

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

ENSAYO DE PORTAINJERTOS PARA PIMIENTO DE GUERNIKA CV DERIO

presentado por

Ander Jimenez Etxebarria (e)k

Aurkeztua

**INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA EN HORTOFRUTICULTURA Y
JARDINERÍA
NEKAZARITZAKO INGENIARI TEKNIKO BARATZEZAINZA, FRUTAGINTZA ETA
LOREZAINZA BEREZITASUNA**

Febrero de 2012

RESUMEN

El pimiento de Gernika es muy demandado en el País Vasco y se consume en todo el Estado, lo que hace que muchos agricultores lo produzcan. Bajo el sello de Calidad Euskolabel se puede comercializar a buen precio. Hoy en día se produce bajo la normativa de producción integrada. Interesa su producción fuera de los meses de verano ya que aunque requiere un gasto en calefacción, no existe competencia con los productores de pimiento al aire libre. Sin embargo, debido a las bajas temperaturas de la zona, el encarecimiento del gasoil para la calefacción y la llegada de pimiento de terceros países, la rentabilidad del cultivo se ha visto seriamente afectada en los últimos años. El uso de portainjertos en otras variedades de pimiento ha dado como resultado resistencias a patógenos de suelo, vigor inducido, relación cantidad-calidad, etc. Sin embargo no se ha estudiado la posible reducción del coste energético en cultivo hidropónico de pimiento de Gernika mediante el uso de portainjertos.

En el presente Trabajo Final de Carrera, se pretende evaluar el comportamiento del cultivo de pimiento Gernika, variedad Derio, sobre diferentes portainjertos. Debido a que el cultivo de esta variedad se realiza principalmente en sistemas hidropónicos, y con el objetivo de reducir el gasto energético de la producción, se realizará un estudio comparativo en invierno y con apoyo mínimo de calefacción. Se estudiará la compatibilidad de la variedad Derio con los siguientes patrones comerciales utilizados en pimiento: Atlante F1, Creonte, Adicto, AKX 411. Como control se utilizará la variedad Derio sin injertar.

El ensayo se realizó en el centro de Investigación Agraria Neiker de Derio, en cultivo hidropónico sobre lana de roca y a unas temperaturas ligeramente limitantes. Puesto que la plantación se realizó en febrero, se pretendía ahorrar en calefacción y ver en estas condiciones el comportamiento de las variedades injertadas y del control en cuanto a producción y calidad. Para ello se tomaron datos a lo largo del cultivo. Después de la plantación se midieron variables como altura, diámetro de tronco y posibles incompatibilidades entre patrón-variedad. Una vez establecido el cultivo se analizaron las diferencias en cuanto a producción (cantidad-calidad) y precocidad.

Por último, cabe destacar que los meses de febrero y marzo del año 2011 fueron bastante cálidos, por lo que el primer propósito de valorar la eficiencia energética queda en segundo plano y se ha centrado el trabajo en estudiar la afinidad de la variedad Derio injertada sobre diferentes portainjertos, y las diferencias en cuanto a crecimiento, producción y calidad entre las plantas injertadas y el control procedente de semilla. Las diferencias finales aunque no han sido lo significativas que esperábamos desde un primer momento, nos permiten descartar el uso del portainjertos Creonte para la variedad Derio en cultivo hidróponico por el bajo rendimiento obtenido en la producción de pimiento de Gernika.

Fdo: Ander Jiménez Etxebarria
EL ALUMNO

Fdo: Inmaculada Farran
LA TUTORA

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. ANTECEDENTES	9
1.2. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE PIMIENTO.....	9
1.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE PIMIENTO.....	10
1.3.1 Origen	10
1.3.2 Taxonomía y morfología	11
1.3.3 Requerimientos edafoclimáticos.....	12
1.4 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS PARA LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN PIMIENTO DE GERNIKA.....	13
1.4.1 Definición	13
1.4.2 Obtención de la variedad Derio	13
1.4.3 Zona de producción	13
1.4.4 Sistema de producción integrada.....	14
1.4.5 Características y requisitos del producto.....	14
1.4.6 Importancia del pimiento de Gernika en la CAPV.....	15
1.5.1 La técnica.....	17
1.5.2 El injerto en el cultivo de pimiento	18
1.6 SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÓNICO.....	18
1.6.1 Sustratos	20
1.6.2. Solución nutritiva	21
2. OBJETIVOS.....	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO	24
3.2 INSTALACIONES.....	24
3.3 MATERIALES	24
3.3.1 Material vegetal	24
3.3.2 Sustrato	25
3.3.3 Solución nutritiva	26
3.4 MÉTODOS	26
3.4.1 Diseño del ensayo.....	26
3.4.2 Variables estudiadas	27
3.4.3 Desarrollo del ensayo	27
3.5 DATOS ESTADÍSTICOS.....	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1 CRECIMIENTO	34
4.1.1 Evolución de la altura de las plantas de pimiento durante el ensayo	34
4.1.2 Afinidad patrón-variedad.....	35
4.2 PRODUCCIÓN	38
4.2.1 Pimientos comerciales	38
4.2.2 Pimientos no comerciales	42
4.2.3 % de pimientos no comerciales respecto a los comerciales	44
4.3 CALIDAD	44
4.3.1 pH	44
4.3.2 Conductividad eléctrica.....	45
4.3.3 °Brix.....	45

4.3.4 Evolución del ácido cítrico	46
5. CONCLUSIONES	48
6. BIBLIOGRAFÍA	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Importancia del cultivo de pimiento en España.....	10
Tabla 2 Temperaturas críticas para pimiento en las distintas fases de desarrollo	12
Tabla 3. Superficie y producción (en docenas) de pimiento de Gernika en la CAPV y su protección con distintivo EUSKAL BASERRI* Y EUSKO LABEL.....	16
Tabla 4. Patrones utilizados en el ensayo.	25
Tabla 5. Relación de las labores realizadas durante el ensayo	30
Tabla 6. Separación de medias para la variable dependiente altura de la planta (cm) a los 108 días post-plantación.	35
Tabla 7. Separación de medias para la variable dependiente grosor del patrón (mm) a los 108 días post-plantación..	36
Tabla 8. Separación de medias para la variable dependiente grosor de la variedad (mm) a los 108 días post-plantación.....	37
Tabla 9: Separación de media de la variable diferencia de diámetro entre patrón y variedad (en mm) a los 108 días post-plantación..	38
Tabla 10 Separación de medias para la variable dependiente precocidad (90 DPP) en cuanto a producción en peso (g.m-2).....	41
Tabla 11: Separación de medias para la variable dependiente precocidad (90 DPP) en cuanto a producción en número de pimientos (pim.m-2)..	41
Tabla 12: Separación de medias para la variable dependiente producción acumulada pasados 121 DPP en (g.m-2).	42
Tabla 13: Separación de medias para la variable dependiente producción acumulada pasados 121DPP en (pim.m-2).	42
Tabla 14: Separación de medias para la variable dependiente producción no comercial a los 121 DPP en (g.m-2)..	44
Tabla 15: Separación de medias para la variable dependiente % de pimientos no comerciales..	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Saco de lana de roca utilizado en el ensayo.....	26
Figura 2: Diseño del ensayo por bloques	27
Figura 3: Foto de la parcela en la cual se realizó el ensayo una vez realizada la plantación	28
Figura 4: Relación en cuanto a pH (A) y CE (B) entre la entrada y salida del saco de cultivo	29
Figura 5: pimientos sin pedúnculo ni semillas	32
Figura 6: filtrado del zumo de pimiento.....	32
Figura 7: Método de valoración de acidez en 50ml de zumo filtrado de pimiento.....	33
Figura 8: Altura de las plantas de pimiento durante el ensayo.....	34
Figura 9: Grosor del tallo por debajo del punto de injerto de los diferentes patrones a lo largo del ensayo.....	35
Figura 10: Grosor por encima del punto de injerto de la variedad Derio injertada sobre los diferentes patrones y el testigo procedente de semilla.....	36
Figura 11: Grosor del tallo de la planta de pimiento injertada por encima y debajo del punto de injerto.....	37
Figura 12: Pimientos comerciales.	39
Figura 13: Producción de la variedad Derio injertada sobre diferentes patrones y el testigo procedente de semilla en $[g * (m^{-2})]$	39
Figura 14: Producción de la variedad Derio injertada sobre diferentes patrones y el testigo procedente de semilla en $[pim * (m^{-2})]$	40
Figura 15: Ejemplos de pimientos no comerciales.....	42
Figura 16: Evolución de la producción de pimientos no comerciales $(g.m^{-2})$	43
Figura 17: Evolución del pH a lo largo del ensayo.....	44
Figura 18: Evolución de la CE a lo largo del ensayo.....	45
Figura 19: Evolución de los °Brix a lo largo del ensayo.....	46
Figura 20: Evolución del ácido cítrico a lo largo del ensayo.....	46

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El pimiento de Gernika es un producto muy valorado tanto por agricultores como por consumidores en todo el Estado. Se cultiva tanto en suelo como en hidropónico, bajo la normativa de Producción Integrada, y los pimientos tienen que cumplir una serie de parámetros de calidad y producirse en la Comunidad Autónoma Vasca para venderse bajo la denominación de origen Pimiento de Gernika.

La subida de los combustibles para calefacción, junto con la competencia con terceros países y con zonas más adecuadas para el cultivo del pimiento, hace necesaria la búsqueda de patrones que aporten precocidad al cultivo, mayor producción o resistencia a bajas temperaturas.

Una de las variedades más utilizadas dentro de la denominación de origen Pimiento de Gernika es Derio. El objetivo principal del presente trabajo es buscar un patrón compatible con la variedad Derio que le proporcione vigor, precocidad o una mejor adaptación a temperaturas bajas, ya que la plantación se realizó en febrero, con un apoyo mínimo de calefacción.

1.2. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE PIMIENTO

Este cultivo constituye un alimento muy importante a nivel mundial por su alto contenido de vitamina A y C, vitales para la subsistencia de la población humana. Según la FAO, se estima que en el año 2010 se cultivaron 537.815 ha de pimiento en todo el mundo. A nivel nacional (Tabla 1), el cultivo del pimiento tiene una gran importancia, con una producción que ronda el millón de toneladas, de las que aproximadamente la mitad se exportan al resto de Europa. Sin embargo, en los últimos años, el número de hectáreas cultivadas de pimiento ha sufrido un fuerte retroceso (Tabla 1), debido probablemente al aumento de rendimiento de las variedades cultivadas, ya que las cantidades totales producidas apenas fluctúan.

Tabla 1. Importancia del cultivo de pimiento en España

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles de toneladas)	Comercio exterior (toneladas)	
				Importaciones	Exportaciones
1999	23,2	405	939,2	2.418	447.243
2000	23,2	408	946,7	3.287	385.676
2001	22,8	430	979,2	4.713	423.440
2002	23,0	460	1.056,8	7.816	495.630
2003	22,4	472	1.056,2	11.539	454.807
2004	22,7	473	1.075,5	13.556	406.375
2005	23,7	448	1.060,4	17.639	437.019
2006	23,7	484	1.147,8	18.778	483.256
2007	21,8	485	1.057,5	26.726	379.013
2008	18,7	491	918,1	32.418	448.784
2009	18,9	491	929,3	28.236	402.987

La gran mayoría se produce en el sur de España. Almería, Murcia y Alicante son las zonas con mayor superficie protegida (Namesny 2006). Algunos países europeos como Italia y Holanda, conjuntamente con otros países africanos como Senegal, Marruecos, etc. son los principales competidores.

En la Comunidad Autónoma del País Vasco se destinan 299 ha al cultivo de pimiento, lo que supone un 0,6% de la superficie destinada en España. El pimiento que se produce en la CAV es considerado un producto local, que se consume en el País Vasco y sólo un 20% aproximadamente puede llegar a supermercados de Madrid o Barcelona (Comité Profesional de Pimiento de Gernika 2010).

1.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE PIMIENTO

1.3.1 Origen

El pimiento es una planta cuyo origen botánico cabe centrarlo en América del Sur, concretamente en el área de Perú-Bolivia, desde entonces se expandió al resto de América Central y Meridional (Maroto 2002).

Es una planta cultivada desde muy antiguo por los indios Americanos que Colón encontró en su primer viaje y trajo a España en 1493, extendiéndose a lo largo del siglo XVI por otros países de Europa, Asia y África (Maroto 2002).

Su introducción en Europa supuso un avance culinario, ya que vino a complementar e incluso sustituir a otro condimento muy empleado como era la pimienta negra (*Piper nigrum* L.), de gran importancia comercial entre Oriente y Occidente.

1.3.2 Taxonomía y morfología

-Familia: *Solanaceae*.

-Especie: *Capsicum annuum* L.

-Planta: herbácea perenne, con ciclo de cultivo anual de porte variable entre los 0,5 metros (en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 metros (gran parte de los híbridos cultivados en invernadero).

-Sistema radicular: pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 centímetros y 1 metro.

-Tallo principal: de crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura (“cruz”) emite 2 o 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo. Los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente.

-Hoja: entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad) y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto.

-Flor: las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógena, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10%.

-Fruto: baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 milímetros.

1.3.3 Requerimientos edafoclimáticos

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto. Es una planta exigente en temperatura (más que el tomate y menos que la berenjena) (Tabla 2). Los saltos térmicos (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna) ocasionan desequilibrios vegetativos. Con temperaturas por debajo de 10°C durante la floración, se produce partenocarpia, y los frutos así formados son pequeños y sin semillas. Temperaturas diurnas muy elevadas (30 - 40°C), asociadas con bajas densidades luminosas durante los primeros estadios de desarrollo floral, favorecen la caída de flores (Namesny 2006).

En lo que a higrometría se refiere, el óptimo se centra entre el 50 y el 70 %. El pimiento es muy sensible a las condiciones de baja humedad y alta temperatura, provocando una excesiva transpiración que se manifiesta en la caída de flores y frutos (Namesny 2006).

Tabla 2: Temperaturas críticas para pimiento en las distintas fases de desarrollo

	TEMPERATURA (°C)		
	ÓPTIMA	MÍNIMA	MÁXIMA
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 (día) 16-18 (noche)	15	32
Floración y fructificación	26-28 (día) 18-20 (noche)	18	35

En cuanto a suelos, es una planta más exigente que el tomate. Requiere suelos profundos, ricos, bien aireados y sobre todo bien drenados. Puede resistir ciertas condiciones de acidez hasta un pH = 5,5 y en cultivo enarenado puede cultivarse con pH próximos a 8.

1.4 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS PARA LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN PIMIENTO DE GERNIKA

1.4.1 Definición

Los pimientos amparados por la Denominación de Origen Protegida «Pimiento de Gernika» o «Gernikako Piperra», son los productos de la familia de las solanáceas, especie *Capsicum annuum*, L, de las variedades locales «Derio» e «Iker», destinados al consumo humano en fresco.

La «Fundación Kalitatea Fundazioa», previa consulta al Comité Profesional del «Pimiento de Gernika» o «Gernikako Piperra», podrá proponer a la Dirección de Calidad Alimentaria de la Comunidad Autónoma del País Vasco que, previos ensayos y experimentación, sean autorizadas en la denominación nuevas variedades de pimiento, que respondan a las características, requisitos y criterios de calidad del producto establecidos en el Reglamento Técnico.

1.4.2 Obtención de la variedad Derio

La variedad Derio, utilizada para la producción de pimiento de Gernika, proviene de material local de pimiento choricero que poseían los caseríos del País Vasco. Sin embargo, las poblaciones locales se habían ido mezclando con el transcurso de los años con pimientos de otros tipos (dulce italiano, padrón, etc.) por lo que se consideró interesante establecer un plan de mejora encaminado a la obtención de un material vegetal de mejores características y más uniforme (Riga 2003).

En el proyecto “Selección de Pimiento Choricero del País” de 1989, se estableció un plan general de mejora que contemplaba dos fases.

La primera fase, de una duración aproximada de tres años, planteaba como objetivos la obtención de semillas G0 de nuevas variedades. A partir de una parcela de 2000 plantas, se obtuvieron tres selecciones que se consideraron cabeza de las nuevas variedades (G0).

La segunda fase del proyecto consistió en la comparación de las líneas seleccionadas (entre sí y con otras líneas o variedades), la confirmación de resultados de la fase anterior y la obtención de semillas G0, G1 y “semilla comercial”.

1.4.3 Zona de producción

Los pimientos se producirán en aquellas zonas de clima Atlántico de la Comunidad Autónoma del País Vasco que cuenten con un índice de evapotranspiración real superior a 585 mm. Este índice coincide con las provincias de Gipúzkoa y Bizkaia y las

siguientes zonas de Álava: Zona Cantábrica Alavesa, que comprende los municipios de Ayala, Okondo, Llodio, Amurrio y Artziniega; Zona de Estribaciones del Gorbea, municipios de Urkabustaiz, Zuya, Zigoitia, Legutiano y Aramaio, y los municipios de Zalduondo y Asperrena en la Llanada Alavesa.

1.4.4 Sistema de producción integrada

Para que un agricultor pueda vender su producto con la denominación de origen pimiento de Gernika además de pertenecer la parcela a una de las zonas citadas en el capítulo anterior, su finca debe producir bajo la normativa de Producción Integrada. Existe una legislación vigente sobre producción integrada en la cual se puede encontrar toda la normativa a seguir a la hora de gestionar labores como plantación, nutrición, control de plagas y enfermedades, etc. Todas las labores deben quedar registradas en un cuaderno de campo y se realizan auditorías. Las fincas que no cumplan la normativa quedarán excluidas de este sistema de producción, dificultando la venta de la cosecha.

1.4.5 Características y requisitos del producto

El «Pimiento de Gernika» o «Gernikako Piperra» es un pimiento fresco para freír, cuyas características morfológicas y de frescura son las siguientes:

- Color verde, entre verde medio y oscuro, con ligero brillo y uniforme en su coloración.
- Longitud de 6 a 12 cm, medida desde el ápice hasta el inicio del pedúnculo.
- Número de lóbulos: 2 o 3, poco marcados.
- Forma del fruto, triangular, estrecho y alargado.
- Sección: elíptica a triangular.
- Ápice, agudo.
- Pedúnculo: entero, fino y largo.
- Piel: sin presencia de pergamino, no coriácea y fina.
- Textura: tersa, no lacia, sin arrugas, ni síntomas de deshidratación.
- Aspecto visual fresco.

La raíz es pivotante, pero al producir las plantas en cepellón, crecen todas las raíces por igual, sin diferenciarse una raíz principal, formándose una cabellera radicular extensa, fasciculada y que explora el terreno en un radio de 30 a 50 cm.

Entre la fecundación de la flor y la recolección del fruto transcurren de diez a quince días según la época, la temperatura y la variedad. Desde la plantación a la recolección

suelen pasar entre treinta y sesenta días, según el medio de cultivo, la época de plantación y el tiempo del plantel en el semillero.

El fruto es una baya que se recoge antes de la madurez completa. En el momento de la recogida debe tener entre seis y nueve centímetros de largo, en hombros la anchura debe ser de dos a tres centímetros. Al terminar en punta toma una forma cónica larga, y se admiten ligeras curvaturas.

El pimiento de Gernika tiene muchas semillas de forma plana y circular, de color nacarado por su juventud, y que, en nuestro caso también se comen. Cuando maduran toman una coloración amarillenta. Se sujetan inferiormente a una expansión del pedúnculo. Su poder de germinación dura tres o cuatro años. Un gramo de semilla tiene entre 150 y 180 semillas, según la variedad.

1.4.6 Importancia del pimiento de Gernika en la CAPV

El pimiento de Gernika siempre ha sido un producto muy valorado en la CAPV y siempre se ha pagado bien, los últimos años no se está vendiendo bien debido a la crisis y a la entrada de producto “parecido” del sur de España y de terceros países como Marruecos.

En la CAPV se cultivaron 12,6 ha en el año 2010 (Tabla 3), 2,9 ha menos que los dos años anteriores. Esto supone un 4,6% de la superficie total de pimiento cultivada en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Podemos decir que es un producto muy distinguido.

Tabla 3: Superficie y producción (en docenas) de pimiento de Gernika en la CAPV y su protección con distintivo EUSKAL BASERRI* Y EUSKO LABEL

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Sup. Registrada (ha)	13,9	16,4	13,8	13,1	14,1	14,9	15,5	15,5	12,6
Cantidad Euskal Baserri (doc)	1.027.443	1.138.094	909.017	998.511	1.121.189	913.904	785.765	599.531	388.603
Cantidad Eusko Label (doc)	1.023.554	1.138.094	628.012	758.066	647.474	719.004	472.486	462.090	397.435

***Euskal Baserri:** Denominación de pimientos producidos en el País Vasco que no llegan a cumplir los requisitos Eusko Label, generalmente porque las explotaciones aún no se han registrado en la normativa de Producción Integrada.

1.5 EL INJERTO EN PLANTAS HORTÍCOLAS

Esta técnica, que era sobradamente conocida desde hace miles de años en frutales y en vid, en hortícolas apenas se lleva usando desde 1920, que es cuando se hizo el primer injerto en sandía (De Miguel 2009).

1.5.1 La técnica

El injerto se utiliza, básicamente, para contrarrestar los nematodos y las enfermedades del suelo (y por tanto, posibilitar el cultivo de ciertas especies en aquellos suelos que harían ese cultivo imposible) minimizando el uso de productos químicos, generalmente muy agresivos, o excesivamente costosos. También se utiliza para perpetuar clones, acelerar la madurez reproductora, obtener formas especiales de crecimiento, estudiar enfermedades virales, etc.

Con las plantas injertadas se obtienen una serie de beneficios de forma natural y ecológica que, de otra forma, precisarían el uso de productos químicos:

- 1 resistencia a nematodos
- 2 aumento de la absorción mineral y de la eficacia del fertilizante
- 3 tolerancia a ciertas enfermedades
- 4 tolerancia a bajas y altas temperaturas
- 5 tolerancia a la salinidad
- 6 tolerancia a los suelos encharcados
- 7 crecimiento más rápido
- 8 incremento de la cantidad y la calidad del fruto etc.

El uso masivo de plantas injertadas se ha generalizado en las últimas décadas como consecuencia de la industrialización de los procesos agrícolas en ciertos tipos de plantas.

Se conoce como “patrón” a la planta de la cual van a usarse sus raíces, mientras que se conoce como “variedad” a la planta de la cual van a aprovecharse y que finalmente será la responsable de dar fruto.

Para que el injerto entre dos plantas tenga éxito, estas plantas deben ser compatibles. La afinidad viene dada en dos niveles:

- Morfológico o anatómico, de constitución de sus tejidos, lo que significa que los haces conductores de las dos plantas que se unen tengan diámetros semejantes y estén en igual número aproximadamente.

- Fisiológico o de funcionamiento o analogía de savia, en cuanto a cantidad y constitución.

Entre las especies hortícolas solo se injertan las cucurbitáceas (sandía, melón, pepino) y las solanáceas (tomate, berenjena, pimiento) (Acosta 2005).

1.5.2 El injerto en el cultivo de pimiento

En el cultivo del pimiento se realiza un injerto de corte total, con el mismo ángulo de corte en patrón y variedad. Para ello se seccionan totalmente, con una inclinación determinada (entre 60° y 65°), los tallos de las dos plantas objeto de injerto. Una vez seccionadas, se procede a la unión de los tallos y a su completa inmovilización mediante una pinza o clip, que debe asegurar un correcto apriete con el fin de permitir el intercambio de la savia de ambas plantas.

El injerto es una técnica cara que resulta interesante llevarla a cabo cuando se tiene problemas de suelo como encharcamiento, *Phytophthora* y bacterias. En un estudio llevado a cabo en Taiwan, utilizando patrones de pimientos picantes sobre pimientos dulces consiguieron incrementar la resistencia a dichos problemas de suelo (Palada 2005).

Otra ventaja adicional del uso del injerto en el cultivo de hortícolas es el aumento de la producción. Así por ejemplo, utilizando cinco patrones comerciales ('Snooker', 'Tresor', 'RX360', 'DRO8801' y '97.9001') injertados sobre las variedades de pimiento italiano "Edo" y "Lux", se observó que las plantas injertadas de la variedad "Edo" producían entre un 22-46% más de pimientos comerciales. En la variedad "Lux" se obtuvo un aumento de producción de pimientos comerciales del 25% (Colla 2008).

Uno de los problemas que nos podemos encontrar en el uso de la técnica del injerto en pimiento es la existencia de fallos en el injerto por la poca tendencia de esta especie a formar callo (Aloni 2010). Sin embargo, mediante la aplicación de ácido ascórbico en hojas se ha visto que se puede inducir a la planta a formar mayor cantidad de callo y así tener menos fallos (Johkan et al. 2008)

1.6 SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÓNICO

El cultivo hidropónico o cultivo sin suelo se ha desarrollado a partir de los descubrimientos hechos en las experiencias llevadas a cabo para determinar que sustancias hacen crecer a las plantas y la composición de estas. Este trabajo sobre los constituyentes de las plantas comenzó hacia el año 1600, no obstante las plantas fueron cultivadas sin suelo mucho antes que esto, como ejemplo tenemos los jardines colgantes

de Babilonia, los jardines flotantes de los aztecas en México y los de la China Imperial (Alarcón, 2002).

La primera noticia científica escrita, próxima al descubrimiento de los constituyentes de las plantas, data de 1600, cuando el belga Jan Van Helmont mostró que las plantas obtienen sustancias a partir del agua. El proceso para identificar esas sustancias fue lento, es en 1804 cuando De Saussure expuso el principio de que las plantas están compuestas por elementos químicos obtenidos del agua, suelo y aire.

En 1860 y 1861 Sashs y Knop cultivaron plantas en un medio inerte humedecido con una solución acuosa que contenía los minerales requeridos por las plantas, es así como descubren los macroelementos (N, P, S, K, Ca y Mg) y los microelementos (Fe, Cl, Mn, Cu y Mo). En los años siguientes los investigadores desarrollaron diversas fórmulas básicas para el estudio de la nutrición vegetal.

El interés sobre la aplicación práctica de esta forma de cultivo llegó en 1925, cuando la industria de los invernaderos mostró interés en su uso, debido a la necesidad de cambiar la tierra con frecuencia para evitar los problemas de estructura, fertilidad y enfermedades. En la Segunda Guerra Mundial se empezaron a reconocer sus ventajas.

Los cultivos hidropónicos han llegado a ser una realidad para los cultivadores en invernadero. Actualmente, con el desarrollo de los plásticos se ha dado un gran paso, ya que han disminuido considerablemente los costes de instalación.

La hidroponía es una ciencia joven, habiendo sido usada bajo una base comercial desde hace solamente 40 años, no obstante, aún en este relativamente corto periodo de tiempo, ha podido adaptarse a diversas situaciones (Resh 2001).

Los cultivos hidropónicos se han aplicado en situaciones singulares como en la Antártica, en áreas desérticas, en edificios o en condiciones aeroespaciales. Del mismo modo los sistemas hidropónicos permiten la utilización de aguas de mala calidad (residuales o salinas) y han permitido solucionar los problemas derivados de suelos de invernaderos con problemas graves de tipo sanitario o de salinidad (Urrestarazu 2000).

Hoy en día el deterioro progresivo del suelo de los invernaderos y de las zonas de producción hortícola en general, debido a un agotamiento, una contaminación fúngica y una salinización cada vez más extendidos, obliga a los agricultores a optar por el cultivo hidropónico como solución a dichos problemas. Por otra parte, actualmente resulta imprescindible la implantación de técnicas que nos lleven a un ahorro de los cada vez más escasos recursos hídricos, la técnica de cultivo hidropónico permite minimizar el consumo de agua (Alarcón 2002).

1.6.1 Sustratos

Propiedades de los sustratos

Un sustrato se puede identificar o definir por una serie de características físicas, químicas y biológicas, que determinan su comportamiento como medio de cultivo. De un sustrato se espera que sea el medio de cultivo ideal mediante el cual obtengamos el máximo rendimiento potencial de un cultivo.

a) Propiedades físicas

Entre las propiedades físicas de relevancia de un sustrato están 1) la porosidad, 2) la retención y disponibilidad de agua, y 3) el contenido de aire.

La porosidad total es el volumen total del sustrato que no está ocupado por partículas orgánicas ni minerales; su nivel óptimo es mayor del 85% (Abad et al. 1993). Es importante discernir entre los poros capilares, que retienen el agua, y los macroporos, que permiten la aireación (Anónimo 1995).

La capacidad de retención de agua fácilmente disponible conviene que sea elevada, con el objetivo de que la planta extraiga el agua necesaria para el desarrollo de sus funciones sin un gasto energético importante, que de otro lado la puede emplear en dar más producción.

La capacidad de aireación es la proporción del volumen de sustrato que está ocupada por aire, una vez saturado y drenado; suele corresponder con el 20 al 30% en volumen (Abad y Noguera 1998).

b) Propiedades químicas

El sustrato ideal en hidroponía no solo debe estar exento de sustancias tóxicas, especialmente de metales pesados, sino que debe ser, además, químicamente inerte, lo que no ocurre en muchos casos (sustratos orgánicos).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) define la cantidad de cationes que se pueden fijar por unidad de volumen o peso del sustrato. Los sustratos con CIC nula o muy baja serán los más adecuados para el cultivo hidropónico.

Algunos materiales pueden ser acidificantes o provocar una reacción básica en la solución, como ocurre con la lana de roca al principio del cultivo, lo que se corrige aportando una solución nutritiva más ácida en el inicio.

En general, un buen sustrato debe tener una buena estabilidad química, que evite cualquier liberación de elementos que puede generar problemas de salinidad o fototoxicidad, o inducir precipitados indeseables en la solución.

Sustratos más empleados

Los sustratos más empleados en hidroponía son la lana de roca y la perlita (Urrestarazu 2000).

La lana de roca tiene unas características excelentes de retención de agua. La lana de roca puede considerarse un sustrato inerte, con nula CIC y pH ligeramente alcalino, de fácil neutralización y control si se mojan las tablas con solución ácida antes del inicio del cultivo. Tiene una estructura homogénea y baja densidad (lo que facilita su transporte) y buena porosidad.

La perlita expandida es un material muy ligero, muy poroso y bien aireado, del que se comercializan varias granulometrías siendo las más recomendables las comprendidas entre 1,5 y 2,5 mm (Morard 1995). Su principal problema reside en su fragilidad mecánica que degrada sus buenas características de porosidad y aireación, al fragmentarse sus granos aumentando la proporción de elementos finos.

1.6.2. Solución nutritiva

En un sistema ideal de cultivo sin suelo no existen aportes minerales por el sustrato, por lo que deben suministrarse junto con el agua, en la solución nutritiva.

Antes de elaborar cualquier solución nutritiva hay que conocer la composición química del agua de riego y valorarla en base a cuatro aspectos distintos (Alarcón 2002).

- Contenido salino total: evaluado directamente mediante la medida de la conductividad eléctrica, resulta determinante de cara de establecer los porcentajes de lixiviación, elegir en su caso las especies o variedades a implantar, manejar la dosis y frecuencia de riegos, etc. A menor grado de conductividad eléctrica (CE) menor grado de restricción tendrá el agua de riego para su uso y manejo.
- Presencia del ión bicarbonato (HCO_3^-): va a ser clave a la hora del control del pH de la solución nutritiva.
- Los niveles de sulfatos, calcio y magnesio pueden ser suficientes en el agua de riego y de esta forma no ser necesario el suministro en forma de fertilizantes.
- En cuanto a los iones fitotóxicos, cloruros y sodio, decir que en principio, cuanto menor sea su nivel mejor.

En general se suelen realizar análisis químicos del agua de riego cada año o al comienzo del cultivo.

En cultivo hidropónico habitualmente se emplean mezclas comerciales de microelementos. Una de las más usadas es el Nutrel-C, del que a continuación se indica su composición (De Liñán 2001):

- 0,7% boro en forma mineral (tetraborato sódico)
- 0,3% cobre como quelato de EDTA
- 7,5% hierro como quelato de EDTA
- 3,3% manganeso como quelato de EDTA
- 0,2% molibdeno en forma mineral (molibdato sódico)
- 0,6% zinc como quelato de EDTA

La cantidad de Nutrel-C usada normalmente en la solución base es de 2 a 3 kg por cada 1000 l de solución base 100 veces concentrada (Martínez y García 1993).

2. OBJETIVOS

Dados los buenos resultados obtenidos en los últimos años, relacionados con un aumento del vigor y de la resistencia a patógenos en ensayos de injerto en tomate, desde la Asociación de Horticultores de Vizcaya, que son principalmente productores de pimiento y tomate, surgió el interés de realizar ensayos de injerto también en pimiento. En este contexto se enmarca el presente trabajo, cuyos objetivos planteados fueron:

- Estudiar la influencia del uso de patrones resistentes a problemas de suelo en el cultivo hidropónico de pimiento de Gernika cv. Derio en parámetros relacionados con la afinidad, el vigor, la calidad, la precocidad y la producción.
- Determinar los patrones más adecuados para la variedad Derio.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se desarrolló en el Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario NEIKER de Derio.

3.2 INSTALACIONES

Las instalaciones para la realización del ensayo son las siguientes:

- Invernadero multicapilla de 160 m², de placas de policarbonato ondulado con ventilación en media luna desde el canalón.
- Tubería radiante de alta temperatura en forma de raíles en los pasillos, elevada a 15 cm del suelo. El agua, a 80°C, que circulaba por los raíles se calentaba mediante una caldera de biomasa cuando las necesidades del ensayo así lo requerían.
- Para una correcta automatización del riego se disponía, a parte del cabezal de riego automatizado y los goteros, de un sistema de bombas, filtros, válvulas y electroválvulas que nos aseguraba el óptimo de nutrición al cultivo en cada riego.

3.3 MATERIALES

3.3.1 Material vegetal

Los patrones utilizados en el ensayo, junto con sus principales características y la casa comercial a la que pertenecen, aparecen en la Tabla 4. Se seleccionaron estos patrones porque eran los que las diferentes casas comerciales nos aconsejaron, ya que les estaban dando buenos resultados con variedades de pimiento dulce similares a Derio.

Las plantas injertadas se encargaron a la empresa “Viveros Barbas”, situada en Voto (Cantabria). A dicha empresa se le facilitaron semillas de la variedad “Derio” para que las utilizase como parte aérea o variedad. Esta empresa también se encargó de producir las plántulas testigo para que llegaran todas a Neiker con el mismo tiempo y producidas en el mismo ambiente.

Tabla 4: Patrones utilizados en el ensayo.

MATERIAL	RESISTENCIAS	CASA COMERCIAL
Atlante	Encharcamiento <i>Phytophthora</i> Nematodos TMVO	Ramiro Arnedo
Adikto	<i>Phytophthora capsici</i> <i>Fusarium solani</i> Nematodos	Akira seeds
Creonte	Nematodos <i>Phytophthora</i>	Monsanto
AKX 411	<i>Verticillium</i> <i>Fusarium</i> TMV	Akira seeds

3.3.2 Sustrato

Aunque las plantas llegaron del semillero en pequeños tacos de turba rubia prensada, el ensayo se desarrolló en cultivo hidropónico de lana de roca, cuyas propiedades se expresan a continuación:

- Densidad: 46 kg m⁻³
- Volumen de poros: 98% del volumen total
- Contenido de agua posterior al drenaje 86%
- Contenido en aire posterior al drenaje 12%
- Materia orgánica: 2,6%
- Conductividad 0,01 mS cm⁻²
- pH 7,7

Los sacos de lana de roca (100 x 20 x 7.5 cm) utilizados para este ensayo (Figura 1) se compraron a la empresa Grodan (modelo Grodan Expert). Las ventajas de estas planchas de cultivo son las siguientes:

- Amplio rango de control
- Perfecto enraizamiento
- Contenido de agua homogéneo y conductividad eléctrica bien distribuida



Figura 1: Saco de lana de roca utilizado en el ensayo

3.3.3 Solución nutritiva

Para una correcta nutrición de las plantas mediante el sistema de fertirrigación, la solución diluida que llegaba a las raíces mediante goteros era la siguiente:

Macroelementos

Nitrato 9 meq L⁻¹

Fosfato 2 meq L⁻¹

Sulfato 6 meq L⁻¹

Potasio 5 meq L⁻¹

Magnesio 6 meq L⁻¹

Calcio 6 meq L⁻¹

Microelementos

Cobre 0,76 μM

Hierro 20 μM

Manganeso 9 μM

Zinc 114 μM

Boro 1,7 μM

Molibdeno 0,31 μM

3.4 MÉTODOS

3.4.1 Diseño del ensayo

Se ha realizado un ensayo factorial, de bloques al azar, cuyo factor a estudiar ha sido los diferentes patrones utilizados. Como control se ha utilizado la variedad Derio procedente de semilla sin injertar.

Los diferentes patrones, junto con la variedad control sin injertar, se dispusieron en cuatro filas (bloques), en cada una de las cuales se plantaron 48 plantas (entre 7 y 9 plantas para cada uno de los patrones y Derio sin injertar) (Figura 2). Como borde, se plantaron 3 plantas al principio y final de cada fila. Los datos de cada una de las variables a estudiar se tomaron sobre 6 plantas (siempre las mismas) que fueron consideradas como parcela elemental.

Creonte 11 plantas	Adikto 11 plantas	411 11 plantas	Atlante 10 plantas
Atlante 9 plantas	Creonte 9 plantas	Derio 8 plantas	Adikto 10 plantas
Derio 8 plantas	411 9 plantas	Creonte 9 plantas	Derio 8 plantas
Adikto 9 plantas	Atlante 9 plantas	Atlante 9 plantas	Creonte 9 plantas
411 11 plantas	Derio 10 plantas	Adikto 11 plantas	411 11 plantas

Figura 2: Diseño del ensayo por bloques

3.4.2 Variables estudiadas

- Crecimiento: Se midió la altura de las plantas durante el desarrollo del cultivo cada 7 o 15 días.
- Afinidad patrón-variedad: A lo largo del ensayo se hicieron cuatro mediciones de los diámetros del tallo por encima y por debajo del punto de injerto.
- Producción: Se empezó cosechando una vez por semana y cuando el cultivo entró en plena producción se pasó a dos veces por semana. Se tomaron datos de producción en número y peso tanto de pimientos comerciales como no comerciales.
- Calidad: Los parámetros de calidad se midieron en frutos y en laboratorio. Estos parámetros fueron pH, ° brix, conductividad eléctrica (CE) y acidez del zumo.

3.4.3 Desarrollo del ensayo

3.4.3.1 Plantación

Se plantaron todas las plantas en estado de 6 hojas verdaderas, el día 15 de febrero de 2011, en un marco de plantación de 2,5 plantas m⁻². En cada saco se plantaron 3 plantas. Las plantas se entutoraron mediante cuerdas a los postes del invernadero, utilizando una malla plástica cuadrículada (Figura 3).



Figura 3: Foto de la parcela en la cual se realizó el ensayo una vez realizada la plantación

3.4.3.2 Fertirrigación

La solución nutritiva se aplicó con un sistema automatizado de fertirrigación, el cabezal de riego utilizado es un MCU global de la casa Grup Sabater (Cataluña), donde la cantidad de riego a aplicar por día se ajustó midiendo la conductividad eléctrica y el pH en el drenaje del cultivo. Ya que toda la parcela se regó con la misma solución y el mismo volumen, se tomaron datos diarios de pH y CE tanto en riego como en drenaje para tener un buen control de la parcela, los datos obtenidos están expresados en el siguiente gráfico (Figura 4).

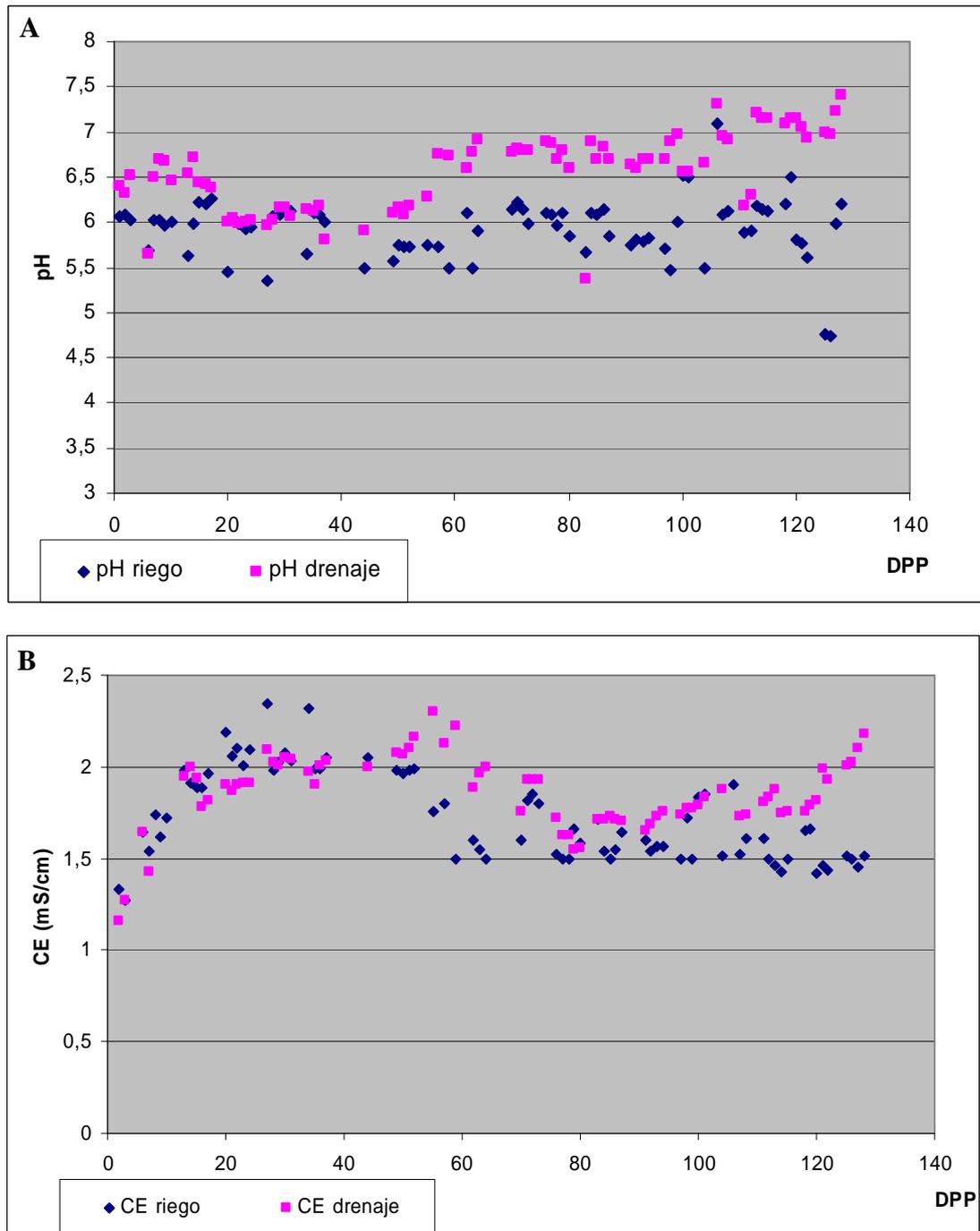


Figura 4: Relación en cuanto a pH (A) y CE (B) entre la entrada y salida del saco de cultivo. DPP: días post-plantación.

3.4.3.3 Desarrollo del cultivo

Previo a la plantación y con los sacos de lana de roca nuevos se dio un riego con solución nutritiva, para hidratar y lavar el sustrato de los residuos de fabricación. Se realizaron aperturas en la parte inferior del saco para que drene la solución sobrante y evitar encharcamiento radicular.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección se hizo de forma manual, se recogían pimientos individualmente cuando tenían unos 7 cm o más. La recolección empezó el 29 de marzo, a los 42 días post-plantación (DPP) y se cosechaba una o dos veces por semana.

El cultivo se dio por finalizado el 23 de junio de 2011 (128 DPP).

En la tabla 5 se detallan las labores realizadas durante el ensayo una vez realizada la plantación.

Tabla 5: Relación de las labores realizadas durante el ensayo

Fecha	DPP	Labor o medición	Observaciones
15/02/2011	1	- Plantación - Altura	Atlante buena soldadura patrón-injerto
22/02/2011	7	- Altura - Diámetro	
8/03/2011	21	- Altura - Diámetro - Flores abiertas	
16/03/2011	28	Cosecha 1er pimiento (Adikto)	
22/03/2011	35	- Altura - Diámetro	
29/03/2011	42	- Cosecha	
08/04/2011	52	- Cosecha	
12/04/2011	56	- Cosecha	
15/04/2011	59	- Cosecha - Altura - Diámetro	Observación de trips <i>Franliniella occidentalis</i> (10 trips/flor)
20/04/2011	64	- Cosecha	
27/04/2011	71	- Cosecha - Suelta <i>Orius laevigatus</i> (2insectos/m ²)	
02/05/2011	76	- Cosecha - Parámetros calidad	

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Cont. Tabla 5

05/05/2011	79	- Cosecha - Altura	
09/05/2011	83	- Cosecha - Diámetro	
12/05/2011	86	- Cosecha	
17/05/2011	91	- Cosecha - Parámetros calidad	Descenso nº de trips a 2-3 trips/flor
20/05/2011	94	- Cosecha	
24/05/2011	98	- Cosecha	Golpe de calor, 2 días invernadero en manual cerrado
31/05/2011	105	- Cosecha - Parámetros calidad	
03/06/2011	108	- Cosecha - Diámetro	
07/06/2011	112	- Cosecha	
10/06/2011	115	- Cosecha	
13/06/2011	118	- Cosecha - Parámetros calidad	
16/06/2011	121	- Cosecha	

3.4.3.4 Parámetros de calidad

Las labores de medición de parámetros de calidad de los pimientos cosechados se realizaron en el laboratorio.

En primer lugar se separaron 140 g de pimientos de cada repetición, se les quitó el pedúnculo y las semillas (Figura 5).



Figura 5: Pimientos sin pedúnculo ni semillas

Los pimientos se trituraron durante un minuto en la batidora mezclados con 100 mL de agua destilada, obteniendo así un zumo muy espeso. El zumo obtenido se filtró a través de una malla de 30 micras y con la ayuda de una bomba de vacío (Figura 6).



Figura 6: Filtrado del zumo de pimiento

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Con el zumo de pimiento obtenido después del filtrado se midió el pH (pH-metro Crisol GLP22), la conductividad eléctrica (Conductímetro Crisol GLP 32) y los grados Brix (Refractómetro Ivymen System 3044 DR 101 Brix).

Por último, se separaron 50 mL en los cuales se realizó la valoración ácida añadiendo NaOH 0,1M hasta llegar a pH 8,1, con la ayuda de un agitador y una bureta electrónica (Titrette 25ml) (Figura 7).



Figura 7: Valoración de acidez en 50ml de zumo filtrado de pimiento.

3.5 DATOS ESTADÍSTICOS

Una vez realizadas todas las mediciones y conteos, se procedió al análisis estadístico de las variables cuantitativas del ensayo. Para ello se utilizó el programa estadístico SPSS, mediante un análisis de la varianza univariante, en el que se rechaza la hipótesis nula de que todas las medias son iguales con un nivel de significación del 5%. Para la separación de medias se utilizó el test de Bonferoni, que se valoró como el más adecuado dado el escaso número de datos disponibles. Por medio de este análisis estadístico, podremos tener idea de la significación de las diferencias establecidas por los tratamientos, esto es, podremos calificar de significativas o no significativas las diferencias anotadas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CRECIMIENTO

4.1.1 Evolución de la altura de las plantas de pimiento durante el ensayo

La evolución de la altura de las plantas durante el cultivo y hasta la fecha de la última cosecha, se muestra en la Figura 8. Las plantas de pimiento injertadas sobre el patrón Creonte tuvieron un menor crecimiento que el resto, las cuales crecían al mismo ritmo.

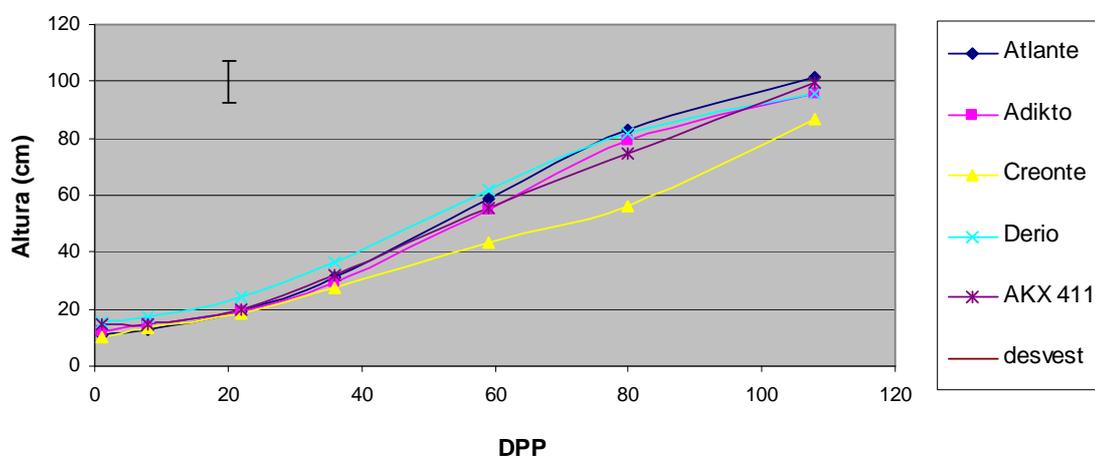


Figura 8: Altura de las plantas de pimiento durante el ensayo. DPP: días post plantación. La línea vertical expresa la desviación estándar máxima.

Se realizó un análisis estadístico de la altura de las plantas al final del cultivo, para comprobar si existían diferencias significativas entre los diferentes patrones utilizados y el control. En la Tabla 6 se puede apreciar que las plantas injertadas sobre Creonte presentaron una altura significativamente inferior a las plantas control (Derio) sin injertar. Sin embargo, entre los demás portainjertos no se encontraron diferencias en cuanto a altura de planta respecto a las plantas de Derio.

Tabla 6: Separación de medias para la variable dependiente altura de la planta (cm) a los 108 días post-plantación. Letras distintas indican diferencias significativas, para $P \leq 0,05$

Patrón	Altura media (cm)	Grupo
Atlante	101,27	a
AKX 411	99,50	a
Derio	96,04	a
Adikto	95,54	a
Creonte	87,00	b

4.1.2 Afinidad patrón-variedad

La afinidad entre patrón y variedad la valoramos midiendo los diámetros de los tallos por encima y por debajo del punto de injerto. Se realizaron seis mediciones a lo largo del ensayo.

Grosor del patrón

En la Figura 9 se muestra la evolución del grosor (en mm) de los tallos por debajo del punto de injerto. Se puede apreciar que los patrones Atlante y AKX 411 crecieron a un mismo ritmo. Mientras que los demás aparte de crecer más lentos presentaron al final menor grosor. A la variedad Derio (sin injertar) solo se le tomó una medición a la altura que las demás tenían el punto de injerto, esto ha hecho que en el gráfico de los patrones (Figura 9) esté situada la última y en la de las variedades (Figura 10) la primera.

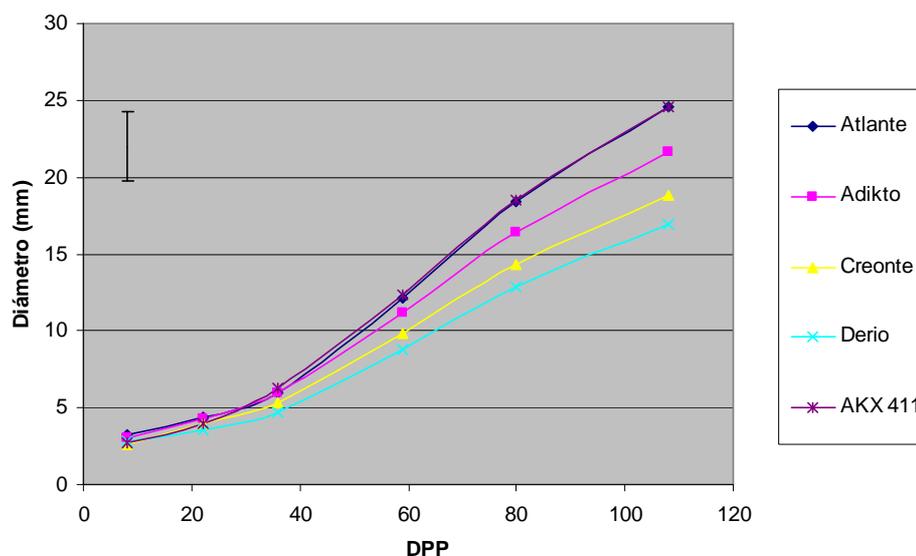


Figura 9: Grosor del tallo por debajo del punto de injerto de los diferentes patrones a lo largo del ensayo. DPP: días post plantación. La línea vertical expresa la desviación estándar máxima.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un análisis estadístico del grosor de patrón, para analizar las diferencias entre los diferentes patrones.

Tabla 7: Separación de medias para la variable dependiente grosor del patrón (mm) a los 108 días post-plantación. Letras distintas indican diferencias significativas, para $P \leq 0,05$.

Patrón	Grosor Medio (mm)	Grupo
AKX 411	24,59	a
Atlante	24,59	a
Adikto	21,64	b
Creonte	18,85	c
Derio	16,93	c

Se puede apreciar que en cuanto a grosor del patrón (Tabla 7), Atlante y AKX 411 fueron las que más crecieron, siendo por tanto las que más cantidad de savia podían transportar de las raíces hasta el punto de injerto. Estos dos patrones, junto con Adikto, mostraron un grosor significativamente superior a la variedad Derio sin injertar. El patrón Creonte tuvo un crecimiento similar al control.

Grosor de la variedad

En la Figura 10 se muestran las evoluciones de los grosores de las diferentes plantas por encima del punto de injerto. Como se puede observar, el grosor de la variedad en los tratamientos con injerto ha sido menor que sus respectivos patrones (Figura 9), sufriendo el tallo una reducción de grosor por encima del punto de injerto.

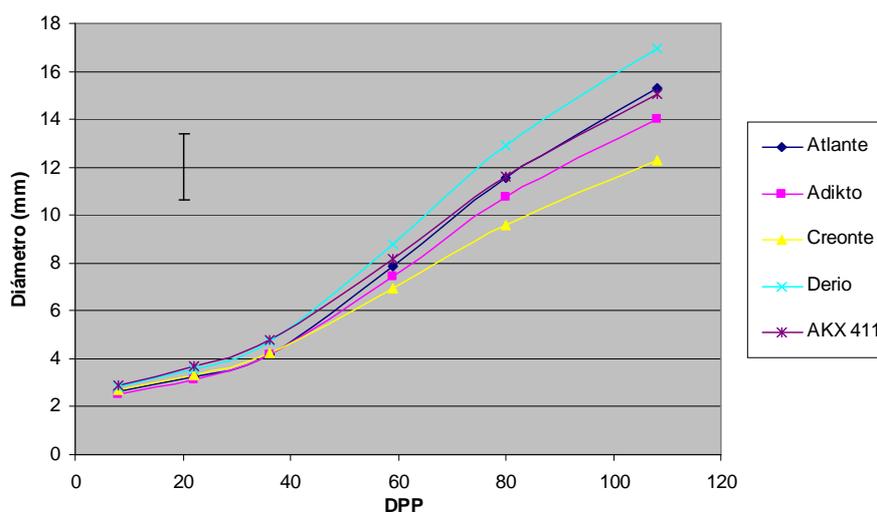


Figura 10: Grosor por encima del punto de injerto de la variedad Derio injertada sobre los diferentes patrones y el testigo procedente de semilla. DPP: días post-plantación. Línea vertical expresa desviación estándar máxima.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un análisis estadístico sobre los grosores de la variedad Derio injertada sobre los diferentes patrones para analizar posibles diferencias aportadas por los patrones.

Tabla 8: Separación de medias para la variable dependiente grosor de la variedad (mm) a los 108 días post-plantación. Letras distintas indican diferencias significativas, para $P \leq 0,05$.

Patrón	Grosor Medio (mm)	Grupo
Derio	16,93	a
Atlante	15,26	b
AKX 411	15,02	b
Adikto	14,02	b
Creonte	12,28	c

Se puede apreciar en la Tabla 8, que al igual que ocurría con el grosor del patrón (Tabla 7) las plantas injertadas sobre Atlante y AKX 411 fueron las de mayor grosor, no existiendo diferencias significativas entre éstas y las injertadas sobre Adikto.

Dado que existe una diferencia clara en cuanto al diámetro del patrón y la variedad, a continuación se estudiará ésta para analizar si las diferencias en cuanto a crecimiento y productividad se pudieran deber a la circulación de savia entre patrón y variedad. Para esto se restarán los diámetros medidos por encima del punto de injerto a los medidos por debajo, siendo la diferencia positiva. En el caso del control sin injertar la diferencia será cero.



Figura 11: Grosor del tallo de la planta de pimiento injertada por encima y debajo del punto de injerto.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 9 se indican las diferencias de diámetro entre patrón y variedad para cada uno de los portainjertos ensayados. Así podremos estudiar las posibles consecuencias del efecto embudo que se da en el tallo (Figura 11).

Tabla 9: Separación de media de la variable diferencia de diámetro entre patrón y variedad (en mm) a los 108 días post-plantación. Letras distintas indican diferencias significativas, para $P \leq 0,05$.

Patrón	Diferencia media (mm)	Grupo
AKX 411	9,57	a
Atlante	9,32	a
Adikto	7,61	b
Creonte	6,56	b
Derio	0	c

Como se puede apreciar, los patrones AKX 411 y Atlante fueron los que mayor efecto embudo sufrieron respecto a la variedad injertada. Aun así, fueron las plantas que mayor altura alcanzaron, esto es debido a que tanto el grosor del patrón como de la variedad fue superior en estos portainjertos que en el resto de patrones ensayados.

4.2 PRODUCCIÓN

A la hora de medir las producciones tanto de pimientos comerciales como no comerciales de la variedad Derio sobre los diferentes portainjertos, se tuvieron en cuenta por un lado el número de pimientos cosechados por metro cuadrado y también el peso de los mismos.

4.2.1 Pimientos comerciales

Se consideraron pimientos comerciales aquellos que cumplían los requisitos de denominación Pimiento de Gernika. En la Figura 12 se muestran ejemplos del aspecto y tamaño que deben tener los pimientos de la variedad Derio para considerarse comerciales.



Figura 12: Pimientos comerciales.

En los siguientes gráficos (Figuras 13 y 14) se pueden apreciar las producciones de pimiento en diferentes unidades: en gramos por metro cuadrado (Figura 13) y en número de pimientos por unidad de superficie (Figura 14).

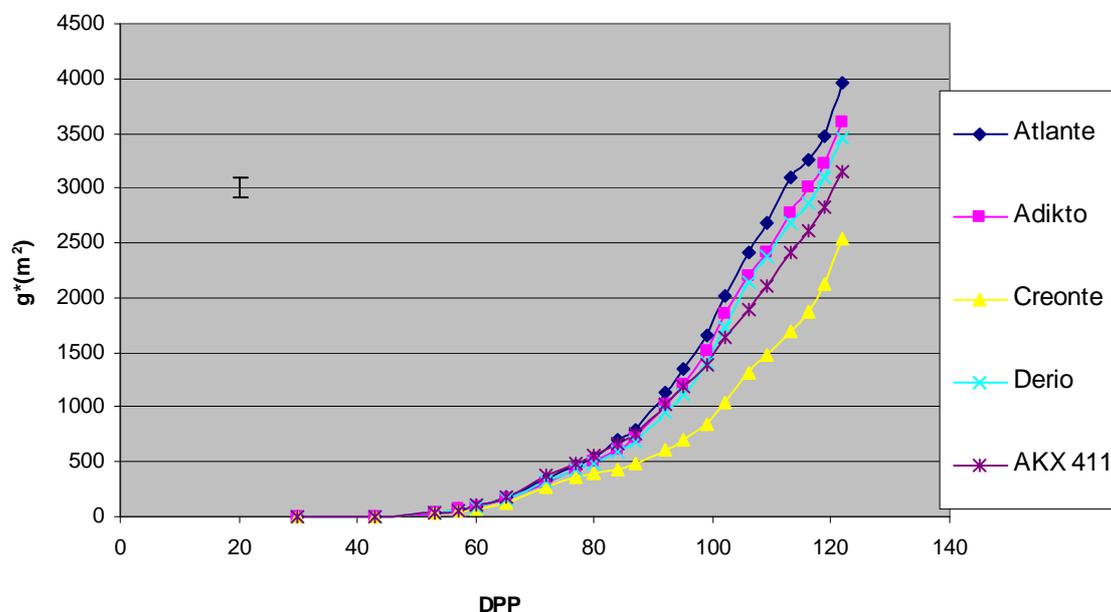


Figura 13: Producción de la variedad Derio injertada sobre diferentes patrones y el testigo procedente de semilla en $[g * (m^2)]$. (DPP: Días post-plantación). Línea vertical expresa desviación estándar máxima.

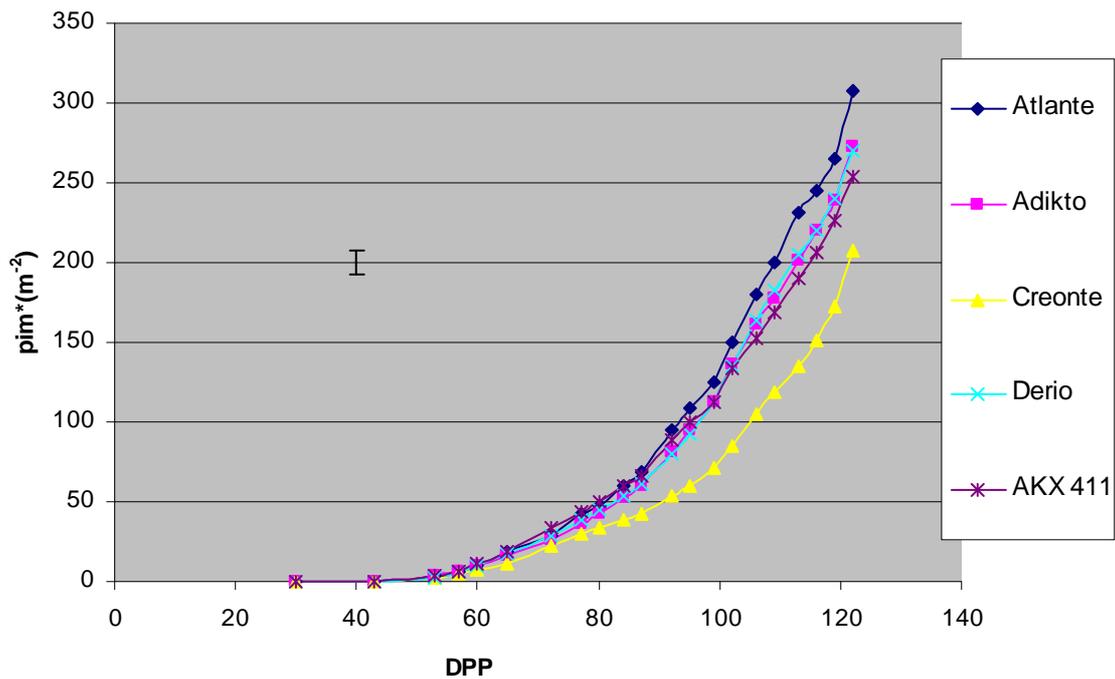


Figura 14: Producción de la variedad Derio injertada sobre diferentes patrones y el testigo procedente de semilla en [$\text{pim} * (\text{m}^2)$]. (DPP: días post-plantación). Línea vertical expresa desviación estándar máxima.

En cuanto a producción de pimientos comerciales se puede apreciar que el patrón Creonte fue el menos productivo, siendo Atlante el más productivo.

Tanto Derio sin injertar como Adikto y AKX 411 tuvieron la misma tendencia y al final produjeron prácticamente lo mismo.

También se valoró por una parte la precocidad (producción a los 90 DPP) y por otra la producción final (a los 121 DPP). Dado que se empezó a cosechar pasados 60 DPP y se finalizó el ensayo a 121 DPP se tomaron datos de precocidad en la mitad del periodo productivo (90 DPP).

Precocidad

La producción precoz se estudió a los 90 DPP, una vez que se empezaron a conseguir producciones importantes. Se realizó un análisis estadístico sobre las producciones a los 90 DPP en las plantas de la variedad Derio injertada sobre los diferentes patrones, cuyos resultados se reflejan en las Tablas 10 y 11.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 10: Separación de medias para la variable dependiente precocidad (90 DPP) en cuanto a producción en peso (g.m⁻²). Letras distintas indican diferencias significativas, para $P \leq 0,05$.

Patrón	Producción media (g.m ⁻²)	Grupo
Atlante	1128,66	a
AKX 411	1032,27	a
Adikto	1018,33	a
Derio	950,65	a
Creonte	616,67	b

Tabla 11: Separación de medias para la variable dependiente precocidad (90 DPP) en cuanto a producción en número de pimientos (pim.m⁻²). Letras distintas indican diferencias significativas, para $P \leq 0,05$.

Patrón	Producción media (pim.m ⁻²)	Grupo
Atlante	94,47	a
AKX 411	88,43	a
Adikto	81,45	a
Derio	80,52	a
Creonte	53,43	b

Se puede apreciar que en cuanto a precocidad los resultados son los mismos aun teniendo en cuenta las dos unidades analizadas (Tablas 10 y 11). Las plantas de pimiento Derio injertadas sobre el patrón Creonte fueron las menos productivas a 90 DPP, y por tanto las que mostraron menor precocidad.

Producción final

Como se ha comentado anteriormente, se consideró como tal la producción acumulada a los 121 DDP, una vez finalizado el cultivo. En las Tablas 12 y 13 se puede apreciar por una parte que Creonte junto con AKX 411 han sido los patrones menos productivos. Concretamente, el portainjertos Creonte ha dado producciones comerciales totales significativamente inferiores a las de la variedad Derio sin injertar. Atlante y Adikto han sido los patrones de mayor producción, no existiendo diferencias significativas entre éstos y el testigo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 12: Separación de medias para la variable dependiente producción acumulada pasados 121 DPP en (g.m⁻²). Letras distintas indican diferencias significativas, para $P \leq 0,05$.

Patrón	Producción media (g.m ⁻²)	Grupo
Atlante	3965	a
Adikto	3600	a b
Derio	3448	a b
AKX 411	3144	b c
Creonte	2529	c

Tabla 13: Separación de medias para la variable dependiente producción acumulada pasados 121DPP en (pim.m⁻²). Letras distintas indican diferencias significativas, para $P \leq 0,05$.

Patrón	Producción media (pim.m ⁻²)	Grupo
Atlante	307,39	a
Adikto	273,02	a b
Derio	270,20	a b
AKX 411	253,64	b c
Creonte	207,08	c

4.2.2 Pimientos no comerciales

Se consideran pimientos no comerciales aquellos que aún siendo perfectamente comestibles, no cumplen los requisitos visuales descritos anteriormente (1.4.5. Características y requisitos del producto). Normalmente suelen ser pimientos torcidos o deformes como los que aparecen en la Figura 15.



Figura 15: Ejemplos de pimientos no comerciales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de pimientos no comerciales, en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, para cada uno de los diferentes patrones se expresa en la Figura 16. Se puede apreciar un incremento significativo de pimientos no comerciales a partir del día 102 post-plantación, esto fue consecuencia de un error de los operarios de la finca, que dejaron el invernadero cerrado en posición manual durante un fin de semana entero. Esto hizo que se alcanzaran temperaturas altas en el interior del invernadero y muchos pimientos se quemaran, no pudiéndose contabilizar como pimientos comerciales.

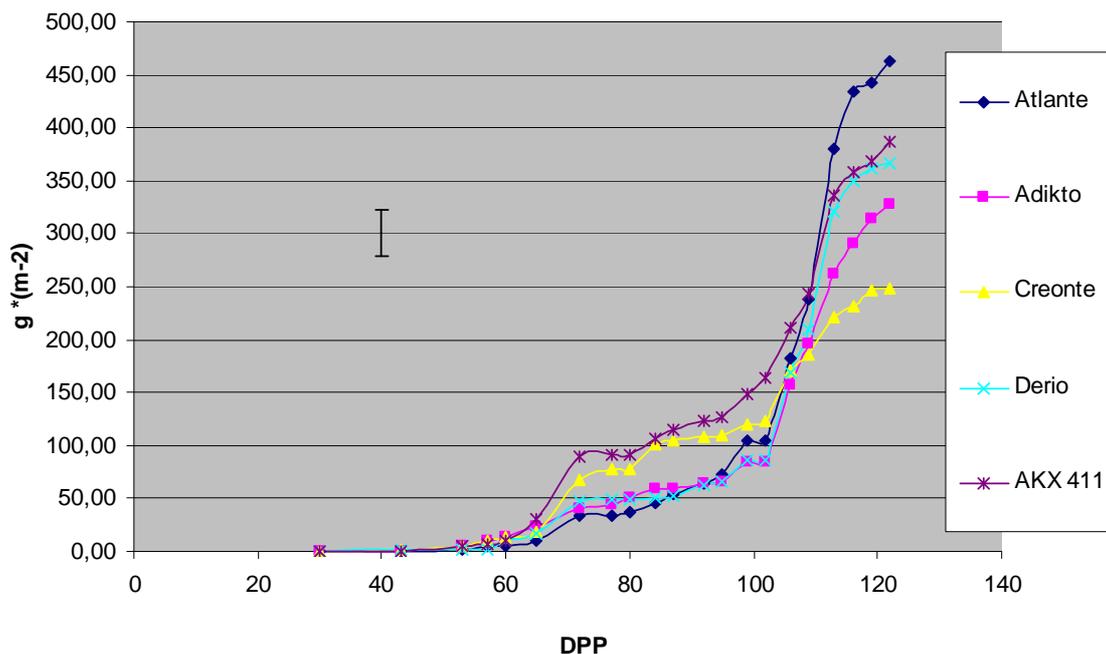


Figura 16: Evolución de la producción de pimientos no comerciales ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). DPP: Días post-plantación. Línea vertical expresa desviación estándar máxima.

Se aprecia un punto de inflexión en la producción de pimientos no comerciales antes y después del fallo técnico (102 DPP, Figura 16). Si nos fijamos en los datos anteriores al fallo, los patrones AKX411 y Creonte fueron los que mostraban mayor producción de pimientos no comerciales. Tras la fuerte subida de temperaturas, Atlante, Adikto y Derio sin injertar sufrieron un fuerte incremento en la producción de pimientos no comerciales.

En la Tabla 14 se puede apreciar muy pocas diferencias entre tratamientos en cuanto a producción de pimientos no comerciales a los 121 DPP. Sólo se encontraron diferencias entre el patrón Atlante, que fue el que más pimientos no comerciales produjo y Creonte que fue el que menos, los demás patrones incluido el testigo no presentaron diferencias entre ellos ni con Creonte y Atlante (Tabla 14).

Tabla 14: Separación de medias para la variable dependiente producción no comercial a los 121 DPP en (g.m⁻²). Letras distintas indican diferencias significativas, para $P \leq 0,05$.

Patrón	Media (g.m ⁻²)	Grupo
Atlante	463,47	a
AKX 411	386,66	a b
Derio	366,19	a b
Adikto	328,21	a b
Creonte	248,25	b

4.2.3 % de pimientos no comerciales respecto a los comerciales

Con los datos de producción final acumulada de pimientos comerciales y no comerciales se calculó el porcentaje que representaban en cada patrón los pimientos no comerciales respecto de los comerciales. Como se puede apreciar en la Tabla 15 no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Esto puede ser debido a la poca influencia que han tenido los patrones en la producción de pimientos no comerciales.

Tabla 15: Separación de medias para la variable dependiente % de pimientos no comerciales. Letras distintas indican diferencias significativas, para $P \leq 0,05$.

Patrón	% Medio	Grupo
AKX 411	12,43	a
Atlante	11,92	a
Derio	10,77	a
Creonte	9,84	a
Adikto	9,11	a

4.3 CALIDAD

4.3.1 pH

El pH nos da una idea de la acidez del zumo obtenido a partir de los frutos. Los datos de pH se tomaron en diferentes fechas y se puede ver que todos los tratamientos siguieron una tendencia similar (Figura 17).

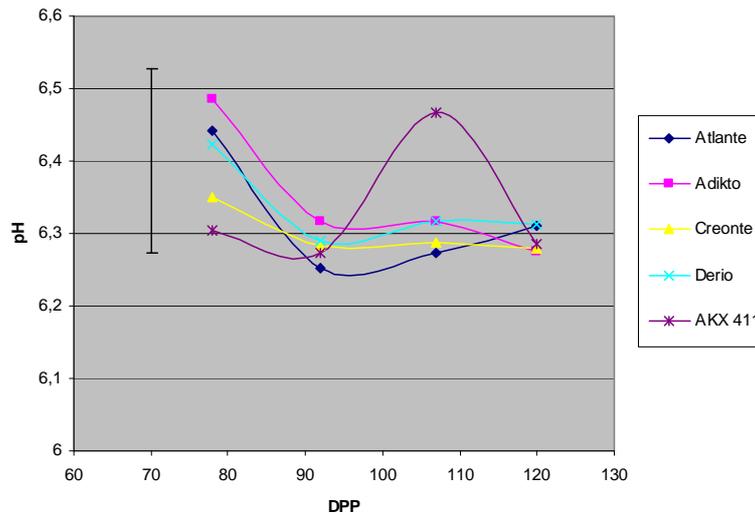


Figura 17: Evolución del pH a lo largo del ensayo. DPP: Días post-plantación. Línea vertical expresa desviación estándar máxima.

4.3.2 Conductividad eléctrica

Los datos de CE nos dan una idea de la salinidad de los pimientos. Se tomaron tres datos en tres fechas diferentes, pudiéndose apreciar la misma tendencia en todos los tratamientos (Figura 18).

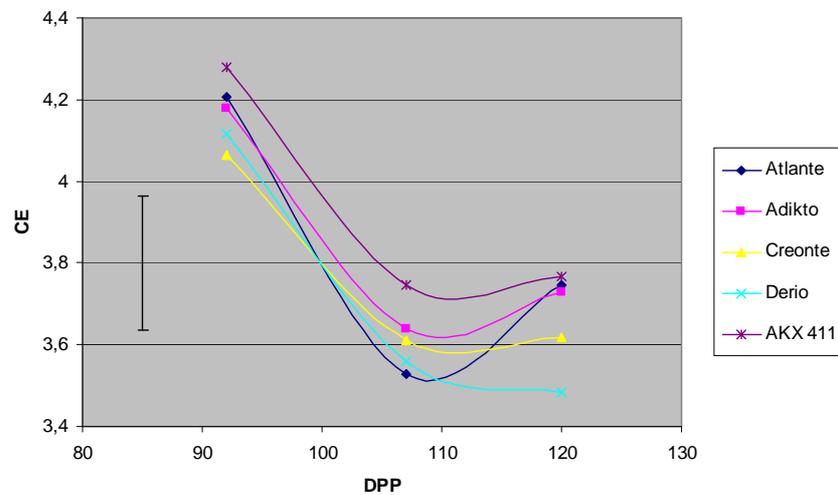


Figura 18: Evolución de la CE a lo largo del ensayo. DPP: Días post-plantación. Línea vertical expresa desviación estándar máxima.

4.3.3 °Brix

Los grados Brix nos dan una idea de la cantidad de azúcares, se miden mediante un refractómetro. La evolución de las mediciones se expresa a continuación (Figura 19).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

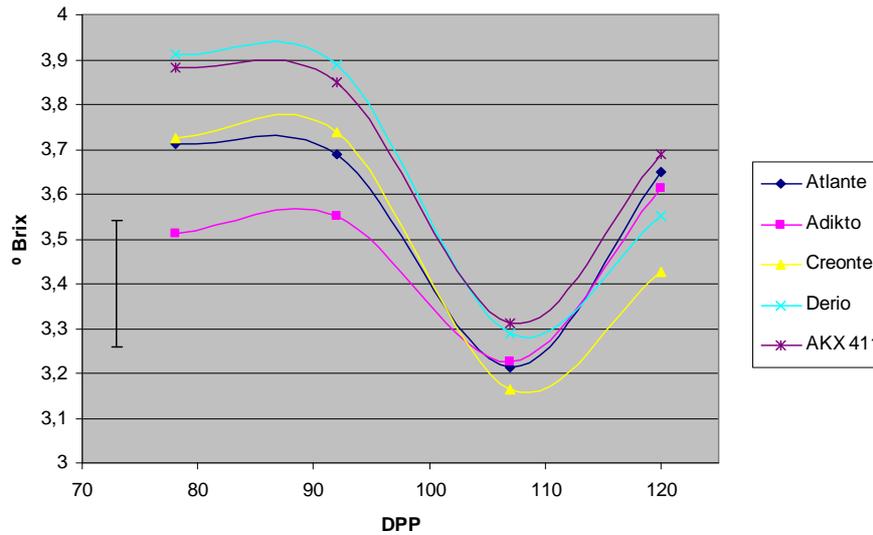


Figura 19: Evolución de los °Brix a lo largo del ensayo. DPP: Días post-plantación. Línea vertical expresa desviación estándar máxima.

4.3.4 Evolución del ácido cítrico

La neutralización llevada a cabo con NaOH nos da una idea de la acidez del zumo. Se puede apreciar que todas las repeticiones siguieron una misma tendencia (Figura 20).

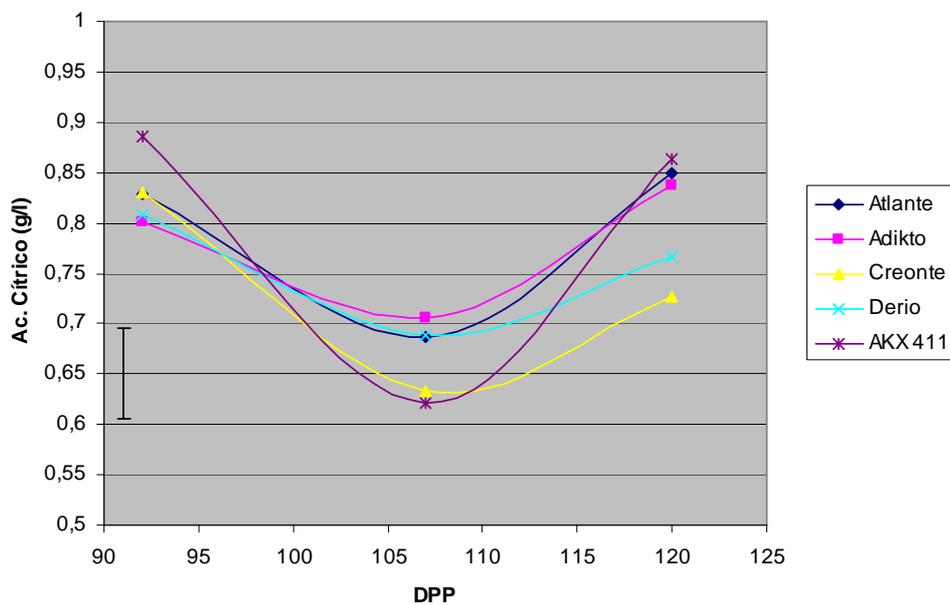


Figura 20: Evolución del ácido cítrico a lo largo del ensayo. DPP: Días post-plantación. Línea vertical expresa desviación estándar máxima.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a los parámetros de calidad los patrones no han aportado diferencias a la calidad del producto final. Se puede apreciar en los gráficos que todas las repeticiones han seguido la misma tendencia y les separan muy pocas décimas. Por lo tanto podemos concluir que los patrones utilizados no aportan diferencias en la calidad de los frutos de la variedad Derio.

5. CONCLUSIONES

- Las plantas de la variedad Derio injertadas sobre Creonte presentaron un desarrollo vegetativo (altura y grosor del tallo) significativamente inferior a las plantas control sin injertar.
- Las plantas de pimiento Derio injertadas sobre el patrón Creonte fueron las menos productivas a los 90 días post-plantación (DPP), y por tanto las que mostraron menor precocidad.
- El patrón Creonte ha dado producciones comerciales totales (121 DPP) significativamente inferiores a las de la variedad Derio sin injertar. Atlante y Adikto han sido los patrones con mayor producción, no existiendo diferencias significativas entre éstos y el testigo.
- Ninguno de los patrones ensayados ha afectado significativamente al porcentaje de pimientos no comerciales producidos.
- Los patrones utilizados en este ensayo no aportaron ninguna variación en la calidad de los frutos cosechados, por lo que no alteran el sabor ni las cualidades propias de la variedad Derio.
- No se encontró ningún patrón por el que pueda ser interesante pagar los costes de realización de injerto para la variedad Derio, en las condiciones de cultivo hidropónico ensayadas y en ausencia de enfermedades de suelo.
- El patrón Creonte quedaría descartado como portainjertos de la variedad Derio en un sistema de cultivo hidropónico.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M., P.F. Martínez, M.D. Martínez, y J. Martínez. 1993.** Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura 11:141-154.*
- Abad, M. y Noguera, P. 1998.** “Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación”. En: *Fertirrigación: Cultivos hortícolas y ornamentales. Cadahía, C. Ed: Mundi-Prensa.*
- Acosta A. 2005.** La técnica del injerto en plantas hortícolas. www.horticom.com
- Alarcón, L., 2002.** Los cultivos hidropónicos de hortalizas extratempranas. www.ediho.es/horticom
- Aloni B. 2010.** Hormonal signaling in rootstock–scion interactions. *Scientia Horticulturae 127, 119-126.*
- Anónimo, 1995.** Consideraciones sobre el cultivo en sustratos. *Hortoinformación, 6: 46-49.*
- Colla G. 2008.** Influence of Grafting on Yield and Fruit quality of Pepper. *Dipartimento di Geologia e Ingegneria Meccanica, Naturalistica e Idraulica per il Territorio (GEMINI), Università della Tuscia, 01100 Viterbo, Italy.*
- Comité Nacional de Pimiento de Gernika. 2010.** www.euskolabel.net
- De Liñán, C. 2001.** Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales. *Ed: Agrotécnicas S.L.*
- De Miguel, A. 2009.** Evolución del injerto de hortalizas en España. *Horticultura Internacional 72, 10-16.*
- Johkan M., Oda M., Mori G. 2008.** Ascorbic Acid promotes graft-take in sweet pepper plants. *Scientia Horticulturae 116, 343–347.*
- Maroto, J.V. 2002.** Horticultura herbácea especial. 5ª edición. *Ed: Mundi-Prensa.*
- Martínez, E., García, M. 1993.** Cultivos sin suelo: Hortalizas en clima mediterráneo. *Ed: Horticultura.*
- Morard, P. 1995.** Les cultures végétales hors sol. *Publications Agricoles d’Agen. France.*
- Namesny A. 2006.** Pimientos. Compendios de horticultura 16. *Ed: Mundiprensa.*
- Palada C. 2002.** Grafting Sweet Peppers for production in the hot-wet season. *Guide International Cooperators 09-722-e.*

Resh, H.M., 2001. Cultivos hidropónicos. 5ª edición. *Ed: Mundi-Prensa.*

Riga P. 2003. Resultados horticultura Neiker.

Urrestarazu, M. 2000. Manual del cultivo sin suelo. 2ª edición. *Ed: Mundi-Prensa.*