

“Simulación de daños producidos por helada en cultivo de patata temprana “variedad *Bellini*” en el Campo de Cartagena.



Este trabajo ha recibido financiación del CEIGRAM (Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales) en su convocatoria de ayudas a jóvenes investigadores de 2012.



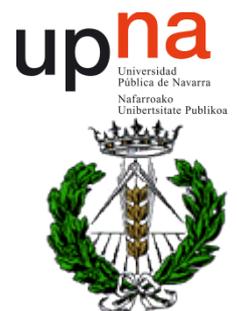
Almudena Ballester Carrillo

Trabajo Fin de Carrera

2012

Universidad Miguel Hernández

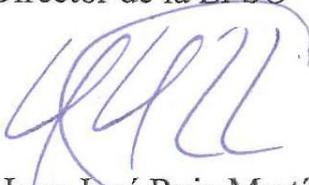
Escuela Politécnica Superior de Orihuela



Se autoriza a la alumna de la titulación de Ingeniería Técnica Agrícola, especialidad: Hortofruticultura y Jardinería, **D.ª Almudena Ballester Carrillo** a realizar el Trabajo Fin de Carrera titulado: "Simulación de daños producidos por helada en cultivo de la patata temprana "variedad Bellini" en el Campo de Cartagena", bajo la dirección de D. Agustin Conesa Martínez y la codirección de D. Julio Muro Erreguerena, debiendo cumplir las normas establecidas para la redacción del mismo que están a su disposición en el Centro de Gestión de Campus y en la página Web.

Orihuela, 28 de noviembre de 2011

El Director de la EPSO



Fdo.: Juan José Ruiz Martínez



CALIFICACIÓN		NOTA	NUMÉRICA	FECHA
		<i>Sobresaliente</i>	<i>9,5</i>	<i>3-11-2012</i>
<u>TRIBUNAL</u>				
PRESIDENTE.	NOMBRE:	<i>Antonio Ferrando + Seb</i>		FIRMA: <i>[Signature]</i>
VOCAL. 1.º	NOMBRE:	<i>Juan Martínez Domé</i>		FIRMA: <i>[Signature]</i>
VOCAL. 2.º	NOMBRE:	<i>M.ª Dela Carmona</i>		FIRMA: <i>[Signature]</i>

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE MURCIA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA



“Simulación de daños producidos por helada en cultivo de patata temprana “variedad *Bellini*” en el Campo de Cartagena.”

**Vº Bº Director
del trabajo**

Agustín Conesa Martínez

**Vº Bº Codirector
del trabajo**

Julio Muro Erreguerena

Alumna

Almudena Ballester Carrillo

D. Agustín Conesa Martínez, Doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor en el Departamento de Producción Vegetal y Microbiología de la UMH..

CERTIFICA:

Que el Trabajo Fin de Carrera titulado **“SIMULACIÓN DE DAÑOS PRODUCIDOS POR HELADA EN CULTIVO DE PATATA TEMPRANA “variedad *Bellini*” EN EL CAMPO DE CARTAGENA.”** Que presenta D^a Almudena Ballester Carrillo; ha sido realizado bajo mi dirección.

En Orihuela, a 2 de marzo de 2012



D. Agustín Conesa Martínez

Director



Almudena Ballester Carrillo

Alumna

D. Julio Muro Erreguerena, Doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor Titular en el Departamento de Producción Agraria de la UPNA.

CERTIFICA:

Que el Trabajo Fin de Carrera titulado **“SIMULACIÓN DE DAÑOS PRODUCIDOS POR HELADA EN CULTIVO DE PATATA TEMPRANA “variedad *Bellini*” EN EL CAMPO DE CARTAGENA.”** Que presenta D^a Almudena Ballester Carrillo; ha sido realizado bajo mi codirección.

En Navarra, a 24 de febrero de 2012



Dr. D. Julio Muro Erreguerena

Codirector



Almudena Ballester Carrillo

Alumna

AGRADECIMIENTOS

Quisiera dar mi más sincero agradecimiento todas las personas que directa o indirectamente, han colaborado en el proyecto.

Dar las gracias al CEIGRAM (Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales), organismo financiador de este trabajo es su convocatoria de ayudas a jóvenes investigadores de 2012.

A Dr. Agustín Conesa Martínez, por la dirección de este trabajo fin de carrera, por su interés y por la atención recibida.

A Dr. Julio Muro Erreguerena, por elegirme de ayudante de su proyecto, por su ayuda, por su guía y codirección del trabajo fin de carrera.

A Itziar Domeño, por su ayuda, su colaboración, y su enorme y valioso trabajo en explicarme las cosas, su orden en las carpetas y bueno por todo lo que me ha ayudado en este trabajo.

A mis padres por permitirme de nuevo estudiar una carrera, cuando no tenían porque. A mi padre en concreto, por tanta ayuda y tantas llamadas; y tanta implicación en el tema. Y a mi madre en concreto por todo el apoyo incondicional que siempre me da, y las palabras justas para seguir adelante.

A mi hermano y los amigos que estuvieron ayudandome a pesar y medir patatas, para que el día no se hiciera interminable.

Y por último, pero no menos importante a Alejandro, mi ayudante para todos los trabajos de mi vida, mi colaborador en el TFC, mi compañero, mi apoyo, mi amigo y el amor de mi vida.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Producción de patata en el mundo y España.....	2
1.3. Importancia del seguro de la patata extratemprana y temprana.....	7
1.4. Descripción del cultivo.....	10
1.4.1. Morfología de la planta.....	10
1.4.2. Ecología.....	11
1.4.3. Fisiología y desarrollo.....	12
1.4.4. Ciclo de la patata y recolección.....	13
1.4.5. Estados fenológicos	14
1.5. Normas de calidad para la patata de consumo.....	22
1.5.1. Definición del producto.....	22
1.5.2. Características mínimas de calidad	22
1.5.3. Clasificación	22
1.6. Daños por helada en la planta de la patata.....	23
1.7. Simulación de helada mediante defoliación.....	27
1.7.1. Métodos de defoliación	27
1.7.2. Escalas para determinar los estados fenológicos y momentos de intervención.....	28
1.7.3. Comportamiento del cultivo como consecuencia de las defoliaciones...30	
2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	37

3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	39
3.1. Parcela experimental. Localización.....	39
3.2. Material vegetal.....	40
3.3. Datos de cultivo.....	41
3.4. Características climatológicas	41
3.5. Diseño de la parcela de ensayo.....	42
3.6. Metodología de los ensayos.....	44
3.6.1. Estados fenológicos de intervención.....	44
3.6.2. Nivel de daño.....	45
3.6.3. Acción complementaria: evolución de la biomasa.....	47
3.6.4. Recolección.....	48
3.7. Cálculo de las curvas de reducción de producción.....	48
3.8. Análisis estadístico.....	49
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1. Controles en cosecha.....	50
4.2. Controles complementarios de evolución de la biomasa.....	54
4.3. Curvas de reducción de producción comercial.....	55
CONCLUSIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La pérdida de producción final de un cultivo está influenciada por el daño que las plantas soportan debido a agentes bióticos (hongos, virus, bacterias, insectos, etc.) o abióticos (estreses climáticos – heladas -, defoliación por viento o pedrisco, aplicación incorrecta de herbicidas, daños causados por maquinaria agrícola, etc.). Es importante, pues, determinar cómo la producción va a ser afectada por estos daños.

Las heladas constituyen uno de los riesgos meteorológicos a los que se expone el cultivo de la patata, extratemprana y temprana sobre todo, a lo largo del sureste español.

En 2010, El cultivo de patata cubría una superficie de 18×10^6 ha en el mundo, de las que se obtienen 324×10^6 t. (FAOSTAT, 2010). La producción de este cultivo puede verse afectada por los factores mencionados anteriormente y es importante estudiar cómo le afectan al cultivo para controlar las pérdidas de producción y calidad. Las pérdidas de producción por efecto de insectos (Jaramillo et al., 1989; Tomlin y Sears, 1992) o de granizo (Irigoyen et al., 2010; Orr et al., 1991) han sido estudiadas, pero pocos trabajos estudian el efecto de las heladas sobre este cultivo.

En este trabajo se ha hecho una aproximación a la evaluación del daño causado por heladas en patata mediante simulación por defoliación en campo. Este trabajo ha venido propiciado especialmente por la implantación en 2007 del seguro frente a heladas en patata. Y por la creciente contratación del mismo en superficie y producción.

El objeto de estudio será el daño por helada en la patata temprana de la variedad *Bellini*, en el Campo de Cartagena (El Algar). Esta comarca tiene un microclima, de inviernos suaves, prácticamente exentos de heladas, que permite el cultivo de patata extratemprana, con recolección a primeros del mes abril, lo que conlleva un riesgo de heladas ocasionales que producen importantes daños y pérdidas económicas a los agricultores.

El estudio se ha llevado a cabo con la colaboración de la Universidad de Navarra, concretamente con el departamento de Producción Agraria de la Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos.

1.2 Producción de patata en el mundo y España.

El promedio anual de consumo de patata está en unos 55 y 11 kg por habitante y año en los países desarrollados y en los países en vías de desarrollo respectivamente. Normalmente en los países subdesarrollados o en vías de desarrollo las patatas son más caras que en los países subdesarrollados mientras que con el arroz o con el pan sucede lo contrario; por esta razón la patata se consume como uno de los alimentos de bajo coste en Europa y Norteamérica mientras que es una verdura de lujo en la mayoría de los países de África, Asia y Latinoamérica. (F. Alonso Arce, 2002)

Como se puede apreciar en la Tabla 1.1 de la Food and Agriculture Organization of the United Nations (F.A.O. 2010). En España la producción de patata en los últimos seis años (que se tienen datos) ha ido disminuyendo, en torno a 300.000 toneladas desde 2005. La producción de patata corresponde en torno al 0.7% de la producción mundial.

Tabla 1.1. Producción, rendimiento, y de patata en España (E) y en el mundo (M) (F.A.O., 2010).

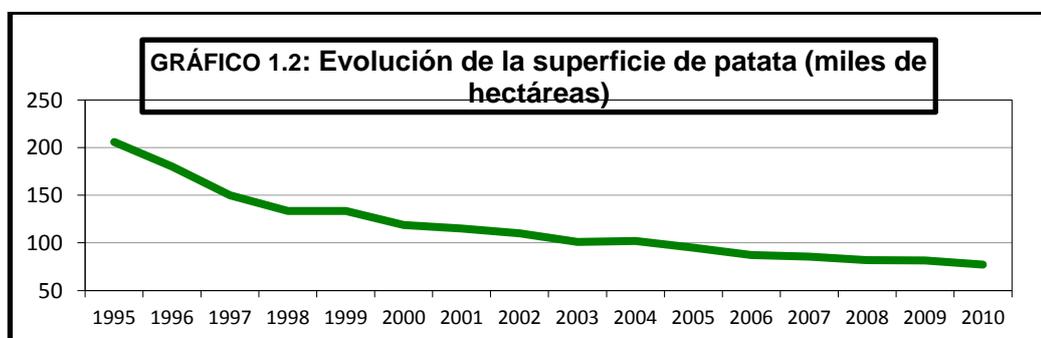
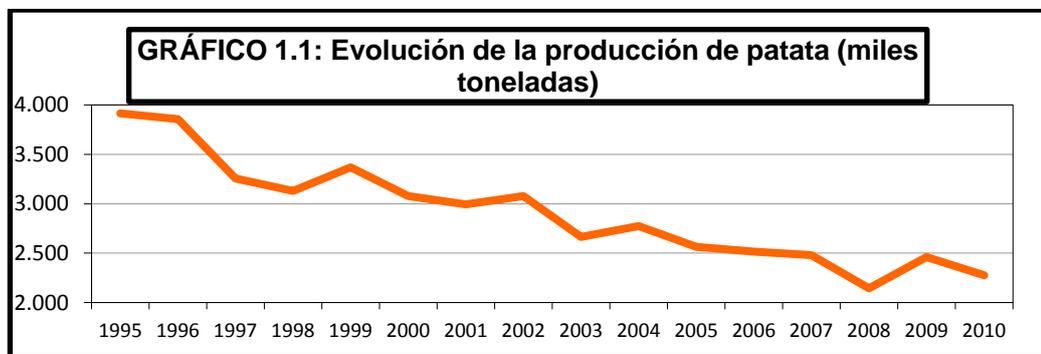
		2005	2006	2007	2008	2009	2010
E	Rendimiento	26.984	28.842	28.923	26.216	29.075	29.544
M	(Kg/Ha)	16.805	16.600	17.275	18.035	17.893	17.432
E	Produccion	2.563.460	2.515.000	2.479.580	2.145.170	2.459.800	2.277.900
M	(t)	325.109.282	305.753.350	322.589.838	327.509.778	331.902.818	324.271.626
E	Área cosecha	94.998	87.199	85.728	81.825	81.600	77.100
M	-da (Ha)	19.344.949	18.417.866	18.673.514	18.159.000	18.548.925	18.601.994

Fuente: FAOSTAT

La superficie de patata cultivada en España ha descendido en los últimos años paulatinamente hasta alcanzar la cifra de 77.100 hectáreas en 2010. Esto significa casi 20000 hectáreas menos que en 2005. Respecto a la superficie mundial destinada a producir patata, la superficie española representa el 0.4 %.

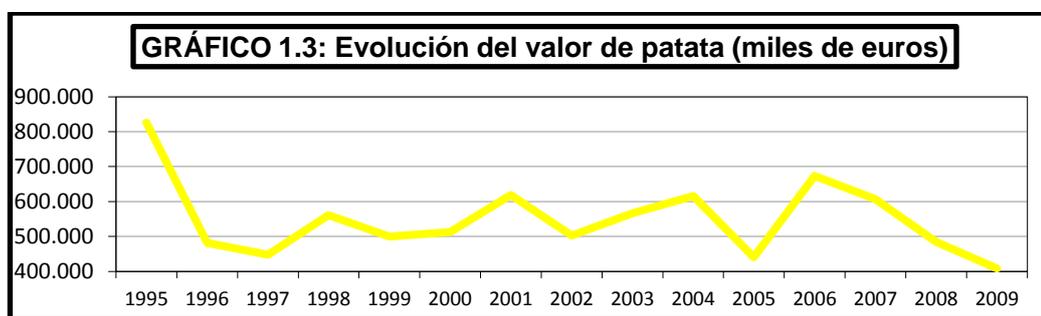
De los datos de producción y superficie cultivada arrojados en la Tabla 1.1, se deduce que España tiene medios de producción más eficientes que la media de los países, (un rendimiento de 12000 kg/ha más en España que la media mundial) algo entendible sabiendo que muchos de los países incluidos en la producción mundial se encuentran en vías de desarrollo.

En las gráficas 1.1 y 1.2 se muestra como ha ido descendiendo la producción y la superficie dedicada al cultivo de la patata.



Fuente: FAOSTAT,2010

En la gráfica 1.3 se muestra como cada 2 o 3 años el precio de la patata baja y sube independientemente de la producción, aunque con tendencia a bajar.



Fuente: Anuario de Estadística, MARM, 2010 avance (datos más actuales 2009)

Respecto a la producción según las épocas de recolección: La producción nacional se centra en la patata de media estación (recolección 15-junio a 30-septiembre) (Tabla 1.2). Destaca la producción de patata extra temprana, que pese a no representar gran extensión, alcanza muy buenos precios y es importante en la Región de Murcia, Baleares, C.Valenciana; y Andalucía y Canarias sobre todo (Tabla 1.3).

Tabla 1.2. Resumen nacional de superficie, rendimiento y producción, 2009. (toneladas).

Patata	Superficie (hectáreas)			Rendimiento (kg/ha)		Producción (toneladas)
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	
Extratempрана	434	3.279	3.713	13.289	25.168	88.296
Tempрана	2.902	12.902	15.804	18.301	28.823	424.982
Media estación	16.222	25.966	42.188	22.548	36.482	1.313.059
Tardía	2.583	21.078	23.661	19.370	39.991	892.954
Total patata	22.141	63.225	85.366	21.440	35.502	2.719.291

Fuente: Anuario de Estadística Agraria, MARM, 2009

Tabla 1.3. Análisis provincial de superficie y producción según épocas de recolección, 2009.

CCAA	Patata extratemprana		Patata temprana		Patata media estación		Patata tardía	
	Superficie (has)	Producción (toneladas)	Superficie (has)	Produc. (t)	Superficie (has)	Produc. (toneladas)	Superficie (has)	Produc. (t)
GALICIA	65	1.111	1.497	32.888	17.005	472.234	1.375	30.851
ASTURIAS	–	–	–	–	1.900	39.900	–	–
CANTABRIA	–	–	9	270	48	1.440	3	90
PAÍS VASCO	–	–	105	2.385	965	34.035	848	32.259
NAVARRA	–	–	–	–	323	8.094	445	9.503
LA RIOJA	–	–	–	–	1.180	55.102	717	37.392
ARAGÓN	–	–	–	–	55	1.659	269	6.565
CATALUÑA	31	536	285	6.433	974	21.955	413	8.207
BALEARES	268	7.692	952	41.507	–	–	184	5.119
CASTILLA Y LEÓN	–	–	15	417	8.427	368.506	14.795	666.835
MADRID	–	–	–	–	254	8.890	19	570
CASTILLA-LA MANCHA	–	–	256	5.084	2.565	64.685	996	25.588
C.VALENCIANA	22	519	652	17.985	732	14.896	426	6.559
R.DE MURCIA	336	8.736	1.829	53.041	240	6.000	389	9.336
EXTREMADURA	–	–	–	–	1.466	53.740	–	–
ANDALUCÍA	1.879	46.006	8.332	228.198	5.684	155.260	2.107	41.984
CANARIAS	1.112	23.696	1.872	36.774	370	6.663	675	12.096
ESPAÑA	3.713	88.296	15.804	424.982	42.188	1.313.059	23.661	892.954

Fuente: Anuario de Estadística, MARM, 2010 avance (datos más actuales 2009)

Como muestra la tabla 1.4 y las siguientes gráficas, la superficie de la patata de media estación ha ido disminuyendo, mientras las otras variedades se han quedado prácticamente igual. En cuanto a la producción se ve como la de media estación ha ido descendiendo conforme lo hacía la superficie, mientras que la temprana y tardía no muestra cambios. Hay que destacar la variabilidad en la producción de la patata extratemprana, habiendo siempre la misma superficie, la producción sube y baja, pero con tendencia a subir.

Tabla 1.4. Serie histórica de superficie y producción según épocas de recolección.

Años	Patata extratemprana		Patata temprana		Patata media estación		Patata tardía	
	Superficie (miles de has)	Producción (miles de toneladas)	Superficie (miles de has)	Producción (miles de toneladas)	Superficie (miles de has)	Producción (miles de toneladas)	Superficie (miles de has)	Producción (miles de toneladas)
1999	3,7	65,1	30,2	682,5	62,9	1.598,9	36,6	1.022,3
2000	3,8	71,2	24,0	525,1	59,4	1.578,1	31,4	903,7
2001	2,8	49,5	22,8	463,0	57,4	1.509,7	32,2	970,2
2002	3,1	66,5	21,1	486,7	53,7	1.474,7	32,3	1.050,2
2003	3,1	67,6	20,3	477,8	50,8	1.323,3	29,4	921,3
2004	4,2	91,9	21,8	518,1	44,9	1.238,5	31,2	924,9
2005	3,7	69,6	17,4	393,8	48,7	1.303,0	25,2	797,1
2006	4,2	90,7	16,8	430,4	44,4	1.266,4	21,8	727,6
2007	3,5	82,1	15,9	439,3	42,7	1.182,6	23,5	775,6
2008	3,8	78,4	13,6	326,0	42,1	1.047,3	22,3	693,6
2009	3,7	88,3	15,8	425,0	42,2	1.313,1	23,7	893,0

Fuente: Anuario de Estadística, MARM, 2010 avance (datos más actuales 2009)

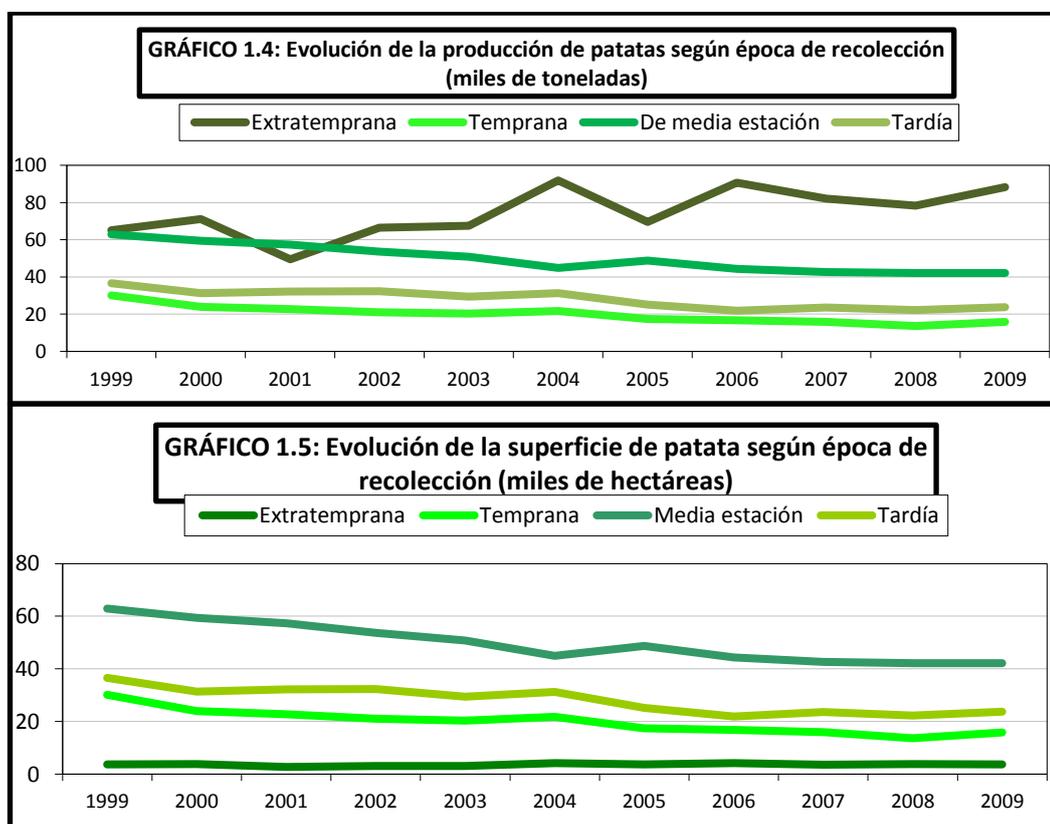


Tabla 1.5. Comercio exterior de España, 2009 (toneladas)

Mundo y países	Importaciones	Exportaciones
MUNDO	604.143	265.169
PAÍSES DE EUROPA	599.375	256.535
Francia	434.545	12.124
Reino Unido	70.801	17.022
Holanda	53.001	18.957
Bélgica	20.334	7.557
Portugal	11.164	104.755
Alemania	4.207	60.510
Dinamarca	2.434	6.263

Fuente: Estadísticas de Comercio Exterior de España. Agencia Estatal de Administración Tributaria.

Tal y como se aprecia en la Tabla 1.5, casi toda la importación (99,21%) y exportación (96,71%) de patata de España es a países de Europa. De donde más se importa es de Francia y a donde más se exporta es a Portugal. Cifras lógicas si tenemos en cuenta la cercanía de dichos países.

1.3 Importancia del seguro de la patata extratemprana y temprana.

El aparatado de meteorología del Informe Anual de 2010 de Agroseguro comenta que el año agrometeorológico (septiembre 2009/2010), empezó con lluvias, viento, heladas en la Comunidad Valenciana, Murcia, Andalucía y el archipiélago Canario, y acabó de nuevo con oscilaciones térmicas muy acusadas, que llegaron a producir fuertes heladas que afectaron también a zonas costeras de norte y este peninsular.

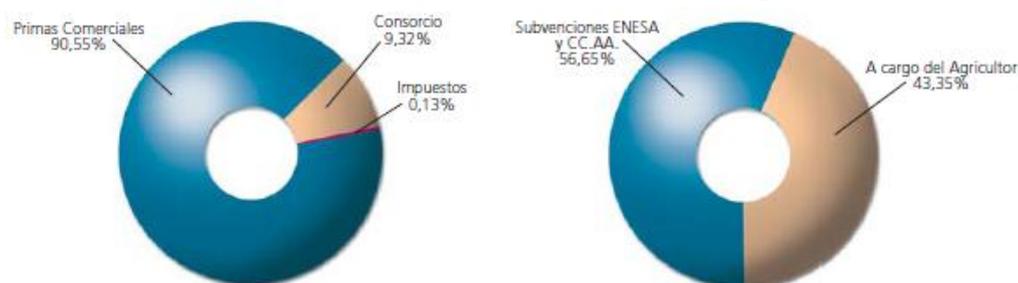
En definitiva, la precipitación media en España en los tres primeros meses del año alcanzó el doble de su correspondiente valor medio, lo que hizo de este periodo el tercero más lluvioso desde 1997. Las altas temperaturas se acentuaron durante julio y agosto, periodo considerado como extremadamente cálido en la mayor parte de España, con una alta persistencia de condiciones de tiempo estable y caluroso, habiendo sido este periodo el segundo más cálido desde 1960.(Informe Anuario 2010, AGROSEGURO)

Estos cambios en la meteorología que se vienen ocurriendo en los últimos años, provocan graves problemas en la agricultura, de ahí que se haga necesario hacer un seguro que cubra y se ajuste a las necesidades del agricultor, para que permita que el sector agrícola pueda sobrevivir.

El Seguro para la patata se inició en 2005, pero la cobertura del riesgo de helada se inició en 2007, debido a la demanda creciente, del mismo. Esta línea de seguro cubre daños de heladas invernales y primaverales.

Para las tasaciones actualmente se dispone de datos previos preexistentes obtenidos de ensayos de pedrisco. La creciente demanda plantea la necesidad de generar nuevos datos experimentales, más exactos.

Detalle de Recibos Emitidos Netos de Anulaciones y Devengados no Emitidos



El Estado a través de ENESA da subvenciones que, junto con las las ayudas de las CCAA, en 2010 cubrió un 56,65% de los recibos emitidos a Agroseguro.

Distribución de los Siniestros por Provincias y Riesgos

Tal como informa la grafica X, obtenida del Informe Anual de 2010 de Agroseguro, el porcentaje de daños por helada fue superior al resto, con un 24,79% del total de siniestros. Mayor que en 2009 (12,17%) y 2008 (13,42%). La helada es junto con el pedrisco y el viento el riesgo que más daños provoca en nuestro país.

Gráfica 1.6. Porcentajes de Distribucion de Riesgos.

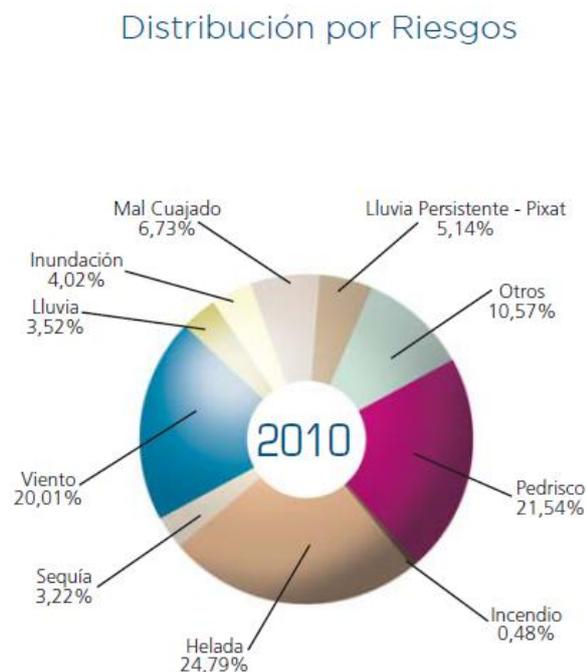


Tabla 1.6. Distribución de los Siniestros por Provincias y Riesgos

Provincia	pedrisco	ncendio	helada	sequía	viento	lluvia	Inun-dación	lluvia persistente	otros	total
Alicante	1.588	2	597	2	436	198	13	67	140	3.043
Castellón	846	7	1.335	29	54	187	250	188	839	3.735
Murcia	1.375	1	1.768	57	395	4	70	492	1.229	5.291
Valencia	5.359	16	9.584	22	5.569	28	21	241	1.856	22.693

Fuente: Informe Anuario 2010, AGROSEGURO. Modificada

Alicante, Castellón, Murcia y Valencia, fueron las provincias más siniestradas, destacando la superioridad de Valencia con 22.693 siniestros. También destacar que se demuestra que la helada (excepto en Alicante), fue la que más siniestros provocó.

Tabla 1.7 La evolución del seguro de las hortalizas, en los últimos 3 años:

Concepto/ejercicio	2010	2009	2008
Nº de pólizas	8.149	7.317	6.815
Sup. Cultivada (ha)	394.269	334.301	345.394
Sup. Asegurada (ha)	85.508	76.394	73.284
% Sup. Asegurada/Cultivada	21,69%	22,85%	21,22%
Producción asegurable (t)	12.684.152	13.035.785	12.231.685
Producción asegurada (t)	4.244.365	3.904.960	3.220.095
% Producción asegurada/asegurable	33,46%	29,96%	26,33%
Valor de la producción (millones de euros)	649,94	559,66	468,56

Fuente: Informe Anual 2010, de AGROSEGURO



Ante la siniestralidad tan acusada en los últimos años, es de entender la creciente contratación de seguros, de ahí la importancia de crear unas tablas de peritación que se ajusten lo más posible a la realidad.

1.4 Descripción del cultivo.

1.4.1 Morfología de la planta.

Se trata de una planta herbácea, vivaz, compuesta por un sistema caulinar aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa en el que se originan los tubérculos, órganos de reserva (Figura 1).

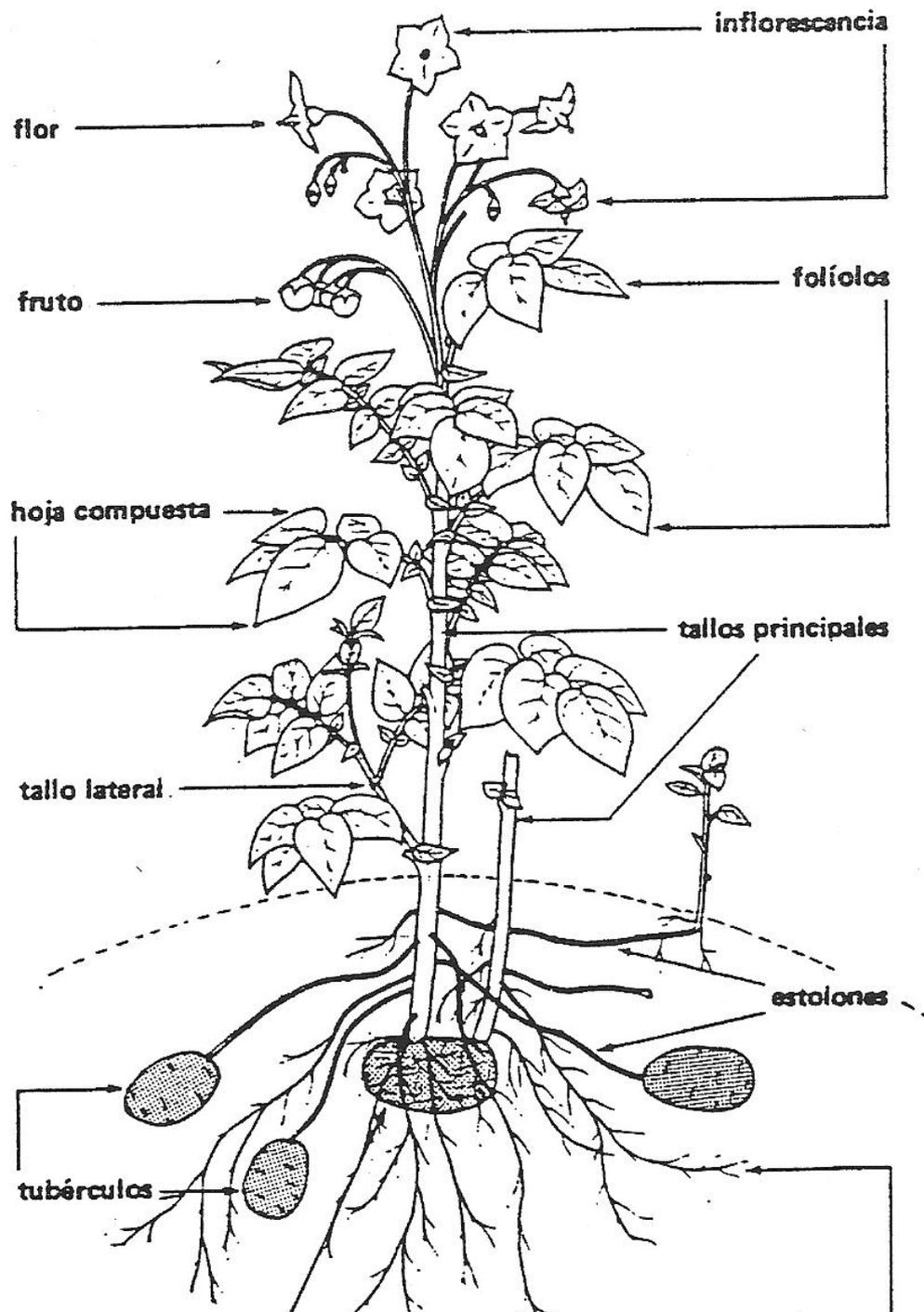


Figura 1.1: Morfología de la planta de patata.

La morfología del sistema radicular varía según el tipo de reproducción; en aquellas plantas crecidas a partir de la semilla biológica la raíz es de tipo axonomorfa, mientras que en el caso de formarse la planta a partir del desarrollo vegetativo del tubérculo, el sistema radicular es adventicio. Las raíces adventicias se pueden desarrollar de la base de cada brote o bien de los nudos de la parte subterránea de cada brote. Este sistema radicular es mucho más débil que el primero por lo que se deben esmerar las tareas de acondicionamiento del sustrato, procurando obtener texturas esponjosas y aireadas que además facilitarán el aumento de volumen de los tubérculos.

La parte aérea, de naturaleza herbácea, está constituida por uno o varios tallos principales (según el número de brotes emergidos) y de sus yemas pueden surgir tallos secundarios, terciarios, ect.. , estolones e inflorescencias.

Es de los estolones de donde surgen los tubérculos debido al engrosamiento del ápice de este tras darse la inducción a la tuberización.

Los tubérculos son tallos modificados desempeñando la función de órgano de reserva. Están constituidos por epidermis, corteza, anillo vascular, parénquima de reserva y médula interna. En ellos se pueden distinguir dos extremos, en el extremo basal por el cual se une al estolón y por donde le son suministradas las sustancias de reserva y en el extremo apical donde se sitúa la yema apical. Las yemas están distribuidas de forma helicoidal en la superficie. A éstas se les denomina de forma coloquial ojos.

Las hojas son grandes y compuestas imparipinnadas con folios pedunculados.

La patata es habitualmente autógena. La inflorescencia es en cima umbeliforme que surgen a partir de brotes laterales o axilas en las hojas. Estas inflorescencias presentan flores actinomorfas, hipógeas, hermafroditas, tetraploides y pentámeras.

1.4.2 Ecología

La especie patata presenta dos subespecies, la primera *Solanum tuberosum* spp. *andígena* propia de diferentes zonas de Sudamérica, está adaptada a condiciones de tuberización de día corto. Debido a su poca proyección económica no se cree oportuno el detallar sus características ecológicas.

La subespecie principal y sobre la que se asienta la producción mundial es *Solanum tuberosum* spp *tuberosum*. Esta se adapta a condiciones de día largo, por lo tanto es viable su cultivo en climas templados y fríos (Maroto, 1992).

En lo que se refiere al clima, se trata de una planta propia de regímenes templado-frío, cuyo cero vegetativo se encuentra entre 6y 8°C, si bien los brotes pueden crecer a partir de 2°C. La integral térmica necesaria para cubrir su ciclo de cultivo en variedades tempranas es de 1.600°C, mientras que en el caso de variedades tardías se cifra en unos 3.000°C.

La temperatura óptima de desarrollo es de 15-18°C. Temperaturas excesivamente altas provocan un desequilibrio entre el desarrollo de la parte aérea y la tuberización, favoreciendo la masa foliar.

Temperaturas por debajo de -2°C suponen la destrucción de la planta, por lo tanto se puede clasificar a este cultivo como poco resistente a heladas.

Es una planta exigente en agua, se ha calculado que hace falta 300 l de agua para producir 1 kg de materia seca. (Maroto, 1992).

Respecto a las características del suelo, la patata manifiesta todo su potencial en suelos ligeros o semiligeros, silicearcillosos, ricos en humus, profundos y pH=5,5-6,0. Se considera una especie relativamente resistente a la salinidad.

1.4.3 Fisiología y desarrollo

Debido al escaso interés agronómico de la reproducción por semilla botánica, se describe exclusivamente el desarrollo de la planta a partir de tubérculos.

El tubérculo tras su formación presenta un periodo denominado de reposo, en el cual sus yemas no son capaces de desarrollar brotes aunque las condiciones de humedad y temperatura sean las idóneas. Este periodo se debe a factores hormonales que han permitido la supervivencia de la especie pues se podrían dar brotaciones previas a la estación desfavorable.

Tras la interrupción de la fase de reposo, si las condiciones son favorables se inicia el desarrollo de un brote a partir de la yema apical. A este periodo se le denomina de *dominancia apical*.

El último periodo es el estado de senectud que se caracteriza por brotes excesivamente ramificados, largos y débiles. (Maroto, 1992).

Las fases fisiológicas de desarrollo de la planta de la patata son las siguientes:

La primera fase se define como el periodo que va de la germinación al inicio de la tuberización y se denomina incubación. La duración de este periodo dependerá de las características genéticas de la variedad y de factores ambientales. En esta fase se centra el crecimiento vegetativo; a partir de la tuberización el aumento de la masa foliar se ve frenado considerablemente.

El periodo de incubación finaliza con la inducción a la tuberización. Este paso es complejo y todavía se investiga a fin de encontrar los factores causantes y si es posible su modificación. Según Moole (1972) algunos de los factores ya conocidos son:

- Temperatura: menor de 18°C, temperaturas altas nocturnas favorecen el desarrollo aéreo.
- Variedad y estado fisiológico del tubérculo madre.
- La fertilización alta en N favorece el desarrollo de la parte aérea y retrasa la tuberización (Moorly, 1976). Se han realizado trabajos en el campo de las fitohormonas con resultados positivos (Sehon y Singh, 1984).

Una vez inducida la tuberización se da la siguiente fase, este es el periodo que va de la iniciación de la tuberización a floración. En nuestra latitud este periodo es corto y en el que se da la mayor sensibilidad de la defoliación como se verá reflejado en apartados posteriores por Nozt (1994) y otros muchos autores.

Por último, se da la última fase que va desde la floración hasta la senescencia de la planta y maduración de tubérculos. En esta fase el crecimiento de masa foliar disminuye considerablemente mientras los tubérculos aumentan de tamaño y peso. (Maroto, 1992).

1.4.4 Ciclo de la patata y recolección.

En España la patata se divide en función del momento en que se efectúa su recolección en los siguientes grupos:

Grupo	Fechas de recolección
Patata extratemprana	16 de enero a 15 de abril
Patata temprana	16 de abril a 15 de junio
Patata media estación	16 de junio a 30 de septiembre
Patata tardía	1 de octubre a 15 de enero

Fuente: El cultivo de la patata. Fernando Alonso Arce, 2002.

Según la duración del ciclo de cultivo hasta el momento de la recolección, las variedades se dividen en tres grupos:

- Precoz o temprana: Ciclo menor de 120 días.
- Semitemprana: Su ciclo está comprendido entre los 120 y 150 días.
- Tardía: De ciclo largo mayor de 150 días (Alonso Arce, 2002).

1.4.5 Estados fenológicos.

Existen distintos estudios encaminados a definir los estados fenológicos de la planta de patata. Entre los más destacados está el de Sack *et al.* (1959). Uno de los más completos es el realizado por Hack *et al.* (1993). Es el que se pasa a detallar, ya que se trata de la clasificación utilizada para definir los momentos de intervención en el presente trabajo.

En esta escala se compagina la evolución fisiológica de diferentes partes de la planta como crecimiento de masa foliar, desarrollo de frutos, formación de tubérculos y senescencia.

Se basa en diez fases fenológicas que se dan durante el desarrollo de la planta. Las fases son las siguientes:

- 0: Germinación
- 1: Desarrollo de las hojas.
- 2: Formación de yemas basales a partir del tallo principal tanto en la parte aérea como en la subterránea.
- 3: Elongación del tallo principal.
- 4: Inicio de la formación de tubérculos.
- 5: Desarrollo de tubérculos.
- 6: Floración.
- 7: Desarrollo de frutos.
- 8: Maduración de frutos y semillas.
- 9: Senescencia.

Todas estas fases se dividen en varios subestados que se definen por códigos de dos y tres dígitos. A continuación se define detalladamente la escala de Hack *et al.* (1993).

La relación gráfica de todos estos estados se refleja en la Figura 1.2.

Potato

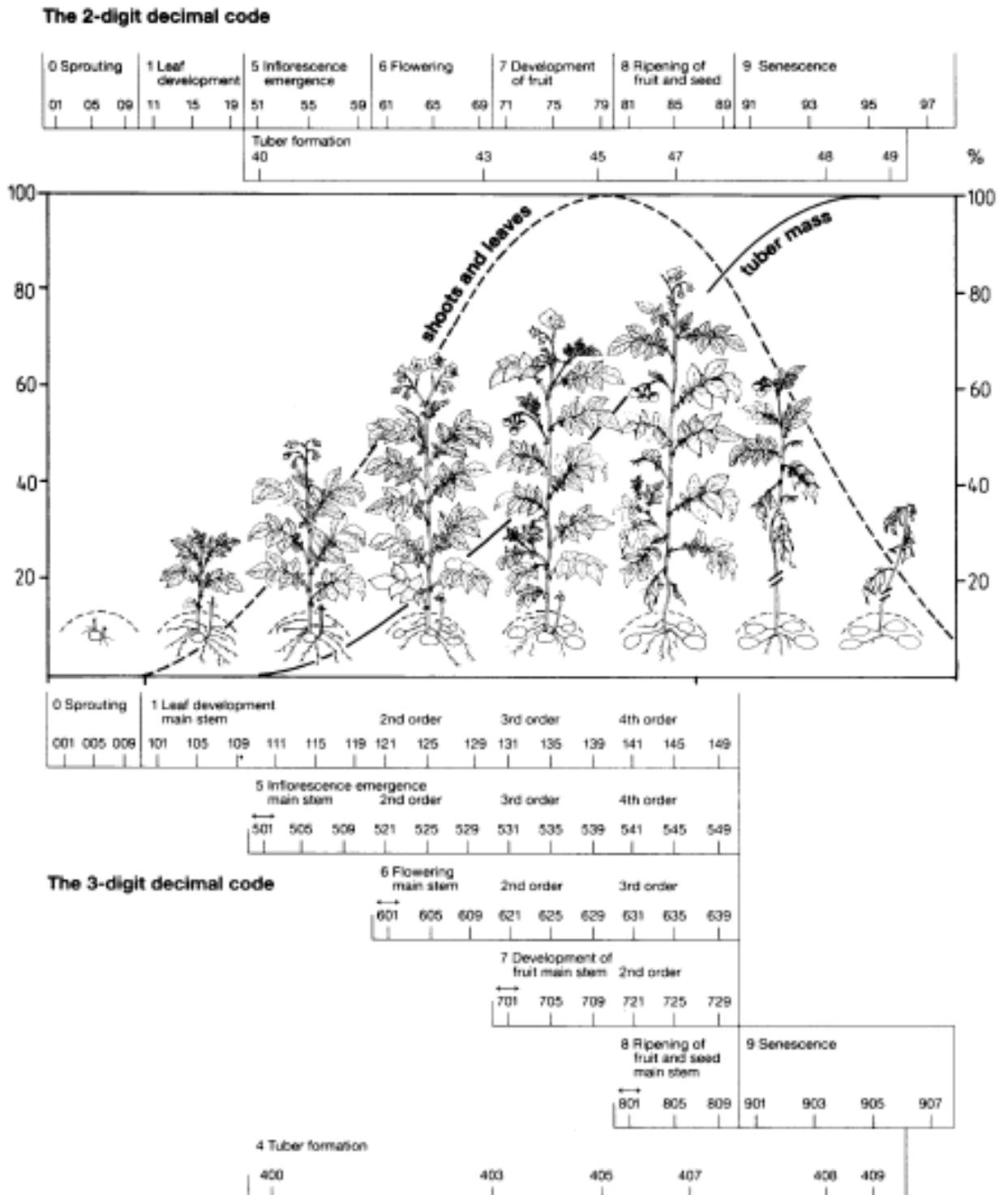


Figura 1.2: Escala para los estados fenológicos del crecimiento de la patata según Hack *et al.* (1993)

ESTADO 0 : GERMINACIÓN.

Códigos		Descripción	
2 dígitos	3 dígitos	Desarrollo tubérculos	Desarrollo semillas
00	000	Dormición innata o impuesta; tubérculos no brotados	Semilla seca
01	001	Comienzo de brotación: Brotaciones visibles (<1mm)	Comienzo de inhibición semilla
02	002	Brotes verticales <2mm	
03	003	Fin de dormición: Brotes>2mm	Completa inhibición de la semilla.
05	005	Comienzo de formación de raíces	Raíces emergidas Desde la semilla
07	007	Comienzo de formación de tallos	Hipocótilo con cotiledones brotados a través de la cubierta de la semilla.
08	008	Crecimiento de los tallos hacia la superficie, formación de hojas en las axilas de las cuales se desarrollaran más tarde los limbos foliares.	Hipocótilo con cotiledones emergiendo hacia la superficie.
09	009	Emergencia: tallos saliendo hacia la superficie de la tierra.	Emergiendo: cotiledones saliendo de la superficie de la tierra.
	021-029	Para brotes de segunda generación.	

ESTADO 1 : DESARROLLO AREA FOLIAR

2 dígitos	3 dígitos	Descripción
10	100	Tubérculos: primeras hojas comienzan a expandirse. Semillas : cotiledones completamente desplegados
11	101	Primera hoja del tallo principal desplegada (>4 cm)
12	102	Segunda hoja del tallo principal desplegada (>4 cm)
1X	10X	X hoja del tallo principal desplegada (>4 cm)
19	109	9 hojas del tallo principal desplegadas (>4cm)
	11X	10+X hoja del tallo principal desplegada (> 4cm)
	119	19 hojas del tallo principal desplegada (>4 cm)
	121	1ª hoja del tallo secundario por encima de la primera inflorescencia (>4 cm)
	122	2ª hoja del tallo secundario por encima de la primera inflorescencia (>4 cm)
	12X	X hoja del tallo secundario por encima de la primera inflorescencia (>4cm)
	131	1ª hoja del tallo terciario por encima de la segunda inflorescencia (<4cm)
	1NX	X hoja de ramas de N orden sobre inflorescencia N-1 desplegada (>4 cm)

ESTADO 2 : FORMACION DE YEMAS BASALES A PARTIR DEL TALLO PRINCIPAL TANTO POR ENCIMA COMO POR DEBAJO DE LA TIERRA

2 dígitos	3 dígitos	Descripción
21	201	Primera yema basal (>5cm)
22	202	Segunda yema basal (>5 cm)
2X	20X	X yema basal (>5cm)
29	209	9 ó más yemas basales visibles (> 5cm)

ESTADO 3 : CRECIMIENTO DEL TALLO PRINCIPAL-DENSIDAD DE PLANTA

2 dígitos	3 dígitos	Descripción
31	301	10% de plantas visibles entre líneas
33	303	30 % de plantas visibles entre líneas
39	309	90 % de plantas visibles entre líneas

ESTADO 4 : FORMACIÓN DE TUBERCULOS

2 dígitos	3 dígitos	Descripción
40	400	Iniciación de la tuberización: engrosamiento de las primeras puntas de los estolones a 2 veces el diámetro del estolón.
43	403	30 % del total de la masa final del tubérculo alcanzada.
45	405	50 % del total de la masa final del tubérculo alcanzada.
47	407	70 % del total de la masa final del tubérculo alcanzada.
48	408	Máximo total de la masa final del tubérculo alcanzada.
49	409	Piel completamente desarrollada (piel del tubérculo no se elimina al tocar con los dedos). 95% de los tubérculos en este estado.

ESTADO 5 : EMERGENCIA DE LA INFLORESCENCIA

2 dígitos	3 dígitos	Descripción
51	501	Primera yema individual (<2mm) de la primera inflorescencia visible (tallo principal).
55	505	Yemas de la primera inflorescencia alargada a 5 mm
59	509	Primeros pétalos de la flor de la primera inflorescencia visible.
	521	Yemas individuales de la segunda inflorescencia visible (tallos secundarios).
	525	Yemas de la segunda inflorescencia alargada a 5mm.
	529	Pétalos de la primera flor de la segunda inflorescencia visible por encima de los sépalos.
	531	Yemas individuales de la tercera inflorescencia visible (tallos terciarios)
	535	Yemas de la tercera inflorescencia alargada a 5 mm.
	539	Pétalos de la primera flor de la 3ª inflorescencia visible por encima de los sépalos.
	5N	N inflorescencias emergidas.
	5N9	N inflorescencias con pétalos de la primera flor por encima de los sépalos.

ESTADO 6 : FLORACIÓN

2 dígitos	3 dígitos	Descripción
60	600	Primeras flores abiertas en la parcela.
61	601	Comienzo de floración: 10 % de las flores abiertas en la primera inflorescencia (tallo principal).
65	605	Plena floración: 50% de las flores abiertas en la primera inflorescencia
69	609	Fin de floración en la primera inflorescencia
	621	Comienzo 2ª floración: 10% flores abiertas de 2ª floración (ramas secundarias)
	625	Plena floración secundaria: 50% flores abiertas
	629	Fin de floración de la segunda inflorescencia.
	631	Comienzo 3ª floración.
	635	Plena floración 3ª
	639	Fin de floración de la 3ª inflorescencia
	6N	N inflorescencia florecida
	6N9	Fin de floración

ESTADO 7: DESARROLLO DEL FRUTO.

2 dígitos	3 dígitos	Descripción
70	700	Primeras yemas visibles
71	701	10% de las bayas de la primera floración han conseguido su tamaño final (tallo principal).
75	705	50 % de las bayas en primera floración han conseguido su tamaño final (o se han desprendido).
79	709	90 % de las bayas en primera floración han conseguido el tamaño final (o se han desprendido)
	721	10 % de las bayas en la segunda floración han conseguido el tamaño final (ramas secundarias)
	7N	Desarrollo de bayas en la N fructificación.
	7N9	Casi todas las bayas en la N fructificación han conseguido su tamaño final (o se han desprendido).

ESTADO 8 : MADURACIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS.

2 dígitos	3 dígitos	Descripción
81	801	Comienzo de la maduración o coloración de frutos.
85	805	Continuación de la coloración de frutos según su especie/variedad
89	809	Maduración plena o de recolección. Fin de la coloración típica según la especie/variedad.

ESTADO 9: SENESCENCIA

2 dígitos	3 dígitos	Descripción
91	901	Comienzo de amarilleamiento de las hojas
93	903	La mayoría de las hojas amarillas
95	905	50% de las hojas marrones
97	907	Hojas y tallos secos, tallos secos y rotos
99	909	Producto cosechado.

1.5 Normas de calidad para la patata de consumo.

Se atiende al Real Decreto de 31/2009 aprobado con el fin de regular la calidad de la patata de consumo para el mercado interior.

La normativa es extensa y contiene puntos sin interés para la realización del TFC, por lo que realizaré un resumen de lo realmente interesante y necesario para el trabajo de investigación que se lleva a cabo.

1.5.1 Definición del producto

Según su condición, se distinguen tres tipos comerciales de patata:

- «De Primor» las que, además de ser cosechadas antes de su completa maduración natural, de modo que su epidermis o piel pueda desprenderse fácilmente por frotamiento, deben comercializarse en los días inmediatos a su recolección.
- «Nuevas» las cosechadas en su completa maduración natural y comercializadas en las semanas inmediatas a su recolección sin más almacenamiento y/o conservación que el necesario para garantizar el desarrollo normal de su proceso comercializador.
- «De Conservación» las cosechadas en su plena madurez, aptas para su comercialización después de pasar por un período de almacenamiento y/o conservación más o menos prolongado, sin merma de sus cualidades organolépticas.

1.5.2 Características mínimas de calidad.

- Enteros.
- Sanos.
- Con las características propias de la variedad (forma y color).
- Prácticamente exentos de magulladuras, cortes, germinación, enverdecimientos, deformaciones, tierras y piedras.

1.5.3 Clasificación.

- *Patata de primor:*

Variedad inscrita en el registro del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero (INSPV).

Calibre: primor normal >30mm.

Primor pequeña: de 17 a 30 mm.

- Patata de calidad. Variedad inscrita en el registro de INSPV.
Calibre de 40mm a 80mm.

1.6 Daños en la patata provocados por helada

El daño directo por helada ocurre cuando se forman cristales de hielo dentro del protoplasma de las células (congelación o helada intracelular), mientras que el daño indirecto puede ocurrir cuando se forma hielo dentro de las plantas pero fuera de las células (i.e. congelación o helada extracelular). Lo que realmente daña las plantas no son las temperaturas frías sino la formación de hielo (Westwood, 1978). Se cree que la formación de hielo intracelular causa una “ruptura mecánica de la estructura protoplásmica” (Levitt, 1980). La extensión del daño debido a la congelación intracelular depende principalmente de la rapidez del enfriamiento y la intensidad del enfriamiento antes de congelarse. Hay poca o ninguna evidencia de que la duración de la congelación afecte al daño. De hecho, Levitt (1980) establece que el daño por congelación parece ser independiente del tiempo para periodos cortos (e.g. 2–24 horas).

Levitt (1980) propuso que las células se morían de forma gradual como resultado del crecimiento de masa de hielo extracelular. Recuerda que la presión de vapor a saturación es más baja sobre hielo que sobre el agua líquida. Como resultado de la formación de hielo extracelular, el agua se evaporará desde el agua líquida dentro de las células y pasará a través de las membranas semipermeables de las células y se depositará sobre los cristales de hielo fuera de las células.

Conforme el agua sale de las células, la concentración de solutos aumenta y reduce el riesgo de congelación. Sin embargo, a medida que el hielo continúa creciendo, las células se desecan más. Normalmente, en las plantas dañadas, los cristales de hielo extracelular son mucho más grandes que las células muertas de alrededor, que se han colapsado debido a la desecación. En consecuencia, la principal causa en la naturaleza del daño por helada a las plantas es la formación de hielo extracelular, que produce un estrés de agua secundario a las células adyacentes. De hecho, hay una estrecha relación entre las plantas tolerantes a la sequía y las plantas tolerantes a la congelación.

Observa que los antitranspirantes se han propuesto como un método de protección contra la congelación. Se argumenta que los daños por helada ocurren por la deshidratación de las células y los antitranspirantes se da a entender que reducen las pérdidas de agua desde las plantas y proporcionan protección contra la congelación. Sin embargo, la desecación de las células resulta de la evaporación del agua celular en respuesta al gradiente de presión

de vapor provocado por la formación de hielo extracelular y no debido a la transpiración. No existe evidencia de que los antitranspirantes reducen la desecación debido a la formación de cristales de hielo extracelular. (Richard L Snyder. 2010). (FAO, 2010).

La sensibilidad de las plantas

Las plantas se agrupan en cuatro categorías de sensibilidad a la congelación: (1) frágiles; (2) ligeramente resistentes; (3) moderadamente resistentes; y (4) muy resistentes (Levitt, 1980). Las plantas frágiles son aquellas que no han desarrollado la evitación de la congelación intracelular (e.g. muchas plantas tropicales). Las plantas ligeramente resistentes incluyen muchos de los árboles frutales subtropicales, árboles caducifolios, y cultivos hortícolas que son sensibles al enfriamiento hasta los $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las plantas moderadamente resistentes incluyen aquellas que pueden acumular suficientes solutos para resistir el daño por heladas hasta temperaturas tan bajas como $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, principalmente evitando el daño por deshidratación, pero son menos capaces de tolerar temperaturas más bajas. Las plantas muy resistentes son capaces de evitar la congelación intracelular así como de evitar el daño debido a la desecación de las células.

Wang y Wallace (2003) presentaron una lista de frutas frescas y hortalizas según categorías de susceptibilidad a la congelación (Tabla 1) mostrando las sensibilidades relativas cuando eran expuestas a temperaturas de congelación. **Tabla 1:**

Susceptibilidad de frutas y verduras al daño por heladas

MAS SUSCEPTIBLES	MODERADAMENTE SUSCEPTIBLES	MENOS SUSCEPTIBLES
Aguacates	Apio	Barbón común
Albaricoques	Brócoli	Berza común
Bananas	Calabaza, Invierno	Chirivías
Batata o Boniato	Cebolla (seca)	Col rábano
Bayas (excepto frambuesas)	Coliflor	Col, madura y sabrosa
Berenjena	Espinacas	Coles de Bruselas
Calabaza, Verano	Frambuesa	Colinabos
Ciruelas	Guisantes	Dátiles
Espárragos	Manzanas	Nabos
Judías verdes	Naranjas	Remolachas
Lechuga	Peras	
Lima	Perejil	
Limonos	Rábanos	
Melocotoneros	Uva de mesa	
Okra	Uvas	
Patatas	Zanahorias	
Pepinos		
Pimientos, dulces		
Tomates		

FUENTE: Wang y Wallace, 2003.

Síntomas de daño por helada en cultivos hortícolas (Caplan, 1988)

CULTIVO	SINTOMAS
Patata	Los daños por congelación pueden que no sean evidentes externamente, pero se muestran manchas grisáceas o gris-azuláceas debajo de la piel. Los tubérculos descongelados se vuelven blandos.

Las temperaturas bajas producen clorosis en formas de áreas difusas o manchas, con o sin deformación de las hojas. A veces los daños producidos por bajas temperaturas pueden ser confundidos con ataques de virus o daños de los herbicidas.

Muchas variables, tales como duración de la helada, temperatura de la misma, contenido de humedad del suelo y de la planta (si las hojas están turgentes o flácidas) influenciarán el tipo y grado de daño. El daño a la planta variará significativamente entre heladas y dentro del mismo campo, (Fairlie y Ortega, 1995).

Figura 1, 2, y 3. Daños severos y moderados en patata extratemprana. En Fortuna (Murcia), diciembre 2008.



Fotografía 1. Daño moderado en la planta, donde se aprecian, las hojas más superficiales secas, quemadas por el frío pero los tallos y las hojas pequeñas no.

Fuente: Agroseguro



Fuente: Agroseguro

Fotografía 2 y 3. Daño severo, donde se aprecian, las hojas y los tallos secos afectados por la helada. Reciente y pasados unos días



Fuente: Agroseguro

1.7 Simulación de helada mediante defoliación

En este apartado se pretende mostrar trabajos previos existentes sobre el efecto que producen las defoliaciones en el desarrollo de la planta.

1.7.1 Métodos de defoliación.

Diferentes métodos de defoliación se han utilizado en el cultivo de la patata en numerosos casos. La simulación se realiza con un simple corte bien con un cuchillo, tijera o con la mano (Cranshaw y Radcliffe, 1980; Sieczka, 1986; Butignol y Reis, 1989; Van der Berg et al, 1990 y Notz y Ross, 1994).

Este sistema es sencillo y rápido de realizar y además la precisión a la hora de eliminar el área foliar deseada es muy alta, pero presenta varios inconvenientes. Por una parte no se imita la irregularidad de la distribución de la defoliación realizada por los diversos tipos y magnitud de las heladas y por otra, el tratamiento defoliante puede que produzca un efecto bastante diferente al ocasionado por una helada. (Notz y Ross, 1994)

Hay otros trabajos, como el realizado por Le Van An (2003) en el que la defoliación se realizó mediante la eliminación entera de las ramas de la planta, en plantas de patata dulce (*Ipomoea batatas* L.), Posteriormente se realizó el análisis según el % de ramas defoliadas de la planta. (Le Van An, 2003). Este caso tiene su relevancia, ya que los daños producidos en los tallos tienen mayor importancia, como demuestran los estudios realizados por Nozt y Ross (1994), que aseguran que se pueden dar defoliaciones altas en hojas sin diferencias significativas y, sin embargo, defoliaciones bajas en tallos provocan grandes pérdidas.

También se debe tener en cuenta, que al producir cortes de ramas en estadios iniciales, la producción final será mayor que los testigos, ya que se produce una homogenización del cultivo por diferencias producidas en la emergencia y un aumento de la ramificación. A esta misma conclusión llegan varios autores, incluso realizando defoliaciones con diferentes métodos simulando daños provocados por insectos (Senanayake et al, 1993) o granizo (Murphy y Goven, 1962).

Las defoliaciones con tijeras de patata también fueron producidas en plantas para simular el daño causado por el escarabajo de la patata (*Leptinotarsa decemlineata*) y estudiar su repercusión en la producción (Mailloux y Bostanian, 1989). En estos casos es habitual controlar el periodo sin

defoliación mediante aplicación de insecticidas o jaulas y se realizan con distintas especies de insectos y en diversos continentes: *Acarrea acerata* en Africa (Lugojja, Ogenga y Smit ,2001; Gent et al,1998); *Leptinotarsa decemlineata* en América (Mailloux y Bostanian,1989); *Leptinotarsa decemlineata* en Europa (Zehnder y Evanylo, 1988).

Las defoliaciones, en algunos casos, también se han utilizado para simular heladas. En el trabajo realizado por Fairlie y Ortega (1995) en el altiplano peruano, el método utilizado para simular las heladas sobre las plantas de patata fue defoliar a diversos rangos de severidad. Partiendo de 0% de defoliación hasta el 100%, pasando por 25, 50 y 75. Según estos autores la metodología para reproducir el daño por helada, mediante la eliminación de la parte aérea de acuerdo al nivel de daño y un frotamiento posterior del área foliar remanente, parece haber dado buen resultado.

Respecto a la utilización de elementos motorizados como defoliadores, existen varios trabajos entre los que cabe destacar los siguientes:

Orr et all. (1991) realizaron un ingenioso mecanismo de imitación de una tormenta de granizo. El método constaba de una barra de la que colgaban bolas de plomo a diferentes alturas; esa barra giraba mecánicamente en sentido rotatorio sobre su eje longitudinal provocando el choque de las bolas sobre la planta. Para provocar diferentes grados de defoliación se usaban bolas de diferente diámetro.

Una cortadora mecanizada fue utilizada por Firman y Allen (1992); con este método resulta difícil diferenciar niveles de defoliación.

1.7.2 Escalas para determinar los estados fenológicos y momentos de intervención.

Es importante a la hora de plantearse el estudio de la simulación de helada el momento en el que se aplica la defoliación. Habrá que determinar objetivamente el estado de crecimiento de la planta.

A lo largo de los últimos 30 años se vienen realizando estudios de la repercusión de la defoliación sobre la producción y la variedad de criterios utilizados para definir el estado de la planta en el momento de la defoliación son muy variados. Los criterios más sencillos, pero menos objetivos, se basan en la fecha de intervención (Cranshaw y Radcliffe, 1980), días o semanas

después de la plantación (Zehnder y Evanylo, 1988) o emergencia (Orr *et al.* 1991).

Una primera clasificación en la que se define el estado de crecimiento basado en las características fisiológicas de la planta es el estudio realizado por Sparks y Woodbury (1959). En este estudio se diferencian seis estados fenológicos (plantas de 6-8 pulgadas; plantas de 12-15 pulgadas; 50% en floración; plena floración; pasada floración completa; crecimiento completo).

Otros artículos consultados (Zehnder y Evanylo, 1988; Murphy y Goven, 1962), presentan una clasificación más sencilla que la realizada por Sparks y Woodbury (1959).

Wille y Kleinkopf (1992), utilizaron la siguiente tabla para definir los estados de crecimiento de patata Russet Burbank (tabla 1.8), a la hora de medir el daño causado por las defoliaciones producidas en dicha variedad de patata.

Tabla 1.8: Estados de crecimiento para patata Russet Burbank (promedio de tres años)

Tiempo Edad	Días hasta la emergencia	Longitud tallo (cm)	Tubérculo (cm)	Peso (t)
Emergencia		1	0	
E-1	7	5-12	0	
E-2	14	12-20	0	15
E-3	21	25-40	5-1	75
E-4	28	40-50	1-3	225
E-5	35	50-60	3-4	430
E-6	42	60-70	4-5	610
E-7	49	70-80	5-7	790
E-8	56	80-90	7-9	970
E-9	63	90-100	9-10	1150
E-10	70	100-106	Tuberculos de 225g.	1275
E-11	77	106-112		1370
E-12	84	112-120		1400
E-13	91	112-120		1420
E-14	98	112-120		

Fairlie y Ortega (1995), dividen el ciclo de la planta de patata en seis estados fenológicos, en los cuales realizan la simulación de helada. Dichos estados fenológicos fueron:

- Emergencia
- Inicio de formación de estolones
- Inicio de floración
- Inicio de tuberización
- Final de floración
- Final de tuberización

De toda la bibliografía consultada, la clasificación más completa es la de Hack *et al.* (1993). En ella se compagina la evolución fisiológica de diferentes partes de la planta como crecimiento de masa foliar, desarrollo de frutos, formación de tubérculos y senescencia. Por todas las características indicadas es la clasificación de los estados fenológicos elegida para la definición de los momentos de intervención de este Trabajo de Fin de Carrera, y es la que se ha descrito en el Apartado 1.4.5.

1.7.3 Comportamiento del cultivo como consecuencia de las defoliaciones.

De los numerosos estudios realizados, he destacado los realizados por Sparks y Woodbury (1959); Murphy y Goven (1962); Cranshaw y Radcliffe (1980); Butignol y Reis (1989); Orr *et al* (1991); Wille y Kleinkopf (1992) y Notz y Ross (1994); En cada uno de estos estudios existen resultados no coincidentes que pueden ser achacables a variaciones de los factores ambientales, técnicas culturales, métodos de simulación, etc. Aún así, existe un alto grado de coincidencia entre diferentes trabajos.

- Según el momento en el que se encuentra la planta y el daño provocado:

Sparks y Woodbury (1959) observaron como la reducción de la producción está influenciada en gran medida por el grado de daño producido y el momento en el que este se ha producido como se muestra en la tabla 1.9. Las defoliaciones ligeras afectan de manera muy tenue a la producción final, mientras que defoliaciones severas, 100%, afectan en gran medida.

Se observa como el porcentaje de reducción productiva aumenta conforme va creciendo la planta hasta pasar la floración. A partir de este estado las heladas producidas provocan descensos productivos menores que en estados anteriores. Esto, a priori, se debe a que el ciclo del cultivo está bastante avanzado y la planta ya no es tan vulnerable.

Tabla 1.9. Porcentaje de pérdidas de producción en patata (*Solanum tuberosum*,L.) de primera calidad en patata en función del porcentaje de defoliación y la fase del estadio en la que se realiza, según Sparks y Woodbury (1959).

Estado fenológico	Porcentaje de defoliación		
	10%	50%	100%
15-20 cm.	0	7	37
30-38 cm.	5	29	81
50% floración	6	35	86
Plena floración	7	42	93
Pasada plena floración	6	33	73
Crecimiento complementario	4	24	63

Murphy y Goven (1962). Se observa, también como Sparks y Woodbury (1959), que las pérdidas de producción son máximas cuando el daño se produce en plena floración. En ese momento la planta demanda una mayor cantidad de fotosimilados con el fin de destinarlos a las inflorescencias y a los tubérculos. Es en ese preciso estado cuando un fenómeno climatológico puede provocar un descenso vertiginoso de producción, sobre todo en la producción comercial. Puede observarse en la tabla 1.10 como la reducción productiva puede estar influenciada por la variedad de patata que se cultive. Unas variedades son más resistentes que otras a las bajas temperaturas.

Tabla 1.10. Efecto de la simulación de granizo dependiendo del grado de daño y estado de crecimiento y repercusión en la producción de las variedades Katahdin y Kennebec (Murphy y Goven, 1962). Los resultados se reflejan como pérdida de producción respecto al testigo.

Estados fenológicos	Nivel de daño							
	Leve		Moderado		Severo		Completo	
8-10 pulgadas	(*) 6.7	3.8	7.3	11.3	10.0	15.3	100	100
Inicio floración	8.4	8.4	8.8	14.9	14.1	23.9	100	100
Plena floración	13.4	11.2	20.7	18.0	24.6	24.1	59.3	67.4
2 semanas después	4.2	2.7	7.4	3.9	12.4	9.3	35.8	58.0

(*) La enumeración en negrita corresponde a los datos de Kennebec y la normal a las cifras de Katahdin.

Notz y Ross, (1994) La relación entre la producción comercial y total es alta (tabla 1.11), aunque conforme aumenta el daño, el efecto sobre la producción comercial es mayor que sobre el total, ya que aumenta la producción no comercial.

Tabla 1.11: Efectos de los diferentes niveles de defoliación simulados en diferentes épocas de crecimiento (Notz y Ross, 1994).

Defoliación	Estadios fenológicos								
	30a			50b			70b		
%	PTC	PTNC	PTT	PTC	PTNC	PTT	PTC	PTNC	PTT
0	0.29a	0.024b	0.31 ^a	0.30 ^a	0.030 ^a	0.33 ^a	0.30 ^a	0.026 ^a	0.33 ^a
25	0.25ab	0.023b	0.27 ^a	0.29 ^a	0.022 ^a	0.32 ^a	0.23 ^a	0.019 ^a	0.25 ^a
50	0.2bc	0.034ab	0.24 ^{ab}	0.26 ^a	0.033 ^a	0.29 ^a	0.31 ^a	0.030 ^a	0.33 ^a
75	0.15c	0.033ab	0.18b	0.29 ^a	0.032 ^a	0.33 ^a	0.29 ^a	0.030 ^a	0.32 ^a
100	0.03d	0.043a	0.08c	0.26 ^a	0.03 ^a	0.29 ^a	0.35a	0.030 ^a	0.38 ^a

PTC= Producción/planta de tubérculos comerciales (kg)

PTNC= Producción/planta de tubérculos no comerciales (kg)

PTT= Producción/planta de tubérculos totales (kg)

Promedios seguidos por una misma letra en la fila para fechas y cada columna para la defoliación, no fueron significativamente diferentes al 5% de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Waller-Duncan.

Cranshaw y Radcliffe (1980) Las defoliaciones realizadas durante las primeras etapas de desarrollo de la planta provocan descensos en la producción final poco importantes. Defoliaciones de hasta el 33% de pérdida de masa foliar no repercuten y aparecen ligeras reducciones con defoliaciones del 67%. Este efecto es explicable por dos razones, la primera es que la tuberización se inicia en épocas posteriores, obtendrá menos cantidad de fotoasimilados y por lo tanto el inicio de la tuberización será menos vigoroso y la segunda que no cabría esperar graves consecuencias ya que el periodo de recuperación es largo, sobre todo en variedades tardías (Tabla 1.12).

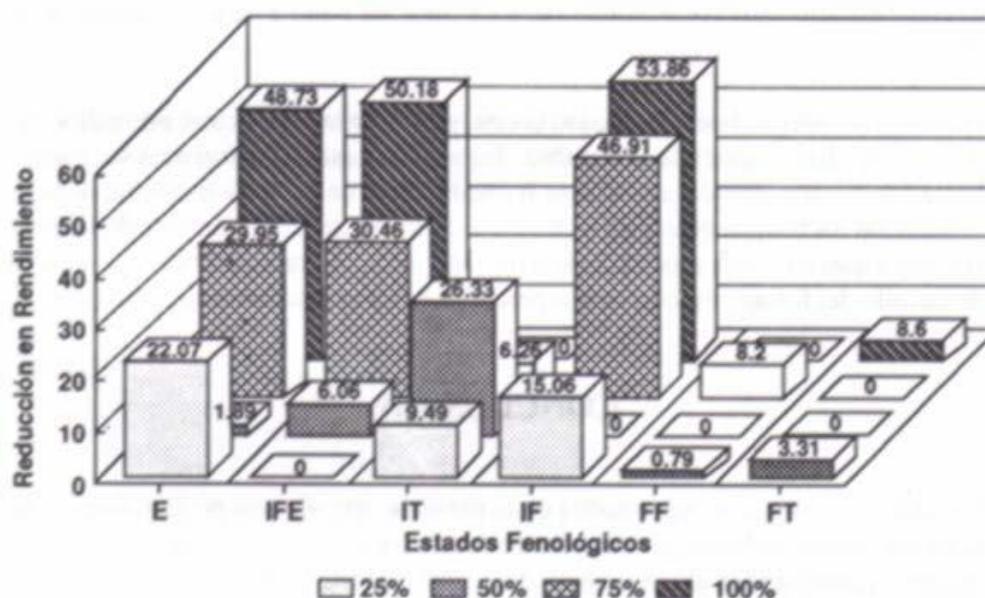
Tabla 1.12. Efecto de las defoliaciones en la producción (Cranshaw y Radcliffe, 1980).

Fecha de defoliación	Tratamiento	Producción (% respecto al testigo)
7-VII	33% uniforme	0.98 a (*)
7-VII	67% aleatorio	0.93 ab
4-VIII	33% uniforme	0.94 ab
4-VIII	67% aleatorio	0.78 c
30-VIII	33% uniforme	0.96 ab
30-VIII	67% aleatorio	0.89 bc
Testigo: producción 30.7 t/ha		1.00 a

En las siguientes fases se produce el inicio de la tuberización y floración. En esta fase se centran los procesos fisiológicos que mayor consumo de fotoasimilados presentan y por lo tanto la defoliación provoca las mayores repercusiones (Notz y Ross, 1994). Esto lleva a una importante deducción; la máxima reducción se da en plena floración. Sin embargo, terminada la floración, la repercusión de las defoliaciones es menor, ya que la demanda energética disminuye ligeramente.

Los últimos estadios fenológicos se caracterizan por el descenso de la actividad fotosintética hasta la senescencia y el aumento de tamaño y peso de los tubérculos hasta la maduración. Las defoliaciones ocurridas en esta fase provocan moderadas reducciones de la producción total aunque tan sólo surgen diferencias significativas para defoliaciones del 100% (Wille y Kleinkopf, 1992). La repercusión en el tamaño comercial es menor debido a que en estos estadios los tubérculos ya han alcanzado el tamaño comercial. Exactamente lo mismo se deduce del experimento llevado a cabo por Fairlie y Ortega, (1995)(Figura 1.3).

Figura 1.3. Reducción en el rendimiento de papa por efecto de diversos daños de helada (Fairlie y Ortega, 1995).



En la madurez o cerca de ella, el daño simulado, causa pérdidas insignificantes salvo en los casos en los que en los tallos son dañados en tal grado que se impide la translocación de nutrientes e hidratos de carbono hacia los tubérculos. (Wille y Kleinkopf, 1992).

La totalidad de los trabajos analizados coinciden en afirmar que las variedades tardías sufren pérdidas de producción menores que las variedades tempranas. Esto se debe a que las variedades tardías disponen de más tiempo para recuperar el efecto de la defoliación. Las variedades tempranas tienen, en general, mayor probabilidad a estar expuestas a periodos de heladas debido a que las primeras semanas tras brotación pueden coincidir con los últimos fríos de la primavera. Por el contrario, la brotación de variedades tardías suele darse en periodos libres de helada.

- Según donde se aplica el daño:

Otro concepto evaluado en los ensayos es evaluar el efecto que provoca defoliar en distintas partes de la planta Cranshaw y Radcliffe (1980) Obtuvieron también que defoliaciones de la parte alta de la planta repercuten en la reducción de la producción. Daños en la zona media no repercuten nada en la producción e incluso se produce aumento de producción debido a que se elimina superficie foliar que está sombreando las hojas inferiores. Las defoliaciones de hojas inferiores no repercuten negativamente salvo en caso de realizarse durante el periodo de inicio de tuberización (Tabla 6). Esto se debe a la presencia de hormonas que inducen a la tuberización precisamente en estas hojas.

Tabla 6. Efecto de varios niveles de defoliación en diferentes fechas sobre la producción de patatas de la variedad Red Pontiac (Cranshaw y Radcliffe, 1980).

Día de intervención	Zona defoliada	Producción (% respecto testigo)
11-VII	Alto	0.86 ^a (*)
	Medio	1.07 ^a
	Bajo	1.08 ^a
3-VIII	Alto	0.87 ^a
	Medio	1.00 ^a
	Bajo	0.88 ^a
24-VIII	Alto	0.96 ^a
	Medio	1.07 ^a
	Bajo	1.08 ^a
Testigo: Producción 35.9 t/ha		1.00 ^a

(*)Números seguidos por la misma letra no representan diferencias significativas para una probabilidad del 5% según el test múltiple de Waller-Ducan.

- Defoliaciones uniformes y aleatorias:

Estos mismos autores analizan el efecto de defoliaciones uniformes y aleatorias. Para realizar este estudio Cranshaw y Radcliffe (1980) defoliaron el 33% y el 66% en tres momentos distintos de forma aleatoria e uniforme. Las

conclusiones obtenidas indican que defoliaciones aleatorias reducen mucho más la producción que defoliaciones uniformes de la planta.

Los daños provocados por una tormenta de granizo o la acción masticadora de los insectos producen defoliaciones generalmente heterogéneas. Ello provoca que los efectos de dichos fenómenos sean mayores que si el daño se produjera de forma homogénea.

Los resultados obtenidos muestran, por un lado que defoliaciones de 33 y 66 % siempre dan producciones inferiores a las de los testigos, y por otro lado, más importante, que defoliaciones aleatorias dan lugar a producciones menores que defoliaciones uniformes.

Tras estos estudios, la cuestión sería plantearse quizás la planta se recuperara si se retrasara la recolección.

Retrasar la recolección diez días provoca un aumento significativo de la producción (Jewell y Stanley, 1989), afirmación que tiene gran interés económico.

La capacidad de recuperación de masa foliar de la planta de patata es muy alta. Esta recuperación se explica por la brotación de las yemas axilares. Como ejemplo, defoliando el 25% en el estado en torno a 15 cm. la planta recupera esta superficie en tan sólo seis días, por lo tanto se puede afirmar que la capacidad de recuperación es muy rápida; por otro lado defoliaciones inferiores al 25% en los primeros estadios llegan a alcanzar la superficie foliar de las testigos (Murphy y Goven, 1962). Aunque sea de sentido común no está de más indicar que al aumentar el % de defoliación el periodo de recuperación debe ser mayor o la recuperación no será total.

Los factores que provocan esta recuperación son dos. Por una parte al eliminar la yema apical se elimina la dominancia apical aumentando mucho el crecimiento de las ramificaciones laterales, que rápidamente corrigen el daño existente. Por otra parte, al eliminar hojas que provocan sombreado, las que están por debajo aumentan su actividad compensando rápidamente la pérdida.

Una de las técnicas culturales más arraigada en ciertas zonas de producción de patata es el uso de la rastra en los primeros estados fenológicos. El principio agronómico de esta técnica es provocar un aumento de la ramificación de la planta y homogeneizar el cultivo por las diferencias producidas en la emergencia. Al aumentar las ramificaciones la producción final será mayor. A esta misma conclusión llegan varios autores, incluso realizando defoliaciones con diferentes métodos como daño provocado por insectos.(Senanayake et al., 1993) o granizo (Murphy y Goven, 1962).

En numerosos trabajos se toma el porcentaje de defoliación de las hojas como el factor que mejor explica, junto con el momento de defoliación, las variaciones en la producción (Zehnder y Evanylo, 1992).

Existen pocos trabajos realizados con el objetivo de estudiar el efecto que producen las heladas sobre la producción, uno de estos es el realizado por Fairlie y Ortega (1995) en el que se simula el efecto de las heladas mediante la defoliación manual de las plantas.

Muchas variables, tales como duración de la helada, temperatura de la misma, contenido de humedad del suelo y de la planta (si las hojas están turgentes o flácidas) influenciarán el tipo y grado de daño. El daño a la planta variará significativamente entre heladas y dentro del mismo campo, (Fairlie y Ortega, 1995).

2. OBJETIVOS y PLAN DE TRABAJO

- Determinar el efecto en la producción de los daños provocados por la simulación de heladas mediante defoliación con tijeras en diferentes etapas del cultivo de patata. Realizar la simulación de helada, con tres niveles de intensidad (0%, 50%, 100%) y en cinco momentos distintos (en diferentes estados fenológicos). Se hará con el fin de estimar el distinto grado de daño, que según el momento e intensidad, provocará la helada en la producción final de la planta.
- Este trabajo se crea con el fin de colaborar con la empresa de seguros AGROSEGURO a crear unas tablas indicativas para la peritación de la patata, para cuando ocurra el siniestro en patata temprana, y determinar el daño ocurrido en la planta y en la futura producción, según haya ocurrido en un estado fenológico o en otro, y según la intensidad de la helada.

Plan de trabajo:

Tratamiento principal: Estadíos fenológicos de desarrollo. Realizar 5 intervenciones, la primera en la emergencia de las plantas (95% emergidas) y las cuatro siguientes cada 8- 10 días (con ello se cubren 32-40 días tras la emergencia).

Tratamiento secundario: Grado de defoliación. Realizar defoliaciones con tijera con 3 niveles de daño: T: testigo sin defoliar; M: 50%defoliación; y A: 100% defoliación.

*Parcela elemental: 10 plantas sobre las que realizar el mismo tipo de lesión.

Realizar los controles de cosecha sobre las 8 plantas centrales.

Mediciones a realizar: En cada intervención arrancar 5 plantas sin defoliar, obtener fotografías y medir:

- Nº de hojas
- Nº de de tallos: emergidos y emergentes (bajo tierra)
- Ausencia de tubérculos o presencia (inicio de la tuberización).
- En caso de inicio de la tuberización: nº, diámetro y peso de tubérculos.
- Biomasa de la parte aérea.
- Superficie foliar.

Mediciones en recolección: Recoger manualmente cada una de las parcelas, recolectar 8 de las 10 plantas defoliadas (para evitar el efecto borde). Introducir en sacos de malla etiquetados y posteriormente medir:

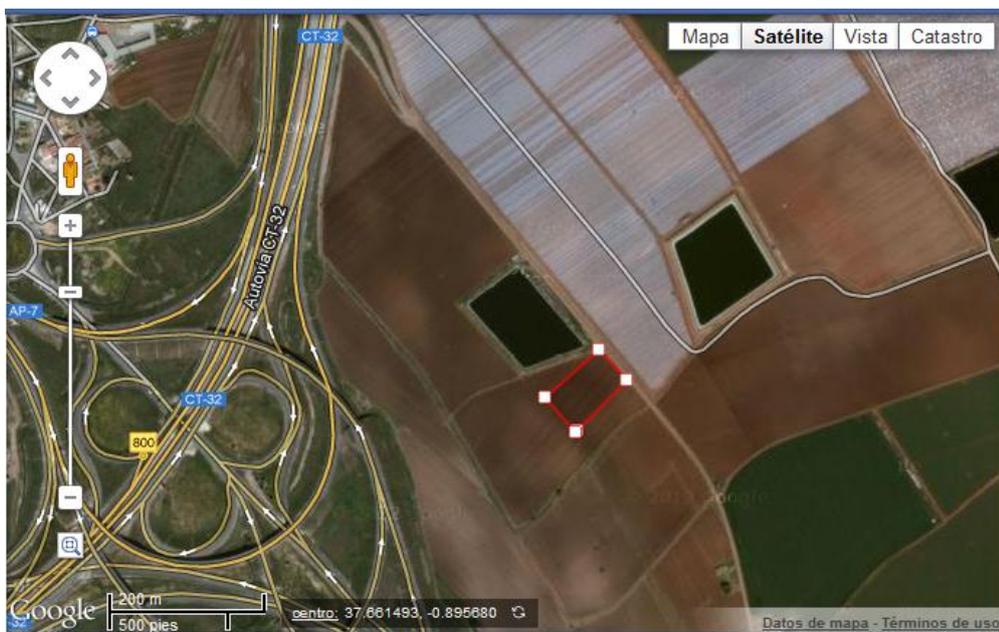
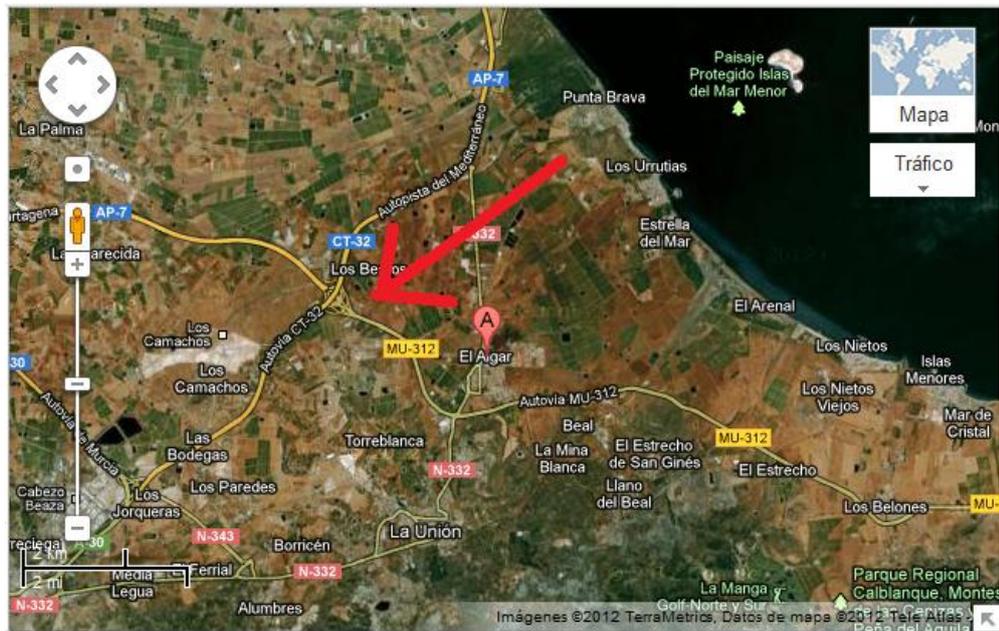
- Nº total de tubérculos por subparcela.
- Peso de tubérculos por subparcela.
- Clasificación de los tubérculos según categorías comerciales (diámetro \geq 40mm) y peso.
- Diámetro medio de tubérculos.

Análisis de los datos: Después analizar los datos y mediante curvas de regresión establecer una relación entre la pérdida de superficie foliar y la pérdida de cosecha, en diferentes estados fenológicos.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Parcela experimental. Localización

El ensayo se llevó a cabo en una parcela de una finca, en la que se nos permitió hacer el experimento, situada en el término de El Algar (Campo de Cartagena).



Fuente: goolzoom

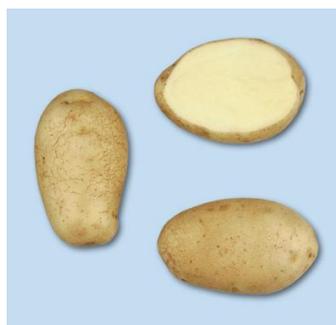
3.2. Material Vegetal.

Se utilizó la variedad de patata temprana, variedad *Bellini*

3.2.1. Características de la variedad *Bellini*

Maduración	=Temprana a semitardía
Dormencia	= Longa
Desarrollo del follaje	= Bueno
Color de la piel	= Amarilla
Color de la carne	= Amarilla clara
Forma del tubérculo	= Oval alargada
Superficialidad de los ojos	= Superficiales
Tamaño de los tubérculos	= Grande
Rendimiento	= Muy alto
Materia seca	= Mediano
Calidad culinaria	= Bastante firme
Apta para	= Consumo fresco
Resistencia para virus X	= Buena resistencia
Resistencia para virus Yn	= Buena resistencia
Resistencia para phytophthora de la hoja	= Bastante sensible
Resistencia a phytophthora del tubérculo	= Medianamente resistente
Sarna verrugosa	= Resistente
Resistencia a nemátode de quisto Ro1	= Resistente
Sarna común	= Medianamente resistente
Resistencia para azuleado	= Bastante resistente

- **Planta** - de alta a mediana, estructura del follaje de tipo foliar; tallos semierguidos, coloración antociánica ausente o muy débil; hojas, de color verde; inflorescencias de bastante numerosas a poco numerosas, coloración antociánica ausente o muy débil de la cara interna del corola de la flor.
- **Tubérculos** - oval alargada de forma; piel amarilla; carne amarilla clara; ojos superficiales.
- **Brote** - de grande a mediana, ovalado, coloración antociánica de mediana a débil y pubescencia del brote de medianamente a poco vellosa; yema terminal pequeña y coloración antociánica débil; puntas radicales poco numerosas.



Patata variedad *Bellini*

3.3. Datos de cultivo.

- **Siembra:** La siembra de las parcelas se realizó el 10 de diciembre de 2009.
- **Marco de plantación:** Las patatas se sembraron al tresbolillo con un marco de siembra de 15 cm entre plantas y 1 m entre líneas.
- **Suelo:** Franco- arcilloso.
- **Labores previas:** Labranza y abonado de cobertera de 18.000 Kg/ha de estiércol. No se hizo abonado de fondo.
- **Tratamiento fitosanitario previo:** La patata de siembra venía tratada con Imazalil thiabendazole, fungicida. El suelo no se desinfectó.
- **Sistema de riego:** Se empezó a regar a partir del 15 de diciembre debido a la escasez de lluvias para el mes de diciembre hasta la siembra (0 mm², SIAM, 2009), y después de la emergencia se fueron dando riegos cuando era necesario, puesto que fue una época de mucha precipitación. Se regó por sistema automatizado de riego por goteo, donde se añadían los fertilizantes.
- **Recolección:** La recolección se realizó el 10 de mayo de 2010.

3.4. Características climatológicas

En la Tabla 6, se muestran las temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales, y las precipitaciones, correspondientes al intervalo de tiempo que va desde la siembra de las patatas (10 de diciembre de 2009) hasta su recolección final (10 de mayo de 2010) obtenidas de la estación meteorológica situada en el paraje Roche, en La Unión (Cartagena), estación más cercana a la parcela del ensayo.

Tabla 6. Datos meteorológicos durante el ciclo de cultivo

(*) A partir del 10 de diciembre de 2009. El resto de meses son de 2010.

MESES	Diciembre*	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo**
Tª máxima	20,6	19,2	22,0	21,7	23,8	21,7
Tª mínima	0,8	0,8	3,3	2,2	7,4	8,9
Tª media	12,1	10,7	11,4	12,2	14,6	16,7
Precipitación(mm)	127,0	79,2	48,8	41,8	8,8	1,4

(**) Del 1 al 10 de mayo de 2010, día de la recolección.

Los datos climatológicos del periodo durante el que se realizó el ensayo tienen una alta relevancia, ya que en el ensayo se presupone no haber heladas espontáneas.

3.5. Diseño de la parcela de ensayo

El diseño del ensayo fue de parcelas subdivididas (split-plot) (Figura 1), en función de nivel de defoliación a aplicar.

Cada ensayo tuvo 4 repeticiones para cada combinación de tratamientos. La parcela elemental (momento) estuvo formada por 30 plantas distribuidas en 3 subparcelas de 10 plantas cada una, correspondientes a cada nivel de defoliación.

La Figura 3.1 se muestra en diseño de la parcela en subparcelas.

La Fotografía 1 muestra una vista general de una de las parcelas de ensayo.

Se dejó otra fila más para el estudio complementario de la biomasa. En el que la parcela elemental (momento) se dividió en subparcelas de 5 plantas cada una, haciendo un total de 25 plantas. A las que se le aplicaría el mismo tratamiento de nivel de defoliación. Este tratamiento se explicará más tarde.

	M1AIV	M3AIII	M5AII	M3AI		Plantas para obtener datos de peso, sup foliar, etc.
	M1MIV	M3MIII	M5MII	M3MI		
	M1TIV	M3TIII	M5TII	M3TI	EBM5V	
	M3AIV	M5AIII	M1AII	M4AI	EBM5IV	
					EBM5III	
	M3MIV	M5MIII	M1MII	M4MI	EBM5II	
					EBM5I	
	M3TIV	M5TIII	M1TII	M4TI	EBM4V	
					EBM4IV	
	M5AIV	M4AIII	M3AII	M2AI	EBM4III	
					EBM4II	
	M5MIV	M4MIII	M3MII	M2MI	EBM4I	
					EBM3V	
	M5TIV	M4TIII	M3TII	M2TI	EBM3IV	
					EBM3III	
	M4AIV	M2AIII	M4AII	M5AI	EBM3II	
					EBM3I	
	M4MIV	M2MIII	M4MII	M5MI	EBM2V	
					EBM2IV	
	M4TIV	M2TIII	M4TII	M5TI	EBM2III	
					EBM2II	
	M2AIV	M1AIII	M2AII	M1AI	EBM2I	
					EBM1V	
	M2MIV	M1MIII	M2MII	M1MI	EBM1IV	
					EBM1III	
10 plantas	M2TIV	M1TIII	M2TII	M1TI	EBM1II	
					EBMI	5 plantas

Figura 1. División de la parcela de ensayo en parcelas (momento) y subparcelas (nivel de daño).

La simbología significa: Momento (MX), Severidad del daño (T, M, A), nº de repetición (I, II,..) Ejemplo:

- M2TI → momento 2, muestra testigo, repetición 4.
- M3MII → momento 3, daño Medio (50%), repetición 2.
- M1AIV → momento 1, daño Alto (100%), repetición 4.



Fotografía 1. Vista general de uno de los ensayos; las estaquillas marcan cada una de las subparcelas

3.6. Metodología de los ensayos

En el ensayo, se simularon los daños por helada mediante defoliación de las plantas con tijera.

El tratamiento principal fueron los momentos en los que se llevaron a cabo las defoliaciones y el tratamiento secundario fueron los niveles de defoliación.

3.6.1. Estados fenológicos de intervención.

Los momentos de intervención en los que se aplicaron las defoliaciones fueron 5. El estado fenológico de las plantas en los momentos de intervención puede observarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Momentos fenológicos en los que se llevaron a cabo las intervenciones

Variedad Bellini				
Momento de intervención	Fecha	Dds*	BBCH**	Descripción
1	09/02/2010	59	104	4ª hoja del tallo principal desplegada (> 4 cm)
2	17/02/2010	67	107	7ª hoja del tallo principal desplegada (> 4 cm)
3	25/02/2010	75	110	10ª hoja del tallo principal desplegada (> 4 cm)
4	05/03/2010	85	401	Alcanzado el 10 % de la masa final total del tubérculo
5	12/03/2010	92	402	Alcanzado el 20 % de la masa final total del tubérculo

(*) dds: días desde siembra

(**) BBCH: Números según el sistema de codificación de estadios BBCH

- **Cronología de las Intervenciones de defoliación.**

Fechas:

- 9 Febrero:** intervención nº1. Defoliar las parcelas cuya estaquilla empieza por M1 y EBM1 y recoger 5 plantas testigo de fuera del ensayo.
- 17 Febrero:** intervención nº2. Defoliar las parcelas cuya estaquilla empieza por M2 y EBM2 y recoger 5 plantas testigo de fuera del ensayo.
- 25 Febrero:** intervención nº3. Defoliar las parcelas cuya estaquilla empieza por M3 y EBM3 y recoger 5 plantas testigo de fuera del ensayo.
- 5 marzo:** intervención nº4. Defoliar las parcelas cuya estaquilla empieza por M4 y EBM4 y recoger 5 plantas testigo de fuera del ensayo.
- 12 marzo:** intervención nº5. Defoliar las parcelas cuya estaquilla empieza por M5 y EBM5 y recoger 5 plantas testigo de fuera del ensayo.

3.6.2. Nivel de daño.

El tratamiento secundario fue el nivel de daño. Se aplicaron tres niveles: 0% de daño (plantas testigo), daño medio (defoliando aproximadamente el 50% del área foliar) y daño alto (defoliando aproximadamente el 100% del área foliar). Las defoliaciones se realizaron mediante cortes con tijera.

Coincidiendo con cada uno de los momentos de intervención, se recogieron 5 plantas externas al ensayo dentro de la parcela de cultivo. Sobre estas plantas se determinó el estado fenológico, número y peso de hojas, número y peso de tallos y número y peso de tubérculos para llevar un control del desarrollo del cultivo.

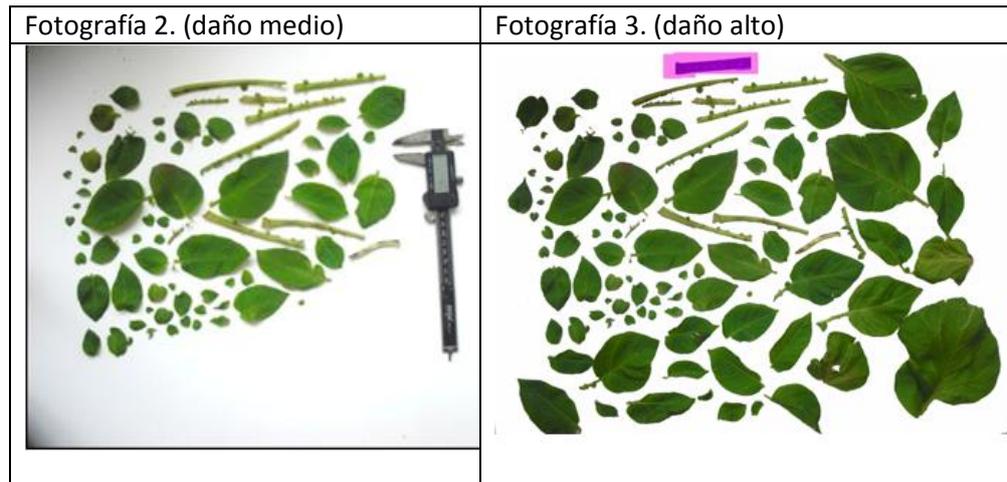
Asimismo, estas 5 plantas se utilizaron para obtener una estimación del porcentaje exacto de defoliación aplicado con el daño medio, mediante análisis de imagen.

- **Cálculo del porcentaje de defoliación real.**

La defoliación teórica que se quiso realizar en el trabajo no siempre era igual a la defoliación real que se llevaba a cabo. Para conocer exactamente el porcentaje real defoliado fue preciso medir la superficie foliar de varias plantas antes y después de aplicar el tratamiento.

Para ello, se tomaron las hojas de una planta, se extendieron sobre una superficie y se fotografiaron. (Fotografía 2).

Posteriormente esas hojas se cortaron de la misma forma que en el daño medio (aproximadamente el 50%), se volvieron a colocar en una superficie y se fotografiaron. (Fotografía 3) A partir de estas fotografías, mediante un software de análisis de imagen (Image Pro-Plus v 4.5).



Fotografías de una planta testigo en el momento 4, defoliadas para daño alto y medio, utilizada para el cálculo del % de defoliación con Image Pro Plus V4.5.

Se calculó el área foliar de las dos fotografías y se obtuvo así una aproximación al % de daño aplicado realmente. Los porcentajes estimados de daño en el nivel medio se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Porcentajes de defoliación aplicados en el nivel de daño medio para cada momento fenológico de aplicación.

Variedad Bellini	
Momento fenológico	Daño medio (%)
M1	81,71
M2	66,59
M3	69,41
M4	69,47
M5	58,91

3.6.3. Acción complementaria: evolución de la biomasa.

Se realizó el seguimiento de la evolución de los estados fenológicos, y de su biomasa, de las plantas defoliadas en cada uno de los momentos comparando con las plantas testigo. Para ello en cada momento de defoliación se defolió, al 100%, 25 plantas de patata fuera del ensayo. Estas plantas evolucionaron por su cuenta del mismo modo que también lo hicieron las testigo sin defoliar. Estas plantas se dividen en 5 lotes de 5 plantas cada una y cada uno de estos lotes se fueron arrancando a lo largo del ciclo completo del cultivo.

• Cronología de las intervenciones de la evolución de la biomasa

Fechas:

- 12 marzo:** intervención nº1. Recoger las plantas de la fila de evolución de la biomasa con las estaquillas: EBM1I, EBM1II, EBM1III, EBM1IV, EBM1V.
- 23 marzo:** intervención nº2. Recoger las plantas de la fila de evolución de la biomasa con las estaquillas: EBM2I, EBM2II, EBM2III, EBM2IV, EBM2V.
- 5 abril:** intervención nº3. Recoger las plantas de la fila de evolución de la biomasa con las estaquillas: EBM3I, EBM3II, EBM3III, EBM3IV, EBM3V.
- 19 abril:** intervención nº4. Recoger las plantas de la fila de evolución de la biomasa con las estaquillas: EBM4I, EBM4II, EBM4III, EBM4IV, EBM4V.
- 10 mayo:** intervención nº4. Recoger las plantas de la fila de evolución de la biomasa con **(recolección)** las estaquillas: EBM4I, EBM4II, EBM4III, EBM4IV, EBM4V.

En cada uno de los estados de arranque de lotes y para cada uno de los lotes se determinó:

- Estadio fenológico de la planta.
- Nº de tallos emitidos por planta.
- Superficie foliar total de planta.
- Presencia/ausencia de tubérculos.
- Nº y peso de tubérculos por planta.
- Diámetro de tubérculos.

3.6.4. Recolección

La recolección se realizó el 10 de mayo de 2010, Esta se realizó de forma manual, con azada, recolectando cada subparcela por separado. Una vez arrancadas se recogió por separado los tubérculos de cada una de las subparcelas de los ensayos en sacos debidamente etiquetados.

Las bolsas fueron transportadas hasta un almacén donde después de abiertas fueron limpiadas, seleccionadas y pesadas.

Los tubérculos de cada subparcela se clasificaron en comerciales y no comerciales según las normas de calidad para patata (Real Decreto de 31/2009) y se determinó el número, peso y diámetro medio de tubérculos comerciales y el número y peso de tubérculos no comerciales.

3.7. Cálculo de las curvas de reducción de producción

Al igual que en otros trabajos sobre daños foliares (Muro et al., 1998; Muro et al., 2001), a partir de los datos de producción de cada una de las subparcelas se obtuvo el porcentaje de reducción de cosecha, comparando la producción de cada una de las subparcelas con la de las subparcelas testigo (0% defoliación) mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Reducción} = \frac{(\text{Prod. Subparcela Testigo} - \text{Prod. subparcela daño})}{\text{Prod. Testigo}} \times 100$$

A partir de los porcentajes de reducción de producción y los porcentajes de defoliación aplicados en cada uno de los momentos de intervención se obtuvieron ecuaciones de regresión lineal. Con estas ecuaciones de regresión se calcularon las curvas de reducción de producción en función del momento fenológico de las plantas y los daños producidos. Al sustituir la incógnita x en la ecuación por un porcentaje de daño, se obtiene la pérdida de cosecha esperada.

En definitiva, éste TFC se ha desarrollado con la finalidad de obtener, mediante las ecuaciones de regresión, las bases para la formulación de tablas de tasación. Dichas tablas deben estimar lo más exactamente posible la reducción de producción debido a una helada determinada.

3.8. Análisis estadístico.

Para ver cómo afectaba tanto el porcentaje de defoliación como el momento fenológico en que se aplicó. Hicimos la estadística conforme a este diseño (el diseño del ensayo fue un diseño Split-Plot) y la interacción entre momento fenológico y porcentaje de defoliación fue significativa por lo que no pudimos concluir sobre cada efecto por separado.

Como la interacción es significativa lo que hicimos fue analizar por medio de ANOVAs y test post hoc SNK, el efecto de los diferentes niveles de defoliación en cada momento fenológico y el efecto de los momentos fenológicos en cada nivel de defoliación.

El programa estadístico utilizado es el SPSS v. 17

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Controles en cosecha

En la Tabla 4.1 se muestran las producciones totales medias (kg ha^{-1}) del cultivo. Se observó que en los dos primeros momentos fenológicos en que se aplicó la defoliación no aparecieron diferencias significativas entre la producción de las plantas defoliadas y la producción total de las plantas testigo. Los efectos de las defoliaciones comienzan a aparecer partir del momento fenológico 3 (10ª hoja del tallo principal desplegada), en el cual únicamente la defoliación alta causa un descenso significativo de la producción total respecto al testigo. En los momentos siguientes, 4 (alcanzado el 10 % de la masa final total del tubérculo) y 5 (alcanzado el 20 % de la masa final total del tubérculo), tanto la defoliación media como la alta causaron un descenso significativo. Al comparar los momentos fenológicos en función del nivel de defoliación, se observó que para la defoliación media el momento 5 tuvo la producción significativamente más baja, seguido de los momentos 4, 3 y 2. Asimismo, los momentos 4 y 5 mostraron las producciones significativamente más bajas para la defoliación alta.

Tabla 4.1. Producciones totales medias (kg ha^{-1}) para cada una de las combinaciones de nivel de defoliación y momento fenológico.

Defoliación	Producción total (kg ha^{-1})				
	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
Testigo	48264,91 a A ^(*)	44897,10 a A	47346,65 a A	50908,58 a A	50061,23 a A
Media	55856,13 a A	40918,91 a AB	45525,94 aAB	35732,57 bAB	27937,03 b B
Alta	40234,69 a A	41090,74 a A	28495,45 b B	6560,94 c C	7799,85 c C

^(*)Valores seguidos de diferente letra, minúscula en columnas y mayúscula en filas, difieren estadísticamente ($p < 0,05$) según el test de comparaciones múltiples S-N-K.

La Tabla 4.2 muestra las producciones comerciales (diámetro $>40\text{mm}$) y se observa que las diferencias son similares a las observadas para la producción total. De la misma forma, los niveles de defoliación tuvieron efecto significativo en la producción a partir del momento fenológico 3 y, el momento 5 fue el más sensible a las defoliaciones altas. Las defoliaciones y los momentos fenológicos de aplicación no tuvieron efecto sobre la producción no comercial como se observa en la Tabla 4.3.

Tabla 4.2. Producciones comerciales medias (kg ha⁻¹) para cada una de las combinaciones de nivel de defoliación y momento fenológico.

Defoliación	Producción comercial (kg ha ⁻¹)				
	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
Testigo	45261,03 a A ^(*)	40021,16 a A	44160,94a A	47242,53 a A	46498,03 a A
Media	51631,74 a A	37017,27 a AB	40554,70 a AB	31906,99 b A	25136,83 b B
Alta	37481,88 a A	35830,54 a A	22980,31 b B	4335,90 c C	1721,92 c C

^(*)Valores seguidos de diferente letra, minúscula en columnas y mayúscula en filas, difieren estadísticamente (p<0,05) según el test de comparaciones múltiples S-N-K.

Tabla 4.3. Producciones no comerciales medias (kg ha⁻¹) para cada una de las combinaciones de nivel de defoliación y momento fenológico.

Defoliación	Producción no comercial (kg ha ⁻¹)				
	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
Testigo	3003,88 a A(*)	4875,94 a A	3185,72 a A	3666,05 a A	3563,21 a A
Media	4224,39 a A	3901,64 a A	4971,24 a A	3825,58 a A	2800,20 a A
Alta	2752,81 a A	5260,20 a A	5515,14 a A	2225,04 a A	6077,93 a A

^(*)Valores seguidos de diferente letra, minúscula en columnas y mayúscula en filas, difieren estadísticamente (p<0,05) según el test de comparaciones múltiples S-N-K.

El número de tubérculos comerciales obtenidos se observa en la tabla 4.4. Al igual que en la producción comercial, las defoliaciones comienzan a causar efectos a partir del momento fenológico 3 y, únicamente se observan diferencias entre momentos fenológicos para la defoliación alta, siendo los momentos 5 y 4 los más sensibles.

Tabla 4.4. Número de tubérculos comerciales (Nº m⁻²) para cada una de las combinaciones de nivel de defoliación y momento fenológico.

Defoliación	Nº Tubérculos comerciales (Nº m ⁻²)				
	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
Testigo	37 a A ^(*)	32 a A	39 a A	37 a A	35 a A
Media	45 a A	33 a A	30 ab A	27 a A	24 a A
Alta	30 a A	29 a A	23 b A	4 b B	3 b B

^(*)Valores seguidos de diferente letra, minúscula en columnas y mayúscula en filas, difieren estadísticamente (p<0,05) según el test de comparaciones múltiples S-N-K.

En cuanto al número de tubérculos no comerciales, únicamente la defoliación alta aplicada en el momento fenológico 3 causó un aumento significativo del número de tubérculos no comerciales. Asimismo, se observaron diferencias entre momentos fenológicos para la defoliación alta, siendo el momento 5 el que mostró un número significativamente mayor de tubérculos, como puede observarse en la Tabla 4.5.

Tabla 5.5. Número de tubérculos no comerciales (Nº m⁻²) de la variedad Bellini para cada una de las combinaciones de nivel de defoliación y momento fenológico.

Defoliación	Nº Tubérculos no comerciales (Nº m ⁻²)				
	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
Testigo	19 a A ^(*)	19 a A	13 b A	17 a A	19 a A
Media	21 a A	18 a A	19 b A	18 a A	17 a A
Alta	14 a B	24 a AB	33 a AB	29 a AB	49 a A

^(*)Valores seguidos de diferente letra, minúscula en columnas y mayúscula en filas, difieren estadísticamente (p<0,05) según el test de comparaciones múltiples S-N-K.

En la Tabla 4.6 se observa el peso medio de los tubérculos comerciales. Se observaron diferencias significativas entre los testigos y las defoliaciones en el momento fenológico 5 en el cual, tanto las defoliaciones medias como las altas causaron un descenso significativo en el peso medio de los tubérculos. No se observaron diferencias significativas entre los momentos fenológicos para ninguno de los niveles de helada.

Tabla 4.6. Peso medio de tubérculos comerciales (g) de la variedad Bellini para cada una de las combinaciones de nivel de defoliación y momento fenológico.

Defoliación	Momento fenológico				
	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
Testigo	123,15 a A ^(*)	124,86 a A	118,31 a A	132,88 a A	133,68 a A
Media	120,68 a A	108,82 a A	136,37 a A	121,15 a A	107,40 b A
Alta	127,25 a A	126,94 a A	105,34 a A	81,58 a A	67,00 c A

^(*)Valores seguidos de diferente letra, minúscula en columnas y mayúscula en filas, difieren estadísticamente (p<0,05) según el test de comparaciones múltiples S-N-K.

La producción comercial se transformó en porcentaje de reducción de cosecha como se observa en la Tabla 4.7. Se observó que a partir del momento fenológico 3 las defoliaciones causan un aumento significativo en la reducción de cosecha. En el momento fenológico 3, únicamente la defoliación alta causa un aumento de la reducción y, en los momentos 4 y 5, tanto la defoliación media como la alta causan un aumento significativo de la misma. Al observar los datos en función del porcentaje de defoliación, se observó que para la defoliación media, el momento 5 obtuvo una reducción de la producción significativamente mayor al resto de momentos fenológicos, seguido de los momentos 4, 3 y 2. Los momentos 4 y 5 mostraron la reducción de producción significativamente más alta seguidos del momento 3 para la defoliación alta.

Tabla 4.7. Reducción de la producción comercial (%) de la variedad Bellini para cada una de las combinaciones de nivel de defoliación y momento fenológico.

Defoliación	Reducción de la producción (%)				
	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
Testigo	0,00 a A ^(*)	0,00 a A	0,00 b A	0,00 c A	0,00 c A
Media	-16,53 a B	8,00 a AB	8,03 b AB	32,30 b AB	46,88 b A
Alta	19,80 a C	10,40 a C	47,93 a B	91,20 a A	96,38 a A

^(*)Valores seguidos de diferente letra, minúscula en columnas y mayúscula en filas, difieren estadísticamente ($p < 0,05$) según el test de comparaciones múltiples S-N-K.

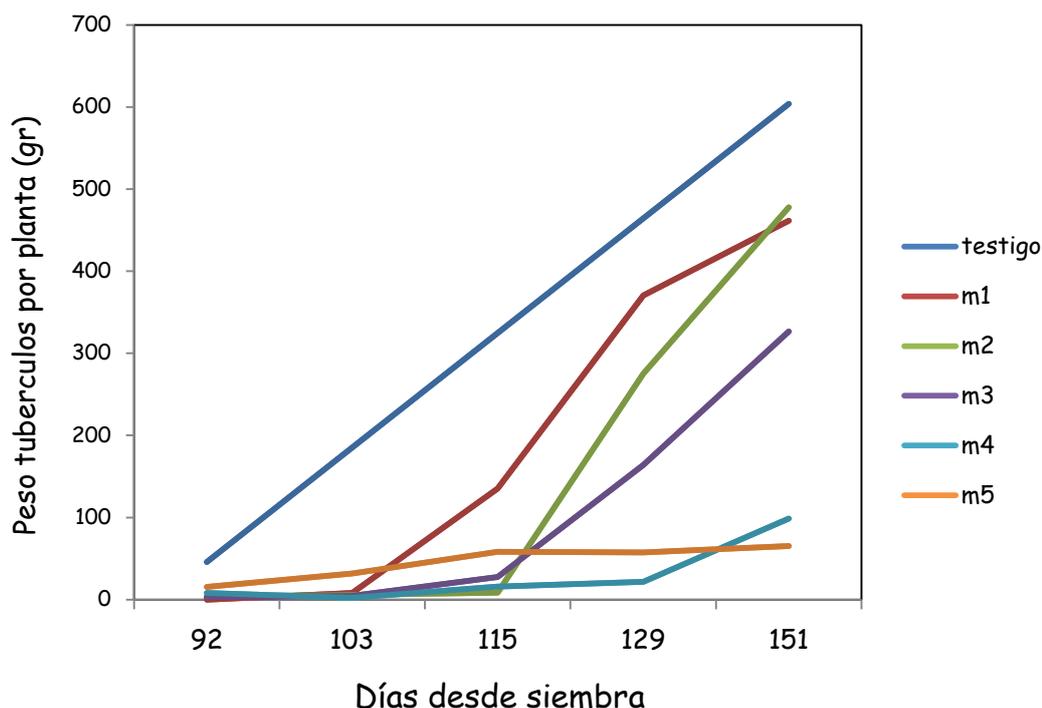
A pesar de que ha disminuido el peso medio de los tubérculos comerciales, es indudable que las pérdidas de cosecha son debidas principalmente al descenso en el número de tubérculos comerciales y no tanto al menor peso de los mismos.

4.2. Controles complementarios de evolución de la biomasa.

En estos controles se obtuvo una idea del crecimiento de los tubérculos en cada uno de los controles de la evolución de la biomasa, para cada momento fenológico.

La Figura 4.1 muestra el peso medio de los tubérculos por planta, en cada uno de los 5 controles para los 5 momentos fenológicos. Los datos de los testigos corresponden: al primer día de los controles que se corresponde al último de las defoliaciones (momento 5) y a la media de producción total de todos los testigos al final del ciclo (en recolección).

Figura 4.1. Peso medio de los tubérculos por planta en cada uno de los 5 controles.



Se observa cómo los momentos 1 a 2 han sufrido un retraso en el crecimiento de los tubérculos, aunque no muy importante, respecto al testigo. Los tubérculos de las plantas a las que se les aplicó la defoliación en el momento fenológico 3 tuvieron un retraso mayor y los tubérculos de las plantas defoliadas en los momentos 4 y 5 sufrieron un parón en el crecimiento y no pudieron recuperarse.

4.3. Curvas de reducción de producción comercial

La Tabla 4.8 muestra las ecuaciones de regresión lineal obtenidas al correlaciona los porcentajes de defoliación aplicados y las pérdidas de producción comercial obtenidas para cada momento fenológico.

Tabla 4.8. Ecuaciones de regresión lineal obtenidas. (x = % de defoliación; y = % reducción de producción)

Momento fenológico	$y = ax$	R^2	Sig.
M1	$y = 0,042x$	0,028	ns
M2	$y = 0,214x$	0,218	*
M3	$y = 0,371x$	0,739	**
M4	$y = 0,745x$	0,880	**
M5	$y = 0,904x$	0,905	**

A partir de las ecuaciones de regresión lineal obtenidas, se calcularon valores de reducción de cosecha para los siguientes niveles de defoliación: 20%, 40%, 60%, 80% y 100%.

Dichos valores se introdujeron en las ecuaciones de ajuste lineal, y a partir de los resultados obtenidos se elaboraron las curvas de reducción de cosecha.

Los valores quedan reflejados en la Figura 4.2, en ésta, en el eje de abscisas representa los 5 momentos fenológicos en que se aplicó la defoliación, así como los días transcurridos desde la siembra. El eje de ordenadas representa el % de reducción de la producción.

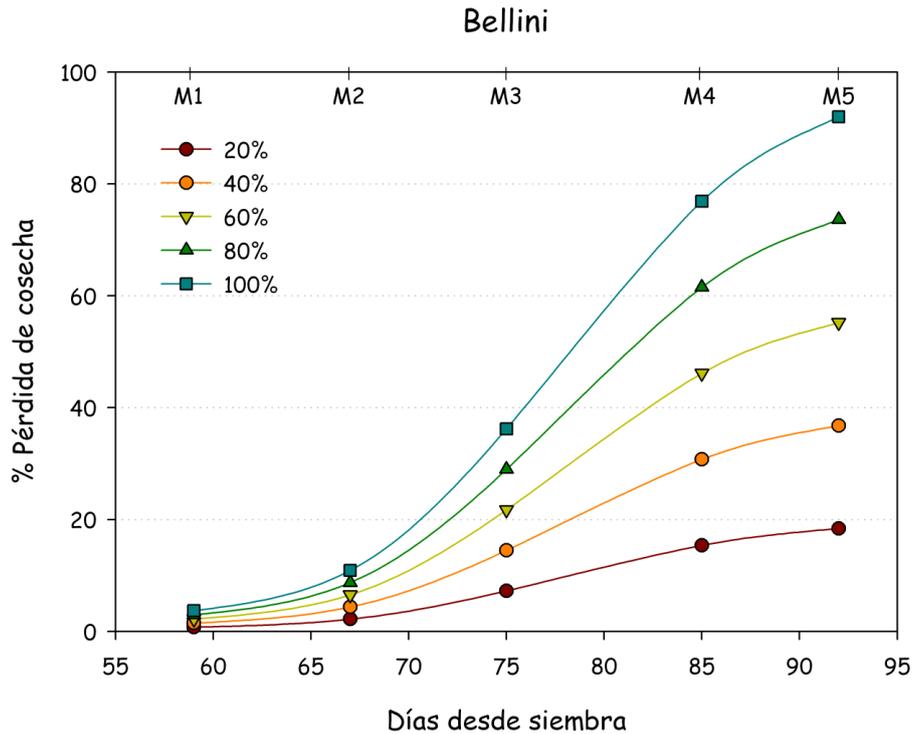


Figura 4.2. Curvas de reducción de la producción para la variedad Bellini con daños del 20%, 40%, 60%, 80% y 100% en diferentes momentos fenológicos.

Se observa que las defoliaciones aplicadas en los dos primeros momentos fenológicos, fase vegetativa de la planta, no tienen un efecto importante sobre la producción. Defoliaciones del 100% aplicadas en el primer momento fenológico, (4ª hoja del tallo principal desplegada), causarían una pérdida de producción del 4%. Asimismo, defoliaciones del 100% aplicadas en el segundo momento fenológico, (7ª hoja del tallo principal desplegada), causarían pérdidas del 11%.

A partir del momento fenológico 3 las pérdidas causadas por las defoliaciones comienzan a aumentar. En este caso, se observan valores de pérdida entre el 7% y 36%. Las pérdidas de producción obtenidas para las defoliaciones aplicadas en los dos siguientes momentos, en los que el tubérculo ha comenzado a formarse las defoliaciones causan pérdidas importantes. Para las defoliaciones aplicadas en el momento 4 (alcanzado el 10 % de la masa final total del tubérculo) se observan pérdidas entre el 15% y el 77% y, para las defoliaciones aplicadas en el momento 5, (alcanzado el 20 % de la masa final total del tubérculo) pérdidas entre el 18% y 92%.

A la vista de los resultados obtenidos en las curvas se puede decir que las defoliaciones aplicadas antes del inicio de la tuberización apenas tienen

efecto sobre la producción probablemente debido a que la planta es capaz de recuperarse y seguir con la formación de tubérculos de forma normal aunque, probablemente algo retrasada en el tiempo. Sin embargo, las defoliaciones aplicadas una vez que el tubérculo ha comenzado a formarse han causado un importante descenso de la producción debido a la incapacidad de las plantas para regenerarse y seguir con su ciclo normal.

Se ha observado claramente como a mayores daños causados se da una mayor reducción de la producción. Ziems et al (2006) mantienen que las pérdidas de producción se deben más a la reducción del área foliar que a daños directos sobre los tubérculos. En este caso se ha observado como a mayor reducción del área foliar, es decir, del área de interceptación de luz, mayores son las reducciones en la producción final.

A la vista de los resultados obtenidos se observa que los daños aplicados antes del inicio de la tuberización apenas tienen efecto sobre la reducción de producción, esto concuerda con lo expuesto por Feibert y Saunders (1993) que apuntan que cuando las plantas de patata son defoliadas al inicio de su ciclo de desarrollo pueden volver a rebrotar vigorosamente y tienen el tiempo suficiente para terminar el proceso de tuberización. Sin embargo, los daños aplicados una vez que el tubérculo ha comenzado a formarse causan un importante descenso de la producción debido a la incapacidad de las plantas para regenerarse y seguir con su ciclo normal. Este hecho ha sido constatado por diversos trabajos (Jaramillo et al., 1989; Maillox y Bostanian, 1989) que dicen que si las defoliaciones se producen durante la floración o al inicio de la formación de los tubérculos las pérdidas de producción serán altas.

Los resultados obtenidos, se corresponden en parte, con los relatados por Wille y Kleinkopf (1992), en el que explican que el periodo más susceptible de sufrir defoliaciones es durante el engrosamiento y que la máxima reducción de la cosecha es del orden del 50% para defoliaciones finales. La primera parte de lo relatado por Wille y Kleinkopf (1992) se cumple para este ensayo, ya que el periodo más susceptible es durante el engrosamiento de los tubérculos. En cambio, la segunda afirmación no se asemeja tanto a nuestros resultados, ya que defoliaciones totales en el momento más vulnerable provocan reducciones comerciales de en torno al 50% según estos autores, mientras que en nuestro caso, los resultados muestran reducciones de en torno al 90-95% en éste ensayo.

Wille y Kleinkopf, 1992) También observan, que la repercusión en el tamaño comercial es menor debido a que en estos estadíos los tubérculos ya han alcanzado el tamaño comercial. Exactamente lo mismo se deduce del experimento llevado a cabo por Fairlie y Ortega, (1995)

CONCLUSIONES

- Defoliaciones aplicadas en los momentos fenológicos 1 y 2 (hasta la 9^o-10^o hoja desplegada), antes de la tuberización, apenas causan una reducción de la producción. Las plantas de patata defoliadas al inicio de su ciclo de desarrollo pueden volver a rebrotar vigorosamente y tienen el tiempo suficiente para terminar el proceso de tuberización.
- Las reducciones significativas de cosecha se producen a partir del momento 3 (inicio de la tuberización). En este momento los tubérculos demandan cantidades altas de fotoasimilados para su crecimiento. Al producirse los daños, las hojas dejan de sintetizarlos, total o parcialmente.
- Los momentos 4 y 5 son los más afectados por las defoliaciones alcanzándose pérdidas máximas del 92% con defoliaciones del 100%.
- A mayor intensidad de daño se da una mayor reducción de la producción. Cuánto más se reduce el área foliar, es decir, menos fotosíntesis, más afectada se ve la producción final.
- Las defoliaciones afectaron a la producción comercial en cuanto a la cantidad de tubérculos, no significativamente al tamaño de los mismos. Aunque sí en la velocidad de crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- **ALONSO ARCE, F.** (2002). El cultivo de la patata. Mundi-Prensa.
- **BUTIGNOL, C.A.; REIS, M.S. DOS.**(1989). Yield reduction in potatoes artificially defoliated at four ages. Pesquisa agropecuaria brasileira. 24: 1175-1180.
- **CRANSHW, W.S.; RADCLIFFE, E. B.** (1980). Effect of defoliation o yield of potatoes. J. Economic entomology. 73: 131-134.
- **FAIRLIE T.; ORTEGA A.** (1995). Efecto de la presencia de heladas simuladas en diferentes estados fenológicos y su impacto en el rendimiento de la papa cv. Estudio preliminar. Revista Latinoamericana de la Papa. 7/8:86-93
- **FEIBERT, E.S., Y M. SAUNDERS.** (1993). Simulated hail timing: Influence on yield and quality of three potato cultivars. Malheur Country Crop Research Annual Report:100-108.
- **FIRMAN, D.M.; ALLEN, E.J.** (1993). Effectsof windrowing, irrigation and defoliation of potatoes on silver scurf (*Helminthosporium solani*) disease. J. of Agricultural Science. 121: 47-53.
- **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS** (F.A.O. 2010), FAOSTAT.
- **HACK, H.; GALL, H.; KLEMKE, T.; KLOSE, R.; MEIER, U.; STAUSS, R.; WITZENBERGER, A.** (1993). Phanologische entwicklungsstadien der kartoffel (*Solanum tuberosum*, L.). Codierung and beschreibung nach der erweiterten BBCH-skala mit abbildungen. Nachrichtenblatt-des-Deutschen-Pflanzenschudienstes. 45: 11-19.
- **INFORME ANUAL DE 2010 DE AGROSEGURO**

- **IRIGOYEN, I., I. DOMEÑO, Y J. MURO.**(2010). Effect of defoliation by simulated hail damage on yield of potato cultivars with different maturity performed in Spain. American Journal of Potato Research DOI: 10.1007/s12230-010-9166-z.
- **JARAMILLO, J., A.M. ALVAREZ, Y V. SALDARRIAGA.** (1989). Estudios del nivel económico de daño de la polilla de la papa, *Phtoriaea operculella* (Zeller) (Lepidóptera: Gelechiidae). Revista Colombiana de Entomología 15:28-35.
- **JEWELL, S.; STANLEY, R.** (1989). The influence of defoliation date and interval on the quality of potatoes for french fry production. Potato Research. 32: 431-438
- **LE VAN AN; BODIL E.; FRANKOW-LINDBERG; JAN ERIK LINDBERG.** (2003). Effect of harvesting interval and defoliation on yield and chemical composition of leaves, stems and tubers of sweet potato (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) plants. Field Crops Research 82: 49-58
- **LEVITT, J.** (1980). Responses of Plants to Environmental Stresses. Water, radiation, salt and other stresses. Physiological Ecology series. Academic Press. New York. Martín de Santa Olalla. R. de Juan, A. 1992.
- **LUGOJJA,F.; OGENGA LATIGO, M.W. ; SMIT,N.E.** (2001). Impact of defoliation on the agronomic performance of. African Crop Science Journal. 9: 103-108.
- **MAILLOUX, G.; BOSTANIAN. N.J.** (1989). Effect of manual defoliation on potato yield at maximum abundance of different stages of Colorado potato beetle in the field. J. Agricultural Entomology. 6: 217-226.

- **MAPA** (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación).(2010). Normas de calidad para la patata de consumo. RD 31/2009. Dirección General de la Producción Agraria. Madrid.
- **MARM** (2010). Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Anuario de Estadística Agraria. Avance. Madrid
- **MAROTO BORREGO, J.V** (1992) Horticultura herbácea especial. Mundi-Prensa.
- **MURO, J., IRIGOYEN I., Y LAMSFUS. C.** (1998). Defoliation timing and severity in sugar beet. *Agronomy Journal* 90:800-804.
- **MURO, J., IRIGOYEN I., MILITINO A.F., Y LAMSFUS C.** (2001). Defoliation effects on sunflower yield reduction. *Agronomy Journal* 93:634-637.
- **MURPHY, H.J.; GOVEN, M.J.** (1962). The effect of simulated hail damage on yield and quality of potatoes in Maine. *Bulletin of University of Maine.* 607.
- **NOTZ, A.; ROSS, F.** (1994). Simulación de daños de insectos masticadores a diferentes niveles y etapas de crecimiento y su efecto sobre el rendimiento de la papa, *Solanum tuberosum*. *Boletín de Entomología Venezolana.* 9: 49-54.
- **ORR, P. H.; SOWOKINOS, J. R.; NELSON, D. C.; THORESON,M. C.; SACKS, J. M.; HOFER, J. D.; JANARDAN, K. G.** (1991). Chipping quality and yield of 'Norchip' potatoes damage by simulated hail. *A.S.A.E.* 34: 2085-2998.
- **SENANAYAKE, D. G.; PERNAL, S. F.; HOLLIDAY, N.J.** (1993). Yield responses of potatoes to defoliation by the potato flea beetle in M anitoba. *J. Economic Entomology.* 86: 1527-1533.
- **SIECZKA, J.B.** (1986). The effects of defoliation on plant growth and tuber yield. *American potato Journal.* 63: 455-487.

- **SNYDER R L.** (2010). Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía. Volumen 2. Pag 73-98. University of California. FAO
- **SPARKS, W.C.; WOODBURY, G. W.** (1959). Stages of potato plant growth. Bulletin of the Idaho Agricultural Experimental Station. 309: 1-22.
- **TOMLIN, E.S., Y M.K. SEARS.**(1992). Effects of Colorado Potato Beetle and Potato Leafhopper on amino acid profile of potato foliage. Journal of Chemical Ecology 18:481-488
- **URABAYEN ALBERDI, M.** (2008). Efecto de defoliaciones provocadas por aplicación de agua a presión en patata (*solanum tuberosum*,l.). UPNA
- **VAN DEN BERG, J. H.; STRUICK, P. C.; EWING, E.** (1990). One-leaf cuttings as a model to study second growth in the potato plant. Annals of botany. 66: 273-280.
- **WILLE, M. J.; KLEINKOPF, G.E.** (1992). Effect of simulated hail damage on yield and quality of russet burbank potatoes. American potato journal. 54: 705-713.
- **ZEHNDER, G.W.; EVANYLO, G. K.;** (1988). Influence of Colorado potato beetle sample counts and plant defoliation on potato tuber production. American Potato Journal. 65: 725-736.