

BOLETIN TECNICO No. 12

JULIO DE 1971

AREAS AGROCLIMATICAS PARA EL TRIGO Y CARACTERISTICAS BIOCLIMATICAS DE SUS CULTIVARES EN EL URUGUAY.

J. J. BURGOS Y W. C. CORSI



INSTITUTO URUGUAYO DE GANADERIA Y AGRICULTURA
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"
LA ESTANZUELA - COLONIA - URUGUAY

BOLETIN TECNICO N.º 12

JULIO DE 1971

AREAS AGROCLIMATICAS PARA EL TRIGO Y CARACTERISTICAS BIOCLIMATICAS DE SUS CULTIVARES EN EL URUGUAY.

J. J. BURGOS Y W. C. CORSI



MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA

CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"

LA ESTANZUELA - COLONIA - URUGUAY

AREAS AGROCLIMATICAS PARA EL TRIGO Y CARACTERISTICAS BIOCLIMATICAS DE SUS CULTIVARES EN EL URUGUAY *

por J. J. Burgos ** y W. C. Corsi ***

I—INTRODUCCION

El trigo es un cultivo tradicional que se practica en el Uruguay desde la época de la colonia, pero su desarrollo parece limitado por causas de ambiente y económico - sociales. Su producción permite el abastecimiento interno del país y en algunos años ha dejado un saldo considerable para la exportación.

Se pueden sospechar las condiciones limitantes del ambiente si se comparan los valores absolutos del rendimiento y de su tendencia, con los de otros países de ambiente más favorable o desfavorable pero de igual práctica de cultivo extensivo.

Así, el rendimiento en que culmina la tendencia en los años 1965 y 1966 es para el país de 1000 kilos por hectárea frente al valor correspondiente de 1358 de Argentina. Los valores promedio del trienio 1958-59 y 1960-61 fueron para Estados Unidos, Canadá, Australia, Argentina y Brasil de 1960, 1277, 1263, 1237 y 507 kilos por hectárea, respectivamente, (Caffera, 1963). El valor correspondiente a Uruguay en el mismo trienio fue de 648 kilos por hectárea, si bien debe tenerse en cuenta que los tres años considerados fueron de bajo rendimiento.

Si se analizan las tendencias de aumento de rendimiento en el tiempo se concluye que estas han sido lentas. Como puede apreciarse en las Figuras 1 y 2, el aumento de 2 kilos por hectárea y por año caracterizó el período 1911 - 12 a 1940 - 41 (Amaral, 1942) y 10 kilos por hectárea y por año fue el aumento progresivo del pe-

* Trabajo realizado en el Programa de Agroclimatología del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", La Estanzuela, Colonia, República Oriental del Uruguay.

** Profesor Titular de Climatología y Fenología Agrícolas de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Buenos Aires, Consultor del Programa de Agroclimatología del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger".

*** Jefe del Programa de Agroclimatología del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger".

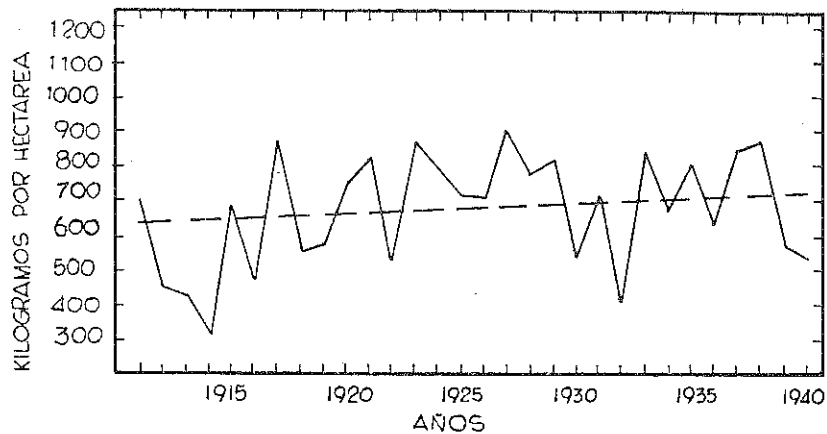


Figura 1. Tendencia de los rendimientos anuales promedio de trigo en el Uruguay en el período 1912 - 1941, (Amaral, 1942).

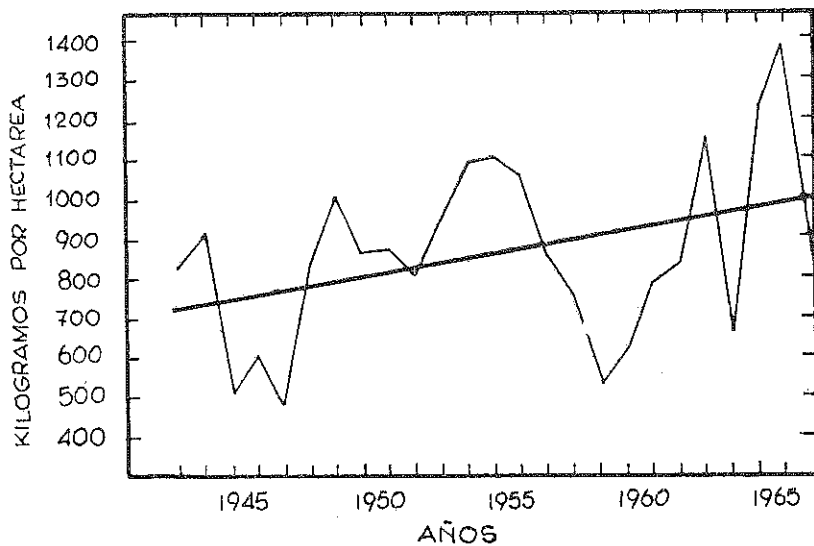


Figura 2. Tendencia de los rendimientos anuales promedio de trigo en el Uruguay, en el período 1942 - 1966.

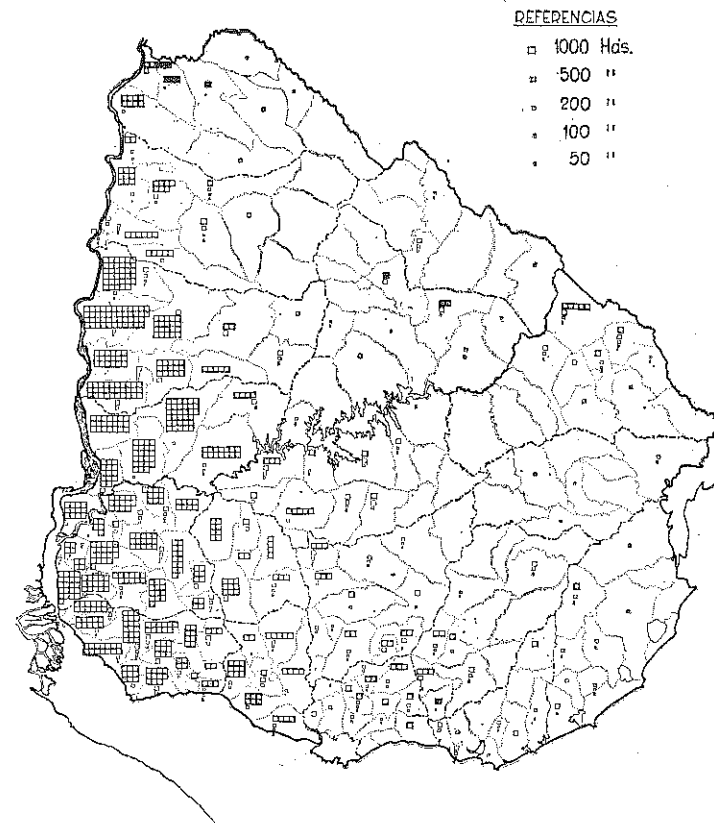


Figura 3. Distribución geográfica y densidad del cultivo de trigo en el Uruguay (Centro Latinoamericano de Economía Humana/CINAM, 1963).

río 1941 - 42 a 1965 - 66. En la Argentina, la tendencia general del período 1910 - 11 a 1960 - 61 fue de 12,6 kilos de aumento por hectárea y por año, mientras que en el período 1937 - 38 a 1957 - 58 fue de 16 kilos por hectárea y por año (Caffera, 1963).

El área geográfica y la densidad del cultivo se muestra en la Figura 3, que reproduce el mapa confeccionado por el Centro Latinoamericano de Economía Humana/CINAM, 1963. El cultivo de trigo está restringido a un área definida del país que abarca los departamentos de Colonia, Soriano, Flores, Río Negro y Paysandú, de

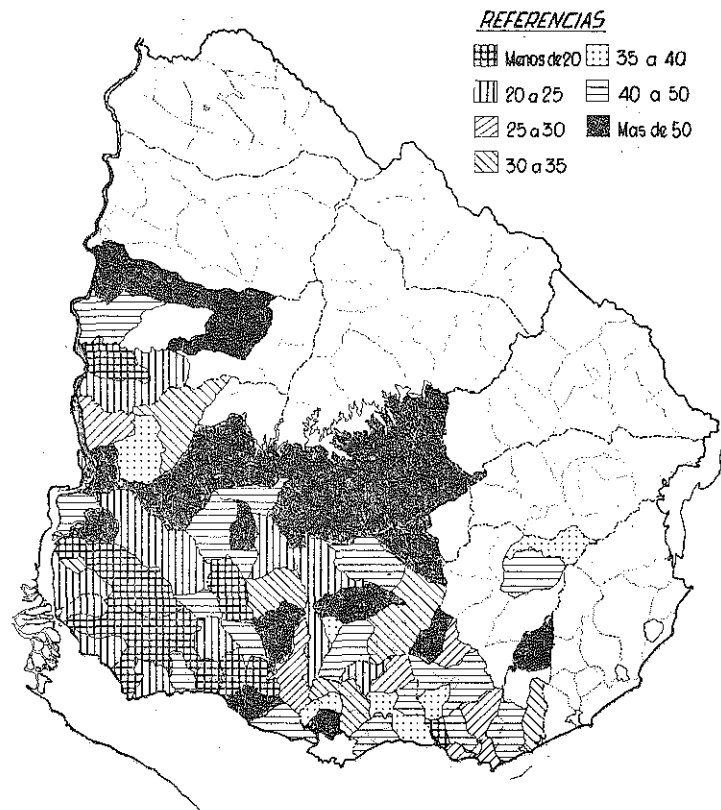


Figura 4. Mapa de variabilidad del área cultivada con trigo en los distritos del Uruguay en el período 1931 - 1940. El número de la referencia indica la desviación típica en número de hectáreas (Amaral, 1942).

preferencia en sus distritos más occidentales mientras que hacia el Este y Norte, el cultivo tiende a desaparecer. La Figura 4, muestra el mapa de Amaral (1942) de variabilidad en el número de hectáreas cultivadas en el período 1931 - 1940, que su autor interpreta como una medida de la seguridad del cultivo. En este mapa se comprueba también que la menor variación, en el número de hectáreas cultivadas, se registra en los departamentos de Colonia, Soriano, Flores, Río Negro y Paysandú y que esa variabilidad aumenta hacia el Este y Norte.

No obstante la hipótesis expuesta, otras causas que no pertenecen al ambiente físico pueden influir en la situación descripta del cultivo del trigo en el país. Las fallas tecnológicas en el manejo del cultivo o el uso de cultivares inapropiados pueden motivar bajos rendimientos, y la tradición agrícola regional o local, proximidad de centros de investigación y selección de semillas, y competencia en el uso de la tierra por actividades mejor remuneradas, pueden influir en la distribución geográfica del cultivo y en la posibilidad de mejorar sus rendimientos.

Por las razones expuestas, el Programa de Agroclimatología del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" ha tratado de definir las áreas geográficas que posee el Uruguay con aptitud climática para el cultivo del trigo y las exigencias bioclimáticas de los cultivares disponibles para facilitar su manejo en las áreas agroclimáticas definidas.

II—AREAS GEOGRAFICAS CON APTITUD CLIMATICA PARA EL TRIGO EN EL URUGUAY

1. Método

Para resolver el problema del epígrafe, sólo en una primera aproximación, hemos aplicado el método de los tipos agroclimáticos (Burgos, 1958), que consiste en delimitar áreas geográficas con índices agroclimáticos que representen, en forma adecuada, las exigencias bioclimáticas de la especie. Se adoptaron en este caso, sin efectuar su revisión, los índices que para el trigo fueron propuestos por Pascale y Damario (1960), que han sido ensayados en Argentina y Brasil (Pascale y Damario, 1961 y Pascale y Silveira da Mota, 1963).

El trigo es una especie que generalmente se siembra en otoño, aunque en algunas regiones de la tierra se lo hace también en verano y primavera. Una gran parte de sus cultivares ha demostrado necesidad de bajas temperaturas y corta duración del día durante los primeros meses de vegetación para poder, más tarde, formar la espiga y florecer (paratermocíclico y parafotocíclico). Sin embargo, para cumplir esta fase satisfactoriamente, es necesario que los días se alarguen en forma rápida en primavera. Por otra parte, para que el rendimiento sea económicamente retributivo, el trigo exige humedad en el suelo durante la espigazón y temperaturas relativamente altas en la espigazón y maduración. Este cuadro general de exigencias climáticas del trigo corresponde a un gran grupo de cultivares en el mundo, probablemente el más numeroso, pero la selección natural y la fitotecnia han producido tipos que pueden adaptarse a condiciones no tan sujetas al modelo propuesto.

Sobre la base de la distribución mundial del cultivo económico del trigo en el mundo y la abundante experiencia que demuestra en cuanto depende su fisiología y rendimiento de los elementos del clima, los autores ya mencionados han propuesto los índices agroclimáticos que se enumeran a continuación, para definir sus tipos agroclimáticos.

Si bien es un hecho universalmente aceptado que las condiciones del suelo resultan en buena parte de la acción de los elementos del clima, existen algunos factores de la aptitud edáfica que le son independientes. Además, puede ocurrir que aún algunas características influenciadas por el clima sean independientes de los elementos elegidos en la tipificación agroclimática. Debemos mencionar entre aquellas y éstas la naturaleza de la roca madre, relieve, exposición, profundidad, erosión, drenaje, etc. Por estas razo-

nes, una cartografía agroclimática que pueda realizarse con este criterio no incluye necesariamente el ambiente edáfico. Este exige un tratamiento por separado cuando se desea integrar el cuadro ecológico del cultivo que escapa al objetivo del presente trabajo.

a) Regiones fotoperiódicas.

Por tratarse de una planta parafotocíclica, el fotoperíodo anual (diferencia en horas y minutos entre el día más largo y corto del año), es un valor indicativo indispensable para deducir el grado de aptitud del clima con respecto al proceso de desarrollo del trigo. Se han establecido las siguientes categorías mundiales de fotoperíodo anual para el trigo.

Zonas y notación	Fotoperíodo anual	Tipo de agroclima
A	8 h.	Fotoperíodo muy largo
B	6 h. 30 min. — 8 h.	Fotoperíodo largo
C	5 h. — 6 h. 30 min.	Fotoperíodo mediano
D	3 h. 30 min. — 5 h.	Fotoperíodo corto
E	3 h. 30 min.	Fotoperíodo muy corto

Es fácil deducir que estas zonas pueden definirse también con valores de latitud geográfica.

b) Regiones térmicas.

Se han propuesto como índices de temperatura que pueden definir la aptitud del clima para el trigo, la temperatura del mes más frío y la temperatura en la época de espigazón y maduración. El primero mencionado da el grado en que el clima puede satisfacer las exigencias en frío de los distintos cultivares y el segundo las condiciones térmicas bajo las cuales se opera el crecimiento del grano.

Las zonas y notaciones, sus características y los tipos de agroclima establecidos para determinar regiones térmicas son los siguientes:

i) Termofase negativa anual del ciclo vegetativo

Zonas y notación	Temperatura media del mes más frío en °C	Tipo de agroclima
A'	0	Muy frío
B'	0 a 5	frío
C'	5 a 10	templado
D'	10	sin frío

ii) Termofase positiva anual en el ciclo vegetativo (para regiones C' de la subdivisión anterior)

Zonas y notación	Temperatura media del trimestre posterior al mes del equinoccio de primavera (Hemisferio sur: Oct. - Nov. - Dic.) °C	Tipo de agroclima
A'	20	cálido
B'	17 - 20	templado
C'	17	frío

c) Regiones hidrológicas

Las regiones hidrológicas se han definido mediante la magnitud del exceso o deficiencia de agua durante los 30 días en que aproximadamente ocurre la espigazón. En el hemisferio sur, se estima el tiempo de esta fase entre el 15 de setiembre y el 15 de octubre, en la faja limitada por los 30 y 32° de latitud; y en el mes de octubre, entre los 32 y 35° de latitud sur. Con este índice se pretende poner en evidencia la cantidad de agua que ofrece el clima en este período del ciclo vegetativo del que depende, en buena parte, su rendimiento. Las notaciones, características y tipos de agroclima para delimitar las regiones hidrológicas mundiales son las siguientes:

Zonas y notación	Exceso (+) o deficiencia (-) de agua en los 30 días de la espigazón (mm)	Tipo de agroclima
A''	+ 50	muy húmedo
B''	+ 26 a + 50	húmedo
C''	0 a + 25	sub-húmedo húmedo
D''	- 1 a - 25	sub-húmedo seco
E''	- 25	seco

Los valores de exceso y deficiencia propuestos se refieren a los que pueden obtenerse mediante el uso del balance hídrico de Thornthwaite y Mather (1955).

d) Materiales meteorológicos utilizados

Para el cálculo de los índices agroclimáticos mencionados anteriormente, se utilizó la información climática disponible del país perteneciente a la Dirección General de Meteorología. El número de años considerado en cada estación fue variable estimándose innecesario proceder a homogeneizar estadísticamente las series. La

gran variabilidad de la temperatura y la precipitación en el país, puede inducir errores en los valores promedio de series corrientes (30 - 40 años) homogeneizadas, de igual o mayor magnitud que los que pueden resultar de series no homogeneizadas. Por esta razón los resultados obtenidos en delimitación de zonas climatológicas con tales valores deben considerarse como preliminares y sujetos a una mayor precisión, cuando se disponga de series más prolongadas.

2 Tipos Agroclimáticos del Trigo en la República Oriental del Uruguay.

a) Regiones de fotoperíodo anual

En el mapa de la Figura 5, se muestran las combinaciones de tipos agroclimáticos mundiales presentes en el país según el esquema propuesto.

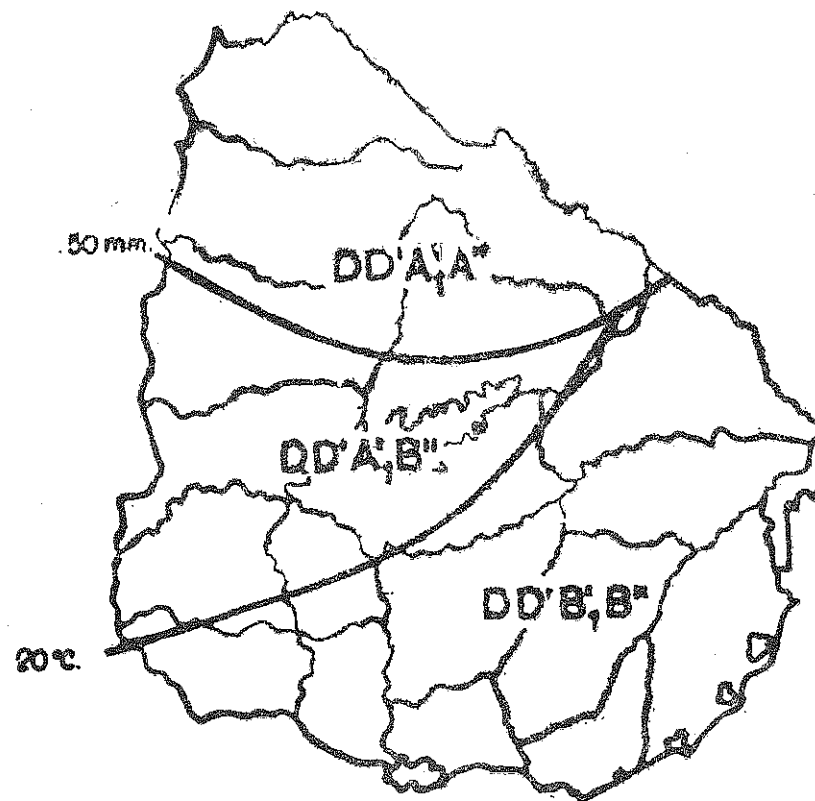


Figura 5. Tipos agroclimáticos para el trigo en el Uruguay.

Se observa así que de las cinco zonas en que se han dividido las condiciones de fotoperíodo anual para el cultivo económico del trigo en el mundo, todo el territorio del Uruguay cae en la cuarta zona D, limitada por los valores de 3h. 30min. y 5 horas. Sin embargo, toda la extensión del país está más próxima a este último límite que al primero, ya que en su extremo norte el fotoperíodo anual se aproxima a 4 horas. Esto significa que para hallar una diferenciación del régimen fotoperiódico para el trigo en el país, habría que partir de un esquema que dividiera la extensión mundial del cultivo en más de siete zonas fotoperiódicas, lo cual no se justificaría actualmente.

Por la naturaleza astronómica de este importante factor bioclimático anaptígeno, se puede afirmar que todo el Uruguay dispone de un fotoperíodo anual corto para el trigo, es decir, que la duración del día en el primer estado del desarrollo, es más bien larga y en cambio durante la floración, corta. No obstante lo dicho, en la porción sur del país el fotoperíodo anual es más largo que en el norte y por lo tanto, más favorable para un número mayor de cultivares de trigo.

b) Regiones de temperatura invernal (termofase negativa del ciclo vegetativo)

Con respecto al frío invernal, el clima del Uruguay resulta también uniforme pues todo su territorio corresponde al tipo D', cuarta y última categoría del esquema propuesto, o sea con temperaturas del mes más frío superiores a 10°C. Por ello debe considerarse al país, en su conjunto, como sin frío invernal para el trigo, si bien la porción sur del mismo, es ligeramente más fría en invierno que la norte.

c) Regiones de temperatura para la maduración del trigo (termofase positiva del ciclo vegetativo)

Con el índice propuesto para definir el agroclima según este concepto, es posible hallar en el Uruguay las zonas B¹ y A¹. La zona B¹ resulta así la más favorable y la A¹ supera el límite de 20°C en sólo algunas décimas. Por ello, esta zona puede ofrecer condiciones críticas para el desarrollo del grano en los años muy calientes que se aparten notoriamente de la norma propuesta. Sin embargo, resulta favorable el hecho de que el tipo cálido A¹ se combine, en el país, con el tipo hidrológico A'' húmedo, lo que significa una disminución del peligro de "achuzamiento" del grano por altas temperaturas.

El límite entre las dos regiones es la isoterma de 20°C que corre desde Punta Gorda, departamento de Colonia, hasta el límite

de los departamentos de Rivera y Cerro Largo, en el extremo nor-este del país. En esta forma, el clima cálido para la maduración del trigo comprende los departamentos de Artigas, Rivera, Salto, Tacuarembó, Paysandú, Río Negro y parte de los departamentos de Soriano, Flores y Durazno.

El resto del país goza de un clima templado con respecto a esa necesidad climática.

d) Regiones hidrológicas

Las regiones hidrológicas mundiales del trigo presentes en el Uruguay son la muy húmeda A'' y la húmeda B''. La región A'' muy húmeda, ocupa el extremo norte del país y la B'' húmeda, la mayor extensión del mismo en el sur. La distribución de este índice señala la frecuencia con que el exceso de agua en la maduración del trigo, puede afectar su rendimiento cuanti y cualitativo.

El valor del exceso a que se refiere este índice, ha sido calculado para el período entre el 15 de setiembre y el 15 de octubre al norte del paralelo 32, donde la espigazón se considera algo más adelantada que en el sur. En cambio, al sur de ese paralelo se ha considerado octubre como mes de espigazón. En esta forma, la región muy húmeda para la espigazón - maduración comprende los departamentos de Artigas, Salto, Rivera y el norte de Tacuarembó y Paysandú. Al sur de este territorio, los valores del exceso de agua en este período están comprendidos entre 50 y 26 milímetros.

e) Los tipos agroclimáticos mundiales del trigo y el rendimiento anual de este cultivo en el Uruguay

Con el objeto de establecer la validez de aplicación de los tipos agroclimáticos mundiales del trigo al espacio geográfico del Uruguay, se puede indagar la relación de aquellos con el rendimiento del cultivo en años extremos, de máximos y mínimos rendimientos. Este análisis permite simplemente evaluar el criterio de los tipos y los índices escogidos para integrarlos, ya que para definir en forma ajustada la influencia de los diferentes elementos del clima en el rendimiento, las técnicas de la estadística matemática son más apropiadas.

Para el primero de los fines expuestos se eligieron los cuatro años de mayor y otros tantos de menor rendimiento, a partir de 1944. Este límite de tiempo fue necesario porque sólo desde esa fecha se pudo contar con la información meteorológica utilizada. Se consideraron los años 1965, 1962, 1954 y 1948 en que los rendimientos medios del país fueron de 1.382, 1.154, 1.106 y 1.001 kg/há y los años 1946, 1944, 1958 y 1963 cuyos rendimientos sólo alcanzaron 490, 515, 521 y 668 kg/há respectivamente. Con los valores me-

teorológicos de esos mismos años convenientemente elaborados se construyeron los tipos agrometeorológicos que correspondieron a cada uno de los años considerados y que se representan en las Figuras 6 y 7.

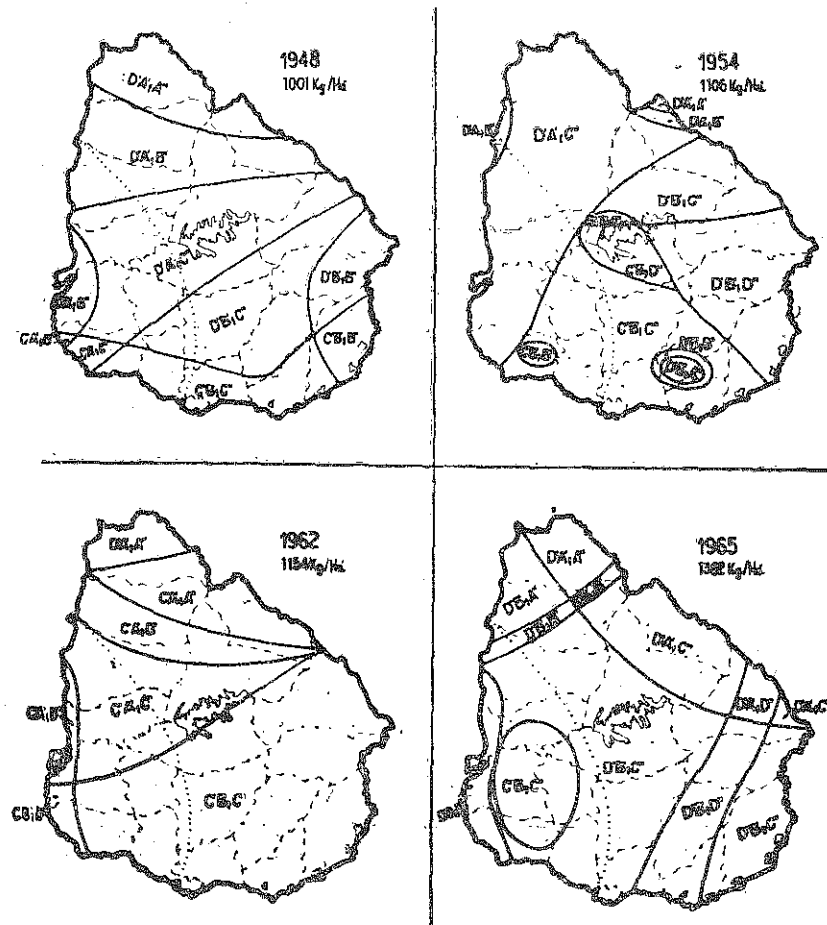


Figura 6. Tipos agrometeorológicos para el trigo formados en Uruguay en años con rendimientos máximos.

Debido a que la mayor densidad del cultivo se concentra en la porción sud - occidental del país como se mostró en la Figura 3, puede suponerse que son las condiciones del tiempo reinante en tal área las que determinan año tras año las fluctuaciones del rendimiento medio del país. Por esta razón en el Cuadro 1, se han in-

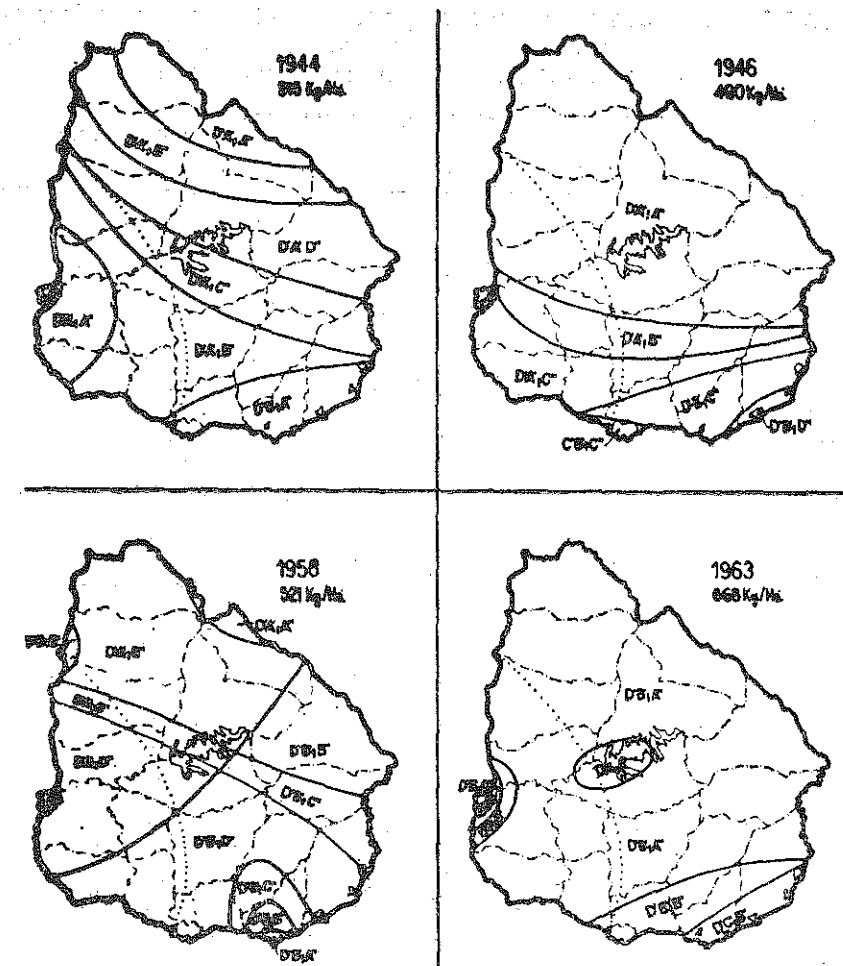


Figura 7. Tipos agrometeorológicos para el trigo formados en Uruguay en años con rendimientos mínimos.

cluido sólo los tipos agrometeorológicos que se formaron sobre el área triguera uruguaya delimitada con línea de puntos en los mapas de las Figuras 6 y 7 y los porcentajes que se refieren en el Cuadro 1, columna 4, se estimaron de la superficie total de ese delimitado espacio geográfico.

CUADRO 1. Tipos agrometeorológicos para el trigo que se formaron sobre el área netamente triguera de Uruguay en años de máximos y mínimos rendimientos.

Año	Rendimiento	Tipo agrometeorológico	% aprox. que cubrió el área triguera
1965	1.382	D' B' C''	40%
		C' B' C''	40% 95%
		D' B' D''	15%
		Otros	5%
1963	668	D' B' A''	90%
		Otros	10%
1962	1.154	C' A' C''	45%
		C' B' C''	45%
		C' A' D''	5%
		C' B' D''	5%
1958	521	D' A' D''	60%
		D' B' D''	25% 85%
		Otros	15%
1954	1.106	D' A' C''	50%
		C' B' B''	45%
		C' B' B''	5%
1948	1.001	D' A' C''	60%
		D' B' C''	7%
		C' B' C''	10% 83%
		C' A' C''	6%
		C' A' B''	2%
		D' A' B''	15%
1946	490	D' A' A''	45%
		D' A' B''	15%
		D' A' C''	25%
		Otros	5%
1944	515	D' A' A''	38%
		D' A' B''	52%
		D' A' C''	10%

Si se tiene en cuenta que el 95% de la zona del cultivo de trigo en el Uruguay corresponde a los tipos agroclimáticos D' A' B'' y D' B' B'', por partes iguales, se puede deducir que los años de altos rendimientos tuvieron inviernos más fríos que lo normal (C')

como 1962 y primaveras más secas (C'' y D'') como 1965, 1962, 1959 y 1948 y a veces veranos más frescos (B') como 1965. En estos años las regiones D' ocuparon poca extensión y los valores térmicos del mes más frío si bien pertenecen a esta categoría se ubican próximos al límite entre esta y la categoría C'. Además, el mes anterior al mes más frío tiene poca diferencia con éste. En cambio, los años de más bajos rendimientos, como muestran la Figura 7 y el Cuadro 1, fueron años sin frío invernal (D') como 1946, 1944, 1958 y 1963; con primaveras húmedas (A') como 1963 y 1944 y veranos cálidos (A'), como en 1946 y 1944. Estos resultados indican la validez regional de la aplicación de los tipos agroclimáticos mundiales al espacio geográfico del Uruguay por una parte y por otra señalan la posibilidad de aproximar una estimación de los rendimientos del país con valores simples como los referidos, hasta tanto no se posean métodos empíricos de mayor ajuste.

III—CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS DE LOS CULTIVARES DE TRIGO DISPONIBLES EN EL URUGUAY

1. Método

Se realizaron ensayos de campo durante los años agrícolas 1965 - 66, 1966 - 67, 1967 - 68 y 1968 - 69 (que para simplificar se denominarán en adelante años 1965, 1966, 1967 y 1968 respectivamente), con el objeto de conocer las exigencias bioclimáticas de los cultivares de trigo disponibles en el país, ya sea para propagarlas o para utilizarlas en proyectos de mejoramiento. La colección utilizada está compuesta por cultivares que se recomiendan actualmente, por otras aún no probadas y por algunas eliminadas del gran cultivo por diversas razones. Unos son cultivares formados y seleccionados en el país y otros fueron introducidos desde Argentina y Brasil.

Durante el año 1965, el ensayo consistió en siembras escalonadas, cada 15 días desde abril a octubre, de los trigos estudiados con dos tratamientos diferentes. Un tratamiento fue sembrar una parcela con semilla sin vernalizar. El otro fue con semilla vernalizada. La vernalización consistió en humedecer la semilla a temperatura ambiente, 20—25°C, hasta obtener una pregerminación (apenas una rotura del tegumento sobre el embrión), luego se mantuvieron las semillas en heladera a temperatura de 0 a 2°C, durante 25 días.

Como las semillas vernalizadas, al ser sembradas, presentaban un incipiente estado de desarrollo, se tuvo la precaución de que las semillas no vernalizadas se mostraran también en idéntica forma en el momento de la siembra. De esta manera, diferencias observadas posteriormente no pudieron atribuirse a este hecho, sino exclusivamente al enfriamiento artificial al que fueron sometidas las semillas vernalizadas. Para ello, las no vernalizadas se humedecieron y a la temperatura ambiente (sin frío) se les provocó un desarrollo incipiente idéntico.

La técnica seguida en el ensayo fue la misma utilizada en trabajos similares anteriores (Pascalle y Damario, 1954; Pascalle, 1955; Aquino y Burgos, 1965); es decir, siembras en parcelas de 2 hileras, de 3 metros de largo y 20 centímetros de distancia entre ellas; y con las observaciones fenológicas de: nacimiento, encañazón, espigazón y maduración. En esta forma, cada cultivar en sus dos tratamientos, con y sin vernalización, fue expuesto a las mismas condiciones de ambiente que variaron para cada época de siembra según las particularidades del año.

Durante los años 1966, 1967 y 1968 la técnica de la vernalización, los ensayos a campo y el tratamiento de las observaciones

en gabinete fueron similares a 1965. Las variaciones se debieron a causas fortuitas ajenas al método utilizado. Así en el año 1966, por escasez de personal no se efectuó la vernalización y en 1967 por esta razón y la escasa calidad del terreno, los resultados no fueron satisfactorios. Las siembras se comenzaron cuando las condiciones del tiempo lo permitieron, preferentemente durante el mes de abril (1965, 5/IV; 1966, 11/IV; 1967, 26/IV y 1968, 10/V) y se terminaron en el mes de octubre, (1965, 14/X; 1966, 13/X; 1967, 25/X y 1968, 31/X). En 1965 y 1966 se efectuaron siembras en 14 épocas; en 1967 en 8 épocas y en 1968 en 11 épocas. Las 8, 4 y 7 últimas épocas de siembra desde el 25/VI/65; 17/VIII/67 y 12/VI/68 respectivamente, se hicieron por duplicado, con material vernalizado y sin vernalizar. Esta limitación con el material vernalizado se debió a que con siembras anteriores a junio el material sin vernalizar puede sufrir efectos de vernalización en el campo que tiende a dejar de expresar diferencias auténticas entre los dos tratamientos.

Con el objeto de abarcar la más amplia colección de cultivares en el estudio y poder apreciar el efecto del tiempo de cada año en particular, se repitió la siembra todos los años de algún cultivar representativo de los grupos bioclimáticos en que se dividió el material, pero la mayor parte de los cultivares fue diferente cada año. Una vez obtenidas las observaciones fenológicas de las siembras practicadas, se procedió al cálculo diario de los índices heliotérmicos (IH) de Geslin (1). Luego se acumuló su valor para los subperíodos nacimiento - encañazón, encañazón - espigazón y nacimiento - espigazón y por último se confeccionaron los gráficos guía de estos valores para la serie de siembras efectuadas con el objeto de interpretar el comportamiento bioclimático de los cultivares estudiados.

2. Análisis de los resultados obtenidos.

Como era de esperar, por la situación geográfica del país, entre los cultivares examinados no aparecieron los superprecoces, que no tienen ninguna exigencia en frío invernal ni reacción a la distinta duración del día y que en su desarrollo total, siembra - espigazón, cualquiera sea su época de siembra, acumulan casi uniformemente 100 unidades de IH. Tampoco se comprobaron cultivares tan tardíos como algunos típicos del hemisferio norte (Karkof, Manitoba, etc.). En cambio, se notó la abundancia de trigos que, en

(1) El índice heliotérmico de Geslin se obtuvo de sumar las temperaturas medias diarias ($> 0^{\circ}\text{C}$) del subperíodo, en cada caso, y multiplicar el valor obtenido por el promedio de duración del día en el período abarcado y dividir luego el resultado por 100.

la Argentina y en la bibliografía ya mencionada, se han definido como semiprecoces y semitardíos.

Referimos aquí, el comportamiento de todos los cultivares ensayados, tanto los conocidos y recomendados por los servicios oficiales responsables de su difusión, como los que han sido eliminados del registro oficial o de otros que aún no han sido aprobados para su recomendación. Se considera útil comunicar los resultados obtenidos en la investigación de los requerimientos bioclimáticos de las variedades eliminadas del registro oficial, porque eventualmente se las podría utilizar en futuros proyectos de mejoramiento.

En estos ensayos, se ha comprobado que los cultivares usados en el Uruguay pueden distribuirse entre el grupo I, II y III de los cuatro grupos establecidos por Pascale y Damario (1954/1961). El grupo IV no se utiliza en el Uruguay, aún cuando se han efectuado ensayos de mejoramiento con cultivares del mismo. Estos grupos, como establecen los autores mencionados pueden subdividirse en cultivares semiprecoces (grupo I y IV) y cultivares semitardíos (grupo II y III).

a) Cultivares semiprecoces del grupo I

Este grupo se ha definido por la escasa reacción al frío invernal y a la duración del día. Los índices heliotérmicos acumulados en todas las épocas de siembra en el período nacimiento - espigazón, tienen poca diferencia entre sí, sobre todo en las variedades típicas del grupo y su valor medio oscila entre 130 y 150 unidades. En los cultivares menos precoces del grupo, en cambio, ubicados al final del Cuadro 2, se nota una tendencia de aumento de estas unidades en las últimas siembras por el correspondiente aumento de la duración del día. Sin embargo, hemos observado en casi todos los cultivares de este grupo una ligera reacción a la vernalización, especialmente en años de invierno cálido como 1968, que se traduce en un aumento de hasta 20 unidades en los IH acumulados en las muestras no vernalizadas sembradas en octubre, cuando ya el enfriamiento natural no pudo actuar sobre las plantas no vernalizadas.

CUADRO 2. Cultivares semiprecoces del grupo I ordenados aproximadamente por precocidad y ensayados con respecto a sus requerimientos bioclimáticos.

Cultivar	Origen	Recom.	No estud.	No recom.	Años de prueba
1. Estanzuela Sabiá	Uruguay	X			1965,66,68
2. Estanzuela mult. 11	Uruguay	X			1965
3. Estanzuela Zorzal	Uruguay	X			1965,68

Cultivar	Origen	Recom.	No estud.	No recom.	Años de prueba
4. Carashino	Brasil			X	1965
5. Preludio	Brasil			X	1965
6. Frontana	Brasil			X	1965
7. Bage	Brasil			X	1965
8. Magnif. 41	Argentina			X	1968
9. Magnif. 42	Argentina		X		1966,67
10. Oncativo INTA	Argentina		X		1968
11. Tacuarí INTA	Argentina		X		1968
12. Estanzuela mult. 10	Uruguay	X			1965
13. Estanzuela mult. 14	Uruguay	X			1965,66
14. N. D. 81	Brasil	X			1966,67
15. Pergamino Gaboto	Argentina	X			1965,66
16. K 58 - N X FR	Uruguay			X	1966
17. Sinvalocho	Argentina			X	1965
18. Buck Bolívar	Argentina			X	1965,66
19. IAS 28	Brasil			X	1965
20. Agrolit. Don Orión	Argentina		X		1968
21. Piamontés INTA	Argentina		X		1968
22. Agrolit. Vigliano	Argentina		X		1968
23. Buck Atlántico	Argentina			X	1968

Este aumento se observa en el subperíodo encañamiento - espigazón (desarrollo) y se traslada al total de nacimiento - espigazón, como puede apreciarse en la Figura 8.

En el Cuadro 2 se incluyen los cultivares correspondientes al grupo I, ordenados aproximadamente según su precocidad, y con la indicación de su origen, calificación por los técnicos del Programa de Semillas del Centro y años en que fue probada en ensayos bioclimáticos. Se puede observar que a este grupo pertenece el mayor número de cultivares ensayados.

Todo el país, en general, ofrece aptitud agroclimática para los trigos de este grupo, y la única limitación la impone el régimen de heladas y el balance de agua. Por sus características bioclimáticas estos trigos pueden sembrarse tardíamente ya que, con poca exigencia en frío e indiferentes a la duración del día, espigan sin dificultad en los meses de verano y aún en otoño. En estas condiciones, sin embargo, la adversidad climática importante puede ser el exceso de humedad por el aumento de susceptibilidad a enfermedades criptogámicas, que ello implica.

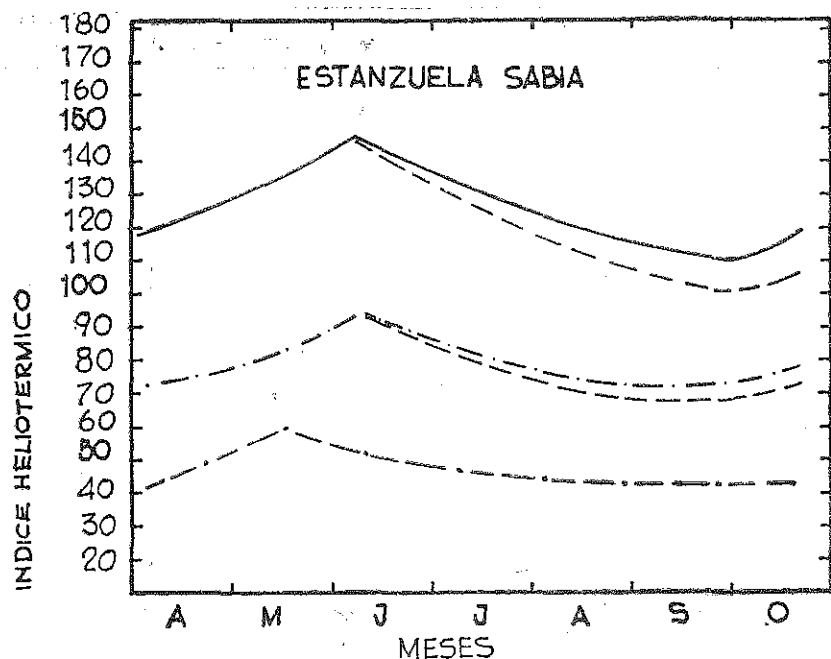


Figura 8. Variación del índice IH, en 13 siembras escalonadas entre abril y octubre, del cultivar Estanzuela Sabiá con vernalización y sin ella.

Referencias: — — — nacimiento - encañazón
 encañazón - espigazón
 — . — nacimiento - espigazón
 - - - - - trigo vernalizado

Las siembras tempranas de estos trigos y especialmente, de aquellos cultivares ligeramente estimulados por el frío invernal como son todos los recomendables del grupo, pueden resultar muy precoces y exponer la espigazón a daños por heladas durante el invierno y primavera. Por esta razón y especialmente en las zonas DD'A'B'' y DD'B'B'', las siembras de aquellas deberían efectuarse de manera que las 130—150 unidades IH se cumplieran en una fecha que escapara a una razonable probabilidad de temperatura $\leq + 2^{\circ}\text{C}$ en el abrigo meteorológico, que puede ser una temperatura peligrosa en la época de la floración del trigo.

b) Cultivares semiprecoces del grupo IV

Este grupo (ver Cuadro 3 y Figura 9), ha sido definido por cultivares que exigen determinado número de días con bajas tem-

peraturas y que espigan con días de corta duración (12—14 horas). Por esta razón, en climas con inviernos relativamente fríos espigan cuando los días son cortos en primavera y se manifiestan así como trigos precoces. Los cultivares de este grupo probados en La Estanzuela se enumeran en el Cuadro 3 y sobre ellos, como era lógico esperar, se puso de manifiesto el efecto de la vernalización, especialmente en 1968.

CUADRO 3. Cultivares semiprecoces del grupo IV

Cultivar	Origen	Recom.	No estud.	No recom.	Años de prueba
1. Klein rendidor	Argentina			X	1968
2. Klein cometa x Y 53-1502	Uruguay			X	1967,68
3. Klein cometa x Y 53-1508	Uruguay			X	1967,68
4. Klein cometa	Argentina			X	1965,68
5. Klein Atlas	Argentina		X		1968
6. Buck Relen	Argentina		X		1968

Ninguno de los cultivares aconsejados para el cultivo en el país, se ubica en este grupo y las líneas obtenidas en La Estanzuela con trigos de este tipo, que mantienen aquél carácter, indican que es conveniente prescindir de ellas en los planes de mejoramiento. Sin duda, el carácter D' del agroclima del trigo en todo el territorio uruguayo, sin frío invernal, hace poco adaptable al mismo, este tipo de cultivares. Las unidades acumuladas de IH en el subperíodo nacimiento - espigazón por Klein Cometa, fueron de 190 a 140 en las siembras con material sin vernalizar, efectuadas hasta el mes de agosto. Las siembras con material similar, realizadas en setiembre y octubre, atrasaron en forma extraordinaria la espigazón (IH acumulado = 230 a 280), como se puede observar en la Figura 9, según los datos del año 1965 que fue singularmente frío en invierno.

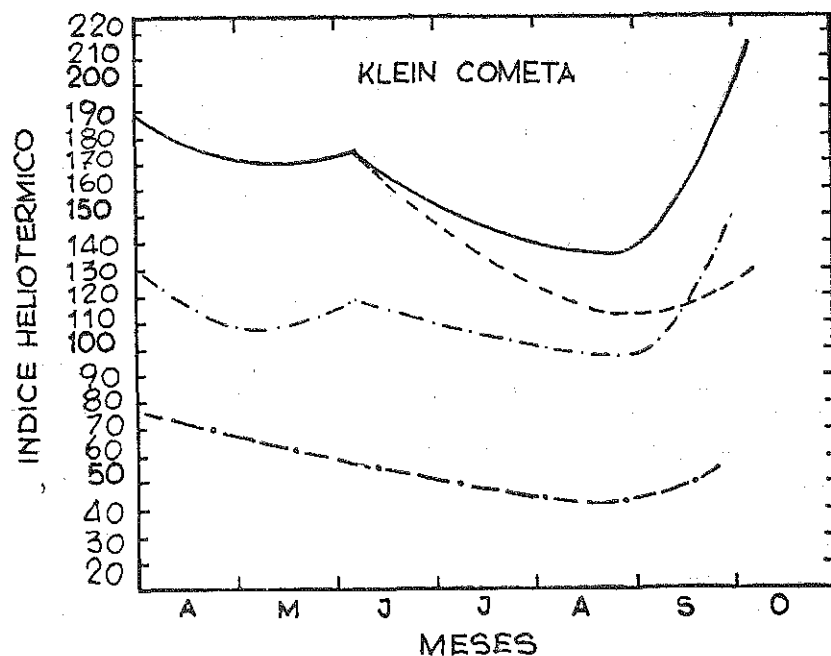


Figura 9. Variación del índice IH, en 13 siembras escalonadas entre abril y octubre, del cultivar Klein Cometa, con y sin vernalización. Referencias como en la Figura 6.

c) Cultivares semitardíos del grupo II

A este grupo pertenecen los cultivares que se caracterizan por no tener prácticamente exigencia en frío, pero requieren días largos para poder espigar. El primero de los caracteres señalados quedó bien manifiesto en los cultivares de este grupo al comparar las siembras con material vernalizado y no vernalizado; especialmente en los ensayos de 1968 que por haber sido año de invierno muy cálido, pudo haber puesto de manifiesto un mínimo requerimiento en frío. El estímulo de los días largos se manifestó por el acortamiento del subperíodo nacimiento - espigazón (o disminución de los IH acumulados), a medida que las siembras fueron más tardías.

Los valores de unidades IH acumuladas por estas variedades, van de 200 a 230 en las siembras tempranas a un mínimo de 130 a 150 en las siembras tardías.

En el Cuadro 4, se incluyen los cultivares que corresponden a este grupo, ordenados aproximadamente por precocidad, con la indicación de su calificación por el Programa de Semillas del Centro.

CUADRO 4. Cultivares semitardíos del grupo II, probados en Estanzuela en sus requerimientos bioclimáticos.

Cultivar	Origen	Recom.	No estud.	No recom.	Años de prueba
1. Rafaela MAG	Argentina	X			1965,66,68
2. Rafaela sel. 1	Uruguay			X	1965,66
3. Buck manantial	Argentina		X		1968
4. Buck Maipú	Argentina			X	1965
5. Olaeta Artillero	Argentina	X			1965,66
6. Vilela Mar.	Argentina		X		1968

Los cultivares que corresponden a este grupo pueden tener una gran amplitud de época de siembra en el país, es decir, que si no se pudieran sembrar en época temprana por cualquier causa, podrían utilizarse en siembras tardías, puesto que no les es indispensable el enfriamiento otoño - invernal que otros cultivares requieren. No obstante, por las características de su necesidad en días

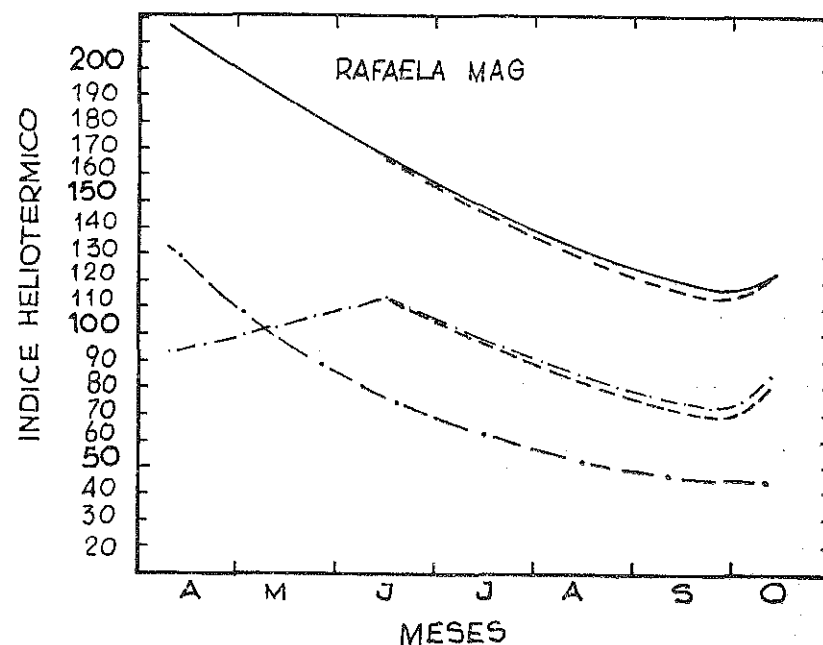


Figura 10. Variación del índice IH, en 13 siembras escalonadas entre abril y octubre, de la variedad Rafaela MAG, con y sin vernalización. Referencias como en la Figura 6.

largos deben tener mejor adaptación en la parte sur del país, o sea en las zonas DD'A'B'' y DD'B'B'', que es donde se registran los días más largos en el país. El comportamiento de las variedades de este grupo se ilustra en la Figura 10.

d) Variedades semitardías del grupo III.

Al grupo III corresponden cultivares que se han definido como algo exigentes en frío invernal y que a la vez necesitan días relativamente largos para espigar. Por esta razón en la región del Río de la Plata, estos cultivares, estimulados o no por el frío invernal, no pueden espigar hasta la llegada de los días más largos de primavera. De ahí el calificativo de semitardías, como las del grupo II. Las siembras muy tempranas de estas variedades, por las razones señaladas, cumplen el subperíodo nacimiento - espigazón luego de acumular de 200 a 250 unidades IH; éste valor disminuye hasta las primeras siembras de setiembre, en las cuales baja a 130—150 IH.

En el Cuadro 5, se puede ver la lista de cultivares ensayados en este grupo, con la calificación del Programa de Semillas del Centro.

Los cultivares de este grupo no ofrecen la amplitud de siembra de las semitardías del grupo II, por la exigencia en frío que diferencia al grupo III. Por este motivo, deben aconsejarse especialmente para la mitad sur del país y para siembras tempranas, de modo que puedan someterse al enfriamiento otoño - invernal, aunque en años de inviernos cálidos se comportarán peor que las de los grupos I y II. Si las siembras tempranas o de estación no pudieran realizarse por cualquier impedimento, se pueden reemplazar, con ventaja, por las del grupo II.

CUADRO 5. Cultivares semitardíos del grupo III, probados en Estanzuela en sus requerimientos bioclimáticos.

Cultivar	Origen	Recom.	No estud.	No recom.	Años de prueba
1. El Gaucho	Argentina			X	1965,66
2. Eureka FCS	Argentina		X		1965
3. Río Negro	Argentina			X	1965
4. Buck Pampero	Argentina			X	1965,66
5. Klein puntal	Argentina		X		1968
6. Klein crédito	Argentina		X		1968
7. Klein Colón	Argentina	X			1965,68
8. Bordenave Puán	Argentina		X		1968
9. Buenos Aires 110	Argentina		X		1968
10. Buck Quequén	Argentina		X		1968
11. Vilelá Sol	Argentina		X		1968
12. Klein impacto	Argentina			X	1965,66

La Figura 11 muestra el comportamiento del cultivar Klein Colón de este grupo, en el ensayo realizado en La Estanzuela.

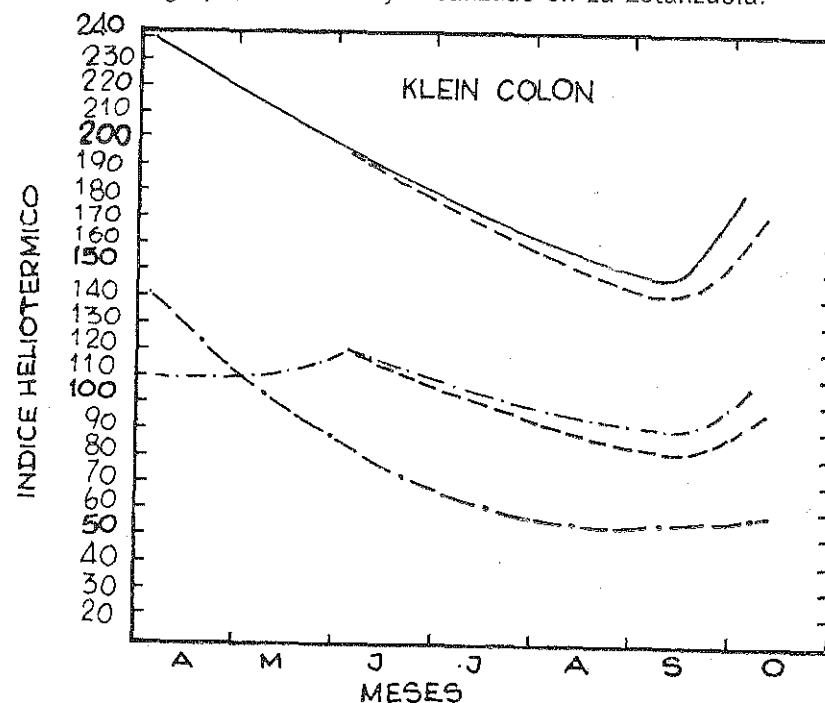


Figura 11. Variación del índice IH, en 13 siembras escalonadas entre abril y octubre, de la variedad Klein Colón, con y sin vernalización. Referencias como en la Figura 6.

IV — PROGRAMACION RACIONAL DE LAS SIEMBRAS DE TRIGO EN EL URUGUAY

La división del país en zonas que corresponden a los tipos agroclimáticos mundiales del trigo y el estudio de las características bioclimáticas de los cultivares disponibles, analizados en capítulos anteriores, pretenden establecer las bases para una programación racional de su siembra.

Si bien se reconoce que la mejor programación de siembra debe surgir de la experimentación regional, hasta tanto no se disponga de ella se puede utilizar el conocimiento empírico establecido por el mismo agricultor, modificándolo según las regiones y cultivares utilizables. En el mapa que se presenta en la Figura 12 se puede apreciar el resultado de esta aplicación.

La época de siembra de trigo usual es durante el mes de junio en el extremo norte del país y en el mes de julio en el sur. En esta forma para la zona DD'A₁A'' del extremo norte del país, los cultivares aconsejables son exclusivamente los del grupo I, indiferentes al frío invernal y a la duración del día. Su siembra normal es aconsejable durante el mes de junio pudiendo anticiparse hasta el 15 de mayo o extenderse hasta fines de julio por circunstancias fortuitas. No se considera conveniente siembras posteriores al 1º de agosto debido al excesivo calor durante la maduración del grano.

En la zona centro - occidental del país DD'A₁B'' los cultivares del grupo I podrán sembrarse desde la segunda quincena de mayo hasta la primera de agosto con la siembra normal entre el 15 de junio y el 15 de julio debido a la menor temperatura y humedad en la maduración del grano. Los cultivares del grupo II indiferentes al frío invernal pero exigentes a días largos pueden sembrarse temprano, especialmente para pastoreo, pero las siembras normales para grano deberían centrarse en el mes de julio. Los cultivares del grupo III por ser algo exigentes en frío y requerir días largos deberán utilizarse preferentemente en esta zona en siembras tempranas. En este caso la siembra normal quedará limitada al mes de junio y se desaconsejan las posteriores al 15 de julio.

La zona sudoriental del país cuyo tipo agroclimático corresponde a DD'B₁B'' tiene aptitud para los cultivares del grupo I en siembras normales entre la segunda quincena de junio y la primera de julio, que pueden extenderse hasta la primera quincena de agosto. Estos cultivares deben evitarse en siembras muy tempranas como las que se practican en mayo, porque pueden ser dañadas por las heladas tardías que con alguna frecuencia afectan esta zona ya que no poseen requerimientos en frío invernal ni en duración del día. Los cultivares del grupo II pueden en cambio utilizarse en siembras tempranas desde la segunda quincena de mayo,

especialmente para pastoreo, mientras que las siembras normales para grano pueden centrarse en el mes de julio. Los cultivares del grupo III deben sembrarse temprano a efecto de que experimente el efecto del frío invernal y de los días largos de primavera. Por esta misma razón es desaconsejable su siembra después del mes de julio.

Una programación tentativa como la sugerida aquí y representada en la Fig. 12, sería conveniente comprobarla por la vía de la experimentación regional.

Referencias

- a. VARIEDADES DEL GRUPO I
- b. VARIEDADES DEL GRUPO II
- c. VARIEDADES DEL GRUPO III
- /// EPOCA DE SIEMBRA MAS FAVORABLE.
- /// EPOCA DE SIEMBRA MENOS FAVORABLE.
- EPOCA DE SIEMBRA INCONVENIENTE.

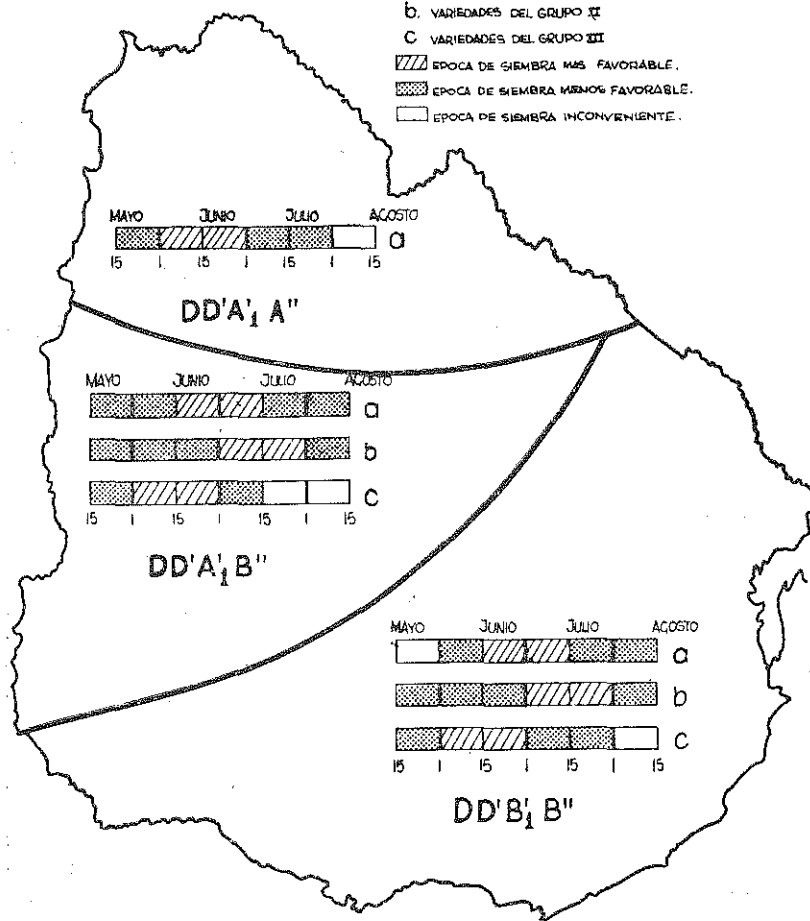


Figura 12

5. RESUMEN

Con los materiales meteorológicos disponibles en el país, se han delimitado para el Uruguay las áreas correspondientes a los tipos agroclimáticos del trigo en el mundo. Resultó así que el país posee áreas diferenciables que se caracterizan todas ellas, por un fotoperíodo anual corto (D) y sin frío invernal (D'), pero su distinción estriba en la temperatura cálida de espigazón (A¹) para las dos áreas al norte del país y templada (B¹) para el área sur.

Con respecto a la disponibilidad de agua durante la espigazón, resultan: muy húmeda (A''), el área más al norte y húmeda (B''), las dos áreas del sur del país.

La validez de los tipos agroclimáticos mundiales del trigo al espacio geográfico del Uruguay, se trata de comprobar con los tipos agrometeorológicos que se formaron sobre el país en años con rendimientos extremos máximos y mínimos.

Los cultivares ensayados en experiencias de siembra escalonadas, realizadas desde 1965 hasta 1968, mostraron que las mejor adaptadas a las condiciones agroclimáticas del país, resultaron ser las semi-precoces del grupo I y II y las semitardías del grupo III, según la clasificación propuesta por Pascale y Damario (1954 y 1961). Al mismo tiempo, se señalan las conveniencias de siembra y difusión de cultivares de acuerdo con el Programa de Semillas del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" de La Estanzuela y las características bioclimáticas de las mismas demostradas en los ensayos realizados.

S U M M A R Y

With the meteorological data available in Uruguay, the country was divided in areas according to the world wheat agroclimatic types. The country has three different areas with the common characteristic of photoperiod of short duration (D) and lacks of cold in winter (D'). The northern part of the country is very humid during heading (A'') whereas the rest is humid (B''). The temperature during ripening is warm (A¹) in the half northwest of the country and mild in the rest.

The validity of the world wheat agroclimatic types in Uruguay was proved with the meteorological conditions occurring in years with maximum and minimum yields.

The cultivars studied in the bioclimatic trials in the period 1965 - 1968 showed that the best adapted to the agroclimatic conditions of Uruguay were the early ripening cultivars of groups I and II and the late ripening cultivars of group III (Pascale and Damario 1954, 1961).

BIBLIOGRAFIA

- AMARAL, C. J. 1942. Clasificación de Zonas de cultivo de trigo en base de índices estadísticos. Rev. de la Facultad de Agronomía. N° 29, Agosto 1942. pp. 59 - 84 Montevideo.
- AQUINO, O. y BURGOS, J. J. 1965. Exigencias bioclimáticas de una colección de trigos precoces en Maracay - Venezuela. Agronomía Tropical. Vol. XV (1-4): 213 - 231. Maracay Venezuela.
- BURGOS, J. J. 1958. Agroclimatic classifications and representations. C.Ag.M. II/Doc. 18/24 IX 1918 Item 10. World Meteorological Organization: Commission for Agricultural Meteorology Second Session Varshov.
- CAFFERA, R. 1963. Incremento de los rendimientos del trigo en la República Argentina. 23 págs., 3 gráficos, 3 cuadros. División Criaderos — Dirección de Producción de Granos y Forrajes — Dirección Gral. de Producción y Fomento Agrícola. —Secretaría de Estados de Agricultura y Ganadería de la Nación— República Argentina.
- CENTRO LATINO AMERICANO DE ECONOMIA HUMANA Y CINAM. 1963. Situación económica y social del Uruguay rural. 520 pp. mapas, gráficas y tablas. Comisión Honoraria del Plan de Desarrollo Agropecuario. Ministerio de Ganadería y Agricultura. Montevideo, Uruguay.

- PASCALE, A. J. 1955. Método para determinar las características bioclimáticas de una variedad de trigo. Meteoros. Año V. N° 1 - 2 p. 5 - 18. Buenos Aires.
- y DAMARIO, E. A. 1954. El índice heliotérmico aplicado a los trigos argentinos. Meteoros. Año IV. Julio - Setiembre 1954. N° 3. pp. 129 - 157. Buenos Aires.
- y ----- 1960. Agroclimatic wheat crop types in the world. 13 pág. a máq. 3 fig. 2° Congreso Internacional de Bioclimatología. Londres 5 - 10. Set. 1960.
- y ----- 1961. Agroclimatología del cultivo de trigo en la República Argentina. Rev. de la Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad de Buenos Aires. T. XV. Entrega I. pp. 3 - 119.
- y SILVEIRA DA MOTA, F. 1964. Aspecto bioclimático del cultivo de trigo en Río Grande Do Sul (Brasil). Rev. de la Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad. Buenos Aires. T XVI. (1): 95 - 128.
- THORNTON, C. W. y MATHER, J. R. Instructions and Tables for computing potencial evapotranspiración. Publications in Climatology Vol X W - 3. 311 pág. Centerton N. J.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Agr. A. J. Pascale por la revisión de los manuscritos y por los comentarios y sugerencias en el curso del trabajo.