

Diciembre de 1985

**FACTORES CLIMATICOS QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO
Y EL DESARROLLO DE LA SOYA**

**FRANCISCO DE JESUS VERNETTI
FERNANDO SILVEIRA DA MOTA
JOSE LUIS COSTA ROSKOFF**

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
CENTA
CENTRO DE TECNOLOGIA AGRICOLA

El CENTA agradece a la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), la autorización para publicar totalmente el presente trabajo, el cual fue traducido por el Agr. Nelson Vázquez, del Programa de Cultivos Agroindustriales del CENTA.

EDITORIAL

Entre los factores que se destacan para la producción de los cultivos, se consideran los siguientes: los genéticos, los climáticos, los hídricos, edáficos, culturales, económicos y sociales.

Este documento examina los efectos de tres factores climáticos - temperatura, humedad y fotoperíodo- en el cultivo de la soya, en forma separada e interactuando entre sí.

Dado que estos tres factores ejercen la mayor influencia en el crecimiento y desarrollo de la soya, se considera indispensable entender claramente sus efectos para conocer, comprender, analizar y manejar los factores agroclimáticos que permitan seleccionar áreas óptimas para la producción de la soya con mayores probabilidades de éxito.

La información agroclimática aquí presentada, es aplicable específicamente para las condiciones de Río Grande do Sul y ello requerirá interpretarla adecuadamente para nuestras condiciones. Considerando esta advertencia y ante la escasez de información técnica sobre el tema de nuestro medio y dada la importancia potencial del cultivo de la soya ante el déficit actual de materia prima en el país, para la elaboración de aceite comestible y de harinas ricas en proteínas para la alimentación humana y animal, se consideró conveniente la traducción al español de esta Circular Técnica, para que el mensaje tecnológico contenido en este trabajo tenga una mayor difusión entre los diferentes sectores interesados en resolver esta problemática nacional.

CONTENIDO

1 - HUMEDAD	
2 - TEMPERATURA	
3 - FOTOPERÍODO	
4 - FACTORES CLIMÁTICOS Y ÉPOCAS DE SIEMBRA	
5 - AGROCLIMA PARA LA SOYA	
6 - BIBLIOGRAFIA	

FACTORES CLIMÁTICOS QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y EL DESARROLLO DE LA SOYA

La temperatura y la precipitación pluviométrica son los dos elementos climáticos que ejercen mayor influencia en el crecimiento de la soya.

La temperatura y el fotoperíodo, a su vez, actúan decisiva y complementariamente en el desarrollo de la especie.

Cada cultivar de soya presenta una sensibilidad y reacción diferentes al fotoperíodo y a la temperatura.

Vamos a examinar los efectos en la especie, de cada uno de esos factores en forma separada y en interacción con los otros dos, porque es el complejo atmosférico que actúa en cada momento en la vida de las plantas. Por lo tanto, es indispensable entender claramente los efectos del complejo de factores climáticos en el comportamiento de la especie para poder decidir la viabilidad de su cultivo en una región dada y qué cultivares podrán ser cultivados con éxito.

HUMEDAD

La cantidad de milímetros de lluvia caída en una determinada región, durante el ciclo de una especie, muy poco informa sobre la viabilidad de su cultivo, pues la precipitación es un fenómeno climático discontinuo y, como tal, poco representativo. Es preciso conocer su distribución e intensidad, y relacionarias con el tipo y textura del suelo, la topografía de la región, la temperatura, la ocurrencia de los vientos, la radiación solar y, en fin, con la evapotranspiración presente.

Por lo tanto, es evidente que al considerar la agroclimatología de la soya, no se deben usar valores de precipitación, sino el balance hídrico que proporciona información sobre el almacenaje de agua útil en el suelo, deficiencias y excesos de agua, evapotranspiración real e índices de allí derivados, tales como el que relaciona las necesidades de agua de una especie con la disponibilidad hídrica de una región.

Así, se determina la evapotranspiración potencial y se calcula la reserva de agua existente en el suelo en primavera, cuando la temperatura llega a 15°C, época en que se puede iniciar la siembra, y de allí en adelante hasta que la especie concluya su ciclo biológico.

Quedan evidenciados en esa forma, los períodos de deficiencia hídrica, su duración y límites. En los Estados Unidos, la isolínea de 100mm de deficiencia hídrica corresponde al límite occidental de la región donde la soya es cultivada y, a medida que la deficiencia disminuye, crecen los rendimientos de los cultivos.

La pérdida de humedad del suelo es una función conjunta de la energía atmosférica, la cual causa la evaporación del suelo y de la superficie de las plantas, y del abastecimiento de humedad disponible en el suelo.

Esa relación puede ser expresada con el llamado índice de sequía $R = \frac{ER}{EP}$, la relación de la evapotranspiración real (ER) y la evapotranspiración potencial (EP); la primera relacionada con el abastecimiento de humedad, y la segunda representa las necesidades de la planta. El índice de sequía (R) es una medida del abastecimiento de agua para la planta en relación con sus necesidades (YAO, 1969). Según el mismo autor (1973-1974), el valor óptimo de R es de 0.85 a 0.90 y cuando R es inferior a 0.60 hay necesidad de irrigación. MOTA (1979) verificó que la suma de los valores diarios del índice 1-R está altamente relacionado con el rendimiento de la soya en Río Grande do Sul. Cuando ese índice, en el período de diciembre-febrero, es superior a 45, los rendimientos de la soya son inferiores a lo normal.

En la región sudeste de Río Grande do Sul, la frecuencia de una sequía en el cultivo de la soya depende mucho de la capacidad del suelo para retener las aguas de las lluvias. Para ejemplificar, veamos lo que ocurre en la localidad de Cacapava do Sul (Tabla 1): considerando 45 como valor crítico de sequía, se verifica que en suelos con 90 mm. de capacidad de retención de agua disponible, en 31 años (1940-1970) ocurrieron 9 años con índice de sequía superior a 45 (aproximadamente el 30%); en suelos mejores, con 130 mm de capacidad de retención de agua disponible, sólo en dos años (6%), la sequía fue desastrosa.

La selección del tipo de suelo, en cuanto a su capacidad de retención de agua, en una región, es por tanto, fundamental para el control de la sequía, a no ser que se pueda utilizar irrigación. La Tabla 1 indica los valores de índice de sequía para la soya en algunas localidades y tipos de suelo dentro del área de acción de la UEPAE/Pelotas-Convenio EMBRAPA/UF Pel.

Germinación: Requerimiento de humedad

Las semillas de soya de buena calidad requieren condiciones favorables de humedad, temperatura y aireación para una buena germinación.

Las necesidades de humedad están cerca del 50% de su peso en comparación con el 30% que requiere el maíz y el 26% exigidos por el arroz. (HUNTER & ERIKSON, 1952).

Exceso de humedad: efectos

El exceso de humedad perjudica la germinación. Semillas encharcadas presentan germinación reducida, y en pruebas de germinación en arena, más del 15% de humedad determinan porcentajes bajos de germinación (DELOUCHE, 1953; YAMAMOTO, 1955, citado por HOWELL, 1963; GRABLE & DANIELSON, 1965).

Al perjudicar la germinación, el exceso de humedad da lugar a poblaciones pobres y desuniformes. En tales condiciones, el control eficiente de malezas se torna problemático, hay engrosamiento de los tallos de las plantas de soya, la altura de inserción de vainas disminuye y la productividad es negativamente afectada (VERNETTI, 1978).

También la distribución normal de raíces y su profundización en el suelo son adversamente influenciadas por el exceso de humedad. . . El encharcamiento y la inundación pasajera del suelo pueden provocar el apareamiento de los tejidos denominados aerénquima que proporcionan la aireación de las estructuras de la planta que están abajo del suelo y así aumentan su tolerancia a la inundación (ARIKADO, 1954, FUKUI et al, 1954; FUKUI, 1956, citados por HOWELL, 1963). En esas condiciones, las raíces adventicias son formadas en la región del hipocótilo y arriba de este en número y extensión variables. Después de conseguir de 0.40 - 0.45 m. de altura, las plantas de soya soportan bien períodos de inundación de hasta 14 días, siempre que la lámina de agua no cubra las hojas superiores (VERNETTI, 1978).

La humedad está estrictamente vinculada con la aireación y con el desarrollo del sistema radicular (SHIVE, 1941 e GILBERT & SHIVE, 1942, citados por HOWELL, 1963; OHMURA & HOWELL, 1960).

Fue demostrado que, en solución, el largo de las raíces primarias y el número de raíces secundarias eran, después de tres semanas, 3 veces mayores donde había aireación adecuada, que donde era insuficiente. Por otro lado, los pelos absorbentes eran abundantes donde faltaba aireación, en contraposición de los presentes donde la aireación era buena (SUN, 1955).

El exceso de lluvias, en suelos arcillosos y franco-arcillosos, puede determinar la formación de costras en la superficie del suelo, dificultando la emergencia de las plántulas (HANKS & THORP, 1957), provocando quebraduras del arco del hipocótilo de semillas germinadas y, además, reduciendo la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y aumentando los efectos adversos de la erosión laminar.

En esos casos, una pasada de rastra de dientes, en lugar de rastra de discos, puede aminorar los efectos negativos arriba mencionados (HARTWIG & WOOTEN, 1957, citados por CARTER & HARTWIG, 1963).

El exceso de humedad también causa daño a la planta en el primer estadio de su crecimiento, retardándolo y en el período que antecede a la floración, reduciendo el número de flores y el rendimiento (HOPKINS et al, 1950, citados por HOWELL, 1963 y FUKUI & ITO, 1952, citados por CARTER & HARTWIG, 1963).

Contrariamente, precipitaciones arriba de la media normal de la región, en períodos de mayor crecimiento vegetativo o de llenado de los granos, resultan, en general, en aumento del rendimiento (plantas más altas, muchas vainas con granos bien formados, poco aborto de granos y baja caída de flores) (RUNGE & ODELL, 1960).

Lluvias que exceden a la capacidad de almacenamiento del suelo próximo a la maduración, dificultan la aireación, favorecen el surgimiento de enfermedades y disminuyen los rendimientos (SPOONER, 1961).

Una prolongada humedad del aire y del suelo, bajo altas temperaturas, en la fase final del desarrollo de los granos, es decir, próximo al fin del ciclo biológico de la especie, dificulta su conclusión, pues el amarillamiento de las hojas y tallos se realiza lentamente, atrasando la maduración.

Deficiencia de humedad: efectos

Así como el exceso, la deficiencia de humedad es particularmente crítica en el período de germinación de la soya, pues resulta en poblaciones pobres y dificulta en la disolución y la traslocación de elementos nutritivos para las plántulas. Por esto, cuando ocurre una deficiencia hídrica, es indicado atrasar la siembra, hasta que, por la ocurrencia de las lluvias, quede el suelo suficientemente húmedo para promover la germinación uniforme y la emergencia rápida de las plántulas.

El crecimiento y la profundización de las raíces son negativamente afectadas por la deficiencia de humedad del suelo. En suelos profundos, bien abastecidos de humedad, la soya profundiza una pequeña parte de su sistema radicular y así usa el agua de las capas más profundas del suelo, durante su ciclo biológico (PETERS & JOHNSON, 1960; HOWELL, 1963; WINTER & PENDLETON, 1968; RAPER & BARBER, 1970; MITCHELL & RUSSELL, 1971). El mayor consumo de agua se da, como sería de esperar, exactamente abajo de la hilera de plantas (SWAN, 1959, citado por HOWELL, 1963).

La tasa y la velocidad de crecimiento de la especie dependen de un buen sistema radicular y de la disponibilidad de humedad del suelo. Por eso, cuando las plantas ya están bien establecidas en el suelo, soporan períodos cortos de sequía, y el crecimiento y el rendimiento no son muy afectados (CARTER & HARTWIG, 1963). Por otra lado, en la germinación y durante el crecimiento inicial de las plántulas, la especie es muy sensible a la sequía (MORSE, et al, 1949, citados por HOWELL, 1963).

La soya es menos sensible a la sequía que el maíz y el frijol (MORSE et al, 1949, citados por HOWELL, 1963; SINGH & SAXENA, 1969). Esa característica deriva, por lo menos en parte, de tres causas principales: el largo período de floración, el mecanismo morfológico de adaptación que le permite limitar el uso del agua, el cual concentra lípidos en la superficie foliar y disminuye así, la pérdida de agua por las hojas (CLARK & LEVITT, 1956, citados por HOWELL, 1963); y la torsión de las hojas de manera a exponer al sol y al viento su fase dorsal, donde el número de estomas es menor.

El número de flores es tanto menor cuanto mayor sea la deficiencia de humedad en el período de prefloración, así como la caída de vainas es elevada en tales condiciones hídricas (FUKUI & ITO, 1951, citados por CARTER & HATWIG, 1963).

Próximo a la maduración, el déficit de humedad afecta poco el rendimiento; provoca ligera caída en el peso de 100 semillas.

Los períodos más críticos de la soya, cuanto a la humedad, son, en orden decreciente de sensibilidad: el llenado de los granos (RUNGE & ODELL, 1960; SHAW & LAING, 1965; THOMPSON, 1970), la germinación y el inicio del crecimiento, el crecimiento, la floración y la maduración. En este último es conveniente que el suelo tenga un nivel de humedad próximo a la capacidad de campo.

Como promedio, la soya consume 0.76 cm/día de agua lluvia; con base a ese dato, se pueden estimar sus necesidades para cubrir el ciclo biológico e inferir las necesidades de irrigación (WHITT & BAVEL, 1955).

La regla general es que haya deficiencia de agua para las plantas porque, durante el día, la transpiración es mayor que la absorción; después el potencial de agua en la hoja declina hasta que la transpiración sea menor que la absorción; finalmente, en la noche, el potencial del agua en el suelo y de la planta alcanza el equilibrio (MEDERSKI et al, 1973).

En la mayoría de las regiones donde se siembra la soya, la cantidad de agua usada por las plantas, sumada a la pérdida por evaporación de la superficie del suelo, excede a la precipitación normal que ocurre durante el ciclo vital de la especie. Por tanto, se debe usar todos los métodos disponibles para aumentar la infiltración y retención de agua del suelo, como: aumentar la materia orgánica, utilizar la técnica de siembra directa en rastros del cultivo de trigo, disminuir el número de pasadas de rastras y de deshierbos, utilizar barreras rompevientos de maíz, sorgo o árboles, sembrar en curvas a nivel del terreno, siempre que sea posible sembrar las líneas en dirección norte-sur y sembrar en época adecuada para la obtención del crecimiento vegetativo máximo, con mínima pérdida de agua. En determinadas regiones, y especialmente en años de sequía, solamente la irrigación podrá suplir las necesidades de agua de la soya, si no los rendimientos serán demasiados bajos y antieconómicos.

MOTA (1980), determinó las probabilidades para las necesidades de irrigación en algunas localidades y suelos de la región de influencia de la UEFAE/Telotas-Convenio EMBRAPA/UTPeI (Tabla 2).

TEMPERATURA

La temperatura influye decididamente sobre el crecimiento y el desarrollo de la soya. El crecimiento es limitado por temperaturas mínimas letales y máximas críticas. Desde el punto de vista fisiológico, la temperatura mínima para el crecimiento es de 10°C (BROWN, 1960; STEPANOV, citado por VENSTSKEVICH, 1961); del punto de vista agroclimático, ella sube a 14.5 a 15°C.; es decir, la temperatura media mínima del aire para el inicio de la época de siembra (BROWN & CHAPMAN, 1961; PASCALE et al, 1967).

Esa temperatura también está relacionada con el índice crioquindinoscópico (ICK) de las últimas heladas, que considera la temperatura media normal del aire de la fecha después de la cual ocurren heladas una vez cada 5 años. Tal límite de temperatura también debe ser usado para estimar la fecha correspondiente al fin del ciclo de la soya. La temperatura máxima límite para el crecimiento de la soya es de 38°C. (BROWN, 1960; SPOONER, 1961; HOWELL, 1963).

A continuación se debe verificar la duración del período del año en que la temperatura media del aire permanece sobre los 15°C, a fin de que se pueda determinar los grupos de maduración a que deberán pertenecer los cultivares que podrán ser usados en una región. Al mismo tiempo, se verifica la temperatura media del mes más caliente, que debe ser igual o superior a 20°C. (PASCALE, 1969). Esto es porque esa temperatura está directamente correlacionada con el hecho de ser necesaria una acumulación térmica mínima requerida por la especie para cumplir los subperíodos vegetativos y reproductivo completando así su ciclo vital.

La temperatura tiene efectos de magnitudes diferentes sobre la planta, de acuerdo a su intensidad e interacción con el fotoperíodo. Así, al aumento de temperaturas diurnas y nocturnas corresponden procesos de crecimiento y floración más rápidos; aumentando el fotoperíodo, es necesario mayor número de días para inducir a la floración. Por lo tanto, si se toma la suma de temperaturas, o la suma de unidades calóricas, o la suma de grados/día, se puede establecer índices agroclimáticos que caracterizan zonas térmicas de aptitud diferente para el cultivo.

Los efectos de la temperatura sobre la germinación de las semillas de soya, han sido extensamente estimados, ya que la germinación y la emergencia rápida de las plántulas son factores básicos para obtener un buen control de malezas.

Cuando, en el período que sigue a la siembra, la temperatura del medio como la temperatura del suelo baja (en torno a 10°C), la germinación se realiza muy lentamente, como se observa en los resultados de abajo.

1. HARTWIG, 1954:

Fecha de Siembra	Temperatura del Medio	Días hasta la emergencia
10 / IV *	9°C	12-14
10 / V *	18°C	7
20 / V *	21°C	5

* Las fechas de siembra en Brasil serán 10 de octubre, 10 de noviembre y 20 de noviembre.

Los datos de este cuadro son válidos para las localidades de Brasil donde la temperatura llega a 18°C y 21°C en las épocas de siembra.

2. MIYASAKA, s.d.:

Temperatura del Suelo	Días hasta la emergencia
2°C	28
6°C	26
8°C	20
12°C	16
14°C	8
16°C	6
18°C	5

Esos datos son válidos para ambientes brasileños en que las temperaturas llegan a 16°C o más en las épocas de siembra.

De lo que se expuso, se concluye que es indispensable hacer coincidir la siembra con períodos de temperatura favorables para la rápida germinación de las semillas. La emergencia de las plántulas sobre condiciones de suelo frío es más demorada que la de las malezas, redundando en una necesidad de mayor número de deshierbos y en dificultad para obtener un eficiente control de las malas hierbas (CARTTER & HARTWIG, 1963). Además de eso, el alargamiento del subperíodo siembra-emergencia expone las semillas de soya, por más tiempo, a ocurrencias meteorológicas y fitopatológicas desfavorables.

El crecimiento de las plantas, como ya fue referido, también es influenciado por la temperatura, conforme fue evidenciado en el experimento realizado en Stoneville, Mississippi (HATWIG, 1954), con cultivos de hábito determinado.

Cultivar	Fecha de Siembra	Temperatura mínima-media del suelo hasta 5 días después de la siembra.	Altura(m) y anchura(m) de las plantas 6 semanas después de la siembra	
			/ Altura	Ancho /
Roanoke-VII*				
Ogden-VI*	10.IV	8.5°C	0.43	0.40
S-100 V*	10.V	18.5°C	0.65	0.63
Wabash-IV*	10.VI	21.5°C	0.80	0.68

* Los ciclos de esos cultivares en relación a los cultivares sembrados en el Sur de Brasil son: Roanoke= Bragg; Ogden = IAS 5; S-100 = IAS 2; Wabash = Clark.

En los tres años de realización del experimento, el cultivar de ciclo más largo (Roanoke), tuvo el más rápido crecimiento; y el más precoz (Wabash), el más lento.

Así los dos cultivares de ciclo más largo (Roanoke y Ogden) tuvieron poco crecimiento cuando se sembraron del 10 al 20 de abril, porque además del crecimiento inicial lento, debido a las temperaturas relativamente bajas en los primeros 30 días después de la siembra, la floración ocurrió antes del solsticio de verano.

El cultivar más precoz presentó mayor tasa de crecimiento cuando se sembró en la mejor época, o sea, 10 ó 20 de mayo.

Solamente a partir de la siembra del 10 de junio hubo una baja en la tasa de crecimiento del cultivar del ciclo más largo.

Cuanto más precoz es un cultivar, menor es la suma térmica que exige y más largo es el fotoperíodo requerido para florecer. Cuanto más tardío es un cultivar, es más exigente en fotoperíodo corto para ser inducida a florecer y mayor es la suma térmica que acumula. En otras palabras, los cultivares precoces tienen un subperíodo emergencia-floración menor que los cultivares de ciclo medio; y estos, menor que los de ciclo largo. Esas diferencias disminuyen cuando se atrasa la siembra.

Mayor altura y mayor anchura de las plantas de soya, o sea mayor tasa de crecimiento, en un plazo más corto, resultan en un cierre más rápido del cultivo sobre el terreno y por tanto, en un control más fácil y más económico de las malezas.

La temperatura ideal para el crecimiento de la soya es de 29°C-30°C. (BROWN, 1960); temperaturas sobre los 38°C en el comienzo del ciclo, reducen la tasa de formación de nudos y del crecimiento de los entrenudos (HOWELL, 1956).

La floración es negativamente influenciada por temperaturas bajas. Temperaturas abajo de 24-25°C, atrasan la floración; cada disminución de 0.5°C, causan 2 a 3 días de atraso (GARNER & ALLARD, 1930). Algunos autores encontraron intensa floración con las temperaturas entre 24°- 29°C durante el día y 18°- 24°C en la noche (MIYASAKA, s/d).

La caída de flores y de vainas es mayor con las temperaturas elevadas. (SCHAIK & PROBST, 1958).

El tamaño de la semilla también está influenciado por la temperatura: aumenta con temperaturas mínimas y cuando ocurren grandes diferencias entre las máximas y las mínimas (TAKESHIMA, 1952, citado por HOWELL, 1963).

Las temperaturas altas aceleran la maduración de todos los cultivos, principalmente, las de ciclo corto.

La productividad es ligeramente aumentada si ocurren temperaturas arriba de la media en el primero y en el último mes del ciclo biológico y es disminuida cuando ocurren en el 2º y 3º mes después de la siembra (RUNGE & ODELL, 1960).

La calidad de semilla es adversamente afectada por temperaturas elevadas durante su formación y crecimiento (CARTTER & HARTWIG, 1963; HARRIS et al, 1965; GREEN & PINNELL, 1968).

La temperatura es uno de los elementos de clima que influyen en el contenido de aceite de la semilla, Las que ocurren en los períodos de 20 a 30 días y de 30 a 40 días antes de la maduración están más corre

lacionados con el % final de aceite en las semillas. Así, bajo condiciones controladas, los porcentajes de aceite fueron de 22.3 %, 20.3 % y 19.5 % cuando las temperaturas fueron de 29.4°C, 25°C y 21.1°C, respectivamente: Investigaciones posteriores mostraron que una semana de temperatura diurna elevada, en el período de 4 a 7 semanas antes de la maduración, resultó que la semilla mostró un contenido de cerca de 22% de aceite, comparada con 19.6 % para la temperatura elevada presente en la segunda semana antes de la maduración (HOWELL & CARTER, 1953 - 1958).

FOTOPERIODO

Probablemente, ningún otro factor de producción, considerado aisladamente, es más importante que la fecha de siembra para que se obtenga una buena productividad de un cultivo de determinado cultivar de soya. Esto es porque la especie es muy sensible al fotoperíodo, y éste, como es sabido, en la misma época del año varía con la latitud (Gráfico 1); además, cada cultivar tiene su fotoperíodo crítico y éste es el responsable principal por la inducción de la floración.

En verdad, el paso de la etapa vegetativa a la reproductiva es función del número de horas de oscuridad dentro de las 24 horas. Mas el fenómeno fue inicialmente denominado fotoperiodismo y ese término está consagrado en la literatura mundial. (GARNER & ALLARD, 1920; PARKER & BORTWICK, 1950, citados por HOWELL, 1963).

La soya es una especie de día corto, o sea, es inducida a florecer cuando el fotoperíodo comienza a disminuir (después del solsticio de verano). Sin embargo, cuando se encuentran sometidas a fotoperíodos iguales o inferiores a 12 horas, casi todos los cultivares comienzan a florecer de 21 a 28 días después de la emergencia (HARTWIG, 1954); por otro lado, expuestos a fotoperíodos superiores a 16 horas, son inhibidos a florecer (HOWELL, 1963).

Entre los límites de 12 a 16 horas, el comportamiento de los cultivares, en cuanto a la floración, es el siguiente: Los que requieren días más cortos se adaptan a las regiones tropicales y subtropicales; y los que exigen días más largos, a las regiones de latitudes elevadas (40° - 50°), esto es a los lugares templados y fríos.

Por eso, cada cultivar se adapta a una faja de latitud estrecha en el sentido norte-sur y amplía en el sentido este-oeste. Toda vez que un cultivar es distanciado de su faja de latitud de adaptación, para regiones donde el mayor fotoperíodo sea igual o más corto que su fotoperíodo crítico, el se comporta como si fuese indiferente al comportamiento del día y la temperatura pasa a ejercer influencia en la determinación de su ciclo. Esto ocurre cuando un cultivar es llevado para latitudes menores (para el norte, en el caso de Brasil). Si el desfase del cultivar se ha dirigido a latitudes mayores, donde los días son más largos, la floración será inducida más tarde y su ciclo aumentará. Cuando eso ocurre con cultivares adaptados a bajas latitudes, la floración puede hasta no ser inducida, permaneciendo las plantas en etapa vegetativa hasta la venida de las primeras heladas, cuando entonces, mueren; o, si florecen muy tarde, las primeras heladas encontrarán a las plantas en fase de llenado de los granos, y la producción será drásticamente perjudicada.

En resumen, un cultivar debe ser usado en su área de adaptación fotoperiódica para no ser perjudicado en su rendimiento por la reducción de su ciclo, y, consecuentemente, de su porte, o por el alargamiento excesivo de su ciclo y de su porte, que lleva a una maduración forzada por las primeras heladas y al acame de las plantas.

Los hechos arriba discutidos pueden ser comprobados en la Tabla 3, que presenta la variación del fotoperíodo en cinco localidades de Brasil, que son áreas representativas de producción de la soya, y en la Tabla 4, en que se muestra la fecha media de maduración del cultivar, Lincoln, en varias latitudes de los Estados Unidos de América (CARTTER, 1958).

De lo que fue expuesto, se torna evidente, en relación al ciclo de cultivares de soya, que la terminología normalmente usada por técnicos y agricultores, ya sea precoz, semiprecoz, media, semitardía y tardía, sólo tiene significado real cuando se asocia a una localidad y a una fecha de siembra. Ese hecho llevó a los investigadores a separar a los cultivares en grupos de maduración. La reacción fotoperiódica, más que las exigencias térmicas, determina la clasificación de los cultivos en 12 grupos de maduración. Cada grupo incluye un número variable de cultivares, que reaccionan de forma similar a las condiciones fotoperiódicas propias de una faja dada de latitud, en general no superior a 150-200 Km. de ancho. Al norte o al sur de esa faja, en el hemisferio sur, un cultivar florecerá más temprano o más tarde, respectivamente.

Los grupos de maduración son los siguientes:

Grupos	Faja de latitud aproximada			
00	arriba de	47°	30'	
0	entre	47°	30'	- 45° 30'
I	entre	45°	30'	- 43° 30'
II	entre	43°	30'	- 41° 30'
III	entre	41°	30'	- 39° 30'
IV	entre	39°	30'	- 37° 30'
V	entre	37°	30'	- 35° 30'
VI	entre	35°	30'	- 33° 30'
VII	entre	33°	30'	- 31° 30'
VIII	entre	31°	30'	- 25°
IX	entre	25°		12° 30'
X	abajo de	12°	30'	

Por lo tanto: cuanto más alto es el número del grupo, tanto más exigente en días cortos para la floración es el cultivar y viceversa.

La hoja es el órgano en el cual se origina el estímulo para florecer (BORTHWICK & PARKER, 1938); la hoja más efectiva para inducir el proceso es la que alcanzó por último el máximo tamaño (BORTHWICK & PARKER, 1940). El mecanismo de floración es debido al pigmento fitocromo, que es una proteína soluble inestable (extraída de la planta, se destruye en 20 minutos) (BUTLER et al, 1959; SIEGELMAN, 1963, citados por HOWELL, 1963). Son dos formas fotorreversibles: Pr, con absorción en la región roja (590 a 680 mμ) y Pfr, con absorción en la región de los rayos infrarrojos (700 a 800 mμ).

Irradiando la planta con luz de 700 a 800 mμ el pigmento pasa a la forma Pfr, estimulando la floración. Durante el día, al recibir ondas entre 450 mμ y 700 mμ, la forma Pfr cambia rápidamente a la forma inactiva Pr; en la oscuridad esa reversión ocurre lentamente.

Luego el grado de reversibilidad del pigmento es menor en noches largas y por lo tanto, la respuesta a la floración es estimulada por los días cortos (HOWELL, 1963).

La respuesta al fotoperíodo es modificada por la temperatura, y esta es más importante durante la noche que durante el día (GARNER, 1933; PARKER & BORTHWICK, 1939, y ROBERTO 1943, citados por HOWELL, 1963).

El fotoperíodo afecta la floración y el ciclo de los cultivares y por lo tanto, indirectamente, a la estatura de las plantas y el acame. Cultivares muy altos o muy bajos dificultan la cosecha. En el primer caso por causa del acame parcial o total, y en el segundo, por la tendencia a la formación de vainas muy próximas al suelo.

FACTORES CLIMÁTICOS Y ÉPOCAS DE SIEMBRA

El fotoperíodo y la temperatura son los dos elementos climáticos más importantes en la determinación del ciclo biológico de la soya; juntamente con la humedad disponible para las plantas, determinan límites en el tiempo y en el espacio para el cultivo económico de la especie.

Antes que nada, es imperativo, pues, identificar los cultivares que podrían adaptarse a determinada región y establecer la mejor época de siembra para cultivares de cada grupo de maduración en esa región.

La identificación de los cultivares con potencial de adaptación a una área geográfica se efectúa, primeramente, por la faja de latitud. Mas, es erróneo basarse apenas en la latitud correspondiente para hacer tal selección, pues, aunque el fotoperíodo de una latitud dada, no varía en el hemisferio norte y en el hemisferio sur, la temperatura puede variar mucho, dependiendo de las características geográficas de la región.

Por ejemplo, debido a la mayor área oceánica del hemisferio sur, en la misma latitud, las temperaturas medias del mes más caliente son más bajas en ese hemisferio que en el hemisferio norte.

Las épocas de siembra deben ser determinadas a través de experimentos, pues existen regiones que permiten siembras durante 60 a 75 días; no obstante, para cultivares de cada uno de los grupos de maduración, existen apenas una época ideal y épocas toleradas. Como regla general, en la época anterior a la época ideal, se alarga el ciclo del cultivar, y en la época posterior a la época ideal, disminuye el ciclo del cultivar. Entre tanto, los resultados presentados en las Tablas 5, 6 y 7, de investigaciones realizadas en Stoneville, Mississippi, a 33° 25' de latitud norte, esclarecen lo que pasa con la floración y con el ciclo, cuando varía la época de siembra (HARTWIG, 1954).

En Illinois, a $40^{\circ} 8'$ de latitud norte, para una diferencia de 43 días entre la primera y la última fecha de siembra del cultivar de ciclo más largo hubo una diferencia de apenas 8 días de maduración; la variedad de ciclo más corto tuvo cerca de 16 días de atraso en la maduración para los mismos 43 días de diferencia entre las fechas de siembra extremas (WEISS et al, 1950; OSLER & CARTTER, 1954).

En Virginia, a 37° de latitud norte, para 61 días de diferencia entre las fechas de siembra extremas, para las variedades de ciclo más largo, hubo 10 días de diferencia en maduración, mientras la de ciclo más corto sufrió 29 días de atraso en la maduración (SMITH et al, 1961).

AGROCLIMAS PARA LA SOYA

PASCALE & PORFIDO (1979), estudiaron la aptitud agroclimática de Río Grande do Sul para el cultivo de la soya. Las consideraciones siguientes son enteramente basadas en este trabajo.

Regiones Térmicas

En casi todo el Estado de Río Grande do Sul la temperatura estival (verano) es favorable para el cultivo de la soya, salvo en la parte nordeste, donde la media del mes más caliente del año no llega a 20°C .

Se considera la suma de temperaturas efectivas superiores a 15°C , computadas en enero (ver Tabla 8 y Fig. 1).

En esa zonificación térmica, en las áreas A y B, tenemos, respectivamente, menos de 600°C y 600°C a 1200°C de temperaturas efectivas mayores de 15°C . La letra C abarca una región que incluye el resto de las áreas térmicas.

Regiones hídricas

Si se considera la falta de agua como determinante de las características productivas anuales, a partir del balance hídrico seriado de cada localidad pueden ser clasificados cuatro tipos de años, según los milímetros de deficiencia de agua durante el subperíodo crítico que va del comienzo de la fructificación al peso máximo de las vainas, es decir, años de 0. a 20 mm, de 21 a 35 mm, de 36 a 49 mm y con 50 mm o más de deficiencia, acumulados en enero y febrero. Al clasificar los resultados pueden buscarse distintas combinaciones; sin embargo, atendiendo únicamente a los años más favorables (0 a 20 mm) y a los años más desfavorables (50 mm o más) se visualiza más claramente las diferencias de aptitud hídrica agroclimática entre zonas distintas. En realidad, a una frecuencia elevada de años con la primera situación, corresponderá una frecuencia baja de la segunda y viceversa, con toda una gama de situaciones intermedias.

PASCALE & PORFIDO (1979) determinaron la frecuencia y las probabilidades de ocurrencia de las diferentes situaciones hídricas.

a) Situaciones hídricas favorables

Con la frecuencia de años con una suma de deficiencia de agua de 0 a 20 mm para los meses de enero y febrero, fue calculada la probabilidad de ocurrencia que presentan tales situaciones favorables. Se puede observar varios casos de aptitud, conforme lo indica la Tabla 9.

En la Figura 2, se representa, para el Estado de Río Grande do Sul, la ocurrencia de las situaciones obtenidas en el cálculo. La situación más desfavorable se encuentra en el Litoral y en una faja estrecha en el oeste y sur del Estado, limítrofe con Argentina y Uruguay.

b) Situaciones hídricas desfavorables

En correspondencia a un alto porcentaje de años con situaciones hídricas favorables, se presenta un bajo porcentaje de años con situaciones críticas para el agua, durante los meses de enero y febrero y viceversa. Su computo completa el conocimiento de la aptitud hídrica zonal para el cultivo de la soya, pudiendo presentarse los casos que se dan en la Tabla 10.

En la Fig. 3 puede ser observada la correspondencia mencionada, o sea, la mejor situación en dirección al norte del Estado y la peor (Area A1) en el litoral y en la región de los lagos, con más de 50 % de los años con 50 mm o más de deficiencia acumulados en enero y febrero.

c) Exceso de agua en la maduración

Los inconvenientes originados de un exceso de agua en el momento de la cosecha fueron considerados y, como índice, se consideró que el exceso del balance hídrico en el mes de la cosecha podría marcar una aptitud agroclimática, en función de las cantidades computadas.

En la Fig. 4 se muestra la probabilidad de ocurrencia de 100 mm de exceso en abril, una vez cada cinco años. Se comprobó que, si se registrara el mismo cálculo para el mes de mayo la situación sería aún más crítica. Aproximadamente el 50 % del territorio con aptitud hídrica inferior para el cultivo tiene las menores probabilidades de exceso de agua en la cosecha, debido a que esa situación está asociada con la mayor temperatura durante el ciclo vegetativo de la soya y a un mayor consumo de agua.

Al contrario, para el norte y oeste, donde se localizan las áreas de mayor producción del Estado, la probabilidad de ocurrencia de 100 mm o más de exceso es un poco superior al 20 % de los años. Los riesgos, todavía son menores debido al ondulado característico del terreno en gran parte de esa área.

Donde el suelo es plano y bajo, es posible que la cosecha sea comprometida, dificultosa o disminuida en cantidad o calidad, con una probabilidad entre $P=0.20$ y $P=0.33$, o sea, una vez cada 5 años o una vez cada 3 años. Tabla II.

d) Aptitud meso-agroclimática de Río Grande do Sul para el cultivo de la soya

La Tabla 1 presenta todas las combinaciones hídricas posibles en el Estado, jerarquizando las zonas por las probabilidades de ocurrencia de años con distinta situación hídrica en el período crítico de fructificación.

Todo el territorio de Río Grande do Sul se presenta apto para el cultivo de la soya, pues no existen áreas con menos de 20% de años con deficiencia entre 0 y 20 mm; al contrario, considerando los años con máxima deficiencia de agua, 50 mm o más en el mismo período, aparece una pequeña zona inapta (B', A1', D2'), con más del 50 % de los años sin rendimiento económico.

La combinación de aptitudes térmica e hídrica (Fig. 5) mediante la superposición de los mapas de las Figuras 1, 2, 3, 4, delimita una área en la parte norte del Estado, en límite con Santa Catarina, de características óptimas para la soya, pues tiene la mayor probabilidad de años hídricamente favorables y la menor probabilidad de años desfavorables; esa aptitud sólo es disminuida por la ocurrencia de 20 a 33% de años con más de 100 mm de exceso durante el mes de cosecha. Lógica-

mente, esa característica proviene de la posición regional, que goza de un régimen pluviométrico favorable durante el ciclo vegetativo del cultivo. Entretanto, el exceso apuntado puede no resultar perjudicial, dadas las características topográficas regionales y la aplicación de técnicas culturales acordes con esa evidencia.

Circundando esa zona "óptima", se encuentra a CD', C₁', C₂', que pasa a ser "muy buena" por la incidencia creciente de años hídricamente desfavorables en el período crítico (20 a 33%), área que se repite en la Serra do Sudeste con mayor aptitud para la soya, debido a la disminución de probabilidad de ocurrencia de otoños húmedos (CD', C₁', D₂')

De forma gradual y circundando esas zonas, aparecen las zonas "buenas", luego las "regulares" y finalmente, las "marginales" en dirección Oeste, Sur y Litoral. La causa de esa distribución mesoclimática de los agroclimas para el cultivo, se debe a la combinación de la disponibilidad de agua (P) y principalmente a la demanda atmosférica (Ep), que aumenta en las regiones de poca altitud y en los valles de los ríos.

En el Noreste del Estado aparecen los dos agroclimas térmicamente diferente, un inapto (A D' D₁' C₂') y otro con reducida energía calórica estival (verano), con aptitud apenas para cultivares de soya precoces (B₁, D' D₁', C₂').

III. Regiones fotoperiódicas

El territorio de Río Grande do Sul está incluido en la zona C, por estar situado entre las latitudes de 25 a 35°Sur. Por ese motivo, es posible la siembra de cultivares precoces, semiprecoces y tardíos, según la disponibilidad térmica regional y/o la época de siembra.

La combinación de las regiones térmicas, hídricas y fotoperiódicas conducen a los agroclimas para el cultivo de la soya en Río Grande do Sul, identificables mediante cinco letras, según la zonificación adoptado en este trabajo. Así el agroclima de mejores características para el cultivo es C D' D₁' C₂' C'' y los inaptos son A D' D₁' C₂' C'' y CB' A₁' D₂' C'', por falta de temperatura estival (verano) y escasa humedad en el subperíodo crítico cuanto a la necesidad de agua, respectivamente. Ambos extremos de aptitud representan el 24% y el 10% del total de la superficie del Estado.

LITERATURA CITADA

1. BORTHWICH, H.A. & PARKER, M.W. Influence of photoperiods upon the differentiation of meristems and the blossoming of Biloxi soybeans. Botanical Gazette, Chicago, Illinois, 99: 825-39, 1938.
2. _____ & _____ Light in relation to flowering and vegetative development. In : INTERNATIONAL HORTICULTURE CONGRESS OF THE ROYAL HORTICULTURAL SOCIETY, 13., London, 1952. Anais. London 1952. p. 801-10.
3. BROWN, D.M. Soybean Ecology. I. Development temperature moisture relationships from controlled environment studies. Agronomy Journal, Madison, Wisconsin, 52 : 493-6, 1960.
4. _____ & CHAPMAN, L.J. Soybean Ecology III. Soybean development units for zones and varieties in the Great Lakes Region. Agronomy Journal, Madison, Wisconsin, 53: 306-8, 1961.
5. CARTTER, J.L. Time of planting studies. Soybean Digest, Hudson, Iowa, 18 (7): 12-4. 1958.
6. _____ & HARTWIG, E.E. The management of soybeans. In: NORMAN, A.G. The soybean. New York, Academic Press, 1963. cap. 4p. 161-226.
7. DELOUCHE, J.C. Influence of moisture and temperature levels on germination of corn, soybeans, and watermelons. In: ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Proceedings, 43. 1953, p. 117-126.
8. GARNER, W.W. & ALLARD, H.A. Effect of relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. Journal of Agricultural Research, Washington, D.C., 18: 553-606, 1920.
9. _____ & _____ Photoperiodic response of soybean in relation to temperature and other environmental factors. Journal of Agricultural Research, Washington, DC, 41 (10): 719-35, 1930.
10. GRABLE, A.R. & DANIELSON, R.E. Effect of carbon dioxide, oxygen and soil moisture suction on germination of corn and soybeans. In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, Proceedings, 29, Madison, Wisconsin, 1965, p.12-18.

11. GREEN, D.E. & PINNELL, E.L. Inheritance of soybean seed quality. Crop Science, Madison, Wisconsin, 8(1): 5-15, 1968.
12. HANKS, R.J. & THORP, F.C. Seedling emergence of wheat, corn, grain sorghum and soybeans as influenced by soil crust strength and moisture content, In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Proceedings, 71, Madison, Wisconsin, 1957, p.357.
13. HARRIS, H.B.; PARKER, M.B. & JOHNSON, B.J. Influence of molybdenum content of soybean seed and other factors associated with seed source on progeny response to applied molybdenum. Agronomy Journal, Madison, Wisconsin, 57 : 397-9, 1965.
14. HARTWIG, E.E. Factors affecting time of planting soybeans in the Southern States. Washington, United States Department of Agriculture, Circular 943 (of) United States Government Printing office, 1954. 13p.
15. HOWELL, R.W. Physiology of the soybean. In: NORMAN, A.G. The Soybean. New York, Academic Press, 1963. cap. 2, p. 75-124.
16. _____ & CARTTER, J.L. Physiological factors affecting composition of soybeans. I. Correlation of temperatures during certain portions of pod filling stage with oil percentage in mature beans. Agronomy Journal, Madison, Wisconsin, 45: 526-8, 1953.
17. _____ & _____ Physiological factors affecting composition of soybeans. II. Response of soil and other constituents of soybeans to temperature under controlled conditions, Agronomy Journal, Madison, Wisconsin, 50 : 664-7, 1959..
18. HUNTER, J.R. & ERICKSON, A.E. Relation of seed germination to soil moisture tension. Agronomy Journal, Madison, Wisconsin, 44 : 107-9, 1952.
19. MEDERSKI, H.J.; JEFFERS, D.L. & PETTERS, D.B. Water and water relations. In: CALDWELL, B.E. Soybean: improvement, production and use. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, Inc., 1973. cap. 8, p.239-66.
20. MITCHELL, R.L. & RUSSELL, W.J. Root development and rooting patterns of soybeans, Glycine max (L) Merr., evaluated under field conditions. Agronomy Journal, Madison, Wisconsin, 63 : 313-6, 1971.
21. MIYASAKA, S. Clima para a soja. In: Suplemento Agrícola, Cereais e Leguminosas, s.d., 3p. Datilografado.

22. MOTA, F.S. da. Índice de seca para soja (Glycine max (L) Merr.): Tese para concurso de Professor Titular de Climatología Agrícola. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 1979. 61 p.
23. _____. Probabilidade das necessidades de irrigação em 20 combinações do binômio clima-solo no Rio Grande do Sul. Boletim Técnico. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, No.2, 1980. 86 p.
24. OHMURA, T. & HOWELL, R.W. Inhibitory effect of water on oxygen consumption by plant materials. Plant Physiology, Beltsville, Maryland, 35 : 184-93, 1960.
25. OSLER, R.D. & CARTTER, J.L. Effect of planting date on chemical composition and growth characteristics of soybeans. Agronomy Journal Madison, Wisconsin, 46 (6): 267-9, 1954.
26. PASCALE, A.J. Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soja en la Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires, 17(3): 31-48, 1969.
27. _____. & PORFIDO, O.D. Zoneamento mesoagroclimático hídrico de Rio Grande do Sul para a cultura da soja. In: SEMINARIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., Londrina, 1979. Anais. Londrina, 1979, V.1, p. 117-29.
28. _____. ; REMUSSI, C. & MARZO, L. Reacción de distintas variedades de soja a los factores bioclimáticos de Buenos Aires. Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires, Buenos Aires, 15 : 29-54, 1963.
29. PETERS, D.B. & JOHNSON, L.C. Soil moisture use by soybeans. Agronomy Journal, Madison, Wisconsin. 52: 687-9, 1960.
30. RAPER, C.D. & BARBER, J.A. Rooting systems of soybeans I. Difference in root morphology among varieties. Agronomy Journal, Madison, Wisconsin, 62 : 581-4, 1970.
31. RUNGE, E.C.A. & ODELL, R.T. The relationships between precipitation, temperature, and yield of soybeans on the Agronomy South Farm, Urbana, Illinois. Agronomy Journal, Madison, Wisconsin, 52: 245-7, 1960.
32. SCHAİK, P.H. van & PROBST, A.H. Effects of some environmental factors on flower production and reproductive efficiency of soybean. Agronomy Journal, Madison, Wisconsin, 50(4): 192-7, 1958.

33. SHAW, R.H. & LAING, D.R. Moisture stress and plant response. In: PIERRE, W.H.; DON KIRKHAN, JOHN PESEK, ROBERT SHAW. Plan environment and efficient water use. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, Inc., 1965. cap.12, p.73-94.
34. SINGH, J.L. & SAXENA, M.C. Soybean at Pantnagar, India. Uttar Pradesh Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin, 6., 1969. 106p.
35. SMITH, T.J.; CAMPER, H.M.; JONES, G.D. & ALEXANDER, M.W. Soybean performance in Virginia as affected by variety and planting date. Virginia Agricultural Experiment Station Bulletin, No. 526, 1961. 30p.
36. SPOONER, A.E. Effects of irrigation timing and lenght of flooding periods on soybean yields. University of Arkansas Agricultural Experiment Station, Fayetteville, Bulletin no.644, 1961. 27 p.
37. SUN, C.N. Growth and development of primary tissues in aerated and-nonaerated roots of soybeans. Bulletin of Torrey Botanical Club, 82(6): 491-502, 1955.
38. THOMPSON, L.M. Weather and technology in the production of soybeans in the Central United States. Agronomy Journal, Madison, Wisconsin, 62 : 232-6, 1970.
39. VENTSKEVICH, G.Z. Agrometeorology Trad. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, Ed. Israel Program for Scientific Translations, 1961, 300p. Original russo.
40. VERNETTI, F. de J. Soja-producao de sementes. UFPel, FAEM CETREISUL; Curso Nacional de Producao e Tecnologia de Sementes. 1978 61p. (Mimeografado).
41. WEISS, M.G.; WEBER, C.R.; WILLIAMS, L.F. & PROBST, A.H. Variability of agronomic and seed compositional characters in soybean, as influenced by variety and time of planting. United States Department of Agriculture, Technical Bulletin, no.1017, 1950. 39p.
42. WHITT, D.M. & BAVEL, C.H.M. van. Irrigation of tabacco, peanuts and soybeans. In: United States Department of Agriculture. Water, Year book of Agriculture. Washington, US. Government Printing Office, 1955, p.376-81.
43. WINTER, S.R. & PENDLETON, J.W. Soybean roots: How deep do they go. Soybean Digest, Hudson, Iowa. 28 (7): 1968.

44. YAO, A.Y.M. The R Index for plant water requirements. Agricultural Meteorology, Amsterdam. 6 (4): 259-73. 1969.
45. _____. Evaluating climatic limitations for a specific agricultural enterprise. Agricultural Meteorology, Amsterdam. 12 (1): 65-73. 1973.
46. _____. Agricultural potencial estimated from the ratio of actual to potential evapotranspiration. Agricultural Meteorology. Amsterdam 13(3): 405-17. 1974.

Tabla 1. Índice de sequía para la Soya en diferentes localidades y tipos de suelos en la Región Sureste de Río Grande do Sul, en diferentes años.

AÑO DE COSECHA	LOCALIDADES						
	Pelotas (UFPAE/UEPAE-Pelotas)	Pelotas (UEPAE-Cascata)		Santana da Boa Vista		Cocapava do Sul	
	Solo Pelotas (70 mm) 1/	Solo Pinheiro Machado (50 mm)	Solo Bexigoso (75 mm)	Solo Caldeirão (130 mm)	Solo Pinheiro Machado (50 mm)	Solo Carajá (90 mm)	Solo Caldeirão (130 mm)
1940	40	--	--	--	--	36	31
1941	33	--	--	--	--	26	22
1942	70	78	70	--	--	36	31
1943	82	83	78	--	--	--	--
1944	45	75	45	--	--	35	30
1945	81	72	70	77	51	89	84
1946	70	75	45	35	72	34	29
1947	69	73	43	32	69	38	33
1948	68	75	45	32	45	35	31
1949	82	86	79	72	91	42	36
1950	77	74	70	75	93	29	26
1951	68	42	36	78	97	29	27
1952	44	76	68	91	108	78	71
1953	79	84	78	98	112	42	37
1954	68	78	72	36	73	35	30
1955	70	71	42	45	87	42	36
1956	52	31	26	58	71	40	36
1957	45	45	39	87	99	68	41
1958	38	45	40	43	83	40	35
1959	42	41	36	73	74	68	41
1960	29	71	43	95	105	68	40
1961	44	42	37	44	82	40	35
1962	69	41	35	34	73	44	41
1963	70	43	37	39	81	37	34
1964	79	76	69	43	87	70	42
1965	77	79	71	71	90	71	42
1966	39	39	34	26	40	27	22
1967	39	43	38	37	75	38	32
1968	69	76	69	72	92	69	41
1969	44	72	43	21	29	45	40
1970	73	81	73	42	86	42	38
1971	37	37	31	26	39	--	--
1972	42	44	40	--	--	--	--
1973	70	43	38	--	--	--	--
1974	34	31	26	--	--	--	--
1975	70	75	45	--	--	--	--
1976	84	79	71	--	--	--	--
1977	28	31	26	--	--	--	--
1978	74	39	33	--	--	--	--
1979	74	77	71	--	--	--	--

1/ El número entre paréntesis indica la capacidad máxima de agua disponible.

Tabla 2. Necesidades de irrigación para diferentes niveles de riesgos, durante el ciclo de la soya en localidades y tipos de suelos dentro del área de actuación del Convenio EMBRAPA/UFPeI, para un factor de uso consuntivo de 1.5 (70 o/o de eficiencia del sistema de riego)

SUELO	Necesidades de irrigación durante el ciclo (mm)			
	Riesgos o/o			
	10	20	50	80
CLIMA PELOTAS				
Suelos Camaqua Pelotas	784	609	376	144
CLIMA ENCRUZILHADA				
Suelo Bexigoso	739	608	359	117
Suelos Pinheiro Machado y Camaqua	789	656	403	153
CLIMA SANTA VITORIA				
Suelo Pelotas	873	734	470	206

Tabla 3. Duración del día, en horas y minutos, en cinco localidades de Brasil, en cinco fechas diferentes

Localidad Latitud	Pelotas RS 1/ 32° 30°	P.Fundo RS 28°	P.Grossa PR 2/ 25°	Londrina PR 23°	R. Preto SP 3/ 21°
FECHAS	h. min.	h. min.	h. min.	h. min.	h. min.
20 de octubre	14 00	13 45	13 37	13 31	13 26
20 de noviembre	14 50	14 25	14 15	14 07	14 00
20 de diciembre	15 15	14 50	14 37	14 25	14 15
20 de enero	14 52	14 30	14 20	14 10	14 03
20 de febrero	14 05	13 55	13 48	13 43	13 38

1/ RS : Río Grande do Sul

2/ PR: Paraná

3/ SP : São Paulo

Tabla 4. Efecto de la latitud en la fecha de maduración de la variedad Lincoln*

Localidades	Latitud		Fecha de Maduración
Madison - Wisconsin	42°	34'	2/ ~~10~~ octubre
De Kalb - Illinois	41°	50'	1/ ~~0~~ octubre
Dwight - Illinois	41°	8'	27/ ~~0~~ septiembre
Urbana - Illinois	40°	8'	17/septiembre
El Dorado - Illinois	37°	52'	8/septiembre
Silkeston - Missouri	36°	23'	30/agosto
Stoneville - Mississippi	33°	25'	12/agosto

* The Soybeans - Ed. A.G. Norman, Academic Press, New York.

Tabla 5. Número aproximado de días, de la emergencia al inicio de la floración, de cuatro cultivares de soya sembrados en intervalos de diez días. Stoneville, Mississippi, 1949/51

Cultivares	Días de la emergencia al inicio de la floración							
	10 Abril	20 Abril	1 Mayo	10 Mayo	20 Mayo	1 Junio	10 Junio	20 Junio
Wabash	32	31	30	30	29	30	30	31
S-100	35	34	35	35	34	35	33	32
Ogden	55	49	60	56	53	51	47	39
Roanoke	47	41	63	60	58	55	51	44

Tabla 6. Número Promedio de días hasta el período de Fructificación de cuatro cultivares de soya sembrados en intervalos de diez días, Stoneville, Mississippi, 1949/51.

Cultivares	Días del inicio de la floración a la maduración							
	10 Abril	20 Abril	1 Mayo	10 Mayo	20 Mayo	1 Junio	10 Junio	20 Junio
Wabash	89	84	76	74	74	62	60	58
S-100	102	100	88	87	82	78	74	74
Ogden	110	108	94	92	94	86	84	82
Roanoke	142	135	109	102	100	95	89	87

Tabla 7. Número promedio de días de emergencia a maduración, de cuatro cultivares de soya sembrados en intervalos de diez días, Stoneville, Mississippi, 1949/51.

Número Promedio de días de emergencia a maduración								
Cultivares	10 Abril	20 Abril	1 Mayo	10 Mayo	20 Mayo	1 Junio	10 Junio	20 Junio
Wabash	121	115	106	104	103	92	90	89
S-100	137	134	123	122	116	113	107	105
Ogden	165	153	154	148	148	137	131	121
Roanoke	189	176	172	162	158	150	140	131

Tabla 8. Aptitud térmica de Río Grande do Sul para el cultivo de la soya

Suma de temperaturas superiores a 15°C en el mes de enero	Aptitud agroclimática térmica	Zonas
Menos de 150°	Inapto	A
Entre 150° a 200°	Apto sólo para cultivares precoces	B
Mas de 200°	Apto	C

**Tabla 9. Favorabilidad hídrica (0 a 20 mm de deficiencia) en el subperíodo crítico:
Fructificación - peso máximo de las vainas**

Años favorables Probabilidad de ocurrencia	Aptitud hídrica zonal	Zonas
Más del 50 o/o	Muy bueno	D'
50 - 33 o/o	Bueno	C'
33 - 20 o/o	Regular	B'
Menos del 20 o/o	Inapto	A'

**Tabla 10. Desfavorabilidad hídrica (50 mm o más de deficiencia) en el subperíodo crítico:
Fructificación - peso máximo de las vainas**

Años desfavorables Probabilidad de ocurrencia	Aptitud hídrica zonal	Zonas
Menos del 20 o/o	Muy bueno	D ₁ '
20 - 33 o/o	Bueno	C ₁ '
33 - 50 o/o	Regular	B ₁ '
Más del 50 o/o	Inapto	A ₁ '

**Tabla 11. Desfavorabilidad hídrica por exceso de agua en el mes de cosecha de la Soya
en R/ó Grande do Sul (100 mm o más) a/**

Años desfavorables Probabilidad de ocurrencia	Aptitud hídrica zonal	Zonas
Menos del 20 o/o	Muy bueno	D₂'
20 - 33 o/o	Bueno	C₂'

a/ No existen otras posibilidades en el Estado de R/ó Grande do Sul.

Tabla 12. Aptitud mesoagroclimática hídrica de Río Grande do Sul para el cultivo de la soya

Probabilidad de ocurrencia (o/o) en años con:						
Máximo de producción zonal (0 a 20 mm de deficiencia de agua acumulada en enero, fe- brero.	Reducida o nula producción zonal (50 o más mm de defi- ciencia de agua acumulada en enero y febrero.	100 o más mm de exceso de agua en el mes de la cosecha: abril.	Aptitud agroclimática zonal	Agroclimas hídricos		
50	20	20 - 33	Óptima	D'	D ₁ '	C ₂ '
	20 - 33	20	Muy bueno 1	D'	C ₁ '	D ₂ '
		20 - 33	Muy bueno 2	D'	C ₁ '	D ₂ '
50 - 33		20	Bueno	C'	C ₁ '	D ₂ '
	20 - 33	20 - 33	Bueno 2	C'	C ₁ '	C ₂ '
		20	Regular 1	C'	B ₁ '	D ₂ '
	33 - 50	20 - 33	Regular 2	C'	B ₁ '	C ₂ '
33 - 20		20	Marginal 1	B'	B ₁ '	D ₂ '
	33 - 50	20 - 33	Marginal 2	B'	B ₁ '	C ₂ '
	50	20	Inapta	B'	A ₁ '	D ₂ '

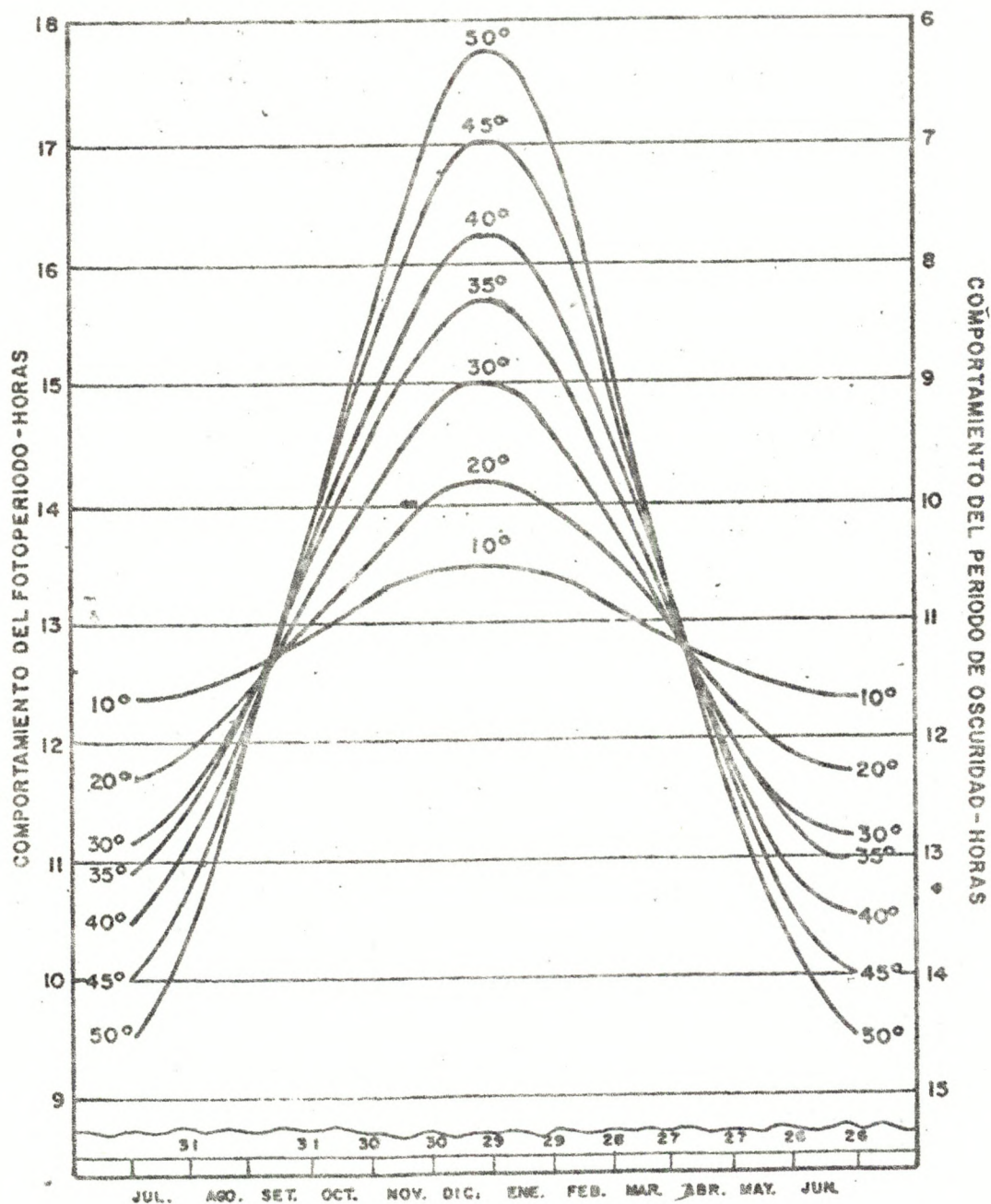


GRAFICO: I PERIODOS DE LUZ Y OSCURIDAD, ENTRE LAS LATITUDES 10° A 50° ESTAS CURVAS REPRESENTAN LA DURACION DE LA LUZ SOLAR Y DE OSCURIDAD ENTRE LA AURORA Y EL CREPUSCULO (Sol 6° abajo del horizonte)

(American Nautical Almanac 1943 U.S Naval observatori)

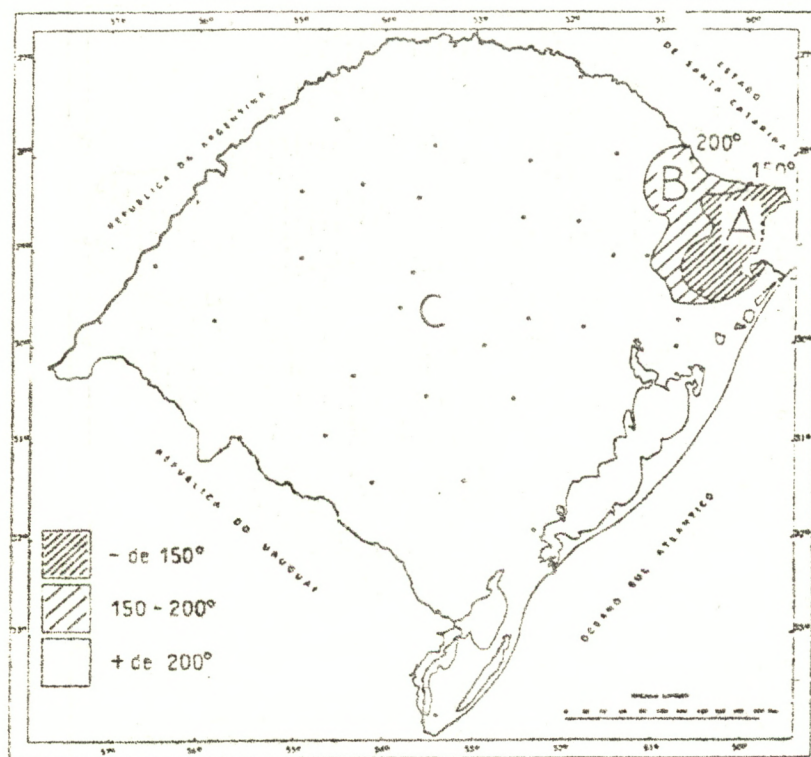


FIG. 1 — Zonas térmicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul.

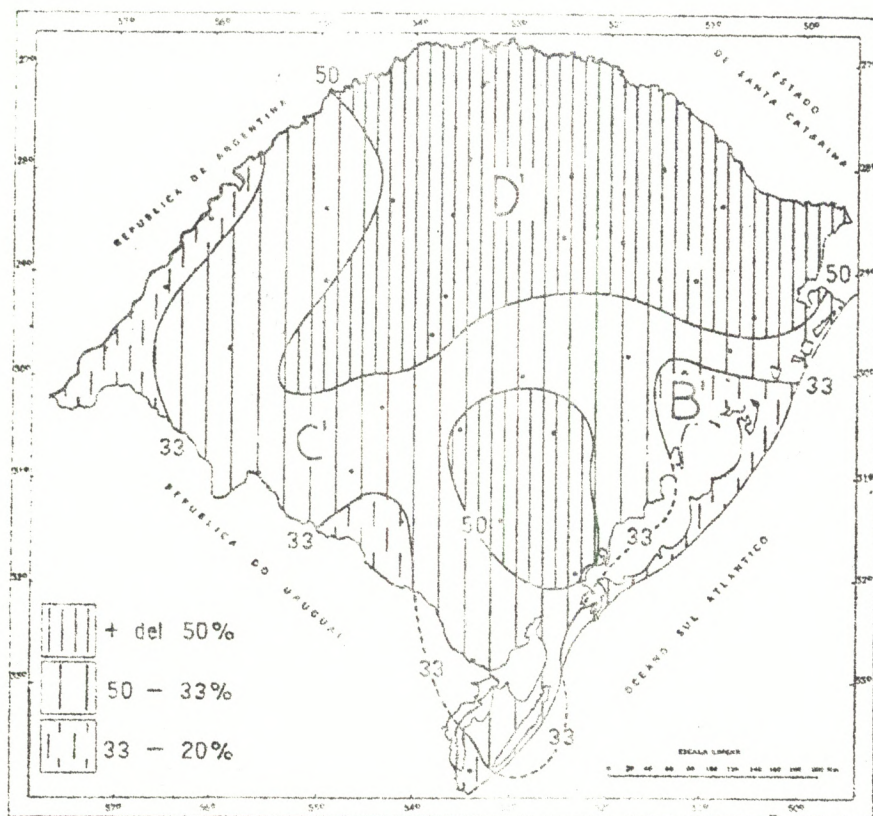


FIG. 2 — Probabilidades de anos com situações hídricas favoráveis para a cultura da soja no Rio Grande do Sul.

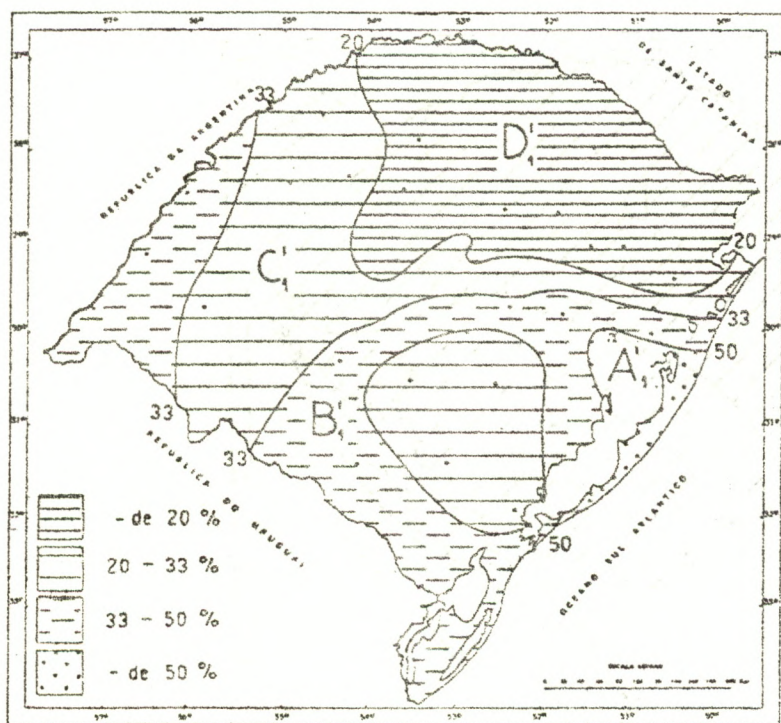


FIG. 3 — Probabilidade de anos com situações hídricas desfavoráveis para a cultura da soja no Rio Grande do Sul.

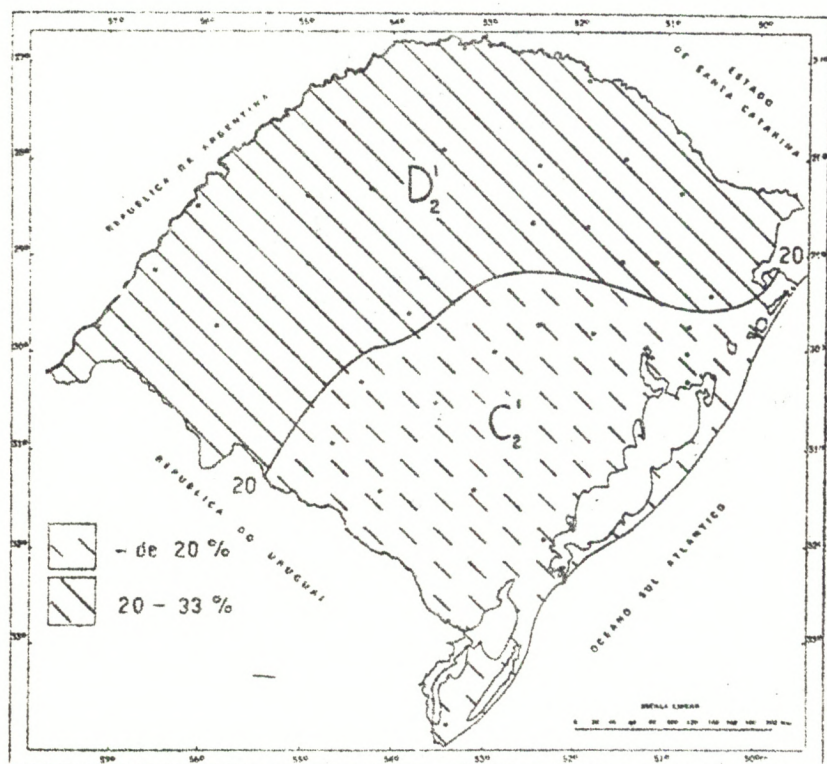
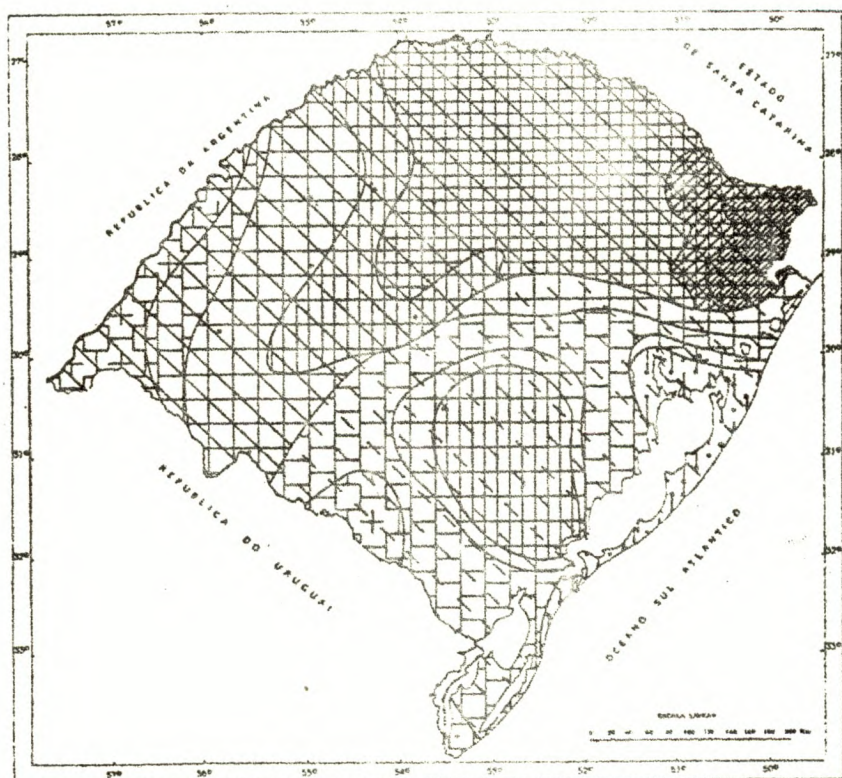


FIG. 4 — Probabilidade de anos com excesso de água superior a 100 mm no mês de maturação da soja no Rio Grande do Sul.



Agroclimas Termo-húricos							
	C D' D ₄ C ₂		C C' C ₄ D ₂		C C' A ₄ C ₂		C B' B ₄ D ₂
	C D' C ₄ D ₂		C C' C ₄ C ₂		C B' A ₄ D ₂		B D' D ₄ C ₂
	C D' C ₄ C ₂		C C' B ₄ D ₂		C B' B ₄ C ₂		A D' D ₄ C ₂

FIG. 5 — Zoneamento mesoagroclicmático do Rio Grande do Sul para a cultura da soja.