Características bioclimáticas que determinan la época de siembra del alpiste

POR

ANTONIO J. PASCALE y HERMINIO J. GIORDANO [1]

Introducción

En un trabajo en preparación (Pascale, 1962) que analiza los fundamentos y finalidades que justifican la existencia de la Bioclimatología Agrícola, se la define como "El estudio de las reacciones o comportamiento de las especies agrícolas ante el complejo climático de su lugar de cultivo".

Una de las tareas que encara la Bioclimatología Agrícola es la ubicación del período vegetativo de una especie en el lapso anual que satisfaga de mejor manera sus necesidades, a fin de que la integración correcta de los elementos agrometeorológicos determine el máximo de rendimiento.

La primera labor en este tipo de trabajos es cuantificar de qué manera actúan los elementos bioclimáticos durante el ciclo vegetativo, y en qué forma hacen variar el cumplimiento del proceso fásico. Es la determinación de las necesidades naturales del cultivo tal como el medio ambiente puede proporcionárselas. Si el estudio se conduce en un área donde el cultivo ya se efectúa, se trata de la determinación de las exigencias del tipo bioclimático existente. En caso contrario, se establece si el área elegida se encuentra dentro del bioclima posible de la especie y qué porvenir le espera al cultivo.

Para el caso que nos ocupa del alpiste, se puede aceptar que el lugar donde se efectuó el ensayo forma parte del bioclima del cultivo, pues

[1] Ingenieros Agrónomos. Profesor Asociado y Profesor Titular de Climatología y Fenología Agrícolas y Cerealicultura, respectivamente.

a pesar de las diferencias termoperiódicas del ambiente del campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires y el de la región cerealera del país, se estima que con las salvedades que en cada caso se realicen, las conclusiones a obtener pueden extenderse al gran cultivo. Más aún, la característica de inviernos suaves del lugar de las siembras experimentales, introduce una variante de insatisfacción en bajas temperaturas que ayuda en la delimitación de las exigencias de tan importante factor bioclimático.

Según la bibliografía, la época de siembra del alpiste es muy variable, acomodándose a las disponibilidades climáticas de cada región y al propósito de la siembra (BECKER-DILLINGER, 1927; PERRIN DE BRICHAMBAUT, 1952), pero para la obtención de granos en diferentes regiones del hemisferio Sud, se aconseja la época invernal de siembras (ANDREW, 1941; SELLSCHOP Y WOLFAARDT, 1952 KLOSE, 1957). En nuestro país, sin embargo, a raíz de transcripciones bibliográficas de trabajos efectuados en regiones del Hemisferio Norte, existe un concepto generalizado de que su siembra debe realizarse a fines de invierno y principios de primavera. (ANÓNIMO, 1949 y 1951; DUBOSC, 1939; MUELLO, 1939; SANCET, 1935).

Los alpistes utilizados en el país son poblaciones repetidamente sembradas en cada región, ya que los criaderos no han concretado una labor fitotécnica para la obtención de variedades. La cátedra de Cerealicultura siembra anualmente algunas poblaciones y del análisis de los resultados obtenidos se deduce que la primavera no es la época de siembra preferible.

Durante los años 1955 y 1956, con semilla proveniente de la referida Cátedra, se condujo un ensayo en el Observatorio Agrometeorológico de Castelar, poniéndose de manifiesto que esos alpistes poseen un umbral fotoperiódico para panojar y una falta de reacción a la vernalización, deduciéndose en base a algunas consideraciones que la siembras más adecuadas serían las invernales. (PASCALE, 1955-56).

Con el propósito de determinar las exigencias bioclimáticas del cultivo del alpiste, así como la época adecuada de siembra de acuerdo al ambiente diferente que deben soportar los cultivos en el Hemisferio Sur, es que se condujo un ensayo durante los años 1960 y 1961 en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires.

Un adelanto de los resultados del año 1960, se presentó a la Va. Reunión Latinoamericana de Fitotecnia (PASCALE Y GIORDANO, 1961).

Material y Método

Se utilizaron tres poblaciones de alpiste de diverso origen: Formigoni, del semillero del mismo nombre situado en Lima (Provincia de Buenos Aires); Francés, originado de una muestra tomada de una partida introducida al país desde Francia; y F. A. V., alpiste en cultivo repetido anualmente en el campo experimental de la Facultad. Las tres poblaciones se multiplican en el ambiente de la Facultad desde hace no menos de quince años.

Se adoptó un sistema de siembras continuadas desde mayo hasta octubre, cada 20 días aproximadamente, con lo cual quedaron cubiertas todas las posibilidades de épocas de siembra desde las otoño-invernales hasta las primaverales.

La siembra se efectuó en microparcelas de dos surcos útiles de 3 m de largo y se planeó para cada época un cuadrado latino, o sea, con tres repeticiones.

Para conocer la reacción a la vernalización, tanto en el aspecto fenológico como en el del rendimiento, en cuatro épocas —dos invernales y dos primaverales—, las parcelas se aparearon con otras similares pero con material vernalizado, siguiendo la técnica común adoptada para cereales invernales (Pascale, 1956), es decir, manteniendo el material ligeramente germinado en heladera a 4-5º C durante 20 días previos a la siembra.

Durante el ciclo vegetativo se realizaron labores culturales comunes y se registró el proceso fenológico del ensayo mediante las observaciones de nacimiento, encañazón y panojamiento, valores que fueron utilizados para calcular el Indice Heliotérmico de Geslin, (Geslin, 1944), con el cual se extrajeron conclusiones bioclimáticas.

La cosecha, tanto de semilla como la paja, llevada a kg/ha se analizó estadísticamente por los métodos de la variancia y de la diferencia entre medias.

Desarrollo Fenológico Según las Epocas de Siembra

La reacción cualitativa de las plantas al medio ambiente donde viven, es la expresión de las fases de desarrollo que las conducen al cumplimiento del ciclo vegetativo. Hay fases vegetativas y fases generativas, que interesa registrar para comprobar de qué manera las plantas han utilizado los elementos bioclimáticos actuantes antes de la aparición de

cada fase. El adelanto o atraso de determinadas fases marca la forma en que se han satisfecho las exigencias del vegetal en el subperíodo en cuestión.

Por lo tanto, un registro fenológico minucioso es de gran utilidad para magnificar las diferencias en la satisfacción de requerimientos bioclimáticos de las especies y variedades, en años de distinto desarrollo meteorológico. Asimismo se utiliza un análisis de las diferencias para determinar las exigencias bioclimáticas de los subperíodos del ciclo vegetativo.

Para los dos años del ensayo con alpiste, el registro fenológico señala particularidades dignas de mencionarse por las conclusiones que derivan. El cuadro 1 muestra los promedios fenológicos de las tres repeticiones, surgiendo a primera vista que no existen diferencias manifiestas en el comportamiento de las tres poblaciones. Las variaciones de 1 a 3 días en la fecha de encañazón y de 1 a 5 días en la fecha de panojamiento, para el conjunto de las tres poblaciones y a través de ocho épocas de siembra, no son constantes ni progresivas como para suponer diferencias entre los alpistes usados, lo que parece indicar que sus exigencias bioclimáticas son similares. El análisis de los rendimientos confirmará lo que antecede.

Al analizar las fechas de panojamiento, es evidente que existe una fecha inicial, anterior a la cual no es posible esta fase aunque la siembra sea muy temprana. Esta fecha se encuentra entre fines de octubre y principios de noviembre, variando según las temperaturas de primavera que aceleran o retrasan la iniciación del período reproductivo. Sin embargo, esta variación en la iniciación anual del panojamiento, no varía en más de una semana como máximo, cualquiera sea la condición térmica en que debe iniciarse la fase. Los valores comparados de cuatro años de siembras en Castelar y Facultad de Agronomía y Veterinaria, diferentes por el régimen térmico de las dos localidades durante el ciclo vegetativo y en el momento panojamiento, así lo indica. (Cuadro 2).

La variación de la temperatura invernal osciló entre 8, 8º C y 11, 7º C, y la previa al panojamiento entre 14, 2 y 17, 9º C, en tanto que la variación de la duración del día fue sólo de 14 minutos.

Existe en realidad un umbral fotoperiódico mínimo alrededor de la fecha mencionada, que si no se alcanza, las plantas no panojan cualquiera haya sido la temperatura invernal o primaveral a que haya estado sometido el cultivo. Por esta razón, es que las siembras de mayo, junio y aún julio, consiguen su panojamiento en los últimos días de octubre y

CUADRO 1

Datos fenológicos medios de las siembras de alpiste realizadas en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires, Lat: 34º 35' S. Long: 58 29' W de G.; h: 25m

Fecha de siembra		F. A. V. — Fecha de comienzo de:			Formigoni — Fecha de comienzo de:			Frances — Fecha de comienzo de:		
		Nacimiento	Encañazón	Panojamiento	Nacimiento	Encañazón	Panojamiento	Nacimiento	Encañazón	Panojamiento
		Año 1960								
18 de mayo		1-VI	21-VIII	3-XI	31-V	22-VIII	1-XI	1-VI	2-VIII	30-X
11 de junio	T	26-VI	9-IX	4-XI	26-VI	8-IX	3-XI	26-VI	9-IX	2-XI
	V	19-VI	7-IX	2-XI	19-VI	8-IX	31-X	19-VI	8-IX	30-X
1º de julio		14-VII	20-IX	2-XI	14-VII	19-IX	4-XI	14-VII	18-IX	31-X
22 de julio		1-VIII	26-IX	6-XI	1-VIII	26-IX	6-XI	1-VIII	27-IX	5-XI
10 de agosto	T	22-VIII	6-X	12-XI	22-VIII	6-X	14-XI	22-VIII	5-X	10-XI
	V	18-VIII	3-X	11-XI	18-VIII	3-X	11-XI	18-VIII	3-X	10-XI
1º de setiembre		12-IX	21-X	22-XI	12-IX	22-X	22-XI	12-IX	22-X	21-XI
20 de setiembre	T	1-X	8-XI	2-XII	1-X	10 XI	3-XII	1-X	8-XI	26-XI
	V	1-X	5-XI	28-XI	1-X	8-XI	30-XII	1-X	5-XI	25-XI
11 de octubre	T	19-X	17-XI	(*)	19-X	18-XI	(*)	19-X	15-XI	19-XII
	V	17-X	15-XI	4-XII	17-X	15-XI	3-XII	17-X	13-XI	1-XII
		Año 1961								
19 de mayo		29-V	18-VIII	26-X	29-V	18-VIII	26-X	29-V	19-VIII	25-X
10 de junio	T	26-VI	29-VIII	26-X	26-VI	29-VIII	27-X	26-VI	30-VIII	27-X
	V	23-VI	25-VIII	25-X	23-VI	26-VIII	25-X	23-VI	26-VIII	25-X
4 de julio		19-VII	17-IX	30-X	19-VII	15 IX	30-X	19-VII	15-IX	30-X
25 de julio		5-VIII	29-IX	2-XI	5-VIII	30-IX	2-XI	5-VIII	29-IX	1-XI
14 de agosto	T	24-VIII	12-X	4-IX	24-VIII	12-X	5-XI	24-VIII	12-X	3-XI
	V	22-VIII	5-X	31-X	22-VIII	6-X	1-XI	22-VIII	5-X	30-X
4 de setiembre		16-IX	28-X	17-XI	16-IX	22-X	16-XI	16-IX	20-X	12-XI
23 de setiembre	T	1-X	7-XI	2-XII	1-X	7-XI	2-XII	1-X	5-XI	28-XI
	V	30-IX	3-XI	23-XI	30-IX	3-XI	24-XI	30-IX	3-XI	23-XI
13 de octubre	T	21-X	2-XII	(*)	21-X	29-XI	(*)	21-X	30-XI	(*)
	V	19-X	27-XI	9-XII	19-X	21-XI	8-XII	19-X	23-XI	8-XII

Referencias: T — testigo; V — vernalizado; (*) parcela no panojada o con panojas aisladas que no llega a comienzo de fase

primeros de noviembre distanciados sólo en pocos días, tal como se puede apreciar en el cuadro 1.

A medida que se van atrasando las siembras, los subperíodos de siembra a encañazón y de encañazón a panojamiento se van acortando, dado que las duraciones del día en aumento y las temperaturas crecientes, aceleran el proceso reproductivo siempre que se haya alcanzado el nivel fotoperiódico algo superior a las 14 horas, tal como se vió anteriormente.

CUADRO 2

Fecha de primer panojamiento en cuatro años de ensayos con alpiste y su relación con las temperaturas y la duración del día

Localidad y año	Fecha de primer panojamiento y población en que se produjo	Temperaturas medias anterior al panojamiento			Duración del día (con crepúsculos) en la fecha de panojamiento
		junio, julio y agosto	10 días	5 días	
Castelar, 1955	29-X, Formigoni	8,8º C	14,6º C	16,4º C	14 h 24'
Castelar, 1956	24-X, F. A. V. y Formigoni	10,3	15,9	14,2	14 h 10'
Facultad, 1960	30-X, Francés	11 5	16,0	15,9	14 h 21'
Facultad, 1961	25-X, Francés	11,7	17,1	17,9	14 h 12'

De la observación del cuadro 3 parece deducirse que la fase de encañazón no depende de la duración del día como el panojamiento. La fase se produce luego de una acumulación de sumas térmicas sobre el mínimo térmico de crecimiento, valor este que no pudo determinarse en nuestros ensayos dado que durante el invierno las temperaturas son generalmente favorables para el crecimiento, no existiendo interrupción del ciclo vegetativo como sucede en siembras cerealeras invernales del Hemiferio Norte. Durante los años 1955 y 1956 en Castelar, las siembras más invernales encañaron con temperaturas medias entre 8º y 9º C para el subperíodo nacimiento-encañazón y una temperatura media diaria en el momento de la encañazón de alrededor de 11º C.

A medida que se atrasan las siembras, la temperatura de encañazón es mayor y los subperíodos nacimiento-encañazón son de menor duración. Sin embargo, en los subperiódos de crecimiento y desarrollo, se encuentran valores algo diferentes en los dos años de experiencias en el campo de la Facultad, y durante 1961 la última siembra acusa duraciones de subperíodo mayores que en la precedente. Esto, unido a la falta de

CUADRO 3

Duración de los subperíodos de crecimiento y desarrollo para el promedio de las tres poblaciones de alpiste, según fecha de siembra, en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires

Fecha de Siembra en 1960	Subperíodo nacimiento - encañazón			Subperíodo encañazón - pajonamiento			Fecha de Siembra en 1961	Subperíodo nacimiento - encañazón			Subperíodo encañazón - pajonamiento		
	Duración (días)	Temper. media °C	Fotoperíodo día panojam.	Duración (días)	Temper. media °C	Fotoperíodo día panojam.		Duración (días)	Temper. media °C	Fotoperíodo día panojam.	Duración (días)	Temper. media °C	Fotoperíodo día panojam.
18-V	81	11,5	11 h 49'	74	15,7	14 h 26'	19-V	81	11,7	11 h 42'	69	15 1	14 h 14'
11-VI	75	11,6	12 h 29'	56	16 9	14 h 32'	10-VI	64	12,4	12 h 06'	58	15,4	14 h 16'
1-VII	68	12,5	12 h 50'	43	17,4	14 h 29'	3-VII	60	13,3	12 h 43'	43	17,1	14 h 24'
22-VII	56	13,3	13 h 08'	41	18,0	14 h 37'	25-VII	55	13,9	13 h 16'	34	18,5	14 h 29'
19-VIII	45	14 6	13 h 40'	37	18,7	14 h 46'	14-VIII	49	14 6	13 h 42'	23	20,0	14 h 32'
1-IX	39	17,4	14 h 05'	32	18,8	15 h 08'	4-IX	42	16,6	14 h 08'	20	20 6	14 h 53'
20-IX	38	18,2	14 h 42'	24	20 3	15 h 22'	23-IX	37	18,8	14 h 37'	25	21,6	15 h 21'
11-X	29	18,9	14 h 56'	—	—	—	13-X	42	21,2	15 h 19'	—	—	—

"energía de panojamiento" en las siembras primaverales de los dos años, hace pensar en la influencia de otro factor bioclimático importante, la posible exigencia en frío.

En las experiencias que se condujeron en Castelar, las distintas siembras no acusaron reacción a la vernalización, pero al programar los ensayos de 1960 y 1961 se usaron algunas épocas vernalizadas para comprobar el comportamiento de los alpistes tratados en un ambiente con inviernos más calientes como son los que soporta el campo experimental de la Facultad.

Durante el año 1960 el comportamiento fenológico demostró que las parcelas vernalizadas no acusaban muchas diferencias en la fecha de encañazón y panojamiento con relación a los testigos, salvo en las siembras de setiembre-octubre, donde se interrumpió el desarrollo en los testigos, y si se produjo, presentaron una manifiesta falta de energía de panojamiento. Durante 1961, se presentó un panorama similar aunque con las diferencias algo más marcadas. Todo ello indujo a realizar un análisis térmico de los dos inviernos en que se efectuaron los ensayos.

Si se consideran los valores de temperatura media de los tres meses invernales: junio, julio y agosto, tal como aparecen en el cuadro 2, puede decirse que 1961 fue apenas más caliente (0, 2º C) que el trimestre invernal de 1960; pero, con esta pequeña diferencia en la temperatura media, no es posible sacar conclusiones si no se utilizan los valores extremos mensuales y diarios que caracterizan la termofase negativa del termoperíodo anual.

Por tal motivo, se ha calculado el cuadro 4 donde puede apreciarse que durante los meses de junio, julio y setiembre de 1961 la temperatura mínima media fue más baja que durante 1960 y que en todos los meses los valores térmicos de máxima media durante 1961 fueron siempre superiores. De tal forma, durante el ciclo vegetativo de las distintas siembras de alpiste del segundo año de ensayos, las parcelas estuvieron sometidas a temperaturas más altas que durante 1960 y por eso, los alpistes debieron reaccionar si es que tienen exigencias en bajas temperaturas.

El adelanto en las fechas de encañazón y panojamiento de los alpistes vernalizados a medida que se retardan las siembras se hizo más evidente durante 1961, aunque la reacción fenológica no fue tan manifiesta como para indicar que los alpistes utilizados tengan una exigencia marcada en bajas temperaturas. Sin embargo, la reacción a la vernalización se magnificó en los rendimientos, como se verá más adelante.

Es interesante consignar, que el efecto vernalizante de las bajas temperaturas puede ser anulado, si posteriormente se suceden altas

temperaturas antes que las plantas puedan expresar su desarrollo. Por tal motivo, durante 1961 a pesar de haber existido una termofase negativa invernal más baja ésta pudo ser anulada por una acción devernalizante.

De lo analizado parece deducirse que los alpistes tienen una exigencia en frío que se puede consignar como reducida, ya que la termofase negativa invernal de 1960 no produjo variaciones fenológicas con relación a las parcelas vernalizadas. Es decir, siembras de junio con 300 a 350 horas por debajo de 7º C y mínimas medias durante el crecimiento

CUADRO 4

Valores térmicos que caracterizaron la termafase negativa del termoperíodo de los años 1960 y 1961 en Buenos Aires (Facultad de Agronomía y Veterinaria)

	Año 1960				Año 1961			
Meses	Máxima media ° C	Mínima media ° C	Termoperíodo diario ° C	N.° de horas inf. a 7 ° C	Máxima media ° C	Mínima media ° C	Temoperíodo diario ° C	N.° de horas inf. a 7 ° C
Mayo	19,5	8,3	13,9 ± 5,6	69	20,5	11,6	16,0 ± 4,4	27
Junio	14,9	7,3	11,1 ± 3,8	133	15,4	5,9	10,6 ± 4,7	189
Julio	14 5	7,2	10,8 ± 3,6	182	15,0	6,1	10,6 ± 4,4	148
Agosto	17,2	7,8	12,5 ± 4,7	81	18,2	9,8	14,0 ± 4,2	11
Setiembre	18,9	10,0	14,4 ± 4,4	47	19,4	8,7	14,0 ± 5,3	33
Octubre	22,0	13 8	17,9 ± 4,1	4	22,9	14,1	18,5 ± 4,4	0
Noviembre	26,1	14,7	20,4 ± 5,7	0	26,9	15,5	21,2 ± 5,7	0

de poco más de 7º C satisfacen su necesidad en frío, mientras que las de agosto con poco más de 100 horas de frío y mínima media entre 8 y 10º C acusan alguna variación fenológica.

Durante 1961 las siembras de fechas similares de junio y julio soportaron diferente termofase negativa, similar número de horas de frío, pero temperaturas mínimas medias alrededor de 6º C acompañadas de máximas medias que pudieron producir devernalización, aunque sin llegar a inducir alteraciones en el ciclo vegetativo, quizás por las circunstancias de estar incluídas estas siembras en la necesidad del nivel fotoperiódico mínimo para panojar. La siembra de agosto, con pocas horas de frío,

soportó un crecimiento con temperaturas relativamente altas y la reacción fenológica fue mayor que durante 1960.

En las siembras vernalizadas de setiembre-octubre de los dos años, el mejor comportamiento de las parcelas tratadas fue evidente, especialmente en el año caliente.

La reacción de los alpistes al estímulo vernalizante de las bajas temperaturas en los ensayos de la Facultad, explica el comportamiento de las experiencias anteriores similares llevados a cabo en Castelar que posee el invierno con termofase invernal más baja que el campo de experiencias de la Facultad (PASCALE, 1959).

El análisis de la manera que actuaron los elementos bioclimáticos y la reacción fenológica consiguiente de los alpistes, pueden sintetizarse utilizando índices bioclimáticos. A tal efecto se ha usado el Indice Heliotérmico de Geslin, (GESLIN, 1944) que ha dado buenos resultados en la caracterización bioclimática de las exigencias de cereales invernales, (PASCALE, 1959), (PASCALE Y DAMARIO, 1954 y 1961). El índice se obtiene con el producto de las sumas de temperaturas y la duración media del día de los distintos subperíodos de crecimiento y desarrollo. Los valores de Indices Heliotérmicos (I. H.) obtenidos llevados a gráficos como se muestra en la Fig. 1 permitieron determinar las principales características bioclimáticas de los alpistes ensayados, confirmándose todo lo analizado hasta ahora.

La fig. 1 (A) indica que los I. H. del subperíodo nacimiento-panojamiento se inician en un valor alto, aproximadamente 250, indicativo de que la planta para entrar en la etapa reproductiva tiene cierta exigencia bioclimática que luego se deducirá cuál es con el análisis de los subperíodos parciales. Asimismo, muestra que a medida que las siembras se retardan hay un aceleramiento constante del ciclo vegetativo salvo en la última o últimas siembras de comienzos de primavera, especialmente en la parábola de 1961. Esta curvatura final sucede por falta de satisfacción o intolerancia a algún elemento bioclimático. La curva de I. H. de las parcelas vernalizadas de 1961, demuestra la reacción creciente de los alpistes tratados a medida que se retrasan las siembras y las plantas testigos no pueden disponer de frío natural en el campo. No se indicó la curva similar de 1960, pues prácticamente no hubo reacción al estímulo vernalizante y se hubiera confundido con la curva de las siembras normales.

Los valores de I. H. más bajos durante 1961 puede explicarse por una reacción favorable para el crecimiento del alpiste, debido a la termofase positiva más alta de ese año.

En la Fig. 1 (B) se indican los I. H. de los subperíodos nacimiento-encañazón y encañazón-panojamiento, que en conjunto forman las parábolas de la Fig. 1 (A). Las curvas son el valor medio de los dos años en conjunto para delinear mejor la tendencia de las parábolas. De la referida figura puede deducirse que el subperíodo nacimiento-encañazón tiene una exigencia relativamente estable, alrededor de 90-100 I. H., cualquiera sea la época de siembra, salvo en las últimas. Además, presenta una reacción a la vernalización que determina que la última siembra de octubre panoje y no la haga la correspondiente parcela testigo. En el año térmicamente crítico de 1961, el panojamiento de la siembra vernalizada del 13 de octubre fue irregular, sin energía, no produciendo una cosecha de grano medible. Vale decir, que ni con las exigencias en frío satisfechas son posibles cultivos tardíos, debido sin duda a que las temperaturas que se producen en los meses de octubre a diciembre son elevadas para inducir la etapa reproductiva en alpiste. Es interesante consignar que el desarrollo con altas temperaturas y días largos, como los de la época consignada, no se concreta ni en aquellas plantas que consiguen encañar, no debiéndose descartar entonces, una posible acción negativa de la duración del día muy larga o un termoperíodo inadecuado para el desarrollo del alpiste.

La parábola de I. H. del subperíodo encañazón-panojamiento, por sus valores iniciales altos confirma la necesidad del umbral fotoperiódico mencionado anteriormente, y la sucesión de valores decrecientes marca la favorabilidad de los días largos y las temperaturas crecientes, hasta las siembras de agosto-setiembre, cuando estos mismos elementos bioclimáticos no son ya favorables y la curva tiene una inflexión hacia arriba.

Del análisis de las parábolas I. H. de los ensayos de Castelar durante 1955 y 1956 se había deducido una conclusión similar a la obtenida actualmente, salvo en lo referente a la reacción a la vernalización, que no existió. Este es un argumento más para afirmar la poca exigencia en frío del alpiste, pues la termofase negativa invernal algo más intensa de Castelar, con relación a la similar de la Facultad, produjo la satisfacción de ese elemento bioclimático durante el ciclo vegetativo.

Como en Bioclimatología Agrícola a los elementos no se los debe considerar en su acción unitaria sobre el desarrollo de los cultivos, pues existe una acción combinada entre todos ellos: suma de temperaturas, amplitud térmica, horas de frío, duración del día, etc., se ha encarado el análisis del comportamiento de los alpistes según el desarrollo efectuado en las páginas precedentes, que se estima es suficientemente amplio como para justificar una conclusión de orden práctico aplicable a los cultivos de alpiste del tipo bioclimático sembrado en Argentina.

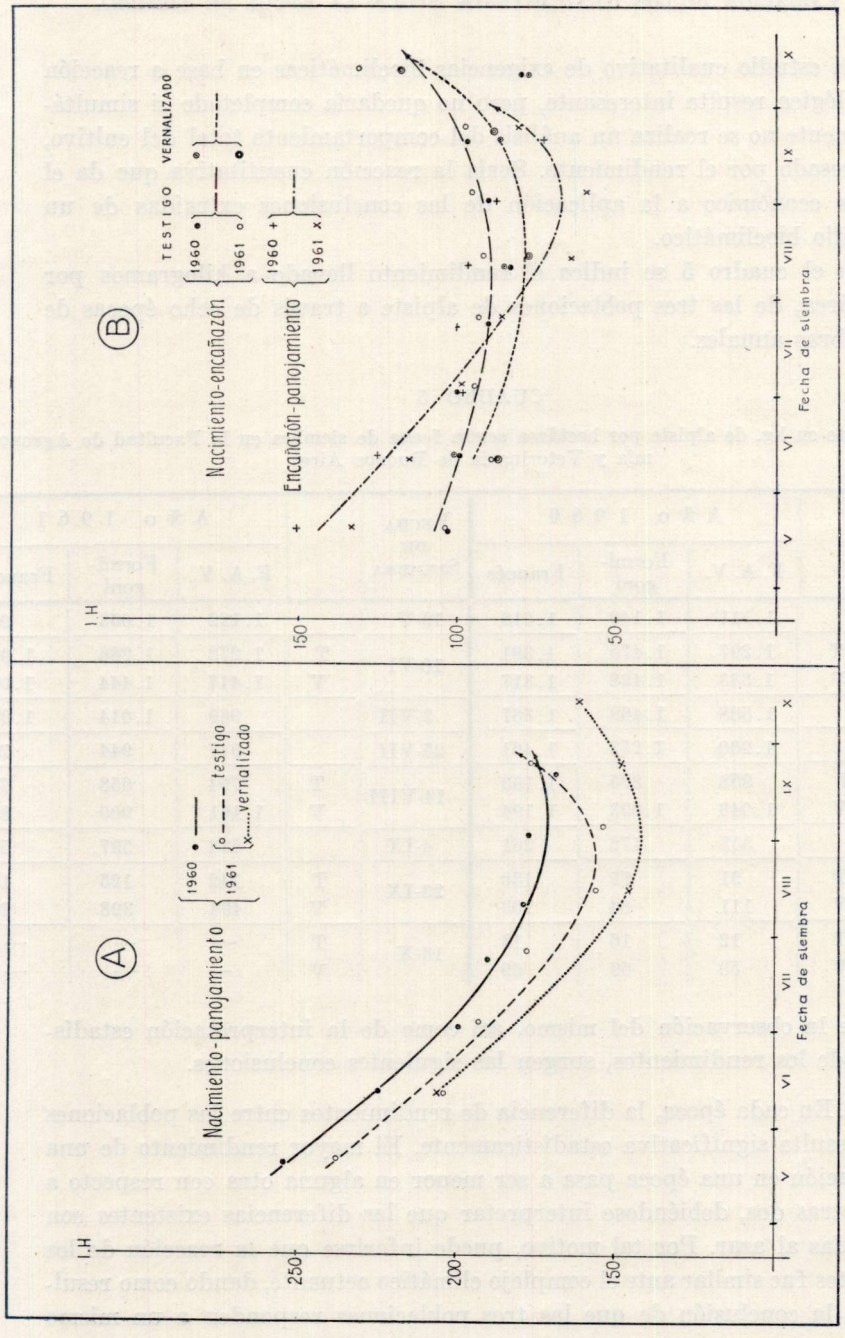

Fig. 1 — Variación del Indice Heliotérmico, de acuerdo a la época de siembra en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires. A) Subperíodo nacimiento-panojamiento. B) Subperíodos nacimiento-encañazón y encañazón-panojamiento.

Variación de los Rendimientos Según la Época de Siembra

Un estudio cualitativo de exigencias bioclimáticas en base a reacción fenológica resulta interesante, pero no quedaría completado si simultáneamente no se realiza un análisis del comportamiento total del cultivo, expresado por el rendimiento. Sería la reacción cuantitativa que da el valor económico a la aplicación de las conclusiones extraídas de un estudio bioclimático.

En el cuadro 5 se indica el rendimiento llevado a kilogramos por hectárea, de las tres poblaciones de alpiste a través de ocho épocas de siembras anuales.

CUADRO 5

Rendimiento en kg. de alpiste por hectárea según fecha de siembra en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires

Fecha de Siembra		Año 1960			Fecha de Siembra		Año 1961		
		F. A. V.	Formigoni	Francés			F. A. V.	Formigoni	Francés
18-V		1.111	1.149	1.212	19-V		1.122	1.053	986
11-VI	T	1.297	1.475	1.391	10-VI	T	1.272	1.286	1.053
	V	1.333	1.428	1.317		V	1.417	1.444	1.058
1-VII		1.508	1.469	1.367	3-VII		969	1.014	1.016
22-VII		1.200	1.272	1.461	25-VII		947	944	783
10-VIII	T	958	875	1.133	14-VIII	T	794	658	756
	V	1.948	1.033	1.194		V	1.161	900	892
1-IX		353	472	261	4-IX		528	597	572
20-IX	T	91	72	130	23-IX	T	142	125	178
	V	111	64	103		V	494	328	284
11-X	T	12	16	13	13-X	T	—	—	—
	V	53	69	69		V	—	—	—

De la observación del mismo, así como de la interpretación estadística de los rendimientos, surgen las siguientes conclusiones.

1) En cada época, la diferencia de rendimientos entre las poblaciones no resulta significativa estadísticamente. El mayor rendimiento de una población en una época pasa a ser menor en alguna otra con respecto a las otras dos, debiéndose interpretar que las diferencias existentes son debidas al azar. Por tal motivo, puede inferirse que la reacción de los alpistes fue similar ante el complejo climático actuante, dando como resultado la conclusión de que las tres poblaciones responden a un mismo

tipo bioclimático. Debido a esto y para simplificar el análisis, se promediaron los rendimientos de las tres poblaciones en cada época, lo que se indica en la Fig. 2.

2) Surge evidente que existe una tendencia a la declinación de los rendimientos a medida que se retrasan las siembras. La diferencia entre épocas es altamente significativa y para el rendimiento más alto en ambos años se comprueba que:

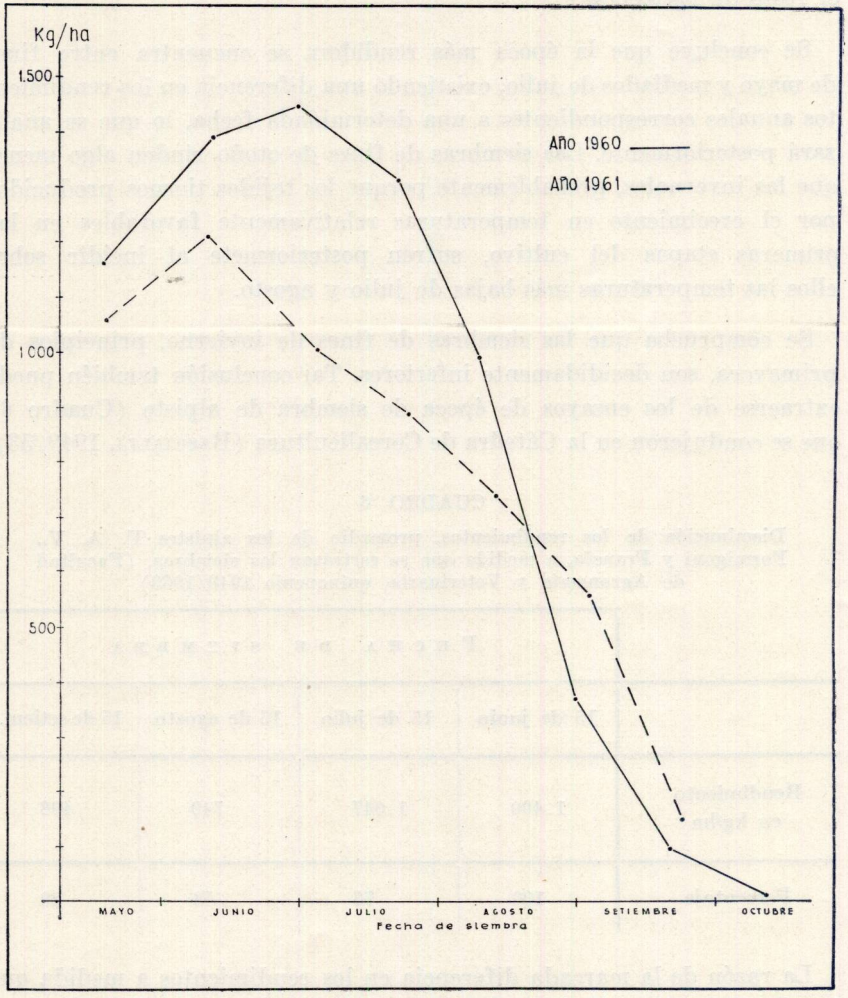

Fig. 2 — Variación de los rendimientos en las siembras de a'pistes efectuadas en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires.

a) Durante el año 1960 el rendimiento máximo corresponde a la siembra del 1º de julio que no es significativamente mayor respecto de las correspondientes del 11 de junio y 22 de julio. Para el resto de las siembras es altamente significativo.

b) El mayor rendimiennto para el año 1961 corresponde a la siembra del 10 de junio que no es significativamente mayor sólo para la del 19 de mayo. Es significativa la diferencia de rendimiento en comparación con el de la siembra del 3 de julio y altamente significativa para el resto de las épocas.

Se concluye que la época más rendidora se encuentra entre fines de mayo y mediados de julio, existiendo una diferencia en los rendimientos anuales correspondientes a una determinada fecha, lo que se analizará posteriormente. Las siembras de fines de otoño rinden algo menos que las invernales, probablemente porque los tejidos tiernos producidos por el crecimiento en temperaturas relativamente favorables en las primeras etapas del cultivo, sufren posteriormete al incidir sobre ellos las temperaturas más bajas de julio y agosto.

Se comprueba que las siembras de fines de invierno, principios de primavera, son decididamente inferiores. Tal conclusión también puede extraerse de los ensayos de época de siembra de alpiste (Cuadro 6) que se condujeron en la Cátedra de Cerealicultura (Bascialli, 1949/53).

CUADRO 6

Disminución de los rendimientos, promedio de los alpistes F. A. V., Formigoni y Francés, a medida que se retrasan las siembras. (Facultad de Agronomía y Veterinaria, quinquenio 1949/1953)

	Fecha de siembra			
	15 de junio	15 de julio	15 de agosto	15 de setiem.
Rendimiento en kg/ha	1.400	1.047	740	408
Porcentaje	100	75	53	29

La razón de la marcada diferencia en los rendimientos a medida que las siembras se retrasan, debe buscarse en la facilidad con que se produce el desarrollo con temperaturas y duraciones del día crecientes, como se analizó anteriormente. A medida que se atrasan las siembras, los cul-

tivos se encuentran rápidamente sobre el nivel fotoperiódico favorable, de poco más de 14 horas, y con temperaturas altas, lo que determina el desarrollo en plantas de escaso crecimiento. Luego de las siembras de julio la altura de las plantas a la madurez disminuye bruscamente y con las siembras de setiembre-octubre, el panojamiento se produce en plantas entre 20 y 30 cm. de altura.

3) Existe una diferencia de rendimientos entre las épocas de los años 1960 y 1961 que pudiera deberse a una diferente disponibilidad hidrológica durante el ciclo vegetativo de los alpistes. Efectuado el balance hidrológico (THORNTHWAITE Y MATHER, 1957) se comprueba que la cantidad de agua en el suelo fue similar en los dos años y las plantas siempre tuvieron a su disposición lo necesario para satisfacer la evapotranspiración. Sólo existió una distinta concentración de los excesos de agua que no debe haber influído en la marcha de los cultivos (Cuadro 7).

Descartado el factor agua, la diferencia de rendimiento de las épocas de alpiste en los dos años para los meses de junio, julio y agosto, debe encontrarse en la distinta incidencia de los elementos bioclimáticos estudiados anteriormente.

CUADRO 7

Exceso y deficiencia de agua en el suelo, calculado por el balance hidrológico, durante los dos años de ensayo en la Facultad.

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Exceso de agua mm.	(1960)	0	0	0	0	0	0	9	0	35	126	0	0
	(1961)	0	0	0	0	4	13	24	0	0	12	9	12
Deficiencia de agua mm.	(1960)	36	56	0	0	13	0	0	0	0	0	5	22
	(1961)	0	12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4) Analizados los rendimientos de las parcelas vernalizadas con respecto a las testigos durante el año 1960, no existen variantes, salvo en la época del 11 de octubre donde la diferencia es muy significativa, pero como el rendimiento es tan reducido, sólo se puede inferir que en una siembra muy tardía hay reacción a la vernalización.

En cambio, una comparación similar para el año 1961, marca diferencias que se pueden observar en el cuadro 8.

El mayor rendimiento en la siembra vernalizada del 14 de agosto no

es significativa, pero con una diferencia muy próxima al nivel de 5%, en tanto que en la siembra del 23 de setiembre la diferencia significativa de 220 kg/ha se acerca al 99 % de la seguridad estadística.

La reacción favorable a la vernalización durante las siembras invierno-primaverales de 1961, demuestra cierta exigencia en frío de las poblaciones de alpiste, que se refleja en un pequeño adelanto en las fases de desarrollo y en mayor medida en los rendimientos. La siembra de junio satisfizo en gran parte su necesidad en frío y por ello la vernalización no acusa beneficio significativo.

CUADRO 8

Diferencias favorables de los rendimientos de las parcelas vernalizadas durante el año 1961

Epoca de siembra Año 1961	Diferencia media respecto al testigo kg/ha	Nivel de significancia		Observaciones
		5 % kg/ha	1 % kg/ha	
10 de junio	102	218	323	no significativo
14 de agosto	248	272	402	no significativo
23 de setiembre	220	153	226	significativo

Esta comprobación es otra de las razones de la disminución de los rendimientos con el atraso de las siembras, las que cuanto más primaverales tanto menos frío disponen para un correcto desarrollo.

Para confirmar en algunos aspectos las deducciones de los párrafos anteriores, se incluye el cuadro 9 y la figura 3, cuya valores indican una disminución del crecimiento a medida que se atrasan las siembras, ya que el peso de la paja es cada vez menor, pero esa disminución no es proporcionalmente tan grande como sucede con la relación grano/paja, indicativo esto, nuevamente, de la ineficacia o perjuicio de la demora en la fecha de siembra. Las curvas de la relación grano/paja, correspondientes a las parcelas vernalizadas, muestran la acción positiva del frío en el rendimiento, ya que a medida que se atrasan las siembras, el frío provisto artificialmente por la vernalización es utilizado por las plantas para satisfacer las necesidades del desarrollo.

El peso de 1000 granos tiene también una variación similar a la de los rendimientos, aunque aquí no son las condiciones climáticas durante

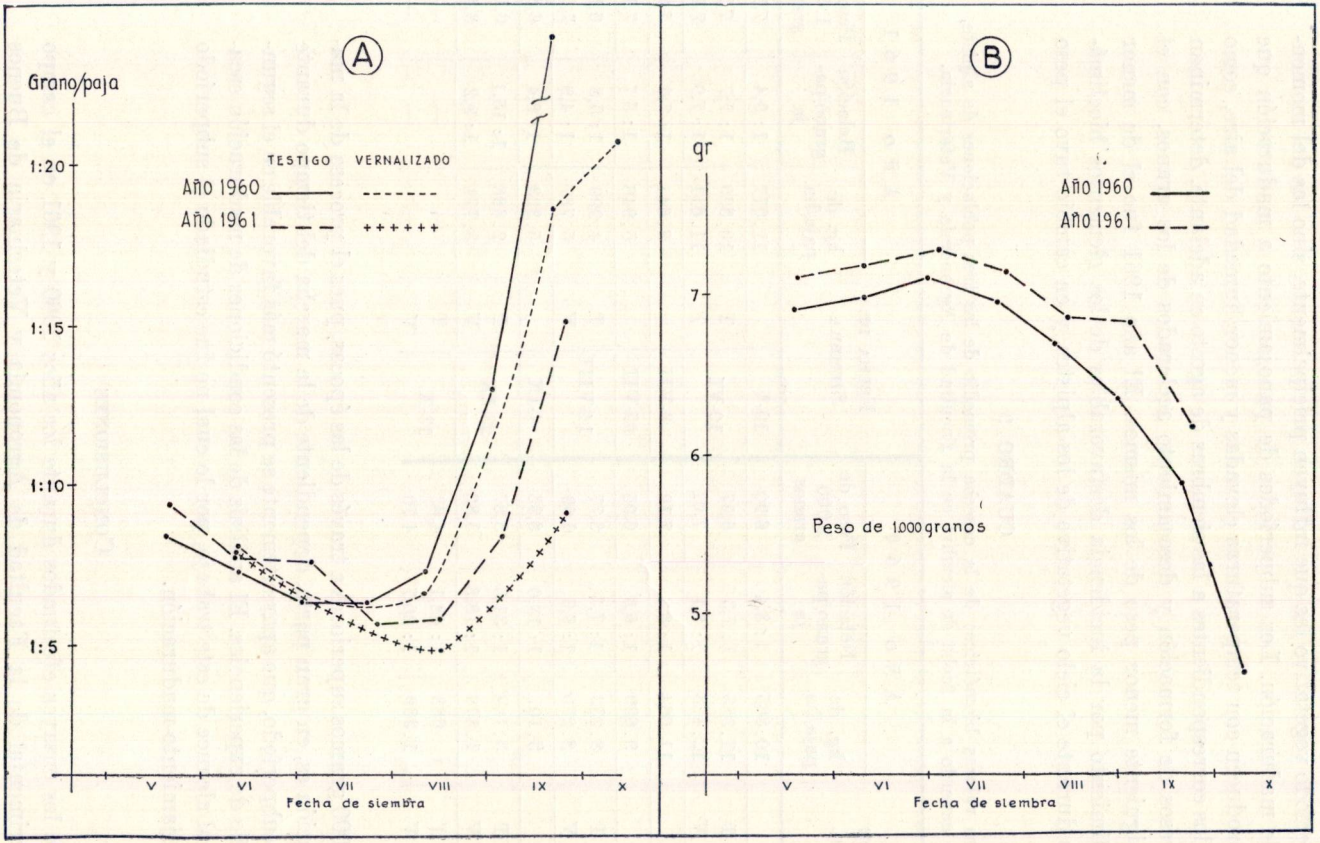

Fig. 3 — Variación de: A) Relación grano/paja, y B) Peso de 1.000 granos, según la fecha de siembra en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires..

el período vegetativo las que influyen pricipalmente, sino las del momento de maduración. Los subperíodos de panojamiento a maduración que se producen con temperaturas elevadas y menor humedad del aire, como son los correspondientes a las siembras de agosto en adelante, determinan procesos de formación y desecamiento acelerados de los granos, con el consiguiente menor peso de los mismos. El año 1961 fue el de menor rendimiento por la incidencia desfavorables de los elementos bioclimáticos durante el ciclo vegetativo de los alpistes, y en cambio tuvo el peso

CUADRO 9

Algunos valores biométricos de la cosecha promedio de las tres poblaciones de alpiste, de acuerdo a la fecha de siembra en la Facultad de Agronomía y Veterinaria.

Fecha de Siembra		Año 1960 kg. de paja/ha.	Relación grano/paja	Peso de 1.000 granos	Fecha de Siembra		Año 1961 kg. de paja/ha.	Relación grano/paja	Peso de 1.000 granos
18-V		10.885	1: 8,4	6 90	19-V		11.017	1: 9,4	7,10
11-VI	T	11.385	1: 7,3	6,97	10-VI	T	10.529	1: 7,7	7,18
	V	12.423	1: 8,1	7,01		T	11.611	1: 7,9	7,28
1-VII		11.064	1: 6,3	7,12	3-VII		8.641	1: 7,6	7.28
22-VII		9.629	1: 6,3	6,95	25-VII		5.946	1: 5 7	7,13
10-VIII	T	8.253	1: 7,3	6,77	14-VIII	T	4.999	1: 5,8	6,86
	V	8.270	1: 6,7	6 69		V	5.787	1: 4,9	7,01
1-IX		5.101	1: 13,0	6,35	4-IX		5.323	1: 8,4	6,84
20-IX	T	3.183	1: 31,5	5,87	23-IX	T	2.388	1: 15,1	6,18
	V	1.838	1: 18,8	5,82		V	3.771	1: 9,2	6,45
11-X	T	688	1: 48,1	4,63	13-X	T	—	—	—
	V	1.389	1: 20,7	4 70		V	—	—	—

de 1000 gramos superiores a través de las épocas, pues el proceso de la maduración es, en gran parte, dependiente de la marcha del tiempo durante ese subperíodo, que aparentemente se presentó más favorable en el segundo año de experiencias. El análisis de las condiciones de maduración escapan al alcance de este trabajo, por lo cual no fue estudiado el subperíodo panojamiento-maduración.

Conclusiones

De los ensayos efectuados durante los años 1960 y 1961 en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires complementarios de otros realizados años anteriores, se deducen ciertas características bioclimáticas del cultivo de alpiste en Argentina,

que tienen aplicación práctica en la programación regional de la época de siembra.

La principal modalidad bioclimática es la necesidad que tienen los cultivos de alpiste de alcanzar un umbral fotoperiódico de poco más de 14 horas de duración para entrar en la etapa reproductiva del panojamiento. Salvado este nivel, las temperaturas tienen un efecto aditivo en el crecimiento y en el desarrollo, es decir, a mayor temperatura el ciclo vegetativo se cumple en un menor número de días.

Por lo tanto, siembras tempranas tienen que estar en el campo durante un largo período de crecimiento hasta alcanzar el nivel mínimo de duración del día compatible con la fase de panojamiento, aspecto que se considera favorable para un adecuado equilibrio entre crecimiento y desarrollo que se refleja en el máximo rendimiento. A medida que se van retrasando las siembras, se consiguen más rápidamente los días largos y con las temperaturas favorables de primavera se completa el ciclo en menor número de días.

A este factor negativo de rápido desarrollo se agrega el de la poca disponibilidad en frío para las plantas cuando las siembras se hacen tarde. Se comprobó en este estudio que los rendimientos disminuyen acentuadamente cuando los alpistes no satisfacen una cierta dosis de frío, que si bien no es elevada, representa una necesidad bioclimática fundamental. Esta exigencia no es difícil de satisfacer en cualquier parte de su área de cultivo regulando adecuadamente la época de siembra.

Los resultados obtenidos con tres poblaciones de distinto origen, indican que las conclusiones obtenidas en el ambiente de la Facultad pueden aplicarse al cultivo en gran escala de la región pampeana, teniendo este estudio, entonces, el carácter de un análisis de las características del tipo bioclimático de alpiste sembrado en Argentina.

Por estas conclusiones bioclimáticas y del análisis de los rendimientos de las siembras continuadas de los ensayos, puede deducirse que la mejor época de siembra debe encontrarse entre principios de junio y principios de julio, con lo que se logra un período vegetativo suficientemente largo y la satisfacción en frío, ya que el cultivo estará sometido a la termofase negativa más intensa del invierno. En otra región diferente a la del ensayo, deberá adecuarse la época de siembra de manera que se satisfagan las dos condiciones anteriores.

Por todo lo mencionado, como generalidad puede afirmarse, que las siembras primaverales se deben desechar y preferir las invernales, que

satisfacen las exigencias bioclimáticas del alpiste y posibilitan los mayores rendimientos.

La necesidad en días largos parece ser la modalidad que caracteriza los alpistes sembrados en el Hemiferio Norte, donde en la generalidad de las áreas de cultivo la temperatura de panojamiento se consigue con duraciones de día mayores que en el Hemiferio Sur. Además, en aquellos lugares del Hemiferio Norte cuyos inviernos rigurosos dañan el alpiste en el estado juvenil, las siembras primaverales son imprescindibles. En este aspecto, el cultivo del alpiste tiene gran semejanza con el de los trigos primaverales típicos, en la reacción que experimentan cuando se los siembra en ambientes climáticos del Hemisferio Sur.

En las condiciones de los ensayos efectuados en Castelar y Facultad de Agonomía y Veterinaria, no se notaron daños por heladas durante el crecimiento del alpiste, pues las temperaturas mínimas invernales producidas no alcanzaron el nivel de tolerancia de las plantas al estado de pasto.

En ambientes de inviernos relativamente benignos como los nuestros, es preferible la siembra invernal por las ventajas apuntadas, pudiendo ser ésta una generalización para los cultivos de alpiste para grano que se realicen en el Hemisferio Sur, que posee una termofase invernal que permite las siembras en esta época.

RESUMEN

Durante los años 1960 y 1961 se efectuó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires, un ensayo con tres poblaciones de alpiste de las sembradas en el país, con la finalidad de caracterizar las exigencias bioclimáticas del cultivo y determinar la época correcta de siembra, de la que no se tiene un conocimiento asentado en datos experimentales.

Con el método de las siembras continuadas y la ayuda de la vernalización pudo determinarse:

a) que el alpiste exige un umbral fotoperíodico de poco más de 14 horas de duración para iniciar el panojamiento, por lo que siembras tempranas tienen un largo período vegetativo hasta alcanzar ese nivel.

b) que las temperaturas en aumento favorecen el crecimiento y desarrollo, alcanzado el nivel fotoperiódico anterior, pero exigiendo una cierta dosis de frío, que si no se satisface se producen anomalías fenológicas y una disminución de los rendimientos.

c) que para satisfacer las exigencias bioclimáticas anteriores y obtener

los máximos rendimientos, son indicadas las siembras invernales de comienzos de junio a comienzos de julio, para el ambiente donde se efectuó el ensayo. La época invernal de siembra del alpiste parece ser la más indicada en regiones cerealeras del Hemiferio Sur que posean inviernos relativamente benignos.

SUMMARY

This work was undertaken in the experimental field of the Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires, during the years 1960 and 1961, in order to indentify the bioclimatic needs of canary-grass (Phalaris canariensis), and so to establish accurately the right sowing time, which had not yet been studied on the basis of experimental data.

Thee populations currently employed in this country have been used, and with the method of continuous sowings and the help of vernalization, it was established that:

a) canary-grass needs a photoperiodic threshold slightly over 14hs., to start heading; that is why early sowings have a long vegetative period until they reach that stage;

b) increasing temperatures encourage growth and development, once the aforesaid photoperiodic threshold is reached, but a certain amount of cold is needed, lacking which, phenologic abnormalities and lower yields are observed;

c) in order to satisfy the bioclimatic needs, and obtain the highest yields, in the area where this work was conducted, the best sowing dates are in the winter months, from the beginning of June, until the first days of July. Winter sowings seem to be the most adequate in the cereal growing areas in the Southeern Hemisphere, with relatively mild winters.

BIBLIOGRAFIA

ANDREW, W. D. 1941. *Pasture plants of Victoria.* 2. *The Canary grasses (Genus Phalaris). Jour. of Agriculture,* 39. Junio 1941: 262-268. Victoria, Australia, 1941.

ANONIMO, 1949. *El cultivo del alpiste. La Chacra.* (225) Agosto 1949. Buenos Aires.

ANONIMO, 1951. *Alpiste. Instrucciones para su cultivo.* Rev. Bolsa de cereales. 38, (2019); 16, 1951. Buenos Aires.

BASCIALLI, P. 1949/53. *Planillas y registros de ensayos con cereales realizados en la Cátedra de Cerealicultura.* Inéditos. Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires.

BECKER-DILLINGEN, J. 1927. *Handbuch des Getreidesbaues.* T.I. Berlín.

DUBOSC, E. 1939. *El alpiste, su cultivo. Tierra y Trabajo.* Julio 1939. Paysandú. R. O. Uruguay.

GESLIN, H. 1944. *Étude des lois de croisance d'une planta en fonction des facteurs du climat. Contribution a l'étude du blé.* Thésse, 1947. Impremerie Nationale. París.

KLOSE, S. R. 1957. *Canary seed production in Queensland.* Queensland Agr. Jour. Brisbane, Aust, 83, (9): 483-488, 1957.

MUELLO, A. C. 1939. *El alpiste*. Bol. Bolsa de Comercio de Rosario. Junio de 1939. p, 7. Rosario.

PASCALE, A. J. 1955/56. *Planillas y registros de siembra continuadas con alpiste*. Inéditos. Servicio Meteológico Nacional. Buenos Aires.

PASCALE, A. J. 1956. *Técnica de la vernalización para la investigación bioclimática en cereales, Ingeniería Agronomía*. 14 (5): 3-10, set.-oct. 1956. Buenos Aires.

PASCALE, A. J. 1959. *Características bioclimáticas de cuatro híbridos de trigo de la Facultad de Agronomía y Veterinaria*. Rev. Fac. Agr. y Vet. T. XIV, Entrega III, p. 474-498, diciembre 1959. Buenos Aires.

PASCALE, A. J. 1962. *Fundamentos de la Bioclimatología Agrícola*. Inédito-Facultad de Agronomía y Veterinaria. Buenos Aires.

PASCALE Y DAMARIO, 1954. *El Indice Heliotérmico aplicado a los trigos Argentinos*. Meteoros. 4 (3) julio-setiembre 1954. p. 129-157. Buenos Aires.

PASCALE Y DEMARIO, 1961. *Agroclimatología del cultivo de trigo en la República Argentina*. Rev. Fac. Agr. y Vet. T. XV, Entregar I p. 3-119, Diciembre de 1961. Buenos. Aires

PASCALE Y GIORDANO, 1961. *Epoca de siembra adecuada para el alpiste*. Acta de la Va. Reunión Latinoamericana de Fitotécnia p. 216-217 Buenos Aires.

PERRIN DE BRICHAMBAUT, G. 1952. *Note sur les Phalaris N. Africaines et en particulier sur les Phalaris marocaines* Revué Internationale de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale. Mars-abril 1952, Nº 353-354 année 32. pp. 123-138. París.

SANCET, M. (h). 1935. *El cultivo del alpiste*. Rev. El Oeste. 15 (172) 1935. p. 296. Buenos Aires.

SELLSCHOP, J. and WOLFAARDT, G. W. 1952. *Bird seed production. Farming in S. Africa*, 27 (317). Aug. 1952. Pretoria.

THORNTHWAITE, C. W. AND MATHER. J. R. 1957. *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Publications in Climatology. V. X. Nº 3. Drexel Institute of Technology. 1957. Centerton, New Jersey.