

## **Composición en gluteninas de alto peso molecular de variedades de trigo blando registradas en España y su relación con la calidad panadera**

Por J.M. CARRILLO, M. RODRIGUEZ DE QUIJANO, A. GALIANO, B. HAMIE, J.F. VAZQUEZ Y J. ORELLANA.  
Cátedra de Genética. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica. Madrid.

### **ABSTRACT**

J.M. Carrillo, M. Rodríguez de Quijano, A. Galiano, B. Hamie, J.F. Vázquez y J. Orellana. *An. Aula Dei* 19 (1-2): 239-250.

J.M. Carrillo, M. Rodríguez de Quijano, A. Galiano, B. Hamie, J.F. Vázquez y J. Orellana. 1988. The high-molecular-weight glutenin subunit composition of Spanish Registered bread-wheat varieties and its relationship to bread-making quality. *An. Aula Dei*.

Variation in high-molecular weight (HMW) glutenin subunit composition amongst 110 Spanish registered bread wheat varieties was investigated using polyacrylamide gel electrophoresis in the presence of sodium dodecyl sulphate (SDS-PAGE) and the allelic composition of the varieties at each of the three loci controlling those subunits was determined. Three alleles were identified at the Glu-A1 locus, seven at the Glu-B1 locus and five at the Glu-D1. Only one variety, Marca, was found to consist of two biotypes with respect to HMW glutenin subunit composition. Forty three different patterns for the HMW glutenins were found amongst the analyzed varieties. On the basis of previous work, which related individual subunits to bread-making quality, Glu-1 quality scores were calculated for the Spanish registered varieties.

### **INTRODUCCION**

Se acepta generalmente que la calidad panadera de la harina de trigo blando está fuertemente influenciada tanto por el contenido en proteína como por la composición específica de esta proteína (Finney and Barmore, 1948).

La cantidad de proteína en el grano depende en mayor proporción del ambiente y de las prácticas culturales que del genotipo de la variedad. Además, las variedades que presentan un elevado contenido en proteína tienden a mostrar un menor peso del grano. Por lo que es difícil mejorar genéticamente la calidad panadera basándose en la obtención de variedades de alta producción que tengan al mismo tiempo un elevado contenido en proteína.

La composición específica de proteínas en el endospermo del grano está primariamente controlada de un modo genético. De ahí que exista un gran interés en identificar las proteínas que confieren buena calidad panadera a la harina, de tal manera que puedan ser combinadas en nuevas variedades de trigo de mejor calidad panadera.

El endospermo de trigo blando contiene un gran número de componentes de proteína de reserva, probablemente más de 100 (Payne et al., 1984). Hay dos grupos mayores, las gliadinas que consisten en una mezcla compleja de polipéptidos sin una subestructura de subunidades, y las gluteninas que consisten en agregados grandes formados por puentes dobles de azufre (Huebner and Wall, 1976). Estas proteínas son fácilmente extraídas en presencia de un agente reductor y solventes apropiados como el dodecil sulfato sódico (SDS), y son normalmente caracterizadas por electroforesis en geles de poliacrilamida (PAGE). Las gluteninas consisten en dos grupos de subunidades, las de alto peso molecular (HMW = high molecular weight) y las de bajo peso molecular (LMW = Low molecular weight) (Payne et al., 1981a). Las subunidades de gluteninas HMW tienen movilidades electroforéticas claramente más lentas que las gliadinas y las subunidades de gluteninas LMW.

Estudios de las propiedades físico-químicas de estas proteínas muestran que las moléculas pequeñas de gliadinas dan capacidad a la masa de harina para extenderse. Las fibras largas de las moléculas de las gluteninas confieren a la masa la elasticidad (Wall, 1979). Las subunidades de gluteninas HMW están consideradas como los componentes principales en el resultado final de una masa de harina con buena calidad panadera. Dichas subunidades juegan un papel clave para formar los agregados de gluteninas porque los agregados de peso molecular muy grande contienen una mayor proporción de subunidades de gluteninas HMW que los agregados de menor tamaño (Payne and Corfield, 1979). Numerosos autores han descrito relaciones entre la presencia o ausencia de determinadas subunidades de gluteninas HMW y diferentes medidas de la calidad panadera (Payne et al., 1979, 1981b, 1984; Bournouf and Bouriquet, 1980; Moonen et al., 1983; Branlard and Dardevet, 1985; Lawrence et al., 1987).

Estudios de la genética de las subunidades de gluteninas HMW han mostrado que están controladas por tres loci, designados Glu-A1, Glu-B1 y Glu-D1 (Payne et al., 1982), y localizados en los brazos largos de los cromosomas 1A, 1B y 1D respectivamente (Orth and Bushuk, 1974; Brown et al., 1979). Los tres loci poseen alelos que controlan diferentes bandas de subunidades o combinaciones de bandas. Payne and Lawrence (1983) publicaron un catálogo de estos alelos identificando tres alelos en el locus Glu-A1: aparición en el gel de una banda o ninguna (un alelo nulo); once en el locus Glu-B1: controlando una única banda o un par de bandas; y seis en el locus Glu-D1: cada uno controlando un par de bandas. Trabajos posteriores han identificado más alelos en trigo blando (Payne et al., 1984; Lawrence, 1986; Sontag et al., 1987; Waines and Payne, 1987).

Una consecuencia de esta amplia variabilidad es la de que, además de su diferente contribución a la calidad, las subunidades de glutenina HMW pueden ser útiles como marcadores bioquímicos para la identificación de cultivares.

Esta publicación describe la composición alélica en cada uno de los tres loci que controlan las subunidades HMW de casi todas las variedades comerciales de trigo blando registradas y cultivadas en España.

Esta información puede ser de interés a mejoradores de trigo blando puesto que se puede tener en cuenta la composición de subunidades de gluteninas cuando se escogen parentales para realizar cruzamientos que produzcan líneas de buena calidad panadera. Tradicionalmente la calidad no se seleccionaba en trigo hasta una generación muy avanzada dado que las pruebas de calidad requerían un volumen de grano que no se obtenía en las primeras generaciones. Con esta nueva metodología, en la generación  $F_2$  ya se puede seleccionar para una determinada combinación de gluteninas puesto que la técnica de electroforesis permite analizarlos utilizando parte del grano, pudiendo sembrarse y obtener descendencia con el resto del grano que contiene el embrión.

Actualmente algunos países europeos importan trigo de buena calidad panadera a pesar de que en la Europa comunitaria existe un exceso de producción. Por tanto, la obtención de trigos con una mayor calidad es un objetivo no sólo interesante, sino necesario.

## MATERIAL Y METODOS

### Variedades de trigo

Se han analizado 110 variedades de trigo blando de las 132 que actualmente constan en la Lista de variedades comerciales del Registro del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero del Ministerio de Agricultura. Una muestra de dichas variedades, consistente en 4 espigas, nos fue facilitada por dicho Instituto. Los nombres de las variedades y el año de registro aparecen en el Cuadro 1.

### Variedades de las subunidades de glutenina HMW

Se analizaron 8 semillas de cada variedad para comprobar la uniformidad. La extracción de las proteínas del endospermo se realizó en cada uno de los granos empleando la parte posterior de la semilla, con un tampón conteniendo dodecil sulfato sódico (SDS) y 2-mercaptoetanol, según fue descrito por Payne et al. (1980). Las proteínas fueron fraccionadas en geles de poliacrilamida del 10% utilizando el método de Laemmli (1970), modificado por Payne et al. (1982). En las variedades que contienen las subunidades 2+12 y no tienen la subunidad 1, la presencia o ausencia de la subunidad 2\* no puede ser identificada con claridad en geles del 10%, por lo que en estas variedades se utilizaron geles de poliacrilamida del 7,5%.

### Numeración de las bandas y clasificación de los alelos

Las movilidades de las diferentes subunidades de gluteninas HMW fueron definidas según la numeración y el sistema de clasificación de los alelos en cada uno de los loci Glu-A1, Glu-B1 y Glu-D1 propuesto por Payne y Lawrence (1983). En todos los geles se colocaron como controles las variedades Anza y Cajeme-71 debido a que las bandas de ambas variedades se complementan en sus posiciones y cubren el rango de movilidad de las gluteninas HMW (Figura 1).

### Puntuación de la calidad panadera

La puntuación de la mayoría de las subunidades se basa en trabajos de Payne et al. (1984, 1987). La puntuación de las subunidades correspondientes a las bandas 20 y 13 + 16 se han deducido del trabajo de Lawrence et al. (1987). Las puntuaciones de los diferentes alelos aparecen en el Cuadro 2. A la banda 2 + 11 no se le ha asignado ninguna puntuación. La puntuación de la calidad panadera de una variedad debida a las subunidades de gluteninas HMW se calcula simplemente mediante la suma de las puntuaciones individuales de las subunidades que contiene. La máxima puntuación es 10 y la mínima es 3.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las diferentes subunidades de gluteninas HMW observadas en las 110 variedades examinadas se pueden observar en la Figura 2 y en el Cuadro 2. Se identificaron 3 alelos en el locus Glu-A1, 7 alelos en el locus Glu-B1 y 5 alelos en el locus Glu-D1.

Los porcentajes de cada alelo en su respectivo locus, comparados con los obtenidos por Payne y Lawrence (1983) al examinar una colección mundial de 300 cultivares, son bastante parecidos en el locus Glu-D1 y difieren algo en el locus Glu-A1: 58,6% del alelo c en las varie-

dades españolas frente a 44% en la mundial, y 18% de presencia del alelo *a* en comparación con un 28% en la mundial. En el locus Glu-B1 destaca el porcentaje del alelo *i* con un 25,2% siendo un 4% lo observado por Payne y Lawrence. Este alelo ha sido introducido recientemente en España y otros países europeos de forma indirecta a través de germoplasma procedente del Cimmyt, utilizado para la obtención de variedades de talla baja. Este alelo es bastante común también en variedades comerciales de Australia (Lawrence, 1986), aunque parece que proviene de diferente fuente genética.

En el Cuadro 1 se muestra la constitución en subunidades de gluteninas HMW de cada una de las 110 variedades examinadas. Todas las variedades, excepto Marca, mostraron un único tipo con respecto a la composición en subunidades de gluteninas HMW. Los dos biotipos de Marca son Nulo (N), 17 + 18, 5 + 10 y 2\*, 17 + 18, 3 + 12. La presencia de estos dos tipos hace que en los cálculos del número de variedades y porcentaje tengamos en cuenta 111 variedades en vez de las 110 examinadas. En otras colecciones examinadas (Lawrence, 1986; Sontag et al., 1986) ha aparecido un porcentaje bastante más elevado de biotipos. Esta homogeneidad en las variedades españolas quizás se deba, aunque se trate de caracteres no visibles, a la rigidez en uniformidad exigida por la legislación en otros caracteres morfológicos o a la manera de conservar la colección de las variedades registradas.

Con los alelos hallados en las variedades españolas se podrían obtener 105 diferentes combinaciones de subunidades de gluteninas HMW. El número de modelos diferentes hallados ha sido de 43, un número bastante elevado si se compara con los 38 hallados por Branlard y Le Blanc (1985) en 195 trigos franceses o los 30 hallados por Lawrence (1986) en 106 cultivares australianos. Es evidente que la composición en subunidades de gluteninas HMW es una ayuda útil para la identificación de cultivares. Los modelos más frecuentes con 11 variedades cada uno son N (nulo), 7 + 8, 2 + 12 y 2\*, 17 + 18, 2 + 12.

La puntuación de calidad para cada alelo que aparece en el Cuadro 2 es una medida indirecta de la fuerza del gluten, puesto que dicha puntuación ha sido deducida de la asociación de ciertas subunidades de glutenina HMW con el volumen de sedimento en la prueba de sedimentación SDS (Payne et al. 1979, 1981, 1984). Se han encontrado correlaciones significativas entre esta puntuación y otras pruebas de fuerza del gluten como son la prueba de sedimentación de Zeleny y el parámetro W del alveógrafo de Chopin (Payne et al., 1988). La puntuación media de las variedades aquí analizadas es 6,7, mayor que las puntuaciones medias de las variedades cultivadas en el Reino Unido: 5,0 (deducida de Payne et al., 1987), o en Francia: 5,8 (calculada a partir de Branlard y Le Blanc, 1985), y menor que las variedades cultivadas en Australia: 8,0 (deducida de Lawrence, 1986), o en Finlandia: 8,0 (Sontag et al., 1986). Si calculamos el valor medio de calidad, no a partir de todas las variedades registradas, sino de aquellas más cultivadas (Figura 1 y Cuadros 3 y 4) tendremos una apreciación más real del potencial genético responsable de la fuerza del gluten de trigo producido en este país. El valor medio de las 13 variedades que se estima son más cultivadas este año (Cuadro 3) es 6, y el valor medio de las 14 variedades de las que se vendió más semilla certificada en 1985 (Cuadro 4) es 6,8. Los valores de las diferentes estimaciones se mueven en un rango próximo, y son parecidos al valor de calidad de la variedad más cultivada en nuestro país que es Anza, cuyo valor es 6. Pero tanto esta variedad como otras variedades propias de nuestro país, como son Aragón-03 y Pané-247, son fácilmente mejorables en su calidad panadera con la incorporación de las subunidades 1 ó 2\* en vez del alelo nulo que las tres tienen en el locus Glu-A1, o la incorporación de la subunidad 5 + 10 en el locus Glu-D1 que es la que mayor efecto produce sobre la fuerza del gluten. Estos programas concretos de mejora están siendo desarrollados en nuestro Departamento.

Se podrá mejorar genéticamente la calidad panadera de los trigos cultivados en este país, si desarrollamos variedades a partir de cruzamientos entre genotipos que tengan subunidades complementarias de buena calidad codificadas por diferentes alelos, y seleccionamos segregantes con altas puntuaciones de calidad.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado en parte por el Comité Conjunto Hispano-Norteamericano (proyecto CCA 85 10004) y en parte por la CICYT (Acción de Política Científica 1987, Programa 541A).

Los autores agradecen a D. Luis Martínez Vasallo y a D. Luis Salaíces del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero la entrega de las muestras de semilla de las variedades registradas. Asimismo, agradecen la ayuda de D. José Rodríguez Contreras y Doña Cristina Lladó en la toma de fotografías y mecanografía del manuscrito, respectivamente.

### RESUMEN

Se investigó la composición en gluteninas de alto peso molecular (HMW) en 110 variedades de trigo blando registradas en España utilizando electroforesis en gel de poliacrilamida en presencia de dodecil sulfato sódico (SDS-PAGE) y se determinó la composición alélica de las variedades en cada uno de los tres loci que controlan dichas subunidades. Se identificaron tres alelos en el locus Glu-A1, siete en el locus Glu-B1 y cinco en el Glu-D1. Solamente en una variedad, Marca, se encontró variación, dos biotipos, con respecto a la composición en subunidades de gluteninas HMW. En las variedades analizadas se encontraron 43 diferentes modelos en la combinación de gluteninas HMW. Basándose en trabajos previos, que relacionaban subunidades individuales a calidad panadera, se calcularon las puntuaciones de calidad en los loci Glu-1 para las variedades españolas registradas.

### REFERENCIAS

- Branlard, G. et A. Le Blanc. (1985). Les sous-unités gluténines de haut poids moléculaire des blés tendres et des blés durs cultivés en France. *Agronomie*, 5: 467-477.
- Branlard, G. and M. Dardevet. (1985). Diversity of grain protein and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular weight subunits of glutenin and flour quality characteristics. *Journal of Cereal Science*, 3: 345-354.
- Brown, J.W.S., R.J. Kemble, C.N. Law. and R.B. Flavell. (1979). Control of endosperm proteins in *Triticum aestivum* (var. Chinese Spring) and *Aegilops umbellulata* by homoeologous group 1 chromosomes. *Genetics*, 93: 189-200.
- Burnouf, T. and R. Bouriquet. (1980). Glutenin subunits of genetically related European hexaploid wheat cultivars; their relation to bread-making quality. *Theor. Appl. Genet.*, 58: 107-111.
- Finney, K.F. and M.A. Barmore. (1948). Loaf volume and protein content of hard winter and spring wheats. *Cereal Chem.*, 25: 291-312.
- Huebner, R.R. and J.S. Wall. (1976). Fractionation and quantitative differences of glutenin from wheat varieties varying in baking quality. *Cereal Chem.*, 53: 258-269.
- Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227: 680-685.
- Lawrence, G.J. (1986). The high-molecular weight glutenin subunit composition of Australian wheat cultivars. *Aust. J. Agric. Res.*, 37: 125-133.
- Lawrence, G.J., H.J. Moss, K.W. Shepherd. and C.W. Wrigley. (1987). Dough quality of biotypes of eleven Australian wheat cultivars that differ in high-molecular-weight glutenin subunit composition. *Journal of Cereal Science*, 6: 99-101.

- Miflin, B.J., J.M. Field. and P.R. Shewry. (1983). Cereal storage proteins and their effects on technological properties. In: J. Daussaut, J. Mosse, J. Vaughan (Eds.), Seed proteins. *Academic Press*, London.
- Moonen, J.H.E., A. Scheepstra and A. Graveland. (1983). The positive effects of the high molecular weight subunits 3 + 10 and 2\* of glutenin on the bread-making quality of wheat cultivars. *Euphytica*, 32: 735-742.
- Orth, R.A. and W. Bushuk. (1974). Studies of glutenin. VI. Chromosomal location of genes coding for subunits of glutenin of common wheat. *Cereal Chem.*, 51: 118-126.
- Payne, P.I. and K.G. Corfield. (1979). Subunit composition of wheat glutenin proteins, isolated by gel filtration in a dissociating medium. *Planta*, 145: 83-88.
- Payne, P.I., K.G. Corfield and J.A. Blackman. (1979). Identification of a high-molecular-weight subunit of glutenin whose presence correlates with bread-making quality in wheat of related pedigree. *Theor. Appl. Genet.*, 55: 153-159.
- Payne, P.I., C.N. Law and E.E. Mudd. (1980). Control by homoeologous group 1 chromosomes of the high-molecular-weight subunit, a major protein of wheat endosperm. *Theor. Appl. Genet.*, 58: 113-120.
- Payne, P.I., L.M. Holt and C.N. Law. (1981a). Structural and genetical studies on the high-molecular-weight subunits of wheat glutenin. Part I: Allelic variation in subunits amongst varieties of wheat. *Theor. Appl. Genet.*, 60: 229-236.
- Payne, P.I., K.G. Corfield; L.M. Holt and J.A. Blackman. (1981b). Correlations between the inheritance of certain high-molecular-weight subunits of glutenin and bread-making quality in progenies of six crosses of bread wheat. *J. Sci. Food Agric.*, 32: 51-60.
- Payne, P.I., L.M. Holt; A.J. Worland and C.N. Law. (1982). Structural and genetic studies on the high-molecular-weight subunits of wheat glutenin. Part 3. Telocentric mapping of the subunit genes on the long arms of the homoeologous group 1 chromosomes. *Theor. Appl. Genet.*, 63: 129-138.
- Payne, P.I. and G.J. Lawrence. (1983). Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1, and Glu-D1 which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Commun.*, 11: 29-35.
- Payne, P.I., L.M. Holt; E.A. Jackson and C.N. Law. (1984). Wheat storage proteins: their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. *Phil. Trans. R. Soc. London Ser. B*, 304: 359-371.
- Payne, P.I., M.A. Nightingale; A.F. Krattiger and L.M. Holt. (1987). The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J. Sci. Food Agric.*, 40: 51-66.
- Payne, P.I., L.M. Holt; A.F. Krattiger and J.M. Carrillo. (1988). Relationships between seed quality characters and HMW glutenin subunit composition, determined using wheats grown in Spain. *Journal of Cereal Science*, 7: 229-235.
- Sontag, T., H. Salovaara and P.I. Payne. (1986). The high-molecular-weight glutenin subunit compositions of wheat varieties bread in Finland. *J. Agric. Sci. Fin.*, 58: 151-156.
- Waines, J.G. and P.I. Payne. (1987). Electrophoretic analysis of the high-molecular-weight glutenin subunits of *Triticum monococcum*, *T. urartu* and the A genome of bread wheat (*T. aestivum*). *Theor. Appl. Genet.*, 74: 71-76.
- Wall, J.S. (1979). The role of wheat proteins in determining baking quality. In: D.L. Laidman, R.G. Wyn Jones (Eds.), Recent Advances in the Biochemistry of Cereals, pp. 275-311, Academic Press, London.

Cuadro 1.- Clasificación de variedades comerciales de trigo panadero (*Triticum aestivum* L.), actualmente registradas en España, según su composición en subunidades de gluteninas de alto peso molecular (HMW: high molecular weight).

Locus y alelo			Puntuación calidad	Variedad y año de registro
Glu A-1	Glu B-1	Glu D-1		
N	6 + 8	2 + 12	4	Manero (1984), Tavares (1974).
N	6 + 8	4 + 12	3	Azulón (1985)
N	6 + 8	5 + 10	6	Recital (1984)
N	7	2 + 11	-	Ardec (1981)
N	7	2 + 12	4	Arganda (1983), Argelato (1974), Azor (1981), Cascón (1974), Cocagne (1983), Festín (1983), Fortón T-326 (1982), Mara (1974), Noroit (1980), Splendeur (1974).
N	7	4 + 12	3	Bolero (1983), Boulmiche (1974)
N	7	5 + 10	6	Abel (1980), Castán (1977), Compadre (1974), Lozano (1977), Potam-70 (1982), Sansa (1980).
N	7 + 8	2 + 12	6	Anza (1974), Autonomía (1974), Carat (1983), Cargifaro (1983), Emilio Morandi (1982), Estrella (1974), Pané-247 (1974), Pilos (1981), Silver (1982), Sion (1978), Tarot (1981).
N	7 + 8	3 + 12	6	Top (1984)
N	7 + 8	4 + 12	5	Arcole (1978), Champlain (1974)
N	7 + 8	5 + 10	8	Alcazar (1978), Titán (1985)
N	7 + 9	2 + 12	5	Alcotán (1982), Astral (1974), Capitole (1974) Frandoc (1985), Golo (1982), Maestro (1982).
N	7 + 9	3 + 12	5	Asteroide (1983), Talento (1977)
N	7 + 9	4 + 12	4	Marius (1980)
N	13 + 16	2 + 12	6	Amón (1987)
N	13 + 16	5 + 10	8	Shasta (1982)
N	17 + 18	2 + 12	6	Aranda (1983), Pseudo T-336 (1982), Siete Cerros (1974)
N	17 + 18	5 + 10	8	Bracero T-346 (1983), Escualo (1981), Itrio (1982), Marca (1980), Tanori (1976), Yafit (1977).
N	20	2 + 12	4	Aboukir (1984)
N	20	4 + 12	3	Aragón-03 (1974), Candeal de Arévalo (1974)
N	20	5 + 10	6	Fiel (1982)
1	7	2 + 12	6	Alto (1981), Oroel (1981)
1	7	5 + 10	8	Nivelo (1987), Sevillano (1984)
1	7 + 8	2 + 12	8	Cardeno (1984), Impeto (1974)
1	7 + 8	5 + 10	10	Inia 66 (1974), Novisad-7000 (1985), Rinconada (1981)
1	7 + 9	2 + 12	7	Adonay (1987), Bastión (1977)
1	7 + 9	5 + 10	9	Echo (1984), Rex (1974)
1	13 + 16	5 + 10	10	Jupateco (1976), Vakon (1982)
1	17 + 18	3 + 12	8	Montserrat (1974)

Cuadro 1.- (Continuación)

Locus y alelo			Puntuación calidad	Variedad y año de registro
Glu A-1	Glu B-1	Glu D-1		
1	17 + 18	5 + 10	10	Cajeme-71 (1974), Taba (1982), Yécora (1974)
1	20	2 + 12	6	Navarro 105 (1974), Orso (1974)
2*	6 + 8	5 + 10	8	Apuesto (1987)
2*	7	2 + 12	6	Pursang (1983)
2*	7	3 + 12	6	Hardi (1974)
2*	7 + 8	2 + 12	8	Alcalá (1984)
2*	7 + 8	5 + 10	10	Ablaca (1982), Albares (1983), Florence Aurora (1974).
2*	7 + 9	2 + 12	7	Lachish (1982)
2*	7 + 9	4 + 12	6	Costal (1983)
2*	7 + 9	5 + 10	9	Ariana (1974), Partizanka (1978)
2*	17 + 18	2 + 12	8	Bellido (1982), Beuno (1982), Diego (1985) Don Antonio (1977), Nacozari (1982), Prinqual (1982), Super X (1982), Sureño (1982), Tauro (1981), Tornado (1981), Yenca (1982).
2*	17 + 18	3 + 12	8	Marca (1980)
2*	17 + 18	5 + 10	10	Betrés (1982), Pavón (1982), Triana (1987)
2*	20	2 + 12	6	Chamorro (1985)

Cuadro 2.- Variabilidad de alelos para gluteninas de alto peso molecular (HMW) en variedades comerciales de trigo panadero actualmente registradas en España.

Locus	Alelo	HMW glutenina	Puntuación calidad	Número de variedades	Porcentaje
Glu A1	c	Nulo (N)	1	65	58,6
	b	2*	3	26	23,4
	a	1	3	20	18
Glu B1	d	6 + 8	1	5	4,5
	a	7	1	26	23,4
	b	7 + 8	3	25	22,5
	c	7 + 9	2	16	14,4
	f	13 + 16	3	4	3,6
	i	17 + 18	3	28	25,2
	e	20	1	7	6,3
Glu D1	e	2 + 11		1	0,9
	a	2 + 12	2	57	51,4
	b	3 + 12	2	6	5,4
	c	4 + 12	1	9	8,1
	d	5 + 10	4	38	34,2



Cuadro 3.- Principales variedades de trigo blando cultivadas en España en la Campaña 1987-88.  
(Estimación según datos no publicados del SENPA).

Comunidad Autónoma	Porcentaje Nacional	Variedad	Porcentaje Regional
Castilla-León	33,7	Astral	15
		Splendeur	15
		Talento	10
		Alcotán	10
		Otras	50
Andalucía	27,5	Yécora	36
		Anza	25
		Cajeme-71	23
		Otras	16
Castilla-La Mancha	9,9	Chamorro	25
		Aragón-03	20
		Pané-247	16
		Otras	39
Aragón	6,9	Anza	35
		Aragón-03	15
		Pané-247	11
		Otras	39
Cataluña (Lérida)	6	Anza	45
		Astral	25
		Talento	15
		Otras	15
Extremadura	4,2	Astral	40
		Yécora	10
		Anza	10
		Cajeme	10
		Rinconada	10
		Otras	20
Navarra	3,8	Marius	60
		Anza	17
		Alcotán	13
		Otras	10
La Rioja	1,8	Alcotán	50
		Talento	20
		Capitole	10
		Otras	20
Otras	6,2		

Cuadro 4.- Cantidades de semilla certificada R-1 y R-2 de las principales variedades comerciales de trigo blando durante el año 1985. (Memoria de Actividades del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Año 1985)

Variedad	Porcentaje	
	R-1	R-2
Alcotán	4,6	4,6
Anza	30,8	40,7
Aragón-03	0,3	5,0
Astral	6,8	1,6
Betrés	1,7	-
Cajeme-71	5,5	9,2
Capitole	3,2	1,0
Estrella	3,3	0,6
Maestro	1,7	-
Marius	3,8	2,9
Pané-247	4,2	6,3
Rinconada	3,7	7,0
Talento	4,9	0,3
Yécora	6,6	12,3
Otras	18,9	8,5

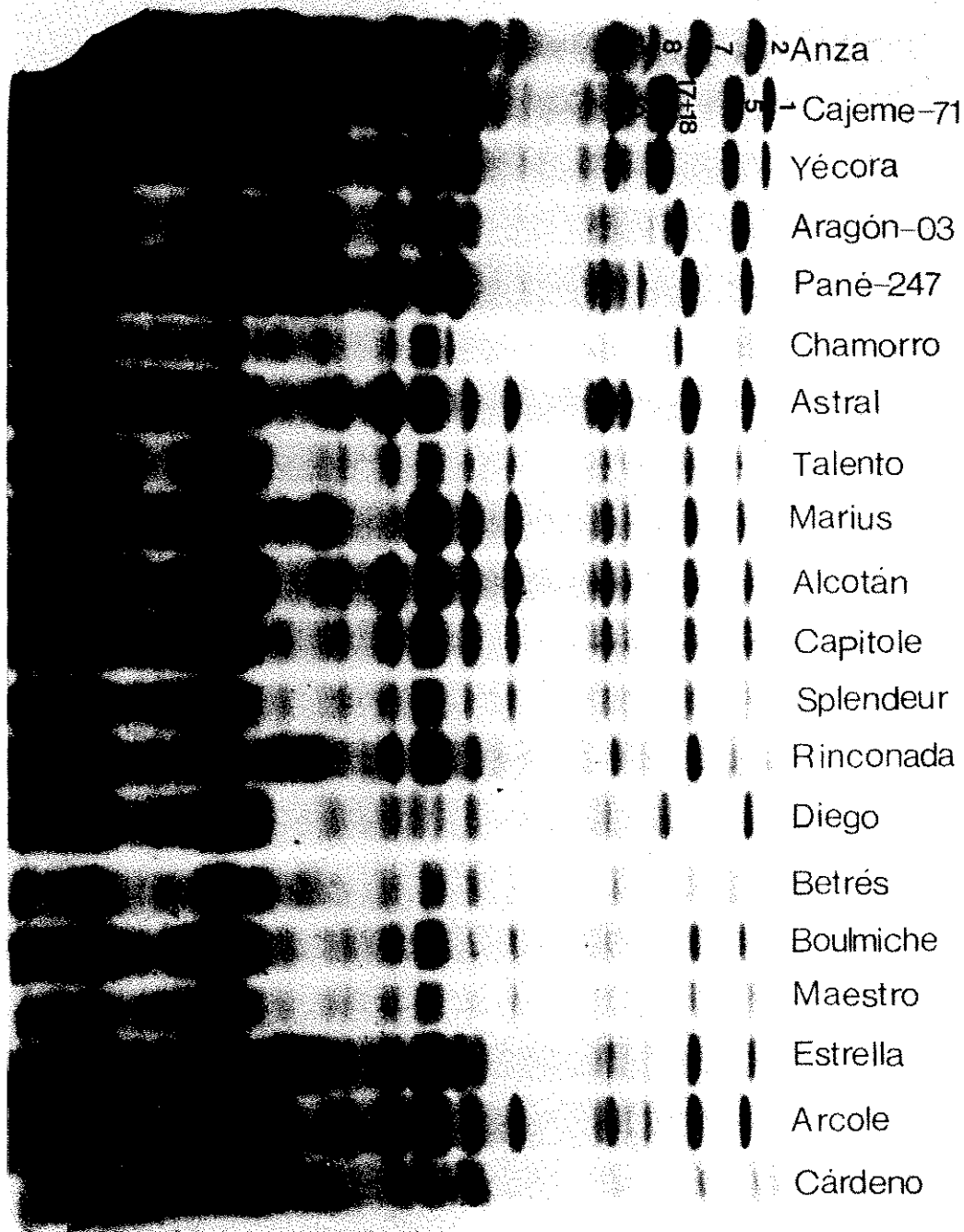


Figura 1.- Fraccionamiento y separación de las proteínas de reserva del endospermo por SDS-PAGE (10% de acrilamida) en variedades españolas de trigo, con descripción de los alelos encontrados en las variedades registradas en España en cada uno de los tres loci que controlan las subunidades de gluteninas de alto peso molecular. A, Cajeme-71; B, Triana; C, Anza; D, Recital; E, Castán, F, Estrella, G, Ariana; H, Shasta; I, Diego; J, Chamorro; K, Ardec; L, Pané-247; M, Hardi; N, Boulmiche; O, Florence Aurora.

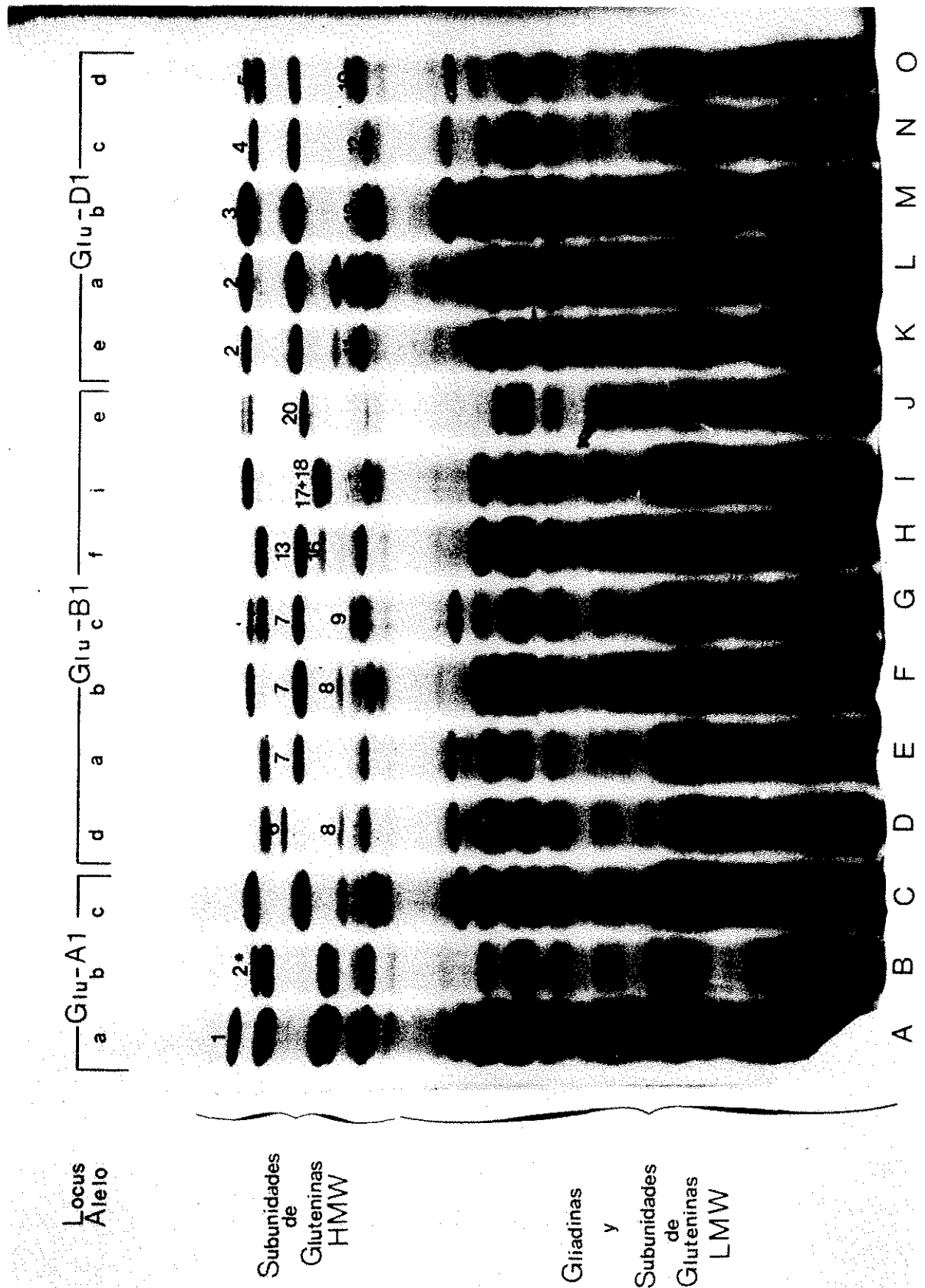


Figura 2.- Modelos de subunidades de gluteninas HMW obtenidos por SDS-PAGE en las variedades más cultivadas actualmente en España.