

ESTE TRABAJO HA SIDO REALIZADO  
GRACIAS AL " CONTRATO ENTRE EL  
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y  
GANADERIA Y LA UNIVERSIDAD  
DE COSTA RICA PARA FORTA  
LEER LAS INVESTIGACIO  
NES AGROMETEOROLOGI-  
CAS ", QUE SE INI-  
CIO EL 14 DE A-  
BRIL DE 1970.

**INTRODUCCION**

El rendimiento de un cultivo por debajo de su capacidad genética no es sino la respuesta a su mal manejo agronómico y/o a las condiciones adversas del medio climático. No es excepción este principio al cultivo del maíz (Zea mays L.).

El maíz constituye, inmediatamente después del arroz y del trigo, la tercera cosecha de cereal más importante del mundo. En cuanto al área dedicada a su cultivo, también ocupa el tercer lugar después de estos mismos granos.

Desde el punto de vista agronómico y comercial, la producción de maíz ocupa un lugar muy especial en la agricultura de los países de América Latina y de la parte Oriental de los Estados Unidos, donde se le usa para la alimentación humana, ganadería, avicultura y fines industriales. Sin embargo, muchos agricultores se hallan hoy día frente al dilema de si seguir o no produciendo maíz, especialmente cuando la producción que se obtiene es inferior a la esperada.

De allí que las investigaciones que se han realizado en los últimos años en las diferentes estaciones experimentales sobre este cultivo abarquen diferentes aspectos, todas ellas persiguiendo en una u otra forma el aumento de la producción. Se han estudiado las condiciones de suelo, aspectos agronómicos e incluso se han obtenido nuevas variedades, pero todavía no se ha acumulado suficiente información acerca de sus exigencias climáticas.

Esta investigación tiene el propósito de discutir y aumentar los conocimientos acerca del binomio "clima-maíz", especialmente el tratar de comprobar la hipótesis que establece que, la producción de maíz depende directamente de la distribución armónica relativa acumulada de la lluvia y del brillo solar durante el ciclo vegetativo; con esto se espera poder definir la mejor época de siembra tradicional del período de mayo en la zona de la Provincia de Alajuela y así, determinar las condiciones climáticas apropiadas para un óptimo desarrollo de la planta, que traerá como consecuencia lógica la obtención de una mayor y más segura cosecha.

## REVISION DE LITERATURA

De los muchos factores que depende el éxito o el fracaso de las empres agrícolas, con relación al maíz, ninguno desempeña un papel tan decisivo como el comportamiento del tiempo climático durante el ciclo vegetativo del cultivo.

Varios investigadores (17, 19, 38), han demostrado la importancia de las variaciones en las producciones de maíz y como éstas estaban más asociadas con los factores del tiempo que con cualquier otro factor estudiado. Lange y Odell (37) observaron la importancia de la influencia del tiempo climático sobre el maíz, un mes antes y durante la floración, que durante cualquier otra etapa del ciclo de crecimiento del cultivo. Shaw y Thom (45) encontraron, en un estudio sobre la maduración del maíz, que el período comprendido entre la floración y la maduración, parece estar poco influenciado por las condiciones climáticas.

En cuanto a los ensayos sobre la época de siembra en el maíz, éstos se han realizado en diversas partes del mundo durante varios años y prácticamente en todos los casos las siembras más tempranas, con relación a la entrada de las lluvias, han dado los mejores resultados.

Allan (1), en Kenia, encontró que las declinaciones en el rendimiento de las cebadas a demoras al sembrar, luego del comienzo de las lluvias, han llegado en algunos a más de 100 Kg Ha<sup>-1</sup> por día en algunos ensayos. Concluyó que en regiones con cortas temporadas de lluvia, los cultivos sembrados tarde pueden sufrir la escasez de agua, en las etapas críticas de formación de la mazorca.

En Costa Rica, Vives y Chacón (52), encontraron que las distintas condiciones climáticas a través del año no afectaban el aspecto de la época de floración, obteniendo las mejores producciones en el período comprendido entre el final de la estación seca y el inicio de la estación lluviosa.

Salas (42), también en Costa Rica encontró que los mejores resultados los obtuvo en la siembra temprana, con rendimientos desde 41% hasta 54%, con relación a la siembra tardía.

Actualmente se cree que el equilibrio relativo entre humedad y aire en el suelo, durante las cuatro o cinco semanas después de la siembra, es responsable de las diferencias en las producciones en el maíz (1).

Varios autores (4, 5, 7, 26, 40, 47) encontraron que la cantidad y distribución de lluvia que el cultivo reciba, son factores importantes y responsables del rendimiento del maíz.

El período total de crecimiento, desde el brote hasta la madurez, es afectado por todos los factores climáticos, en especial por la lluvia. Si este período total de crecimiento se divide en dos períodos, del brote al espigado y aparición de las barbas, y de la aparición de éstas a la madurez el primer período es el más variable.

Las condiciones climáticas óptimas para el cultivo del maíz en los países tropicales implican una cantidad limitada de lluvia, en la primera parte del ciclo vegetativo, desde el final del primer mes hasta unas tres semanas después de la floración y una disminución gradual de la lluvia hasta el tiempo de la cosecha y luminosidad abundante durante todo el ciclo (25, 27 50).

Davis y Pallensen (10), encontraron que a pesar de que la lluvia no está significativamente correlacionada con la producción, la distribución de la lluvia sí lo estaba. Demostraron que la lluvia era más adecuada en la primera parte del ciclo vegetativo y menos adecuada en la última parte de esta etapa.

Miloslav et al (25), reportó que una planta de maíz gasta en su período vegetativo 200 litros de agua, necesitando en consecuencia 8 millones de litros de agua para una densidad de 40.000 plantas por hectárea; es decir; una lluvia de 800 m.m. durante su ciclo vegetativo. Sin embargo, para un buen crecimiento son suficientes 200 m.m. de precipitación por período vegetativo, obteniendo la diferencia de la reserva del suelo y del rocío. Este valor de 200 m.m. de lluvia es relativo, ya que su uso depende de la temperatura del aire y del suelo, así como de su distribución e intensidad y de las condiciones de suelo existentes.

Vives y Chacón (52), encontraron cierta tendencia en el sentido de que los mejores rendimientos se obtuvieron cuando la lluvia, en los primeros 74 días de crecimiento era menor de los 600 m.m. El óptimo podría estar entre los 350 m.m. y los 480 m.m., dato que es cercano a los 400 m.m. que tiene la zona maicera de los Estados Unidos, aunque éstos últimos son para todo el ciclo vegetativo.

Barger (4), en su análisis sobre distribución de la lluvia agrega que un déficit de lluvia durante semana y media en cualquier período del ciclo hace que la producción disminuya dependiendo del tipo de suelo. No importa si el déficit de lluvia sea antes o después de la floración, la producción disminuye.

El efecto de las deficiencias de humedad en períodos específicos del desarrollo del maíz ha sido investigado en diversas ocasiones y la opinión de los autores difiere en cuanto a cuál período del ciclo es el más importante. Algunos han dividido el ciclo de crecimiento en dos períodos, del brote a la aparición de las barbas, y de la aparición de éstas a la madurez.

Hernández y Lair (22), en México, en un estudio para determinar la influencia de las condiciones de la humedad del suelo, en la primera parte del ciclo vegetativo del maíz; encontraron que dejando secar el suelo hasta el porcentaje de marchitez permanente, 35 días después de la siembra, no había reducción en los primeros rendimientos. Esto quiere decir que durante la primera parte del ciclo del maíz las plantas pueden marchitarse por varios días sin afectar los rendimientos.

Howe y Rhoades (24). Investigaron las prácticas de riego para el maíz en relación con su estado de desarrollo; concluyeron que los rendimientos se reducen cuando las deficiencias de humedad ocurren durante el espigado y la primera parte del periodo de formación de granos.

Otros investigadores, han dividido el ciclo vegetativo en tres periodos, a) del brote a 1 mes antes de la floración, b) un mes antes y uno después de la floración y c) un mes después de la floración hasta la madurez.

Miller y Duley (31), en un estudio de invernadero, dividieron el ciclo del maíz en tres periodos de 30 días y midieron el efecto de las deficiencias de humedad durante cada uno de estos periodos. Según sus observaciones, el efecto de las deficiencias de humedad durante el primer tercio del ciclo sobre el desarrollo del maíz no era apreciable, pero sí era de alcance el efecto de las deficiencias durante el último tercio.

Corner (8), investigó el efecto de los riegos suplementarios durante diferentes épocas del ciclo sobre el rendimiento del maíz dulce; encontró que tres riegos antes de la formación del elote tuvieron poco efecto en el rendimiento del maíz en elote, mientras que cuatro riegos después de la formación del elote sí incrementaron el rendimiento.

Glover (18), encontró que un déficit de lluvia en el periodo joven del cultivo no afectaba la producción, siempre y cuando la competencia de las malas hierbas sea mantenida al mínimo.

El periodo de formación de las espigas y aparición de las barbas es particularmente crítico. El espigado precede normalmente a la aparición de las barbas de 4 a 10 días. En condiciones difíciles, tales como escasez de humedad, fertilidad inadecuada, o intensidad de luz recibida debido a la densidad de siembra, la formación de las barbas puede retrasarse dos semanas o más. Bajo tales circunstancias el grano puede ser escaso o las panojas pueden ser totalmente estériles debido a polinización inadecuada durante la época en que aparecen las barbas (12, 26, 48).

Robins y Domingo (36), observaron que el agotamiento de humedad, en la zona de la raíz, hasta la marchitez, de 1 a 2 días durante la polinización reduce el rendimiento en un 22 por ciento y, de 6 a 8 días, es cerca del 50 por ciento.

Rhoades y Nelson (35), encontraron que el consumo de agua por el maíz está determinado por el clima, período vegetativo, frecuencia de riego, etc. Sus experimentos determinaron que el maíz es muy sensible a las deficiencias de humedad en el suelo al momento del espigado y formación de la mazorca.

Fernández y Laird (13), estudiaron los efectos de la sequía durante el espigado en maíz fertilizado con cantidades diferentes de Nitrógeno y encontraron que hubo una considerable reducción en el rendimiento del maíz bien fertilizado, debido a una deficiencia de humedad durante el espigado.

Otros autores (4, 9, 55), también hacen responsable a la sequía durante la floración de más del 25% de la disminución de la producción, aunque la cantidad de lluvia para la estación haya sido la adecuada.

Otro aspecto de gran importancia en el maíz es la condición climática reinante en el momento de la cosecha, ya que cuando coincide con épocas de gran precipitación las mazorcas sufren pudrición y germinación de los granos en la planta (40).

La interacción de la lluvia y la temperatura también ha sido investigada por diversos autores.

Davis y Harrebb (11), estudiando las producciones de maíz en la faja maicera de los Estados Unidos demostraron que las temperaturas máximas más bajas de la normal y la lluvia más alta de la normal estaban asociadas con las producciones más altas.

Mills (32), indicó que hay una mayor relación entre la lluvia y la producción de maíz que entre la temperatura y la producción.

Stacy et al (49), en un estudio sobre el comportamiento de la temperatura máxima y la lluvia, explicaron cerca del 70% de la variación de la producción. Concluyeron que temperaturas superiores a la normal de la zona, en la primera parte del ciclo vegetativo del cultivo, tenía un efecto negativo en la producción y un efecto positivo durante la última parte del ciclo vegetativo cuando se mantenía una lluvia constante.

Estudiando el efecto térmico Hanna (20) encontró que el crecimiento del maíz está estrechamente correlacionado con la temperatura más que con cualquier otro factor simple de clima, dando de 40 a 70% de variabilidad en las curvas de crecimiento.

El maíz es una planta tropical que no resiste las heladas, sin embargo el cultivo puede llegar a su madurez si la temperatura promedio del aire es cerca de 24 °C durante el ciclo vegetativo (34).

Aunque siendo el maíz una planta tropical, las condiciones más favorables para la producción económica se encuentran en la faja maicera de los

Estados Unidos. Esta región tiene una combinación de temperatura, precipitación y condiciones de suelo ideales para este cultivo como lo prueba el hecho de que alrededor de la mitad de la producción mundial se obtiene en dicha faja. Las condiciones promedio de ésta faja varían en temperatura desde 18 °C a 23 °C y en precipitación de 89 mm a 114 mm. en los meses de mayo a agosto respectivamente (34).

La temperatura rara vez constituye un factor decisivo excepto a grandes latitudes, ya que la media anual necesaria de 28 °C se presenta en casi cualquier lugar de los trópicos con elevación menor de 1.400 m.s.n.m. Sin embargo, el ciclo de desarrollo se alarga debido a una menor temperatura media, como ocurre en las altitudes medias (34).

Jenkin opina (26) que, aunque las variedades difieren en requerimiento de temperatura, el maíz no germina a temperaturas inferiores a los 10 °C. A temperaturas inferiores de 12.7 °C las plantas recién germinadas son muy susceptibles a enfermedades. El mismo autor informa que el cultivo crece y florece mucho más rápido a 26.6 °C que a 21.1 °C. A temperaturas inferiores de 15.5 °C la floración y maduración se ven retardados ya que las plantas son susceptibles a daños por altas temperaturas durante la floración, cuando una combinación de temperaturas altas con humedad baja resulta en una intensa desecación y marchitez de la hoja y flores, evitando así la polinización. A esta misma conclusión llegaron Hendricks y Scholl (21) en los Estados Unidos.

Según Saéñz (39), el maíz requiere mayor temperatura para germinar que cualquier otro grano. En condiciones normales en Costa Rica se alcanza entre abril y mayo; estas temperaturas son una mínima de 9.9 °C y una óptima de 33 °C.

Finch y Baker (16), informan que el cultivo no crece donde la temperatura media en el verano sea menor de 18.8 °C, o donde durante las noches las temperaturas sean menores de 12.7 °C.

El crecimiento del maíz durante el brote hasta el espigado, está relacionado tanto con la temperatura como con la humedad del suelo. Wallace y Bressman (56), encontraron que una variedad de maíz requería 74 días de la siembra al espigado una temperatura promedio de 20 °C, mientras que a una temperatura promedio de 22.7 °C solo requería 54 días. Las condiciones favorables de humedad de suelo acortan también el intervalo de tiempo de la siembra al espigado. Establecen así mismo que a una temperatura de suelo promedio de 15° a 18.3 °C, el maíz germina en un término de 8 a 10 días, mientras que entre 10 y 12 °C tarda en germinar de 18 a 20 días. Si el suelo está húmedo y a una temperatura de 21.1 °C tarda sólo de 5 a 6 días. Shaw y Thom (44), en otro ensayo similar ratificaron estos resultados.

Garner y Allar (17), trabajando en soya concluyeron que, año a año, la variación de la fecha de floración era causada principalmente por la varia

ción de la temperatura, a pesar de que las principales diferencias de madurez eran una respuesta fotosintética.

No obstante que la longitud del periodo anterior a la formación de los cabellos de la mazorca es muy sensible al estado del tiempo, algunas investigaciones han indicado que el periodo desde la formación de los cabellos de la mazorca hasta que adquiere su peso seco máximo es relativamente independiente de las variaciones del tiempo climático.

Berger (7), concluye que durante la parte final del periodo de desarrollo, particularmente durante la maduración del grano, el maíz necesita considerable cantidad de calor, combinado con una gran cantidad de brillo solar.

Recientemente ha habido algún interés en expresar la madurez del maíz en términos de unidades termales acumuladas (días grado), sobre una temperatura básica de 10 °C (43), como una medida requerida de la época de crecimiento (6) y en el uso de estas unidades térmicas como guía para la siembra (2, 15, 33).

Murillo (33), concluye que aparentemente el aprovechamiento de la temperatura es el factor que más influye en la longitud del periodo vegetativo de la planta. En condiciones normales las plantas pueden florecer en un menor número de días si éstas mantienen una temperatura óptima para el crecimiento o emplear mayor número de días si esta temperatura es más baja que el óptimo. Agrega que conociendo el número de unidades calóricas que se requieren para florecer, es posible hacer coincidir la florescencia de materiales de diferentes periodos vegetativos.

Saéiz (39), menciona que el grado calórico del maíz durante el ciclo completo del cultivo es de 2.500 a 3.800 °C.

Iaroslav et al en Rusia (25), concluyen que el maíz para su ciclo completo de desarrollo necesita de 1.700 a 3.120 °C y agregan que el factor primordial no es la suma de las temperaturas sino su distribución durante el ciclo. El cultivo no soporta cambios bruscos de temperatura tanto ambiente como del suelo. Agregan que el cultivo para su germinación no tolera temperaturas del suelo inferiores de 8 °C. La germinación y formación de brotes debe efectuarse de 10 ° a 12 °C como mínimo. Temperaturas mayores serán aún más favorables para el buen desarrollo de la planta. Agregan que la temperatura del suelo influye en el desarrollo del sistema radical, siendo de 24 °C la temperatura óptima; también influye en el desarrollo del ciclo vegetativo, siendo el óptimo de 20 °C para la primera fase y para la segunda cerca de 28 °C. Para la floración el óptimo de temperatura de suelo es de 28 °C a 32 °C. Si la temperatura es menor de 16 °C, no florece. También dicen que a una temperatura de suelo de 7 ° a 11 °C el maíz germinó a los 15-17 días, mientras que a 12°- 15 °C lo hizo en 10-12 días.

Pocas son las investigaciones referentes al brillo solar y a la duración del día.



Jenkins (26), reporta la importancia del brillo solar para el maíz, el cual requiere de abundante luz para que produzca el máximo, y no crece normalmente durante extensos períodos de tiempo nublado. Agrega que la floración se reduce con los días cortos y se aumenta con los días largos.

Kiesselbach (28), en Nebraska, en un ensayo de 4 cepas de diferentes latitudes bajo dos duraciones de días diferentes, encontró que todas las variedades respondieron al día más corto, reduciendo el crecimiento vegetativo y floreciendo más temprano,

La mayoría de las áreas cultivadas de maíz en los Estados Unidos tiene adecuada luz solar; Mattice (30), encontró una buena producción por hectárea en varios Estados de la faja maicera, asociada con el porcentaje de posibilidad de luz solar durante ciertos períodos. Es probable sin embargo que esto sea debido a un efecto directo del brillo solar o un efecto indirecto debido a la alta temperatura.

El viento constituye uno de los factores climáticos que afectan el desarrollo de las plantas y propagación de semillas, esporas etc. Efectúa la polinización de las plantas anemófilas, para lo cual es importante considerar su dirección al tiempo en que se desprende el polen. La evaporación y evapotranspiración son también afectadas por la velocidad del viento (53).

Un estudio del viento y su velocidad en el cultivo del maíz fué hecho por Stoller y Lemon (29) dentro y sobre el follaje del cultivo, encontrando que la velocidad del viento aumenta sobre el follaje, aún cuando hay también un incremento de la velocidad dentro del follaje, especialmente cerca de su límite exterior. Estos resultados son un poco diferentes que los obtenidos por Penman y Long (29), quienes observaron que el maíz tiende a "sellarse" con el aumento de la velocidad.

Hesketh (23) encontró que una mayor turbulencia en el follaje del maíz, debido al intercambio gaseoso, aumentó la fotosíntesis con la velocidad del viento. Bajo velocidades menores de viento gran parte de las hojas debajo de la cubierta superior no tienen fotosíntesis a una proporción relativa de la luz recibida. Sin viento la proporción de la luz recibida en las hojas inferiores es menor y en consecuencia es menor la fotosíntesis.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización:

El estudio se realizó en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, localizada en el Distrito Segundo, del Cantón Central de la Provincia de Alajuela.

### Variedad usada:

Se usó la variedad de maíz blanco Tico H-1, por ser ésta la que se ha venido sembrando por muchos años en la Estación Experimental y en la zona de Alajuela. El Tico H-1 es un híbrido simple formado por las líneas Rojo 103-1 x ETO 70-1 con una sola fecundación (41).

### Diseño Experimental

El diseño experimental usado fué un bloque al azar con cuatro repeticiones y trece tratamientos, correspondiendo cada tratamiento a una época de siembra. Las siembras se hicieron desde el 19 de abril hasta el 18 de junio de 1972, con cinco días de separación entre ellas, como puede observarse en el Cuadro 1.

CUADRO 1  
TRATAMIENTOS Y FECHAS DE SIEMBRA  
ESTACION EXPERIMENTAL AGRICOLA FABIO BAUDRIT M.  
1972

Trat.	Fecha de siembra	Trat.	Fecha de siembra
1	Abril 19	8	Mayo 24
2	Abril 24	9	Mayo 29
3	Abril 29	10	Junio 3
4	Mayo 4	11	Junio 8
5	Mayo 9	12	Junio 13
6	Mayo 14	13	Junio 18
7	Mayo 19		

### Labores culturales:

Las prácticas agronómicas que se utilizaron son las recomendadas por el programa de maíz de la Estación Experimental citada.

### Análisis

Los datos de producción se analizaron estadísticamente según el diseño experimental empleado; así mismo se determinaron las posibles correlaciones existentes entre la cantidad de lluvia y de brillo solar que prevalecieron durante el ensayo y las producciones obtenidas.

Para el análisis de correlación climática se tomaron los valores registrados en la Estación Agrometeorológica Observadora Ing. Rafael A. Chavarría F. que se encuentra ubicada a unos 500 m al N del lugar en que estuvo situada la plantación de maíz; se usó la distribución de la lluvia y la del brillo solar, según el método del balance armónico relativo acumulativo Pluvio Solar de Vives (54) actualmente en estudio. Este método compara porcentualmente la distribución de esas dos variables durante el ciclo vegetativo de cada época de siembra, como los determinantes de la producción. Implica este método que las demás variables meteorológicas están relacionadas directa o indirectamente con estos dos elementos del clima.

Este consiste en tomar los valores porcentuales de esas variables cada cinco días, a partir del día de la siembra hasta el día de la cosecha, trazando al final la línea promedio del balance Pluvio-Solar para las mejores épocas como representativas del comportamiento ideal del cultivo. En esta forma es posible sacar así los déficits y excesos de la lluvia y del brillo solar, partiendo de los valores obtenidos como promedios para las mejores épocas de siembra.

Epoca	Siembra	Cosecha	Pluvio Solar
1	15/11	15/12	...
2	15/12	15/1	...
3	15/1	15/2	...
4	15/2	15/3	...
5	15/3	15/4	...
6	15/4	15/5	...

El presente informe es el resultado de los trabajos realizados en el campo de la agricultura experimental durante el presente año.

## RESULTADOS

### Análisis estadístico:

El análisis estadístico de las trece épocas de siembra fue hecho basándose en el rendimiento de grano al 12 por ciento de humedad de 36 plantas por parcela, número que no incluyó los bordes.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados del análisis de variación de la producción, el cual nos indica que las repeticiones y los tratamientos (época de siembra), fueron significativos, y en el Cuadro 3 se presentan el rendimiento y el agrupamiento de las trece épocas ordenadas según la prueba de Duncan, además las fechas de siembra y de cosecha de las mismas.

De acuerdo con el agrupamiento del Cuadro 3, las épocas de siembra fueron altamente significativas, siendo las mejores: mayo 4, abril 24, junio 3, abril 19, mayo 9, mayo 24, mayo 29, mayo 19.

Las siembras de mayo 14 y abril 29, se consideran como buenas; junio 13 y junio 18, se consideran como aceptables y la peor época resultó ser la de junio 8.

**CUADRO 2**  
**ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ**

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F.C.	F.T.	0.05
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>40.501</b>				
<b>Repeticiones</b>	<b>3</b>	<b>5.771</b>	<b>1.923</b>	<b>5.31*</b>	<b>2.86</b>	
<b>Tratamientos</b>	<b>12</b>	<b>21.668</b>	<b>1.805</b>	<b>4.99**</b>	<b>2.03</b>	
<b>Error</b>	<b>36</b>	<b>13.062</b>	<b>0.362</b>			

**Coefficiente de variación = 9.77%**

CUADRO 3  
 RENDIMIENTO DEL MAIZ POR EPOCA DE SIEMBRA  
 1972\*

Epoca de		Producción	Agrupación según
Siembra	Cosecha	kg/ha 12% humedad	prueba de Duncan 5%
4 mayo	26 setiembre	7.136	
24 abril	16 setiembre	6.915	
3 junio	26 octubre	6.631	
19 abril	11 setiembre	6.537	
9 mayo	1° octubre	6.536	
24 mayo	16 octubre	6.505	
29 mayo	21 octubre	6.284	
19 mayo	11 octubre	6.221	
14 mayo	6 octubre	5.905	
29 abril	21 setiembre	5.874	
13 junio	5 noviembre	5.526	
18 junio	10 noviembre	5.179	
8 junio	31 octubre	4.831	

\* Epocas de siembra con igual letra son estadísticamente iguales.

**Análisis de regresión:**

Para encontrar una posible correlación entre la producción y cada una de las variables estudiadas, por separado, según el método del balance armónico relativo acumulativo Pluvio-Solar de Vives (54), se hizo un análisis de regresión de los valores acumulados de la lluvia y del brillo solar Vs. la producción obtenida para cada época de siembra.

El análisis, con un ajuste de 4 modelos lineales, demostró que no hay ninguna relación entre esas variables y la producción, siendo los valores obtenidos, menores del 10% para los cuatro modelos matemáticos analizados.

**Balance armónico relativo acumulativo Pluvio-Solar Vs. Producción:**

A pesar de que muchos han investigado las condiciones del requerimiento climático del cultivo del maíz, no han podido llegar a definir con exactitud las exigencias medias o extremas para los diferentes elementos del clima, considerados éstos aislados o conjuntamente.

Con el propósito de lograr una mayor información sobre este aspecto, en la zona de Alajuela, Costa Rica, se analizó la producción de cada una de las épocas de siembra, relacionándolas con la hipótesis de que el balance armónico relativo acumulativo Pluvio-Solar de Vives (54), es significativo para la producción.

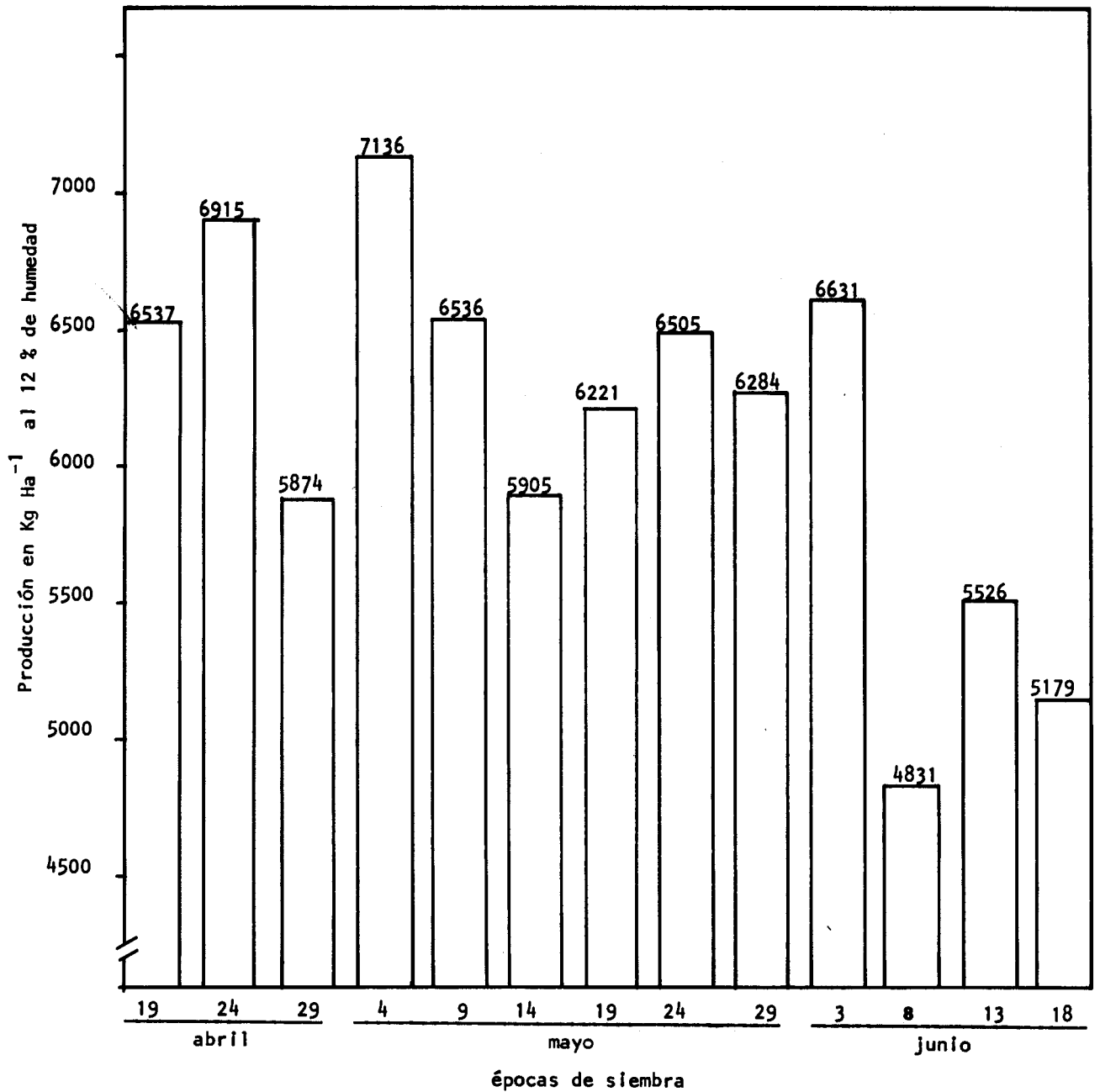


Fig. 1 Rendimiento de grano de maíz en Kg Ha<sup>-1</sup> al 12 % de humedad por época de siembra.

Hecho el análisis estadístico de la producción, se hizo, basado en el agrupamiento de las trece épocas de siembra según prueba de Duncan (Cuadro 3), un nuevo agrupamiento de las épocas por categorías, en la forma siguiente:

**Categoría 1:** Formado por las siembras de mayo 4 y abril 24, correspondientes a las épocas con las mejores producciones.

**Categoría 2:** Siembras de junio 3, abril 19, mayo 9, mayo 24, mayo 29 y mayo 19 correspondientes a épocas con buenas producciones.

**Categoría 3:** Siembras de mayo 14, abril 29 y junio 13, correspondientes a épocas con producciones aceptables.

**Categoría 4:** Siembras de junio 18 y junio 8, correspondientes a las épocas con las producciones más bajas.

Una segunda clasificación se estableció, con base a los promedios de las líneas porcentuales de los valores acumulados de la lluvia y del brillo solar, correspondiente a las respectivas categorías citadas, para estudiar la relación entre categorías (producción) y clima (lluvia brillo solar).

La segunda clasificación quedó formada por líneas porcentuales en la forma siguiente:

**Grupo A:** Formado por la línea de tendencia de la distribución porcentual del promedio de las épocas de siembra incluidas en la categoría 1 (mayo 4 y abril 24).

**Grupo B:** Línea de tendencia de la distribución porcentual del promedio de las siembras incluidas en la categoría 2, ( junio 3, abril 19, mayo 9, mayo 24, mayo 29 y mayo 19).

**Grupo C:** Línea de tendencia de la distribución porcentual del promedio de las siembras incluidas en la categoría 3, ( mayo 14, abril 29 y junio 13).

**Grupo D:** Línea de tendencia de la distribución porcentual del promedio de las siembras incluidas en la categoría 4 (junio 18 y junio 8).

De acuerdo a que en las ocho primeras siembras (tratamientos), no hubo diferencias significativas según Duncan, se plotearon sus líneas de distribución porcentual de lluvia y brillo solar de los Grupos A y B para delimitar las zonas que se consideran óptimas para el balance armónico acumulativo de la lluvia y del brillo solar en el cultivo del maíz, (Figura 2).

Las líneas de la distribución porcentual, para los grupos C y D, que corresponden a las producciones regulares y malas respectivamente, se pueden observar en la Figura 3. Esta tendencia del balance lluvia-brillo solar se consideran negativas para la producción del maíz.

La intercepción de las líneas porcentuales promedios de los grupos A y B, de la Figura 2, forman tres puntos críticos en el desarrollo del maíz que limitan tres zonas, por las cuales se supone que debe pasar toda tendencia de distribución porcentual de lluvia y brillo solar para que el cultivo se desarrolle óptimamente. Los puntos críticos se definieron en la forma siguiente:

- C<sub>1</sub>: Con los promedios de 18.5% de precipitación y de 19.6% de horas de brillo solar. Se alcanzó este punto crítico entre los 20 y 24 días después de la siembra.
- C<sub>2</sub>: Valores promedios de 46.2% de precipitación y de 60.2% de horas de brillo solar. Se alcanzó entre los 75 y 80 días después de la siembra.
- C<sub>3</sub>: Con 82.9% promedio de precipitación y de 85.9% promedio de horas de brillo solar. Se alcanzó entre los 120 y 123 días después de la siembra.

Se consideran los puntos críticos C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> como los puntos principales, significativos y limitantes de la producción del maíz; se le da menor importancia al punto crítico C<sub>3</sub>, debido a que como este último siempre estará cerca del cien por ciento, las variaciones de las distintas épocas de siembra se hacen muy difíciles de distinguir, por la pequeñez de tales diferencias.

De acuerdo a la intercepción de las líneas porcentuales promedios de los grupos A y B de la Figura 2 se presentan en el Cuadro 4, los valores porcentuales obtenidos para los puntos críticos en la producción del maíz.

**CUADRO 4**  
**PUNTOS CRITICOS Y SUS VALORES PORCENTUALES DURANTE EL CICLO VEGETATIVO DEL MAIZ**

Valores de	Puntos críticos en porcentaje		
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
Lluvia (m.m.)	18.5	46.2	82.9
Brillo solar (horas)	19.6	60.2	85.9
Días después de la siembra	20-24	75-80	120-123



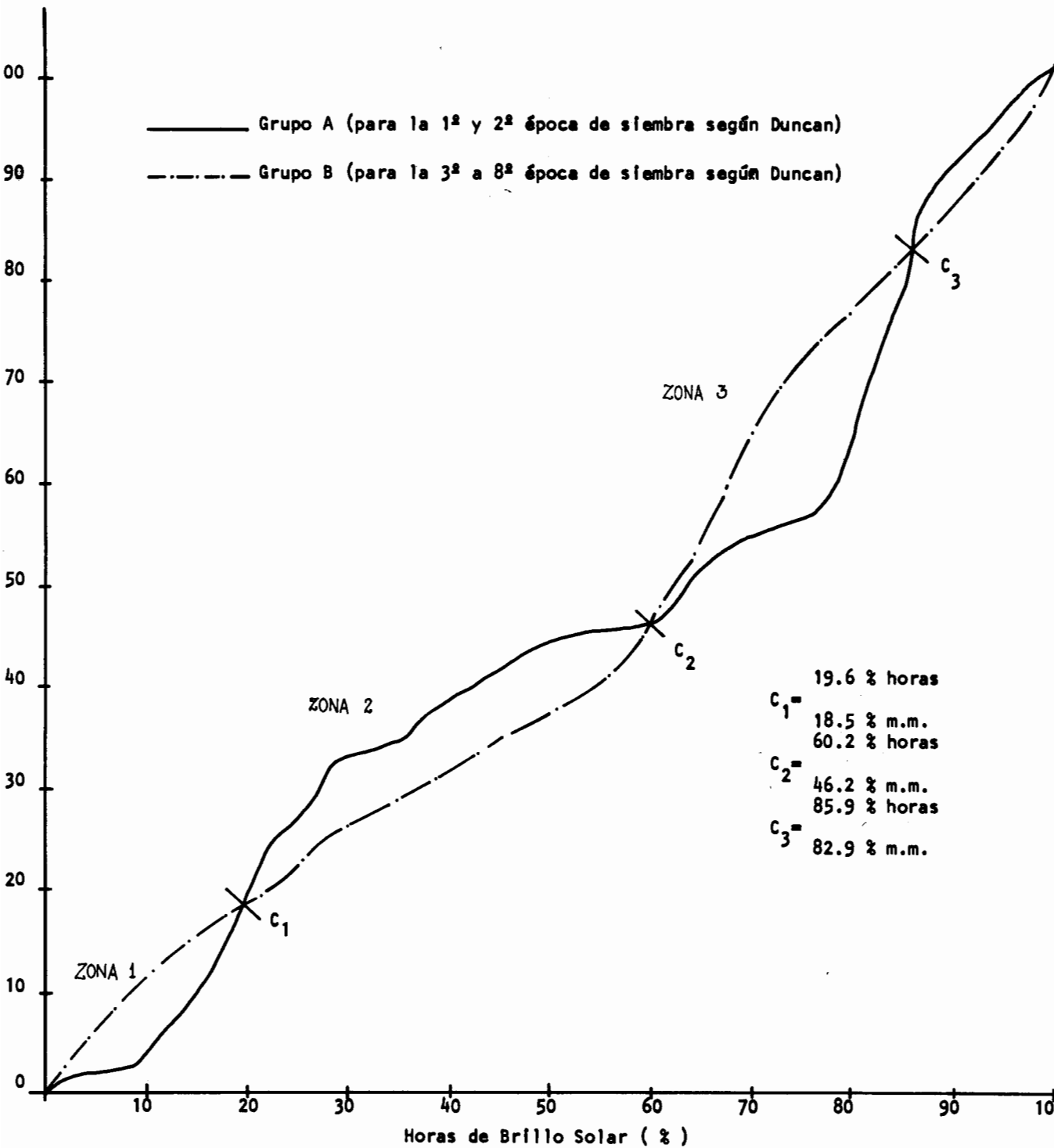


Fig. 2 Delimitación de las zonas óptimas de la distribución porcentual de lluvia y brillo solar y de los puntos críticos  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ .

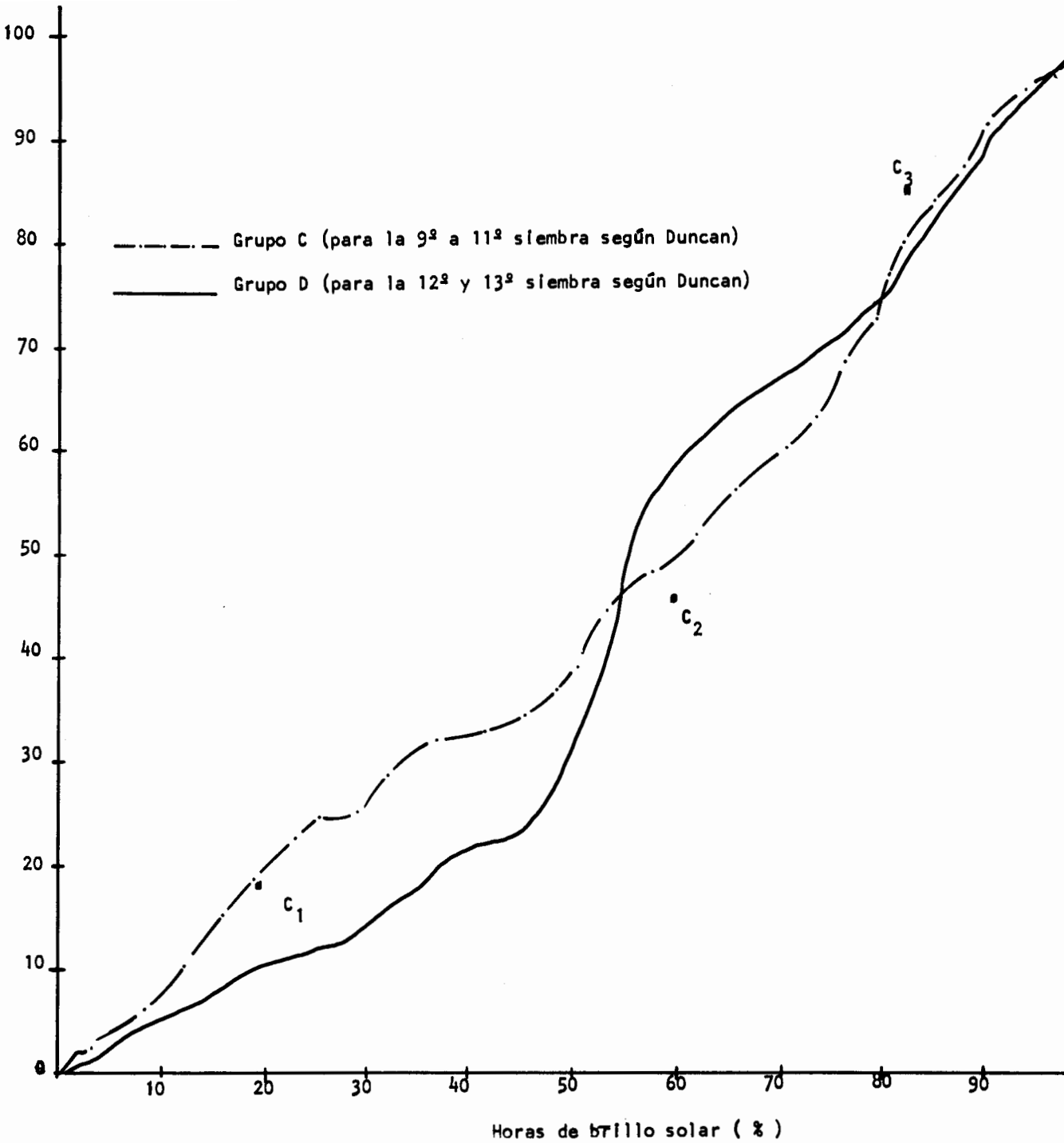


Fig. 3 Líneas de distribución porcentual para los grupos C y D

Déficits y excesos del balance armónico relativo acumulativo Pluvio solar, para cada época de siembra:

Se considera un exceso en el balance, cuando los valores de éste exceden al valor óptimo establecido para cada punto crítico de cada variable en particular, y un déficit, cuando los valores del balance sean menores a estos valores óptimos establecidos.

Se presentan los resultados de los déficits y excesos en el balance armónico relativo acumulativo Pluvio-Solar, calculados por separado, para las líneas de tendencias porcentuales de los valores acumulados de la lluvia y del brillo solar, con relación a los puntos críticos establecidos.

Las variaciones de excesos y déficit permisibles para la lluvia de las dos mejores épocas de siembra, clasificadas dentro de la categoría 1 ( mayo 4 y abril 24), se presentan en la Figura 4, de donde se deduce que para la siembra de mayo 4 hay un exceso de lluvia en los tres puntos críticos, cuyos valores fueron en C<sub>1</sub> de 6.5%, en C<sub>2</sub> de 3.3% y en C<sub>3</sub> de 4.6%.

En abril 24 se presentó un déficit en el punto C<sub>1</sub> de -8.3% de lluvia el C<sub>2</sub> tuvo un exceso de 1.5% y el C<sub>3</sub> un déficit de -7.4%.

Por otro lado, las variaciones de los déficits y excesos permisibles para el balance del brillo solar, de las épocas de siembra clasificadas en la categoría 1, mayo 4 y abril 24, se presentan en la Figura 5.

Para la época de mayo 4 se presentó déficits de brillo solar en los tres puntos críticos. En el punto C<sub>1</sub> el déficit fué de -3.6, en el C<sub>2</sub> de -1.7 y en el punto C<sub>3</sub> de -2.9 % de brillo respectivamente,

Para la época de abril 24 se presentó en el punto C<sub>1</sub> un exceso de brillo de + 3.1%, en el C<sub>2</sub> un déficit de -9.2% siendo éste el mayor valor de déficit registrado en este punto; en el punto C<sub>3</sub> se presentó un exceso de + 1.6%.

Los déficits y excesos para la lluvia, de las siembras clasificadas en la categoría 2, junio 3, abril 19, mayo 9, mayo 24, mayo 29 y mayo 19 se presentan en la Figura 6.

Para la siembra de junio 3, se presentó como se observa en la Figura, un déficit de lluvia de -7.0% en el punto crítico C<sub>1</sub>, un exceso en el punto C<sub>2</sub> de + 7.3% y un déficit de -3.9% en C<sub>3</sub>.

La época de abril 19, presentó un déficit en los puntos críticos C<sub>1</sub> y C<sub>3</sub>, cuyos valores son de -10.0% para C<sub>1</sub> y para C<sub>3</sub> de -17.3%, siendo este último valor el más alto registrado en este punto. En el punto C<sub>2</sub> hubo un exceso de + 3.8% de lluvia.

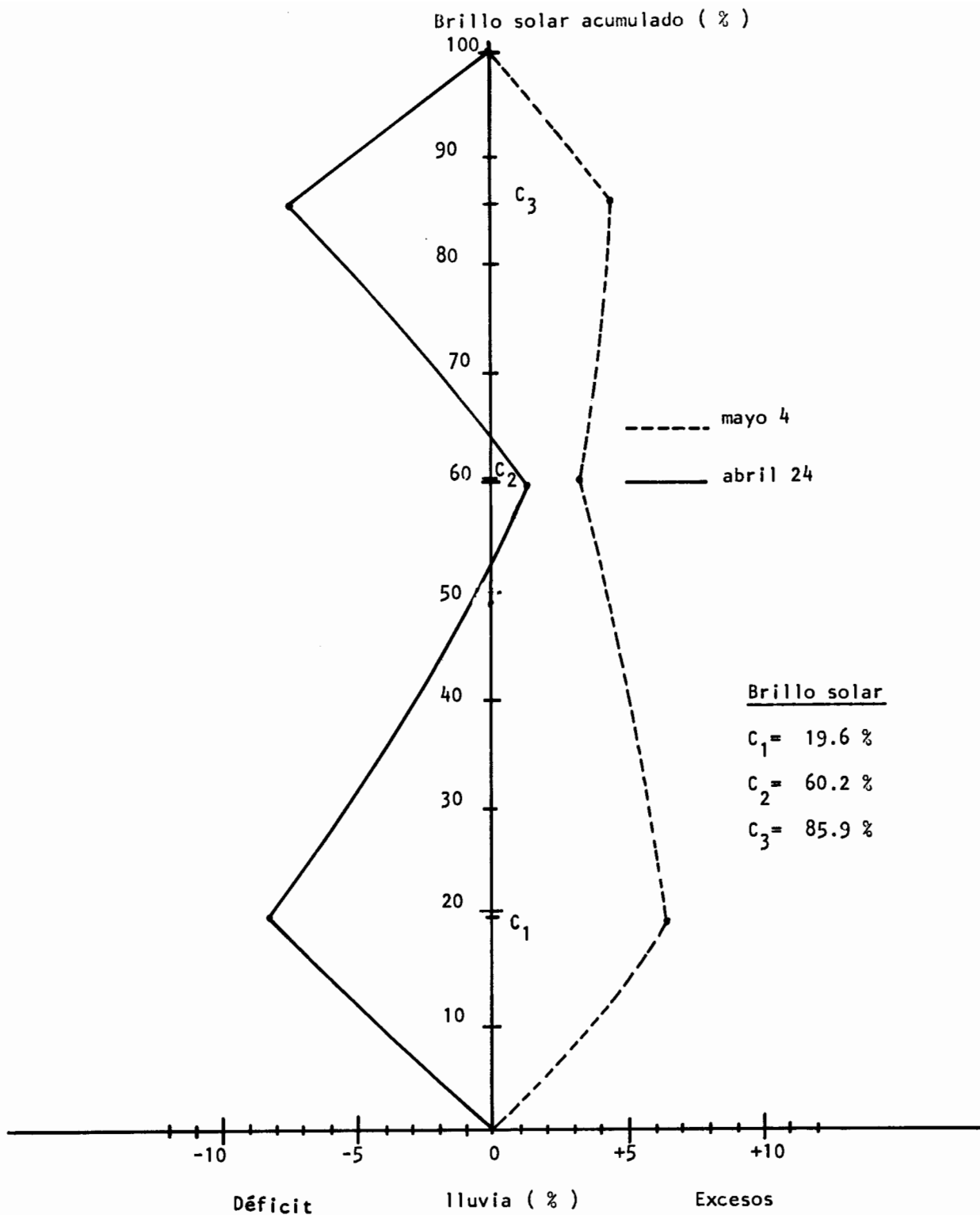


Fig. 4 Déficit y excesos en el balance armónico relativo acumulativo de la lluvia, para las siembras de mayo 4 y abril 24 (categoría 1).

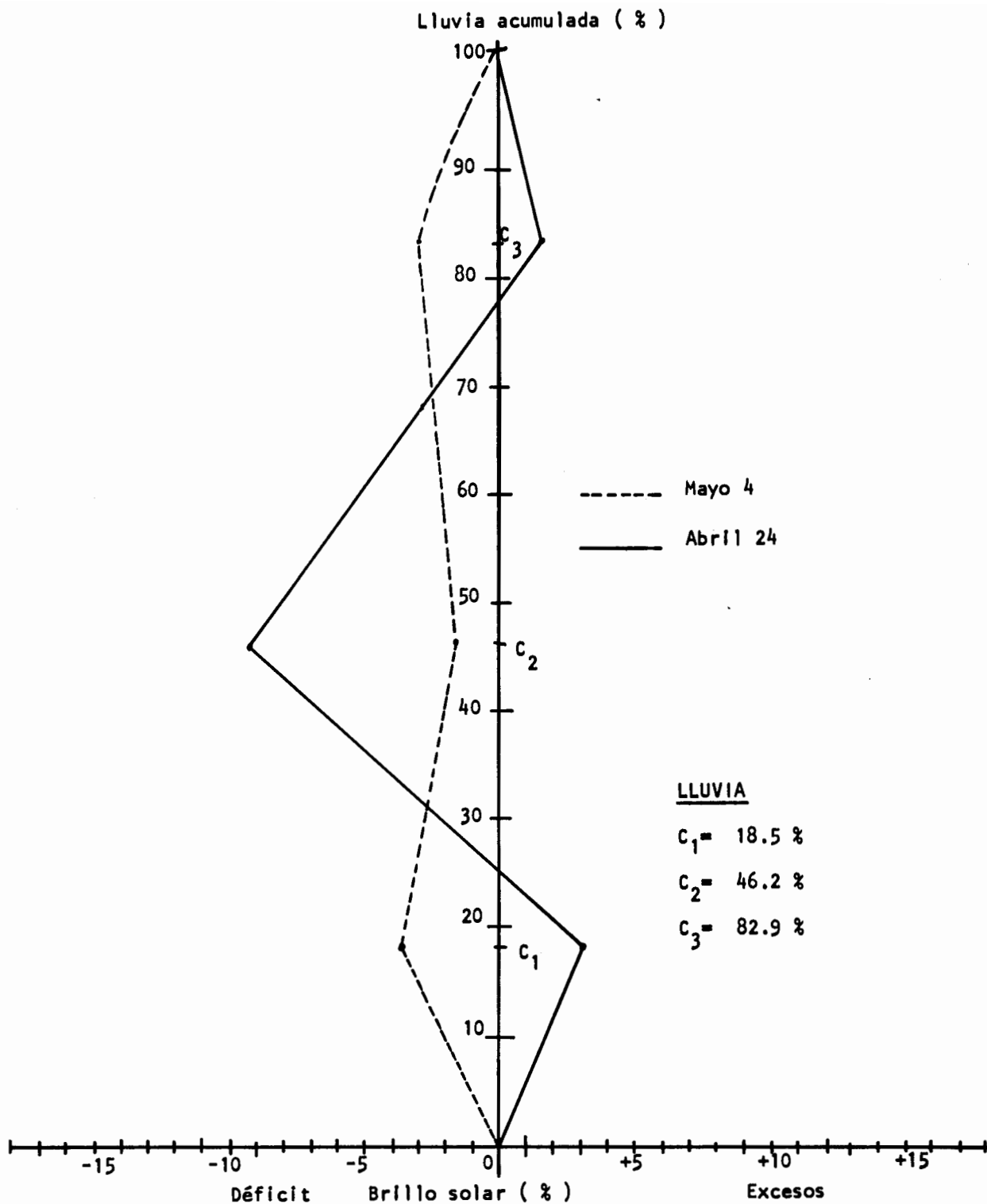


Fig. 5 Déficits y excesos en el balance armónico relativo acumulativo del brillo solar, para las siembras de mayo 4 y abril 24. (categoría 1).

Brillo solar acumulado ( % )

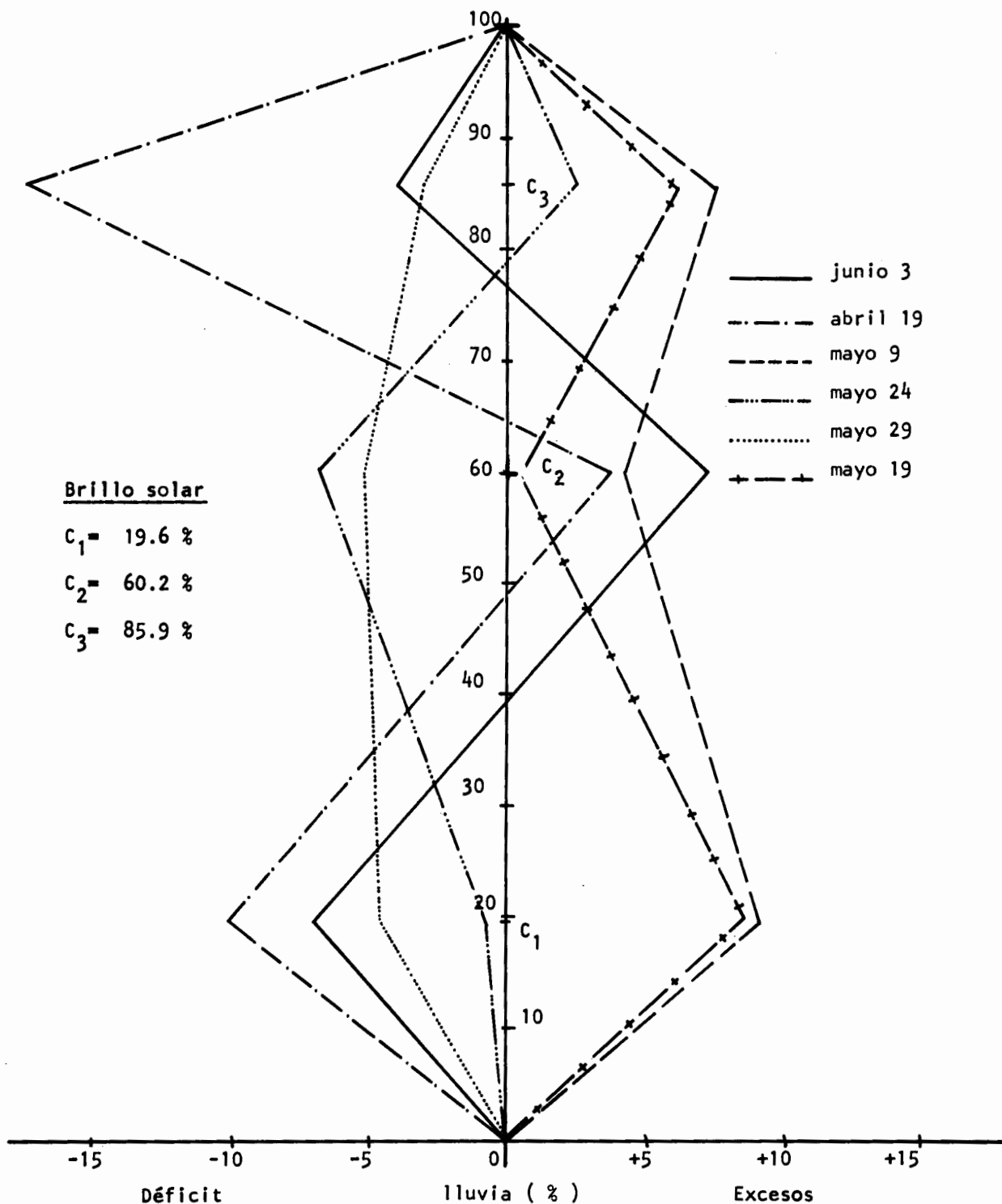


Fig. 6 Déficit y excesos en el balance armónico relativo acumulativo de la lluvia, para las siembras de junio 3, abril 19, mayo 9, mayo 24, mayo 29 y mayo 19 (categoría 2).

En la siembra de mayo 9, se presentó para los tres puntos críticos un exceso de lluvia, cuyos valores fueron para C<sub>1</sub> de + 9.2%, para C<sub>2</sub> de + 4.2% y C<sub>3</sub> con + 7.6% de lluvia.

Para la época de mayo 24, los puntos críticos C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, presentaron un déficit de lluvia, siendo en C<sub>1</sub> de -0.8%, valor que fué el menor déficit registrado para este punto, para C<sub>2</sub> el déficit fue de -6.7%. En el punto C<sub>3</sub> hubo un exceso de +2.6%.

La siembra de mayo 29 durante todo el ciclo presentó un déficit de lluvia. En el punto C<sub>1</sub> presentó un déficit de -4.5%, en el punto C<sub>2</sub> de -5.7% y en el punto C<sub>3</sub> de -3.0%.

La época de mayo 19 presentó en el punto C<sub>1</sub> un exceso de + 8.5% el punto C<sub>2</sub> de -0.3% siendo éste el menor déficit registrado en el punto; y de + 6.1% el punto C<sub>3</sub>.

Los déficits y excesos, para el balance del brillo solar de las siembras anteriores, clasificadas en la categoría 2, junio 3, abril 19, mayo 9, mayo 24, mayo 29 y mayo 19 se presentan en la Figura 7.

Para la época de junio 3 se presentó en el punto C<sub>1</sub> el mayor exceso registrado, siendo su valor de + 17.6% de brillo, en el punto C<sub>2</sub> presentó un déficit de -1.7% de brillo y en el punto C<sub>3</sub> un exceso de + 4.1% de brillo.

La siembra de abril 19 presentó un exceso de + 5.6% de brillo en el punto C<sub>1</sub>, en el C<sub>2</sub> un déficit de -8.5% de brillo. En el punto C<sub>3</sub> presentó un exceso de + 4.4% de brillo.

Para la siembra de mayo 9, se presentó déficit en los tres puntos críticos, siendo para C<sub>1</sub> de -6.9%, para C<sub>2</sub> de -5.2% y C<sub>3</sub> con -5.2% de brillo solar.

En la época de mayo 24, se presentó para los puntos C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> un exceso de + 2.4 y +2.5 % de brillo respectivamente y para el punto C<sub>3</sub> un déficit de -1.6%.

Para la época de mayo 29 se presentó un exceso de brillo durante todo el ciclo. En el punto C<sub>1</sub> de + 3.9%, en el C<sub>2</sub> de + 1.4% siendo éste el menor valor registrado para este punto para el exceso de brillo. En el punto C<sub>3</sub> el valor del exceso fué de + 3.8% de brillo.

Para la época de mayo 19 en el punto C<sub>1</sub> presentó el valor máximo registrado para este punto para el déficit con un valor de -10.1% de brillo. En el punto C<sub>2</sub> presentó el valor mínimo de exceso para este punto con 0.3% y en el punto C<sub>3</sub> un déficit de -9.3% de brillo solar.

Lluvia acumulada ( % )

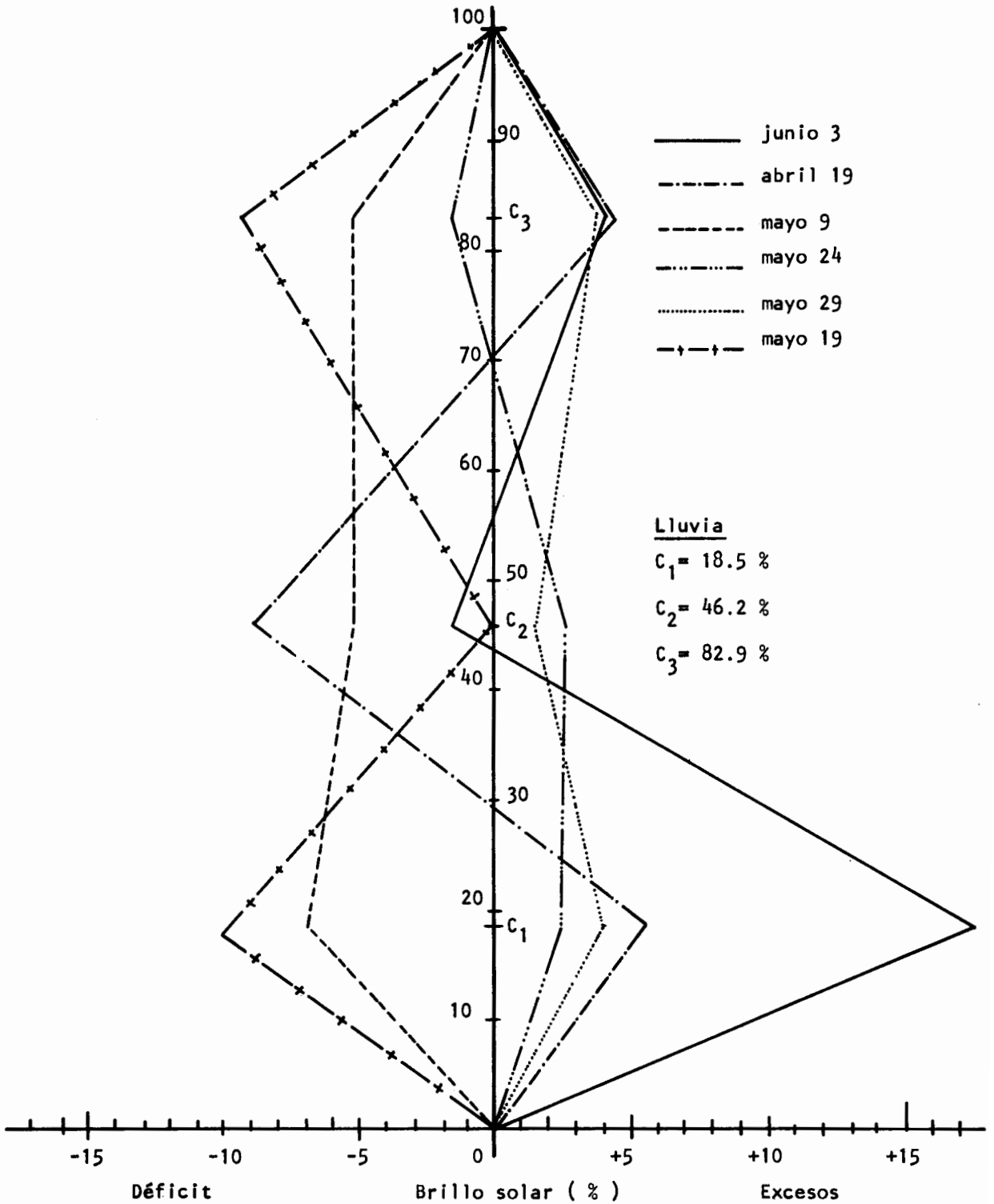


Fig. 7 Déficits y excesos en el balance armónico relativo acumulativo del brillo solar, para las siembras de junio 3, abril 19, mayo 9, mayo 24, mayo 29 y mayo 19 (categoría 2).



Los déficits y excesos para la lluvia, de las siembras clasificadas en la categoría 3, mayo 14, abril 29 y junio 13, se presentan en la Figura 8.

En la época de mayo 14 se presentó un exceso de lluvia durante todo el ciclo vegetativo, presentando en el punto C<sub>1</sub> el mayor exceso registrado con + 11.0%. En el punto C<sub>2</sub> presentó un exceso de + 3.8% y en el punto C<sub>3</sub> de + 6.6%.

La siembra de abril 29 también presentó excesos durante todo el ciclo vegetativo pero de inferior magnitud que la anterior. Presentó los valores más bajos registrados para los excesos en los tres puntos críticos:

$$C_1 = + 1.5 \%$$

$$C_2 = + 0.3 \%$$

$$C_3 = + 1.6 \%$$

La siembra de junio 13, presentó un déficit de -7.7% en el punto C<sub>1</sub> y en el punto C<sub>2</sub> presentó el mayor valor de exceso registrado en este punto, con +15.3%. En el punto C<sub>3</sub> hubo un exceso de + 2.6%.

Brillo solar acumulado ( % )

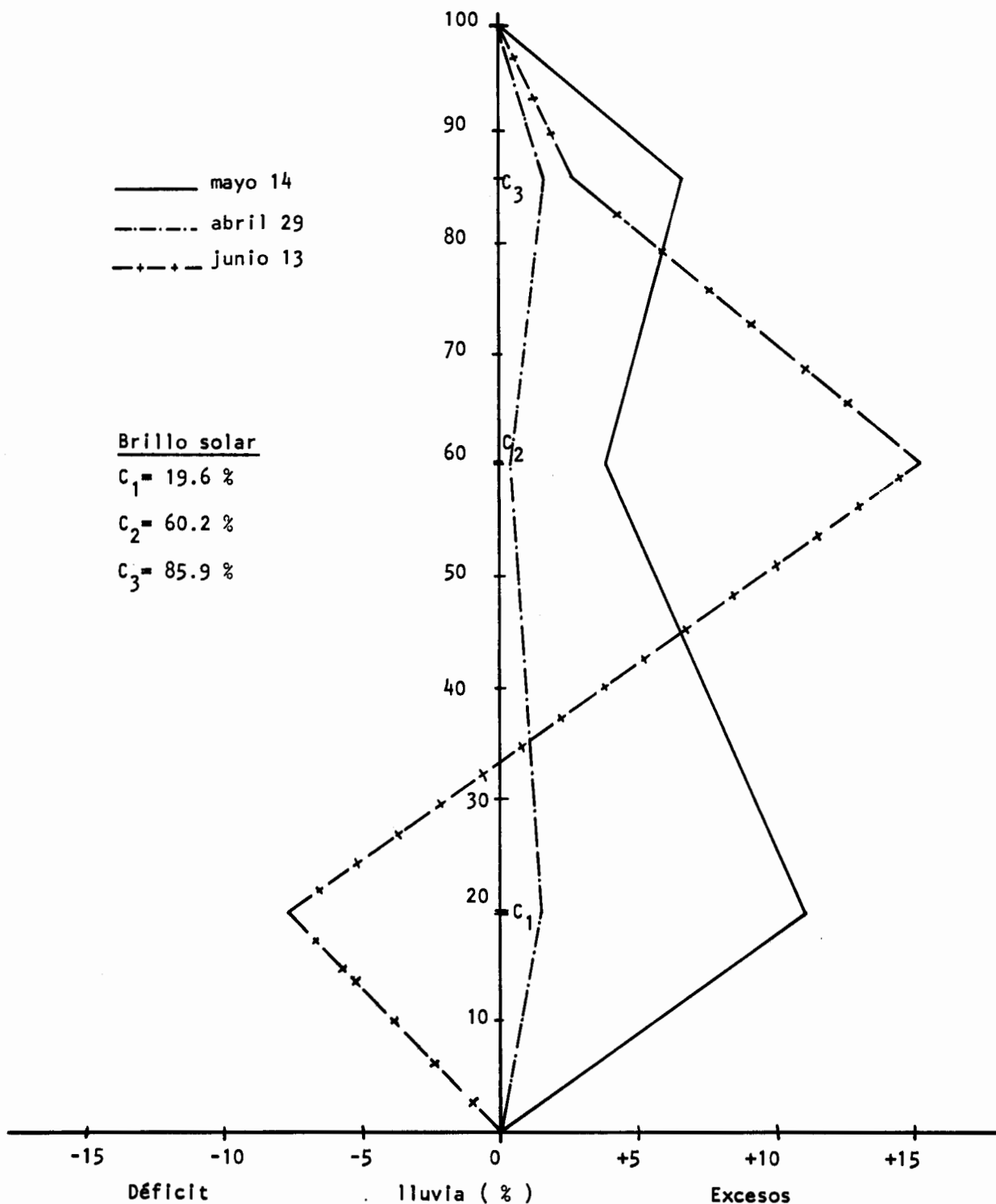


Fig. 8 Déficits y excesos en el balance armónico relativo acumulativo de la lluvia, para las siembras de mayo 14, abril 29 y junio 13 (categoría 3).

Para el brillo solar, los déficits y excesos de las épocas, mayo 3, mayo 14, abril 29 y junio 13 de 1972, clasificados en la categoría 3, se presentan en la Figura 9.

La siembra de mayo 14 presentó durante todo el ciclo un déficit de brillo. En el punto C<sub>1</sub> el déficit fué de -10.0%, en el C<sub>2</sub> -8.2% y en el C<sub>3</sub> -7.7%.

La época de abril 29, también presentó déficit de brillo en los tres puntos críticos; para el punto C<sub>1</sub>, registró el menor valor de déficit, con -0.4%. En el punto C<sub>2</sub> presentó -4.1% y en el C<sub>3</sub> de -0.9% de brillo.

Para la siembra de junio 13 en el punto C<sub>1</sub> presentó un exceso de +13.0%. En los siguientes dos puntos hubo déficit, siendo en C<sub>2</sub> de -7.1% y en C<sub>3</sub> de -0.7% de déficit de brillo solar, siendo éste último el menor valor registrado para este punto.

Los déficits y excesos de lluvia, para las dos peores épocas de siembra, junio 18 y junio 8 de 1972, clasificadas en la categoría 4, se presenta en la Figura 10.

La época de junio 18 presentó un déficit de -8.7 en el punto C<sub>1</sub>, y en el punto C<sub>2</sub>, hubo un exceso de +13.4% y en el punto C<sub>3</sub> un exceso de +4.3%.

La época de siembra de junio 8 que fué la peor, presentó al igual que la anterior un déficit en el punto C<sub>1</sub>, en este caso de -4.9% continuó en el punto C<sub>2</sub> con un exceso de +11.3% y un déficit en el punto C<sub>3</sub> de -2.3%, siendo éste valor el mínimo registrado en este punto.

Los déficits y excesos del brillo solar, de las épocas, junio 18 y junio 8 de 1972, clasificadas en la categoría 4, se presentan en la Figura 11.

Lluvia acumulada ( % )

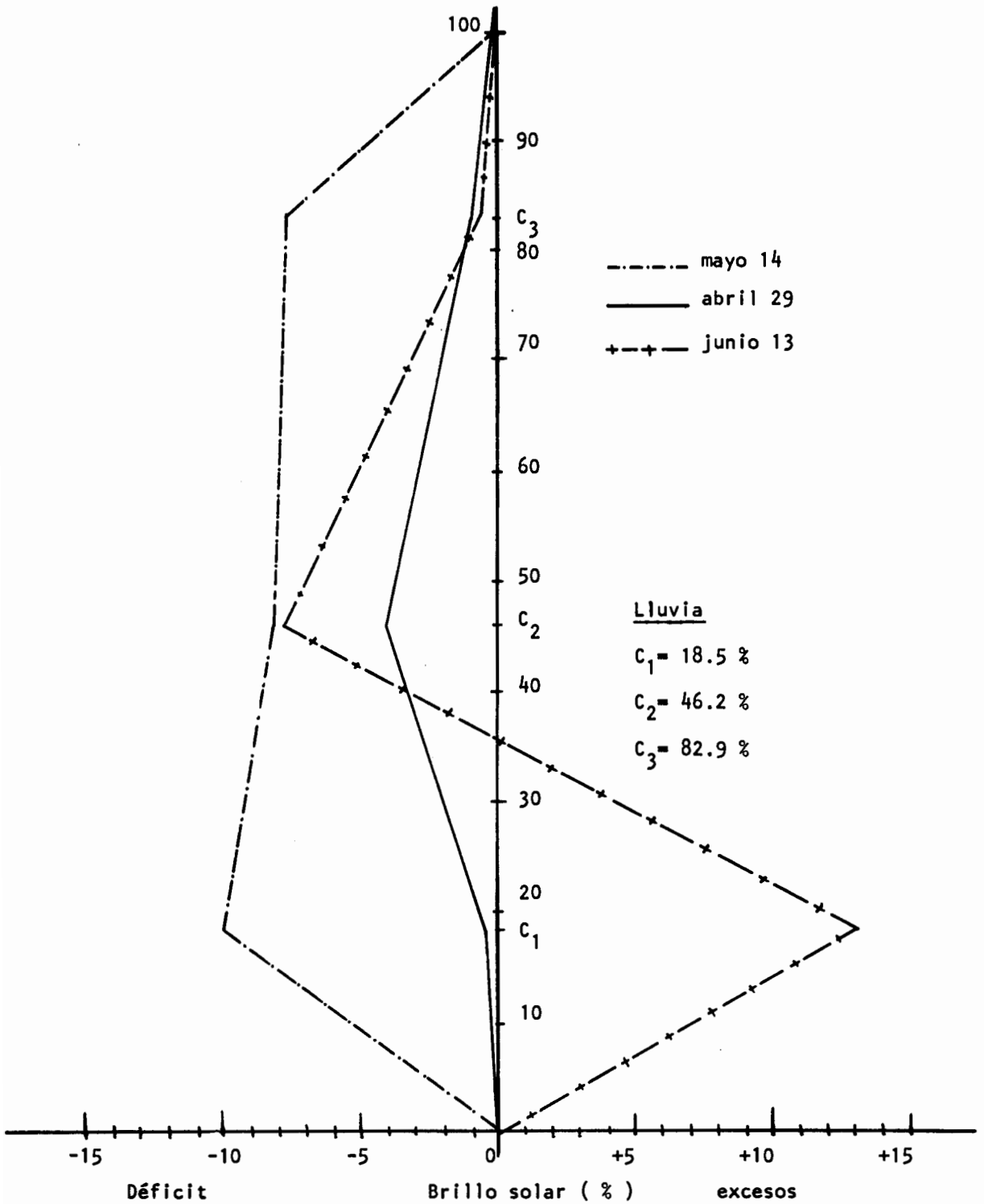


Fig. 9 Déficit y excesos en el balance armónico relativo acumulativo del brillo solar, para la siembra de mayo 14, abril 29 y junio 13 (categorfa 3).

Brillo solar acumulado (%)

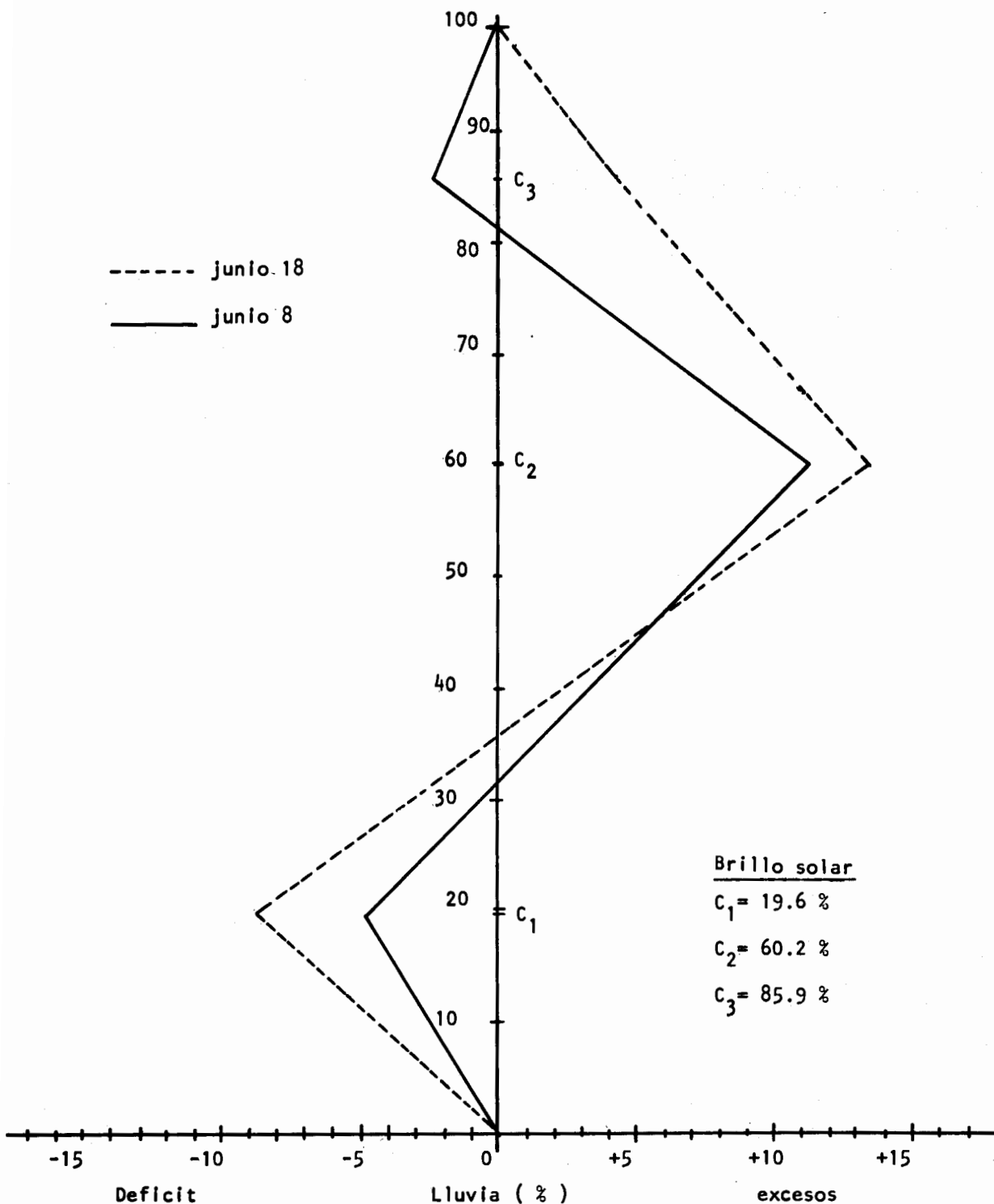


Fig.10 Déficits y excesos en el balance armónico relativo acumulativo de la lluvia, para las siembras de junio 18 y junio 8 (categoría 4).

Lluvia acumulada ( % )

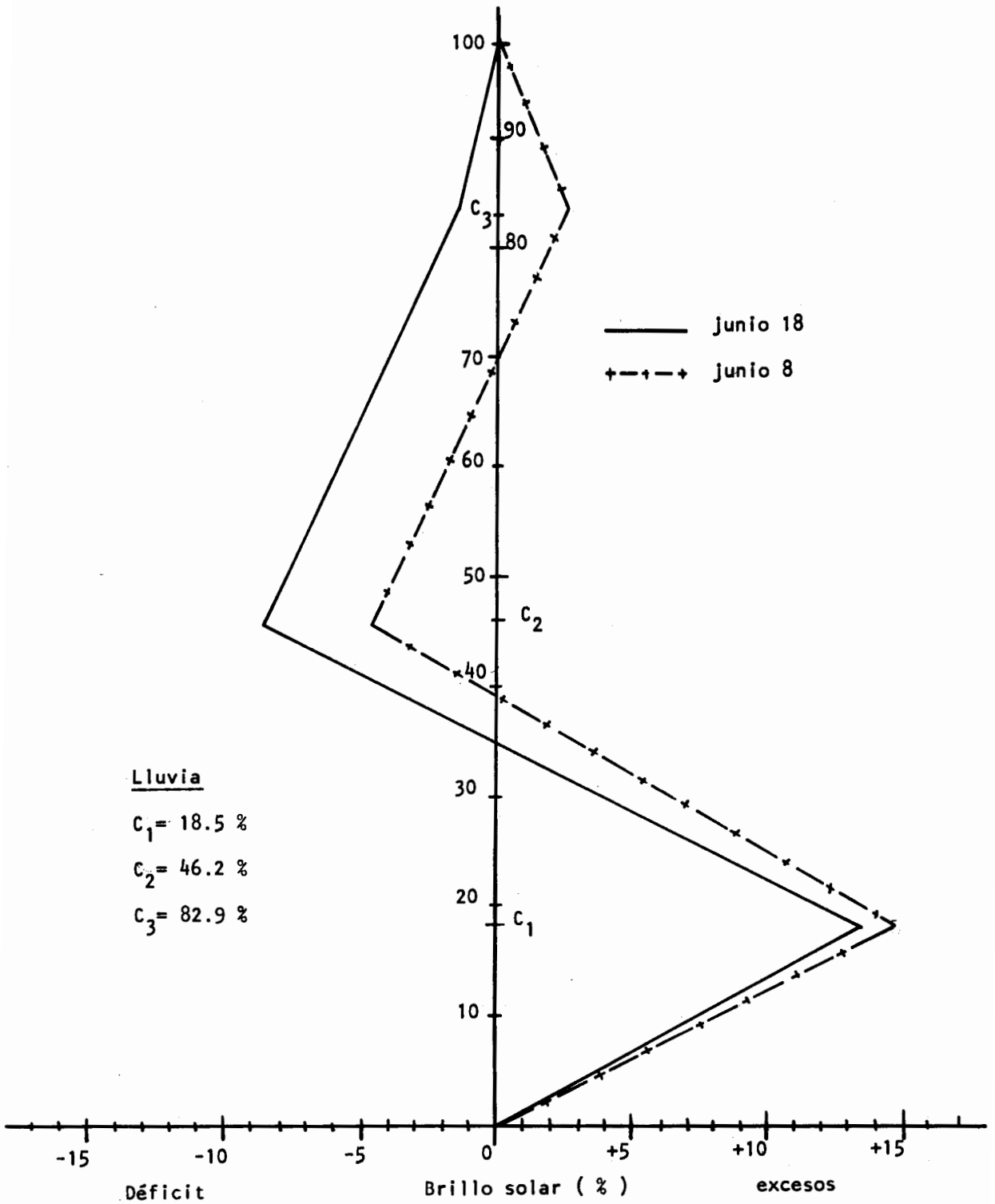


Fig.11 Déficit y excesos en el balance armónico relativo acumulativo del brillo solar, para las siembras de junio 18 y junio 8 (categorfa 4).

Para la siembra de junio 18, se presentó un exceso de brillo en el punto C<sub>1</sub> con un valor de + 13.6%. En el punto C<sub>2</sub> se presentó un déficit de -8.5% y para el punto C<sub>3</sub> el déficit disminuyó a -1.4% de brillo.

La siembra de junio 8 presentó en los dos primeros puntos una tendencia similar a la anterior, es decir un exceso en el punto C<sub>1</sub> de + 14.5%, un déficit en el C<sub>2</sub> de -4.6% y para el punto C<sub>3</sub> presentó un exceso de + 2.6%.

Comparando las Figuras de excesos y déficits de lluvia con los del brillo solar, se notó la tendencia, de que cuando en una de las variables se presentó un exceso o un déficit, la otra variable presentó el caso contrario es decir que cuando se presentó un exceso de lluvia se presentó en la misma época y en el mismo punto un déficit de brillo solar y viceversa.

Un resumen de déficits y excesos en el balance armónico relativo acumulativo final de la lluvia y del brillo solar para el cultivo del maíz, se presenta en el Cuadro 5.

CUADRO 5  
DEFICITS Y EXCESOS DEL BALANCE ARMONICO RELATIVO ACUMULATIVO PLUVIO SOLAR, PARA EL CULTIVO DEL MAIZ. ESTACION AGROMETEOROLOGICA ING. RAFAEL A. CHAVARRIA F.- 1972

Produc ción	Gru po	Trata- mientos Duncan Fecha	C <sub>1</sub>		C <sub>2</sub>		C <sub>3</sub>	
			% óptimos		% óptimos		% óptimos	
			18.5 mm	19.6 h	46.2 mm.	60.2 h.	82.9 mm.	85.9 h
Muy buena	A	4 mayo	+ 6.5	- 3.6	+ 3.3	- 1.7	+ 4.6	- 2.9
		24 abril	- 8.3	+ 3.1	+ 1.5	- 9.2	- 7.4	+ 1.6
		3 junio	- 7.0	+17.6	+ 7.3	- 1.7	- 3.9	+ 4.1
		19 abril	-10.0	+ 5.6	+ 3.8	- 8.5	-17.3	+ 4.4
buena	B	9 mayo	+ 9.2	- 6.9	+ 4.2	- 5.2	+ 7.6	- 5.2
		24 mayo	- 0.8	+ 2.4	- 6.7	+ 2.5	+ 2.6	- 1.6
		29 mayo	- 4.5	+ 3.9	- 5.7	+1.4	- 3.0	+ 3.8
		19 mayo	+ 8.5	-10.1	- 0.3	+ 0.7	+ 6.1	- 9.3
Regular	C	14 mayo	+11.0	-10.0	+ 3.8	- 8.2	+ 6.6	- 7.7
		29 abril	+ 1.5	- 0.4	+ 0.3	- 4.1	+ 1.6	- 0.9
		13 junio	- 7.7	+13.0	+15.3	- 7.1	+ 2.6	- 0.7
Mala		18 junio	- 8.7	+13.6	+13.4	- 8.5	+ 4.3	- 1.4
		8 junio	- 4.9	+14.5	+11.3	- 4.6	- 2.3	+ 2.6

(+) Excesos en el balance

(-) Déficits en el balance

## DISCUSION

Las variaciones de los distintos fenómenos meteorológicos, en porcentaje, para el período de abril a noviembre de 1972 en relación con el promedio de 1961-1970, permiten evaluar las siguientes consideraciones.

Para la lluvia, el período de abril a noviembre de 1972, se puede considerar muy cerca de lo que es un período lluvioso normal, pues solamente tuvo un 9.4 por ciento menos de la cantidad de lluvia promedio. Este porcentaje representa un valor absoluto de 176.3 m.m. del valor promedio de 10 años (1961-1970) para el período de abril a noviembre, que es de 1.883.2 m.m.

Los meses de abril, mayo, agosto y noviembre de 1972 presentaron un porcentaje mayor al promedio, en cambio, en junio, julio, septiembre y octubre el porcentaje de variación fue menor.

La variación del promedio total mensual del brillo solar, se considera también muy cerca de la normal del promedio para los meses de abril y noviembre de 1972, aunque en la mayoría de los meses, menos mayo y agosto, el porcentaje de variación fue mayor, siendo éste menor al 14 por ciento.

Los meses de mayo y agosto presentaron un porcentaje menor al promedio, siendo para ambos meses, menor del 8 por ciento.

Las variaciones de los promedios mensuales de la humedad relativa para el período de abril a noviembre de 1972, en relación al promedio 1961-1970 presentaron un porcentaje mayor para todos los meses, del período del año 1972, pero ninguno superior al 8 por ciento, por lo que se puede considerar este período como normal en relación al promedio.

En las variaciones del promedio mensual y los valores extremos promedios de la temperatura ambiente, se observa para la temperatura promedio, una disminución de un 5 por ciento para los meses del período de abril a noviembre de 1972.

La tendencia de la temperatura máxima fue similar a la temperatura promedio; la variación de la mínima promedio fue mayor en un 20 por ciento para los meses del período del año 1972.

La variación de los vientos, durante el período de 1972, puede considerarse normal, a excepción de julio y agosto, donde hubo variación en la velocidad y sobre todo en la dirección, para el resto de los meses la dirección se mantuvo igual.



La variación de los totales mensuales para las extremas de la temperatura del suelo y su oscilación para dos profundidades se comportaron de la siguiente forma.

En el nivel de 5 centímetros de profundidad, se observa una disminución del porcentaje de variación en su oscilación para los meses de abril a noviembre de 1972; ésta fue de un 30 por ciento aproximadamente en relación al promedio de 1961-1970.

En el nivel de 20 cm. de profundidad, la variación de la oscilación fue menor que la del nivel anterior, esto, debido a que a medida que se aumenta la profundidad, la oscilación es menor.

Esta variación fue de un máximo de 80 por ciento con relación al promedio 1961-1970, es decir, para este período la oscilación fue mayor que el año 1972 en un 80 por ciento.

La variación del promedio de la radiación solar fue mayor en el período del año 1972 en relación al período 1963-1970. Esta variación osciló entre un 1 por ciento y el 19 por ciento, es decir, la radiación del año 1972 fue superior durante todos los meses de este período.

En general puede considerarse el período de abril a noviembre de 1972, como de tiempo normal, ya que las condiciones de los distintos fenómenos meteorológicos fueron similares en relación al promedio 1961-1970.

Se considera que el método de Vives (54), para el análisis de la distribución porcentual en el balance armónico relativo acumulativo de la lluvia y del brillo solar con relación a la producción, es práctico y simple. Permite calcular, dividiendo el ciclo vegetativo en tres períodos, las exigencias de lluvia y brillo solar para cada tercio del ciclo en el desarrollo del maíz.

De las líneas de distribución porcentuales de los grupos A y B para las diferentes épocas de siembra se considera, que no existe duda en cuanto a la sensibilidad del maíz al abastecimiento de agua y de su importancia para la producción.

Los datos obtenidos acerca de la cantidad de lluvia y la producción coinciden con los resultados de Davis y Pallensen (10), donde es más importante la distribución de la lluvia que la cantidad caída durante el ciclo vegetativo del cultivo.

Puede considerarse que las mejores épocas de siembra obtuvieron una buena distribución de lluvia durante los dos primeros tercios del ciclo vegetativo.

Esta distribución concuerda con los datos hallados en la literatura (1, 4, 12, 26, 27, 35, 36), sobre la distribución de la lluvia, la cual es más importante después de la siembra, antes y durante la floración.

Con relación a las cantidades absolutas de lluvia para las mejores épocas de siembra, se observa que el promedio alcanzado en este ensayo, fué aproximadamente de 525 m.m. hasta el punto crítico  $C_2$  es decir la floración y para el brillo solar de 473 horas; o sea, 50 por ciento del total de la lluvia y el 60 por ciento del total de las horas del brillo solar del ciclo vegetativo. Es decir, que se requieren 525 m.m. de lluvia y 473 horas de brillo solar hasta la floración para obtener una buena cosecha, distribuidos armónicamente según queda establecido aquí,

Esto coincide, en cuanto a lluvia se refiere, con la tendencia encontrada por Vives y Chacón (52), de que las mejores rendimientos se obtienen cuando la lluvia en los primeros 74 días de crecimiento (dos primeros tercios) es menor a los 600 m.m.

En cuanto a lluvia se refiere y de acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo (Cuadro 5), se considera que una producción es muy buena, cuando en el punto crítico  $C_1$ , el balance porcentual oscila entre un déficit de -8.3% a un exceso de +6.5%; una producción será buena, cuando el balance esté entre un déficit de -10.0% y un exceso de +9.2%; una producción se considera regular con un balance entre -7.7% y +11.0% y una producción será mala cuando en éste punto se presenta un déficit de -8.7%.

Para el punto crítico  $C_2$ , se considera una producción muy buena, cuando el balance sea de +3.3%; una producción será buena cuando la oscilación sea de -6.7% a +7.3%; será regular cuando la oscilación sea de 15.3% y un exceso muy pronunciado de lluvia, superior al 13.0% dará una mala producción. A pesar de que se observa una tendencia general de que a mayor sea la oscilación de la lluvia, menor es la producción, las peores épocas de siembra no presentaron sin embargo las oscilaciones mayores. Se supone que en éstas, lo que fué significativo fué un desbalance grande de brillo solar ocurrido en el punto crítico  $C_1$ . Ello viene a confirmar nuevamente la importancia, en el desarrollo vegetativo del maíz y su producción, de la forma en que se presentan la lluvia y el brillo solar a lo largo del ciclo vegetativo.

El punto crítico  $C_3$  no se consideró significativo, debido a que por ser éste un análisis porcentual, la distribución final tiende al 100 por ciento y con ello las diferencias son o pueden ser imperceptibles; esto podría considerarse como un defecto del método, aunque según los datos reportados en la literatura, éste período parece estar poco influenciado por las condiciones climáticas.

Conviene discutir sobre las desviaciones permisibles de los puntos críticos anteriores,  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ , del balance armónico relativo acumulativo

Pluvio-Solar, en porcentajes de lluvia acumulada y del brillo solar acumulado, con el fin de determinar con más exactitud la influencia de estos elementos del clima sobre la planta. Se entiende por desviación permisible la diferencia positiva o negativa de cada punto crítico con relación al respectivo del grupo óptimo A.

Así, para las siembras con buenas producciones (grupo B) se tiene, en el punto C<sub>1</sub>, con relación a la lluvia, valores mayores a los permisibles, siendo el déficit de 1.7% y el exceso de 2.7%; el brillo solar presentó también valores mayores, siendo el déficit de 6.5% y el exceso de 14.5%.

En el punto C<sub>2</sub>, la lluvia presentó valores mayores a los permisibles, siendo de 5.7% para el déficit y de 4.0% para el exceso; el brillo solar no presentó déficit, pero su exceso fué 2.5%.

En el punto C<sub>3</sub>, la lluvia presentó un déficit de 9.9% y un exceso de 3.0%; el brillo solar presentó un déficit de 6.4% y un exceso de 2.8%.

Para las siembras con producciones regulares (grupo C) se presentó, en el punto crítico C<sub>1</sub>, que no hubo déficit de lluvia y el exceso fué de 4.5%; el brillo solar presentó un déficit de 6.5% y un exceso de 9.9%. En el punto C<sub>2</sub> la lluvia no presentó déficit, pero hubo un exceso de 12.0%; el brillo solar no presentó déficit ni exceso. En el punto C<sub>3</sub>, no hubo déficit de lluvia y el exceso fué de 2.0% la variación del brillo solar fué de un déficit de 4.8% y ningún exceso.

Para las siembras con malas producciones (grupo D), se presenta, en el punto crítico C<sub>1</sub> un leve déficit de 0.4% de lluvia y ningún exceso; el brillo solar no presentó déficit pero sí un exceso de 11.4%. En el punto C<sub>2</sub>, no hubo déficit de lluvia y su exceso fué de 10.1%; el brillo solar no presentó ningún exceso.

En el punto C<sub>3</sub> la lluvia no presentó ni déficit ni exceso; para el brillo solar no se presentó variación en el déficit y su exceso fué de 1.0%.

En términos generales se observan las siguientes tendencias: En el punto C<sub>1</sub>, a mayor sea el exceso de brillo solar menor será la producción. Si bien es cierto que el grupo C tiene un exceso menor de brillo solar que el grupo B, hay que observar que por otro lado la lluvia fué mayor que en el grupo B, lo que viene a ratificar la idea de que lo más importante es la distribución balanceada de esos dos factores, hasta cada punto crítico.

En el punto C<sub>2</sub>, aparentemente el brillo solar no es significativo, pero se notala tendencia de que sí lo es para la lluvia, es decir, que a mayor sea el exceso permisible de lluvia menor será la producción. Sin embargo, el grupo D presentó un exceso menor en éste punto C<sub>2</sub> que el que tuvo el grupo C, considerándose el efecto acumulativo del exceso de brillo solar que presentó el grupo D en el punto crítico C<sub>1</sub>, fué quizá el responsable de la baja producción de este grupo.

La época de siembra de mayo 19, que ocupó el segundo lugar en el trabajo de Vives y Chacón (52), ocupó en el presente ensayo el octavo lugar, con la misma producción aproximadamente, creyéndose que la diferencia en la agrupación por prueba de Duncan, se debió a que en el ensayo de Vives y Chacón las siembras se hicieron cada 20 días, haciéndose difícil para este lapso de tiempo evaluar con más detalle como aquí se hizo, las variaciones más pequeñas del clima y sus efectos sobre las siembras. También pudo ser debida esta diferencia, a una variación en las condiciones climáticas del periodo 1970-71, en el cual se efectuó dicho ensayo, en relación al periodo de 1972.

En el presente ensayo se utilizó un método de siembra que permitió evaluar con mayor detalle las variaciones más pequeñas del clima y sus efectos sobre las siembras.

El presente ensayo se efectuó en el periodo 1970-71, en el cual se efectuó dicho ensayo, en relación al periodo de 1972.

En el presente ensayo se utilizó un método de siembra que permitió evaluar con mayor detalle las variaciones más pequeñas del clima y sus efectos sobre las siembras.

El presente ensayo se efectuó en el periodo 1970-71, en el cual se efectuó dicho ensayo, en relación al periodo de 1972.

En el presente ensayo se utilizó un método de siembra que permitió evaluar con mayor detalle las variaciones más pequeñas del clima y sus efectos sobre las siembras.

El presente ensayo se efectuó en el periodo 1970-71, en el cual se efectuó dicho ensayo, en relación al periodo de 1972.

El presente ensayo se utilizó un método de siembra que permitió evaluar con mayor detalle las variaciones más pequeñas del clima y sus efectos sobre las siembras.

## CONCLUSIONES

Las mejores épocas de siembra resultaron ser, mayo 4, abril 24, junio 3, abril 19, mayo 9, mayo 24, mayo 29 y mayo 19. sin diferencias significativas entre ellas. La peor época resultó ser la de junio 8. Es decir que las mejores épocas resultaron ser las sembradas al inicio de la temporada lluviosa.

El tiempo climático registrado durante el ensayo, estuvo para la mayoría de los fenómenos meteorológicos ligeramente sobre el clima promedio de la zona, por lo que se le consideró como clima normal.

El maíz es exigente en sus necesidades hídricas y de brillo solar en los dos primeros tercios de su ciclo vegetativo.

El maíz es susceptible a excesos individuales de agua y de brillo solar, durante la época de floración.

No existe correlación entre las cantidades acumuladas individuales de la lluvia y del brillo solar con la producción.

El cultivo requiere para alcanzar una buena producción, cerca del 50 por ciento de la precipitación total y el 60 por ciento de las horas de brillo solar total del ciclo vegetativo. Se encontró que ese total fué de 525 mm. de lluvia y de 473 horas de brillo solar, para el mejor grupo de producción.

Los valores permisibles o normales hallados para la lluvia y el brillo solar, para los tres puntos críticos y su relación con la producción son los siguientes:

CUADRO 6

VALORES NORMALES DEL BALANCE ARMONICO RELATIVO ACUMULATIVO PLUVIO-SOLAR PARA CADA PUNTO CRITICO EN RELACION A LA PRODUCCION

Punto crítico	Variable	Producción			
		Muy buena (grupo A)	Buena (grupo B)	Regular (grupo C)	Mala (grupo D)
C <sub>1</sub> 20-24 Días	Lluvia (m.m. acumulados en %)	-8.3a+6.5	-10.0a+9.2	-7.7a+11.0	-8.7 a 0
	Brillo solar (horas acumuladas en %)	-3.6a+3.1	-10.1a+17.6	-10.0a+13.0	0 a + 14.5
C <sub>2</sub> 75-80 días	Lluvia (m.m. acumulados en %)	0 a + 3.3	-6.7a+7.3	0 a + 15.3	0 a + 13.4
	Brillo solar (horas acumuladas en %)	-9.2 a 0	- 8.5a_2.5	-8.2 a 0	-8.5 a 0
C <sub>3</sub> 120-123 Días	Lluvia (m.m. acumulados en %)	-7.4 a 4.6	-17.3a+7.6	0 a 6.6	-2.3a + 4.3
	Brillo solar (horas acumuladas en %)	-2.9a+1.6	-9.3a+4.4	-7.7 a 0	-1.4a+ 2.6

Las desviaciones positivas y negativas calculadas para los puntos críticos con relación a los valores normales para cada grupo de producción con referencia al grupo óptimo A, se observan en la Figura 12 y se definen numéricamente en el Cuadro 7.

**CUADRO 7**  
**DESVIACIONES POSITIVAS Y NEGATIVAS DE LOS PUNTOS CRITICOS CON RELACION**  
**A LOS VALORES NORMALES DE CADA GRUPO CON REFERENCIA AL GRUPO OPTIMO (A)**

Punto crítico	Variable	Producción			
		Muy buena (grupo A)	Buena (grupo B)	Regular (grupo C)	Mala (grupo B)
C <sub>1</sub>	Lluvia (m.m. acumulados en %)	0	-1.7a+2.7	0a+4.5	-0.4 a 0
	20-24 días	Brillo solar (horas acumuladas en %)	0	-6.5a+14.5	-6.4a+9.9
C <sub>2</sub>	Lluvia (m.m. acumulados en %)	0	-6.7a+4.0	0a+12.0	0a+10.1
	75-80 días	Brillo solar (horas acumuladas en %)	0	0a+2.5	0 a 0
C <sub>3</sub>	Lluvia (m.m. acumulados en %)	0	-9.9a+3.0	0a+2.0	0 a 0
	120-123 días	Brillo solar (horas acumuladas en %)	0	-6.4a+2.8	-4.8a 0

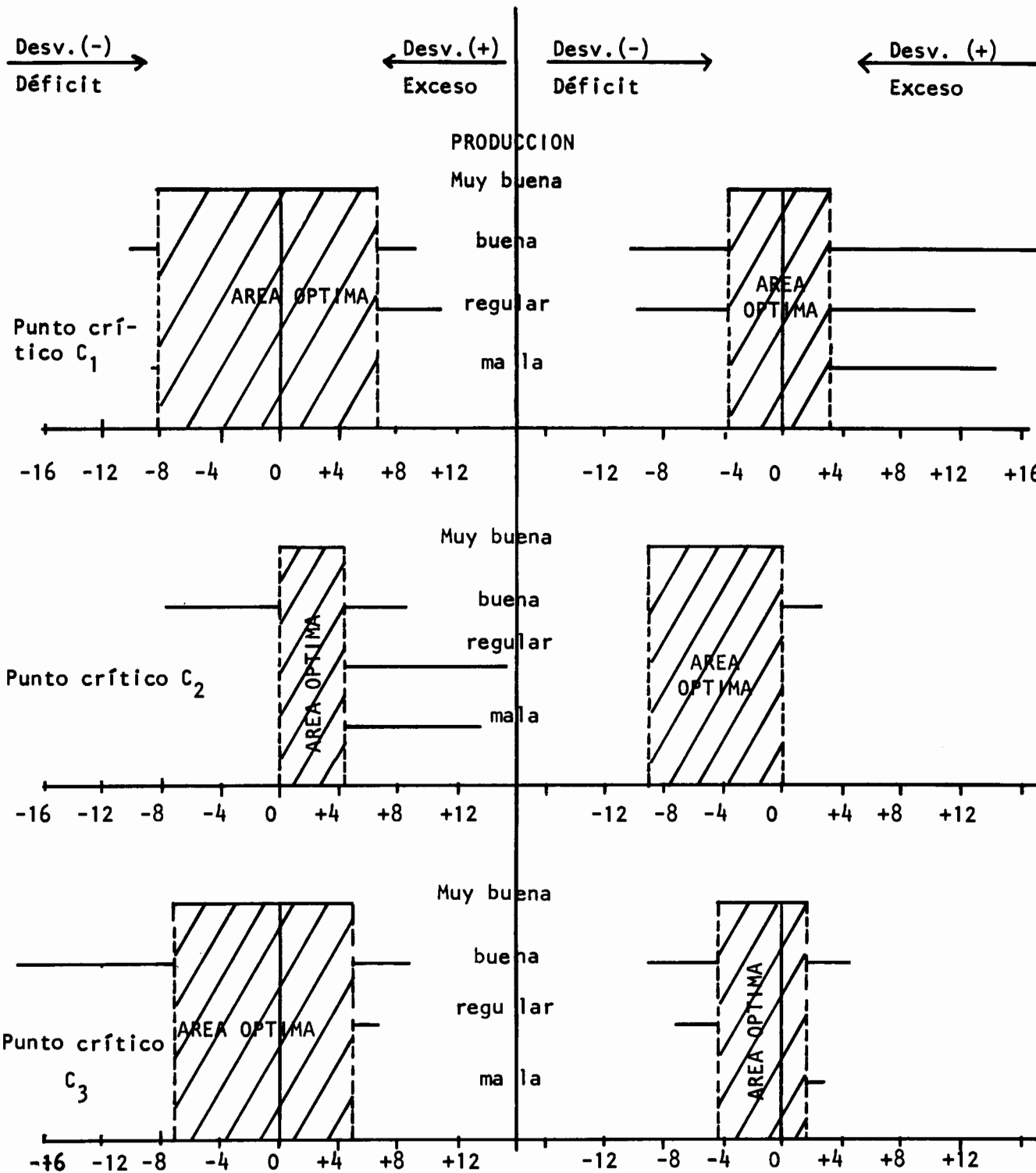


Fig. 12 Desviaciones positivas y negativas para los puntos críticos en relación a los valores normales de los grupos B, C y D con referencia al grupo óptimo A.



Se observa la tendencia para el punto crítico  $C_1$  de que a mayor sea el exceso del brillo solar, menor será la producción.

Para el punto crítico  $C_2$ , la lluvia es muy significativa, es decir, que a mayor sea el exceso de ésta, menor será la producción.

Cualquier exceso o déficit extremo, en el punto crítico  $C_1$  afecta la producción negativamente.

- 1- Allan, A.Y. Investigaciones sobre maíz en Kenia. Span. 11 (3): 147-149, 1968.
- 2- Andrew, R.H., Ferwerda, F.P. y Strommen, A.M. Maturation and yield of corn as influenced by climate and production technique. Agronomy Journal 48 (5): 231-236. 1956.
- 3- Barcenas, B.J. Valoración de Ff, F1, Fq y Fn de los suelos de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Costa Rica. Tesis de Grado. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 36 p. 1960.
- 4- Barger, G.L. How much rain makes corn? Iowa Farm Science 3 (12) 10-11. 1949.
- 5- Basile, R.M. Drought in relation to corn yield in the north western corner of the corn belt. Agronomy Journal 46(1): 4-7. 1954.
- 6- Becker, W.R., Dijkhuis, F.J. y Kan, Ch. R. Debepaling van de specifieke warmtesonbehoefte van mais. Overdrk 207 C.I.L.O. Nederlands. 1954.
- 7- Berger, J. El maíz, su producción y abonamiento. Biblioteca de Ciencias Agrícolas. Agricultura de las Américas. p 53-57. 1967.
- 8- Córdner, H.B. The influence of irrigation water on the yield and quality of sweet corn and tomatoes, with special reference to the time and number of application. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40: 475-481 1942.
- 9- Dagg, M.A. rational approach to the selection of crops for areas of marginal rainfall in East Africa E.A. ag. and For J. 26(1): 71-75. 1965.
- 10- Davis, F.E. y Pallesen F.E. Effect of the amount and distribution of rainfall and evaporation durin the growing season on yield of corn spring wheat. Journal of Agricultura Research. 60(1): 1-23 1940.
- 11- \_\_\_\_\_ y Harrell, G.D. Relation of weather its distribution to corn yields. U.S.D.A. Tech. Bull. N° 806. 1942.
- 12- Díaz del Pino, A. El maíz. México. 1964. p. 50-68.
- 13- Fernández, G.R. y Laird, R.J. Efecto de la sequía durante el espigamiento en maíz fertilizado con diferentes cantidades de nitrógeno. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería. Oficina de Estudios Especiales. Folleto Técnico N° 30. 28 p. 1958.

- 14- Fernández H.R. Fresa: Análisis de las épocas de siembra en la estación lluviosa. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. 193 p. 1971.
- 15- Ferwerda, F.P. Methods to synchronize the flowering time of components in crossing plots for the producción of hybrid seed corn. Euphytica. 2:127-134. 1953.
- 16- Finch, V.C. y Baker, O.E. Geography of the world's agriculture. Washington, D.C. (U.S. Dept. Agr.) 149 pp. 1917.
- 17- Garner, W.W. y Allard, H.A. Photoperiodic response in soybeans in relation to temperature an other environmental factor. Journal Agronomy Research. 41:719-739. 1930.
- 18- Glover, J. Summarised serults of research E.A.A.F.R.O. Muguga, Kenya p 17. 1956.
- 19- \_\_\_\_\_. The relationship between total seaso col rainfall and yield of maize in the Kenya Highlands. Journal of Agricultural Science 49(3): 285-290. 1957.
- 20- Hanna, W.F. Growth of corn and sunflower in relation to climate conditions. Botanical Gazette 78 (3) 200-214. 1924.
- 21- Hendricks, W.A. y Scholl, J.C. Techniques in measuring Joint relations hips. The joint effects of temperature and precipitación on corn yields. North Carolina Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 74. 1943.
- 22- Hernández, S.R. y Laird, R.J. La humedad del suelo en la primera parte del ciclo en relación al rendimiento del maíz. México. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Oficina de Estudios Especiales, Folleto Técnico N° 33. 16 p. 1958.
- 23- Hesketh, J.D. Photosintesis: Leaf Chamber studies with Corn. Ph. D. Thesis. Cornell University. 1961.
- 24- Howe, O.W. y Rhoades, H.F. Irrigation practique for corn production in relation to stage of plant development. Soil Sci. Soc. Amerc. Proc. 19: 94-98. 1955.
- 25- Jaroslav Gruchka et all. Monografía del maíz. Editorial Kolos. Trad al ruso. Moscú. 1965.
- 26- Jenkins, M.T. Influence of climate and weather on growth of corn. In. U.S. Departament of agriculture. Climate an man, the yearbook of agriculture 1941. Washington. D.C.U.S. Goverment Printing office. pp. 308-320. 1941.



- 40- Salas F., C.A. y Bonilla, L., L. Investigación sobre híbridos varietales, fertilización y densidad de población en el cultivo del maíz. Tesis de grado. Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía. 168 p. 1959.
- 41- \_\_\_\_\_ . Dos nuevos híbridos de maíz de endosperma blanco para Costa Rica. Boletín Técnico. Vol. I. N°6. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. 9 p. 1968.
- 42- \_\_\_\_\_ . Experimento de maíces locales en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. En Informe Anual de Labores realizadas durante el período 1972-1973 en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía. 1973 (sin publicar).
- 43- Seaton, H.L. y Huffington, J.M. Raw product quality control. Bull 26. Continental Caw. Co. Inc. 1951.
- 44- Shaw, R.H. y Thom H., C.S. On the phenology of field corn, the vegetative period. Agronomy Journal 43: (1) 9-15. 1951.
- 45- \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ . On the phenology of field corn, silking to maturity. Agronomy Journal 43(11): 541-546. 1951.
- 46- Smith, J.W. Relation of precipitation to yield of corn. In: U.S. Department of Agriculture, the yearbook of agriculture. 1903. Washington, D.C. pp 215-224. 1903.
- 47- \_\_\_\_\_ . The effect of weather upon the yield of corn U.S. Mo. Weather Rev. 42: 78-87. 1914.
- 48- Sprague, G.F. y Larson, W.E. Producción del maíz. Centro Regional de Ayuda Técnica, Manual de Agricultura N° 322. 40 p. 1972.
- 49- Stacy, S.V. et al. Joint effect of maximum temperatures and rainfall on corn yield. Experimental, Georgia. Agronomy Journal 49(1): 26-28. 1957.
- 50- Toledo, J.M. y Molestina, C.J. Efecto de varios volúmenes totales y frecuencia de riego en el cultivo del maíz (Zea mays) en la costa Central de Perú. Turrialba. 17(1): 53-67. 1967.
- 51- Vives F., L.A. Tabulación para uso agrícola de los datos climatológicos de Costa Rica. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 222 p. 1971.

- 52- Vives F., L.A. y Chacón Z., A. Análisis de épocas de siembra del maíz. Boletín Técnico Vol. 5 N°5. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 17 p. 1972.
- 53- \_\_\_\_\_ . Vientos de superficie en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. Boletín Técnico. Vol. 5 N°6. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica 26 p. 1972.
- 54- - \_\_\_\_\_ . Método del Balance Pluvio-Solar. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica (Comunicación Personal).
- 55- Wallace, H.A. Mathematical inquiry into the effect of weather of corn yield in the eight corn belt states U.S. Monthly Weather Review. 48(8): 439-446. 1920.
- 56- \_\_\_\_\_ . Y Bressman, E.N. Corn and corn growing. 4 th. ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. pp 372-373. 1937.

w.o.j.s.  
1-9-1973