

*Juz. Mario Gales de Barros*

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS

Dirección de Uso y Manejo del Agua

Centro de Investigaciones Agrícolas

"Dr. Alberto Boerger"

Dirección de Suelos

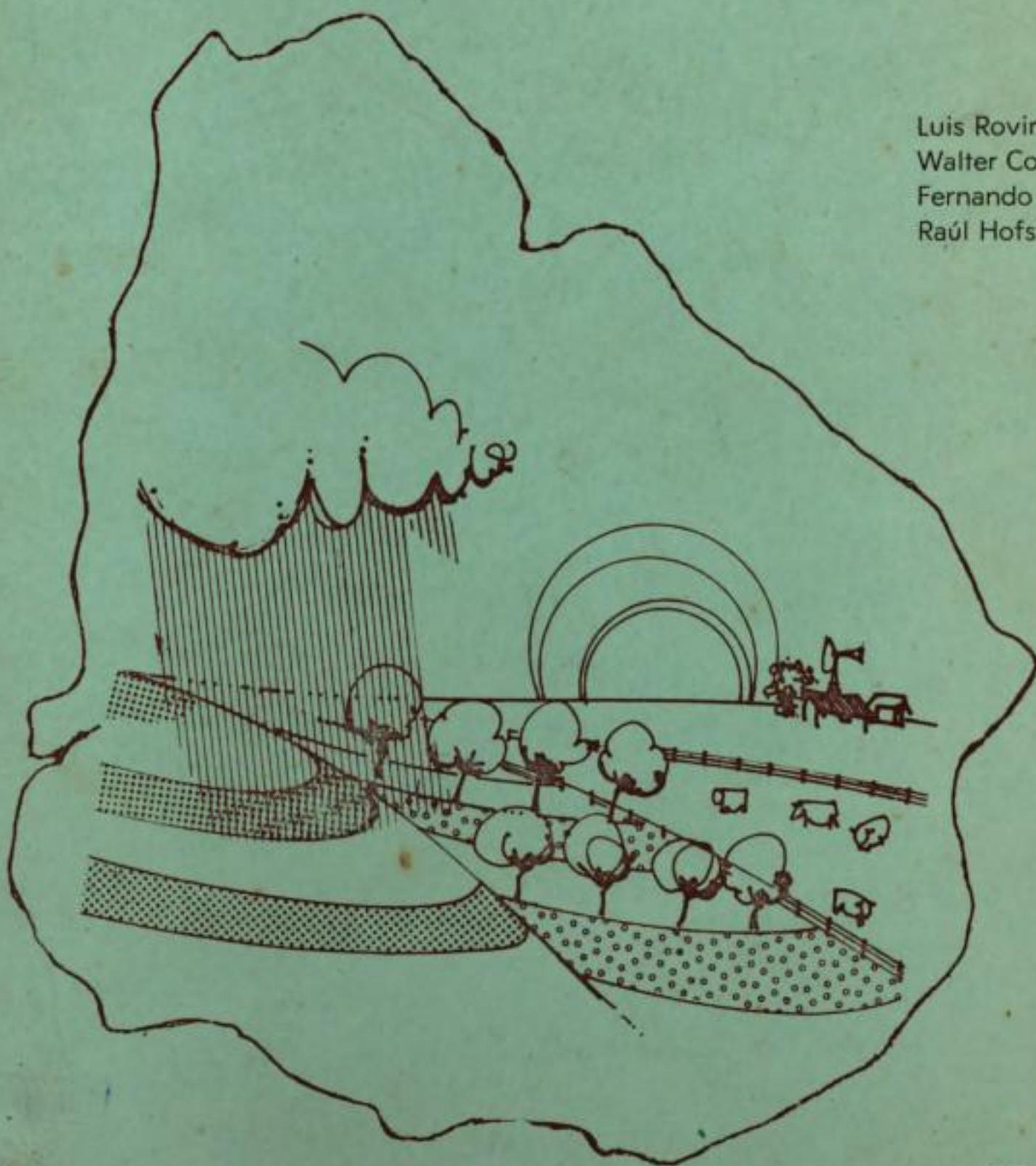
Instituto Nacional de Colonización

IICA-CIDIA

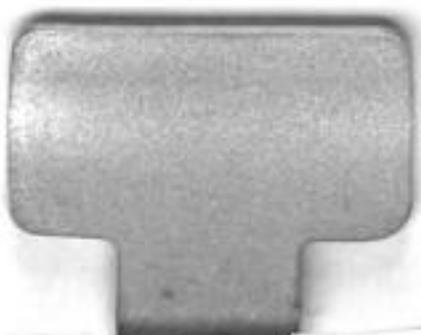
Plan Preliminar de Colaboración Recíproca en Relación al Tema  
de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas en el Uruguay

**INTENSIDADES MAXIMAS Y EROSIVIDAD DE LLUVIAS  
EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA ESTACION  
AGROCLIMATICA "LA ESTANZUELA"**

Luis Rovira  
Walter Corsi  
Fernando García  
Raúl Hofstadter

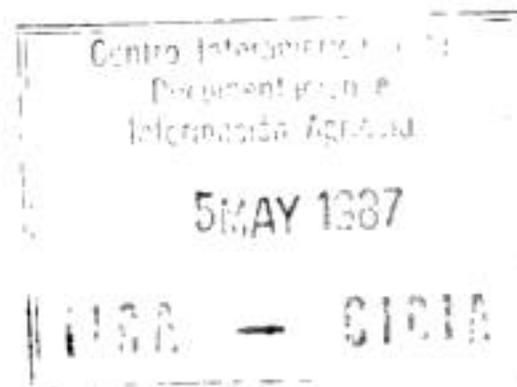


IICA  
6  
75



INTENSIDADES MAXIMAS Y EROSIVIDAD DE LLUVIAS EN EL  
AREA DE INFLUENCIA DE LA ESTACION AGROCLIMATICA DE  
"LA ESTANZUELA"

Luis Rovira <sup>1</sup>  
Walter Corsi <sup>2</sup>  
Fernando García <sup>3</sup>  
Raúl Hofstadter <sup>4</sup>



- 1 Ing.Agr. Becario del IICA
- 2 Ing.Agr. M.Sc. Jefe Proyecto Clima. CIAAB
- 3 Ing.Agr. Jefe Departamento Investigación DUMA.
- 4 Ing.Agr. M.Sc. Director . DUMA.

Montevideo- URUGUAY

Enero, 1981

BV 00007556

110A  
P36  
R275

## I N D I C E

<u>INTRODUCCION</u>	<u>1</u>
<u>MATERIALES Y METODOS</u>	<u>2</u>
<u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	<u>4</u>
<u>PARTE A - Intensidades máximas en diferentes duraciones         y en diferentes períodos de retorno para la         Est.Agro. "La Estanzuela"</u>	<u>4</u>
<u>PARTE B - Erosividad de la lluvia en el área de la Est.         Agro. "La Estanzuela"</u>	<u>12</u>
<u>CONCLUSIONES</u>	<u>22</u>
<u>BIBLIOGRAFIA CITADA</u>	<u>23</u>
<u>AGRADECIMIENTOS</u>	<u>24</u>

## INTRODUCCION

La capacidad de todo canal que conduzca aguas de escurrimiento (vertederos, canales de desagüe) tiene que diseñarse considerando las máximas cantidades de agua que escurren en la cuenca, de acuerdo al tiempo de concentración de la misma y a un período de retorno adecuado al tipo de estructura.

A estos efectos resulta imprescindible disponer de información nacional referente a curvas de intensidad máxima de lluvias para diferentes períodos de duración.

Los datos disponibles actualmente son escasos. Ghiggia (1976) presenta una aproximación al problema, estableciendo intensidades máximas para diferentes períodos de tiempo, pero sin definir períodos de retorno ni la metodología empleada. Wilson (1973) determinó, para Montevideo, máximos de lluvia en distintos tiempos, Henry (1974) presentó distribuciones de frecuencia para intensidades máximas en 24 horas, para Paysandú, Centurión (Cerro Largo) y Pampa (Tacuarembó).

Con respecto a la erosividad de lluvias, el  $EI_{30}$  es un término de interacción el cual describe la manera en la cual la erosión por impacto y turbulencia se combina con el escurrimiento superficial para transportar partículas de suelo desagregadas (Wischmeier y Smith, 1958). Según estos autores, el término  $EI_{30}$  explicó aproximadamente el 85% de la variación observada en la pérdida de suelo.

El factor  $R(EI_{30})$  de la ecuación universal de pérdida de suelo valora el riesgo de erosión debido a las precipitaciones pluviales, considerando constantes los demás factores que intervienen en la ecuación.

Luego de numerosas combinaciones de características de la lluvia, efectos de interacción, e índices de humedad antecedente del suelo y compactación del mismo, Wischmeier y Smith (1958) encontraron que la mejor variable simple para predecir la pérdida de suelo de un barbecho cultivado es el factor  $R(EI_{30})$  que es el producto de la energía de la lluvia y su máxima intensidad en 30 minutos.

Koolhaas (1977) calculó valores de  $EI_{30}$  para las condiciones de nuestro país utilizando una metodología diferente a la presentada en este trabajo.

No existen antecedentes en el país de estudios de erosividad de lluvias usando la metodología establecida por Wischmeier y Smith (1958); Wischmeier, Smith y Uhland (1958); Wischmeier (1959) y Olson y Wischmeier (1963).

El trabajo que se expone se realizó en el marco del Plan Preliminar de Colaboración Recíproca en Relación al Tema de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas en el Uruguay, entre los meses de octubre de 1980 y enero de 1981.

## MATERIALES Y METODOS

Se analizaron las bandas diarias del pluviógrafo instalado en la Estación Agroclimática "La Estanzuela", para el período 1970-79.

El cálculo de la energía de la lluvia de una tormenta, como componente del valor de  $EI_{30}$  requiere una exacta definición de una tormenta individual. El óptimo de tiempo para definir una separación entre tormentas, es función del cambio en la velocidad de infiltración después de cesar la lluvia y está relacionado con el tipo de suelo. Wischmeier (1959) observó que las mejores correlaciones de cantidad de pérdida de suelo y los valores de  $EI_{30}$  fueron obtenidas cuando las lluvias separadas por menos de 6 horas se consideraron como una tormenta simple. Este criterio se aplicó en el presente trabajo.

La lámina de agua caída fue leída a intervalos de 10 minutos en bandas diarias de pluviógrafo, dado que este era el mínimo lapso de tiempo que permitaba leer con exactitud y rapidez. Conjuntamente se determinó la intensidad de la lluvia, en mm/h, para los mismos intervalos de 10 minutos. Igual procedimiento para leer bandas de pluviógrafo siguieron Pereira et al. (1978)

Mediante el uso de una computadora Cii Honeywell Bull fueron calculadas las intensidades máximas (expresadas en mm/h) en 10, 20, 30, 60 y 120 minutos, para todas las tormentas de los 10 años analizados.

Los máximos anuales de intensidad máxima fueron seleccionados, teniéndose una serie de 10 valores. Estos valores se ordenaron de mayor a menor, asignándole al mayor el número 1, y así sucesivamente.

La probabilidad de ocurrencia de cada valor quedó establecida de acuerdo a la ecuación de Kimball:

$$P = \frac{m}{N + 1}$$

donde P es la probabilidad de ocurrencia, m es el número de orden asignado a cada valor de intensidad y N es el número de valores considerados en la serie.

Se usó el método general del análisis de frecuencias hidrológico para calcular los valores de intensidad (Agricultural Engineering Course 428, 1975). Estos valores fueron ajustados a una distribución normal, a una distribución log-normal y a una distribución Gumbel, y se eligió la distribución de mejor ajuste.

Con esta información fueron establecidas las curvas de intensidad máxima para diferentes duraciones y períodos de retorno.

En el cálculo del  $EI_{30}$  se consideraron las tormentas que superaron los 13 mm de lluvia. Este criterio coincide con el usado por Wischmeier y Smith (1958), los cuales determinaron que, en general, las tormentas de menos de 0.5 pulgadas de lluvia no producían escurrimiento medible. Pereira et al. (1978) en Brasil, también usaron este criterio.

La ecuación  $Y = 916 + 331 \log. x$ , para el cálculo de la energía cinética, se expresa en unidades inglesas. Expresada en unidades decimales:

$$EC = 210.3 + 89 \log. x$$

donde EC es la energía cinética en tonelámetros/há/cm y x es la intensidad en cm/h (Wischmeier y Mannering, 1969). FAO (1967) presenta la siguiente ecuación:

$$EC = 12.142 + 8.877 \log. x$$

donde EC es la energía cinética en tonelámetros/há/mm y x es la intensidad en mm/h

Para el cálculo del  $EI_{30}$  se determinó la energía cinética de la lluvia caída en cada período de 10 minutos ( $EC_{10}$ ), para cada tormenta, según la fórmula propuesta por FAO (1967).

El valor de energía cinética expresado en tonelámetros /há es el producto de la energía cinética del intervalo de 10 minutos y los milímetros de lluvia caídos en ese intervalo ( $EC_{Tms/ha} = EC_{10} \times \text{mm de lluvia en el intervalo}$ )

La energía cinética de la tormenta resulta de sumar la energía cinética, en tonelámetros/ha, de todos los tramos de 10 minutos de esa tormenta

$$\left( \sum EC_{Tms/ha} = EC_{tor} \right).$$

El  $EI_{30}$  de la tormenta es el producto de la energía cinética de la tormenta y su máxima intensidad en 30 minutos expresada en mm/h ( $EC_{tor} \times \text{máx. int. en 30 min} = EI_{30}$ )

El  $EI_{30}$  anual es la suma del  $EI_{30}$  de todas las tormentas mayores a 13 mm registradas en el año.

RESULTADOS Y DISCUSIONPARTE A - Intensidades máximas en diferentes duraciones y en diferentes períodos de retorno para la Est. Agro. "La Estanzuela"

El Cuadro N°1 presenta los máximos valores de intensidad para cada año y para 10, 20, 30, 60 y 120 minutos.

Cuadro N°1 - Intensidades máximas anuales para 10, 20, 30, 60 y 120 minutos (mm/h)

Duración Año (min.)	10	20	30	60	120
70	84.0	72.9	52.8	38.2	21.2
71	66.0 *	50.7	39.2	30.9	22.0
72	99.6	90.6	74.4	43.0	27.0
73	131.4	79.8	62.4	39.3	26.1
74	103.2	69.9	48.2	28.0	18.3
75	87.0	61.5	42.8	26.9	18.7
76	162.0	117.6	81.2	47.5	30.9
77	91.8	72.0	63.2	47.1	27.7
78	121.8	90.9	75.6	52.7	36.9
79	111.0	69.0	55.8	32.9	24.3

\*/ Es una estimación, debido a que la banda de pluviógrafo correspondiente presentaba el trazo defectuoso.

El Cuadro N°2 muestra, para cada duración, la media y la desviación estándar de los 10 años considerados.

Cuadro N°2 - Promedio de intensidades máximas y desviación estándar, para diferentes duraciones. Serie de 10 años.

Duración	$\bar{X}$ (en mm)	S (en mm)
10 minutos	105.78	27.39
20 minutos	77.49	18.62
30 minutos	59.56	14.34
60 minutos	38.65	8.89
120 minutos	25.34	5.73

Las tres distribuciones de frecuencia probadas mostraron un buen ajuste, eligiéndose la distribución Gumbel, ya que es la que se adapta mejor a series de valores extremos.

En las figuras Nos. 1, 2, 3, 4 y 5 aparecen las probabilidades de ocurrencia de intensidades máximas en 10, 20, 30, 60 y 120 minutos respectivamente, representadas en papel Gumbel.

A partir de estos datos se construyó la Figura N°6 que muestra las intensidades máximas en diferentes períodos de duración y para diferentes períodos de retorno ( $R = 1/P$ ).

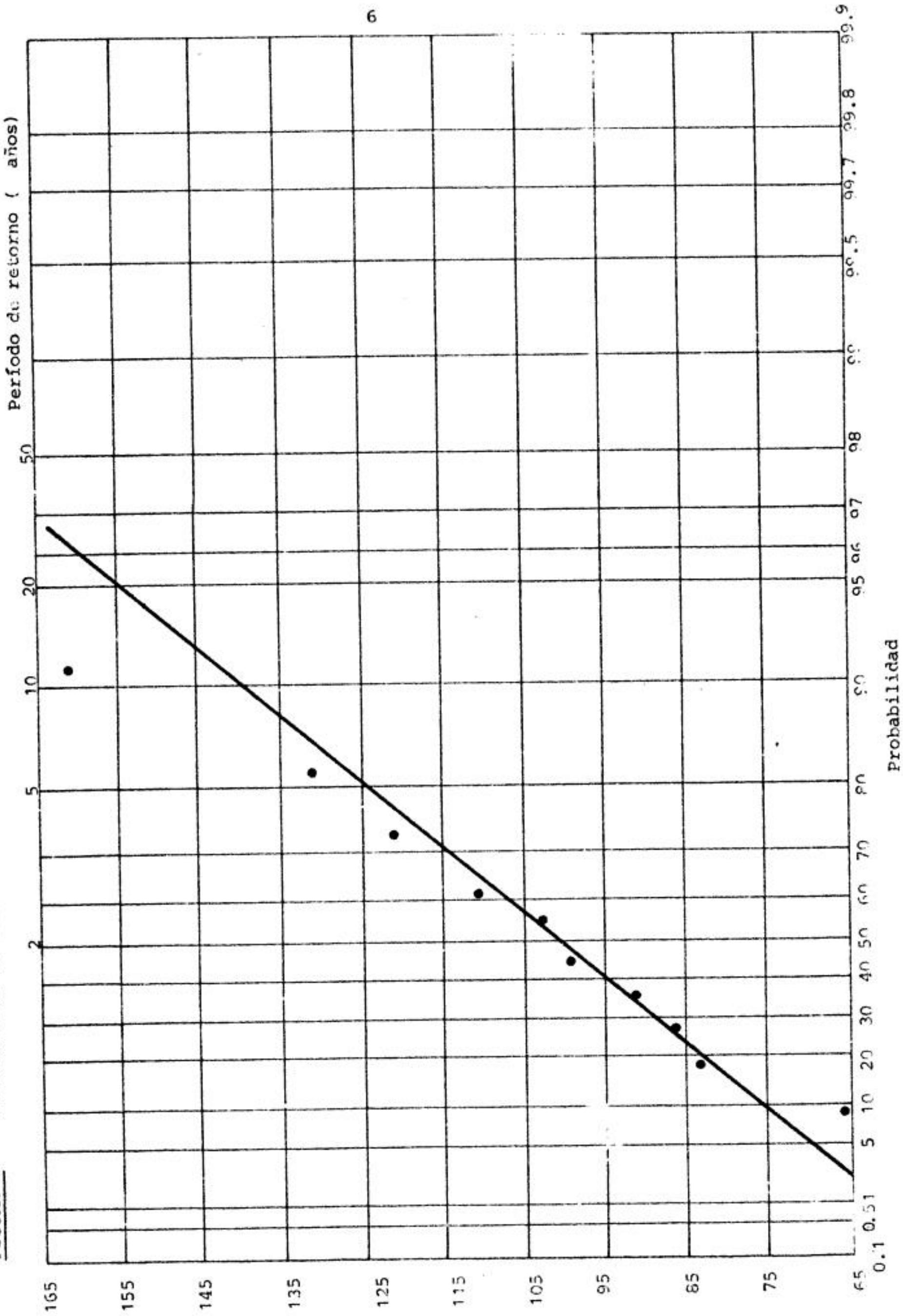
Wilson (1973) establece para Montevideo valores máximos de lluvia: 9 mm en un minuto, 70 mm en una hora, 180 mm en un día, 500 mm en un mes.

Ghiggia (1976) por su parte, presenta una tabla de intensidades máximas en el Uruguay, en diferentes períodos de tiempo. En cinco minutos la máxima intensidad es de 150 mm/h, en 30 minutos es de 80.8 mm/h y en una hora de 30.3 mm/h.

Siguiendo a Mokus y Beaumont, citados por Agricultural Engineering Course 613. (1975), se probó la significación estadística de los valores encontrados para la muestra de 10 años a los efectos de conocer la validez de las conclusiones. Para un nivel de 10% de significación se deben utilizar 14 años o más en la zona de la Est. Agro. "La Estanzuela".

Por lo tanto, la información presentada es válida para un nivel de significación algo mayor.

FIGURA 1 - Probabilidad de ocurrencia de intensidades máximas en 10 minutos.



Intensidad (mm/h)

Probabilidad

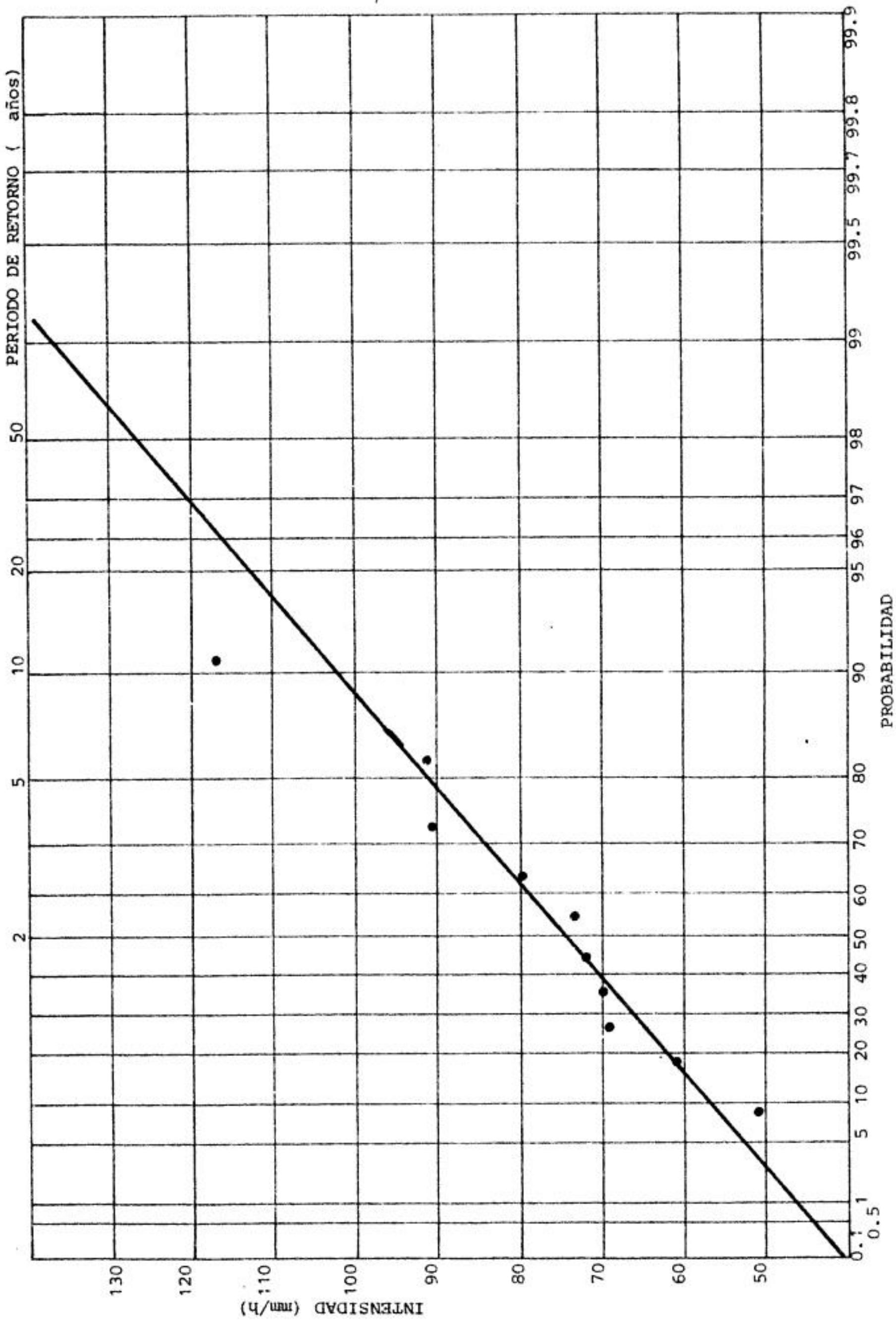


FIGURA N°2 - Probabilidad de ocurrencia de intensidades maximas en 20 minutos

FIGURA N° 3 - Probabilidad de ocurrencia de intensidades máximas en 30 minutos.

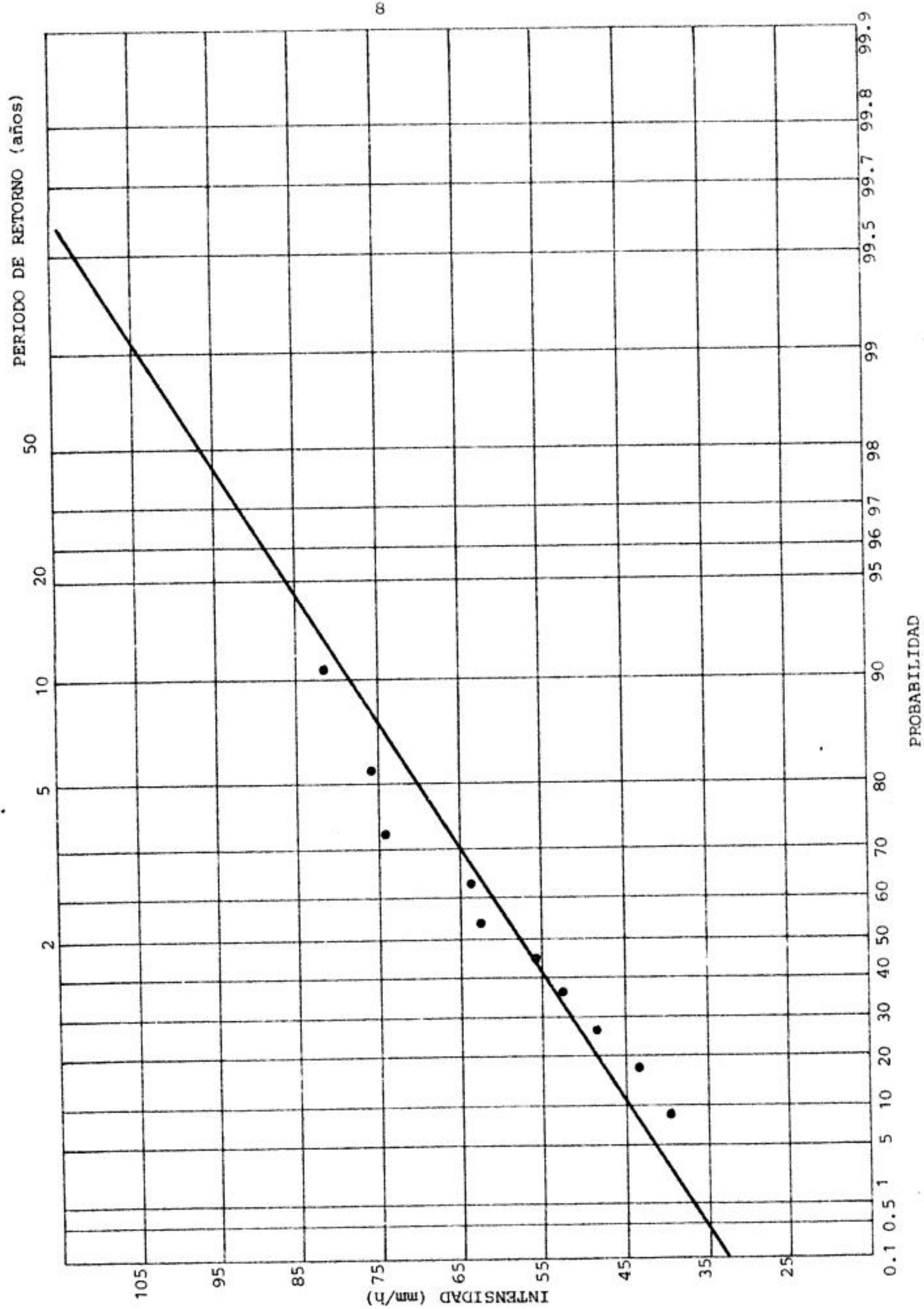


FIGURA N°4 - Probabilidad de ocurrencia de intensidades máximas en 60 minutos.

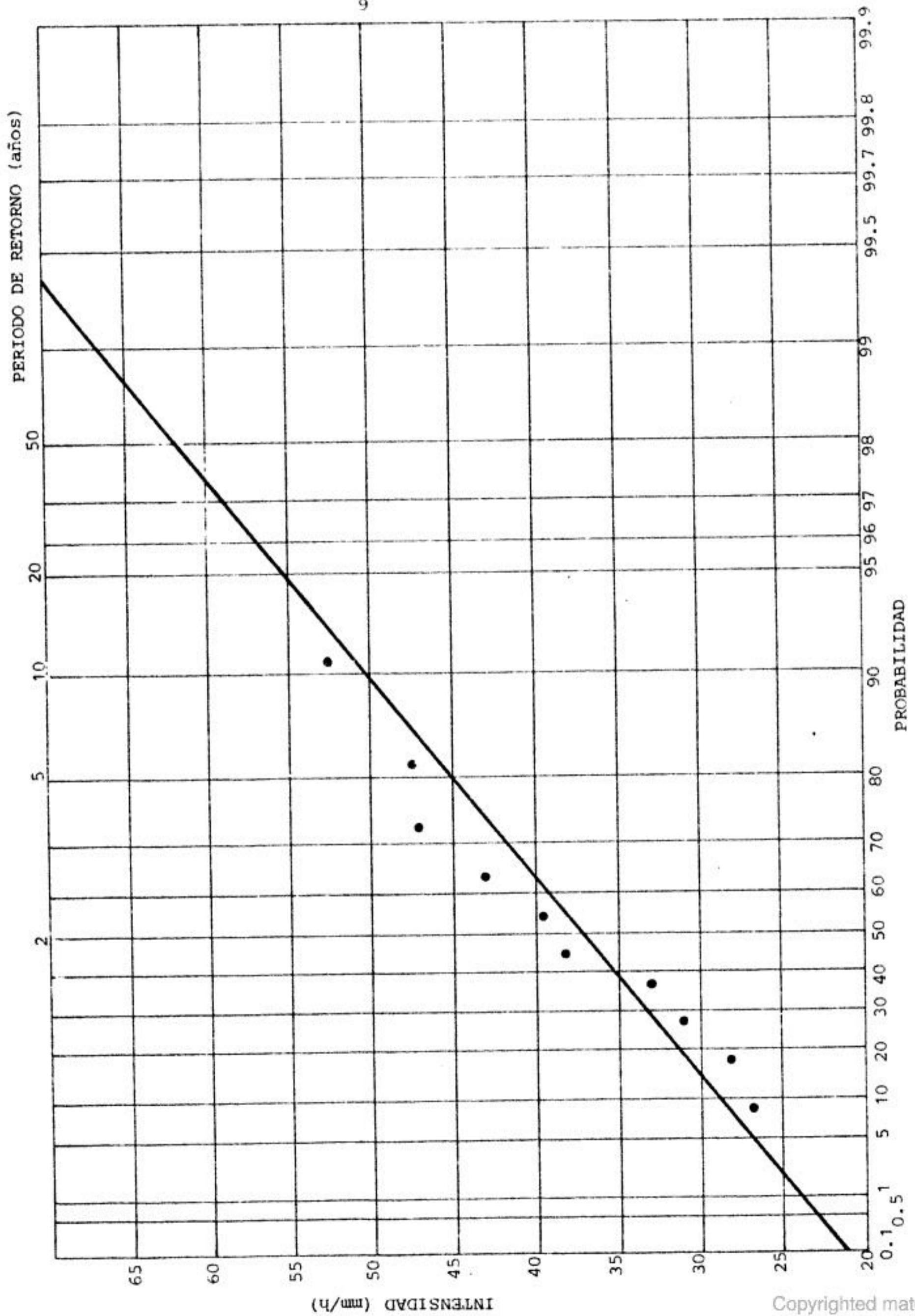
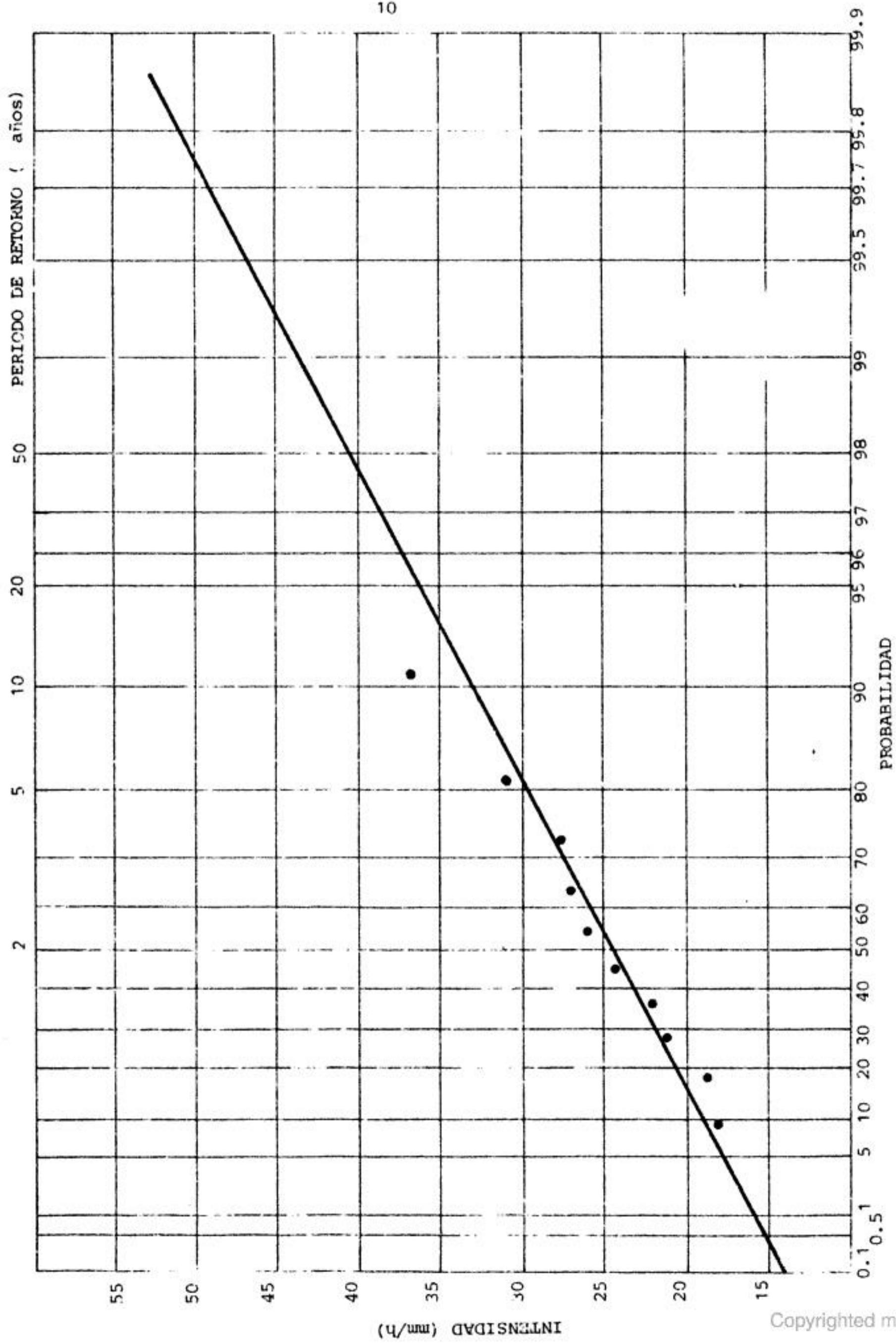
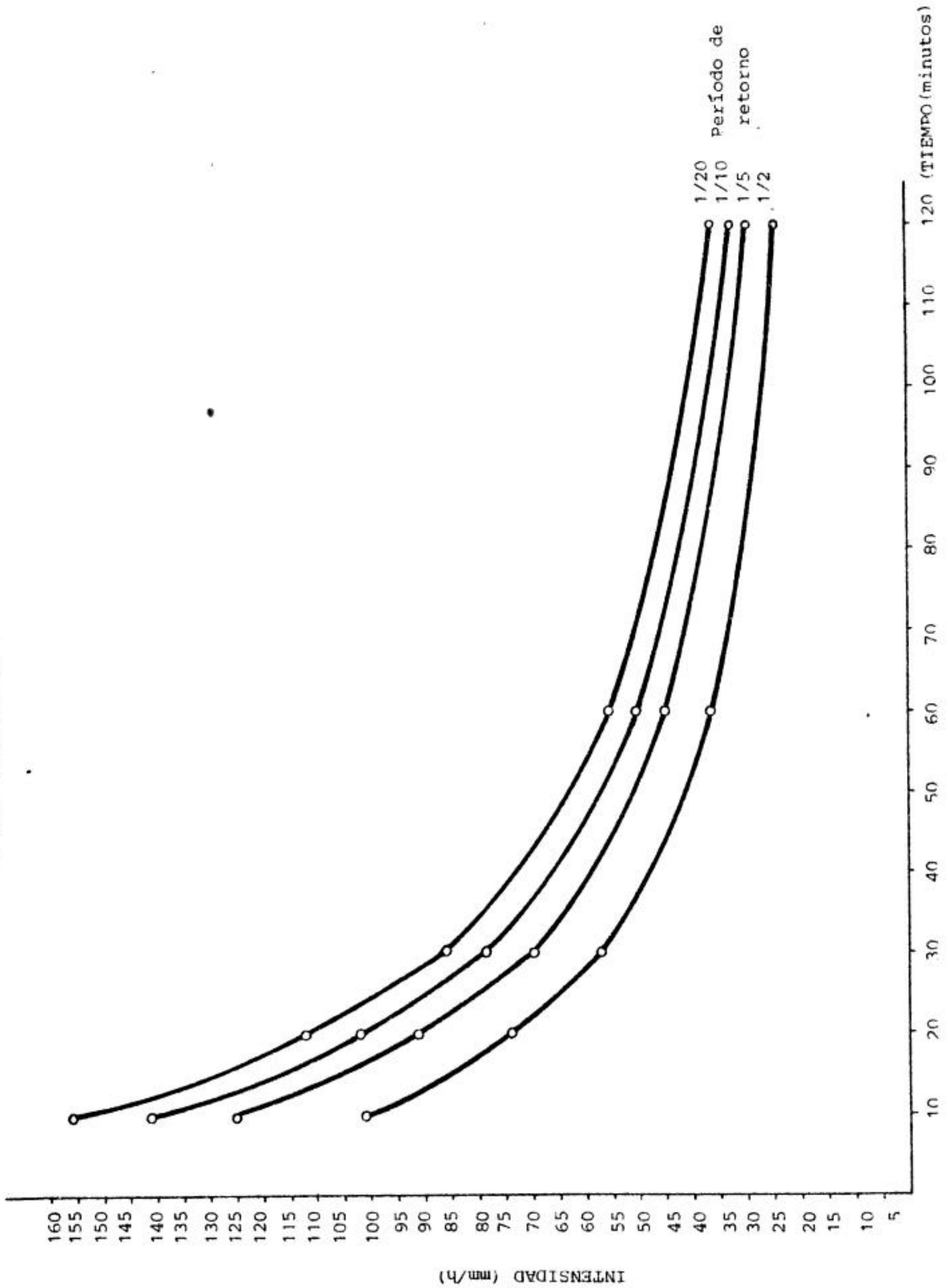


FIGURA N° 3 - FIDELIDAD DE OCURRENCIA DE...





PARTE B - Erosividad de la lluvia en el área de la Est. Agro. "La Estanzuela"

El número de tormentas totales y erosivas en cada año fue el que se presenta en el Cuadro N°3

Cuadro N°3 - Número de tormentas totales y erosivas en cada año

Año	N°de tormentas totales	N°de tormentas erosivas	% sobre el total de tormentas de ese año
70	78	29	37.18
71	92	30	32.61
72	89	24	26.97
73	96	20	20.83
74	90	23	25.55
75	74	23	31.08
76	102	35	34.31
77	106	34	32.07
78	94	29	30.85
79	69	20	28.98

El promedio de tormentas totales es de 89 tormentas anuales y la desviación es de 11.96.

El promedio anual de tormentas erosivas es de 26.7 y la desviación es de 5.46.

Las tormentas erosivas constituyen, en promedio, el 30% del total de tormentas, habiendo por tanto, un alto porcentaje (70%) de tormentas que no son erosivas.

El cuadro N°4 presenta la distribución estacional promedio de las tormentas totales y erosivas.

Cuadro N°4 - Distribución estacional promedio de las tormentas totales y erosivas

Estaciones *	N°de tormentas totales	%	N°de tormentas erosivas	%	% de tormentas ero- sivas sobre el to- tal de tormentas de la estación
Verano	24.7	27.75	8.8	32.95	35.63
Otoño	20.5	23.03	4.5	16.85	21.95
Invierno	20.8	23.37	6.0	22.47	28.85
Primavera	23.1	25.95	7.3	27.34	31.60
TOTAL	89		26.7		

\*/ Verano = enero, febrero y marzo  
 Otoño = abril, mayo y junio  
 Invierno = julio, agosto y setiembre  
 Primavera = octubre, noviembre y diciembre

En la distribución estacional de las tormentas totales no se observan diferencias importantes a través del año. Existe una pequeña concentración de tormentas en primavera y verano.

Primavera y verano muestran una acumulación de las tormentas erosivas del año. Esta acumulación es más acusada en el verano. El otoño presenta la menor concentración de lluvias erosivas. Las tormentas erosivas, en primavera y verano, también son más frecuentes cuando se las refiere al total de tormentas de la estación.

En el Cuadro N°5 se presentan los valores de EI<sub>30</sub> encontrados para cada uno de los 10 años estudiados.

Cuadro N°5 - EI<sub>30</sub> anual para el período 1970 - 79

Año	EI <sub>30</sub> anual
70	519.2
71	399.1
72	371.7
73	713.4
74	296.0
75	355.4
76	904.9
77	762.8
78	792.9
79	409.2

El EI<sub>30</sub> promedio anual para la zona de la Est. Agro. "La Estanzuela" es de 552.5 y la desviación estándar de 219.7.

En diferentes lugares de Brasil se han encontrado valores de 639.7 ; 877.3 ; 748.4 (Cogo et al., 1978) y 848.0 (Dedecek, 1978)

En nuestro país Koolhaas (1977) estableció un valor de 240 para la zona de "La Estanzuela", pero calculó el EI<sub>30</sub> utilizando un procedimiento diferente al empleado en este trabajo.

En el Cuadro N°6 se presenta el EI<sub>30</sub> promedio mensual, su desviación estándar, y él mismo como porcentaje del EI<sub>30</sub> promedio anual.

Cuadro N°6 -  $EI_{30}$  promedio mensual y desviación estándar, y  $EI_{30}$  promedio mensual como porcentaje del  $EI_{30}$  promedio anual.

Mes	$EI_{30}$ promedio	S	Como % del $EI_{30}$ promedio anual
Enero	<u>93.7</u>	<u>85.2</u>	<u>16.96</u>
Febrero	<u>92.9</u>	<u>76.2</u>	<u>16.82</u>
Marzo	77.0	<u>66.2</u>	<u>13.95</u>
Abril	<u>14.5</u>	<u>23.9</u>	<u>2.63</u>
Mayo	<u>18.1</u>	<u>23.9</u>	<u>3.28</u>
Junio	<u>21.8</u>	<u>23.4</u>	<u>3.94</u>
Julio	<u>18.6</u>	<u>19.4</u>	<u>3.36</u>
Agosto	30.1	<u>33.3</u>	<u>5.45</u>
Setiembre	37.0	<u>30.9</u>	<u>6.71</u>
Octubre	<u>43.8</u>	<u>31.2</u>	<u>7.92</u>
Noviembre	<u>30.8</u>	<u>33.7</u>	<u>5.58</u>
Diciembre	<u>74.1</u>	<u>86.4</u>	<u>13.41</u>

En el Cuadro N°6 se destaca la irregular distribución mensual que tiene el  $EI_{30}$  anual para el área de "La Estanzuela". Los meses de diciembre, enero, febrero y marzo son muy superiores a los demás en el índice de erosividad. La suma del  $EI_{30}$  de estos cuatro meses totaliza el 61.14% del  $EI_{30}$  anual. La Figura N°7 muestra la distribución en el año del  $EI_{30}$  anual y la Figura N°8 la distribución acumulativa del  $EI_{30}$  mensual en el año.

Debe tenerse especial cuidado en el uso de los valores de  $EI_{30}$  promedio al considerar el riesgo de erosión, ya que estos valores presentan una alta desviación estándar.

Pereira et al. (1978), en Minas Gerais, Brasil, encontraron una tendencia similar, aunque más acentuada. Los valores medios mayores del índice de erosión potencial los registraron en diciembre y enero, y el lapso de octubre a marzo constituyó más del 90% del índice de erosión potencial anual.

FIGURA N°7 - Distribución en el año del EI<sub>30</sub> anual  
(EI<sub>30</sub> anual = 100)

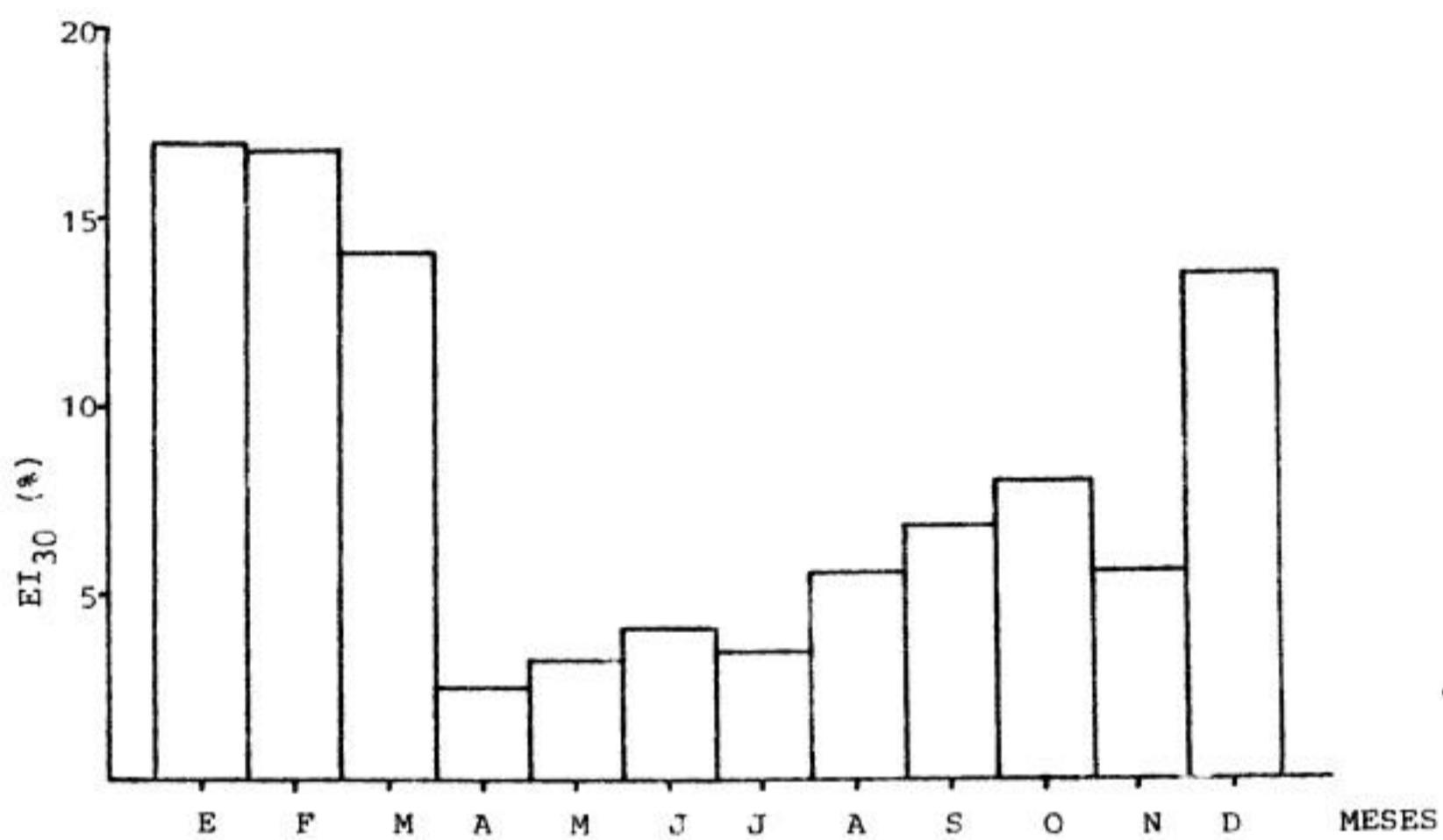
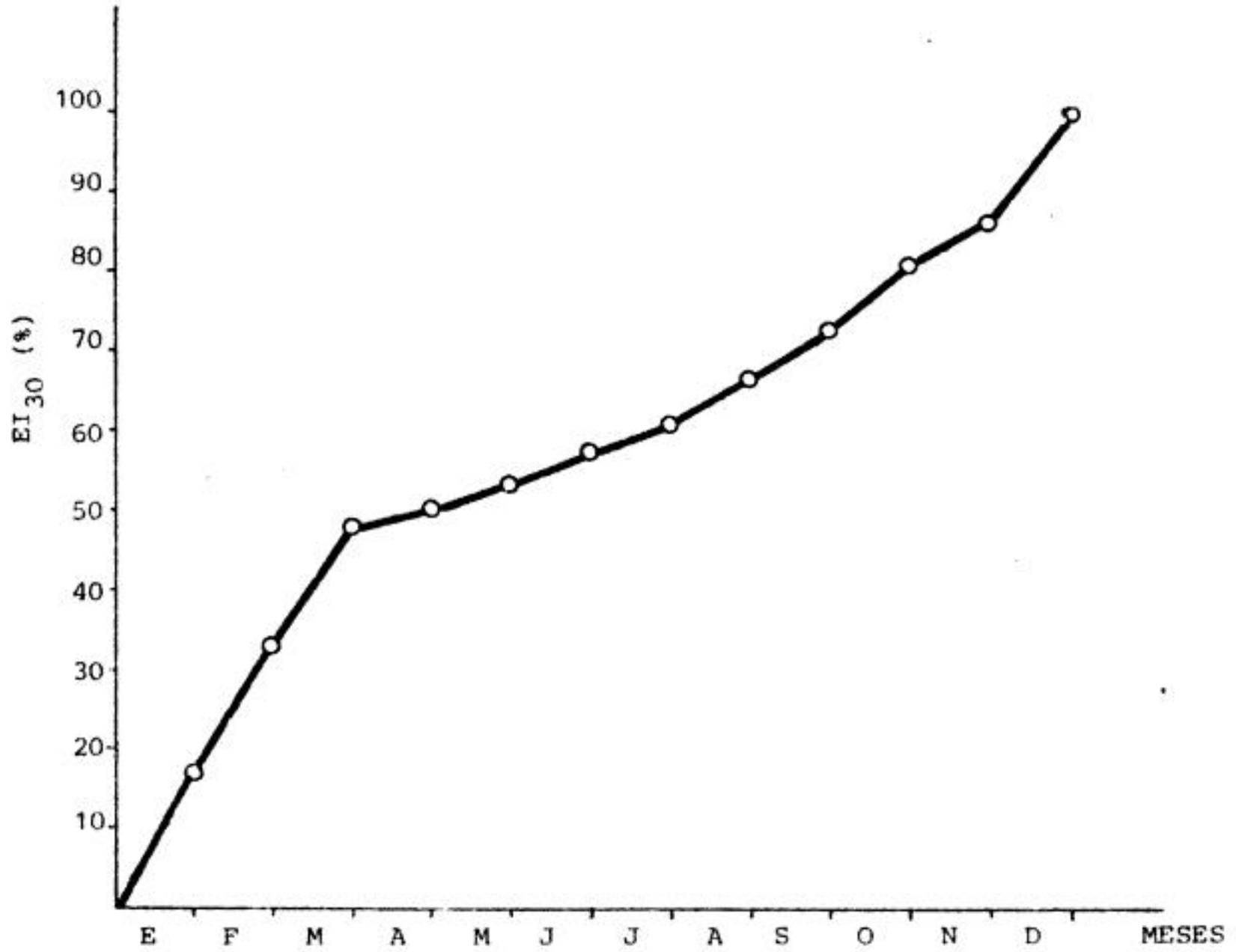


FIGURA N° 8 - Gráfica acumulativa anual del  $EI_{30}$  mensual  
( $EI_{30}$  anual = 100)



Dedecek (1978), en Brasil, determinó que el mes de mayor índice era enero, seguido de los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Brito Chaves y Freire (1978), en Paraíba, Brasil, establecieron que los meses de marzo y abril eran responsables del 47% de la erosividad media anual.

Bertoni, Lombardi Neto y Benatti (1975) trabajando en Campinas, Brasil, encontraron un  $EI_{30}$  de 686 (promedio de 21 años). En cuanto a la distribución de este valor dentro del año, el mes de enero fue el de mayor  $EI_{30}$  (24.49 % del  $EI_{30}$  anual), seguido por febrero (21.43 %), diciembre (16.62 %) y marzo (11.95 %).

El  $EI_{30}$  promedio de cada tormenta para cada mes, así como también el porcentaje que representa ese valor sobre el  $EI_{30}$  anual promedio se presenta en el Cuadro N°7.

Cuadro N°7 -  $EI_{30}$  promedio para cada tormenta de cada mes y como porcentaje del  $EI_{30}$  promedio anual.

Mes	$EI_{30}$ promedio por tormenta	como % sobre el $EI_{30}$ promedio anual
Enero	32.3	5.85
Febrero	31.0	5.61
Marzo	26.6	4.81
Abril	8.1	1.46
Mayo	12.9	2.34
Junio	16.7	3.03
Julio	10.9	1.98
Agosto	13.1	2.37
Setiembre	18.5	3.35
Octubre	15.6	2.83
Noviembre	17.1	3.10
Diciembre	27.4	4.97

En el Cuadro N°7 se observa nuevamente la superioridad de los valores de diciembre, enero, febrero y marzo. Basta tener en cuenta que el EI<sub>30</sub> promedio de una tormenta erosiva de enero, es por si solo más del doble del EI<sub>30</sub> promedio de todo el mes de abril. Este cuadro establece que el mayor EI<sub>30</sub> promedio de los meses de diciembre, enero, febrero y marzo no se debe únicamente al mayor número de tormentas erosivas que se registran en ellos, sino también, a que cada una de las tormentas tiene mayor EI<sub>30</sub> que las que ocurren en los otros meses.

El EI<sub>30</sub> promedio estacional se muestra en el Cuadro N°8.

Cuadro N°8 - EI<sub>30</sub> promedio estacional y como porcentaje del EI<sub>30</sub> promedio anual.

Estaciones *	EI <sub>30</sub> promedio	como % del EI <sub>30</sub> prom.anual
Verano	263.7	47.73
Otoño	54.4	9.84
Invierno	85.7	15.52
Primavera	148.7	26.92

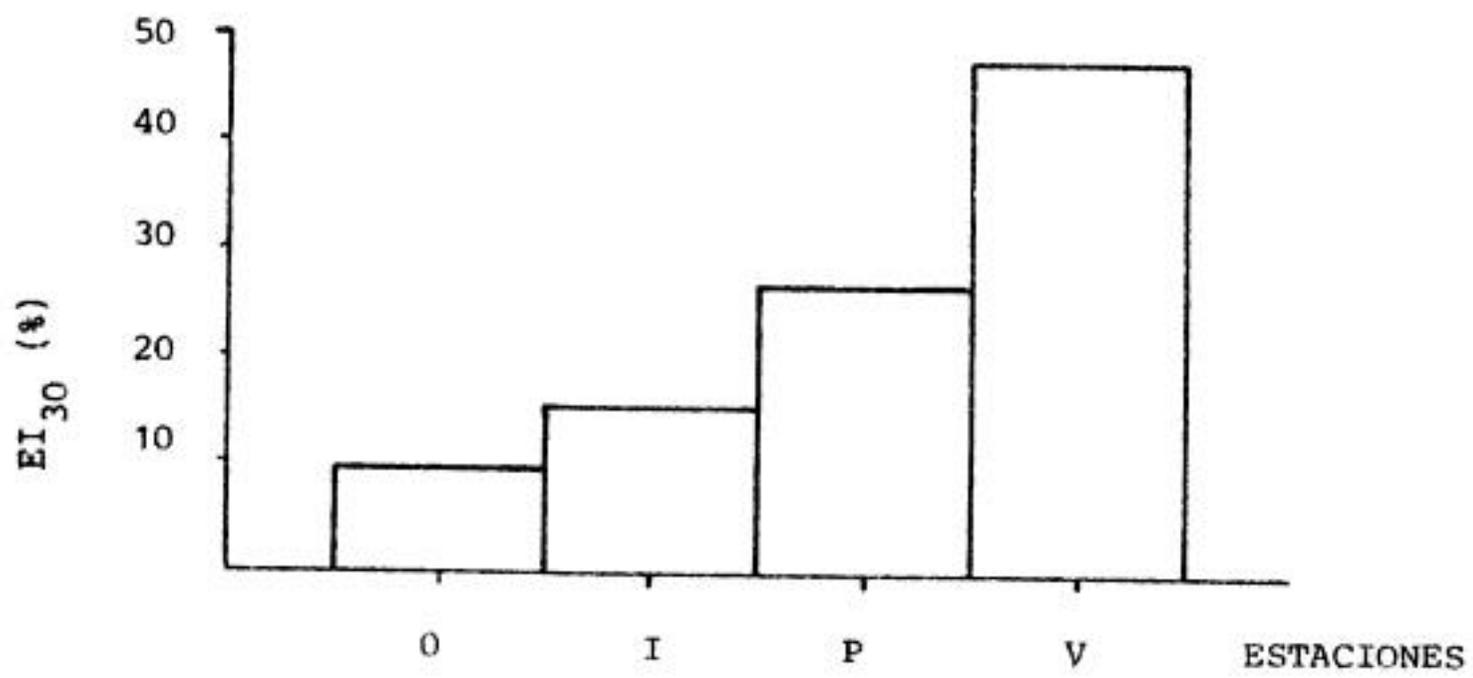
\*/  
 Verano = enero, febrero y marzo  
 Otoño = abril, mayo y junio  
 Invierno = julio, agosto y setiembre  
 Primavera = octubre, noviembre y diciembre

En la Figura N°9 se presenta la distribución estacional del EI<sub>30</sub> promedio anual.

SE aprecia con claridad la alta concentración del EI<sub>30</sub> en el verano, así como su escasa importancia en el otoño.

El Cuadro N°9 muestra el EI<sub>30</sub> para diferentes momentos de laboreo. El momento de laboreo para los cultivos de verano se tomó de agosto a diciembre, para los cultivos de invierno de febrero a agosto; para la instalación de praderas artificiales de diciembre a mayo. En la determinación de los momentos de laboreo se consideraron la etapa de laboreo y las etapas de emergencia e instalación del cultivo.

**FIGURA N°9** - Distribución estacional del  $EI_{30}$  anual ( $EI_{30}$  anual = 100)



Cuadro N°9 - EI<sub>30</sub> para los momentos de laboreo de diferentes cultivos.

Cultivos	EI <sub>30</sub>	como % del EI <sub>30</sub> prom. anual
Cultivos de verano	215.8	39.07
Cultivos de invierno	273.0	49.42
Praderas artificiales	370.4	67.04

Se observa la situación desfavorable de las praderas artificiales en este aspecto. Debe considerarse también que las semillas de pradera son en general pequeñas y por tanto requieren un mayor laboreo y afinado del suelo, aumentando así el riesgo de erosión, ya de por sí alto.

Los cultivos de invierno parecen tener un mayor riesgo de erosión que los cultivos de verano. Rovira y Uriarte (1979) atribuyeron la falta de correlación entre los rendimientos de trigo y las propiedades físicas del suelo, mejoradas luego de años de pastura, a la posibilidad que las propiedades físicas se deterioraran por el efecto de lluvias de alto EI caídas en las últimas etapas del laboreo para la siembra del trigo. Pero debe considerarse que el 39.07% del EI<sub>30</sub> anual que presentan los cultivos de verano se debe fundamentalmente a los meses de octubre, noviembre y diciembre (sobre todo éste último). En estos momentos el suelo ya se ha afinado y el cultivo está emergiendo o en sus primeros estados de crecimiento. En cambio, el 49.42% del EI<sub>30</sub> anual que se determina para los cultivos de invierno se logra en gran parte a través de los meses de febrero y marzo, durante las primeras operaciones de laboreo. En estas etapas la tierra recién ha sido arada y aún presenta un relieve muy irregular, impidiendo, en cierta forma, la erosión y favoreciendo la infiltración. A esto debe sumarse que el suelo normalmente en esa época del año se encuentra bastante seco.

De lo visto anteriormente surge con claridad que los meses de verano son los que presentan un mayor riesgo de erosión, en lo que tiene relación al EI<sub>30</sub>. Pero debe considerarse el hecho de que durante el verano, el suelo se encuentra generalmente seco y por tanto, permitiría una mayor infiltración del agua de lluvia antes de que comience a producirse escurrimiento, comparándolo con el invierno. En invierno el suelo se encuentra saturado de agua y el escurrimiento se produce con mayor facilidad.

Debe tenerse en cuenta que el  $EI_{30}$  promedio por tormenta es muy superior en los meses de verano con respecto a los de invierno. Esto puede, en alguna medida, neutralizar la ventaja de que el suelo se encuentre seco en el verano.

### CONCLUSIONES

Las curvas de intensidad máxima de lluvia en diferentes lapsos de duración y para diferentes períodos de tiempo, son de utilidad y proveen una base segura para el cálculo del caudal máximo de una cuenca y de las obras que en ella se deseen realizar, en el área de la Est. Agro. "La Estanzuela". Se requieren más años de información para obtener resultados más seguros.

El mes de enero presenta el mayor  $EI_{30}$  mensual y el mayor  $EI_{30}$  por tormenta. En el  $EI_{30}$  mensual, enero está seguido por febrero, marzo y diciembre; y en el  $EI_{30}$  por tormenta, por febrero, diciembre y marzo. En el período de diciembre a marzo se registra un alto porcentaje del  $EI_{30}$  (61.14 %)

Considerando los momentos de laboreo de diferentes cultivos, las praderas artificiales son las más perjudicadas con respecto al riesgo de erosión por lluvias.

Debido a las diferencias en el contenido de humedad del suelo en las distintas estaciones, resultaría de interés poder utilizar para el cálculo del  $EI_{30}$  algún índice de humedad del suelo, así como también de compactación del mismo.

Los valores de  $EI_{30}$  han mostrado una alta variabilidad entre años, lo que determina la precaución a tener en cuenta cuando se utilizan promedios.

Dadas las diferencias que existen en las características de la lluvia entre distintos puntos del país, sería importante realizar estudios similares a éste en otras zonas del Uruguay.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AGRICULTURAL ENGINEERING COURSE 428 (1975)  
Hydrologic Frequency Analysis. Texas A&M University
- AGRICULTURAL ENGINEERING COURSE 613 (1975)  
Hydrologic Frequency Analysis. Texas A&M University
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI, R. (Jr.) (1975)  
Equação de Perdas de Solo. Boletim Técnico N°21 Instituto Agronômico. Secretaria da Agricultura do Estado de Sao Paulo.
- BRITO CHAVES, I. de y FREIRE, O. (1978)  
Erosividade das Chuvas na Microrregião Homogênea Brasileira N°98 (Estado da Paraíba). II Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo. Anais. Passo Fundo, 1978
- COGO, N.; DREWS, C.; GIANELLO, C. (1978)  
Índice de Erosividade das Chuvas dos Municípios de Guaíba, Ijuí e Passo Fundo, no Estado do Rio Grande do Sul. II Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo. Anais. Passo Fundo, 1978.
- DEDECEK, R. (1978)  
Capacidade Erosiva das Chuvas de Brasília-DF. II Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo. Anais. Passo Fundo, 1978.
- FAO (1967)  
La Erosión del Suelo por el Agua. Algunas Medidas para Combatirla en las Tierras de Cultivo. Cuaderno de Fomento Agropecuario N°81 FAO, Roma.
- GIGGHIA, R. (1976)  
Tajamares. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay
- HENRY, J. (1974)  
Estudios sobre Evapotranspiración. N°2936/RMO. RD/SCE bis. Agosto, 1974. UNESCO. Montevideo
- KOOLHAAS, M. (1977)  
La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. Boletín N°130. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay
- OLSON, T. y EISCHMEIER, W. (1963)  
Soil-Erodibility Evaluations for Soils on the Runoff and Erosion Stations, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27: 590-592.

- PEREIRA, W.; CARVALHO, A. da Silva, T.; RIBEIRO GOMES, F. (1978)  
Avaliação da Erosividade das Chuvas em Diferentes Locais do Estado de Minas Gerais. II Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo. Anais. Passo Fundo, 1978.
- ROVIRA, L y URIARTE, G. (1979)  
Efecto de Diferentes Pasturas y su Edad sobre Algunas Propiedades Físicas del Suelo y los Rendimientos de 1, 2 y 3 Trigos Posteriores. Tesis. Facultad de Agronomía, Montevideo. Uruguay
- WILSON, A. (1973)  
Hidrología N°2921/RMO.RO/SCE. Junio, 1973 UNESCO, París.
- WISCHMEIER, W. (1959)  
A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil-Loss Equation, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23: 246-249.
- \_\_\_\_\_ y MANNERING, J. (1969)  
Relation of Soil Properties to its Erodibility. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33:131-137
- \_\_\_\_\_ y SMITH, D. (1958)  
Rainfall Energy and its Relationship to Soil Loss. Trans. Amer. Geophys. Union 39: 285-291.
- \_\_\_\_\_ y SMITH, D. (1960)  
A Universal Soil-Loss Equation to Guide conservation Farm Planning. Trans. of 7th. Inter. Cong. of Soil Sci., vol 1 paper 2. Madison, Wisconsin.
- \_\_\_\_\_, SMITH, D y UHLAND, R. (1958). Evaluation of Factors in the Soil-Loss Equation. Agr. Eng. 39: 458-462.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Dirección Nacional de Meteorología del Uruguay, en cuyo Dpto. de Computación se procesó la información obtenida en este trabajo.

También agradecen a la Sra. Elena Albanell de Galípolo por el dactilografiado del trabajo.





