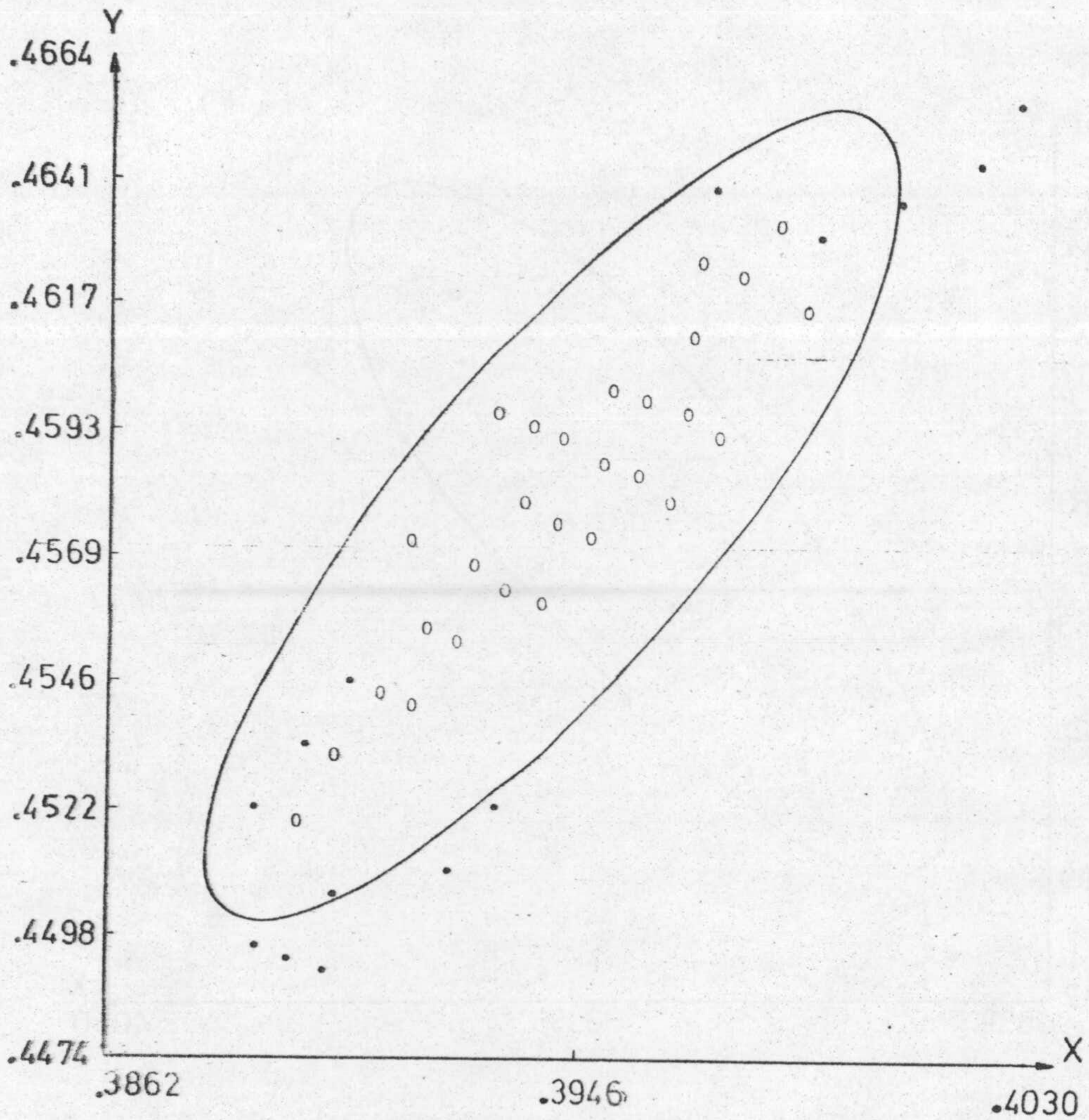
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

CUARTA SECCION

Peso 10



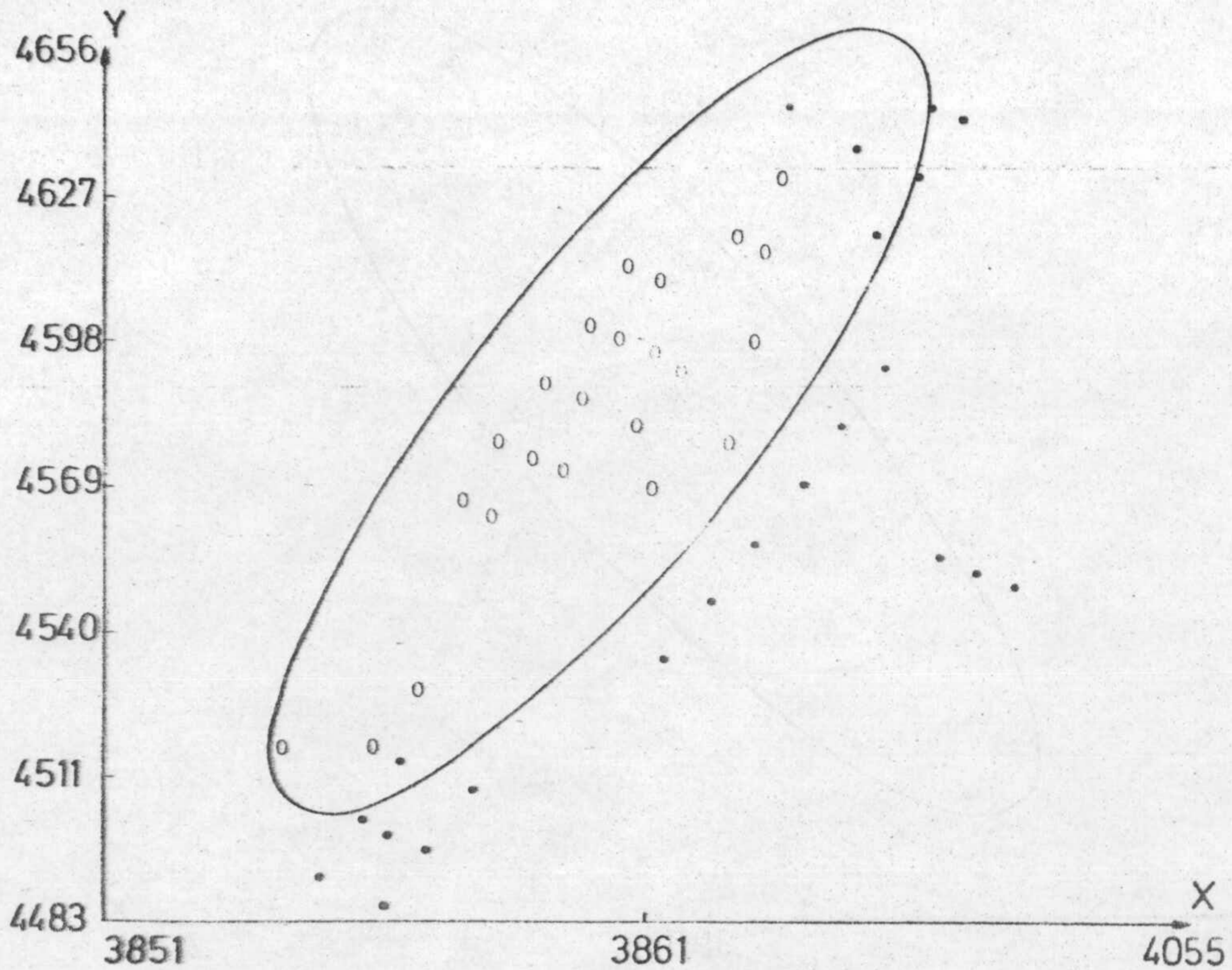
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

QUINTA SECCION

Peso 10



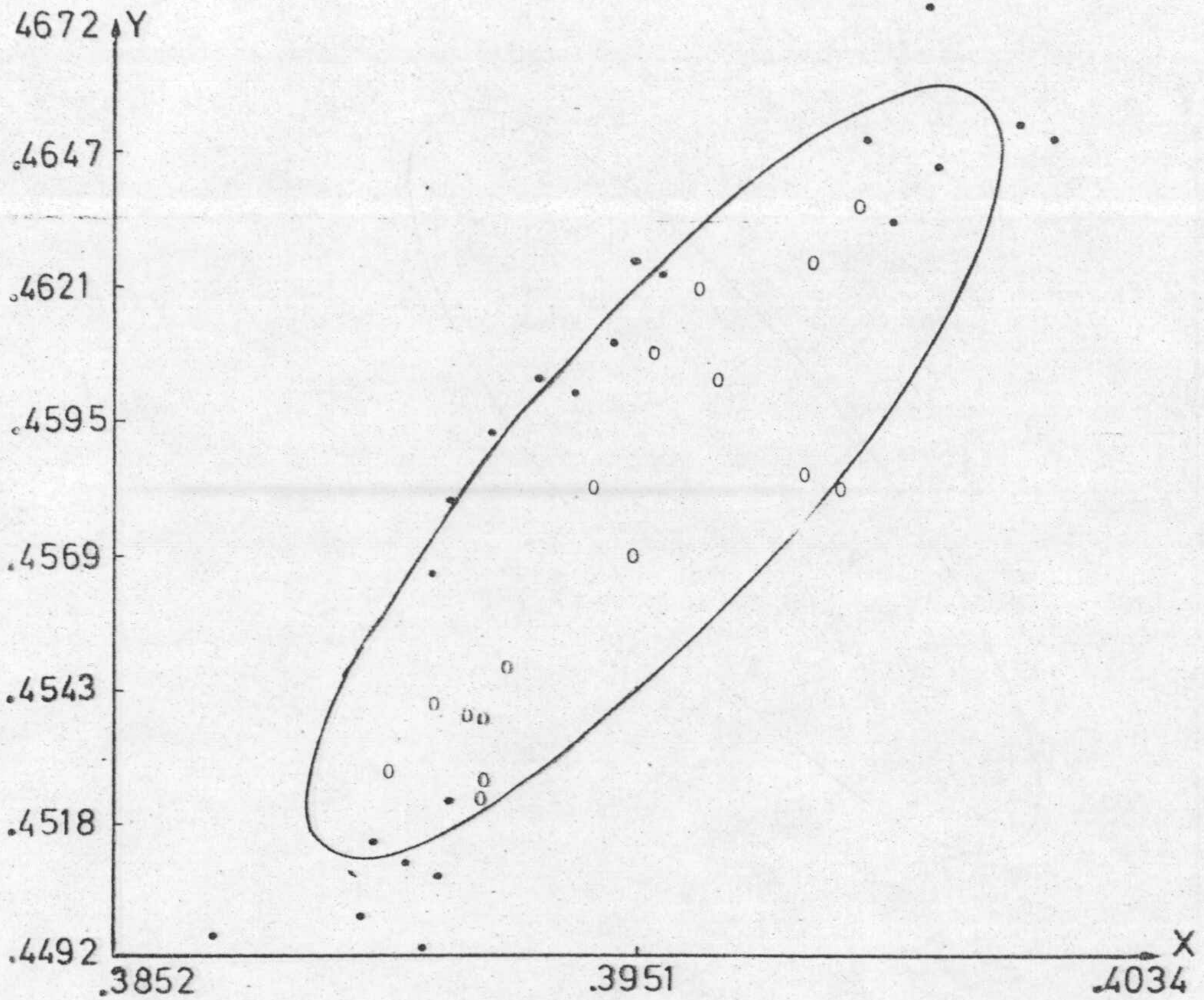
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

SEXTA SECCION

Peso 10



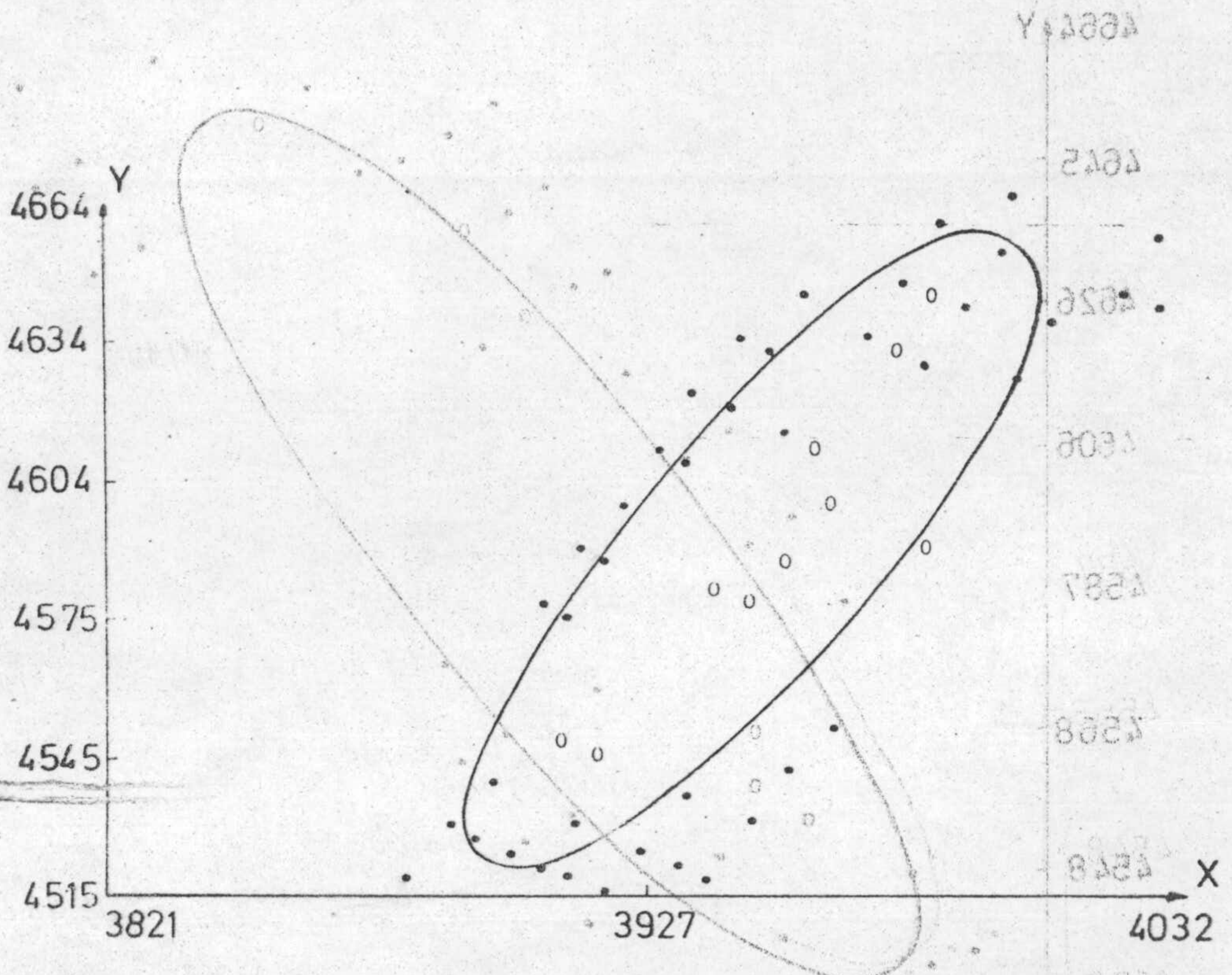
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM. VER.

Observador: E. J.

Dispositivo de mezcla temporal

SEPTIMA SECCION

Peso 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

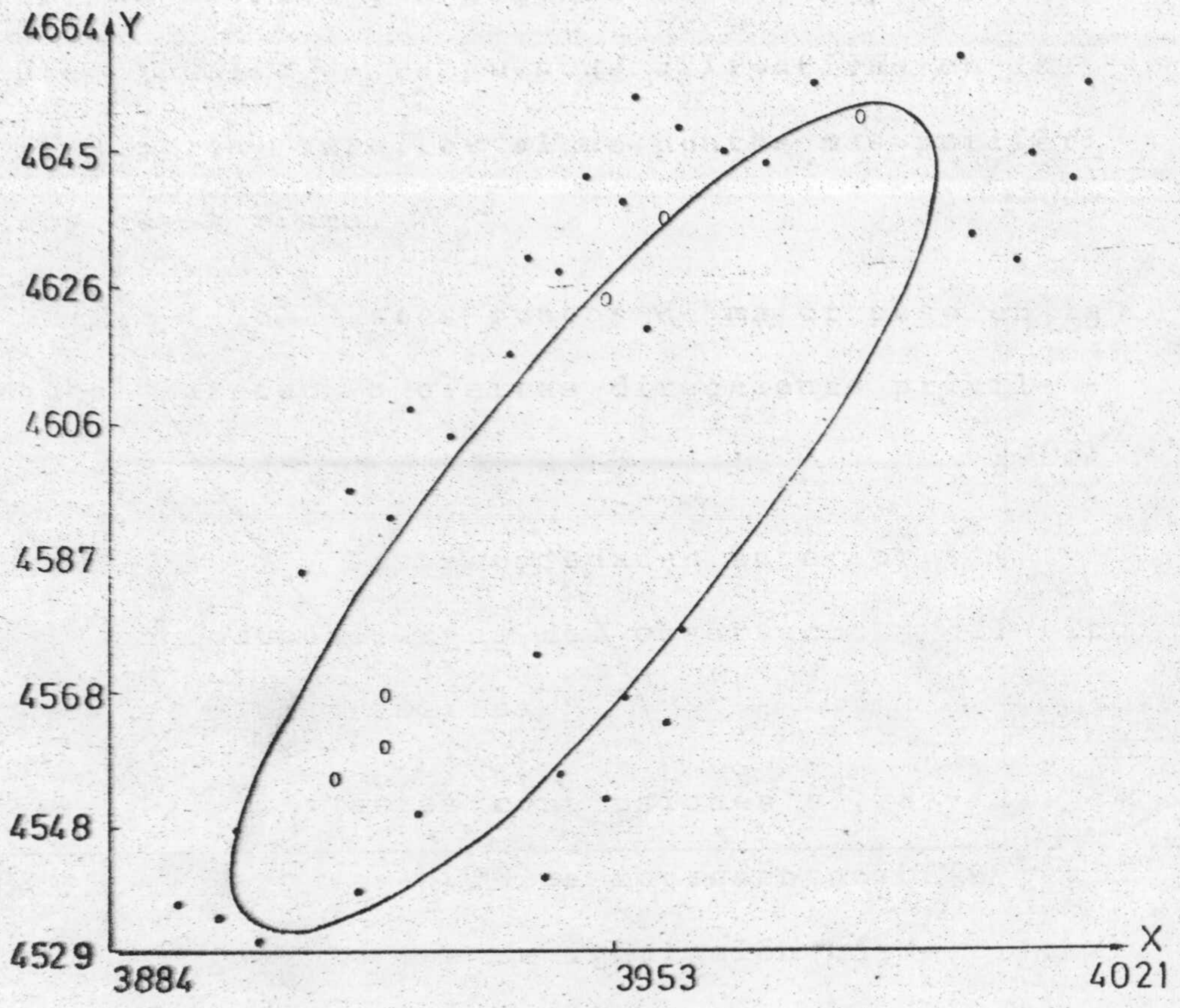
Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

OCTAVA SECCION

Peso 10





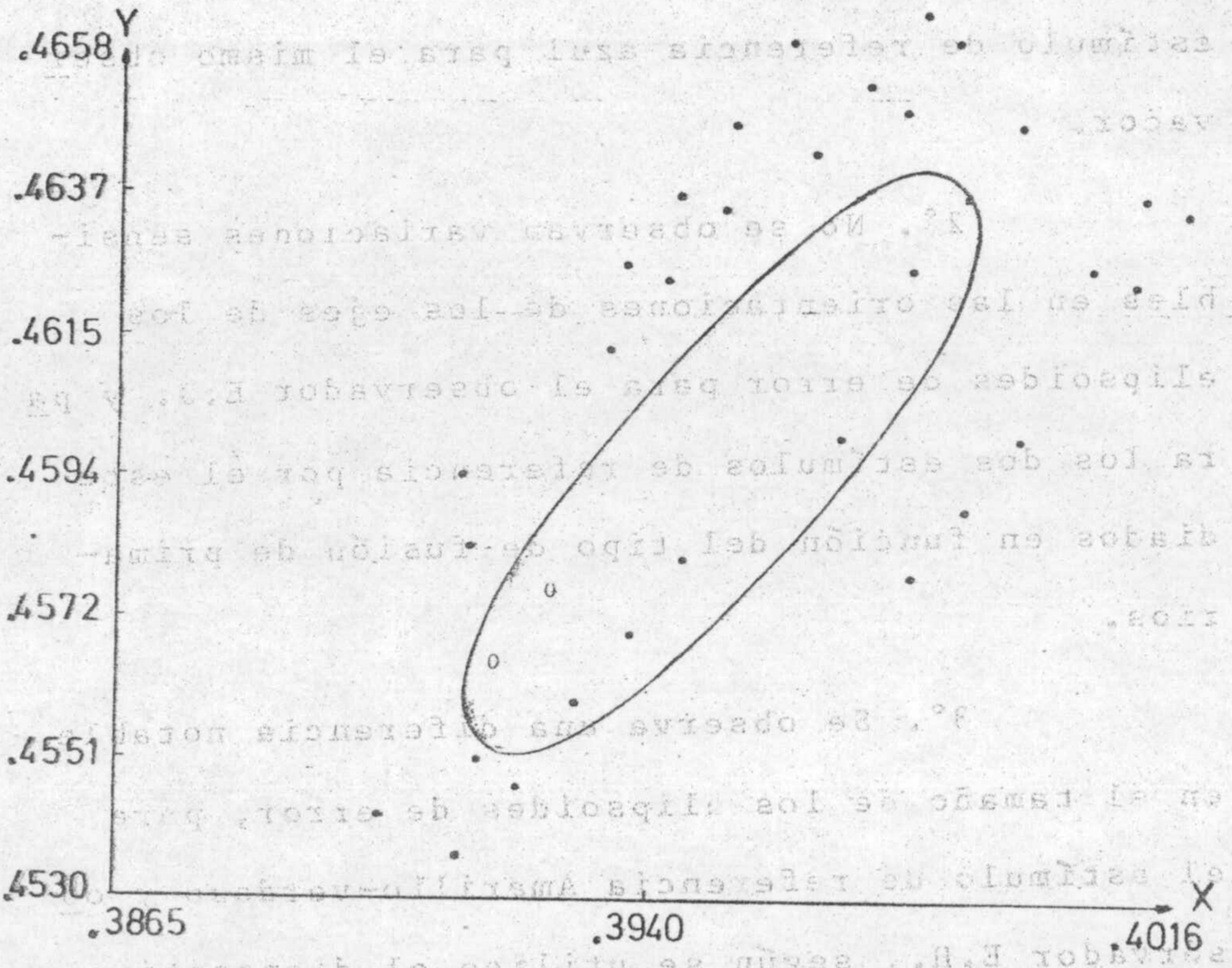
ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

NOVENA SECCION

Peso 10



ESTIMULO DE REFERENCIA: AM.VER.

Observador: E.J.

Dispositivo de mezcla temporal

DECIMA SECCION

Peso 10

SIGNIFICACION DE LAS DIFERENTES SECCIONES ELIPTICAS REPRESENTADAS

De las consideraciones anteriores queda claro la poca fiabilidad de los resultados obtenidos en la primera y última representación, pues todos los puntos comprendidos en el intervalo primero y último y que indiquen respuestas negativas van a venir representados en cualquier posición incluso en el centro de la primera sección elíptica, los resultados anteriores y posteriores justifican precisamente este comentario. De aquí que las secciones de mayor interés para nosotros sean la segunda, tercera y cuarta cuando los intervalos de luminancia son de cinco, en el caso de 10 intervalos, serán representativos desde la sección segunda a la novena.

VII. CONCLUSIONES

Los resultados que hemos obtenido, en relación con la influencia de las condiciones experimentales en la discriminación cromática, se basan en el estudio de la influencia del método de fusión de primarios que hemos realizado, partiendo de igualaciones isómeras.

Las conclusiones extraídas de estos resultados los podemos resumir en los siguientes puntos:

1°. Se observa una diferencia nota -

ble en el tamaño de los elipsoides de error para el estímulo de referencia Amarillo-verdoso y observador E.J., según se utilice el dispositivo de fusión espacial o temporal de primarios. Esta diferencia es menos notoria en el caso del estímulo de referencia azul para el mismo observador.

2°. No se observan variaciones sensibles en las orientaciones de los ejes de los elipsoides de error para el observador E.J. y para los dos estímulos de referencia por él estudiados en función del tipo de fusión de primarios.

3°. Se observa una diferencia notable en el tamaño de los elipsoides de error, para el estímulo de referencia Amarillo-verdoso y observador E.H., según se utilice el dispositivo de fusión espacial o temporal.

4°. No se encuentran variaciones sensibles en las orientaciones de los ejes de los elipsoides de error para el observador E.H. y

el estímulo de referencia Amarillo-verdoso por él estudiado.

5°. Es de destacar la inversión en el tamaño de los elipsoides de error en los observadores E.H. y E.J. respecto de la fusión temporal y espacial de primarios para el estímulo Am. Verdoso. Este mismo fenómeno se presentó en trabajos anteriormente realizados por estos mismos observadores, pero partiendo de igualaciones metámeras. Hita, (1.976).

6°. Las variaciones en la orientación de los ejes para los dos elipsoides de error, obtenidos según el tipo de fusión de primarios para un mismo estímulo de referencia, nunca superan los 10°. Si se comparan estos resultados con los obtenidos por los mismos observadores partiendo de igualaciones metámeras (Hita, E., (1976) se observan diferencias notables en este sentido, pues allí aparecían variaciones que

en algunos casos llegaban a alcanzar hasta 40° .

7°. En el interior de la nube de puntos se observa que algunos de ellos poseen un peso (número de respuestas afirmativas en la igualación) inferior al de puntos más periféricos de la misma.

8°. Estos puntos de mayor peso en la nube aparecen en ciertas direcciones privilegiadas.

9°. Las propiedades anteriores (7 y 8) son independientes del observador y del tipo de fusión de primarios.

10°. Estas conclusiones (7, 8 y 9), se ven corroboradas por las representaciones realizadas con criterios de igualación más estrictas (peso de 5 a 10 y 10 solamente).

11°. La observación de las distribuciones puntuales, para todos los casos analizados en este trabajo, parece poner de manifiesto la inadecuada representación de los umbrales de discriminación en color mediante elipsoi

des o elipses, sea cual fuese el criterio de igualación utilizado.

12°. Todos estos resultados, así como los obtenidos en anteriores trabajos parecen confirmar la necesidad de un convenio internacional sobre el establecimiento de normas referentes a este tipo de medidas.

VII. BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ-CLARO, M.- Influencia de la adaptación cromática en la igualación de colores metámeros.

Tesis Doctoral, Universidad de Madrid, (1971)

ALVAREZ-CLARO, M., HITA, E. & PARDO, G.- Espacio de color y estructura matemática.

Op.Pura y Aplicada, 9, 109-111, (1976)

ALVAREZ-CLARO, M. & HITA, E.- Espacio de color y estructura matemática (segunda parte)

Opt. Pura y Aplicada, 11(2), 119,

BROWN, W.R.J. & MacADAM, D.L.- Visual sensitivities to combined chromaticity and luminance differences.

J. Opt. Soc. Am., 39(10), 808-834,
(1949)

CRAWFORD, B.H.-

Color 69

Stockholm 302-311

CRUZ, A & ALVAREZ-CLARO, M.- Conservación del metamerismo en los cambios de adaptación cromática.

Optica Pura y Aplicada, 6(3), 143, (1973)

DONALDSON, R.- A trichromatic colorimeter

Proc. Phys. Soc. (London), 47, 1068,
(1935).

DONATH, F.- Die funktionale Abhängigkeit Zwischen Reiz und Empfindungen bei der Farbensättigung.

Neue Psych. Stud. 2, 139-207, (1926)

EUGENE ALLEN.- An Index of Metamerism for observer Differences .

Proc. Int. Color Meeting "Color 69"
Stockholm, 302 - 311

- GRASSMANN, H..- Zur theorie der Farbmischung.
Ann. phys. Leipzi , 89, 69-84,
(1853).
- GUILD, J..- A trichromatic colorimeter suitable
for standardization work
Trans. opt. Soc. (Londres), 27, 106-
129, (1925).
- HELMHOLTZ, H.L.VON..- Physiological Optics
Dover, Nueva York, (1896)
- HITA, E..- Influencia de las condiciones experi-
mentales en los umbrales diferenciales
de color.
Tesis Doctoral, Universidad de Grana-
da, (1975)
- HITA, E., ALVAREZ-CLARO, M., PARDO, G. & JIMENEZ E..-
Influencia del metamerismo y tipo de
fusión de primarios en los umbrales
diferenciales de color.
Opt. Pura y Aplicada, Vol. 9, 53-60,
1976.
- HITA, E., ALVAREZ-CLARO, M. & GUÉRRERO, M..- Diffe-
rential Thresholds representation of
color.
Atti della Fondazione Giorgi Ronchi,
Anno XXXII, 5, 882-893, (1977)

- HITA, E. ALVAREZ-CLARO, M. & GUERRERO, M. & PARDO, G..- Limitaciones en la representación clásica de los umbrales diferenciales de color.
Real Sociedad Española de Física y Química (en imprenta) (1.979).
- ISHIHARA, S..- Test for colour blindness.
Kanehara Shuppau Co. Ltd., (1973)
- JUAN, J..- Variación de la transmitancia espectral y del color de vidrios al cambiar la temperatura
Opt. Pura y Aplicada, 7(1), 55-59, (1974)
- JUDD, D.B..- Sensibility to color temperature change as a function of temperature.
J. Opt.Soc.Am. 23(1), 7-14, (1933)
- JUDD, D.B..- Problemas actuales del color
C.S.I.C., Madrid (1954)
- LE GRAND, Y..- Color 69, A.I.C., 257, Munster-Schmitt, Gottingen (1970)
- LE GRAND, Y..- Proc. of the "Helmholtz memorial Symposium on color metrics", Driebergen, A.I.C.
Holland, Soesterber, C-1, 257, (1972)
- LE GRAND, Y..- "Optique physiologique", Tome II, Deuxieme edition, Masson e Cie., Editeurs, (1972).

LOZANO, R.D.- "El color y su medicion"

Editorial Americale, (1978)

LIPSCHUTZ, S.- General Topology.

Schaum Publishing Co. New-York.

(1965)

MacADAM, D.- Visual Sensitivities to color differences in daylight.

J. Opt. Soc. Am. 32(5), 247-274, (1942)

MacADAM, D.- Specification of Small Chromaticity differences in daylight.

J. Opt. Soc. Am. 33(1), 18-26, (1943)

MAY, J.G.- Chromatic adaptation of orientation- and size-specific visual processes in Man.

Vision Res. Great Britain 12, 1509-1517, (1972)

MARTIN, L.C., WABURTON, F.L. & MORGAN, W.J.- Determination of sensitiveness of the eye to differences in saturation of colours.

Med. Res. Council, Report of the Committee upon the physiology of vision. XIII-Sp. Rprt. Ser. N° 188, London.

NEWTON, J.- A new theory about light and colours.

Phil. Trans. Roy. Soc. (London) 3075-3087, (1672).

- NIMEROFF, I. & YUROW, J. A..- Degree of Metamerism.
J. Opt. Soc. Am. 55(2), 185, (1965)
- OTHA, N. & WYSZECKI G..- Theoretical chromaticity-
mismatch limits of metamers viewed
under different illuminants
J. Opt. Soc. Am., 65(3), 327-333
(1975)
- PARRA, F..- Color 69, G-9, 727, A.I.G. Munster-
Schmitt, Gottingen, (1970)
- PRIEST, I. G. & BRICKWEDDE, F. G..- Minimum percep-
tible colorimetric purity as a func-
tion of dominant wavelength.
J. Opt. Soc. Am. 28, (5), 133-139, (1938)
- RUTH, M & FRED W. BILLMEYER..- Method for deri-
ving color difference perceptibility
ellipses for surface color samples.
J. Opt. Soc. Am. 65(8), 956, (1975)
- SPERLING, H. G., & JOLIFFE, C. L..- Intensity-time
Relationship at Threshold for spec-
tral Stimuli in Human vision
J. Opt. Soc. Am. 55(2), 191, (1965)
- SCHRODINGER, E..- Gundlinien einer theorie der
Farbenmetrik in Tagessehen: I, II y
III; Ann. Phys. 63, 397, (1920)
- SILBERSTEIN, L..- Investigation on the intrinsic
properties of the color domain.
Eastman Kodak Laboratories, Rochester,
New York, March (1938)

SILBERSTEIN, L. & MacADAM, D.L.- The distribution of color matching around a color center.

J. Opt. Soc. Am. 35, 32, (1945)

TYNDALL, E.P.T.- Chromaticity sensibility to wavelength differences as a function of purity.

J. Opt. Soc. Am. 23(1), 15-24,
(1933)

WITZEL EL, R.W, BURNHAM, R.W. & ONLEY, J.W.- Threshold and Suprathreshold color differences.

Eastman Kodak Company. Rochester, New York, 63(5), 615, 1973

WRIGHT, W.D.-

Trans. Opt. Am. 29(1927), 225.

WRIGHT, W.D.- Les Courbes de melange des couleurs en registrées sur la fovea sous de tres petits champs visuels.

Rev. Opt. 28(3), 174-182, (1949).

WRIGHT, W.D.- The measurement of colour.

Hilger and Watts, London (1964)

WYSZECKI, G. & FIELDER, G.H.- New color-matching ellipses.

J. Opt. Soc. Am., 61, 1135, (1971a)

WYSZECKI, G. & FIELDER, G.H..- Color-difference matches.

J. Opt. Soc. Am., 61, 1501, (1971b)

WYSZECKI, G..- Color matching and color-difference matching.

J. Opt. Soc. Am. 62, 117-128, (1972)

WYSZECKI, G. & STILES..- Color Science

John Wiley & Sons., Inc. New-York, (1967)

WYSZECKI, G. & JUDD, D.B..- Color in Business, science, and Industry. (Tercera edición)

John Wiley & SONS. New-York, (1975)