

ENDOSPERMA NO VITREO EN TRIGO

Una revisión bibliográfica

F. E. Möckel y M. A. Cantamutto (1)

Recibido: 24/6/83

Aceptado: 14/2/84

RESUMEN

Se presenta una revisión bibliográfica acerca de los defectos conocidos como "panza blanca" y "lavado" en el comercio triguero, en lo que respecta a sus características físicas, químicas, genéticas, anatómicas, posicionales, ambientales y nutricionales. Asimismo se discute sobre la corrección de ambos problemas y su importancia, como así también sobre la influencia que el panza blanca puede tener sobre la siembra.

NON VITREOUS ENDOSPERM IN WHEAT: A REVIEW

SUMMARY

A review is presented dealing with undesirable wheats known as "yellow berries" and "weathered or bleached", in respect to their physical, chemical, genetical, anatomical, positional, environmental and nutritional characteristics. Also importance and solutions are discussed and reference is made upon the influence yellow berry may have upon seeds as such.

INTRODUCCION

La calidad del trigo se juzga por su aptitud para obtener un determinado producto final, el que generalmente es excluyente de otro uso (Zéleny, 1971). La mayor parte del trigo producido en el mundo se destina a la panificación, y uno de los principales criterios establecidos para valorar su aptitud es la "dureza". Este caracter se juzga más por apa-

riencia que por medición e indica un alto contenido relativo de proteína, buena calidad de gluten y producción en la molienda de una harina granular considerada deseable para panificación en trigo pan (*Triticum aestivum* L.) y alto rendimiento en sémola en trigo para fideos (*T. durum* Desf.). Si bien existen métodos cuantitativos para su determinación, los resultados que producen pueden no estar asociados al contenido de proteínas y sí ser influenciados por otras carac-

-
- 1) Profesor Asociado y Asistente y Becario CONICET, respectivamente. LABCEOL, Departamento de Ciencias Agrarias y Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS), Universidad Nacional del Sur, (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

terísticas irrelevantes como la dureza del pericarpio (Obuchowsky y Bushuk 1980 a y b).

Otros caracteres asociados con un alto contenido de proteínas, son la vitriosidad del grano y su color. No obstante ser una apreciación subjetiva, aparecen en los standards de comercialización de la mayoría de los países productores como índice de calidad (Zeleny, 1971, Doekes y Belderok, 1976), y entre ellos Argentina.

La falta de vitriosidad en los granos de trigo se debe a dos problemas diferentes conocidos por los nombres de "panza blanca" y "lavado". El primero alude a la falta de dureza y/o vitriosidad en el grano, dada por la textura del endosperma por razones intrínsecas a su formación. El segundo se refiere a la aparición de tal defecto inducido por lluvias caídas poco tiempo antes o durante la cosecha. Ambas causas son difíciles de distinguir por la sola observación de los granos y a menudo se confunden, a pesar de que su efecto sobre la calidad industrial puede ser bien distinto.

Ambos problemas aparecen con frecuencia causando graves perjuicios económicos en países exportadores de trigos duros en escala macro y micro económicas, tal como ocurrió en la región triguera sur de nuestro país en la cosecha 78/79 (donde ambas causas se sobrepusieron), 82/83 ó en EE.UU. en 1975 (Phillips y Nieremberger, 1976).

PANZA BLANCA

Definición del problema

El panza blanca hace mucho tiempo que se conoce como defecto de calidad. La primera cita concreta al respecto es la de Nowaki (1870), quien encontró que los granos del tercio superior de la espiga eran menos vítreos y sugirió la posibilidad de corregirlo con fertilización nitrogenada. Lyon y Keyser (1905) informan que los panza blanca tienen grandes y numerosas vacuolas en el endosperma, midiendo ellas en promedio un mi-

crón de diámetro. También hallaron que tales granos tenían menos proteína que los vítreos y consecuentemente postulan que las causas deberían estar relacionadas con las condiciones climáticas y edáficas previas a la cosecha.

Headeen (1915 a) no halló factores hereditarios, ni sobremadurez o enfermedades como agentes causales, pudiéndose minimizar o eliminar fertilizando con nitrógeno. También halló que la disponibilidad de potasio aumentó significativamente el porcentaje de panza blanca cuando este elemento supuestamente "estuviese en exceso de la proporción necesaria de acuerdo al nitrógeno presente". No halló ningún efecto del fósforo y recomienda como solución la fertilización nitrogenada, labranzas enérgicas con aplicación de abonos orgánicos, rotación con leguminosas y barbecho bajo cubierta, las que aún hoy son válidas.

Trabajos posteriores confirman que el bajo contenido de proteínas es la causal de la diferencia entre granos panza blanca y vítreos (Roberts y Freeman, 1908; Headden, 1915 b; Roberts, 1919; Frank, 1923 a y b; Mangels y Sanderson, 1925; Coleman *et al.*, 1925). Otros autores, por la misma época, obtienen resultados contradictorios referentes a la influencia que podría tener la precocidad de maduración (Swanson, 1936; Harris *et al.*, 1943).

Miller (1938) en su libro de fisiología vegetal hace una revisión bibliográfica y reúne las causas de las siguiente manera:

- Cuanto más largo el período de llenado del grano mayor ocurrencia de panza blanca.
- Aumenta en cultivos de alto rendimiento y bajo tenor de nitrógeno en el suelo.
- Disminuye en siembras tardías de otoño (en trigos de invierno disminuye el rendimiento).
- Temperaturas altas tres semanas antes de la madurez, lo disminuyen.
- La influencia ambiental es de mayor magnitud que la genética.

- Labranzas energéticas durante el barbecho en contraste con labores pobres, aumentan el rendimiento y bajan el panza blanca.
- Los panza blanca no son trigos blandos pues ocurren en las mismas condiciones que los vítreos, en la misma planta y en la misma espiga.
- Aumenta con el potasio del suelo.

Salvo este último postulado (que es la última referencia que la involucra), todas las demás han sido probadas como correctas con posterioridad.

Trabajos más recientes logran relacionar y cuantificar numéricamente la influencia del contenido de proteína del grano con la cantidad de panza blanca en la muestra (Smith, 1970; Jahn-Deesbach y Jurgens, 1972; Smika y Brieb, 1973). Las expresiones gráficas correspondientes muestran curvas exponenciales del tipo $y = x^{-n}$, donde el punto de inflexión corresponde aproximadamente al 11 a 12 por ciento de proteína en el grano, como puede observarse en la Figura 1. Esta curva indica que cuando los valores de proteína en el grano caen por debajo de esos valores críticos, el porcentaje de panza blanca sube linealmente y se sobrepasa

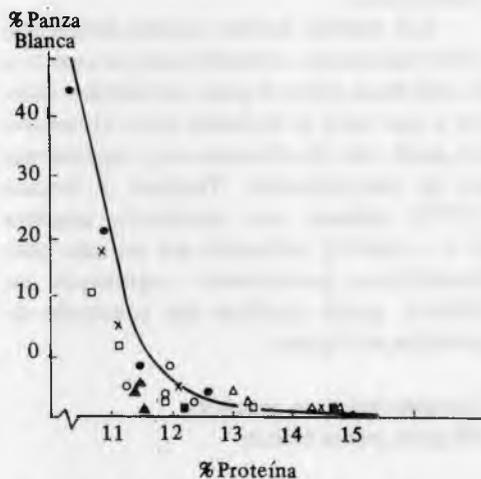


Figura 1: Relación entre panza blanca y contenido de proteína (Smith 1970).

sa la base de comercialización (establecida en 10 por ciento de panza blanca para grado 1), comprometiendo su valor industrial. Expresiones gráficas semejantes se han obtenido en nuestro país con valores coincidentes. *

Datos semejantes han sido obtenidos para trigo para fideos, donde este defecto podría considerarse como aún más grave que en trigo pan (Robinson *et al.*, 1979; Hadjichristodoulou, 1979; Orphanos y Krentos, 1980).

Los resultados anteriores indican fehacientemente que el panza blanca es consecuencia del bajo contenido relativo de proteína en los granos. Esta carencia afecta negativamente los parámetros de calidad panadera tales como volumen de pan, índice panadero, absorción de agua y tiempo de desarrollo farinográfico (Phillips y Nieremberger, 1976).

Esta disminución en la calidad panadera se debe a un problema de cantidad y no de calidad de la proteína pues si se comparan los índices de calidad de ambas fracciones ajustados a una base constante se obtienen datos estadísticamente iguales que explican el 90 por ciento de la variación, como se observa en la Tabla 1 (Pomeranz *et al.*, 1976). El 10 por ciento restante es atribuible a la calidad de esas proteínas y al error experimental.

Deán ** y Jahn-Deesbach y Jurgens (1972) confirman que las diferencias halladas entre vítreos, moteados y panza blanca, solo radica en su contenido protéico, encontrando el último de los autores citados que los granos almidonosos que provenían de los tratamientos fertilizados con nitrógeno tenían menor contenido de gluten que los vítreos del testigo.

Es así que el porcentaje de proteínas de una muestra de granos es mejor índice o parámetro para establecer el valor industrial que el porcentaje de panza blanca (o su inversa el porcentaje de vítreos), debiéndose tener en cuenta que el porcentaje de proteína de la harina está un punto abajo en pro-

* Datos inéditos, Lab. Ce. Ol., Dto. Ciencias Agrarias, UNS.

** Deán, M.: Comunicación personal, Chacra experimental de Barrow.

CUADRO 1: Características panaderas promedio de seis muestras sin separar (dos cultivares y tres localidades), y separadas por vitriosidad. (Pomeranz *et al.*, 1976).

Componente o propiedad funcional	Muestra 'tal cual'	Fracción vítrea	Fracción no vítrea
Cenizas (%)	1,56	1,60	1,51
Proteína grano (%)	11,65	12,50	10,45
Proteína harina (%)	10,38	11,28	9,17
Absorción de agua (%)	64,5	65,5	63,9
Tiempo de desarrollo (min)	9	8	10
Tiempo de desarrollo corregido a 12 % de proteína (min)	7	7 1/2	6 3/4
Volumen de pan (cc)	65,9	68,6	59,5
Volumen de pan corregido a 10,5 % de proteína (cc)	66,5	64,3	66,6

medio del valor del grano entero y que cuando cae por debajo del 11 por ciento se producirán problemas de calidad en el pan.

En opinión de los autores los datos que anteceden son suficientemente concluyentes en demostrar que el panza blanca es la expresión de un contenido de proteína muy bajo en lo que normalmente debería haber sido un trigo duro de textura vítrea. La modificación de la textura del endosperma se produce cuando ella cae por debajo de un determinado valor, aunque se desconoce porqué ocurren cambios tan drásticos y en zonas con límites muy definidos. Por tal razón en el resto de la revisión se asimilarán ambos efectos para su discusión.

Características físicas de los granos panza blanca

La influencia del panza blanca sobre el peso de mil granos ha sido reportada en forma contradictoria, tanto en trigo pan como en el de fideos. Hadjichristodoulou (1979) y el Lab.Ce.Ol. de la UNS encontraron que los granos vítreos tenían un peso de mil superior a los panza blanca. Tkachuk y Kuzina (1979) y Robinson *et al.* (1979) no hallaron diferencias entre ambas fracciones. Tal vez esta disparidad en los resultados se deba a que la densidad del grano no está relacionada al peso de mil de ellos pero si con su tamaño

(Tkachuk y Kuzina, 1979) Este último a su vez depende de factores genéticos, ambientales (especialmente su nutrición nitrogenada) y la posición que ocupaba el grano en la espiga, tema que se tratará separadamente más adelante. Tal vez, como consecuencia de lo comentado, los resultados obtenidos varían según se hallan utilizado muestras homogéneas pertenecientes a un solo cultivar o mezclas comerciales que incluyan a varios de ellos y provengan de diversas condiciones ambientales.

Los mismos autores citados obtuvieron datos igualmente contradictorios en cuanto a la influencia sobre el peso hectolítrico debido a que tanto la densidad como el tamaño de grano son dos factores muy importantes en su determinación. Tkachuk y Kuzina (1979) hallaron una correlación negativa ($r = -0,66^{**}$), indicando que un bajo peso hectolítrico, generalmente considerado un defecto, puede significar alto contenido de proteína en el grano.

Las características químicas del grano panza blanca

1) **Proteínas:** no se han hallado diferencias en la constitución de las proteínas de los granos vítreos y de los panza blanca aunque los translúcidos pueden contener más ácido glutámico, lisina, ácido aspártico, cystina,

alanina, valina, metionina y treonina (Simmonds *et al.*, 1973; Hubbard *et al.*, 1977; Waines *et al.*, 1978). Esto se debe a que simplemente poseen una mayor cantidad de proteínas. Fortini *et al.* (1975) hallaron diferencias entre las fracciones protéicas de vítreos y panza blanca en *T. durum*, teniendo esta cita solo el valor de una observación pues no tiene análisis estadístico de los datos.

Es así que el contenido de proteína es el que gobierna la composición y tipo de grano pues el gluten, que representa la reserva nitrogenada, está constituido en su mayor proporción por ácido glutámico (Hubbard *et al.*, 1977). Coincidentemente no se han hallado diferencias en las proteínas funcionales (Waines *et al.*, 1978).

2) **Minerales:** los granos vítreos comparados con los panza blanca tienen aproximadamente un 20 por ciento más de fósforo, potasio, magnesio, calcio, zinc, hierro, manganeso, cobre y azufre (Fortini *et al.*, 1974; Pomeranz *et al.*, 1976; Dikeman y Pomeranz, 1977 y Phillips y Nieremberge, 1976). Este mayor contenido de cenizas no tiene influencia en la calidad panadera pero sí en la industrial pues la tipificación de harinas se base en él.

Causas genéticas de la aparición de panza blanca

Diversos trabajos dan cuenta de la influencia varietal en la aparición de panza blanca, ya sea en *T. aestivum* como en *durum* (Arizona Agri-file; Robinson *et al.*, 1979; Hadjichristodoulou, 1979; S. Garbini, comunicación personal E.E.A. Bordenave INTA). Espiricueta *et al.* (1973) encontraron que en trigo fideos el tipo de acción va desde sobredominancia a dominancia parcial. Pero al analizar los componentes de la variación fenotípica se determinó que la mayor porción corresponde a la varianza ambiental, pues, al fertilizar con nitrógeno, se encubre todo el efecto génico. De acuerdo a esto los trigos seleccionados en campos experimenta-

les con suelos fértiles, buscando alto rendimiento de grano, pueden resultar susceptibles y producir panza blanca en suelos pobres.

Hadjichristodoulou (1979) halló que los cultivares de *T. durum* que responden al nitrógeno son más susceptibles a producir panza blanca que los que no lo hacen y requieren mayores dosis para evitar su aparición. Jahn-Deesbach y Jurgens (1972) hallaron en trigo pan, que las variedades de alto rendimiento normalmente no producen muchos granos vítreos si no se las fertiliza convenientemente. La dosis debe calcularse de acuerdo a la respuesta específica al nitrógeno de cada cultivar debido a las diferencias que se observan entre ellos.

Shokr y Stolen (1979) estudiando una colección de variedades de trigo pan hallaron que aquellas que producían alto contenido de proteína respondían a las siguientes características: plantas petisas con tallos finos con bajo índice de cosecha por lo que tienen espiga corta, pocas semillas por espiga y bajo rendimiento, además de poseer una floración tardía y presentar aristas. Esta descripción, salvo por la altura de la planta, corresponde a las viejas variedades argentinas.

Por lo menos en *T. durum*, las variedades con capacidad de producir alto contenido de proteína se diferencian fisiológicamente, por tener una mayor actividad nitrato reductásica y de mayor duración en la hoja bandera como así también una mayor concentración de proteínas solubles en ella (Brunetti *et al.*, 1975; Alessandrini *et al.*, 1976), según se observa en el Figura 2.

Torp (1979) al analizar la fracción proteínica de 22 cultivares de cebada, halló que la cantidad de prolamina producida por hectárea era relativamente constante, mientras que la cantidad de proteínas no prolaminicas producidas estaba positivamente correlacionada con el rendimiento de almidón. Consideran que esta variación en la calidad de las proteínas refleja la necesidad creciente de proteínas metabólicas en las variedades de alto rendimiento. Probablemente sea igual en el trigo.

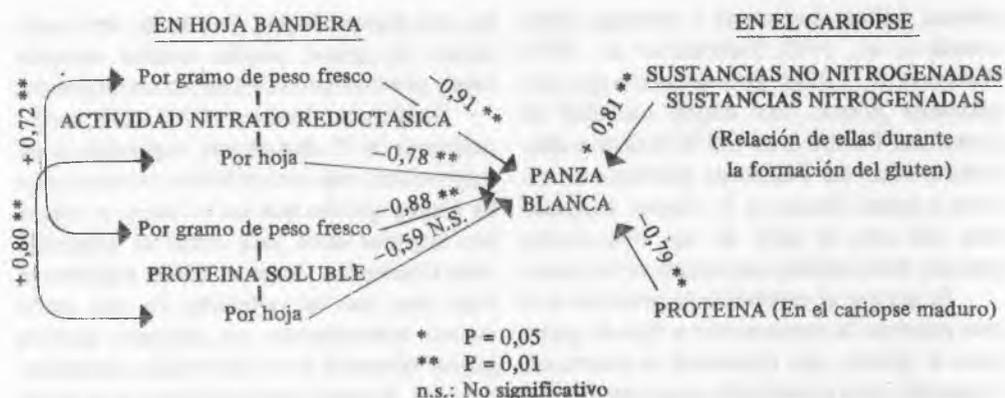


Figura 2: Relación entre panza blanca y actividad nitrato reductásica de la hoja bandera y el contenido de nitrógeno en el Cariopse y las hojas del trigo de fideos. (Alessander *et al.*, 1976).

Lo anterior explica el porqué al introducir variedades nuevas de superior rendimiento, puede bajar el contenido de proteína y aumentar la frecuencia de panza blanca si no se cambia el sistema de producción, fundamentalmente en lo referente a una mayor necesidad de nitrógeno, pues se acentuaría aún más la asociación inversa que existe entre rendimiento de grano y su contenido de proteína.

La ultraestructura del endosperma de los granos panza blanca

Se ha determinado, con la utilización del microscopio electrónico de barrido, que la dureza del grano está dada por la adhesión entre proteína y almidón (Wrigley, 1972; Hosney y Seib, 1973 y Kocón *et al.*, 1978)

Simmonds *et al.* (1973) encontraron que la dureza depende de la cantidad de material soluble extractable de los gránulos de almidón. Este material, que constituye el adhesivo, contenía el 30 por ciento de proteína, poseía actividad proteásica y alfa y beta amilasa. La parte no proteica está compuesta esencialmente por carbohidratos, que hidrolizados dan glucosa y trazas de xilosa, arabinosa y manosa.

Hosney y Seib (1973) establecieron que el carácter opaco de los trigos blandos y panza blanca es debido a la difracción de la luz

por los espacios aéreos del endosperma. Estos probablemente se forman después de la madurez fisiológica, durante el secado del grano al contraerse y romperse la proteína, dejando espacios. En los vítreos el grano deviene más denso y la matriz proteica permanece intacta.

De allí que la prueba del almidón dañado sea un buen índice de dureza pues al romperse el grano durante la molienda la cantidad de lenticelas expuestas será proporcional a la resistencia que ejerza el endosperma.

Al contrario de lo que se podría suponer, los granos panza blanca no dan mayores rendimientos harineros (Pomeranz *et al.*, 1976; Phillips y Nieremberger, 1976), aunque se requiere mucho menos energía para molerlos. Alí Altaff *et al.* (1969) encontraron mayor rendimiento harinero en los panza blanca de las puntas de las espigas.

Influencia de la posición del grano en la espiga y el carácter panza blanca

La posición en que se desarrolló el grano dentro de la espiga es importante en lo que se refiere al contenido de proteína que poseerá con respecto a los otros.

Los granos del tercio superior de la espiga contienen significativamente menos proteína (McNeal y Davies, 1966; Jahn-Deesbach *et al.*, 1973; Altaff Alí *et al.*, 1969; datos

inéditos Lab.Ce.Ol., Dto. Ciencias Agrarias, UNS). En situaciones extremas el tercio inferior puede padecer el mismo problema y con mayor frecuencia en las espiguillas basales.

Dentro de las espiguillas no hay diferencias debidas a la posición de flor en que se desarrolló el grano (McNeal y Davies, 1966; Alí Altaff *et al.*, 1969), aunque los de la tercera flor (contando desde la base) eran más cortos, más estrechos y con menos peso de mil granos (Alí Altaff *et al.*, 1969).

Como el tercio superior de los granos de las espigas posee menos proteína y peso hectolítrico, se da la asociación entre tamaño de grano y panza blanca que fue expuesta cuando se trató acerca de las características de estos granos.

Aparentemente el tercio superior de la espiga tiene problemas de transporte de fotosintetizados, no así los terceros granos de las espiguillas, que no obstante ser más pequeños, están mejor nutridos. En espigas muy fértiles de cultivares de alto rendimiento no hay que confundir los granos chicos de las espiguillas centrales con los chicos de la punta donde ni siquiera habrá terceros granos.

En las variedades de alto rendimiento se pueden magnificar estos problemas en suelos suficientemente bien dotados de nitrógeno como para producir una buena cosecha, pero insuficientes para que se puedan acumular grandes reservas proteicas en los granos.

Jahn-Deesbach *et al.* (1973) al fertilizar, hallaron que los granos de la base y punta de la espiga responden más drásticamente al nitrógeno que los del centro de la espiga, o aún la espiga completa (promedio de toda ella), desapareciendo primero de la base pero pudiendo persistir en el tercio superior. Concluyen que es más importante la influencia de la posición que el cultivar.

Causas ambientales de la aparición del panza blanca

Ya se mencionó el hecho de que las causas ambientales son más importantes que las causas genéticas. A pesar de que ciertos ge-

notipos pueden poseer la capacidad de producir más proteína y por consiguiente ser menos susceptible al panza blanca, la variación entre localidades es mucho mayor que la hallada para cultivares (Terman *et al.*, 1969; Hadjichristodoulou, 1969).

Los dos factores más importantes son la cantidad de agua acumulada en el suelo y la disponibilidad de nitratos. A menor cantidad del primero y mayor del segundo, mayor contenido proteico en el grano de trigo, a desmedro del rendimiento (Ramig y Rhodes, 1963; Smika y Greb, 1973).

Debido a la interacción de los dos factores mencionados es que existe una fuerte correlación inversa entre rendimiento y contenido de proteínas del grano dentro de la misma variedad y nivel nutritivo, siendo numerosas las citas al respecto (Terman *et al.*, 1969; Pepe y Heiner, 1975; Tombetta *et al.*, 1978). A una cantidad debida de nitrógeno la producción aumentará en la medida que haya más agua disponible hasta que el primer factor se haga limitante, resultando un efecto de dilución de la proteína en el grano. Es así que cuando se aumenta la producción por mejores cultivares y/o técnicas de manejo o supresión de alguna carencia mineral (como por ejemplo fósforo en el SE de Buenos Aires), puede esperarse un aumento de la incidencia del panza blanca si no se ajusta al nivel de nitrógeno a lo requerido por el nuevo nivel de producción (Glukhovskiy y Polyakova, 1969). En zonas húmedas donde éste no es el factor limitante, habrá que agregar nitrógeno en tal cantidad como para obtener el máximo rendimiento más un plus para obtener en el nivel proteico deseado.

Otros factores ambientales también pueden influir sobre el contenido de proteína. Son aquellos que limitan la producción, y esto explica porqué los trigos de mejor calidad panadera en todo el mundo provienen de zonas continentales y semiáridas. Smika y Greb (1973) con datos de 50 años, en las planicies centrales de Estados Unidos de Norteamérica, encontraron que ellas son, a parte de las ya citadas:

- Las precipitaciones 15 días antes de la aparición de las aristas están significativa y negativamente asociadas al contenido proteico ($r = 0,70^{**}$). Esto es porque lluvias oportunas en ese momento crítico aumentan la fertilidad de los macollos y de las espigas.
- La temperatura máxima del aire, siendo su máximo efecto 15 a 20 días antes de la madurez y por 5 días seguidos. A mayor temperatura (hasta un máximo de 32°C), mayor contenido de proteína ($r = 0,74^{**}$), debido a una aceleración de la madurez (senescencia) y menor deposición de almidón.
- Temperatura del suelo en la corona de la planta al reiniciar el crecimiento en primavera. A priori este factor no parece muy importante en nuestras condiciones pues puede suponerse que las temperaturas disponibles son suficientes para una activa absorción de nitrógeno.

Analizando las correlaciones múltiples de los cinco factores lograron explicar el 96 por ciento de la variación. Sin embargo, considerándolas de a pares se puede explicar el 86 por ciento con sólo considerar agua acumulada en el suelo al momento de la siembra y contenido de nitratos.

Datos obtenidos en cámaras climáticas también son coincidentes en señalar que a mayor temperatura durante el ciclo vegetativo y reproductivo, mayor es la deposición de sustancias proteicas en el grano (Campbell y Read, 1968 y Kolderup, 1979). Ese incremento siempre se logra a costa de un menor rendimiento en grano.

Una disminución en la intensidad de la luz también puede producir un incremento de la proteína (Campbell y Read, 1968), aunque en otro experimento no se obtuvo el mismo efecto (Brocklehurst *et al.*, 1978).

Parish y Halse (1968), trabajando en cámaras climáticas, determinaron que altas temperaturas e intensidades lumínicas durante el llenado del grano, como así también una rápida pérdida de agua del mismo a ba-

jas temperaturas luego de haber llegado a su máximo peso seco, favorecen la aparición del moteado y panza blanca. Pero estos autores reconocen la limitación de sus resultados pues no se evaluaron con la misma escala, por lo que son relativos a cada ensayo (son dos) y no absolutos.

Otras causas de la aparición del panza blanca

Se ha observado que algunas veces cultivos de trigo de un mismo genotipo y nivel proteico pueden diferir marcadamente en la traslucidez de los granos (Anónimo, Kansas). Esto puede deberse a condiciones ambientales o fisiogénicas aún no bien determinadas.

Un factor que ha sido mencionado como incidente son las enfermedades de la planta de trigo. *Hemiltosporium sativum* puede producir toxinas capaces de causar síntomas en el huésped, interfiriendo con la translocación del nitrógeno y reduciendo el contenido de proteína en el grano con el consiguiente aumento de panza blanca (Butler, 1961).

Las royas también pueden interferir en la normal deposición de las fracciones de alto peso molecular del gluten que son las que determinan la calidad industrial (Wrigley, 1972).

El potasio y la aparición de panza blanca

Dentro de este contexto merece analizarse la aseveración de Headden (1915) posteriormente ratificada por Miller (1938) acerca de que un alto contenido de potasio en el suelo podría originar un desbalance relativo respecto al nitrógeno y favorecer la aparición del panza blanca. Si bien el rol esencial del potasio para los vegetales se conoce desde muy antiguo (Birner y Lucanus, 1866), poco se sabe en la actualidad acerca de los efectos directos de un exceso (Maynard, 1979). En última instancia, ya que no constituye parte de las proteínas, sólo podría incidir en forma indirecta, tal como se analiza más adelante. Una consideración so-

bre el tema debe hacerse dada la riqueza en potasio de los suelos de la región triguera argentina, que podría estar favoreciendo la aparición de panza blanca.

El potasio favorece la absorción, transporte, removilización y acumulación de nitrógeno en el grano (Minotti *et al.*, 1968 y 1969; Mengel y Haeder, 1974; Koch y Mengel, 1977; Blevins *et al.*, 1978; Haynes y Goh, 1978; Mengel y Kirkby, 1980; Mengel *et al.*, 1981). Solo puede existir competencia durante la absorción de ambos elementos cuando el nitrógeno lo es en la forma de amonio, aunque en este caso el que resulta inhibido en absorción y transporte es el potasio (Haynes y Goh, 1978; Mengel y Kirkby, 1980)

La interacción entre estos dos elementos es motivo de controversias, ya que otros experimentos han demostrado que existen antagonismos. En efecto, aumentando la cantidad de potasio en el suelo, es posible hacer disminuir los contenidos relativos de fósforo, y nitrógeno en plantas de maíz, fenómeno llamado dilución (Terman y Allen, 1974; Terman *et al.*, 1975) Además existe cierto tipo de reemplazo entre ambos, y un mismo rendimiento en grano puede alcanzarse con cantidades variables de nitrógeno y potasio (Loué, 1978 y 1979) Si ese nivel se logra con el máximo de potasio y el mínimo de nitrógeno, indudablemente se van a producir granos con bajo contenido proteico.

Con respecto a la relación nitrógeno/potasio, ha sido indicado que existe un valor óptimo para producción de grano y paja. Para el caso del contenido proteico del grano, a medida que esta relación se hace más amplia, éste aumenta (Steineck, 1974; Talibudeen *et al.*, 1976).

Otra forma en que el potasio podría favorecer la aparición de panza blanca podría ser a través de un estímulo en la síntesis de carbohidratos, en la que se encuentra involucrado. En efecto, la síntesis y transporte de fotosintatos se ven favorecidas por la presencia de potasio. El período de llenado de grano se ve prolongado, lo que origina un mayor peso de los granos, y mayor contenido

proteico (Mengel y Haeder, 1974; Mengel y Kirkby, 1980; Haeder y Beringer, 1981 a y b). Este último hallazgo descarta la posibilidad anunciada al comienzo del párrafo.

Por lo comentado parecería ser que el efecto del potasio sobre la aparición de panza blanca es muy dudoso. Las evidencias encontradas son contradictorias e indirectas comparadas con otras causas de origen ambiental. El potasio podría favorecer la aparición de panza blanca en los casos en que existe una deficiencia en el suelo y se lo adiciona, tornándose limitante el nitrógeno si ese suelo lo posee en baja cantidad. Se trataría de una interacción entre factores de crecimiento del mismo tipo de la comentada para fósforo, acción más lógica de comprender que otra de tipo específica.

En experimentos hechos en macetas y a campo se encontró que el agregado de potasio no tenía ningún efecto en la acumulación de proteínas (Gluckhovskiy y Polyakova, 1969).

Corrección del problema

Por lo discutido hasta ahora es evidente que el nitrógeno del suelo juega un rol preponderante, pero no puede aislarse del factor hídrico por las particulares relaciones entre ambos.

El nitrógeno que la planta absorbe desde el suelo puede provenir de la mineralización de la materia orgánica, de la fijación o del agregado de fuentes químicas de dicho elemento. Esto indica que en lo que al cultivo de trigo se refiere, provendrá fundamentalmente de dos técnicas de manejo: el barbecho o la fertilización química, no debiéndose descartar la utilización conjunta de ambas.

Para lograr aumentar el contenido de proteína del grano es necesario que el nitrógeno se halle disponible durante la espigazón, pero la respuesta está evidentemente ligada a lo ocurrido en las etapas vegetativas anteriores en cuanto a lo relacionado a este nutriente. De allí que las dosis fraccionadas son siempre más efectivas en obtener ese ob-

jetivo, lográndose los máximos efectos con aplicaciones en macollaje o mejor aún si parte se agrega antes de la aparición de las barbas (Jahn-Deesbach y Jurgens, 1972; Langer y Liew, 1973; Robinson *et al.*, 1979; Arizona Agri-file). Este aumento además va acompañado de una modificación de la proporción de las fracciones proteicas, aumentando porcentualmente el contenido de gliadina y glutenina y disminuyendo las de albúminas y globulinas, con el consiguiente efecto benéfico sobre la calidad panadera (Glukhovskiy y Polyakova, 1969).

Si el contenido de nitrógeno inicial del suelo es suficientemente alto como para no limitar el rendimiento, cualquier cantidad extra será utilizada por la planta para aumentar las reservas proteicas del grano. Terman *et al.*, (1969) hallaron que en situaciones de alto rendimiento hay mayor incidencia del panza blanca por las razones apuntadas anteriormente y que la fertilización nitrogenada casi invariablemente aumenta la producción de proteína por hectárea. Datos obtenidos en la zona de influencia de Bahía Blanca confirman lo anterior (Lab.Ce.Ol. inédito).

Conviene enfatizar lo siguiente: para aumentar el rendimiento y el contenido de proteína al mismo tiempo, hay que manejar el nivel nutritivo de acuerdo a las condiciones particulares de cada situación porque podemos obtener un aumento de la producción de grano con menor contenido porcentual proteico o bien tener mayor porcentaje de proteína sin aumentar el rendimiento. Ello lógicamente dependerá de lo que más resultado económico dé, pero el grano producido deberá tener suficiente proteína como para no presentar un porcentaje de panza blanca tal, que sufra castigos durante la comercialización.

El barbecho es una técnica altamente satisfactoria para lograr ambos objetivos, si se manejan adecuadamente los residuos vegetales. En la zona semiárida del sudoeste de la provincia de Buenos Aires, el objetivo de acumulación de agua y nitrógeno se logra en barbechos bajo cubierta. La concentración

de ese elemento aumenta naturalmente hasta el momento de iniciación floral, por lo que el efecto sobre el grano será óptimo (Loewy, 1979) No obstante en otras regiones el efecto puede ser contrario pues de acuerdo a la textura del suelo, contenido de materia orgánica y cantidad de agua acumulada pueden darse distintas relaciones de N/agua (French, 1978) Por idéntica razón la labranza cero en trigo puede bajar el contenido de proteína y consecuentemente aumentar la aparición de panza blanca, siendo necesario incrementar las dosis de fertilizante nitrogenado (Pesek *et al.*, 1973).

Es evidente que la fertilización química es la técnica mejor estudiada para superar este problema. La información es coincidente en señalar que el panza blanca puede ser disminuido o eliminado si se utilizan las dosis adecuadas en el momento adecuado, tanto en trigo pan como fideos, siendo el efecto generalmente lineal (Mosconi y Bozzini, 1973; Orphanos y Krentos, 1980). Las dosis a agregar son variables pero si el objetivo es disminuir el panza blanca por debajo de los límites aceptados en los standards de comercialización, habrá que tener en cuenta el posible nivel de producción y nivel de proteína deseado. No existen dudas que el mejor efecto se logra con dosis fraccionadas, pero desde el punto de vista práctico deben ser aplicadas por lo menos en macollaje.

Además del fraccionamiento de las dosis o aplicaciones en macollaje, se ha ensayado la aplicación muy profunda de nitrato de calcio con el objeto de que las raíces lo absorban en el momento más indicado para aumentar la proteína del grano, evitando de esta forma un consumo lujurioso en las primeras etapas que pueden afectar seriamente la eficiencia del uso del agua (Cochran *et al.*, 1978).

También es posible aumentar el contenido de proteína del grano (sin aumentar el rendimiento) con aspersiones foliares de urea. Se han obtenido aumentos muy significativos de porcentaje de nitrógeno en el grano, con eliminación del moteado y panza blanca,

y un incremento de la calidad panadera, por lo que se infiere que ese nitrógeno está como gluten. El momento óptimo de aplicación es durante la anthesis (Finney *et al.*, 1957; Sadaphal y Das, 1966; Pushman y Bingham, 1976). Esta técnica presenta dificultades de aplicación por los volúmenes a asperjar (ya que debe hacerse por vía aérea) y por la corrosividad y fitotoxicidad de la urea. Económicamente es factible en razón de que de acuerdo a lo que se desee, 10 a 20 kilos por hectárea de ella serán suficientes. Esta técnica correctiva podría ser utilizada en cultivos que presenten una perspectiva de excelente cosecha en razón de precipitaciones abundantes pero sobre suelos pobres o no muy fértiles.

Efecto de la presencia de granos panza blanca en la simiente

El efecto de la presencia de granos panza blanca en partidas destinadas a semilla puede estudiarse considerando al grano panza blanca en sí. Como se ha visto, estos presentan un menor peso de mil granos, y un menor contenido proteico porcentual. Ambos factores y su interacción afectan el comportamiento de la semilla de trigo y otras especies relacionadas.

Se ha encontrado que las semillas más chicas originan plántulas de menor peso seco, de menor tasa de crecimiento, y menor utilización del endosperma que las semillas más grandes del mismo genotipo (Pinthus y Osher, 1966; Kaufman y Guitard, 1966; Ries *et al.*, 1970; Das Gupta y Austenson, 1972 a y b).

Con referencia al contenido proteico se ha encontrado que el crecimiento de la plántula es menor en semillas de bajo tenor, presentando una menor actividad anabólica y catabólica durante germinación, y menor contenido de ácidos nucleicos. Las diferencias de crecimiento a favor de las semillas con mayor contenido proteico se magnifican si el medio nutritivo es escaso en nitratos (Ries *et al.*, 1970; Lowe y Ries, 1971 y 1972; Ries y Everson, 1973; Welch, 1976; Ching y Rynd, 1978; Bulisani y Warner, 1979).

El contenido de proteína total por semilla es menor en los granos panza blanca a consecuencia de su menor peso y contenido porcentual. Este parámetro de la semilla es el que mejor explica el crecimiento de la plántula (Ries *et al.*, 1970; Lowe y Ries, 1972; Ayers *et al.*, 1975; Bulisani y Warner, 1979).

En un trabajo diseñado especialmente para medir el efecto de la semilla panza blanca, se encontró que esta origina plántulas más chicas y de menor rendimiento a cosecha (aunque no significativamente) comparándolas con semillas vítreas en tres especies del género *Triticum*. Estas diferencias se adjudicaron al contenido proteico de las semillas expresado en términos de proteína total por semilla (Cantamutto *et al.*, 1982).

Si bien no se han realizado trabajos ideales para medir el efecto del porcentaje de panza blanca sobre el comportamiento de la semilla, dada la asociación que existe entre éste defecto se afecte la calidad de semilla.

LAVADO

El efecto del lavado parece haber sido poco estudiado. Este efecto es causado por las lluvias o rocíos fuertes cuando el grano se halla próximo a su cosecha, ocasionando un hinchamiento del grano y una baja consecuente en su peso hectolítrico pero sin afectar su calidad panadera (Kiesselbach y Lyness, 1954; Swanson, 1941, 1943 y 1946; Larmour *et al.*, 1933; Whitcomb y Johnson, 1930). A veces 5 mm de lluvias son suficientes para producirlo (Moss, 1978).

Sharp (1927) sugirió la formación de espacios internos para explicar este hecho. Milner y Shellenberger (1953) utilizando rayos X en muestras lavadas natural y artificialmente, hallaron que se producen fisuras en el endosperma al mojarse y secarse alternativamente. Las mismas son proporcionales a la humedad agregada y a la velocidad subsecuente de secado. La rápida pérdida de agua de granos inmaduros no produjo fisuras, las que aparecieron si se remojaba y secaba. Con-

cluyen que la baja de la densidad y peso hectolítrico se debe a los espacios de aire formados que impiden una completa reversión del proceso de hinchamiento, a la separación del pericarpio y su mayor rugosidad que dificultan la compactación del grano. Los granos lavados poseen una mayor tasa de absorción de agua y una menor resistencia al molido (menor dureza) (ibid; Pool *et al.*, 1958)

La disminución irreversible del peso hectolítrico es el único efecto bien determinado del grano lavado, pero en este caso deja de ser un buen índice de rendimiento molinero (Miller y Johnson, 1954).

Bushuk y Hlynka (1960) midieron un descenso neto de 0,014 g/ml en la densidad de trigos sometidos a un ciclo de sorción y desorción, en un rango de 0 a 26,4 por ciento de humedad del grano. Pequeños humedecimientos causan comparativamente grandes mermas en el peso hectolítrico afectando principalmente al pericarpio, mayores intensidades ya afectan al endosperma (Swanson, 1946)

En nuestro país Arriaga *et al.* (1980) confirman que el lavado baja el peso hectolítrico, no afecta la calidad panadera ni el rendimiento de harina o el contenido de proteína. También hallaron una susceptibilidad varietal a las lluvias inoportunas. Estos resultados fueron obtenidos sobre muestras remojadas en el laboratorio, tratamiento mucho más severo que el lavado natural a campo.

Brinkman y Luk (1979) trabajando con cebada, donde el lavado también es importante como criterio de calidad, hallaron que el ángulo de inclinación de la espiga tuvo un efecto significativo en su prevención. Si éste era mayor a 90 grados con respecto a la vertical el grano no se lavaba pues el agua escurría por las glumas. Este carácter podría ser utilizado en fitotecnia de trigo.

Un hecho importante (y probablemente lo que ocurrió en la campaña 78/79) es que los trigos panza blanca, o de poca proteína, son más susceptibles al lavado (Braken y Bailey, 1928; Sharp, 1927).

Debido a que el lavado posee una textura de endosperma semejante al panza blanca

siempre ha sido difícil distinguir entre los dos pero mientras que el primero no afecta la calidad industrial, en el segundo sí, de allí su importancia. Al respecto la Asociación Internacional de Químicos Cerealeros (ICC) en su Standard 129 utiliza el corte de granos a los efectos de poder discriminar entre ambos. Pero por lo expuesto y además reconocido por la ICC ese método es relativo y no repetible, sería más lógico utilizar el contenido de proteína y un índice de su calidad.

Por lo visto es poco lo que se ha avanzado sobre este tema siendo aún válida la conclusión a la que arribara Swanson en 1946: "Los principales cambios que ocurren en el trigo cuando se moja estando maduro y seco como para ser cosechado mecánicamente son: merma en el peso hectolítrico, reemplazo del color exterior brillante por otro opaco y almidonoso. No ocurre ningún cambio químico importante, a menos que la humedad haya provocado el proceso de germinación, lo que muy raramente ocurre en las espigas. Por lo tanto los cambios en las propiedades son principalmente físicos".

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Tanto el panza blanca como el lavado son dos problemas de frecuente aparición que pueden afectar la vitriosidad del endosperma del cariopse del trigo pan tipo duro y del trigo para fideos. Sin embargo el efecto de ambos sobre la calidad es bien distinto.

El panza blanca está directamente relacionado con el contenido de proteína de los granos. Cuando este baja del 11 por ciento rápidamente desaparece la vitriosidad, sobrepasando los límites tolerados en las normas de comercialización, pues afecta la calidad panadera. Este defecto además, puede influir negativamente en la calidad de ese grano como simiente pues el bajo nivel de reservas proteicas puede producir plantas menos vigorosas y de menor rendimiento final.

El panza blanca se debe en la mayor parte de los casos a un deficiente contenido de nitrógeno en el suelo para el rendimiento ob-

tenido y puede ser corregido en consecuencia. No obstante otros factores ambientales como temperaturas, oportunidad de las lluvias, luminosidad, etc. pueden influir en su aparición en la medida que favorezcan la productividad, a una cantidad fija de nitrógeno en el suelo. Esta es la razón por la cual en zonas marginales se obtienen normalmente las mejores calidades de granos en razón inversa a los rendimientos obtenidos.

El lavado también produce una pérdida de vitriosidad por el hinchamiento del endosperma y aparición de espacios como en el panza blanca, pero a diferencia de éste no perjudica la calidad panadera aunque afecta seriamente su peso hectolítrico.

Debido a que el panza blanca puede ser manejado y es grave y en cambio el lavado no puede ser prevenido y no tiene importancia, es necesario distinguir entre ambos a fin de poder caracterizar correctamente el valor industrial de una partida de trigo. Estos dos objetivos se logran fácilmente midiendo el contenido de proteína del grano.

El contenido de proteína del grano como criterio de comercialización es mucho más racional y concreto que índices subjetivos y groseros como son el porcentaje de panza blanca o la apreciación visual del color y dureza. De esta forma se podría evaluar mucho mejor la producción y obtener un mejor acuerdo de las partes involucradas, consiguiendo los provenientes de zonas marginales mejores precios debido a una probable mejor calidad que compensará su menor rendimiento. Para ello será necesario una mejor capacidad de almacenamiento que permita mantener convenientemente individualizados a los diferentes lotes.

En la medida en que se logre aumentar la producción por unidad de superficie, es de esperar que caigan los niveles proteicos, si no se acompañan con una mayor disponibilidad de nitrógeno. Actualmente el 60 por ciento de la demanda mundial de trigo se halla en los países en desarrollo que no requieren alta calidad panadera, en contraposición a los tradicionales marcados europeos.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Alessandrini, A.; S. Fortini, G. Galterio; D. Sgrulletta; M. G. D'Egidio e M. Pezzali, 1976. Resistenza alla bianconatura in relazione alla sintesi proteica nelle cariossidi e all'attività nitrato reductasica nelle foglie, in *Triticum durum*. *Genetica Agraria* 30: 1-18.
- 2) Altaf Alí; I. M. Atkins; L. W. Rooney and K. B. Porter, 1969. Kernel dimension, weight, protein content and milling yield of grain from portions of the wheat spike. *Crop. Sci.* 9: 329-330.
- 3) Anonimo, Kansas. Yellow berry in wheat. *Kansas Agric. Exp. Sta.*
- 4) Arizona Agri-file. Minimizing yellow berry in durum wheat. Univ. Arizona, *Field crops* 255: 26.
- 5) Arriaga, H. O.; H. O. Chidichimo y M. E. Sempe, 1980. El carácter vítreo del grano de trigo. *Rev. Fac. Agron.* 1: 47-61.
- 6) Ayers, G. S. V. F. Wert and S. K. Ries, 1975. The relationship of protein fractions and individual proteins to seedling vigour in wheat. *Ann. Bot.* 40: 563-570.
- 7) Birner, H. und B. Lucanus, 1866. Wasserkulterversuche mit hafer. *Lanw. Vers. Sta.* 8: 128-134.
- 8) Blevins, D. G.; N. M. Barnett and W. B. Frost, 1978. Role of K and maleate in nitrate uptake and traslocation by wheat seedlings. *Plant Physiol.* 62: 784-788.
- 9) Braken, A. F. and C. H. Bailey, 1928. Effect of delaying harvest on quality of wheat. *Cereal Chem.* 5: 128-145.
- 10) Brinkman, M. A. and T. M. Luk, 1979. Relationship of spike nodding, Angle and kernel brightness under simulated rainfall in barley. *Can. Journal Pl. Sci.* 59: 481-485.
- 11) Brocklehurst, P. A.; J. P. Moss and W. Williams, 1978. Effects of irradiance and water supply on grain development in wheat. *Ann. Appl. Biol.* 90: 265-276.
- 12) Brunetti, N.; L. Rossi e L. Ferrandi, 1975. Attività nitrato-reductasica e proteasica in dieci varietà di frumento duro durante la fase di maturazione della granella. *Genetica Agraria* 29: 79-94.
- 13) Bulisani, E. A. and R. L. Warner, 1979. Seed protein and nitrogen effects upon seedling vigour in wheat. *A. Journal* 72: 657-662.
- 14) Bushuk, W. and I. Hlynka, 1960. Weight and volume changes in wheat during sorption and desorption of moisture. *Cereal Chem.* 37: 390-398.

- 15) Buttler, F. C., 1961. Root and foot rot diseases of wheat. Dept. Agric. N. S. W. Sci. Bul. 77, 98 pp.
- 16) Cantamutto, M. A.; F. E. Mockel, E. G. Caido y D. G. Gullace, 1982. Caracteres de la descendencia afectados por la vitriosidad de la semilla en algunas especies del género *Triticum*. *Rev. Facultad de Agronomía* 3 (3): 213-221.
- 17) Campbell, C. A. and W. L. Read, 1968. Influence of air temperature, light intensity and soil moisture on the growth, yield and some growth analysis characteristics of chinook wheat grown in the growth chamber. *Canadian Jour. Plant. Sci.* 48: 299-308.
- 18) Cochran, V. L.; R. L. Warner and R. I. Papendick, 1978. Effect of N depth and application rate on yield, protein content, and quality of winter wheat. *Agronomy Jour.* 70: 964-968.
- 19) Coleman, D. A.; H. C. Fellows and H. B. Dixon, 1925. *Cereal Chem.* 2: 132. Citado por Pomeranz et al. 1976 en *Bakers Digest* 50 (1). 35-40.
- 20) Ching, R. M. and L. Rynd, 1978. Development differences in embryos of high and low protein wheat seeds during germination. *Plant Physiol.* 62: 866-670.
- 21) Das Gupta, P. R. and H. M. Austenson, 1972a. Analysis of interrelationships among seedling vigor, field emergence and yield in wheat. *A. Journal.* 65: 417-442.
- 22) Das Gupta, P. R. and H. M. Austenson. 1972b. Relations between estimates of field vigor and field performance in wheat. *Can. J. Plant Sci.* 53: 43-46.
- 23) Dikeman, E. and Y. Pomeranz, 1977. Note on mineral contents of dark hard and yellow hard kernels separated from red winter wheat. *Cereal Chem.* 54: 183-186.
- 24) Doekes, G. J. and B. Belderok, 1976. Kernel hardness and baking quality of wheat. A Genetic Analysis using chromosome substitution lines. *Euphytica* 25 565-576.
- 25) Espiricueta, R. T.; C. J. Ortiz y G. J. Molina, 1973. Estimación de efectos génicos en el carácter panza blanca de *Triticum durum* desf. *Agrociencia* Nº 11: 85-94.
- 26) Finney, K. F.; J. W. Meyer; F. W. Smith and H. C. Fryer, 1957. Effect of foliar spraying on pawnee wheat with urea solutions on yield, protein content, and protein quality. *Agronomy Jour.* 49: 341-347.
- 27) Fortini, S. V. Alessandrini e G. Galterio, 1975. Sintesi proteica e resistenza ala bianconatura in cariossidi di *Triticum durum*. *Genetica Agraria* 22: 111-122.
- 28) Fortini, S.; D. Sgrulletta; G. Y. Galterio e M. G. D'Egidio, 1974. Elementi minerali nelle cariossidi vitrae e bioanconate di *Triticum durum*. *Annali Inst. Sperim. Cerealicoltura* V: 177-183.
- 29) Frank, W. L., 1923a. *Modern Miller 14 de julio*, p. 23. Citado por Pomeranz et al. 1976, *Bakers Digest* 50 (1): 35-40.
- 30) Frank, W. L., 1923b. *J. Assoc. Cereal Chem.* 8: 165. Citado por Pomeranz et al. 1976, *Bakers Digest* 50 (1): 35-40.
- 31) French, R. J., 1978. The effect of Fallowing on yield of wheat. III The effect on grain nitrogen content. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 685-692.
- 32) Glukhovskiy, A. B. and G. D. Polyakova, 1969. Quality of winter wheat grain and its accumulation in relation to the mineral fertilizers used. *Agrokhimiya* 6: 15-22.
- 33) Hadjichristodoulou, A., 1979. Genetic and environmental effects of vitriosity of durum wheat. *Euphytica* 28: 711-716.
- 34) Haeder, H. E. and H. Beringer, 1981a. Analysis of yield of winter wheat grown at increasing levels of potassium. *J. Sci. Food Agric.* 32: 547-551.
- 35) Haeder, H. E. and H. Beringer, 1981b. Influence of K nutrition and water stress on the content of abscisic acid in grains and flag leaves of wheat during grain development. *J. Sci. Food Agric.* 32: 552-556.
- 36) Harris, R. H.; E. A. Helgeson and L. D. Sibbitt, 1943. *Cereal Chem.* 20: 447. Citado por Pomeranz et al. 1976. *Bakers Digest* 50 (1): 35-40.
- 37) Haynes, R. J. and K. M. Goh, 1978. Ammonium and nitrate nutrition of plant. *Biol. Rev.* 53: 456-510.
- 38) Headden, W. P., 1915a. Yellow berry in wheat - its causes and prevention. *Colorado Agric. Exp. Sta. Bull.* 205.
- 39) Headden, W. P., 1915b. A study of Colorado wheat. *Colorado Agri. Exp. Sta. Bull.* 208.
- 40) Hosney, R. C. and P. A. Seib, 1973. Structural differences in hard and soft wheat. *The Bakers Digest* 26: 27-56.
- 41) Hubbard, J. D. Y. Pomeranz and F. S. Lai, 1977. Note on protein contents and amino acid composition of dark hard and yellow hard kernels separated from red winter wheat. *Cereal Chem.* 54: 778-783.
- 42) Jahn-Deesbach, W. und V. Jurgens, 1972. Über die variabilität von endospermstruktur und rohproteingehalt der weizenkörner und über deren änderung innerhalb der gesamtkornpartie durch. Zusätzliche Stickstoff-Spatgaben. *Z. Acker und Pflanzenbau* 135: 19-28.
- 43) Jahn-Deesbach, W.; V. Jurgens und A. H. K. Marandi, 1973. Über den standortbedingten

- einfluss von stickstoff-Spatgaben auf rohproteingehalt und endospermstruktur bei winterweizen in Abhängigkeit von sitz der korner in einzelnen Ahrenabschnitten. *Z. Acker und Pflanzenbau* 138: 9-20.
- 44) Kaufmann, M. L. and A. A. Guitard, 1966. The effect of seed size on sarly plant development in barley. *Can. J. Plant Sci.* 47: 73-78.
- 45) Kiesselbach, T. A. and W. E. Lyness, 1954. Grwin the winter wheat crop. NEB. Agr. Exp. Sta. Bul. 389.
- 46) Koch, K. and K. Mengel, 1977. Effect of K on N utilization by spring wheat during grain protein formation. *A. Journal* 69: 477-480.
- 47) Kolderup, F., 1979. Application of different temperatures in three growth phases of wheat. III Effects on protein content and composition. *Acta Agriculture Scandinavica* 29: 379-384.
- 48) Kocón, J.; S. Muszyński y W. Sowa, 1978. The ultrastructure of endosperm in wheat (*Triticum aestivum* L.) as revealed by scanning electron microscopy. Bulletin de L'Academie Polonaise des Sciences. Serie des Sciences Biologiques CL. V. Vol. XXVI, N° 1: 5-12.
- 49) Langer, R. H. M. and F. K. Y. Liew, 1973. Effects of varying nitrogen supply at different stages of the reproductive phase on spikelet and grain production and on grain nitrogen in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 24: 647-656.
- 50) Larmour, R. K.; J. C. Malloch and W. F. Geddes, 1933. The effect of winter exposure in the shock on quality of wheat. *Can. J. Res.* 9: 252-260.
- 51) Lowey, T., 1979. Variaciones del nitrógeno inorgánico en un suelo de Bordenave (Bs. As.) Tesis Magister, U. Nac. Sur, Febrero 1979.
- 52) Loué, A., 1978. The interaction of K with other factors, particularly with other nutrients. Potassium Research-Review and Trends. Proc. 11st Cong. Int. Potash. Inst. Bern. 407-433.
- 53) Loué, A., 1979. Interaction u potassium avec d'autres facteurs de croissance. Dossier K₂O. 15 (Oct. 1979). 31 pp.
- 54) Lowe, L. B. and S. K. Ries, 1971. Effects of environment on the relation between seed protein and seedling vigor in wheat. *Can. J. Plant Sci.* 52: 157-164.
- 55) Lowe, L. B. and S. K. Ries, 1972. Endosperm protein of wheat seed as a determinant of seedling growth. *Plant Physiol.* 51: 57-60.
- 56) Lyon, T. L. and A. Keyser, 1905. Nature and causes of yellow berry in hard winter wheat. Nebraska Agr. Exp. Sta. Bull. 89.
- 57) Mangels, C. E. and T. Sanderson, 1925. Cereal Chem. 2: 107. Citado por Pomeranz *et al.*, 1976. *Bakers Digest* 50 (1): 35-40.
- 58) Maynard, D. N., 1979. Nutritional disorders of vegetable crops: a review. *J. of Plant Nutrition*-1 (1): 1-23.
- 59) McNeal, F. H. and D. J. Davies, 1966. Protein content of wheat kernels from different parts of the spike. *Agronomy Jour.* 58: 635-636.
- 60) Mengel, K. and H. E. Haeder, 1974. Effect of K on photosynthesis and traslocation of photosynthates in wheat during grain filling. *Z. Acker und Pflanzenbau* 140: 206-213.
- 61) Mengel, K. and E. A. Kirkby, 1980. Potassium in crop production. *Advances in Agronomy* 33: 59-110.
- 62) Mengel, K.; M. Secer and K. Koch, 1981. Potassium effect on protein formation and amino acid turnover in developing wheat grain. *A. Journal.* 73: 74-78.
- 63) Miller, E. C., 1938. Plant Physiology. Mc. Graw-Hill Book Co., N. York.
- 64) Miller, B. S. y J. A. Johnson, 1954. A review of methods for determining the quality of wheat and flour for bread making. Kansas Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 76.
- 65) Milner, M. and J. A. Shellenberber, 1953. Physical properties of weathder wheat in relation to internal fissuring detected radiographically. *Cereal Chem.* 30: 202-212.
- 66) Minotti, P. L.; D. C. Williams and W. A. Jackson, 1968. Nitrate uptake and reduction as affected by Ca and K. *Soil Sci. Soc. of Amer. Proc.* 32: 692-698.
- 67) Minotti, P. L., D. C. Williams and W. A. Jackson, 1969. Nitrate uptake by wheat as influenced by ammonium and other cations. *Crop. Sci.* 9: 9-14.
- 68) Mosconi, G. and A. Bozzini, 1973. Effects of application of late nitrogen fertilizer to durum wheat. *Revista di Agronomia* 7: 75-82.
- 69) Moss, H. J., 1978. Factors determining the optimum hardness of wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 1117-1126.
- 70) Nowacki, A., 1870. Tesis de PhD, Univ. de Halle, Citado por Pomeranz *et al.* 1976. *Bakers Digest* 50 (1): 35-40.
- 71) Obuchowski, W. and W. Bushuk, 1980a. Wheat hardness: Comparisson of methods of its evaluation. *Cereal Chem.* 57: 421-428.
- 72) Obuchowski, W. and W. Bushuk, 1980b. Wheat hardness: Effects of Debranning and protein content. *Cereal Chem.* 57: 426-428.
- 73) Orphanos, P. I. and V. D. Krentos, 1980. Concentration of N, P and K in leaves, strain and grain of wheat and barley as influenced by N and P fertilizers under semiarid conditions. *J. Agric. Sci., Camb.* 94: 551-556.
- 74) Parish, J. A. and N. J. Halse, 1968. Effects of light, temperature and rate of desiccation on

- translucency in wheat grain. *Aust. J. Agric. Res.* 19: 365-372.
- 75) Pepe, J. F. and R. E. Heiner, 1975. Plant height, protein percentage, and yield relationships in spring wheat. *Crop Sci.* 15: 793-797.
- 76) Pesek, J.; F. Dudás and J. Rod, 1973. The effect of minimum tillage on grain quality of winter wheat. *Rostlinná Vyroba* 19: 11123-1129.
- 77) Phillips, D. P. and F. F. Nierenberger, 1976. Milling and baking qualities of yellow berry and dark, hard and vitreous wheats. *The Bakers digest* 50 (1): 42-48.
- 78) Pinthus, M. J. and R. Osher, 1966. The effect of seed size on plant growth and grain yield components in various wheat and barley varieties. *Israel J. Agric. Res.* 16: 53-58.
- 79) Pomeranz, Y.; M. D. Shogren; L. C. Bolte and K. F. Finney, 1976. Functional properties of dark hard and yellow hard red winter wheat. *The bakers digest* 50 (1): 35-40.
- 80) Pool, M.; F. L. P. Patterson and C. E. Bode, 1958. Effect of delayed harvest on quality of soft red winter wheat. *Agronomy Jour.* 50: 271-275.
- 81) Pushman, F. M. and J. Bingham, 1976. The effects for a granular nitrogen fertilizer and a foliar spray of urea on the yield and bread making quality of ten winter wheats. *J. Agric. Sci. Camb.* 87: 281-292.
- 82) Ramig, R. E. and H. F. Rhoades, 1963. Interrelationships of soil moisture level at planting time and nitrogen fertilization on winter wheat production. *Agronomy Jour.* 55: 123-127.
- 83) Ries, S. K.; O. Moreno; W. F. Meggitt; C. J. Schweizer and S. A. Ashkar, 1970. Wheat seed protein: chemical influences on and relationship to subsequent growth and yield in Michigan and Mexico. *A. Journal* 62: 746-748.
- 84) Ries, S. K.; O. Moreno; W. F. Meggitt; C. J. Schweizer; S. A. Ashkar and E. H. Everson, 1973. Protein content and seed size relationships with seedling vigor, field emergence, and yield in wheat. *A. Journal* 65: 884-886.
- 85) Roberts, H. F., 1919. Yellow berry in hard winter wheat. *Journal of Agricultural Research* 18: 155-169.
- 86) Roberts, H. F. y G. F. Freeman, 1908. The yellow berry in Kansas hard winter wheats. *Kansas Agric. Exp. Sta. Bull.* 156.
- 87) Robinson, F. E.; D. W. Cudney and W. F. Lehman, 1979. Nitrate fertilizer timing, irrigation, protein and yellow berry in durum wheat. *Agronomy Jour.* 71: 304-308.
- 88) Sadaphal, M. N. and N. B. Das, 1966. Effect of spraying urea on winter wheat, *Triticum aestivum*. *Agronomy Journal* 58: 137-141.
- 89) Sharp, P. F., 1927. Wheat and flour studies. IX Density of wheat as influenced by freezing, stage of development and moisture content. *Cereal Chem.* 4: 14-46.
- 90) Shokr, E. S. and O. Stolen, 1979. Aspects in protein improvement in spring wheat. Royal Vet. and Agric. Univ., Copenhagen, Denmark, YearBook 1979: 107-122.
- 91) Simmonds, D. H.; K. K. Barlow and C. W. Wrigley, 1973. The biochemical basis of grain hardness in wheat. *Cereal Chem.* 50: 553-562.
- 92) Smika, D. E. and B. W. Greb, 1973. Protein content of winter wheat grain as related to soil and climatic factors in the semiarid central great plains. *Agronomy Jour.* 65: 433-436.
- 93) Smith, F. W., 1970. Solving the protein problems of Kansas wheat. *Kansas Farmer Magazine*, 20 de marzo de 1970.
- 94) Steineck, O., 1974. The relation between potassium and nitrogen in the production of plant material. Proc. of the 10th Congress of the International Potash Institute Budapest. 189-196.
- 95) Swanson, C. O., 1936. *Cereal Chem.* 13: 79. Citado por Pomeranz et al. 1976. *Bakers Digest* 50 (1): 35-40.
- 96) Swanson, C. O., 1941. Effects of moisture on the physical and other properties of wheat. *Cereal Chem.* 18: 705-729.
- 97) Swanson, C. O., 1943. Effects of moisture on the physical and other properties of wheat. II Wetting during harvest. *Cereal Chem.* 20: 43-61.
- 98) Swanson, C. O., 1946. Effects of rains on wheat during harvest. *Kansas State Univ. Technical Bull.* 60.
- 99) Talibudeen, O.; M. B. Page and J. D. D. Mitchell, 1976. The interaction of N and K nutrition on dry matter and nitrogen yields of gramineae: Spring wheat. *J. Sci. Food Agric.* 27: 1179-1189.
- 100) Terman, G. L. and S. E. Allen, 1974. Accretion and dilution of nutrients in young corn, as affected by yield response to N, P, and K. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 38: 455-460.
- 101) Terman, G. L.; S. E. Allen and B. N. Bradford, 1975. Nutrient dilution antagonism effects in corn and snap beans in relation to rate and source of applied potassium. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39: 680-685.
- 102) Terman, G. L.; R. E. Ramig; A. F. Dreier and R. A. Olson, 1969. Yield-Protein relationships in wheat as affected by nitrogen and water. *Agronomy Jour.* 61: 755-759.
- 103) Tkachuk, R. y F. D. Kuzina, 1979. Relations between some physical and chemical properties. *Can. Jour. Pl. Sci.* 59: 15-20.
- 104) Tombetta, E. E.; J. A. Viale y N. G. Drobner, 1978. Factores que influyen sobre el conteni-

- do de proteínas en trigo. EERA Marcos Juárez INTA. Informe técnico 96 (8 pág.).
- 105) Torp, J., 1979. Relationship between production of starch and percentage, quality and yield of protein in barley. *Z. Acker und Pflanzenbau* 148: 367-377.
- 106) Waines, J. G.; C. K. Labanauskas, M. F. Handy,; B. S. Gill and W. F. Lehman, 1978. Protein and amino acid profiles of normal and yellow berry bread wheat. *Crop Sci.* 18: 590-592.
- 107) Welch, R. W., 1976. Seedling vigour and grain yield of cereals grown from seeds of varying protein contents. *J. Agric. Sci. Camb.* 88: 119-125.
- 108) Whitcomb, W. O. and A. H. Johnson, 1930. Effect of severe weathering on the protein and ash contents of wheat and flour. *Cereal Chem.* 7: 162-168.
- 109) Wrigley, C. W., 1972. The biochemistry of the wheat protein complex and its genetic control. *Cereal Sci. Today* 17 (12): 370-375.
- 110) Zeleny, L., 1971. Criteria of wheat quality, capítulo 2 de Wheat Chemistry and Technology. Am Assoc. Cereal Chemists, St. Paul, Minn, Y. Pomeranz, Ed.
-