



Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**Efectos genéticos, ambientales y de interacción sobre
componentes químicos relacionados con el valor sensorial de
las judías grano (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Alexy Flórez Vergara

2007

Memoria presentada por

ALEXY FLOREZ VERGARA

Para optar al grado de

Doctor por la Universitat Politècnica de Catalunya

Programa de Doctorado “Biotecnología Agroalimentaria y Sostenibilidad”

Director: Francesc Casañas Artigas, Departament d’Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, Universitat Politècnica de Catalunya.

Codirector: Montserrat Pujolá i Cunill, Departament d’Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, Universitat Politècnica de Catalunya.

Tutor: Joan Majó Roca, Departament d’Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, Universitat Politècnica de Catalunya.

Francesc Casañas Artigas Montserrat Pujolá i Cunill Joan Majó Roca

Alexy Flórez Vergara.

Barcelona, 2007

Nos han hecho tantas promesas
Tantas que ya no me acuerdo
Pero solo una era cierta
Habían jurado tomar nuestras tierras
Y las tomaron.

Nube Roja

A mi padre

Por el apoyo que me ha brindado a lo largo de la vida y sin el cual
no hubiese sido posible culminar esta aventura con éxito

A mi hijo Fabián

Por ser la mayor razón de tanto esfuerzo

A mi madre

Por darme la vida y los mayores cuidados durante la niñez

A los directores Francesc y Montse

Por su incalculable ayuda y la confianza depositada en mi

A todos los que de una forma u otra colaboraron
para que este proyecto se hiciera realidad

Y a mi Colombia querida

Gracias a todos

AGRADECIMIENTOS

Hace exactamente seis años llegué a Barcelona con una ilusión inmensa por poder estudiar en España un doctorado que hasta hacía unos meses atrás ni me había planteado realizar. Fue mi primo Jairo quien me metió en este “lío” y me convenció de que era una gran oportunidad para mí; él mismo se encargó de hacer todos los trámites necesarios para obtener la carta de aceptación en la universidad así como los demás requisitos necesarios para obtener la visa de estudiante, para él mis más grandes agradecimientos. Una vez en Barcelona y luego de haber invertido en esta aventura el poco dinero que había conseguido hasta ese momento, las cosas empezaron a ponerse difíciles porque casi nada de lo que me habían dicho sobre estudiar en España resultó ser cierto y el dinero comenzó a escasear y los problemas a surgir.

Comenzó así una minuciosa y difícil búsqueda por mi parte, de algún proyecto, tema o grupo de investigación que me permitiera realizar una tesis doctoral y al cabo de seis meses y casi por casualidad me encontré con la Doctora Montserrat Pujolá quien a su vez me relacionó con el Doctor Francesc Casañas y por fin empecé a creer que tal vez sería posible realizar este sueño. Indiscutiblemente han sido Francesc y Montse, a quienes ahora llamo por su nombre de pila, las personas que más me han ayudado durante todos estos años, seguramente de no haber tenido la suerte de encontrarme con ellos hubiese tenido que regresar a Colombia con poco más que los recuerdos de una corta travesía por España y es por eso que no tengo palabras para agradecerles todos sus consejos, la confianza depositada en mí y su incalculable colaboración y amistad durante todo este tiempo y les deseo la mejor de las suertes en todos los aspectos de sus vidas.

Pero en seis años son muchas las personas que se conocen y yo he tenido la suerte de encontrarme con gente muy valiosa que me ha ofrecido su colaboración y me han apoyado cuando más lo he necesitado; entre estas personas debo destacar a varios profesores de la universidad, con quienes he compartido momentos muy agradables y de quienes he aprendido cosas muy valiosas para mi formación no solo académica sino personal. Dentro de este grupo de profesores y amigos debo destacar al Doctor Antoni Almirall, con quien he disfrutado magníficas jornadas en los campos de judías y siempre ha estado dispuesto a colaborar cuando lo he necesitado; el Doctor Lluís Bosch, quien con su inmensa sabiduría siempre es un referente a la hora de solicitar una opinión; la Doctora Esther Sánchez, quien además de magnífica docente es una persona muy especial; la profesora Roser Romero, quien además de ejercer la docencia es una magnífica cocinera; la Doctora Rosa Floss, quien además de enviarme la carta de

aceptación me colaboró mucho en la etapa inicial del doctorado; el Doctor Joan Majó, quien siempre me ha colaborado con los tramites para mi permanencia en España; el doctor Jordi Valero, quien ha sido de gran ayuda en la parte estadística de la tesis y el Doctor Marcelo Blanco y su grupo de quimiometría de la Universidad Autónoma de Barcelona, quienes me colaboraron con todo lo relacionado con el NIR.

Quiero agradecer de igual forma a todas aquellas personas que con su amistad han hecho que mi estancia sea más alegre durante este tiempo; el profesor Francisco Iranzo, quien fue uno de los primeros en brindarme su amistad y hospitalidad cuando esto comenzaba; los profesores y compañeros Josep Maria Auleda y Eduard Hernández; el profesor y amigo Joan Güal, quien me inicio en el trabajo con cultivos de judías; la señora Montserrat Miralles, quien siempre me ha colaborado en los trabajos de campo; Joan Casals, por su colaboración en la elaboración de las fotos entre otras cosas y mis amigos y compañeros; Libia, Patricia, Mohamed, Campuzano, Roc, Xavi, Ana y los compañeros del equipo de fútbol sala de la ESAB con quienes he compartido momentos más y menos agradables.

Finalmente, quiero agradecer a mi familia; mi padre, mi hijo Fabián, mi madre, Hilda y mis hermanos Cristian, Javier, Diego, Diana, Sandra y Daniel por haberme apoyado y animarme siempre a continuar y sobretodo por saber soportar y comprender mi ausencia durante tanto tiempo y por hacer que mi vida sea cada día más feliz. Gracias a todos.

I. INDICE

1. RESUMEN	17
2. ANTECEDENTES	19
2.1. La calidad organoléptica un valor añadido	19
2.2. La textura como factor fundamental en la calidad sensorial de la judía. Acidez y dulzor como factores complementarios	21
2.3. Los componentes químicos determinantes de la textura, la acidez y dulzor en la judía	24
2.4. Influencia del ambiente en la composición química de la judía	27
2.5. Influencia genética en la composición química de la judía	30
2.6. La interacción geno tipo x ambiente y sus repercusiones prácticas	33
2.7. Denominaciones de origen protegido en judía: documentación de solicitudes	35
3. OBJETIVOS	37
4. MATERIAL Y METODOS	38
4.1. Material Vegetal utilizado	38
4.1.1. <i>Tipo varietal Ganxet. Variedad Montcau</i>	38
4.1.2. <i>Tipo varietal Tavella Brisa (Santa Pau)</i>	40
4.1.3. <i>Genoll de Crist</i>	43
4.1.4. <i>Tipo varietal Castellfollit del Boix</i>	44
4.1.5. <i>White Kidney</i>	45
4.1.6. <i>Faba Asturiana (Andecha)</i>	46
4.1.7. <i>Canela</i>	47
4.1.8. <i>Navy</i>	48
4.2. Localidades de Experimentación	49
4.2.1. <i>La Garrotxa (Santa Pau)</i>	50
4.2.1.1. <i>Características de suelo y cultivo</i>	51
4.2.1.2. <i>Condiciones climáticas</i>	52
4.2.2. <i>Vallès Occidental (Castellar del Vallès)</i>	53
4.2.2.1. <i>Características de suelo y cultivo</i>	53
4.2.2.2. <i>Condiciones climáticas</i>	54

4.2.3. Vallès Oriental (La Roca)	55
4.2.3.1. Características de suelo y cultivo	55
4.2.3.2. Condiciones climáticas	57
4.2.4. El Maresme (Dosrius)	57
4.2.4.1. Características de suelo y cultivo	58
4.2.4.2. Condiciones climáticas	59
4.2.5. El Baix Llobregat (El Prat de Llobregat)	60
4.2.5.1. Características de suelo y cultivo	60
4.2.5.2. Condiciones climáticas	62
4.3. Diseño Experimental Empleado	62
4.4. Componentes Químicos Estudiados y Metodología Analítica Empleada	65
4.4.1. Molturación de las muestras	65
4.4.2. Determinación de HUMEDAD	65
4.4.3. Determinación de la PROTEINA BRUTA	65
4.4.4. Determinación de AMILOSA	66
4.4.5. Determinación de ALMIDON	66
4.4.6. Determinación de SACAROSA, ACIDO MALICO Y ACIDO CITRICO	66
4.4.7. Metodología NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy)	66
4.4.7.1. Procedimiento	67
4.5. Métodos estadísticos empleados	68
4.5.1. Análisis de la varianza	68
4.5.2. Análisis multivariante de los resultados	69
5. RESULTADOS Y DISCUSION	70
5.1. Análisis de la Varianza	70
5.1.1. Contenido en Proteína	71
5.1.2. Contenido en Almidón	77
5.1.3. Contenido en Amilosa	80
5.1.4. Contenido en Amilopectina	83
5.1.5. Proporción Amilosa/Amilopectina	86
5.1.6. Contenido en Sacarosa	89
5.1.7. Contenido en Acido Málico	93

<i>5.1.8. Contenido en Acido Cítrico</i>	96
<i>5.1.9. Importancia de los distintos factores e interacciones en la variación</i>	100
5.2. Análisis Multivariante de la Varianza	100
<i>5.2.1. Análisis Canónico de localidades</i>	101
<i>5.2.2. Análisis Canónico de variedades</i>	104
<i>5.2.3. Análisis Canónico de localidades y variedades</i>	105
<i>5.2.4. Aportaciones del enfoque multivariante a la comprensión de la variación</i>	107
6. CONCLUSIONES	109
7. BIBLIOGRAFIA	111
ANEXOS	126

II. INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie, producción y rendimiento del cultivo de judía en el mundo en el año 2000. Por cada continente se incluyen las regiones más importantes según el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 2001) y los países más productores de cada región (FAOSTAT, 2003).	20
Tabla 2. Características del suelo en la localidad de la Garrotxa	52
Tabla 3. Características climáticas en la Garrotxa durante la época de cultivo (2002-2003)	52
Tabla 4. Características del suelo en la localidad del Vallès Occidental	54
Tabla 5. Características climáticas en el Vallès Occidental durante la época de cultivo (2002-2003)	55
Tabla 6. Características del suelo en la localidad del Vallès Oriental	56
Tabla 7. Características climáticas en el Vallès Oriental durante la época de cultivo (2002-2003)	57
Tabla 8. Características del suelo en la localidad del Maresme	59
Tabla 9. Características climáticas en el Maresme durante la época de cultivo (2002-2003)	59
Tabla 10. Características del suelo en la localidad del Baix Llobregat	61
Tabla 11. Características climáticas en el Baix Llobregat durante la época de cultivo (2002-2003)	62
Tabla 12. Condiciones de calibración y predicción de muestras utilizando el NIR	68
Tabla 13a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en proteína (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.	72
Tabla 13b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en proteína (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.	72
Tabla 14a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en proteína (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	73
Tabla 14b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en proteína (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	73
Tabla 15a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en proteína (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	74
Tabla 15b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en proteína (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	74
Tabla 16a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en proteína (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	75
Tabla 16b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en proteína (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	75
Tabla 16c. Porcentaje de incremento en el contenido de proteína en cada localidad entre los años 2002 y 2003.	75
Tabla 17. Contenido medio de proteína (g x Kg^{-1} de materia seca) de cada variedad en cada localidad.	76

Tabla 18. Valor de la interacción (g x Kg ⁻¹ de materia seca) variedad * localidad para el contenido en proteína en cada una de las combinaciones. Valores superiores a 3.33 son significativamente diferentes de 0 p=0.05.	76
Tabla 19a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en almidón (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.	77
Tabla 19b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en almidón (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.	77
Tabla 20a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en almidón (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).	78
Tabla 20b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en almidón (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).	78
Tabla 21a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en almidón (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).	78
Tabla 21b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en almidón (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).	79
Tabla 22a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en almidón (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los Testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).	79
Tabla 22b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en almidón (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).	79
Tabla 23. Coeficientes de correlación genéticos y ambientales entre el contenido de proteína y el contenido de almidón (todos los valores son significativos p=0,05).	80
Tabla 24a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en amilosa (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.	80
Tabla 24b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en amilosa (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau	80
Tabla 25a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en amilosa (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).	81
Tabla 25b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en amilosa (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).	81
Tabla 26a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en amilosa (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).	82
Tabla 26b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en amilosa (g x Kg ⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).	82

Tabla 27a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en amilosa (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	82
Tabla 27b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en amilosa (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	82
Tabla 28a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.	83
Tabla 28b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.	83
Tabla 29a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	84
Tabla 29b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	84
Tabla 30a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	85
Tabla 30b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	85
Tabla 31a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	85
Tabla 31b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	85
Tabla 32a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.	86
Tabla 32b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.	86
Tabla 33a. Comparación de las medias de variedad para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	87
Tabla 33b. Comparación de las medias de variedad para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	87
Tabla 34a. Comparación de las medias de localidad para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	88
Tabla 34b. Comparación de las medias de localidad para el carácter proporción amilosa/ amilopectina considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	88

Tabla 35a. Comparación de las medias de año para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	88
Tabla 35b. Comparación de las medias de año para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	88
Tabla 36a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en sacarosa ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.	89
Tabla 36b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en sacarosa ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.	89
Tabla 37a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en sacarosa ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	90
Tabla 37b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en sacarosa ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	90
Tabla 38a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en sacarosa ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	91
Tabla 38b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en sacarosa ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	91
Tabla 39a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en sacarosa ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	91
Tabla 39b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en sacarosa ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	92
Tabla 40. Contenido medio de sacarosa ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) de cada variedad en cada localidad.	92
Tabla 41. Valor de la interacción ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) variedad * localidad para el contenido en sacarosa en cada una de las combinaciones. Valores superiores a 0.37 son significativamente diferentes de 0 $p=0.05$.	92
Tabla 42a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en ácido málico ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.	93
Tabla 42b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en ácido málico ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.	93
Tabla 43a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en ácido málico ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	94
Tabla 43b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en ácido málico ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	94

Tabla 44a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en ácido málico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	94
Tabla 44b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en ácido málico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	95
Tabla 45a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en ácido málico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	95
Tabla 45b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en ácido málico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	95
Tabla 46. Contenido medio de ácido málico (g x Kg^{-1} de materia seca) de cada variedad en cada localidad.	96
Tabla 47. Valor de la interacción (g x Kg^{-1} de materia seca) variedad * localidad para el contenido en ácido málico en cada una de las combinaciones. Valores superiores a ± 0.01 son significativamente diferentes de $0 p=0.05$.	96
Tabla 48a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.	96
Tabla 48b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.	97
Tabla 49a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	97
Tabla 49b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	98
Tabla 50a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	98
Tabla 50b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	99
Tabla 51a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	99
Tabla 51b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).	99
Tabla 52. Contenido medio de ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) de cada variedad en cada localidad.	100
Tabla 53. Valor de la interacción (g x Kg^{-1} de materia seca) variedad * localidad para el contenido en ácido cítrico en cada una de las combinaciones. Valores superiores a ± 0.33 son significativamente diferentes de $0 p=0.05$.	100

Tabla 54. Valores propios de los ejes canónicos, proporción de la variación que explican y variación acumulada.	101
Tabla 55. Correlación de las variables con los ejes canónicos.	101
Tabla 56. Valores propios de los ejes canónicos, proporción de la variación que explican y variación acumulada.	104
Tabla 57. Correlación de las variables con los ejes canónicos.	104
Tabla 58. Valores propios de los ejes canónicos, proporción de la variación que explican y variación acumulada.	106
Tabla 59. Correlación de las variables con los ejes canónicos.	106

III. INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Razas de judía de los dos grupos genéticos Mesoamericano y Andino. Fuente: < http://agronomy.ucdavis.edu/gepts/races2.jpg > (accesed September 21, 2005).	31
Figura 2. Judías Ganxet.	39
Figura 3. Zona de distribución actual del cultivo de judía Ganxet. Destacan las comarcas de La Selva, Vallès Oriental, Maresme y Vallès Occidental, principalmente.	40
Figura 4. Judías de Santa Pau “Tavella Brisa”.	41
Figura 5. Color brisado de la Tavella Brisa.	42
Figura 6. Judías del Genoll de Crist.	43
Figura 7. Judías de Castellfollit del Boix.	44
Figura 8. Judías White Kidney.	45
Figura 9. Judías Andecha.	46
Figura 10. Judías Canela.	47
Figura 11. Judías Navy.	48
Figura 12. Ubicación de las zonas de ensayo.	50
Figura 13. Campo de cultivo en la zona de Santa Pau (Garrotxa). Se observa el tutorado con caña de algunas variedades trepadoras.	51
Figura 14. Campo de cultivo en la zona de Castellar del Vallès (Vallès Occidental), tutorado con malla plástica de colocación vertical.	53
Figura 15. Campo de cultivo en la zona de La Roca (Vallès oriental), donde se observa el tutorado de algunas variedades mediante caña.	56
Figura 16. Campo de cultivo en la zona de Dosrius (Maresme), con tutorado con malla plástica de colocación oblicua en las variedades que lo precisaban.	58
Figura 17. Campo de cultivo en la zona del Prat (Baix Llobregat). Se observan los surcos del riego por inundación y el tutorado con caña de las variedades que lo requieren.	61
Figura 18. Diseño experimental	64
Figura 19. Análisis multivariante. Posición de las localidades en el plano determinado por los dos primeros ejes, intervalos de confianza $p=0.05$, y relación de las distintas variables estudiadas con los dos primeros ejes. La longitud de los vectores corresponde a la proyección del eje del carácter sobre el eje canónico. El ángulo de los vectores es proporcional a la correlación del eje de la variable con el eje canónico.	103
Figura 20. Análisis multivariante. Posición de las variedades en el plano determinado por los dos primeros ejes, intervalos de confianza $p=0.05$, y relación de las distintas variables estudiadas con los dos primeros ejes. La longitud de los vectores corresponde a la proyección del eje del carácter sobre el eje canónico. El ángulo de los vectores es proporcional a la correlación del eje de la variable con el eje canónico.	105
Figura 21. Análisis multivariante. Posición de las combinaciones variedad x localidad en el plano determinado por los dos primeros ejes, intervalos de confianza $p=0.05$, y relación de las distintas variables estudiadas con los dos primeros ejes. La longitud de los vectores corresponde a la proyección del eje del carácter sobre el eje canónico. El ángulo de los vectores es proporcional a la correlación del eje de la variable con el eje canónico. Para una mejor comprensión de la gráfica se han eliminado los intervalos de confianza.	107

IV. INDICE DE ACRONIMOS Y ABREVIACIONES

ANOVA	Analysis of Variance
AOAC	Association Official of Analytical Chemistry
CE	Comisión Europea
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
COAGSA	Cooperativa Agrària de Sabadell i Comarca
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
DARP	Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya
DOP	Denominación de Origen Protegida
EMBC	European Market Bean Classes
ESAB	Escuela Superior de Agricultura de Barcelona
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAOSTAT	FAO Statistical Databases
HPLC	High Precision Liquid Chromatography
INIA	Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria
IPGRI	International Plant Genetic Resources Institute
IRTA	Institut de Recerca de Tecnologia dels Aliments
ISSR	Inter-Simple Sequence Repeat
MANOVA	Multivariate Analysis of Variance
MAPA	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
MCYT	Ministerio de Ciencia y Tecnología
MDS	Mínima Diferencia Significativa
NIRS	Near Infrared Reflectance Spectroscopy
NS	No significativo
PAC	Política Agraria Comunitaria de la Unión Europea
PLSR	Partial Least Square Regression
SCAR	Sequence Characterized Amplified Region
TI	Trypsin Inhibitors
TPA	Texture Profile Analysis
UE	Unión Europea
USDA	United States Department of Agriculture

1. RESUMEN

Asistimos en la actualidad a una constante pérdida de la diversidad genética de los cultivos. Paralelamente en muchas zonas del mundo, especialmente en los países más desarrollados, se produce una regresión de la agricultura que conlleva problemas medioambientales. Algunas variedades tradicionales han sido seleccionadas históricamente por sus elevadas propiedades gastronómicas lo cual ha ayudado a su persistencia, incluso compitiendo localmente con las variedades mejoradas. Dado que los consumidores de los países desarrollados están dispuestos a pagar precios superiores por la calidad sensorial de los productos, la recuperación de variedades tradicionales organolépticamente destacadas puede ayudar tanto al mantenimiento de la diversidad biológica como a la recuperación de algunas zonas de cultivo. En este contexto la delimitación de Denominaciones de Origen Protegidas (DOPs) y la descripción objetiva de las propiedades de los productos en ellas cultivados, debe considerarse una actividad prioritaria.

La Tesis Doctoral que se presenta aborda esta cuestión al estudiar la interacción genotipo x ambiente en variedades tradicionales de judía (*Phaseolus vulgaris* L.) históricamente cultivadas en Catalunya, referente al contenido de proteína, almidón, amilosa, amilopectina, sacarosa, ácido málico y ácido cítrico en el grano. Se han escogido dichas moléculas porque la bibliografía indica que están relacionadas con atributos sensoriales de la judía una vez cocinada.

Para delimitar los efectos genéticos, ambientales y de interacción se efectuaron ensayos de campo en cinco zonas de Catalunya con tradición de cultivo de judía (Garrotxa, Vallès Occidental, Vallès Oriental, Maresme y Baix Llobregat), durante dos años consecutivos. Como germoplasma se emplearon cuatro tipos varietales catalanes (Ganxet, Genoll de Crist, Tavella Brisa y Castellfollit del Boix), y cuatro variedades testigos (Faba, Navy, Canela y White Kidney).

Todos los efectos principales (localidad, año y variedad) resultaron significativos para la mayoría de los caracteres. Las máximas diferencias se presentaron entre las localidades de Santa Pau y el Vallès, representativas de condiciones extremas dentro de la variación ambiental que abarca el estudio. El análisis multivariante confirma el alejamiento de la localidad Santa Pau del resto. Suelos volcánicos, elevada capacidad de intercambio catiónico, y cultivo en secano, hacen de esta localidad una peculiaridad interesante con una producción de composición química bien diferenciada.

Las variedades tradicionales Ganxet (Montcau) y Genoll de Crist se sitúan en grupos de significación extremos para la mayoría de los compuestos estudiados mientras que los testigos se sitúan habitualmente en grupos de significación intermedios.

Se han detectado numerosas interacciones significativas genotipo x localidad lo cual es importante para justificar la elección de determinados tipos varietales en cada zona si pretendemos maximizar o minimizar alguno de los componentes químicos. A menudo las interacciones más significativas coinciden con combinaciones consolidadas históricamente de variedad x ambiente y que tienen ya prestigio (p.e. Ganxet en el Vallès y Maresme; Genoll de Crist en el Maresme, Navy y Tavella Brisa en Santa Pau).

De confirmarse también en el ámbito sensorial este abanico de características químicas causado por efectos genéticos, ambientales y de interacción, la definición objetiva de al menos dos denominaciones de origen en Catalunya parece una tarea posible y que merece impulsarse. Además, todo parece indicar, que este enfoque podría utilizarse de manera general para la delimitación de DOPs en judía.

2. ANTECEDENTES

2.1. La Calidad Organoléptica un valor añadido

Dentro del grupo de leguminosas de grano para consumo humano, podemos considerar a la judía como una de las más importantes, ya que su área de cultivo se extiende por los cinco continentes (Tabla 1) y desde el punto de vista nutricional, es una fuente importante y económica de proteínas para la dieta de muchos pueblos (Vegas *et al.*, 1990). Sin embargo, si se comparan con los productos de grano más comúnmente consumidos como el maíz o el arroz, las legumbres en general siempre han estado por debajo en las preferencias de la población (Madar & Stark, 2002).

A pesar de ser ampliamente consumida, la judía no es muy apreciada por los consumidores de los países desarrollados ya que requiere un elevado tiempo de preparación (remojo y cocción) y causa flatulencia (Bressani, 1993; Castellanos *et al.*, 1997). Además en la mayoría de estos países y entre ellos España, gradualmente desde hace algunas décadas, se ha producido un cambio importante en la dieta. Asociado a una mayor capacidad económica, los alimentos proteicos de origen animal han substituido en gran manera a los vegetales. Este nuevo régimen alimenticio, además de ser más caro, está demostrado que causa efectos no deseados en el organismo (De la Cuadra *et al.*, 2000).

Por otra parte, el mercado actual de alimentos en los países desarrollados ha sufrido un cambio conceptual importante ya que demanda garantías y accesibilidad, a la vez que es sensible a la adquisición de productos de calidad. Esto está relacionado con un mayor poder adquisitivo de los consumidores y con el auge alcanzado por la gastronomía con lo cual, los consumidores más exigentes prefieren pagar más a cambio de productos de calidad organoléptica diferenciada (CIAT, 1997).

Tabla 1. Superficie, producción y rendimiento del cultivo de judía en el mundo en el año 2000. Por cada continente se incluyen las regiones más importantes según el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 2001) y los países mas productores de cada región (FAOSTAT, 2003).

CONTINENTE	Región	País	Superficies cosechadas (ha)	Producción (t)	Rendimiento (Kg/ha)
AMÉRICA LATINA Y CARIBE			7.973.737	5.388.681	676
	América central		2.784.315	1.543.205	554
		Méjico	2.234.936	1.157.769	518
	Andes		347.399	328.059	944
		Colombia	136.647	140.175	1.025
		Perú	98.300	112.500	1.144
	Caribe		136.550	84.242	617
		Haití	51.000	35.500	696
		Rep.Dominicana	40.000	29.940	748
	Cono Sur		4.705.473	3.433.175	730
		Argentina	273.000	315.000	1154
		Brasil	4.336.273	3.036.975	700
ÁFRICA			3.044.816	1.916.249	629
	África central		628.942	345.909	550
		Camerún	105.000	1000.000	952
		Rep. Dem. Congo	240.000	122.000	508
	África occidental		280.000	122.909	439
		Benin	115.000	77.518	674
		Togo	165.000	45.391	275
	África oriental		2.011.560	1.310.184	651
		Tanzania	360.000	255.000	708
		Ruanda	250.000	215.347	861
		Uganda	699.000	330.000	472
	África meridional		15.836	14.273	901
		Lesotho	11.636	9.273	797
	Magreb		19.750	12.490	632
		Marruecos	17.000	11.000	647
	Oriente próximo africano		16.928	38.480	2.273
		Egipto	9.800	25.000	2.551
		Sudán	6.800	12.500	1.838
	Sud-África		71.800	72.004	1.003
ASIA			14.734.972	9.395.291	637
	Asia meridional		10.133.339	4.583.600	452
		India	9.700.000	4.340.000	447
	Oriente próximo asiático		305.436	449.052	1.470
		Turquía	171.000	242.000	1.415
		Irán	116.081	182.913	1.575
	Sud-este asiático		3.209.006	2.858.963	891
		Miammar	1.700.000	1.228.830	723
	China		1.005.772	1.380.197	1.372
	Otros		81.419	123.479	1.516
		Japón	57.800	102.000	1.765
EUROPA			440.020	627.732	1.348
	Europa del este		189.747	255.844	1.348
		Polonia	22.777	44.317	1.945
		Rumania	40.000	40.000	1.000
		Rep. Fed. Yugoslavia	35.000	55.000	1.571
	Europa occidental		78.753	115.890	1.471
		Grecia	12.100	22.000	1.818
		Italia	10.471	21.845	2.086
		España	18.400	22.600	1.228
	Otros		171.520	255.998	1.492
		Bielo-rusia	115.000	180.000	1.565
OCEANIA			52.000	37.000	711
	Oceanía		52.000	37.000	711
		Australia	52.000	37.000	711
USA Y CANADA			784.000	1.473.000	1.878
TOTAL MUNDIAL			27.838.035	20.298.653	729

Entre estas nuevas tendencias de consumo, las legumbres, forman parte del grupo de alimentos incluidos en el concepto de “comida sana”, con lo cual, su prestigio aumenta y su presencia vuelve a tener importancia en nuestra alimentación. Entre las causas de esta revalorización se encuentra su aporte proteico y los estudios que avalan sus aspectos beneficiosos sobre la salud como por ejemplo:

- El descubrimiento de factores protectores de la mucosa intestinal ligados al consumo de éste tipo de granos (Comisión Europea, 2000).
- La relación de su ingesta con posibles efectos beneficiosos relacionados con enfermedades cardiovasculares (Kushi *et al.*, 1999) y diabetes (Bornet *et al.*, 1997).
- La relación de su consumo con la reducción de riesgos de padecimiento de enfermedades renales y del corazón (Anderson *et al.*, 1999).
- La prevención de diferentes tipos de cáncer (Hangen & Bennink, 2002).
- La existencia de compuestos fenólicos y polifenólicos (Mather, 2002; Mazza & Miniati, 2000) como la delphinidina y cianidina (compuestos antocianídicos) con elevada actividad antioxidante y antirradicales libres (Rice-Evans *et al.*, 1996), etc.

En Europa, donde las consideraciones sensoriales sobre las judías están más avanzadas, existen numerosas judías de prestigio relacionadas con platos tradicionales. Así podemos destacar las judías Ganxet, Santa Pau, Tolosana, Faba, Garrofó, Guernikesa, etc. en España, o Cocco Nano y Borlotto en Italia, o Tarbais, Mogex y Lingot en Francia, etc. Habitualmente se considera además, que cada una de estas variedades tradicionales expresa al máximo su potencial gastronómico en una zona de cultivo determinada.

2.2. La textura como factor fundamental en la calidad sensorial de la judía. Acidez y dulzor como factores complementarios

La aceptación de un alimento depende de diferentes factores como pueden ser los hábitos culturales, poder adquisitivo, historia local, etc., pero para la población que

normalmente no es consumidor habitual del producto uno de los factores predominantes en esta aceptación son las propiedades sensoriales como el color, aspecto, sabor, aroma y textura. Esta última propiedad, *la textura*, la podemos definir como “el producto de la combinación de diversas características físicas como aspereza, suavidad, viscosidad y granulosidad entre otras, relacionadas de forma compleja” (Roudot, 2004).

Como la textura es una propiedad física, se puede medir a partir de principios reológicos monitorizables instrumentalmente (TPA:Texture Profile Analysis) o por métodos sensoriales a través de paneles de cata compuestos por evaluadores entrenados. Hoy en día, se pueden establecer correlaciones entre datos sensoriales y físicos, que permiten obtener resultados fiables y acordes; algunos de estos métodos ya han sido utilizados en la judía (Anzaldúa-Morales *et al.*, 1996).

La textura, se puede considerar como el parámetro sensorial más importante para describir el valor organoléptico de la judía, ya que la judía grano en nuestro país se utiliza mayoritariamente como acompañamiento o cocinada con otros ingredientes que son los que le confieren el sabor y aroma final (Bosch *et al.*, 1998). En este sentido Carneiro *et al.* (2005) en sus estudios sobre siete variedades de judías producidas en el estado de Minas Gerais (Brasil) y 3 líneas puras, encuentran diferencias significativas ($p < 0,05$) en algunas características del grano de judía cocida, como ruptura de tegumento, dureza y granulosidad.

La textura está determinada por diversos factores entre los que se encuentran el remojo y la cocción. **El remojo**, proceso previo a la cocción y su influencia en la textura de la judía ha sido ampliamente estudiado (Burr *et al.*, 1968; Bay *et al.*, 1996; Elia *et al.*, 1997; Kigel, 1999). Su efecto depende del tipo de judía, estado de conservación, duración y concentración de sales en el agua de remojo. Por ejemplo, Aguirre-Terrazas *et al.*, (1992) indican que para la variedad Ojo de Cabra las condiciones requeridas para obtener judías cocidas con una textura satisfactoria son el remojo a 40-45 °C en una solución que contenga entre 600-800 ppm de CaCl_2 y una cocción de 30 minutos.

La textura junto con el tiempo de cocción conforman lo que se conoce como “Calidad de cocción” el cual es un atributo muy importante ya que determina el costo energético para la preparación de los alimentos (Shimelis & Rakshit, 2005), factor a considerar en

países en vías de desarrollo. **El tiempo de cocción** puede variar de acuerdo con la zona geográfica y los criterios de aceptabilidad de cada región, pero en regiones como el continente africano, donde el principal combustible es la madera, se convierte en un factor decisivo (Sperling *et al.*, 1996). El tiempo de cocción también se ve influenciado por las características del suelo y las condiciones climáticas de la zona de cultivo. Así, Paredes-López *et al.* (1989) encuentran que el tiempo de cocción es superior en judías cultivadas en suelos ricos en Ca y Mg y temperaturas ambiente de entre 15-24 °C si se comparan con otras cultivadas en suelos pobres en Ca y Mg y temperaturas ambiente de entre 11-18 °C. Stoyanova *et al.* (1997) también confirman esta premisa ya que encuentran que judías cultivadas en suelos ricos en Ca necesitaban un mayor tiempo de cocción que si los suelos eran pobres en este mineral.

Así mismo, Shimelis & Rakshit (2005) encuentran diferencias significativas en el tiempo de cocción, la dureza y la textura en ensayos realizados con ocho variedades de judías cultivadas en Etiopía. Otro factor a tener en cuenta en la textura de las judías además del tiempo, es **la temperatura** óptima a la que se realiza la cocción (80-95 °C), tal como concluye Anzaldúa-Morales (1996) en un estudio realizado con diversas variedades de judías cultivadas en Méjico.

La **acidez** y el **dulzor** también forman parte de las propiedades sensoriales de los diferentes alimentos. En este sentido el sabor dulce es el que más ha despertado atención entre los investigadores. Habitualmente consideramos al dulzor como una característica especial de los azúcares, lo que con frecuencia se olvida es que la mayor parte de los azúcares son mucho menos dulces que la sacarosa y que algunos no son dulces en absoluto. La determinación del dulzor de una sustancia es particularmente problemática, no existen instrumentos de laboratorio capaces de realizar esta medida, ni unidades arbitrarias de dulzor, por lo cual es necesario basarse en la lengua humana y confiar en que si promediamos las observaciones de un elevado número de lenguas, obtendremos un dato útil. Finalmente los datos obtenidos no se pueden expresar en unidades absolutas, sino en valores relativos a un estándar arbitrariamente elegido, habitualmente la sacarosa (Coultate, 1998).

Con la acidez de los alimentos ocurre algo similar, ya que esta suele expresarse en términos del ácido más representativo del alimento en cuestión. La acidez se ha

supuesto siempre que era característica de las disoluciones de pH bajo, pero parece que el H_3O^+ es mucho menos importante para el gusto que las formas no disociadas de los ácidos orgánicos presentes en los alimentos (Coultate, 1998).

2.3. Los componentes químicos determinantes de la textura, la acidez y el dulzor en la judía

En las leguminosas de grano los parámetros responsables de las diferencias de textura pueden ser componentes que se encuentran en la piel (fibra) o componentes del cotiledón como la cantidad y calidad del almidón y de otros glúcidos de reserva, o inclusive el contenido de ciertos elementos químicos como el Ca y otros minerales presentes en las paredes celulares (Cubero, 1983).

La piel o cubierta protectora, es muy pobre en agua y esta formada por fibras como celulosa, hemicelulosa y ligninas (Dupin, 1997). Por lo tanto, parece lógico que a más cantidad de fibra tengamos texturas más duras o una mayor apreciación de la piel por parte del consumidor. Pero, como la judía grano se consume cocida, esta dureza no se puede relacionar directamente con el contenido de fibra, ya que sus componentes sufren diversas transformaciones durante el proceso de remojo y cocción (Pujolá *et al.*, 2007)

Otros compuestos que pueden contribuir a esta mayor o menor dureza de la piel son las pectinas y el ácido fítico. Las pectinas se consideran como el principal factor causante de la agregación-separación de las células. Tal como se ha encontrado en las láminas medias, el grado de solubilización de éstas determina el grado de separación entre células. Esto es importante ya que la separación de las células producida durante el remojo y la cocción ablandan el tejido (Sefa-Dedh & Stanley, 1979). Por otra parte, el ácido fítico como agente quelante, acompleja el Ca y el Mg, lo que permite la solubilización de las pectinas (Casañas *et al.*, 1997).

Por lo que respecta a la influencia del cotiledón, hay pocos estudios que relacionen su composición química con la textura de la judía. Pujolà *et al.* (2004) encuentran correlación positiva entre el contenido de proteína y la cremosidad de la judía. Ramesh (2000) en estudios relacionados con la calidad del arroz, ha encontrando relaciones

positivas entre el contenido de amilosa y los valores instrumentales y sensoriales de dureza pero relaciones inversas con la viscosidad. En el mismo sentido, encuentra relaciones positivas entre amilosa y la viscosidad dinámica del engrudo de almidón, las características del engrudo de la harina de arroz y el equilibrio del contenido de humedad de los granos en remojo, la consistencia del gel de la harina y almidón y la aparente solubilidad del arroz cocido después del remojo. También ha estudiado la influencia del contenido de proteína en la textura del arroz, postulando que un contenido alto de proteínas en las capas externas provoca una reducción en la viscosidad del arroz una vez cocido y viceversa.

La evaluación sensorial ha demostrado inicialmente que arroces con contenidos superiores de proteína eran significativamente más duros que los arroces con menos proteína (Ramesh, 2000). Otros estudios en arroz, llevados a cabo por Martin *et al.* (2002) han encontrado que la proteína afecta al contenido de agua absorbida durante las primeras fases de cocción, de tal manera, que la disponibilidad de agua en estas fases iniciales, determina la hidratación de las proteínas y la concentración de las fases viscosa y dispersa del almidón, lo cual influye directamente sobre la textura final del arroz cocido. Una hipótesis propuesta por Ramesh (2000) postula que durante la cocción el componente principal de la proteína del arroz (oryzenina) y los gránulos de almidón se destruyen parcialmente, lo que permite ciertas interacciones irreversibles entre ellas que influyen en la viscosidad del arroz cocido.

Aunque no disponemos de estudios similares para el caso de la judía, podemos asumir como hipótesis que el efecto de los diferentes componentes sobre la textura no sería químicamente muy diferente. Por ello, parece importante conocer la variabilidad de los compuestos químicos que pueden afectar la textura final y sus causas en vista a comprender y promocionar combinaciones que originen texturas organolépticamente superiores.

Los azúcares solubles juegan un importante papel en las propiedades sensoriales de los productos vegetales, contribuyendo también a su valor nutritivo. En las judías verdes por ejemplo, esta fracción está constituida básicamente por monosacáridos (glucosa, fructosa) y disacáridos (sacarosa) (Sanchez-Mata *et al.*, 2002). La sacarosa, α -D-glucopiranosil-(1 \rightarrow 2)- β -D-fructofuranosa, es el azúcar de cocina o azúcar

comercial, procede de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera, pero abunda en la mayor parte de los vegetales y legumbres y especialmente en las frutas (Coultate, 1998). Un buen ejemplo de su abundancia en algunas leguminosas es que la sacarosa es el mayor azúcar de bajo peso molecular presente en los semillas de café verde (Knopp *et al.*, 2006).

Saini (1988) reporta un elevado nivel de sacarosa en soja (aproximadamente 60% de azúcares totales), lupinos y guisantes (40 % de azúcares solubles) en un estudio con diferentes tipos de legumbres en Australia. Egounlety & Aworh (2003) en un estudio realizado con dos variedades de soja y guisantes cultivadas en Nigeria reportan elevados contenidos de sacarosa en todas las variedades estudiadas, con valores especialmente elevados para la soja. Igualmente en otro ensayo con 20 variedades de soja cultivadas en Brasil, Trugo *et al.* (1995) estudian el contenido en azúcares digestibles y no digestibles, encontrando que los principales azúcares digestibles presentes en todas las variedades eran sacarosa y fructosa respectivamente.

Lattanzio *et al.* (1986) en un estudio con 15 variedades de habas verdes y secas cultivadas en Italia, encuentran un descenso en el contenido de sacarosa en todas las variedades a medida que la semilla aumenta su madurez y señalan a la sacarosa como el principal azúcar presente en la semillas secas.

La acidez es una característica poco tenida en cuenta en las leguminosas de grano. En la mayor parte de las frutas y zumos de frutas, la acidez deriva fundamentalmente del ácido cítrico y del ácido málico al igual que ocurre con la mayoría de las leguminosas (Coultate, 1998).

La cantidad de ácidos orgánicos varía considerablemente entre los alimentos y sus variedades, es influenciada por factores locales como el clima (Saccani *et al.*, 1995) y tiende a decrecer con el desarrollo del alimento (Primo, 1979). Los efectos de los ácidos orgánicos en el sabor de los alimentos se deben principalmente a sus efectos sobre la acidez de los tejidos y sobre la percepción del dulzor. De hecho, el contenido de ácidos orgánicos así como el de azúcares se utiliza frecuentemente como un indicador de la madurez de diversos alimentos (Primo, 1979; Kuti, 1992).

En la leguminosas en general, así como en diferentes tipos de vegetales y principalmente las frutas, la acidez suele expresarse como porcentaje de ácido málico o ácido cítrico ya que son estos los principales ácidos orgánicos presentes en este tipo de alimentos. Martínez *et al.* (1995) en un estudio realizado con dos variedades de judías verdes (*Phaseolus vulgaris* L) cultivadas en España determinan la acidez total de dichas variedades y la expresan como porcentaje de ácido málico.

González-Castro *et al.* (1997) determinan la cantidad de ácidos orgánicos presentes en diversas variedades de judías verdes (*Phaseolus vulgaris* L) cultivadas en España y reportan el ácido málico como el más abundante en todas las variedades estudiadas seguido por los ácidos oxálico y cítrico respectivamente. Verardo *et al.* (2002) en un estudio con extractos de tres diferentes semillas de café, determinan cuantitativamente el porcentaje de ácidos orgánicos presentes en dichos extractos y reportan a los ácidos málico y cítrico como muy representativos en los análisis realizados.

2.4. Influencia del ambiente en la composición química de la judía

La composición química de una leguminosa no solamente depende de la variedad o familia a la que pertenece sino también del ambiente (suelo, climatología, fertilización) donde haya sido cultivada. Estos efectos ambientales en la composición de diversas leguminosas son conocidos y ampliamente referenciados en diferentes estudios.

La influencia ambiental en el caso de la soja se encuentra descrita en diferentes trabajos como el de Canvin (1965) que detectó una fuerte influencia de la temperatura en la síntesis de proteína y grasa. Schuster & Posselt (1977) estudiaron los efectos ambientales anuales, de localidad y fertilización, encontrando diferencias significativas en todos los casos.

Valdebouze (1977), estudió la actividad de los inhibidores de tripsina (TI) en altramuces, guisantes y habas, observando la influencia de la concentración de Ca en la actividad de los inhibidores, de tal manera, que la inhibición era menor al disminuir la concentración de Ca.

Para Brevendan *et al.* (1977), la influencia del abonado nitrogenado sobre la soja es múltiple ya que a más N se observa un incremento de la producción por aumento del número de semillas y a la vez un aumento de los niveles de N y NO₃ en los tejidos y un descenso en los niveles de carbohidratos totales.

Williams & Mc Gibbon (1980 a,b) estudiaron los efectos de la temperatura, intensidad lumínica y aporte nitrogenado sobre el contenido y composición de ácidos grasos en *Lupinus albus* observando que altas temperaturas promedio (20 °C) incrementan el porcentaje de ácido oléico y disminuyen el de linoléico. Además, producen una disminución del contenido total de ácidos grasos, aumentando su grado de saturación.

En el caso concreto de la judía también hay diversos estudios que corroboran estos efectos ambientales. Experimentos de campo han demostrado que el valor nutricional, la presencia de componentes antinutricionales, el valor organoléptico o las aptitudes para procesar y envasar, se ven afectados tanto por el lugar de cultivo como por el germoplasma (Escribano *et al.*, 1997; Casañas *et al.*, 1998; Balasubramanian *et al.*, 1999; Kigel, 1999; Sanz & Atienza, 1999; Santalla *et al.*, 2001). En muchos de estos estudios se relaciona los efectos ambientales con parámetros de calidad nutricional y culinarios.

Hosfield *et al.* (1984) encontraron que **la temperatura** en la zona de cultivo influye en el contenido de proteína, el peso de la semilla después del remojo y el contenido de agua en judías negras tropicales. Temperaturas muy elevadas, asociadas a escasez de agua producían un descenso en el contenido de proteína. Shellie (1991) y Hosfield (1991) observaron que las judías que crecían en localidades más secas y cálidas absorbían más agua durante el remojo y cocción que las que habían crecido en localidades más húmedas y frescas, existiendo diferencias significativas entre localidades y tiempos de cocción.

La temperatura ambiental y algunas **características edafológicas** fueron estudiadas por Paredes *et al.* (1989), encontrando que las judías que crecen en localidades con temperaturas medias anuales entre 15-24 °C y suelos ricos en Ca y Mg son más duras y necesitan más tiempo de cocción que aquellas que crecen en zonas con temperaturas inferiores (11-18 °C) y suelos pobres en Ca y Mg. Stoyanova *et al.* (1997) comprobaron

que en Bulgaria, las judías producidas en suelos ricos en Ca necesitan un tiempo de cocción superior que las producidas en zonas pobres en Ca. El mismo estudio encuentra que aplicaciones de Zn en suelos pobres en este elemento reducen el tiempo de cocción y el porcentaje de piel.

El estrés hídrico es otro factor que ha sido estudiado en cultivos de judía, así, Mwandemele *et al.* (1990) concluyen que las semillas procedentes de plantas que han padecido estrés hídrico presentan un tiempo de cocción inferior, mientras que Pasin *et al.* (1991) comprobaron que este mismo efecto durante el desarrollo del grano de judía reduce el contenido de almidón e incrementa el azúcar soluble pero no afecta al contenido de proteína y aminoácidos.

Elia *et al.* (1997) encuentran una interacción genotipo x localidad significativa en el contenido de proteína de la judía. Escribano *et al.* (1997), señalan a la cantidad de lluvia y la temperatura del lugar de cultivo como los principales responsables de la variación del volumen de la semilla, la textura, el porcentaje de fibra bruta y no cruda y el porcentaje de almidón.

El efecto lluvia también se pone de manifiesto en el estudio de Stamboliev *et al.* (1995). Lluvias abundantes durante el cultivo se podían asociar a judías con menor porcentaje de piel y menor tiempo de cocción, sugiriendo que la lluvia afecta el tiempo de cocción por los cambios que se producen en la permeabilidad de la piel. Piergiovanni & Pignone (2003) sugieren una posible influencia de la lluvia y la temperatura ambiente en la expresión de inhibidores de tripsina (TI) durante algunas fases del desarrollo de las judías aunque estas respuestas varían según el genotipo.

Las condiciones de riego y el contenido mineral del suelo son factores que pueden afectar a la composición química de la judía. Shehata *et al.* (1988) comprueban que el riego con soluciones de CaCl_2 produce judías más duras y con un menor coeficiente de hidratación, mientras que las judías en las que se aplican soluciones de riego con NaCl o MgCl_2 no sufren estos efectos. El estudio concluye que el contenido de metales del suelo afecta a las propiedades de cocción ya que produce cambios en propiedades funcionales en elementos constituyentes de los granos como la fibra.

Otros investigadores han sugerido que la calidad culinaria de las leguminosas de grano podía estar asociada con los cationes divalentes existentes en el suelo (Hatwin & Chanellor, 1978). Por otro lado, Lott *et al.* (1995) encuentran que elevados niveles de P en el suelo incrementan el contenido de fitatos.

Baraka *et al.* (1984) observaron que la aplicación de diversos **abonos** foliares en plantas de haba, incrementaba la producción pero no producía efectos significativos sobre características de calidad culinaria.

Por último, El-Mubarak *et al.* (1998) comprobaron que **la época de recolección** era un factor determinante en la composición química y facilidad de cocción de las habas.

Del conjunto de estos estudios se desprende que existe un fuerte efecto ambiental sobre la composición química de las legumbres y las cualidades derivadas de esta. A pesar de ello la comprensión exacta de las causas y los mecanismos mediante los que se manifiestan se ignoran en gran medida y nos movemos todavía en un terreno fundamentalmente descriptivo.

2.5. Influencia genética en la composición química de la judía

Se ha detectado variabilidad genética para múltiples componentes químicos de la semilla de judía. De hecho, la variabilidad molecular de las proteínas de reserva (faseolinas) se ha utilizado como herramienta para identificar el origen geográfico de las distintas variedades de judía (Gepts & Bliss, 1985; Gepts & Bliss, 1986; De Ron *et al.*, 2006).

Las judías comunes presentan una considerable variación en la pigmentación de la piel (Fig. 1), la cual está determinada por la presencia de compuestos polifenólicos, siendo los principales compuestos de la piel los flavonoides, específicamente glicósidos, taninos y antocianinos (Takeoka *et al.*, 1997; Beninger *et al.*, 1998; Beninger & Hosfield, 1999). Madhujith & Shahidi (2005) encuentran diferencias en la actividad antioxidativa entre judías blancas y judías coloreadas. Oomah *et al.* (2005) hallan diferencias estadísticamente significativas en el contenido de compuestos fenólicos y

actividad antioxidante y antirradical en seis variedades diferentes de judías y señalan al factor genético como el principal responsable en la variación de dichos compuestos.



Figura 1. Razas de judía de los dos grupos genéticos Mesoamericano y Andino. Fuente: <<http://agronomy.ucdavis.edu/gepts/races2.jpg>> (accesed September 21, 2005).

Beninger & Hosfield (1998) encuentran que el **contenido proteico** es inferior en las judías blancas que en las judías de color. También resultó significativamente diferente entre dos variedades de judías negras utilizadas en la elaboración de tofu (Shih *et al.*, 2002). Sunday (2002) encuentra diferencias significativas en el contenido de proteína, polifenoles y ácido fítico en tres variedades diferentes de judías cultivadas en Nigeria. Guzmán *et al.* (2000) encuentran diferencias significativas en el contenido de proteína en diferentes variedades de judías silvestres en los estados de Jalisco y Durango (Méjico).

Los **inhibidores de proteasas** han sido asociados con cáncer pancreático en estudios con animales, aunque se ha observado que pueden actuar como agentes

anticancerígenos (Hathcock, 1991). Estudios con animales, cultivos celulares *in vitro* y datos epidemiológicos, muestran bajas tasas de mortalidad por cáncer en poblaciones humanas con alta ingesta de inhibidores de proteasas. Se ha observado *in vitro*, que los inhibidores de proteasas pueden suprimir la transformación maligna de células inducidas por diferentes tipos de agentes cancerígenos (Clemente & Domony, 2001).

Existen evidencias del papel de los **inhibidores de tripsina** como factores reductores del riesgo de aparición de cáncer (Champ, 2002; Lajolo *et al.*, 2004). Piergiovanni & Pignone (2003) estudiaron el nivel de inhibidores de tripsina en 21 genotipos de judías cultivadas en el sur de Italia y encontraron diferencias significativas entre ellas. Sunday (2002) encuentra diferencias significativas en niveles de inhibidores de tripsina en tres variedades diferentes de soja cultivadas en Nigeria.

En lo referente al **contenido mineral** de las judías, Moraghan & Grafton (2001) encuentran diferencias en el contenido de Ca, Mg, B, Fe, K, Mn, N, P y Zn en ocho variedades de judías cultivadas en los Estados Unidos y relacionan las diferencias de contenido de Ca con el tamaño de la semilla principalmente. Wu *et al.* (2005) encontraron diferencias significativas en el contenido de Ca, Na, Fe y Mg en al menos dos de tres variedades seleccionadas de judías Red Kidney.

El contenido mineral y de cenizas de las judías varía de forma significativa entre diferentes variedades (USDA 2001). Guzmán *et al.* (2000) encuentran diferencias significativas en el contenido de proteína, Ca, Fe y Zn así como en los contenidos de determinados aminoácidos esenciales (leucina y valina) en diferentes variedades de judías silvestres en los estados de Jalisco y Durango (Méjico).

Burbano *et al.* (1999) encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido total de **oligosacaridos** de la familia de la rafinosa, saponinas y lectinas en 8 tipos varietales de judías cultivadas en zonas ambientalmente diferenciadas (Castilla-León y País Vasco) de España.

Santalla *et al.* (2004) al estudiar 31 variedades diferentes de judías en la Península Ibérica encuentran diferencias a nivel de propiedades nutricionales y percepción culinaria de las semillas, la cual relacionan con el porcentaje de piel y contenido de

almidón. Escribano *et al.* (1997) encontraron también diferencias significativas en la textura, porcentaje de fibra cruda, almidón, piel y azúcares totales en diferentes variedades de judías cultivadas en España.

La variabilidad genética a nivel químico también se ha detectado indirectamente al hallar variabilidad en caracteres como la **resistencia a la compresión** estudiado por Bay *et al.* (1996) en tres variedades de judías cultivadas en Estados Unidos, o la **digestibilidad del almidón** (Osorio *et al.*, 2003), o **capacidad de absorción de agua y cocción** (Jacinto *et al.*, 2002).

En resumen, la variabilidad genética en la composición química se revela como sumamente importante, siendo notoria en algunos de los componentes que presumiblemente afectan a la textura (fibra, proteína, almidón). Ello ofrece expectativas a la selección de genotipos superiores desde el punto de vista sensorial.

2.6. La interacción genotipo x ambiente y sus repercusiones prácticas

Con el objeto de proteger variedades de calidad organoléptica superior asociadas con regiones específicas de cultivo y de especialidades gastronómicas tradicionales, la Comisión Europea promueve las denominaciones de origen protegido (DOP) con la aprobación de los reglamentos CE 509/2006 y CE 510/2006.

La delimitación de denominaciones geográficas asociadas a variedades y características nutritivas y sensoriales de las judías (*Phaseolus vulgaris* L.) parece ventajosa tanto para el productor como para el consumidor. Además, estas denominaciones de origen suelen ir asociadas a variedades tradicionales formando el binomio “zona de cultivo-variedad”. Sin embargo, el intento de potenciar variedades tradicionales de judía, amparándose en supuestas características nutricionales y organolépticas superiores, deberá a corto plazo documentarse mediante estudios que clarifiquen el mercado y ofrezcan al consumidor garantías sobre el producto consumido (Casañas *et al.*, 2003). En este contexto parece evidente la necesidad de determinar en que medida las características excepcionales de un producto son debidas a efectos genéticos, efectos ambientales y efectos de interacción entre ambos. Ello permitirá facilitar al consumidor

razones objetivas para diferenciar las judías ofrecidas por el mercado, hecho que sin duda beneficiaría a los productos de calidad.

La interacción genotipo x ambiente (GxA) surge cuando una variación ambiental tiene distinto efecto sobre genotipos diferentes, o dicho de otro modo, cuando un mismo genotipo responde no linealmente en diversos ambientes. En otras palabras, se dice que existe interacción GxA cuando no se puede asociar una desviación producida por un ambiente específico a una variable dada sin tener en cuenta el genotipo sobre el cual aquella actúa (Romagosa & Fox, 1993). Fox *et al.* (1997) definen la interacción GxA como la expresión genotípica diferencial a través de los ambientes. La complejidad biológica de la interacción GxA ha sido puesta de manifiesto en numerosos trabajos (Baker, 1971; Romagosa *et al.*, 1993).

Oomah *et al.* (2005) reportan una fuerte interacción genotipo x ambiente en el contenido de compuestos fenólicos y actividades antioxidante y antirradicales en seis variedades diferentes de judías. Moraghan & Grafton (2001) en un estudio con ocho variedades de judías cultivadas en los Estados Unidos encuentran una importante interacción genotipo x ambiente en el contenido de algunos minerales como Ca, Fe, K, Mn, N, P y Zn. De este mismo modo Piergiovanni & Pignone (2003) hallan interacción genotipo x ambiente en el estudio de inhibidores de tripsina en 21 genotipos de judías cultivadas en el sur de Italia. Santalla *et al.* (2004) al estudiar 31 variedades diferentes de judías en la Península Ibérica encuentran importantes interacciones genotipo x ambiente a nivel de propiedades agronómicas. Elia *et al.* (1997) encuentran una significativa interacción genotipo x localidad en el contenido de proteína de la judía en una larga temporada de lluvia. Burbano *et al.* (1999) reportan importantes interacciones genotipo x ambiente en el contenido total de oligosacáridos de la familia de la rafinosa, saponinas y lectinas en 8 tipos varietales de judías cultivadas en zonas ambientalmente diferenciadas (Castilla-León y País Vasco) de España. De Lange & Labuschagne (2000) encuentran interacciones genotipo x ambiente significativas en diferentes características del grano de judía como contenido de proteína, tamaño del grano, aspecto visual, textura y producción, en seis variedades de judías blancas pequeñas cultivadas en 11 localidades diferentes en Sudáfrica.

En caso de manifestarse de modo importante y positivo, las interacciones genotipo x ambiente son elementos clave para justificar las Denominaciones de Origen Protegido, donde se conjugan por definición los efectos de ciertas variedades con ambientes particulares.

2.7. Denominaciones de origen protegido en judía: documentación de solicitudes

La Denominación de origen Protegida (DOP) de un producto agroalimentario es la denominación geográfica de una región o de una localidad que sirve para designar un producto agrícola o alimentario producido en el lugar en cuestión, la calidad o características del cual son debidas exclusivamente (o en esencia) a la combinación del medio geográfico donde se produce (comprendiendo los factores naturales y los factores humanos) con las características intrínsecas del producto. La producción, transformación y elaboración del producto deben realizarse en la zona geográfica delimitada, con unos conocimientos específicos reconocidos y comprobados.

De todas las variedades tradicionales cultivadas y consumidas en España destacan la Denominación Específica “Faba Asturiana” con IGP (Indicación Geográfica Protegida), la IGP “Judías del Barco de Ávila” que admite las variedades “Blanca redonda”, “Blanca Riñón”, “Morada larga”, “Morada Redonda”, “Arrocina”, “Planchada” y “Judión del Barco”. También debemos destacar otras zonas que no disfrutaban de DOP o IGP, pero de reconocido interés como las “Judías de la Bañeza” donde se cultivan las variedades “Redonda”, “Manteca” y “Riñón” (Juste, 1992), así como la “Tolosana”, “Guernikesa” y “Pinto Alavesa” (muy apreciadas en el País Vasco). “Tronquet” es la variedad representativa de Valencia y en Galicia a parte de algunas de las judías ya mencionadas también destacan “Gallega de Carballo”, “Garbanzo” y “Pinta” (Rodrigo, 2000).

En Catalunya existen diversos tipos varietales tradicionales apreciados por su calidad, de los cuales la judía Ganxet es la que tiene una importancia económica más significativa (Sánchez, 2003), aunque también hay que destacar las judías de Santa Pau o las de Castellfollit del Boix y otras como Genoll de Crist, Floreta, Fesol de sastre y Bitxo.

La revalorización actual de estas variedades, no solo evita la erosión física, social y cultural, aspecto reconocido en el Plan de Acción Mundial, sino que además es una forma de conservación *in situ* de recursos fitogenéticos de interés para la agricultura y la alimentación (Gómez, 1995; Hernández, 1999; De la Cuadra *et al.*, 2000).

Es evidente que en el mercado actual con un grado elevado de exigencia y una buena disposición para invertir en productos de valor sensorial superior, la delimitación objetiva de denominaciones de origen donde las condiciones lo permitan, favorece tanto al productor como al consumidor. Como se ha comentado en Catalunya existen diversas variedades que gozan de prestigio y que quizás podrían, asociadas a zonas determinadas de cultivo, constituir parte de nuevas DOPs. Sin embargo, para avanzar en este sentido es fundamental conocer en que medida las variedades “per se”, el ambiente y la interacción de ambos permiten delimitar productos diferentes. Ya que en la base de las diferencias sensoriales se encuentran diferencias químicas, una primera aproximación sería ver en que medida ambientes, genotipos e interacciones, generan diferencias y de que magnitud son estas diferencias considerando los entornos potencialmente aptos para el cultivo de judía en Catalunya.

3. OBJETIVOS

En este contexto los objetivos que se propone la presente tesis son:

3.1. Determinar en que medida las condiciones ambientales (edafológicas y climáticas) influyen en el contenido de compuestos químicos presuntamente relacionados con el valor sensorial de la judía grano (proteína, almidón, amilosa, amilopectina, sacarosa, ácido málico y ácido cítrico).

3.2. Determinar si existen diferencias genéticas importantes entre variedades tradicionales catalanas y testigos respecto a las mismas moléculas

3.3. Determinar si los efectos ambientales son lineales o dependen de la variedad.

3.4. Valorar la utilización de los resultados obtenidos para la delimitación de Denominaciones de Origen Protegido referentes a variedades y zonas catalanas de cultivo de judía.

4. MATERIAL Y METODOS

4.1. Material Vegetal Utilizado

La judía (familia: Fabaceae; género: *Phaseolus*) seguramente es la legumbre más valorada en España en la actualidad desde un punto de vista gastronómico. La existencia de variedades locales, tradicionales o de renombre ha provocado que se soliciten sistemas de apreciación y protección asociados a productos de excelente calidad. En Catalunya persisten una decena de tipos varietales tradicionales (Ganxet, Tavella Brisa, Sastre, Castellfollit del Boix, Carai, Genoll de Crist, Bermà, Bastò, Bitxo, Confit, Floreta, Fartetes, Perleta, etc.) para consumo en grano, que todavía disfrutan de estima popular.

En este estudio se utilizaron los tipos varietales tradicionales catalanes de judía (Ganxet, Tavella Brisa, Genoll de Crist y Castellfollit del Boix) que se consideraron con más posibilidades de convertirse en el material vegetal principal de futuras denominaciones de origen. Así mismo, para poder referenciar los resultados a nivel internacional, se utilizaron variedades tradicionales españolas de prestigio (Faba Asturiana) o variedades de importancia mundial (White Kidney, Canela y Navy), ampliamente conocidas.

4.1.1. Tipo varietal Ganxet. Variedad Montcau

La judía Ganxet o “del Ganxet” es un tipo varietal perteneciente al grupo génico Mesoamericano (Sánchez, 2003). La siembra se hace a principios o mediados de Julio, habitualmente después del cereal y se cosecha en el mes de noviembre, con un ciclo de unos 120 días. El sistema de cultivo es en regadío, tutorado con mallas o cañas, ya que presenta hábito de crecimiento indeterminado. Se considera como una judía tardía con hábito de crecimiento de tipo IV (Voysesst & Dessert, 1991; Voysesst, 2000; IPGRI, 2001).

La judía Ganxet es fácilmente reconocible por la forma ganchuda de su semilla (Fig. 2) incluso después de ser cocida. Se trata de una judía de aprovechamiento en grano, de

semilla de peso medio (49 g/100 semillas), color blanco y fuertemente arriñonada. Es una variedad apreciada por sus características organolépticas a causa de su sabor suave, baja percepción de la piel y textura mantecosa (Casañas *et al.*, 1997, 1998).



Figura 2. Judías Ganxet.

La judía Ganxet, se cultiva principalmente en las comarcas de La Selva, Vallès Oriental, Maresme y Vallès Occidental (Fig. 3), pero es en la comarca del Vallès donde su cultivo es más importante debido a las características del clima (DARP, 1992). En general, el cultivo de esta judía es un complemento a las actividades ganaderas de los productores, aunque hay una minoría de ellos para quienes dicho cultivo representa una parte importante de sus ingresos ya que alcanza precios de venta elevados (alrededor de los 10 €/Kg.). Como la producción en general es pequeña, su comercialización carece de canales de distribución y normalmente se realiza a través de mercados o directamente a particulares. Si la producción es más elevada entonces su venta se canaliza a través de mayoristas o directamente al sector de consumo como son los restaurantes de la zona de producción (Baldi, 1997).



Figura 3. Zona de distribución actual del cultivo de judía Ganxet. Destacan las comarcas de La Selva, Vallès Oriental, Maresme y Vallès Occidental, principalmente.

El auge económico alcanzado últimamente por esta judía ha generado una dinámica que puede inducir a la utilización de materiales probablemente no Ganxet o mezclados, todo ello aprovechando que no existen controles que certifiquen la autenticidad del producto.

4.1.2. Tipo varietal Tavella Brisa (Santa Pau)

Las judías Tavella Brisa, son un tipo varietal que se incluiría dentro de la clase comercial Navy. Estas judías secas, conocidas como “fesols” en la zona de cultivo (zona de Santa Pau, comarca de la Garrotxa, Girona) pertenecen al grupo génico mesoamericano (Sánchez *et al.*, 2007). Se caracterizan por tener un color blanquecino, ser lisas, ovaladas y de pequeño tamaño (26 g/100 semillas) (Fig. 4).



Figura 4. Judías de Santa Pau “Tavella Brisa”.

El nombre de Tavella Brisa tiene su origen en la similitud del color violáceo, que adquieren las vainas antes de la maduración, con el color de la brisa de la uva (Fig 5).



Figura 5. Color brisado de la Tavella Brisa.

Su crecimiento es bastante indefinido, probablemente entre tipo II y III (Voysest, 2000). A pesar de que hasta los años 60 se cultivaba asociada a maíz, en la actualidad se cultiva sola y sin tutorar, lo que ahorra costes de producción. Este hecho ha propiciado una selección del material hacia formas más rastreras, con una tendencia a la concentración de las vainas hacia la base de la planta, pero de ninguna manera de crecimiento determinado (Voysest, 2000), ya que la Tavella Brisa sigue trepando si tiene un soporte donde hacerlo.

Los agricultores dicen que la Tavella Brisa soporta peor el calor que las variedades Navy mejoradas. Las ventajas que presenta esta variedad autóctona son pocas pero de mucho peso: Su sabor superior, defendido por los productores y consumidores de la zona y el atractivo de ser una variedad autóctona con tradición de cultivo y asociada a numerosos platos típicos de la gastronomía local (la denominada cocina volcánica). Desde el punto de vista agronómico presenta características favorables, como el de garantizar unos rendimientos mínimos mediante su producción continuada y extendida a los últimos estadios del cultivo (era capaz de aprovechar las lluvias tardías pues se cultiva en seco).

Actualmente el cultivo de la Tavella Brisa se encuentra en fuerte regresión, cultivándose tan solo testimonialmente entre algunos agricultores y para consumo propio. Esta judía alcanza valores en el mercado de hasta 7 €/Kg y según sus consumidores es una judía muy mantecosa. Los estudios de variabilidad genética entre las pocas poblaciones que subsisten muestran una gran variabilidad dentro de población, pero con pocas diferencias entre poblaciones (Sánchez *et al.*, 2007). Ello se explica por la tendencia al intercambio de semillas y mezclas que se produce entre los agricultores de la zona.

4.1.3. Genoll de Crist

Estas judías pertenecen al grupo génico andino (Sánchez *et al.*, 2007). Se caracterizan por ser de color blanco y tamaño medio (68 g/100 semillas), redondeadas y poseer en parte de su superficie una cubierta con manchas de colores vinosos sobre fondo claro (Fig. 6). En otras zonas de España (La Rioja, Aragón, León) también existen judías parecidas con nombres como Caparrón de la Virgen, el Manto de la Virgen o del Pilar entre otros.



Figura 6. Judías del Genoll de Crist.

Es una planta de crecimiento indeterminado con una producción relativamente elevada. En Catalunya es un tipo de judía bastante apreciada, se cultiva en la zona del Vallès Oriental, Vallès Occidental y Maresme, y alcanza valores en el mercado de hasta 6 €/Kg.

Es una judía que se destaca por su fuerte sabor siendo especialmente adecuada para la preparación de potajes.

4.1.4. Tipo varietal *Castellfollit del Boix*

Estas judías pertenecen al grupo génico mesoamericano (Sánchez *et al.*, 2007). Son de color blanco, mas o menos arriñonadas, bastante aplanadas y de medida media-pequeña (34 g/100 semillas) (Fig 7). La piel es fina y lisa. Morfológicamente, esta judía pertenecería a la clase comercial Great Northern (Santalla *et al.*, 2001).



Figura 7. Judías de Castellfollit del Boix.

Su historia es parecida a la de Tavella Brisa, en el sentido de que siendo una planta de crecimiento tipo III (trepadora) se cultiva actualmente sin ningún tipo de tutor. La zona de cultivo de esta judía se limita al término municipal de Castellfollit del Boix (comarca del Bages, provincia de Barcelona) y cercanías, por lo cual su producción es muy limitada. La zona de cultivo es en terrenos altos (700 m), limosos y ricos en Ca y puede alcanzar valores en el mercado de 4 a 6 €/Kg. Se siembran en seco en primavera y la cosecha se efectúa a mediados de verano. Son apreciadas debido a que poseen una textura fina, consistente y homogénea, poco harinosa y firme. Como en el caso de Tavella Brisa existe variabilidad genética dentro de poblaciones y bastante similitud entre ellas (Sánchez *et al.*, 2007).

4.1.5. White Kidney

Las judías tipo White Kidney pertenecen al grupo génico andino (De Ron *et al.*, 2006). Son originarias de la zona de Perú, presentan una forma alargada y redondeada, de medida grande (55 g/100 semillas), ovalada con forma de riñón y una coloración blanca (Fig. 8).



Figura 8. Judías White Kidney.

Es una planta de crecimiento determinado con una producción relativamente elevada. Su cultivo, fácilmente mecanizable, se realiza en extensas zonas a nivel mundial, aunque es en Norte América y Argentina donde su cultivo es más importante. Conocida en España con el nombre de Blanca Riñón es una de las judías secas más consumidas. Su precio en el mercado se halla alrededor de los 4 €/Kg.

4.1.6. Faba Asturiana (Andecha)

La **Faba Asturiana** está amparada por una Denominación Específica desde 1989. La zona de producción de las judías secas amparadas con la Denominación Específica **Faba Asturiana** o **Fabas de Asturias**, está constituida por los terrenos ubicados en el territorio de la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias que el Consejo Regulador considere aptos para la producción de judías secas de la variedad tradicionalmente cultivada en la zona y conocida con el nombre de Granja Asturiana.



Figura 9. Judías Andecha.

La judías Faba Granja Asturiana pertenecen al grupo génico andino (De Ron *et al.*, 2006). Se caracterizan por tener un grano oblongo, largo y algo aplanado, blanco, con una longitud mínima de 18 mm, anchura máxima de 11.5 mm, grosor máximo de 8.5 mm y medida grande (112 g/100 semillas) (Fig. 9). Presenta un tallo de crecimiento indeterminado y entrenudos largos, produciendo vainas color verde, lisas y de perfil alargado. También se caracteriza por su maduración tardía.

La zona principal de producción es la amparada por la Denominación Específica en Asturias, aunque también se cultiva en zonas de Galicia fronterizas con Asturias. Se trata de un producto muy apreciado (especialmente en la presentación “Fabada”), que alcanza precios en el mercado de hasta 18 €/Kg.

4.1.7. Canela

La judías Canela pertenecen al grupo génico andino (De Ron *et al.*, 2006). Es una judía alargada y ovalada, de color canela uniforme, semillena y de tamaño medio-grande (68 g/100 semillas) (Fig.10).



Figura 10. Judías Canela.

La planta tiene crecimiento determinado. La zona de cultivo de esta judía en España se encuentra sobre todo en León, Orense y Zamora. En Catalunya su precio está alrededor de los 5 €/Kg.

Es una judía muy apreciada por su sabor y debido a su cultivo diversificado es bastante conocida y apreciada en todo el estado español. La más apreciada parece ser la procedente de Zamora.

4.1.8. Navy

Las judías de la clase comercial Navy pertenecen al grupo génico mesoamericano (De Ron *et al.*, 2006). Se caracterizan por ser judías blancas y de medida pequeña (23 g/100 semillas) (Fig.11). Su nombre se debe al extendido uso que se hizo de ellas para alimentar a los integrantes de los buques de la marina norteamericana a finales del siglo XIX.



Figura 11. Judías Navy.

Existe evidencia que dentro del tipo varietal hay una variabilidad genética muy importante (Skcroch *et al.*, 1998; Métais *et al.*, 2000; Galván *et al.*, 2001), detectando hasta 11 tipos diferentes de judía Navy (Graham *et al.*, 1994). Consecuentemente, existen diferencias en los caracteres agronómicos, como pueden ser: diferencias en la forma de la planta, en la producción y en los días de recolección y grado de color de la vaina.

Este tipo de judía de crecimiento determinado, cultivado ampliamente en todo el mundo se produce en grandes cantidades y existen numerosas variedades mejoradas genéticamente y en las cuales se han introducido caracteres de resistencia a enfermedades. Es una judía muy apreciada en Inglaterra, Estados Unidos y Canadá principalmente, pero es en los Estados Unidos donde se produce de forma más extensiva y se encuentra entre uno de los principales productos de exportación principalmente a países de centro América y Europa. En Catalunya se cultiva principalmente en la zona de la Garrotxa (provincia de Gerona) como alternativa a la variedad tradicional Tavella Brisa, pues su crecimiento determinado (tipo I) facilita la mecanización del cultivo.

4.2. Localidades de Experimentación

Se eligieron cinco localidades de experimentación (Fig. 12) considerando que tuvieran una reconocida tradición de cultivo de judía y que existieran marcadas diferencias ambientales entre ellas.

Las judías se cultivaron en cinco comarcas de Catalunya (España) diferentes : La Garrotxa (Santa Pau), Vallès Occidental (Castellar del Vallès), Vallès Oriental (La Roca), El Maresme (Dosrius) y El Baix Llobregat (El Prat de Llobregat).



Figura 12. Ubicación de las zonas de ensayo.

4.2.1. La Garrotxa (Santa Pau)

La comarca de la Garrotxa (Girona) (Fig. 12) esta situada al extremo oriental de los Pirineos, tiene una extensión de 735 Km², con una altura promedio de 600 m y una zona volcánica extinguida que le confiere condiciones particulares.

El clima de gran parte de la zona volcánica es mediterráneo de montaña húmedo, caracterizado por una abundante pluviometría, incluso en verano, pero con una moderada influencia mediterránea. En cambio, en la cubeta olotina, predomina un clima de tipo atlántico, donde las precipitaciones suelen superar los 1.000 mm/año y llegan a 1.200 mm en los puntos más elevados.

La temperatura media anual es de 12,4 °C en Olot. En verano, las temperaturas diurnas pueden superar los 30 °C mientras que las noches son frescas y agradables. El riesgo de heladas se extiende desde Octubre a Mayo y llega a unos 112 días en los fondos de los valles a causa de la existencia del fenómeno de la inversión térmica.

4.2.1.1. Características de suelo y cultivo

El cultivo se realiza en secano, debido a que la zona presenta precipitaciones más o menos continuas durante la primavera-verano. En las variedades que lo precisaban se efectuó un tutorado mediante cañas de unos 230 cm, dispuestas en grupos de 4 (Fig. 13).

El suelo del campo de experimentación es ligeramente alcalino, con textura franco arenosa y elevada capacidad de intercambio catiónico. Tiene un contenido de nutrientes entre alto y excesivo como ocurre con el K (Tabla 2).



Figura 13. Campo de cultivo en la zona de Santa Pau (Garrotxa). Se observa el tutorado con caña de algunas variedades trepadoras.

Tabla 2. Características del suelo en la localidad de la Garrotxa

Clase Textural	pH	Intercambio						Materia orgánica oxidable %	Carbonato cálcico equivalente
		Catiónico meq/100g	N-NO ₃ mg.Kg ⁻¹	Fósforo mg.Kg ⁻¹	Potasio mg.Kg ⁻¹	Magnesio mg.Kg ⁻¹	Calcio mg.Kg ⁻¹		
Franco Arenosa	7.6	26.3	43	55	> 600	466	4703	4.4	< 4
			Alto	Muy alto	Excesivo	Muy alto	Alto	Muy alto	inapreciable

4.2.1.2. Condiciones climáticas

En lo referente a las condiciones climáticas (Tabla 3) para los dos años que comprendió el estudio, podemos destacar que el año 2003 fue mucho más caluroso que el 2002, presentando temperaturas medias y máximas más elevadas. Además fue un año mucho más seco, ya que las precipitaciones durante los meses de desarrollo de las plantas, aunque no variaron mucho en número (48-53 días), si fueron menos intensas.

Tabla 3. Características climáticas en la Garrotxa durante la época de cultivo (2002-2003).

MES	Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Nov/bre	
AÑO	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
T° MEDIA (°C)	21.6	23.6	22.3	23.5	20.8	24.9	18.2	17.9	15.5	12.4	10.6	9.7
MEDIA DE T° MAX. °C	27.7	32.2	28.3	31.8	26.9	34.2	24.6	24.9	22.0	18.2	17.2	17.3
MEDIA DE T° MIN.°C	14.8	15.7	16.9	16.3	15.5	16.8	12.7	12.5	9.9	7.7	5.1	4.6
LLUVIAS (mm)	122.8	77.2	97.4	50.2	205.2	164.4	139.0	110.2	73.6	257.2	45.6	55.6
DIAS DE LLUVIA	6	7	7	10	18	9	11	14	6	13	9	10
HR MEDIA	75	70	77	74	84	65	85	86	86	78	82	83

4.2.2. Vallès Occidental (Castellar del Vallès)

La comarca del Vallès Occidental (Barcelona) (Fig. 12) limita al Norte con el Bages, al Nor-Este con el Vallès Oriental, al Oeste con el Baix Llobregat y al Sur con el Barcelonés. El Norte de la comarca está ocupado por diversas montañas de la Serralada prelitoral y el macizo de Sant Llorenç del Munt. Al sur de la comarca se encuentra la sierra de Collserola.

En la zona central se encuentra el valle que da nombre a la comarca. Se trata, en realidad, de dos unidades hidrográficas coincidentes con las cuencas del Llobregat y el Besós. El clima es básicamente mediterráneo.

4.2.2.1. Características de suelo y cultivo

En esta localidad se efectuó riego mediante goteo, suministrando en todo caso el agua necesaria para que las plantas no sufrieran estrés hídrico. El tutorado se hizo con malla plástica de colocación vertical y 2 metros de altura aproximadamente (Fig. 14).



Figura 14. Campo de cultivo en la zona de Castellar del Vallès (Vallès Occidental), tutorado con malla plástica de colocación vertical.

El suelo en esta zona presenta una textura franca, arcillosa y arenosa y un pH ligeramente más alcalino que en la comarca de la Garrotxa. Su contenido en nutrientes es elevado destacando especialmente el P (Tabla 4).

Tabla 4. Características del suelo en la localidad del Vallès Occidental

Clase Textural	pH	Intercambio					Calcio mg.Kg ⁻¹	Materia orgánica oxidable %	Carbonato cálcico equivalente
		Catiónico meq/100g	N-NO ₃ mg.Kg ⁻¹	Fósforo mg.Kg ⁻¹	Potasio mg.Kg ⁻¹	Magnesio mg.Kg ⁻¹			
Franco									
Arcillosa	8.1	13.3	15	97	451	332	8454	2.8 medio	18
Arenosa			Normal	Excesivo	Muy alto	Muy alto	Alto	alto	Calcáreo

4.2.2.2. Condiciones climáticas

De la climatología de la zona durante los años de experimentación (Tablas 5) podemos destacar que la temperatura media y máxima del 2003 fue superior a la del año 2002. Además el año 2003 fue un año bastante más seco que el 2002 no solo en días de precipitación (34-44) sino también en la intensidad de las mismas. Aunque ello no es un elemento productivo importante al tratarse de un cultivo en regadío, si lo es desde el punto de vista de las patologías fúngicas, que se ven favorecidas por la humedad, especialmente durante la maduración de la semilla. Esta consideración sirve igualmente para el resto de localidades donde el cultivo se efectuó en condiciones de regadío.

Tabla 5. Características climáticas en el Vallès Occidental durante la época de cultivo (2002 y 2003)

MES	Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Nov/bre	
AÑO	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Tº MEDIA (°C)	23.0	25.4	21.5	26.5	19.7	20.2	16.3	15.2	11.9	12.1
MEDIA DE Tº MAX. °C	28.6	31.0	27.4	33.6	25.3	25.9	22.9	20.2	18.3	17.8
MEDIA DE Tº MIN.°C	17.4	19.5	16.3	19.4	14.4	15.0	11.1	10.8	6.8	7.7
LLUVIAS (mm)	11.4	3.8	106.7	50.0	27.7	88.9	93.5	138.6	62.1	17.8
DIAS DE LLUVIA	7	2	15	3	10	12	12	17	14	16
HR MEDIA	60	58	70	53	70	69	72	72	73	77

4.2.3. Vallès Oriental (La Roca)

La comarca del Vallès Oriental (Barcelona) (Fig. 12) tiene una superficie de 850,99 Km². Está situado en la Depresión Prelitoral Catalana, en la mitad que correspondería al sector oriental de la fosa tectónica del Vallès, sector que se extiende entre las sierras Litoral y Prelitoral. El clima, básicamente mediterráneo, esta alterado por la presencia de las dos sierras ya mencionadas y presenta frecuentes inversiones térmicas durante el invierno. Las temperaturas son moderadas durante el verano y solo se presenta un verdadero invierno climático en las zonas de montaña, hacia el norte.

4.2.3.1. Características de suelo y cultivo

En esta localidad el riego se realizó por aspersión y el tutorado, en las variedades que lo precisaban, con caña de 230 cm de longitud aproximadamente, dispuestas en grupos de cuatro (Fig. 15).



Figura 15. Campo de cultivo en la zona de La Roca (Vallès oriental), donde se observa el tutorado de algunas variedades mediante caña.

El suelo de la localidad no presenta, en general, niveles de nutrientes tan elevados como el de las anteriores a excepción del contenido de P. Su textura es franco arenosa y tiene un pH y una capacidad de intercambio catiónico similares a los del Vallès Occidental (Tabla 6).

Tabla 6. Características del suelo en la localidad del Vallès Oriental

Clase	pH	Intercambio		N-NO ₃ mg.Kg ⁻¹	Fósforo mg.Kg ⁻¹	Potasio mg.Kg ⁻¹	Magnesio mg.Kg ⁻¹	Calcio mg.Kg ⁻¹	Materia orgánica oxidable %	Carbonato cálcico equivalente
		Catiónico meq/100g								
			20							
Franco	8.2	15.2	Normal	46	249	269	8328	1.8 media	26	
Arenosa			alto	Muy alto	Medio	Alto	Alto	baja	Calcáreo	

4.2.3.2. Condiciones climáticas

La climatología de la comarca durante el periodo de ensayos (Tabla 7) confirma, igual que en las dos comarcas anteriores, que el año 2003 fue más caluroso que el 2002 con una media de temperatura máxima de 34.5 °C en el mes de Agosto. Como en el caso del Vallès Occidental, el número de días de precipitación fue mayor en el 2002 que en el 2003 así como la intensidad de dichas precipitaciones.

Tabla 7. Características climáticas en el Vallès Oriental durante la época de cultivo (2002-2003).

MES	Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
AÑO	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Tº MEDIA (°C)	22.9	25.4	21.2	26.7	19.1	19.9	16.1	15.0	11.4	11.5
MEDIA DE Tº MAX. °C	29.3	31.9	27.6	34.5	25.6	26.1	22.5	19.8	17.9	17.5
MEDIA DE Tº MIN. °C	16.6	18.6	15.6	19.0	13.3	14.7	10.4	10.5	6.0	6.6
LLUVIAS (mm)	10.4	6.8	113.6	66.6	10.2	85.4	86.0	108.0	53.2	28.4
DIAS DE LLUVIA	7	5	18	3	9	13	11	13	18	16
HR MEDIA	74	71	85	64	85	85	87	89	89	93

4.2.4. El Maresme (Dosrius).

La comarca del Maresme (Barcelona) (Fig. 12) forma una estrecha franja que comprende la vertiente Este y los pies de las montañas de la cordillera Litoral, sierras de San Mateu, del Corredor y de Montnegre. El clima es de tipo mediterráneo templado. Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 600 y 800 mm; las máximas se registran en la sierra del Montnegre y las mínimas en la franja litoral del sur de la comarca, que apenas alcanza los 600 mm anuales. El otoño y la primavera son las

estaciones más lluviosas. Las precipitaciones suelen ser en forma de chubascos repentinos, las temperaturas son moderadas y se sitúan en torno a 15 °C de media anual en la costa y 12 °C en la cima del Montnegre.

4.2.4.1. Características de suelo y cultivo

En esta localidad el riego se efectuó mediante goteo y el tutorado, en las variedades que lo precisaban, mediante malla plástica de colocación oblicua y de 2 metros de altura aproximadamente (Fig. 16).



Figura 16. Campo de cultivo en la zona de Dosrius (Maresme), con tutorado con malla plástica de colocación oblicua en las variedades que lo precisaban.

El suelo de la localidad presenta una baja capacidad de intercambio catiónico, su textura es franco arenosa y el pH, aunque alcalino, es ligeramente inferior al de las comarcas del Vallès. El contenido de nutrientes es aceptable, solo con valores excesivos de P ($109 \text{ mg} \times \text{Kg}^{-1}$) (Tabla 8).

Tabla 8. Características del suelo en la localidad del Maresme

Clase Textural	pH	Intercambio						Materia orgánica oxidable %	Carbonato cálcico equivalente
		Catiónico meq/100g	N-NO ₃ mg.Kg ⁻¹	Fósforo mg.Kg ⁻¹	Potasio mg.Kg ⁻¹	Magnesio mg.Kg ⁻¹	Calcio mg.Kg ⁻¹		
			24						
Franco Arenosa	7.9	9.1	Normal	109	329	287	2448	1.9 Media	< 4
			alto	Excesivo	Alto	Alto	Medio	baja	Inapreciable

4.2.4.2. Condiciones climáticas

En lo referente a la climatología, se pueden observar las mismas características que en las comarcas anteriores (geográficamente próximas), es decir, el año 2003 más caluroso y con menos precipitaciones que el 2002 (Tabla 9). Sin embargo en esta localidad solo se presentaron diferencias destacables de temperatura (tanto media como máxima) durante el mes de Agosto. Las precipitaciones fueron menores en el año 2003 tanto en número como en intensidad.

Tabla 9. Características climáticas en el Maresme durante la época de cultivo (2002-2003)

MES	Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
AÑO	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Tº MEDIA (°C)	20.3	23.1	19.1	26.6	17.4	18.2	15.0	13.1	11.1	11.3
MEDIA DE Tº MAX. °C	24.3	27.4	23.2	32.1	21.4	22.3	19.2	16.4	14.9	14.8
MEDIA DE Tº MIN.°C	16.6	19.0	15.7	22.0	13.8	14.9	11.8	10.1	8.1	8.4
LLUVIAS (mm)	38.0	4.8	143.0	d.1	30.4	89.4	81.8	189.4	75.3	44.3
DIAS DE LLUVIA	9	3	14	d.1	17	15	15	17	16	13
HR MEDIA	77	71	86	48	87	82	87	88	85	88

4.2.5. El Baix Llobregat (El Prat de Llobregat)

La comarca del Baix Llobregat (Barcelona) (Fig. 12) tiene una superficie de 486,5 Km². Limita con el Vallès Occidental al Nor-Oriente, el Barcelonés al Sur-Oriente, el Bages al Nor-Occidente, l’Anoia y el alto Penedés al Occidente y el Garraf al Sur-Occidente.

El Baix Llobregat es un territorio con un clima de tipo mediterráneo que se extiende desde la desembocadura del río Llobregat hasta la montaña de Montserrat, donde se encuentran los relieves más importantes de la comarca, por encima de los 1000 metros. En esta comarca aún persiste una importante actividad agrícola, especialmente en el Delta del Llobregat.

4.2.5.1. Características de suelo y cultivo

Se efectuó el tipo de riego tradicional de la zona mediante inundación y tutorado de las variedades que lo requerían mediante caña de unos 230 cm. (Fig. 17).



Figura 17. Campo de cultivo en la zona del Prat (Baix Llobregat). Se observan los surcos del riego por inundación y el tutorado con caña de las variedades que lo requieren.

La localidad se caracteriza por una baja capacidad de intercambio catiónico y suelos de tipo franco. Su contenido de nutrientes es en general muy elevado (Tabla 10).

Tabla 10. Características del suelo en la localidad del Baix Llobregat

Clase Textural	pH	Intercambio			Potasio mg.Kg ⁻¹	Magnesio mg.Kg ⁻¹	Calcio mg.Kg ⁻¹	Materia orgánica oxidable %	Carbonato cálcico equivalente
		Catiónico meq/100g	N-NO ₃ mg.Kg ⁻¹	Fósforo mg.Kg ⁻¹					
Franca	8.2	7.2	53 Muy alto	50 Muy alto	356 Alto	306 Muy alto	7325 Alto	2.2 Media	30 Muy Calcáreo

4.2.5.2. Condiciones climáticas

Igual que en las anteriores localidades las temperaturas durante el año 2003 fueron bastante más elevadas que en el 2002, no solo en lo que se refiere a la media sino también a la temperatura máxima principalmente en los meses de Junio a Agosto (Tabla 11). Las precipitaciones en este periodo fueron superiores al 2003 tal como habíamos visto en las otras localidades de cultivo.

Tabla 11. Características climáticas en el Baix Llobregat durante la época de cultivo (2002-2003)

MES	Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
AÑO	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Tº MEDIA (°C)	23.3	26.0	22.4	26.8	20.8	21.3	17.6	16.6	13.5	13.6
MEDIA DE Tº MAX. °C	24.3	30.2	23.2	32.0	20.8	25.3	18.4	20.1	14.7	17.7
MEDIA DE Tº MIN.°C	17.5	21.6	16.5	21.3	14.3	17.6	12.7	13.1	9.0	10.3
LLUVIAS (mm)	20.9	2.4	134.7	34.6	47.6	101.8	237.0	139.0	48.3	14.8
DIAS DE LLUVIA	4	2	15	2	11	11	6	14	11	9
HR MEDIA	83	71	91	69	93	77	94	79	92	83

4.3. Diseño Experimental Empleado

Las cuatro variedades de judías tradicionales así como las variedades elegidas como testigo se cultivaron en las cinco localidades (La Garrotxa “Santa Pau”, Vallès Occidental “Castellar del Vallès”, Vallès Oriental “La Roca”, Maresme “Dosrius” y Baix Llobregat “El Prat”) escogidas como representativas de las principales zonas productoras de judía en Catalunya. El experimento se desarrollo en dos años sucesivos (2002 y 2003), para poder disponer de alguna estimación del efecto año. En todas las

localidades y año se utilizó el mismo diseño experimental: dos bloques aleatorizados con 120 plantas útiles por bloque. En total se sembraron 16 surcos por bloque, la distancia entre surcos fue de 0.75 m, los puntos de siembra dentro de los surcos se encontraban a 0.50 m. Los bloques eran de 12.75 m de largo por 9.5 m de ancho. Se sembraron 3 semillas por cada punto de siembra (Fig. 18). No se corrigieron las densidades pues se consideró que pequeñas variaciones en la densidad, que podrían afectar a la producción, difícilmente afectarían a la composición química.

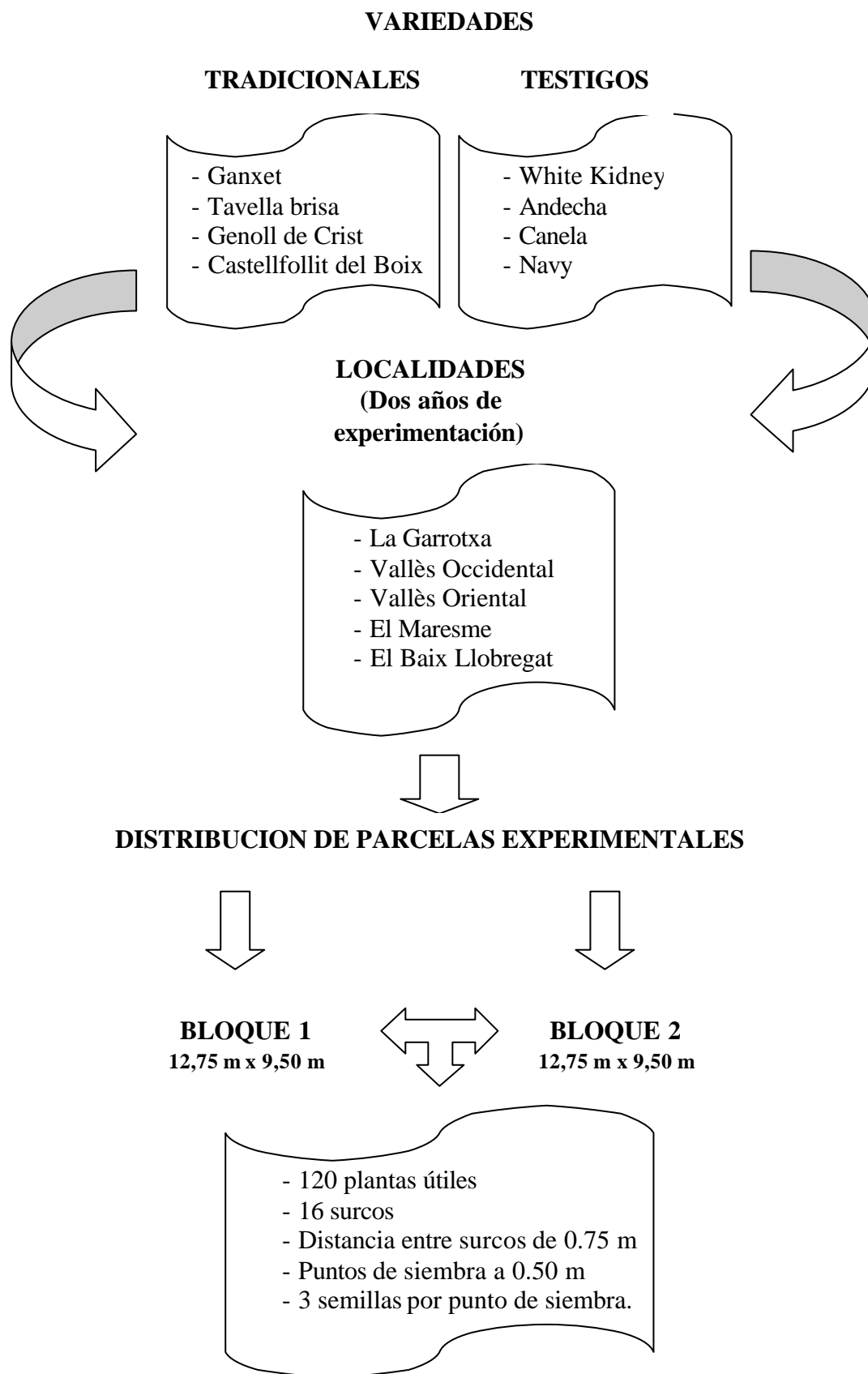


Figura 18. Diseño experimental.

4.4. Componentes Químicos Estudiados y Metodología Analítica Empleada

La preparación de las semillas y los correspondientes análisis químicos se llevaron a cabo en los laboratorios de la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. Después de realizar la trilla, proceso en el cual se separan las piedras y elementos ajenos al grano de judía, éstas se colocaron en bolsas rotuladas y se conservaron a 4 °C hasta su utilización. Luego se realizó una selección de las semillas, teniendo especial cuidado en seleccionar semillas sanas para su posterior molturación. Finalmente las semillas molturadas se envasaron en botes de vidrio y se guardaron a 4 °C para su posterior análisis. Todos los análisis se realizaron por duplicado.

4.4.1 Molturación de las muestras

Se utilizó un Molino LABORATORY MILL 3100 (Perten) con un tamiz de 0,5 mm, para conseguir muestras homogéneas y con un tamaño de partícula adecuado a los análisis que se pensaban realizar.

4.4.2. Determinación de HUMEDAD

Se utilizó una balanza de infrarrojos SARTORIUS GMBH GÖTTINGEN con el fin de eliminar, por acción térmica, el agua de una muestra de peso conocido, hasta peso constante.

4.4.3. Determinación de la PROTEINA BRUTA

La determinación de la proteína bruta de las judías se efectuó a partir de una digestión en medio ácido y alta temperatura (400 °C) con un digestor Kjeldhal BLOC DIGEST 12 (Selecta). Después se alcalinizó el extracto con NaOH concentrado liberando amoníaco, que luego se cuantificó con un electrodo selectivo de amonio (Thermo Orion Model A+). Finalmente, para poder estimar el contenido de proteína se aplicó el factor de 6,25 al resultado del N cuantificado (AOAC, 2000).

4.4.4. Determinación de AMILOSA

La evaluación del contenido de amilosa se ha hecho a partir del método propuesto por Juliano *et al.* (1981), previa adaptación para la judía. El método se basa en la determinación colorimétrica del complejo amilosa-Iodo del extracto de almidón previamente disperso procedente de la muestra de judía (previamente desengrasada).

4.4.5. Determinación de ALMIDON

Para la evaluación del contenido de almidón se partió del método oficial (AOAC, 2000) modificado con una cuantificación por cromatografía líquida de alta resolución. El método se basa en realizar una hidrólisis enzimática de la muestra (previamente desengrasada) con amilasa y posterior cuantificación de la glucosa obtenida mediante una cromatografía HPLC en fase inversa y detección IR. El contenido en glucosa de la muestra, multiplicado por 0,9 nos permite estimar el contenido de almidón

4.4.6. Determinación de SACAROSA, ACIDO MALICO y ACIDO CITRICO

La determinación de azúcares y ácidos orgánicos se realizó de manera conjunta por cromatografía de gases utilizando un cromatógrafo HEWLETT-PACKARD 5890 Serie II con detector FID de ionización de llama y columna HP 5 e Inyector HEWLETT-PACKARD 7673, siguiendo el método empleado por Molnar-Perl & Morvai (1992).

4.4.7. Metodología NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy)

Debido a la gran cantidad de muestras a analizar, al tiempo requerido para los análisis, el elevado coste de los reactivos y a que en algunos casos disponíamos de cantidades pequeñas de muestra, se decidió utilizar el método NIRS para realizar los análisis correspondientes al segundo año de investigación (2003). Los resultados analíticos obtenidos durante el primer año de ensayos representaban un abanico suficiente de variación para esperar, como así se confirmó, buenos ajustes de las regresiones con la absorción en el infrarrojo próximo.

La técnica NIR es una técnica no destructiva, rápida, de gran precisión y exactitud, siempre que se sigan los procedimientos adecuados para generar las ecuaciones de predicción requeridas (Marten *et al.*, 1989; Murray, 1993; Garrido *et al.*, 1993).

La técnica se basa en que el espectro lumínico cercano al infrarrojo puede proporcionar información acerca de los principales elementos estructurales asociados a los organismos vivos, ya que los grupos funcionales que responden a la radiación en este espectro son C-H, O-H, N-H y probablemente S-H y C=O (Davies & Grant, 1987; Shenk & Westerhaus, 1993). Así, los principales componentes del tejido vegetal, que consisten en combinaciones muy diversas de los grupos citados, tienen por lo mismo, propiedades de absorción en esta parte del espectro, es decir, entre los 800 y 2500 nm (Barton, 1988), que pueden usarse para diferenciar un componente de otro (Norris, 1989). Si se dispone de los análisis químicos correspondientes se pueden efectuar regresiones de gran precisión que permiten estimar en nuevas muestras los valores analíticos.

4.4.7.1. Procedimiento

En primer lugar se realizó un pretratamiento consistente en aplicar la segunda derivada más la SNV (Standard Normal Variable) para determinar los mejores intervalos espectrales y los factores a utilizar. Seguidamente se hizo la calibración del aparato NIR utilizando el método PLSR (Partial Least Square Regression) y finalmente se procedió a hacer las respectivas predicciones. Para cada carácter variaron las condiciones de calibración y predicción tal como se observa en la Tabla 12. En nuestro caso se analizaron 78 muestras por triplicado con lo cual obtuvimos 234 espectros para trabajar. Las predicciones se realizaron en la Universidad Autónoma de Barcelona utilizando el equipo “NIRS System Inc. Rapid Content Analyzer. Model 6500”. Se utilizaron cubetas de cristal de 2 cm de diámetro. Para todos los caracteres las correlaciones de calibración fueron superiores al 0.95 (Tabla 12). Correlaciones de calibración superiores al 0.90 se consideran correlaciones fuertes de alta significación (Lecompte *et al.*, 1992; Vásquez *et al.*, 2004).

Tabla 12. Condiciones de calibración y predicción de muestras utilizando el NIR

	PROTEINA	ALMIDON	AMILOSA	AMILOP.	SACARO.	CITRICO	MALICO
MODELO	1	1	4	2	3	3	1
REGION ESPECTRAL	1100-2500	1100-2500	1800-2500	1100-2000	1700-2500	1800-2500	1100-2500
MUESTRAS CALIBRAC.	42	27	35	28	25	35	27
MUESTRAS PREDIC.	17	16	21	18	16	19	26
PRETRAT.	2ª der+SNV	2ª der+SNV	2ª der+SNV	2ª der+SNV	2ª der+SNV	2ª der+SNV	2ª der+SNV
FACTORES	3	3	4	4	4	5	5
VARIANZA EXPLICADA	94.25	94.76	96.95	93.739	98.59	97.92	97.18
RSEC (%)	3.09	1.53	1.34	3.8	2.57	3.05	2.70
CORREL. CALIBRAC.	0.971	0.973	0.985	0.968	0.993	0.990	0.986
RMSEC	0.69	0.31	0.14	0.4	0.54	0.04	0.01
RSEP (%)	4.40	4.40	3.70	11.8	7.30	9.90	17.20
CORREL. PREDIC.	0.955	0.809	0.890	0.537	0.922	0.929	0.545
RMSEP	1.04	0.88	0.38	1.228	1.48	0.13	0.07

4.5. Métodos estadísticos empleados

4.5.1. Análisis de la varianza

Se realizó un ANOVA para cada carácter según el modelo lineal :

$$X_{ijklm} = \mu + V_i + L_j + A_k + B_{l(jk)} + V_iL_j + V_iA_k + L_jA_k + V_iL_jA_k + e_{ijklm}$$

En donde X_{ijklm} es la observación de la variedad i , en la localidad j , en el año k , en el bloque l dentro de localidad j y año k , y la repetición m . μ es la media general ;

V,L,A y B son los efectos Variedad, Localidad, Año y Bloque respectivamente. e es el efecto residual asociado a cada valor analítico individual. En principio los efectos Variedad, Localidad y Año se consideran fijos y el efecto Bloque aleatorio. Todos los cálculos se efectuaron mediante el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1995).

A partir de este modelo se efectuaron diversas modificaciones que se comentarán en el apartado de resultados y discusión.

4.5.2. Análisis multivariante de los resultados

Se realizó un análisis canónico según el modelo lineal :

$$X_{ijklm} = \mu + V_i + L_j + A_k + B_{l(jk)} + V_iL_j + V_iA_k + L_jA_k + V_iL_jA_k + e_{ijklm}$$

Todos los cálculos se efectuaron mediante el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1995)

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Análisis de la Varianza

Durante el cultivo se pudo apreciar que los testigos White Kidney y Andecha tenían un comportamiento agronómico deficiente en la localidad de Santa Pau. Probablemente a causa de las condiciones de secano y la irregularidad de las lluvias la producción fue muy baja y además, especialmente White Kidney, manifestaron una gran afectación por virus del mosaico.

En consecuencia se decidió efectuar un primer procesado estadístico de los datos analíticos sin tener en cuenta estas dos variedades. Posteriormente se efectuó un segundo procesado sin tener en cuenta la localidad de Santa Pau. A efectos prácticos se consideró más importante incluir la localidad de Santa Pau, muy diferente del resto de localidades, que los testigos, pues seguíamos disponiendo de Canela y Navy. Por este motivo la discusión de las interacciones se ha efectuado únicamente a partir de los resultados que incluían la localidad de Santa Pau.

Respecto al modelo lineal empleado en el procesamiento estadístico se efectuó una primera aproximación considerando el efecto bloque dentro de localidad y año, como factor aleatorio y el resto como factores fijos. Al no presentar significación se reprocesaron los datos sin incluir el efecto bloque, con lo cual el modelo no tenía ya efectos aleatorios. Ello permitió utilizar estimaciones de los pocos datos que faltaban en la matriz original de datos y mejorar la potencia de contraste entre factores y niveles al utilizar el programa “lmeans” (SAS Institute, 1995). Al faltar algunos datos (diseño no balanceado) no se pudo estimar la interacción triple variedad*localidad*año.

El factor año se consideró fijo al presentarse diferencias climatológicas describibles. Como consecuencia, la validez de las significaciones debe considerarse solamente dentro de los límites de variación que se presentaron durante los años de experimentación, pero no para años sustancialmente distintos de los estudiados. Como

ya se indicó anteriormente 2002 fue un año lluvioso y 2003 un año seco, lo cual tiene especial relevancia en la localidad de Santa Pau (secano).

Para determinar la significación de las interacciones se utilizó el estimador:

$$\text{Var}(\mu_{ij}) = (\text{MQE} (J-1) (I-1))/R.J.I$$

Siendo J niveles del factor 1, I niveles del factor 2, R número de réplicas a partir de las cuales se ha calculado el valor de interacción. El intervalo de confianza para los valores de interacción se ha construido siguiendo la expresión $\pm 2v \text{ Var}(\mu_{ij})$, donde 2 es una aproximación al valor de t correspondiente a la significación del 0.05 y con los grados de libertad del error.

5.1.1. Contenido en Proteína

El análisis general de la varianza (Tabla 13a) muestra que los factores principales variedad, localidad y año son altamente significativos para el contenido en proteína. La existencia de diferencias en el contenido de proteína entre variedades ha sido ya descrita repetidamente (Beninger & Hosfield, 1998; Shih *et al.*, 2002; Sunday, 2002; Guzmán *et al.*, 2000), lo mismo que el efecto localidad (Hosfield *et al.*, 1984; Elia *et al.*, 1997) y año.

Por lo que respecta a las interacciones todas ellas menos variedad por año, resultan significativas (Tabla 13a). La interacción entre efectos ambientales y genéticos para el contenido en proteína en judía ha sido citada anteriormente por Elia *et al.* (1997). Esto significa que el contenido de proteína de una variedad concreta en un ambiente determinado no se puede determinar mediante una función simple en la que intervengan los componentes genéticos y ambientales.

La no consideración de la localidad de Santa Pau y la inclusión de todos los testigos (Tabla 13b) no modifica sustancialmente los resultados. Únicamente la interacción localidad * año deja de ser significativa, probablemente a causa de las peculiaridades de Santa Pau (única localidad de secano que se incluye en el ensayo).

Tabla 13a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en proteína (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	5	18999	3799	15,3	<,0001
Localidad	4	72073	18018	72,6	<,0001
Variedad*Localidad	20	8968	448	1,8	0,035
Año	1	18637	18637	75,1	<,0001
Variedad*Año	5	1950	390	1,6	0,178
Localidad*Año	4	5537	1384	5,6	0,001

Tabla 13b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en proteína (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	7	16485	2355	11,2	<,0001
Localidad	3	32898	10966	52,3	<,0001
Variedad*Localidad	21	10348	492	2,4	0,0034
Año	1	12565	12565	59,9	<,0001
Variedad*Año	7	2158	308	1,5	0,1898
Localidad*Año	3	578	192	0,9	0,4355

La variedad Montcau tiene un contenido superior de proteína al del resto de variedades, mientras que Genoll de Crist presenta el contenido menor (Tabla 14a). La variedad Montcau había sido citada como una judía de elevado contenido proteico por Casañas *et al.* (1997, 1998). Respecto a las otras variedades existe poca información que permita hacer comparaciones dado que no se habían enfrentado en las mismas condiciones experimentales. El similar contenido hallado entre Navy y Tavella Brisa muy probablemente se debe a que Tavella Brisa y Navy están próximas genéticamente (Sánchez *et al.*, 2007). Es interesante destacar que, en las condiciones ambientales que enmarcaron el experimento, Montcau tiene de promedio un 20% más de proteína que Genoll de Crist (Tabla 14a).

Cuando no se considera la localidad de Santa Pau y se incluyen todos los testigos, la variedad Montcau queda separada del resto, que no presentan diferencias entre ellas (Tabla 14b).

Tabla 14a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en proteína (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).

VARIEDAD	PROTEINA	SIGNIFICACION
Montcau	270,4	a
Navy	246,3	b
Tavella Brisa	238,2	bc
Canela	237,4	bc
Castellfollit del Boix	233,1	bc
Genoll de Crist	225,5	c

Tabla 14b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en proteína (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).

VARIEDAD	PROTEINA	SIGNIFICACION
Montcau	256,0	a
Navy	232,8	b
Canela	228,0	b
White Kidney	223,5	b
Tavella Brisa	222,3	b
Castellfollit del Boix	221,2	b
Genoll de Crist	218,1	b
Andecha	216,4	b

Las localidades donde se efectuaron los experimentos quedan claramente separadas por el contenido medio de proteínas de las judías (Tabla 15a). Santa Pau es la localidad en donde se acumula una mayor proporción de proteína y el Vallès Occidental donde la proporción es menor. Entre estas dos localidades la diferencia en el contenido de proteína alcanza el 40%.

No se presentan modificaciones importantes en la comparación de localidades al eliminar Santa Pau e introducir todos los testigos (Tabla 15b).

Tabla 15a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en proteína (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).

LOCALIDAD	PROTEINA	SIGNIFICACION
Santa Pau	289,7	a
Maresme	247,0	b
Vallès Occidental	237,6	bc
Baix Llobregat	225,9	c
Vallès Oriental	208,7	d

Tabla 15b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en proteína (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).

LOCALIDAD	PROTEINA	SIGNIFICACION
Maresme	248,4	a
Vallès Occidental	232,7	b
Baix Llobregat	225,2	b
Vallès Oriental	202,8	c

Santa Pau es la única de las localidades donde no se utiliza el riego, aprovechándose, como ya se ha comentado, de ser una zona bastante lluviosa. Por ello las producciones no acostumbran a ser muy elevadas. Quizás la menor producción de hidratos de carbono junto con la elevada capacidad de intercambio catiónico de los suelos volcánicos de la localidad (Tabla 2), puede favorecer una especial concentración de proteína. De todas formas, aunque esta componente de menor producción se reflejara especialmente en los hidratos de carbono y no en la proteína, difícilmente puede explicar la totalidad de la diferencia pues las localidades Maresme y La Roca tuvieron producciones no significativamente superiores a Santa Pau durante el año 2002 (Datos no publicados). En cambio sí se presentaron diferencias importantes de producción en el año 2003 entre Santa Pau y el resto de localidades (Datos no publicados).

En el año 2003 el contenido en proteína fue mayor de promedio que en el 2002 (Tabla 16a). Eliminar la localidad de Santa Pau y considerar todos los testigos no modifica el significado de los resultados (Tabla 16b).

Tabla 16a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en proteína (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	PROTEINA	SIGNIFICACION
2003	254,9	a
2002	228,8	b

Tabla 16b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en proteína (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	PROTEINA	SIGNIFICACION
2003	237,7	a
2002	216,9	b

Aunque existen diferencias significativas atribuibles al efecto año estas no fueron lineales, pues el porcentaje de incremento fue distinto en cada localidad (Tabla 16c).

Tabla 16c. Porcentaje de incremento en el contenido de proteína en cada localidad entre los años 2002 y 2003.

LOCALIDAD	INCREMENTO CONTENIDO PROTEINA
Baix Llobregat	6,8
Vallès Occidental	6,0
Maresme	10,1
Santa Pau	21,1
Vallès Oriental	11,6

Por otro lado no existe correlación significativa entre el contenido en proteína y la producción si se emplean los datos de todas las localidades y años. El resto de localidades presentan concentraciones intermedias lo cual sugiere que la elección de las mismas como representativas de la variabilidad ambiental existente en Catalunya, fue acertada (Tabla 15a).

El mayor contenido en proteína lo presentó Montcau en la localidad de Santa Pau, mientras que el menor lo presentó Tavella Brisa en el Baix Llobregat (Tabla 17). Los valores más elevados en la componente de interacción genotipo x localidad los

presentan Genoll de Crist en Santa Pau, Montcau en el Vallès Oriental y en el Vallès Occidental, y Tavella Brisa en Santa Pau (Tablas 17 y 18). De todas formas parece que en la mayoría de los casos la componente de la interacción es significativamente distinta de 0 (Tabla 18). Este hecho es especialmente relevante a la hora de justificar los materiales que deben ser incluidos en una denominación de origen, pues sugiere la existencia de combinaciones únicas genotipo x localidad que intervienen en la determinación de la cantidad de proteína que presenta una variedad en una localidad concreta.

Tabla 17. Contenido medio de proteína (g x Kg⁻¹ de materia seca) de cada variedad en cada localidad.

	Canela	Castellfollit del Boix	Genoll de Crist	Montcau	Navy	Tavella Brisa
Baix Llobregat	225,7	219,2	203,5	245,6	232,3	229,5
Vallès Occidental	226,5	227,7	221,7	280,3	244,3	225,3
Maresme	253,0	229,0	240,2	280,0	244,3	235,8
Santa Pau	274,7	280,2	254,9	327,6	300,0	300,8
Vallès Oriental	207,0	209,0	207,3	218,8	210,5	199,8

Tabla 18. Valor de la interacción (g x Kg⁻¹ de materia seca) variedad * localidad para el contenido en proteína en cada una de las combinaciones. Valores superiores a 3.33 son significativamente diferentes de 0 p=0.05.

	Canela	Castellfollit del Boix	Genoll de Crist	Montcau	Navy	Tavella Brisa
Baix Llobregat	4,2	2,0	-6,2	-9,0	1,8	7,1
Vallès Occidental	-6,7	-1,1	0,4	14,0	2,2	-8,8
Maresme	10,4	-9,3	9,5	4,3	-7,2	-7,7
Santa Pau	-10,5	-0,7	-18,6	9,2	5,9	14,6
Vallès Oriental	2,7	9,0	14,8	-18,6	-2,7	-5,3

No pasa desapercibido que los mayores valores de interacción positiva los presenten las variedades tradicionales en la zona donde su cultivo se ha convertido en emblemático (Genoll/Maresme, Montcau/Vallès Occidental; Tavella Brisa/ Sta. Pau) (Tabla 18). Esto se explicaría por la selección histórica que se efectúa sobre las variedades tradicionales. En Catalunya, donde la preferencia de las judías es hacia piel poco perceptible, baja harinosidad (Casañas *et al.*, 2002) y sabor suave, se habrían fijado en cada zona germoplasmas que dan un resultado de este tipo (suponiendo como indica la

bibliografía una cierta relación negativa entre contenido de proteína y harinosidad) (Casañas *et al.*, 2006).

5.1.2. Contenido en Almidón

Los factores principales variedad, localidad y año resultaron significativos para el contenido de almidón. En cambio ninguna de las interacciones fue significativa (Tabla 19a). La no consideración de la localidad de Santa Pau hace desaparecer la significación del efecto localidad (Tabla 19b).

Tabla 19a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en almidón ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	5	3845	769	4,7	0,001
Localidad	4	7981	1995	12,2	<,0001
Variedad*Localidad	20	3240	162	0,9	0,482
Año	1	3854	3854	23,6	<,0001
Variedad*Año	5	1150	230	1,4	0,231
Localidad*Año	4	1566	391	2,4	0,058

Tabla 19b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en almidón ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	7	3508	501	2,5	0,023
Localidad	3	264	88	0,4	0,726
Variedad*Localidad	21	4307	205	1,0	0,454
Año	1	3231	3231	16	0,0001
Variedad*Año	7	1464	209	1,0	0,412
Localidad*Año	3	648	216	1,0	0,366

La variedad con mayor contenido de almidón resultó Genoll de Crist, significativamente distinta de Montcau y Navy, que resultó tener el menor contenido (Tabla 20a). Aunque el test de Duncan no revela diferencias entre variedades al eliminar la localidad de Santa Pau, debemos suponer que éstas se presentan entre Genoll de Crist y Navy que difieren aproximadamente en un 8% y presentan los valores extremos (Tabla 20b).

Tabla 20a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en almidón ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	ALMIDON	SIGNIFICACION
Genoll de Crist	204,5	a
Castellfollit del Boix	200,6	ab
Canela	200,5	ab
Tavella Brisa	197,7	ab
Montcau	188,9	b
Navy	188,8	b

Tabla 20b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en almidón ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	ALMIDON	SIGNIFICACION
Genoll de Crist	208,3	a
Castellfollit del Boix	206,4	a
White Kidney	205,7	a
Canela	204,3	a
Tavella Brisa	202,1	a
Andecha	201,4	a
Montcau	194,6	a
Navy	192,5	a

La localidad de Santa Pau presenta un contenido de almidón significativamente menor que el resto de localidades (Tabla 21a). El efecto localidad desaparece al omitir esta localidad (Tabla 21b).

Tabla 21a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en almidón ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	ALMIDON	SIGNIFICACION
Vallès Oriental	202,5	a
Maresme	202,3	a
Vallès Occidental	200,5	a
Baix Llobregat	200,1	a
Santa Pau	178,4	b

Tabla 21b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en almidón (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).

LOCALIDAD	ALMIDON	SIGNIFICACION
Vallès Oriental	204,0	a
Baix Llobregat	202,4	a
Vallès Occidental	201,2	a
Maresme	200,0	a

El contenido promedio de almidón en el año 2002 fue significativamente superior al del 2003, tanto si se incluye como si no se incluye la localidad de Santa Pau (Tablas 22a y 22b). Estos datos concuerdan con los datos reportados por Pasin *et al.* (1991) y Escribano *et al.* (1997), que relacionan positivamente el contenido de almidón con la disponibilidad de agua.

Tabla 22a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en almidón (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).

AÑO	ALMIDON	SIGNIFICACION
2002	202,7	a
2003	190,8	b

Tabla 22b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en almidón (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan (p=0.05).

AÑO	ALMIDON	SIGNIFICACION
2002	207,2	a
2003	196,6	b

En general puede afirmarse que los contenidos de proteína y almidón son antagónicos y que ello tiene una base genética y ambiental, pues los coeficientes de correlación son en ambos casos elevados y negativos (Tabla 23). También coincide que el año con menor contenido en proteína (2002) es el de mayor contenido en almidón y viceversa

(Tablas 16a y 16b). Las condiciones ambientales más templadas y secas del 2003 parece que han favorecido la acumulación de un mayor porcentaje de proteína.

Tabla 23. Coeficientes de correlación genéticos y ambientales entre el contenido de proteína y el contenido de almidón (todos los valores son significativos $p=0,05$).

Coeficiente de Correlación	5 Localidades 6 Variedades	4 Localidades 8 Variedades
Genéticas	-0,86	-0,71
Ambientales	-0,88	-0,99

5.1.3. Contenido en Amilosa

Los factores principales variedad, localidad y año, junto con la interacción localidad x año, fueron significativos para el contenido de amilosa (Tabla 24a). La exclusión de la localidad de Santa Pau convierte en significativa la interacción variedad x localidad (Tabla 24b).

Tabla 24a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en amilosa ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	5	1402	280	10,8	<,0001
Localidad	4	1938	484	18,7	<,0001
Variedad*Localidad	20	853	42	1,6	0,062
Año	1	3801	3801	147,3	<,0001
Variedad*Año	5	36	7	0,3	0,922
Localidad*Año	4	581	145	5,6	0,001

Tabla 24b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en amilosa ($g \times Kg^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	7	1694	242	9,1	<,0001
Localidad	3	1353	451	16,9	<,0001
Variedad*Localidad	21	992	47	1,8	0,0354
Año	1	5318	5318	200,1	<,0001
Variedad*Año	7	138	19	0,7	0,6345
Localidad*Año	3	590	196	7,4	0,0002

La variedad con un mayor contenido de amilosa resultó ser Genoll de Crist, significativamente distinta de Canela, Navy y Montcau (Tabla 25a). Como era de esperar el contenido de amilosa está relacionado positivamente con el contenido de almidón y negativamente con el de proteína (Tablas 20a y 14a).

La inclusión de más testigos y la exclusión de la localidad de Santa Pau no modifican las conclusiones pues las variedades mantienen las posiciones y los nuevos testigos Andecha y White Kidney tienen posiciones intermedias (Tablas 25a y 25b).

Tabla 25a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en amilosa ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	AMILOSA	SIGNIFICACION
Genoll de Crist	100,5	a
Tavella Brisa	95,8	ab
Castellfollit del Boix	95,7	ab
Canela	95,4	b
Navy	92,1	bc
Montcau	88,3	c

Tabla 25b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en amilosa ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	AMILOSA	SIGNIFICACION
Genoll de Crist	101,8	a
White Kidney	98,6	ab
Andecha	98,0	ab
Tavella Brisa	97,9	ab
Castellfollit del Boix	97,4	ab
Canela	95,9	b
Navy	93,3	bc
Montcau	88,6	c

Las localidades conforman dos grupos significativamente distintos según el contenido de amilosa. El Vallès Oriental y el Baix Llobregat son las localidades con un mayor contenido promedio, mientras que el Vallès Occidental, Maresme y Santa Pau son las localidades con un menor contenido (Tabla 26a). La exclusión de la localidad de Santa Pau y la consideración de más testigos no modifica las conclusiones (Tabla 26b).

Tabla 26a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en amilosa (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	AMILOSA	SIGNIFICACION
Vallès Oriental	100,0	a
Baix Llobregat	99,1	a
Vallès Occidental	93,5	b
Maresme	90,5	b
Santa Pau	89,9	b

Tabla 26b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en amilosa (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	AMILOSA	SIGNIFICACION
Vallès Oriental	100,5	a
Baix Llobregat	98,6	a
Vallès Occidental	94,9	b
Maresme	91,8	b

Como en el caso del almidón el año 2002 presenta de promedio un mayor contenido de amilosa, tanto si se contempla la localidad de Santa Pau, como si se excluye y se incluyen más testigos (Tablas 27a y 27b).

Tabla 27a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en amilosa (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	AMILOSA	SIGNIFICACION
2002	100,5	a
2003	88,7	b

Tabla 27b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en amilosa (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	AMILOSA	SIGNIFICACION
2002	103,2	a
2003	89,7	b

5.1.4. Contenido en Amilopectina

No se presentaron diferencias genéticas por lo que respecta al contenido en amilopectina, aunque si fue significativo el efecto localidad y la interacción localidad x año (Tabla 28a). La inclusión de más testigos y la supresión de la localidad de Santa Pau hace no significativos los efectos localidad e interacción localidad x año (Tabla 28b). Una vez más la localidad de Santa Pau se manifiesta como la más diferente del resto respecto al contenido de amilopectina a causa de sus peculiares características edafológicas, climáticas y de tipo de manejo del cultivo (secano).

Tabla 28a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	5	1031	206	1,1	0,365
Localidad	4	6060	1515	8,1	<,0001
Variedad*Localidad	20	3052	152	0,8	0,685
Año	1	0,79	0,79	0,0	0,948
Variedad*Año	5	1445	289	1,5	0,185
Localidad*Año	4	1994	498	2,7	0,039

Tabla 28b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	7	1096	156	0,7	0,648
Localidad	3	427	142	0,6	0,577
Variedad*Localidad	21	4982	237	1,1	0,362
Año	1	249	249	1,2	0,285
Variedad*Año	7	1673	239	1,1	0,363
Localidad*Año	3	997	332	1,6	0,208

Los resultados nos indican que la variación genética y ambiental detectada en el almidón (Tabla 19a) es fundamentalmente debida a la variación en el contenido de amilosa, mientras que la amilopectina presenta un valor mucho más constante. Solo en la localidad de Santa Pau, con condiciones muy diferentes de cultivo, se presentaron efectos ambientales en este parámetro (Tabla 30a). Tanto para amilosa como amilopectina, Santa Pau presenta los valores más bajos (Tablas 26a y 30a).

La no significación de la amilopeptina también puede deberse en parte a una variación residual muy elevada ya que entre la variedad con más amilopeptina (Canela) y la variedad con menos (Navy) hay aproximadamente un 10% de diferencia (Tablas 29a y 29b). Entre la localidad con más contenido de amilopeptina (Maresme) y la localidad con menor contenido medio (Santa Pau) hay un 20% aproximadamente de diferencia (Tablas 30a y 30b).

Tabla 29a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en amilopeptina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	AMILOPEPTINA	SIGNIFICACION
Canela	105,2	a
Castellfollit del Boix	104,9	a
Genoll de Crist	103,9	a
Tavella Brisa	101,8	a
Montcau	100,4	a
Navy	96,7	a

Tabla 29b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en amilopeptina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	AMILOPEPTINA	SIGNIFICACION
Castellfollit del Boix	109,2	a
Canela	108,3	a
White Kidney	107,0	a
Genoll de Crist	106,4	a
Montcau	105,8	a
Tavella Brisa	104,2	a
Andecha	103,4	a
Navy	99,2	a

Tabla 30a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	AMILOPECTINA	SIGNIFICACION
Maresme	111,7	a
Vallès Occidental	107	a
Vallès Oriental	102,5	a
Baix Llobregat	101,1	a
Santa Pau	88,5	b

Tabla 30b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	AMILOPECTINA	SIGNIFICACION
Maresme	108,2	a
Vallès Occidental	106,2	a
Baix Llobregat	103,8	a
Vallès Oriental	103,6	a

El efecto año no presenta significación ni con la inclusión de Santa Pau (Tablas 31a y 31b), siendo las medias de ambos años prácticamente idénticas (Tablas 31a y 31b).

Tabla 31a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	AMILOPECTINA	SIGNIFICACION
2002	102,3	a
2003	102,0	a

Tabla 31b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en amilopectina (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	AMILOPECTINA	SIGNIFICACION
2002	104,0	a
2003	106,9	a

En general pues la amilopeptina se muestra mucho más invariante que el contenido de almidón, amilosa y proteína.

5.1.5. Proporción Amilosa/Amilopeptina

No se detectaron efectos genéticos para la proporción amilosa/amilopeptina, aunque si se hallaron efectos ambientales (localidad, año e interacción localidad x año) (Tabla 32 a). La exclusión de la localidad de Santa Pau no modifica las conclusiones (Tabla 32b).

Tabla 32a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter proporción amilosa/amilopeptina considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	5	0,08	0,02	0,6	0,719
Localidad	4	0,65	0,16	5,9	0,000
Variedad*Localidad	20	0,53	0,03	0,9	0,499
Año	1	0,50	0,50	18,4	<,0001
Variedad*Año	5	0,15	0,03	1,1	0,361
Localidad*Año	4	0,42	0,10	3,8	0,007

Tabla 32b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter proporción amilosa/amilopeptina considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	7	0,19	0,03	0,9	0,4828
Localidad	3	0,28	0,09	3,3	0,0242
Variedad*Localidad	21	0,80	0,03	1,3	0,1877
Año	1	1,03	1,03	35,5	<,0001
Variedad*Año	7	0,17	0,02	0,9	0,5339
Localidad*Año	3	0,23	0,07	2,7	0,0534

Tabla 33a. Comparación de las medias de variedad para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	AMILOSA/AMILOPECTINA	SIGNIFICACION
Genoll de Crist	0,98	a
Navy	0,97	a
Tavella Brisa	0,97	a
Canela	0,94	a
Castellfollit del Boix	0,94	a
Montcau	0,90	a

Tabla 33b. Comparación de las medias de variedad para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	AMILOSA/AMILOPECTINA	SIGNIFICACION
Andecha	0,98	a
Genoll de Crist	0,97	a
Tavella Brisa	0,97	a
Navy	0,96	a
White Kidney	0,93	a
Canela	0,92	a
Castellfollit del Boix	0,91	a
Montcau	0,85	a

A diferencia de la amilosa y la amilopectina, caracteres en los cuales el comportamiento medio de las variedades ensayadas en Santa Pau parecía diferir de su comportamiento en otras localidades, cuando examinamos el cociente entre ambos las diferencias se presentan entre el grupo constituido por Santa Pau, Vallès Oriental y Baix Llobregat, con respecto a el Maresme (Tabla 34a). La no consideración de Santa Pau simplemente elimina uno de los extremos de la tabla, pero no altera mucho las significaciones (Tabla 34b).

Tabla 34a. Comparación de las medias de localidad para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	AMILOSA/AMILOPECTINA	SIGNIFICACION
Santa Pau	1,02	a
Vallès Oriental	1,01	a
Baix Llobregat	1,00	a
Vallès Occidental	0,90	ab
Maresme	0,83	b

Tabla 34b. Comparación de las medias de localidad para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	AMILOSA/AMILOPECTINA	SIGNIFICACION
Vallès Oriental	0,99	a
Baix Llobregat	0,97	ab
Vallès Occidental	0,92	ab
Maresme	0,87	b

Tanto si consideramos la localidad de Santa Pau, como si no, el año 2002 tiende a presentar una mayor valor del cociente amilosa/amilopectina (Tablas 35a y 35b), consecuencia del efecto año sobre el contenido de amilosa y su ausencia sobre el contenido de amilopectina (Tablas 27 y 31).

Tabla 35a. Comparación de las medias de año para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	AMILOSA/AMILOPECTINA	SIGNIFICACION
2002	1,02	a
2003	0,88	b

Tabla 35b. Comparación de las medias de año para el carácter proporción amilosa/amilopectina considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	AMILOSA/AMILOPECTINA	SIGNIFICACION
2002	1,03	a
2003	0,84	b

5.1.6. Contenido en Sacarosa

Todos los efectos principales e interacciones resultaron significativos para el contenido en sacarosa, tanto si se incluye o no la localidad de Santa Pau, con la consiguiente variación en el número de variedades testigo (Tablas 36a y 36b).

Tabla 36a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en sacarosa ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	5	1508	301	115,0	<,0001
Localidad	4	160	40	15,3	<,0001
Variedad*Localidad	20	114	5	2,2	0,008
Año	1	113	113	43,3	<,0001
Variedad*Año	5	148	29	11,3	<,0001
Localidad*Año	4	97	24	9,3	<,0001

Tabla 36b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en sacarosa ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	7	1465	209	69,8	<,0001
Localidad	3	140	46	15,7	<,0001
Variedad*Localidad	21	115	5	1,8	0,0285
Año	1	94	94	31,6	<,0001
Variedad*Año	7	141	20	6,8	<,0001
Localidad*Año	3	99	33	11,0	<,0001

Las variedades con un mayor contenido de sacarosa fueron Genoll de Crist y Montcau, mientras las que presentaron un menor contenido fueron Navy y Tavella Brisa (Tabla 37a). Si se incluyen todos los testigos la variedad Andecha se coloca en cabeza respecto al contenido en sacarosa junto a la variedad Genoll de Crist (Tabla 37b).

Tabla 37a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en sacarosa ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	SACAROSA	SIGNIFICACION
Genoll de Crist	26,6	a
Montcau	21,4	b
Canela	19,4	c
Castellfollit del Boix	18,7	c
Navy	16,2	d
Tavella Brisa	15,6	d

Tabla 37b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en sacarosa ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	SACAROSA	SIGNIFICACION
Genoll de Crist	26,9	a
Andecha	25,1	a
Montcau	21,6	b
Canela	19,4	c
Castellfollit del Boix	19,3	c
White Kidney	19,1	c
Navy	16,8	d
Tavella Brisa	16,2	d

En el Vallès (Oriental y Occidental) el contenido de sacarosa resulta superior al de las otras localidades (Tabla 38a). Como Santa Pau es la localidad con menor contenido medio, su exclusión de los análisis no modifica sustancialmente las conclusiones, aunque las dos localidades del Vallès Oriental y Occidental quedan ahora diferenciadas significativamente (Tabla 38b).

Tabla 38a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en sacarosa ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	SACAROSA	SIGNIFICACION
Vallès Oriental	21,6	a
Vallès Occidental	20,3	ab
Baix Llobregat	19,4	bc
Maresme	18,8	c
Santa Pau	18,0	c

Tabla 38b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en sacarosa ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	SACAROSA	SIGNIFICACION
Vallès Oriental	22,2	a
Vallès Occidental	20,6	b
Baix Llobregat	19,8	bc
Maresme	19,3	c

En el año 2002 las judías presentaron un mayor contenido medio de sacarosa que en el 2003, independientemente de si se contempla o no la localidad de Santa Pau (Tablas 39a y 39b). El año 2002, de características climáticas suaves y lluviosas favoreció la acumulación de hidratos de carbono en detrimento de la proteína.

Tabla 39a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en sacarosa ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	SACAROSA	SIGNIFICACION
2002	20,7	a
2003	18,6	b

Tabla 39b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en sacarosa (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	SACAROSA	SIGNIFICACION
2002	21,4	a
2003	19,6	b

El mayor contenido de sacarosa, considerando el conjunto de variedades y localidades, lo presentó la variedad Genoll de Crist en el Vallès Oriental y Occidental (Tabla 40). El valor más bajo fue para Tavella Brisa en la localidad de Santa Pau (Tabla 40). Sin embargo la significación de la interacción genotipo x localidad hay que atribuirla fundamentalmente al comportamiento de Montcau en el Baix Llobregat y en el Vallès Oriental, y a Canela en Santa Pau (Tabla 41)

Tabla 40. Contenido medio de sacarosa (g x Kg^{-1} de materia seca) de cada variedad en cada localidad.

	Canela	Castellfollit del Boix	Genoll de Crist	Montcau	Navy	Tavella Brisa
Baix Llobregat	19,77	17,92	26,76	19,48	16,92	15,59
Vallès Occidental	19,40	20,05	28,02	21,32	17,40	15,70
Maresme	17,80	19,55	24,84	19,82	16,24	15,06
Santa Pau	19,47	16,05	25,41	20,73	13,44	12,95
Vallès Oriental	20,66	19,73	28,09	25,75	16,83	18,66

Tabla 41. Valor de la interacción (g x Kg^{-1} de materia seca) variedad * localidad para el contenido en sacarosa en cada una de las combinaciones. Valores superiores a 0.37 son significativamente diferentes de $p=0.05$.

	Canela	Castellfollit del Boix	Genoll de Crist	Montcau	Navy	Tavella Brisa
Baix Llobregat	0,59	-0,50	0,38	-1,70	0,99	0,24
Casamada	-0,68	0,72	0,73	-0,76	0,57	-0,56
Maresme	-0,86	1,65	-1,02	-0,84	0,83	0,23
Santa Pau	1,69	-0,97	0,42	0,95	-1,09	-1,00
Vallès Oriental	-0,74	-0,90	-0,50	2,35	-1,31	1,09

Los valores hallados para el contenido de sacarosa en el presente ensayo concuerdan en general con los reportados por Lattanzio *et al.* (1986) y Rupérez (1998), ya que los valores oscilan entre los mismos rangos.

5.1.7. Contenido en Acido Máfico

Todos los factores principales e interacciones presentaron significación para el contenido en ácido málico, aunque el efecto localidad deja de ser significativo si excluimos Santa Pau del análisis de la varianza (Tabla 42a y 42b).

Tabla 42a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en ácido málico (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	5	0,18	0,04	18,6	<,0001
Localidad	4	0,04	0,01	5,6	0,001
Variedad*Localidad	20	0,07	0,00	1,8	0,026
Año	1	0,16	0,16	83,1	<,0001
Variedad*Año	5	0,09	0,02	9,9	<,0001
Localidad*Año	4	0,03	0,01	4,1	0,004

Tabla 42b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en ácido málico (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	7	0,41	0,059	28,6	<,0001
Localidad	3	0,01	0,003	1,8	0,1591
Variedad*Localidad	21	0,08	0,004	2,0	0,014
Año	1	0,13	0,134	65,1	<,0001
Variedad*Año	7	0,23	0,033	16,1	<,0001
Localidad*Año	3	0,02	0,008	4,1	0,0097

La variedad con mayor contenido medio de ácido málico fue Montcau, mientras que en el extremo opuesto se situó Tavella Brisa (Tabla 43a). En el análisis sin la localidad de Santa Pau, Andecha se coloca en la parte superior de la tabla junto con Montcau y White Kidney en la inferior junto con Tavella Brisa (Tabla 43b).

Tabla 43a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en ácido málico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	ACIDO MALICO	SIGNIFICACION
Montcau	0,51	a
Genoll de Crist	0,47	b
Navy	0,46	b
Castellfolit del Boix	0,45	bc
Canela	0,42	cd
Tavella Brisa	0,38	d

Tabla 43b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en ácido málico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	ACIDO MALICO	SIGNIFICACION
Andecha	0,55	a
Montcau	0,52	a
Genoll de Crist	0,46	b
Navy	0,44	bc
Castellfolit del Boix	0,43	bc
Canela	0,40	cd
White Kidney	0,37	d
Tavella Brisa	0,36	d

Santa Pau resulta ser la localidad con mayor contenido de ácido málico, mientras que el Vallès Occidental resulta ser la localidad con un contenido menor (Tabla 44a). Sin Santa Pau, no se detectan diferencias significativas entre localidades (Tabla 44b).

Tabla 44a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en ácido málico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	ACIDO MALICO	SIGNIFICACION
Santa Pau	0,47	a
Maresme	0,46	ab
Vallès Oriental	0,44	abc
Baix Llobregat	0,43	bc
Vallès Occidental	0,42	c

Tabla 44b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en ácido málico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	ACIDO MALICO	SIGNIFICACION
Maresme	0,45	a
Baix Llobregat	0,44	a
Vallès Oriental	0,44	a
Vallès Occidental	0,43	a

En el año 2003 las judías presentaron un mayor contenido medio de ácido málico que en el 2002, tanto si se considera como no la localidad de Santa Pau (Tablas 45a y 45b).

Tabla 45a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en ácido málico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	ACIDO MALICO	SIGNIFICACION
2003	0,48	a
2002	0,41	B

Tabla 45b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en ácido málico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	ACIDO MALICO	SIGNIFICACION
2003	0,48	a
2002	0,41	b

El mayor valor de ácido málico en el conjunto del ensayo lo presentó Montcau en la localidad del Maresme y el más bajo Tavella Brisa en el Vallès Occidental (Tabla 46), pero los responsables de la significación de la interacción fueron los comportamientos de Montcau en diversas localidades (Tabla 47).

Tabla 46. Contenido medio de ácido málico ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) de cada variedad en cada localidad.

	Canela	Castellfollit del Boix	Genoll de Crist	Montcau	Navy	Tavella Brisa
Baix Llobregat	0,43	0,42	0,47	0,44	0,45	0,38
Vallès Occidental	0,39	0,44	0,42	0,51	0,44	0,31
Maresme	0,39	0,47	0,51	0,57	0,45	0,39
Santa Pau	0,45	0,48	0,48	0,48	0,52	0,43
Vallès Oriental	0,42	0,42	0,44	0,56	0,46	0,38

Tabla 47. Valor de la interacción ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) variedad * localidad para el contenido en ácido málico en cada una de las combinaciones. Valores superiores a ± 0.01 son significativamente diferentes de 0 $p=0.05$.

	Canela	Castellfollit del Boix	Genoll de Crist	Montcau	Navy	Tavella Brisa
Baix Llobregat	0,033	-0,009	0,019	-0,057	0,000	0,014
Vallès Occidental	0,004	0,019	-0,015	0,027	0,003	-0,038
Maresme	-0,043	0,010	0,031	0,041	-0,031	-0,009
Santa Pau	0,006	0,007	-0,014	-0,059	0,033	0,027
Vallès Oriental	0,000	-0,027	-0,021	0,047	-0,005	0,005

5.1.8. Contenido en Acido Cítrico

Igual que en el caso del ácido málico, todos los efectos principales e interacciones resultaron significativos para el contenido de ácido cítrico (Tabla 48a). Si se excluye la localidad de Santa Pau del tratamiento estadístico la interacción variedad x localidad deja de ser significativa, aunque está en el límite (Tabla 48b).

Tabla 48a. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en ácido cítrico ($\text{g} \times \text{Kg}^{-1}$ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	5	252	50	26,1	<,0001
Localidad	4	233	58	30,2	<,0001
Variedad*Localidad	20	86	4	2,2	0,007
Año	1	148	148	76,9	<,0001
Variedad*Año	5	75	15	7,8	<,0001
Localidad*Año	4	160	40	20,8	<,0001

Tabla 48b. Resultados del análisis de la varianza para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau.

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	Pr > F
Variedad	7	277	39	21,1	<,0001
Localidad	3	155	51	27,6	<,0001
Variedad*Localidad	21	65	3	1,7	0,0549
Año	1	58	58	31,2	<,0001
Variedad*Año	7	94	13	7,2	<,0001
Localidad*Año	3	40	13	7,2	0,0002

La variedad con mayor contenido de ácido cítrico resulta ser Genoll de Crist, mientras que la que presenta menor cantidad es Montcau (Tabla 49a). Si se incluyen más variedades testigo y se excluye la localidad de Santa Pau, Andecha se coloca entre las variedades de menor contenido en ácido cítrico (Tabla 49b).

No se detecta correlación genotípica significativa ($p=0,05$) entre el contenido de ácido cítrico y ácido málico ($r = 0.26$ o -0.35), según se incluyan o no Andecha y White Kidney.

Tabla 49a. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg⁻¹ de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	ACIDO CITRICO	SIGNIFICACION
Genoll de C rist	13,2	a
Castellfollit del Boix	11,8	b
Tavella Brisa	10,8	bc
Canela	10,6	bc
Navy	10,1	c
Montcau	7,6	d

Tabla 49b. Comparación de las medias de variedad para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

VARIEDAD	ACIDO CITRICO	SIGNIFICACION
Genoll de Crist	13,5	a
Castellfolitdel Boix	12,8	ab
Tavella Brisa	11,7	bc
White Kidney	11,2	c
Navy	10,7	cd
Canela	10,7	cd
Andecha	9,5	de
Montcau	8,5	e

Las localidades del Vallès Oriental y el Baix Llobregat presentaron los mayores valores de contenido en ácido cítrico, mientras que Santa Pau fue la localidad con un menor valor (Tabla 50a). La exclusión de Santa Pau no modifica las conclusiones (Tabla 50b).

No se detectaron correlaciones ambientales significativas ($r = -0.61$ y 0.76), considerando o no considerando la localidad de Santa Pau en los cálculos; ambos coeficientes no son significativos ($p=0.05$)

Tabla 50a. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	ACIDO CITRICO	SIGNIFICACION
Vallès Oriental	12,4	a
Baix Llobregat	12,3	a
Maresme	10,4	b
Vallès Occidental	10,2	b
Santa Pau	8,1	c

Tabla 50b. Comparación de las medias de localidad para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

LOCALIDAD	ACIDO CITRICO	SIGNIFICACION
Vallès Oriental	12,5	a
Baix Llobregat	11,9	a
Vallès Occidental	10,2	b
Maresme	9,8	b

A diferencia del ácido málico en el caso del ácido cítrico el año en que se alcanzó una mayor concentración fue el 2002 (Tabla 51a y 51b).

Tabla 51a. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todas las localidades y no considerando los testigos Andecha y White Kidney. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	ACIDO CITRICO	SIGNIFICACION
2002	11,8	a
2003	9,5	b

Tabla 51b. Comparación de las medias de año para el carácter contenido en ácido cítrico (g x Kg^{-1} de materia seca) considerando todos los testigos y no considerando la localidad de Santa Pau. Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes según el test de Duncan ($p=0.05$).

AÑO	ACIDO CITRICO	SIGNIFICACION
2002	11,8	a
2003	10,4	b

El mayor contenido de ácido cítrico en el conjunto del ensayo lo presentó Genoll de Crist en la localidad del Baix Llobregat, mientras que el menor contenido lo presentó Montcau en Santa Pau (Tabla 52). Sin embargo los responsables principales de la significación variedad x localidad son Canela y Castellfollit del Boix, en la localidad de Santa Pau (Tabla 53).

Tabla 52. Contenido medio de ácido cítrico (g x Kg⁻¹ de materia seca) de cada variedad en cada localidad.

	Canela	Castellfollit del Boix	Genoll de Crist	Montcau	Navy	Tavella Brisa
Baix Llobregat	12,3	14,3	15,1	9,0	11,9	11,6
Vallès Occidental	10,0	11,1	12,0	7,5	8,8	11,9
Maresme	9,4	12,9	11,6	7,6	10,1	10,8
Santa Pau	10,2	7,8	11,9	3,8	7,6	7,2
Vallès Oriental	11,4	13,1	15,4	10,1	12,2	12,5

Tabla 53. Valor de la interacción (g x Kg⁻¹ de materia seca) variedad * localidad para el contenido en ácido cítrico en cada una de las combinaciones. Valores superiores a ± 0.33 son significativamente diferentes de 0 p=0.05.

	Canela	Castellfollit Del Boix	Genoll De Crist	Montcau	Navy	Tavella Brisa
Baix Llobregat	-0,017	0,800	0,216	-0,240	0,120	-0,880
Vallès Occidental	-0,160	-0,225	-0,709	0,354	-0,871	1,612
Maresme	-0,964	1,376	-1,333	0,315	0,273	0,333
Santa Pau	2,165	-1,451	1,307	-1,164	0,122	-0,980
Vallès Oriental	-1,025	-0,500	0,519	0,736	0,355	-0,085

5.1.9. Importancia de los distintos factores e interacciones en la variación

El cultivo de variedades tradicionales y testigos en 5 zonas con tradición en la producción de judía seca en Catalunya, revela que los efectos genéticos, ambientales y de interacción son significativos para el contenido de la mayoría de compuestos químicos relacionados con el valor sensorial.

5.2. Análisis Multivariante de la Varianza

La consideración conjunta de los datos permite efectuar asociaciones entre niveles de los factores, lo que facilita la aproximación a las causas de la variación, al simplificarla.

5.2.1. Análisis Canónico de localidades

Los tres primeros ejes canónicos explican el 97% de la variación, mientras que el primer eje explica ya el 81% (Tabla 54). La proteína tiene una correlación positiva muy elevada con el primer eje, mientras que almidón, amilosa y sacarosa tienen también correlaciones elevadas con este eje aunque negativas (Tabla 54). El segundo eje presenta sus correlaciones más elevadas con el cociente amilosa/amilopectina (positiva) y con la amilopectina (negativa) (Tabla 55).

Tabla 54. Valores propios de los ejes canónicos, proporción de la variación que explican y variación acumulada.

Eje	Valor propio	Diferencia	Proporción	Acumulado	Proporción de Verosimilitud	Significación
1	5,05	4,37	0,81	0,81	0,06	<,0001
2	0,68	0,35	0,11	0,92	0,39	<,0001
3	0,32	0,16	0,05	0,97	0,65	0,0018
4	0,16		0,03	1,00	0,86	0,0548

Tabla 55. Correlación de las variables con los ejes canónicos.

Variable	1er eje	2º eje	3er eje	4º eje
Proteína	0,99	-0,08	-0,03	-0,01
Almidón	-0,89	-0,39	0,19	-0,11
Amilosa	-0,81	0,59	0,02	-0,01
Amilopectina	-0,57	-0,78	0,21	-0,12
Amilosa/Amilopectina	0,02	0,97	-0,19	0,15
Sacarosa	-0,87	0,07	-0,42	0,23
Acido m álico	0,65	-0,01	0,40	0,64
Acido cí tri co	-0,68	0,66	0,28	0,13

La posición más clara en el espacio determinado por los dos primeros ejes canónicos la presenta la localidad de Santa Pau, que se aleja del resto por producir judías con un elevado contenido en proteína (Fig. 19).

A lo largo de este primer eje, con contenidos decrecientes de proteína y crecientes de hidratos de carbono nos encontramos el Maresme, Vallès Occidental, Baix Llobregat y Vallès Oriental (Fig. 19). El cociente amilosa/amilopectina y el contenido en amilopectina ayudan a separar las localidades del Maresme y Vallès Occidental, y del Baix Llobregat y Vallès Occidental. Queda clara pues la influencia ambiental en la composición química de las judías que permite identificar procedencias concretas. En

este marco las localidades más extremas (Santa Pau y Vallès Oriental) son las que permiten una separación más clara basada fundamentalmente en el contenido en proteína (Fig. 19).

La composición de los distintos suelos (Tablas 2, 4, 6,8 y 10) no detecta deficiencias para ninguno de los nutrientes, que en la mayoría de los casos se encuentran en cantidades elevadas. El hecho de que la separación entre localidades se realice fundamentalmente en la escala que va de hidratos de carbono a proteína (Fig. 19), hace pensar en algún componente ambiental que pueda desplazarse a lo largo de este eje. El hecho de que en Santa Pau el cultivo sea de secano y por tanto el cultivo pase periodos de déficit hídrico puede disminuir la síntesis de hidratos de carbono, con lo cual la proporción de proteína aumenta. De todas formas esta explicación no puede ser la única ya que en un año normal la producción de Santa Pau no es significativamente distinta de las localidades del Vallès Oriental y Maresme aunque si inferior a las localidades Vallès Occidental y El Prat (Datos no publicados). Por otro lado la localidad de Santa Pau destaca del resto por la elevada capacidad de intercambio catiónico, lo cual podría favorecer la absorción de nutrientes para la síntesis de moléculas complejas como las proteínas.

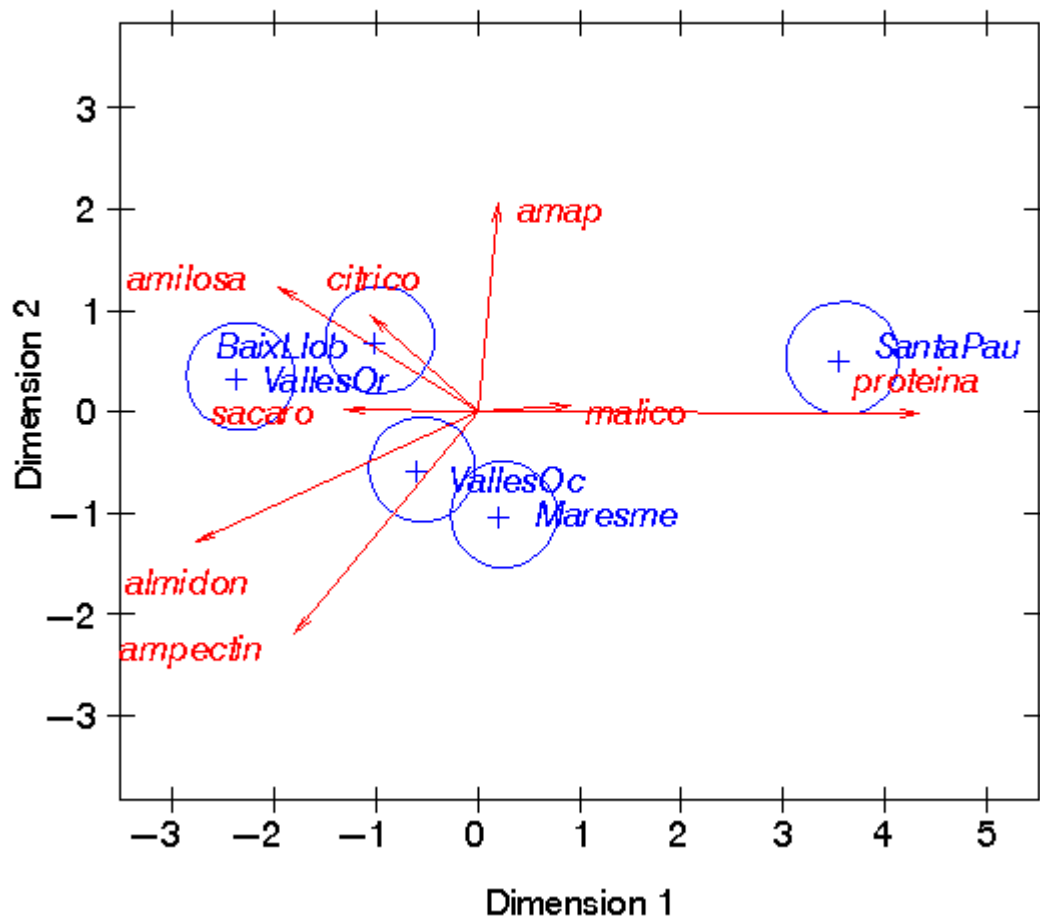


Figura 19. Análisis multivariante. Posición de las localidades en el plano determinado por los dos primeros ejes, intervalos de confianza $p=0.05$, y relación de las distintas variables estudiadas con los dos primeros ejes. La longitud de los vectores corresponde a la proyección del eje del carácter sobre el eje canónico. El ángulo de los vectores es proporcional a la correlación del eje de la variable con el eje canónico.

Dado que el contenido de proteína se ha relacionado con la cremosidad (Martin *et al.*, 2002; Pujolá *et al.*, 2004) podemos especular con judías especialmente cremosas procedentes del cultivo en Santa Pau y más harinosas procedentes de la zona del Vallès Oriental, donde la contrapartida sería judías más dulces. En todo caso los componentes químicos han permitido separar todas las localidades y ahora será necesario comprobar si estas diferencias en composición química se reflejan en el valor sensorial de las judías.

5.2.2. Análisis Canónico de variedades

Los tres primeros ejes canónicos explican el 99% de la variación y el primer eje explica por si solo el 76% (Tabla 56). La variable que presenta una mayor correlación con el primer eje es la sacarosa (positiva) seguida de lejos por el ácido cítrico, almidón, ácido málico, y amilosa (todas positivas) (Tabla 57). Las principales correlaciones con el segundo eje las presentan, por este orden, proteína (positiva), amilosa (negativa), almidón (negativa) y ácido málico (positiva) (Tabla 57).

Tabla 56. Valores propios de los ejes canónicos, proporción de la variación que explican y variación acumulada.

Eje	Valor propio	Diferencia	Proporción	Acumulado	Proporción de Verosimilitud	Significación
1	7,94	5,90	0,76	0,76	0,02	<,0001
2	2,03	1,72	0,19	0,95	0,22	<,0001
3	0,31	0,24	0,03	0,99	0,68	0,0731
4	0,07	0,04	0,00	0,99	0,90	0,7052
5	0,03		0,00	1,00	0,97	0,6957

Tabla 57. Correlación de las variables con los ejes canónicos.

Variable	1er eje	2º eje	3er eje	4º eje	5º eje
Proteína	-0,24	0,91	-0,32	0,02	0,05
Almidón	0,50	-0,82	-0,01	0,20	0,18
Amilosa	0,46	-0,86	0,13	-0,12	-0,02
Amilopectina	0,41	-0,59	-0,16	0,55	0,37
Amil/Amp	0,05	-0,59	0,24	-0,62	-0,44
Sacarosa	0,99	-0,00	0,01	0,00	-0,00
Ac.Málico	0,49	0,79	0,33	0,01	0,02
Ac.Cítrico	0,74	-0,52	0,28	-0,15	0,25

Las variedades que más se separan del resto en el plano determinado por los dos primeros ejes son Montcau (elevada proteína y ácido málico, bajo almidón, amilosa y ácido cítrico; Fig. 20) y Genoll de Crist (elevada sacarosa; Fig. 20). El resto de variedades están más agrupadas (Castellfollit del Boix y Canela se solapan parcialmente en estos dos ejes; Fig. 20).

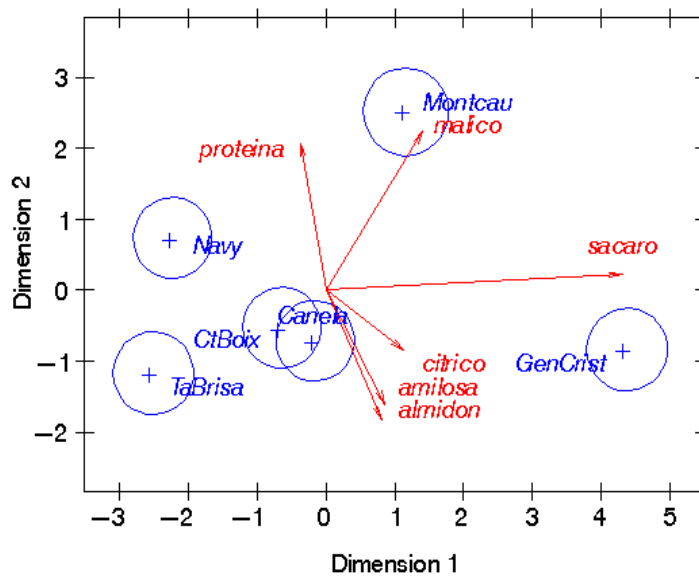


Figura 20. Análisis multivariante. Posición de las variedades en el plano determinado por los dos primeros ejes, intervalos de confianza $p=0.05$, y relación de las distintas variables estudiadas con los dos primeros ejes. La longitud de los vectores corresponde a la proyección del eje del carácter sobre el eje canónico. El ángulo de los vectores es proporcional a la correlación del eje de la variable con el eje canónico.

Todas las variedades han podido separarse a través del análisis multivariante, lo cual indica que presentan diferencias genéticas importantes para los caracteres analizados pues los datos proceden de cultivos en ambientes diversos que se han podido caracterizar por sus efectos. Del mismo modo que hemos detectado diferencias significativas entre localidades que nos permiten hacer un perfil de los materiales producidos en cada localidad, este perfil es posible también para las variedades. Siguiendo el mismo argumento de relación composición química/valor sensorial, la variedad Montcau se esperaría que fuese especialmente cremosa, mientras el resto serían bastante más harinosas. A su vez, Genoll de Crist sería la variedad más dulce, seguida de Montcau, Canela, Castellfollit del Boix, Navy y Tavella Brisa (Fig. 20).

5.2.3. Análisis Canónico de localidades y variedades

Los dos primeros ejes explican un 92% de la variación (Tabla 58). El primer eje está fuertemente correlacionado con el contenido en proteína (positivamente) y almidón, amilosa y sacarosa (negativamente) (Tabla 59). A pesar de las dificultades para analizar

cada una de las interacciones se observa que los valores más notables y separados del resto corresponden al comportamiento de Ganxet (Montcau) y Navy en la localidad de Santa Pau, Ganxet (Montcau) en el Maresme, y Tavella Brisa en el Vallès Oriental (Figura 21).

Tabla 58. Valores propios de los ejes canónicos, proporción de la variación que explican y variación acumulada.

Eje	Valor propio	Diferencia	Proporción	Acumulado	Proporción de Verosimilitud	Significación
1	5,05	4,37	0,81	0,81	0,06	<,0001
2	0,68	0,35	0,11	0,92	0,38	<,0001
3	0,32	0,16	0,05	0,97	0,65	0,0018
4	0,16		0,02	1,00	0,86	0,0548

Tabla 59. Correlación de las variables con los ejes canónicos.

Variable	1er eje	2º eje	3er eje	4º eje
Proteína	0,99	-0,08	-0,04	-0,01
Almidón	-0,89	-0,39	0,19	-0,11
Amilosa	-0,81	0,59	0,02	-0,01
Amilop.	-0,57	-0,78	0,21	-0,12
Am/Amp	0,02	0,96	-0,19	0,15
Sacarosa	-0,87	0,07	-0,42	0,23
Ac.Málico	0,65	-0,01	0,40	0,64
Ac.Cítrico	-0,67	0,66	0,28	0,13

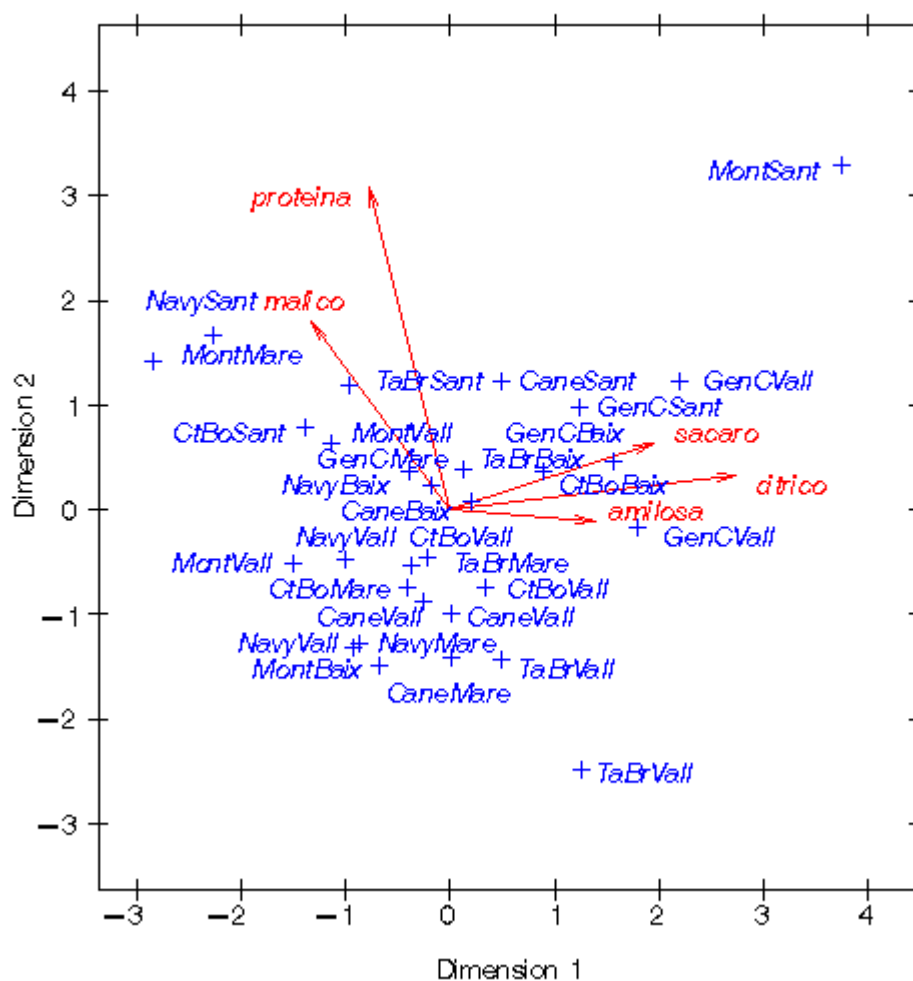


Figura 21. Análisis multivariante. Posición de las combinaciones variedad x localidad en el plano determinado por los dos primeros ejes, intervalos de confianza $p=0.05$, y relación de las distintas variables estudiadas con los dos primeros ejes. La longitud de los vectores corresponde a la proyección del eje del carácter sobre el eje canónico. El ángulo de los vectores es proporcional a la correlación del eje de la variable con el eje canónico. Para una mejor comprensión de la gráfica se han eliminado los intervalos de confianza.

5.2.4 Aportaciones del enfoque multivariante a la comprensión de la variación

El enfoque multivariante confirma el enfoque univariante:

- Todos los caracteres estudiados, con la excepción quizás del ácido málico, permiten separar las localidades experimentales de manera clara. Santa Pau y el Vallès Oriental serían las dos localidades más distantes en el espacio determinado por los dos primeros ejes canónicos.

- También permiten separar de manera eficiente las variedades estudiadas, que se diferencian fundamentalmente por su contenido en proteína y sacarosa.
- Las separaciones entre combinaciones localidad x variedad son menos claras aunque existen. Sumando los efectos ambientales, varietales y de interacción se alcanzan valores extremos en el contenido de las moléculas implicadas en el valor sensorial. Ello está a favor del establecimiento de DOPs, si se consigue relacionar de manera objetiva la composición química con el valor sensorial de las judías.

6. CONCLUSIONES

1. El efecto localidad ha resultado significativo para el contenido de todos los compuestos químicos estudiados.
2. El efecto año ha resultado significativo para el contenido de todos los compuestos químicos estudiados excepto la amilopectina.
3. Las zona de Santa Pau y el Vallès se presentan habitualmente en los grupos de significación extremos para el contenido de las moléculas estudiadas (290 frente a 209 g.Kg^{-1} en proteína, 178 frente a 203 g.Kg^{-1} en almidón, 90 frente a 100 g.Kg^{-1} en amilosa, 88 frente a 111 g.Kg^{-1} en amilopectina, 18 frente a 22 g.Kg^{-1} en sacarosa, 0.47 frente a 0.42 g.Kg^{-1} en ácido málico y 8 frente a 12 g.Kg^{-1} en ácido cítrico). Estas diferencias deben atribuirse fundamentalmente al clima, tipo de manejo (secano en Santa Pau) y edafología (mayor capacidad de intercambio catiónico en Santa Pau).
4. El análisis multivariante y de agrupación confirma la separación de la localidad de Santa Pau como claramente diferente, y la proximidad del resto (especialmente entre Vallès Occidental y Maresme). La zona del Baix Llobregat se separa fundamentalmente por el contenido de ácido málico, que desde el punto de vista sensorial probablemente tiene una contribución baja a las diferencias organolépticas.
5. En el año 2003, seco y caluroso durante el cultivo, las judías se diferenciaron del 2002, en el contenido de proteína (255 frente a 229 g.Kg^{-1}), almidón (191 frente a 203 g.Kg^{-1}), amilosa (90 frente a 101 g.Kg^{-1}), sacarosa (19 frente a 21 g.Kg^{-1}), ácido málico (0.48 frente a 0.41 g.Kg^{-1}) y ácido cítrico (10 frente a 12 g.Kg^{-1}).
6. El efecto variedad resulta significativo para todos los compuestos químicos estudiados excepto la amilopectina.

- 7.** Las variedades tradicionales Ganxet (Montcau) y Genoll de Crist se sitúan en grupos de significación extremos para la mayoría de los compuestos estudiados (270 frente a 225 g.Kg⁻¹ en proteína, 189 frente a 205 g.Kg⁻¹ en almidón, 88 frente a 100 g.Kg⁻¹ en amilosa y 13 frente a 8 g.Kg⁻¹ en ácido cítrico)
- 8.** Los testigos se sitúan en grupos de significación intermedios en la mayoría de los compuestos estudiados.
- 9.** Los análisis multivariante y de agrupación confirman que Ganxet (Montcau) y Genoll de Crist están claramente separadas entre ellas y del resto. Las otras variedades tradicionales y testigos, siendo distintas entres sí, están más próximas.
- 10.** La interacción genotipo por localidad fue significativa en el contenido de proteína, sacarosa, ácido málico y ácido cítrico. La existencia de estas interacciones es importante para justificar la elección de determinados tipos varietales en cada zona si pretendemos maximizar o minimizar alguno de los componentes químicos. A menudo las interacciones más significativas coinciden con combinaciones consolidadas históricamente de variedad x ambiente.
- 11.** Existen diferencias ambientales suficientes para separar químicamente DOPs en la medida de que estas diferencias se reflejen realmente en características sensoriales distintas.
- 12.** Las variedades tradicionales más conocidas tienen también diferencias importantes y algunas de ellas presentan interacciones con ambientes particulares dando combinaciones únicas que podrían explorarse sensorialmente.
- 13.** Las combinaciones de variedad por zona de cultivo aumentan el abanico de composición química, permitiendo, al menos desde el punto de vista químico, definir productos claramente distintos. De confirmarse este abanico de características diferentes también en el ámbito sensorial, la definición objetiva de denominaciones de origen en Catalunya parece una tarea posible y que merece impulsarse.

7. BIBLIOGRAFIA

- Aguirre-Terrazas MG, Anzaldúa-Morales A, Quintero A, Gastéldum G, Torres JV. 1992. Influencias del remojo y de la cocción en la textura de alubias (*Phaseolus vulgaris* L). *Rev Esp Cien Tec Ali* 32: 401-416.
- Anderson JW, Smith BM, Washnock CS. 1999. Cardiovascular and renal benefits of dry bean and soybean intake. *Am J Clin Nutr* 70: 464-74.
- Anzaldúa A, Quintero A, Balandran R. 1996. Kinetics of thermal softening of six legumes during cooking. *J Food Sci* 61: 167-170.
- AOAC. Official methods of Analysis. 2000. Cereal foods: protein total in flour. Chapter 32. p 14.
- AOAC. Official methods of Analysis. 2000. Cereal foods: Starch in cereals. Chapter 32. p 35.
- Baker R. 1971. Effects of stem rust and leaf rust of wheat on genotype-environmental interaction for yield. *Can J Plant Sci* 51: 457-461.
- Balasubramanian P, Linkard A, Tyler R, Vandenerg A. 1999. Genotype and environment effect on canning quality of dry bean grown in Saskatchewan. *Can J Plant Sci* 79: 335-342.
- Baldi M. 1997. La Mongeta Ganxet. *Catalunya Rural i Agrària* 31: 35-38.
- Baraka M, Madiha S, El-Taliawy T. 1984. Cooking quality of faba bean grains as affected by commercial integrated foliar fertilization. En, Proceedings of the 9th World Fertilizers Congress of CIEC. Vol 3: 257-260.

- Barton II, FE, Windham W. 1988. Determination of Acid-Detergent Fiber and Crude Protein in Forages by Near Infrared Reflectance Spectroscopy: Collaborative Study. *J Assoc Off Anal Chem* 71: 1162-1167.
- Bay A, Bourne M, Taylor A. 1996. Effect of moisture content on compressive strength of whole snap beans (*Phaseolus vulgaris* L) seeds and separate cotyledons. *Int J Food Sci Tech* 31: 327-331.
- Beninger CW, Hosfield GL, Nair MG. 1998. Flavonol glycosides from the seed coat of a new manteca-type dry bean (*Phaseolus vulgaris* L). *J Agric Food Chem* 46: 2906-10.
- Beninger CW, Hosfield GL. 1998. Physical characteristics of dry beans in relation to seed coat colour genotype. *HortScience* 33(2): 328-329.
- Beninger CW, Hosfield GL. 1999. Flavonol glycosides of montcalm dark red kidney bean: implications for the genetics of seed coat colour in *Phaseolus vulgaris* L. *J Agric Food Chem* 47: 4079-82.
- Bornet FR, Billaux MS, Messing B. 1997. Glycemic index concept and metabolic diseases. *Int J Biol Macromol* 21: 207-19.
- Bosch L, Casañas F, Sánchez E, Pujolà M, Nuez F. 1998a. Selection L67, a Pure Line with True Seed Type of the Ganxet Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *HortScience* 33: 905-906.
- Bosch L, Casañas F, Sánchez E, Pujolà M, Romero del Castillo R, Valero J, Nuez F. 1998b. La mongeta Ganxet: millora genètica d'una varietat tradicional. *Arxius de l'ESAB* 2: 7-14.
- Brevendan R, Egli D, Leggett J. 1977. Influence of N nutrition on total N, Nitrate and Carbohydrate Levels in Soybeans. *Agron J* 69: 965-969.
- Bressani R. 1993. Grain quality of common beans. *Food Rev Int* 9: 237-297.

- Burbano C, Muzquiz M, Ayet G, Cuadrado C, Pedrosa M. 1999. Evaluation of antinutritional factors of selected varieties of *Phaseolus vulgaris* L. *J Sci Food Agric* 79: 1468-1472.

- Burr H, Kon S, Morris H. 1968. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. *Food Technol-Chicago* 22: 336-338.

- Canvin T. 1965. The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the several oil seed crops. *Can J Bot* 43: 63-69.

- Carneiro J, Minim V, Souza M. Jr. 2005. Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão. *Ciênc Tec Ali-Campinas* 25: 18-24.

- Casañas F, Bosch L, Sanchez E, Romero del Castillo R, Valero J, Baldi M, Mestres J and Nuez F. 1997a. Collecting, conservation and variability of the Ganxet common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Genet Resour Newsl* 112: 105-106.

- Casañas F, Bosch L, Sanchez E, Romero del Castillo R, Valero J, Baldi M, Mestres J and Nuez F. 1997b. Morphological and agronomical variability in Ganxet common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), an ecotype from Catalonia. *Ann Rep Bean Improv Coop* 40:13-14.

- Casañas F, Bosch L, Sanchez E, Romero del Castillo R, Valero J, Baldi M, Mestres J and Nuez F. 1997c. Some nutritive and culinary characteristics of the Ganxet common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ann Rep Bean Improv Coop* 40: 15-16.

- Casañas F, Bosch L, Sanchez E, Romero del Castillo R, Valero J, Baldi M, Mestres J and Nuez F. 1998. Características de la alubia Ganxet (*Phaseolus vulgaris* L.) y acciones para su conservación. *Inves Agraria: Prod Prot Veg* 13: 43-55.

- Casañas F, Pujolà M, Bosch L, Sanchez E, Nuez F. 2002. Chemical basis for the low sensory perception of ganxet bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coat. *J Sci Food Agric* 82 : 1282-1286.

- Casañas F, Bosch L, Pujolà M, Centelles E, Gual J, Flórez A, Beltran P, Nuez F. 2003. Hacia la descripción objetiva de denominaciones geográficas de origen para judía (*Phaseolus vulgaris* L.). En De Ron AM editor, *III Seminario de Judía de la Península Ibérica. Actas de la Asociación Española de Leguminosas*. pp 41-46.

- Casañas F, Pujolà M, Romero del Castillo R, Almirall A, Sánchez E and Nuez F. 2006. Variability in some texture characteristics and chemical composition of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Sci Food Agric* 86 (14): 2445-2449.

- Castellanos JZ, Guzmán H, Jiménez A, Mejía C, Muñoz J, Acosta J, Hoyos G, López E, González D, Salinas R, González J, Fernández P, Cáceres B. 1997. Preferential habits of consumers of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mexico. *Arch Latinoam Nutr* 47: 163-167.

- Champ MJ. 2002. Non-nutrient bioactive substances of pulses. *Brit J Nutr* 88: 307-319.

- CIAT. 1997. Looking upward to grow more beans. Centro Internacional de Agricultura Tropical. News Release.

- CIAT [Centro Internacional de Agricultura Tropical]. 2001a. About beans [en línea]. CIAT, Cali, Colombia, 2001. <<http://www.ciat.cgiar.org/beans/aboutbeans.htm>> [consulta: 14/03/2003].

- CIAT [Centro Internacional de Agricultura Tropical] (2001b) Bean World Statistics [en línea]. CIAT, Cali, Colombia, 2001. <http://www.ciat.cgiar.org/beans/worldstat2.htm> [consulta: 20/03/2003].

- Clemente A, Domony C. 2001. Anticarcinogenic activity of protease inhibitors in legumes. En: *Proceedings of the 4th. European Conference on Grain Legumes*. Cracow, pp 114-115. Paris: AEP Editions.

- Comisión Europea. 2000. Alimentos sanos para los ciudadanos europeos. La Unión Europea y la calidad de los alimentos. Serie: Europa en movimiento. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo, pp 22.

- Coultate T. 1998. Food. The Chemistry of Its Components. The Royal Society of Chemistry. Thomas Graham House. Cambridge.

- Cubero J, Moreno M. 1983. Leguminosas de grano. Ediciones Mundiprensa. Madrid.

- DARP [Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca]. 1992. Assaig de varietats. Mongeta Ganxet. DARP-Generalitat de Catalunya, Servei d'Extensió Agraria, Fulls d'informació, Barcelona.

- Davies AM, Grant A. 1987. Review: Near infra-red analysis of food. *Int J Food Sci Tech* 22: 191-207.

- De la Cuadra C, Martín I, De la Rosa L, Rodríguez A, Varela F. 2000. Trabajos actuales sobre *Phaseolus* desarrollados en el Centro de Recursos Fitogenéticos del INIA. II Seminario de Judía en la Península Ibérica. Actas de la Asociación Española de Leguminosas. Villaviciosa. Vol I. 45-47.

- De Lange A, Labuschagne M. 2000. Multivariate assessment of canning quality, chemical characteristics and yield of small white canning beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in south Africa. *J Sci Food Agric* 81: 30-35.

- De Ron M, Rodiño A, Santalla M. 2006. Diversidad genética de la judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Europa. Simposium Internacional sobre la conservación de la Biodiversidad Agrícola. Tenerife, 10-13 de Mayo.

- Dupin H, Cuq J. 1997. La Alimentación Humana. Ediciones Bellaterra.

- Egonlety M, Aworh O. 2003. Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tanins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Harms). *J Food Eng* 56: 249-254.

- El-Mubarak AA, Abdel-Galiel NE, Salih FA, Ghorashi AM. 1998. The effect of time of harvest on seed yield and its components. FABIS – Newsletter (ICARDA). *Faba bean information service* 20: 33-36.

- Elia F, Hosfield G, Kelly J, Uebersax M. 1997. Genetic analysis and inter-relationships between traits for cooking time, water absorption, and protein and tannin content of Andean dry beans. *J Am Soc Hort Sci* 122 (4): 512-518.

- Escribano MR, Santalla M, de Ron AM. 1997. Genetic diversity in pod and seed quality traits of common bean populations from north-western Spain. *Euphytica* 93:71-81.

- FAOSTAT. 2003. FAO Statistical Databases [en línea]. FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations], Roma, Italia, 03/2003. <http://apps.fao.org> [consulta: 20/03/2003].

- Fox P, Crossa J, Romagosa I. 1997. Multi-environment testing and genotype x environment interaction. En: *Statistical Methods for Plant Variety Evaluation*. Kempton R, Fox P (Eds). Chapman and Hall, London, pp: 117-137.

- Galván MZ, Aulicino MB, García Medina S, Balatti PA. 2001. Genetic diversity among Northwestern Argentinian cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as revealed by RAPD markers. *Genet Resour Crop Ev* 48: 251-260.

- Garrido A, Guerrero JE, Gomez A. 1993. Posibilidades y limitaciones de la aplicación de la técnica NIRS en la evaluación nutricional de alimentos para el ganado. En: A. Gómez Cabrera y E.J. de Pedro Sauz (Eds.), *Nuevas Fuentes de Alimentos para la Producción Animal IV*, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y pesca pp: 243-255.

- Gepts P, Bliss FA. 1985. F₁ hybrid weakness in the common bean: Differential geographic origin suggests two gene pools in cultivated bean germplasm. *J Hered* 76: 447-450.

- Gepts P, Bliss FA. 1986. Phaseolin variability among wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris* L) from Colombia. *Econ Bot* 40: 469-478.

- Gomez C. 1995. Diversidad Biológica, conocimiento local y desarrollo. *Agricultura y Sociedad* 77: 127-146.

- González-Castro M, Oruña-Concha M, López-Hernandez J, Sima-Lozano J. 1997. Effects of freezing on the organic acid content of frozen green beans and Padrón peppers. *Z Lebensm Unters For* 204: 365-368.

- Graham GC, Henry RJ, Redden RJ. 1994. Identification of navy bean varieties using random amplification of polymorphic DNA. *Aust J Exp Agr* 34: 1173-1176.

- Guzman S, Acosta J, Paredes O. 2000. Protein and mineral content of a novell collection of wild and weedy common bean (*Phaseolus vulgaris* L). *J Sci Food Agric* 80: 1874-1881.

- Hangen L, Bennink MR. 2002. Consuption of black beans and navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.) reduced azoxymethane-induced colon cancer in rats. *J Nutr Cancer* 44(1): 60-65.

- Hathcock J. 1991. Residue trypsin inhibitor. Data needs for risk assessment. En: *Nutritional and Toxicological consequences of food processing*. pp 273-279. New York: Plenum Press.

- Hawtin GC, Chancellor GJ. 1978. Food legume improvement and development. Proceeding of a workshop held at the University of Aleppo, Syria. ICARDIA i IDRC.

- Hernández JE. (Coord.). 1999. Diversidad biológica: nuevos horizontes para la agricultura. BCH-Pulso Agrario/Monografía, suplemento al n° 28.

- Hosfield G, Uebersax M, Isleib T. 1984. Seasonal and genotypic effects on yield and physic-chemical seed characteristics related to food quality in dry edible beans. *J Am Soc Hortic Sci* 109: 182-189.

- Hosfield G.L. 1991. Genetic control of production and food quality factors in dry bean. *Food Technol-Chicago* 45: 100-103.

- IPGRI [International Plant Genetic Resources Institute]. 2001. Descriptores para *Phaseolus vulgaris*. IPGRI, Roma, Italia.

- Jacinto C, Hernandez H, Azpíroz S, Acosta J, Bernal I. 2002. Characterization of a common bean population of inbred lines regarding cooking quality and some nutritional components. *Agrociencia* 36: 451-459.

- Juliano BO, Perez CM, Barber S, Balkeney AB, Iwasaki T, Shibuya N, Keneaster K, Chung S, Laignelet B, Launay B, Del Mundo AM, Suzuki H, Shiki J, Tsuji S, Tokoyama J, Tatsumi K, Webb BD. 1981. International cooperative comparison of instrument methods for cooked rice texture. *J Texture Stud* 12: 17-38.

- Juste JA. 1992. Las legumbres en la historia. En: Legumbres. Aguilar S.A. Ediciones. (Madrid) España, pp 9-21.

- Kigel J. 1999. Culinary and nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by environmental factors. *Biotechnol Agron Soc Environ* 3:205-209.

- Knopp S, Bytof G, Selmar D. 2006. Influence of processing on the content of sugars in green arabica coffee beans. *Eur Food Res Technol* 223: 195-201.

- Kushi LH, Meyer KA, Jacobs DR. 1999. Cereal, legumes and chronic disease risk reduction evidence from epidemiologic studies. *Am J Clin Nutr* 70: 451S-8S.

- Kuti JO. 1992. Growth and compositional changes during the development of prickly pear fruit. *J Hort Sci* 67: 861-868.

- Lajolo FM, Genovese MI, Pryme IF, Dale TM. 2004. Beneficial (antiproliferative) effects of different substances. En : Muzquiz M, Hill GD, Cuadrado C, Pedrosa MM, Burbano C. Editores, Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. EAAP publication.. (Toledo) España.

- Lattanzio V, Bianco V, Miccolis V, Linsalata V. 1986. Mono and Oligosaccharides in Fifteen *Vicia faba* L. Cultivars. *Food Chem* 22: 17-25.

- Lecompte PH, Dardenne P, Agneessens R. 1992. Prédiction de la digestibilité de la matière organique des fourrages verts par la méthode enzymatique à la pepsine cellulase et par la spectrométrie dans le proche infrarouge. *Landbouwtijdschrift. Rev Agr-Brussels* Vol 45: 1.

- Lott JNA, Greenwood JS, Batten GD. 1995. Mechanisms and regulation of mineral nutrient storage during seed development. En: Seed development and germination. Marcel Dekker, New York, USA.

- Madar Z, Stark AH. 2002. New legume sources as therapeutic agents. *Brit J Nutr* 88: 287-292.

- Madhujith T, Shahidi F. 2005. Antioxidant potential of pea beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Food Sci* 70: 85S-90S.

- Marten GC, Shenk JS, Barton II, FE. II (editors). 1989. Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of Forage Quality. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 643 (revised with supplements), pp 110.

- Martin M, Fitzgerald M. 2002. Proteins in rice grains influence cooking properties. *J Cereal Sci* 36: 285-294.

- Martinez C, Ros G, Periago MJ, López G, Ortuño J, Rincón F. 1995. Physico-Chemical and Sensory Quality Criteria of Green Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Lebensm-Wiss Technol* 28: 515-520.

- Mather JC. 2002. Pulses and Carcinogenesis: potential for the prevention of colon, breast and other cancers. *Brit J Nutr* 88: 273S-9S.

- Mazza G, Miniati E. 2000. Anthocyanin in fruits, vegetables and grains. Boca Raton, Fla.: CRC Press., pp 2-10.

- Métais I, Aubry C, Hamon B, Jalouzot R, Peltier D. 2000. Description and analysis of genetic diversity between commercial bean lines (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor Appl Genet* 101: 1207-1214.

- Molnár-Perl I, Morvai M. 1992. Rapid method for the simultaneous GC quantitation of acids and sugars in fruits and vegetables. *Food Add Contamin* 9: 505-514.

- Moraghan J, Grafton K. 2001. Genetic diversity and mineral composition of common bean seed. *J Sci Food Agric* 81: 404-408.

- Murray I. 1993. Forage Analysis by Near Infra-Red Reflectance Spectroscopy. En: Davies, Baker, Grant and Laidlaw (Eds.), *Sward Measurement Handbook*, Second Ed., British Grassland Soc., pp: 285-312.

- Mwandemele OD, Doto A. 1990. Evaluation of soybean lines for drought tolerance and the influence of water availability on cook ability. *Soils and Fertilizers* 1990:053-02198.

- Norris KH. 1989a. NIRS Instrumentation. En: Marten GC, Shenk JS, Barton II, FE (editors). *Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of Forage Quality*. U.S. Department of Agriculture, *Agriculture Handbook No.643* (revised with supplements), pp 12-17.

- Norris KH. 1989b. Definition of NIRS Analysis En: Marten GC, Shenk JS, Barton II, FE (editors). *Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of Forage Quality*. U.S. Department, of Agriculture, *Agriculture Handbook No.643* (revised with supplements), pp 6.

- Oomah B, Cardador-Martinez A, Loarca-Piña G. 2005. Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Sci Food Agric* 85: 935-942.

- Osorio P, Mendez G, Agama E, Islas J, Sanchez J, Bello L. 2003. Starch bioavailability in two commercial bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) and in industrialized beans. *Agrociencia* 37: 565-573.

- Paredes O, Reyes C, Montes R, Carabez A. 1989. Hard-to-cook phenomenon in common beans: influence of growing location and hardening procedures. *Int J Food Sci Tech* 24: 535-542.

- Pasin NH, Santos BG, Dos DSB. 1991. Performance of bean seeds derived from plants subjected to water stress at two growth stages. *Pesqui Agropecu Bras* 26:183-192.

- Piergiovanni A, Pignone D. 2003. Effect of year to year variation and genotype on trypsin inhibitor level in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. *J Sci Food Agric* 83: 473-476.

- Primo E. 1979. Química Agrícola III. Alimentos, 1st edition. Alhambra, Madrid, pp: 144-145.

- Pujolá M, Casañas F, Bosch L, Almirall A, Sanchez E, Nuez F. 2004. Creamines and chemical composition in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) : The roles of protein and starch. En: Proceedings 5th European Conference on Grain Legumes: legumes for the benefit of agriculture, nutrition and environment. pp. 397.

- Pujolà M, Farreras A, Casañas, F. 2007. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry* 4:1034-1041.

- Ramesh M, Bhattacharya K, Mitchell J. 2000. Developments in understanding the basis of cooked rice texture. *Crit RevFood Sci* 40: 449-460.

- Rice-Evans C, Miller N, Paganaga G. 1996. Structure and antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolics acids. *Free Radical Bio Med* 20: 933-56.

- Rodrigo AP. 2000. Caracterización morfoagronómica y bioquímica de germoplasma de judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) de España. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.

- Romagosa I, Fox P. 1993. Genotype x environment interaction and adaptation. En: Plant Breeding: Principles and Prospects. Hayward M, Bosemart N, Romagosa I (Eds). Chapman and Hall, London, pp: 373-390.

- Roudot AC. 2004. Reología y Análisis de la textura de los alimentos. Ed. Acribia. España.

- Rupérez P. 1998. Oligosaccharides in raw and processed legumes. *Z Lebensm Unters For* 206: 130-133.

- Saccani G, Gherardi S, Trifiró A, Soresi C, Calza M, Freddi C. 1995. Use of ion chromatography for the measurement of organic acids in fruit juices. *J Chromatogr A* 706: 395-403.

- Saini HS. 1988. Extractability and evaluation of α -Galactosides of Sucrose in Leguminous seeds. *Food Chem* 28: 149-157.

- Sánchez M. 1996. Aceptación de productos hortícolas de calidad según residencia. *Horticultura* 112: 109-114.

- Sánchez E. 2003. Variabilitat de la mongeta ganxet (*Phaseolus vulgaris* L.): determinació de tipologies i selecció de línies comercials. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.

- Sánchez E, Sifres A, Casañas F, Nuez F. 2007. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in Catalonia, a Mesoamerican germplasm hotspot to be preserved. Aceptado para publicación a *J Hortic Sci Biotech*.

- Sánchez-Mata M, Cámara-Hurtado M, Díez-Marqués C. 2002. Identification and quantification of soluble sugars in green beans by HPLC. *Eur Food Res Technol* 214 : 254-258.

- Santalla M, Amurrio JM, De Ron AM. 2001. Inter-relationships between cropping systems for pod and seed quality components and breeding implications in common bean. *Euphytica* 121: 45-51.

- Santalla M, Monteagudo AB, González AM, De Ron AM. 2004. Agronomical and quality traits of runner bean germplasm and implications for breeding. *Euphytica* 135: 205-215.

- Sanz MA, Atienza del Rey J. 1999. Sensory analysis of beans (*Phaseolus vulgaris* L). *Biotechnol Agron Soc Environ* 3: 201-204.

- SAS Institute. 1995. SAS User's Guide. Statistics, SAS Inst. Cary, NC.

- Schuster W, Posselt V. 1977. Protein content and protein quality of some soybeans varieties in different locations, en Protein quality from leguminous crops pp: 324-338. Comisión de la CEE. Bruselas.

- Sefa-Dedh S, Stanley DW. 1979. Textural implications of the microstructure of legumes. *Food Tech* 33: 77-83.

- Shehata AME, Khalil MA, Youssef MM, El-Rouby MM, Abd-El-Aal MH. 1988. Effect of soil salinity on cooking properties and chemical composition of faba bean (*Vicia faba* L.). *Egypt J Food Sci* 16: 111-126.

- Shellie-Dessert KG, Bliss FA. 1991. Genetic improvement of food quality factors. En Van Schoonhoven, AO Voysest Edt. Common Beans, Research for Crop Improvement, CAB-CIAT, Wallingford, UK, pp 649-677.

- Shellie KC, Hosfield GL. 1991 Genotype x environmental effects on food quality of common bean: resource-efficient testing procedures. *J Am Soc Hortic Sci* 11: 732-736.

- Shenk J, Westerhaus M. 1993. Analysis of Agriculture and Food Products by Near Infrared Reflectance Spectroscopy. Monograph. Dept. of Agronomy, Penn State University and Infrasoft. International, Port Matilda, PA, USA, 116 p.
- Shih M, Yang K, Kuo S. 2002. Quality and antioxidative activity of black soybean tofu as affected by bean cultivar. *J Food Sci* 67(2): 480-484.
- Shimelis E, Rakshit S. 2005. Proximate composition and physico-chemical properties of improved dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. *LWT* 38: 331-338.
- Skroch PW, Nienhuis J, Beebe S, Tohme J, Pedraza F. 1998. Comparison of Mexican common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) core and reserve germplasm collections. *Crop Sci* 38:488-496.
- Sperling L, Scheidegger U, Buruchara R. 1996. Designing seed systems with small farmers: principles derived from bean research in the Great Lakes region of Africa. Overseas development Institut (ODI) Network paper 60 pp: 14.
- Stamboliev M, Georgiev D, Tsvetanova K, Tonev YT. 1995. Effects of some agrotechnical and agroclimatic factors on the technological quality of *Phaseolus vulgaris* grown on calcareous chernozem. *Rastenievedni Nauki* 32: 65-67.
- Stoyanova M, Tonev T, Nankova M. 1997. Effect of agro ecological conditions and nitrogen fertilizer application on the chemical composition and technological properties of field bean seeds. *Pochvozn Agrokhn Ekol.* 27:31-43.
- Sunday G. 2002. Chemical composition and nutritional attributes of selected newly developed lines of soybean (*Glycine max* L. Merr). *J Sci Food Agric* 82: 1735-1739.
- Takeoka GR, Dao LT, Full GH, Wong RY, Harden RA, Edwards RH, Berrios JD. 1997. Characterization of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) anthocyanins. *J Agric Food Chem* 45: 3395-400.

- Trugo LC, Farah A, Cabral L. 1995. Oligosaccharide distribution in Brazilian soya bean cultivars. *Food Chem* 52: 385-387.

- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 2001. USDA nutrient database for standard reference. http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/list_nut.pl (accessed January 21, 2003).

- Valdebouze P. 1977. Trypsin inhibiting and hemagglutinating activities in seeds of some legume species, en Protein quality from leguminous crops pp: 87-98. Comisión de la CEE. Bruselas.

- Vàsquez D, Abadía B, Arriaza L. 2004. Aplicación de la Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarojo Cercano (NIRS) para la caracterización nutricional del pasto Guinea y del grano de maiz. *Revista Corpoica* 5: 1.

- Vegas A, Montoya J, Alonso J. 1990. Judías de Castilla y León. INIA.

- Verardo G, Cecconi F, Geatti P, Giumanini A. 2002. New procedures for determination of acids in coffe extracts, and observations on the development of acidity upon ageing. *Anal Bioanal Chem.* 374 : 879-885.

- Voysest O, Dessert M. 1991. Bean cultivars: classes and commercial seed types. En Van Schoonhoven, A.; O. Voysest (Eds.) Common Beans, Research for Crop Improvement, CAB-CIAT, Wallingford, UK, pp: 119-162.

- Voysest O. 2000. Mejoramiento Genético del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado de Variedades de América Latina 1930-1999. CIAT, Cali, Colombia.

- Williams W, Mc Gibon R. 1980. Environmental effects on seed oil percentange and fatty acid composition in white lupin (*Lupinus albus*). *J Agr Sci Cambi* 95: 597-602.

- Wu X, James R, Anderson A. 2005. Mineral contents in seed coat and canning quality of selected cultivars of dark red kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Food Process Pres* 29: 63-74.

ANEXOS

Valores de las estaciones meteorológicas más próximas durante la época de cultivo:

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C) - 2002

COMARCA	MUNICIPIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Baix Llobregat	Viladecans	21,8	23,3	22,4	20,8	17,6	13,5
Garrotxa	Olot	21,6	22,3	20,8	18,2	15,5	10,6
Vallés Occidental	Cerdanyola	21,7	23,0	21,5	19,7	16,3	11,9
Maresme	Dosrius	19,8	20,3	19,1	17,4	15,0	11,1
Vallès Oriental	Caldes de Montbui	21,6	22,9	21,2	19,1	16,1	11,4

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C) - 2003

COMARCA	MUNICIPIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Baix Llobregat	Viladecans	24,5	26,0	26,8	21,3	16,6	13,6
Garrotxa	Olot	23,6	23,5	24,9	17,9	12,4	9,7
Vallés Occidental	Cerdanyola	24,7	25,4	26,5	20,0	15,2	12,1
Maresme	Dosrius	23,2	23,1	26,6	18,2	13,1	11,3
Vallès Oriental	Caldes de Montbui	24,8	25,4	26,7	19,9	15,0	11,5

MEDIA DE TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL (°C) - 2002

COMARCA	MUNICIPIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Baix Llobregat	Viladecans	24,3	24,3	23,2	20,8	18,4	14,7
Garrotxa	Olot	27,7	28,3	26,9	24,6	22,0	17,2
Vallés Occidental	Cerdanyola	28,6	28,6	27,4	25,3	22,9	18,3
Maresme	Dosrius	24,3	24,3	23,2	21,4	19,2	14,9
Vallès Oriental	Caldes de Montbui	29,1	29,3	27,6	25,6	22,5	17,9

MEDIA DE TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL (°C) - 2003

COMARCA	MUNICIPIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Baix Llobregat	Viladecans	29,3	30,2	32,0	25,3	20,1	17,7
Garrotxa	Olot	32,2	31,8	34,2	24,9	18,2	17,3
Vallés Occidental	Cerdanyola	31,1	31,0	33,6	25,9	20,2	17,8
Maresme	Dosrius	27,8	27,4	32,1	22,3	16,4	14,8
Vallès Oriental	Caldes de Montbui	32,6	31,9	34,5	26,1	19,8	17,5

MEDIA DE TEMPERATURA MINIMA MENSUAL (°C) - 2002

COMARCA	MUNICIPIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Baix Llobregat	Viladecans	17,1	17,5	16,5	14,3	12,7	9,0
Garrotxa	Olot	14,8	16,9	15,5	12,7	9,9	5,1
Vallés Occidental	Cerdanyola	14,5	17,4	16,3	14,4	11,1	6,8
Maresme	Dosrius	15,2	16,6	15,7	13,8	11,8	8,1
Vallès Oriental	Caldes de Montbui	13,9	16,6	15,6	13,3	10,4	6,0

MEDIA DE TEMPERATURA MINIMA MENSUAL (°C) - 2003

COMARCA	MUNICIPIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Baix Llobregat	Viladecans	19,4	21,6	21,3	17,6	13,1	10,3
Garrotxa	Olot	15,7	16,3	16,8	12,5	7,7	4,6
Vallés Occidental	Cerdanyola	17,7	19,5	19,4	15,0	10,8	7,7
Maresme	Dosrius	18,7	19,0	22,0	14,9	10,1	8,4
Vallès Oriental	Caldes de Montbui	16,8	18,6	19,0	14,7	10,5	6,6

PRECIPITACION MENSUAL (mm) - 2002

COMARCA	MUNICIPIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Baix Llobregat	Viladecans	18,1	20,9	134,7	47,6	237,0	48,3
Garrotxa	Olot	122,8	97,4	205,2	139,0	73,6	45,6
Vallés Occidental	Cerdanyola	49,8	11,4	106,7	27,7	93,5	62,1
Maresme	Dosrius	68,4	38,0	143,0	30,4	81,8	75,3
Vallès Oriental	Caldes de Montbui	41,4	10,4	113,6	10,2	86,0	53,2

PRECIPITACION MENSUAL (mm) - 2003

COMARCA	MUNICIPIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Baix Llobregat	Viladecans	0,2	2,4	34,6	101,8	139,0	14,8
Garrotxa	Olot	77,2	50,2	164,4	110,2	257,2	55,6
Vallés Occidental	Cerdanyola	0,2	3,8	50,0	88,9	138,6	17,8
Maresme	Dosrius	4,4	4,8	d.l	89,4	189,4	44,3
Vallès Oriental	Caldes de Montbui	7,0	6,8	66,6	85,4	108,0	28,4

NUMERO DE DIAS DE PRECIPITACION - 2002

COMARCA	MUNICIPIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Baix Llobregat	Viladecans	5	4	15	11	6	11
Garrotxa	Olot	6	7	18	11	6	9
Vallés Occidental	Cerdanyola	4	7	15	10	12	14
Maresme	Dosrius	8	9	14	17	15	16
Vallès Oriental	Caldes de Montbui	6	7	18	9	11	18

NUMERO DE DIAS DE PRECIPITACION - 2003

COMARCA	MUNICIPIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Baix Llobregat	Viladecans	1	2	2	11	14	9
Garrotxa	Olot	7	10	9	14	13	10
Vallés Occidental	Cerdanyola	1	2	3	12	17	16
Maresme	Dosrius	4	3	d.l	15	17	13
Vallès Oriental	Caldes de Montbui	10	5	3	13	13	16

HUMEDAD RELATIVA MEDIA - 2002

COMARCA	MUNICIPIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Baix Llobregat	Viladecans	77	83	91	93	94	92
Garrotxa	Olot	75	77	84	85	86	82
Vallés Occidental	Cerdanyola	56	60	70	70	72	73
Maresme	Dosrius	72	77	86	87	87	85
Vallès Oriental	Caldes de Montbui	71	74	85	85	87	89

HUMEDAD RELATIVA MEDIA - 2003

COMARCA	MUNICIPIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Baix Llobregat	Viladecans	72	71	69	77	79	83
Garrotxa	Olot	70	74	65	86	78	83
Vallés Occidental	Cerdanyola	53	58	53	69	72	77
Maresme	Dosrius	61	71	48	82	88	88
Vallès Oriental	Caldes de Montbui	66	71	64	85	89	93