

Universidad pública de Navarra

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS AGRONOMOS

Nafarroako Unibetsitate publikoa

*NEKAZARITZA INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

Evaluación de la calidad de la patata mediante tecnología
NIRS y la influencia del sistema productivo: convencional y
ecológico.

Presentado por:

Iñigo Arruabarrena Azpitarte

Aurkeztua

INGENIERO TÉCNICO EN EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS
NEKAZARITZA ETA ABELTZAINZTA USTIAPENETAN INGENIARI TEKNIKOA

Julio 2012

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA

(Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos)

Departamento de proyectos e ingeniería rural

SILVIA ARAZURI GARÍN certifica que el trabajo fin de carrera titulado “Evaluación de la calidad de la patata mediante tecnología NIRS y la influencia del sistema productivo: convencional y ecológico” que presenta el alumno Iñigo Arruabarrena Azpitarte, ha sido realizado en este departamento bajo mi dirección, autorizando su presentación al efecto de optar al título de ingeniero técnico en Explotaciones Agropecuarias.

Pamplona, 4 de Junio de 2012

Fdo: Silvia Arazuri

AGRADECIMIENTOS:

Primero a mis padres por haberme empujado ha llegar hasta aquí.

A Silvia Arazuri y Carmen Jarén por haberme guiado y ayudado en todo este complejo proceso.

Y especial agradecimiento a Ainara Lopez por habernos dado toda la ayuda posible para terminar sin pedir nunca nada a cambio.

ESKERRIK ASKO

ÍNDICE

0- RESUMEN	1
1- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	3
1.1- Descripción del problema a estudiar.....	3
1.2.- Justificación del trabajo y objetivos.	4
1.2.1- Justificación del trabajo.....	4
1.2.2- Objetivos.....	4
2- ANTECEDENTES.....	5
2.3.- Revisión bibliográfica.....	5
2.3.1.- Breve descripción del cultivo de la patata:	5
2.3.1.1.- Origen y taxonomía.....	5
2.3.1.2.- Descripción botánica de la patata.....	6
2.3.1.2.1- Hábitos de crecimiento.....	6
2.3.1.2.2.- Partes de la Planta.....	7
2.3.2.- Situación de la patata.	11
2.3.2.1- Situación mundial.....	11
2.3.2.2.- Situación Europea.....	13
2.3.2.3.- Situación Española.....	14
2.3.2.4.- País Vasco y Navarra.....	17
2.3.3.-Variedades seleccionadas.....	19
2.3.3.1- Jaerla.....	19
2.3.3.2.- Red Pontiac.....	19
2.3.4.- Sistemas productivos.....	20
2.3.4.1- Convencional.....	20
2.3.4.2.- Ecológico.....	21
2.3.5.- Espectroscopía en el infrarrojo cercano.....	22
2.3.5.1- Antecedentes.....	23
2.3.5.2.- Principios de medida.....	23
2.3.5.3.- Aplicaciones del NIRS.....	25
2.3.5.4.- Quimiometria.....	26

2.3.5.5.- Etapas del proceso de calibración.....	27
3- MATERIAL Y METODOS.....	29
3.1- Diseño del experimento.....	29
3.2- Instalaciones.....	30
3.3- Material vegetal.....	30
3.3.1- Variedades empleadas.....	30
3.4- Ensayos realizados y equipos correspondientes.....	31
3.4.1- Determinación de Peso y Tamaño.....	31
3.4.2- Texturómetro.....	32
3.4.2.1- Fuerza de compresión.....	33
3.4.2.2.-Fuerza de penetración.....	34
3.4.3- Impacto lateral.....	34
3.4.4- Medida de reflectancia Nirs (espectroscopía del infrarrojo cercano)	36
3.5-Análisis Estadístico.....	37
3.5.1- Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	38
3.5.2- Análisis de la varianza (ANOVA).....	38
3.5.3- Análisis en componentes principales.....	39
3.5.4- Análisis SIMCA.....	39
4- RESULTADOS.....	41
4.1.- Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	41
4.2.- ANOVA de un factor.....	42
4.2.1-Red Pontiac.....	43
4.2.2-JAERLA.....	45
4.3.- Análisis SIMCA.....	47
5- CONCLUSIONES.....	51
6- BIBLIOGRAFÍA.....	53

0-RESUMEN

La patata (*Solanum tuberosum* L.), de la familia de las Solanáceas, es una de las especies vegetales más utilizadas alrededor del mundo. La planta es nativa de los Andes, donde fue cultivada por los Incas. La patata llega a los europeos mediante los puertos españoles hacia 1570 y tras superar los prejuicios hacia esta planta, termina consolidándose como uno de los pilares básicos de la alimentación de los españoles y de gran parte de Europa.

En vista de la preocupación incipiente de la población por la adquisición de productos hortícolas de mayor calidad nutricional, organoléptica y con un menor impacto medio ambiental, el proyecto se centrará en el estudio y comparación de dos tipos de producción: el convencional y el ecológico para las variedades Jaerla y Red Pontiac.

Por ello los principales dos objetivos del presente trabajo son:

- 1- Crear modelos de predicción útiles para los sistemas productivos convencional y ecológico en dos variedades diferentes: Jaerla y Red Pontiac.
- 2- Realizar un estudio estadístico ANOVA sobre ciertos caracteres estudiados para comparar valores cualitativos intrínsecos del tubérculo.

El estudio de estas características se realiza mediante tecnología no destructiva NIRS (Espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano) que nos permitirá obtener modelos de calibración en base a sus espectros que posteriormente se validarán. Entre los principales atributos de esta tecnología destacan el ser una técnica no destructiva, su alta velocidad de respuesta, su bajo coste analítico, la nula o escasa necesidad de preparación de muestra, su versatilidad para el análisis de muy diversos productos y parámetros, su elevada reproducibilidad y repetitividad o la posibilidad de su incorporación en línea.

También realizaremos medidas de peso, tamaño, penetración, compresión e impacto lateral sobre las dos variedades para poder realizar un correcto estudio estadístico sobre todas las características deseadas. Así, podremos comparar y obtener conclusiones fiables sobre las diferencias reales que el modelo productivo ejerce sobre el producto final para el consumo de patata en fresco.

Algunas de las conclusiones más relevantes que se han podido obtener de este estudio pueden ser que, mediante la tecnología NIRS, no somos capaces de crear modelos predictivos eficaces para identificar el sistema productivo al que pertenecen los tubérculos. Por lo tanto, en relación a lo anterior, los tubérculos no presentaran diferencias significativas respecto a la calidad intrínseca de la misma.

El prejuicio de que ciertos productos hortícolas producidos ecológicamente poseen características cualitativas inferiores puede quedar desmentido en el caso de la patata. Por ello, se considera importante el estudio más minucioso de los sistemas productivos alternativos (como el ecológico) puesto que este puede ser el camino a tomar por la agricultura futura.

1- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1-Descripción del problema a estudiar

A lo largo de la historia, tras el descubrimiento de la patata en continente americano, éste se ha consolidado como un pilar básico en la alimentación de gran parte de la población. Sobre todo personas de clases desfavorecidas que han visto aliviado el hambre gracias a este tubérculo. Este éxito fue debido a que su cultivo era fácil y poco problemático y el aporte nutricional alto.

Pero actualmente esa época de abastecimiento ha pasado en Europa para dar lugar a consumidores mucho más exigentes que requieren un producto de óptimas características nutricionales, organolépticas y de conservación.

Con el objetivo de cumplir las exigencias del mercado fueron naciendo o desarrollándose diferentes formas de producción que terminaron por ofertar patata de diversos modelos productivos: convencional, integrado, ecológico... Para poder caracterizar dos de estos modelos productivos (convencional y ecológico) emplearemos una tecnología basada en la radiación del infrarrojo cercano denominada NIRS y la aplicaremos a dos variedades diferentes: Red Pontiac y Jaerla.

Esta tecnología permite correlacionar parámetros obtenidos con características físico-químicas de la propia patata. Así, desglosaremos y compararemos los diferentes valores obtenidos de las muestras y determinar si existen diferencias significativas entre una y otra.

1.2.-Justificación del trabajo y objetivos.

1.2.1-Justificación del trabajo

El NIRS se ha consolidado como una de las tecnologías no destructivas más importantes en investigación y desarrollo postcosecha. Esta importancia se ve reflejada en la cantidad de nuevos estudios que se realizan sobre el tema y la incorporación de ésta a las líneas productivas de la industria agroalimentaria.

Esta nueva tecnología, unido a la incipiente demanda de calidad de los nuevos mercados y la preocupación generalizada por el medio ambiente permite realizar muestras rápidas, sencillas y no destructivas que pueden caracterizar la calidad intrínseca de la patata o de otros productos agroalimentarios. Por ello, se ve necesario el estudio de la información que esta tecnología pueda proporcionarnos sobre la caracterización de dos modelos productivos que en la actualidad se encuentran en cierta contraposición.

1.2.2- Objetivos

- El objetivo principal es la evaluación de la tecnología NIRS para la clasificación y autenticación de *Solanum Tuberosum* L. en base al sistema productivo empleado (convencional vs ecológico) para las variedades Jaerla y Red Pontiac.

- Realizar comparaciones estadísticas sobre ciertos caracteres del tubérculo (peso, tamaño, Fuerza de compresión, fuerza de penetración e aceleración máxima) para ver las diferencias más significativas en base al modelo productivo empleado.

2-ANTECEDENTES

2.3.- Revisión bibliográfica

2.3.1.- Breve descripción del cultivo de la patata

2.3.1.1.- Origen y taxonomía

<i>Solanum tuberosum</i>	
<u>REINO</u>	<i>Plantae</i>
<u>DIVISIÓN</u>	<i>Magnoliophyta</i>
<u>CLASE</u>	<i>Magnoliopsida</i>
<u>ORDEN</u>	<i>Solanales</i>
<u>FAMILIA</u>	<i>Solanaceae</i>
<u>GÉNERO</u>	<i>Solanum</i>
<u>ESPECIE</u>	<i>tuberosum</i>

Figura 1: Taxonomía de Solanum tuberosum L.

Se trata de una planta originaria de los andes Peruanos, de una zona llamada Huasahuasi. Los indios Incas cultivaban esta planta en las terrazas construidas a 3.000 metros de altura, libre de plagas e insectos. La patata, que entonces era pequeña, amarga e indigesta era el principal alimento de los lugareños.

En 1492 llegaron los españoles a América y tras muchas expediciones, en 1532, los expedicionarios españoles Francisco y Gonzalo Pizarro conocieron este tubérculo.

Hizo falta cierto tiempo para que el tubérculo fuera consumido en Europa por culpa de prejuicios y atribuciones de indigestión a esta nueva planta. Al parecer, tras su introducción en Portugal, ésta llegó hasta Italia por medio de los combatientes del Rey Felipe II. Pero las cualidades de la patata siguieron

estando a la sombra y solo se utilizaban como alimento para el ganado y como planta ornamental.

Una gran guerra tubo que apoderarse de Europa (entre protestantes y católicos) y su consiguiente hambruna para que los habitantes de este territorio se dieran cuenta del valor alimenticio y culinario de esta planta. Y aunque proseguían las reticencias por parte de los ciertos países como Francia, la patata siguió extendiéndose poco a poco hasta obtener el producto refinado en el que se ha convertido actualmente.

2.3.1.2.- Descripción botánica de la patata

La patata (*Solanum tuberosum*) es una planta herbácea, tuberosa, perenne a través de sus tubérculos, caducifolia (pierde sus hojas y tallos en invierno) y que puede medir hasta 1 m de altura.

2.3.1.2.1- Hábitos de crecimiento

Los hábitos de crecimiento de la patata dependen de la variedad cultivada. La planta puede ser de porte arrosetado o semi-arrosetado cuando todas o casi todas las hojas se encuentran cerca de la base de tallos cortos y estos se encuentran cerca del suelo. También puede comportarse de forma rastrera cuando los tallos crecen horizontales al suelo, decumbente cuando los tallos se arrastran pero levantan el ápice y por ultimo de porte erecto/semierecto (Rouselle F., 1999).

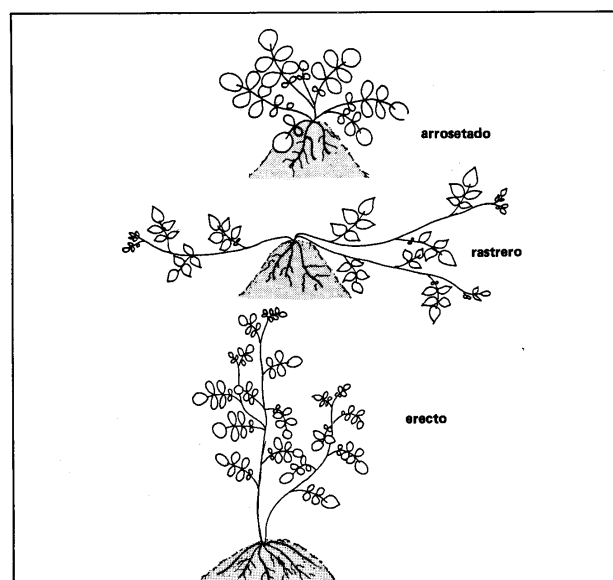


Figura 2: Porte de la mata

2.3.1.2.2.-Partes de la Planta

a) Hoja

Las hojas están compuestas por foliolos (imparipinada), de 7 a 9 en cada hoja y son de forma lanceolada y disponiéndose en forma espiralada en los tallos. El porte de la hoja (Ángulo con que se inserta en el tallo) depende de la variedad aunque la mayoría son de porte horizontal (Rossignol, L. y Rouselle, F. 1999). Además, en todas las partes verdes de la planta (sobre todo en el follaje) se aprecia la presencia de un glicoalcaloide tóxico: la solanina.

Son bifaciales, ambas epidermis están compuestas por células de paredes sinuosas en vista superficial. Presentan pelos o tricomas en su superficie, en grado variable dependiendo del cultivar considerado (Alonso, 1996).

En la axila de cada hoja hay, generalmente, una yema axilar latente, salvo en un pequeño número de axilas de las inflorescencias donde podemos encontrar dos o incluso tres yemas.

b) Tallo

Presentan tres tipos de tallos, uno aéreo, circular o angular en sección transversal, sobre el cual se disponen las hojas compuestas y dos tipos de tallos subterráneos: los rizomas y los tubérculos.



Figura 3: Detalle de tallos aéreos incipientes

- *Tallos aéreos*

Son tallos que se originan a partir de yemas presentes en el tubérculo utilizado como semilla. Son herbáceos, succulentos y pueden alcanzar de 0,6 a 1,0 m de longitud. Son de color verde, aunque excepcionalmente pueden presentar un color rojo purpúreo. Pueden ser erectos o decumbentes, siendo lo normal que vayan inclinándose progresivamente hacia el suelo en la medida que avanza la madurez de la planta. En la etapa final del desarrollo de las mismas, los tallos aéreos pueden tornarse relativamente leñosos en su parte basal.

- *Rizomas*

Son tallos horizontales que van a ras de suelo o se encuentran semienterrados y que nacen de la base de la planta. Estos tallos se encargan de almacenar reservas y producir nuevos brotes que den lugar a tubérculos en su extremo distal (característica varietal).

- *Tubérculos*

El tercer tipo de tallo de la papa es subterráneo y se halla engrosado como una adaptación para funcionar como órgano de almacenamiento de nutrientes, el tubérculo (Alonso, 1996).

Los primeros tubérculos son formados a partir de los primeros rizomas y tienden a ejercer una dominancia sobre los tubérculos formados luego. La importancia del tubérculo reside en que el 75-80% de la materia seca creada por la planta se concentra en ellos (Ivins y Bremmer, 1965).



Figura 4: Tubérculos

c) Raíz

El sistema radical es fibroso, ramificado y extendido más bien superficialmente (Alonso, 1996) pudiendo penetrar hasta 0,8 m de profundidad. Las plantas originadas a partir de tubérculos, por provenir de yemas y no de semillas, carecen de radícula; sus raíces, que son de carácter adventicio, se originan a partir de yemas subterráneas. Estas raíces se ubican en la porción de los tallos comprendida entre el tubérculo semilla y la superficie del suelo; por esta razón, el tubérculo debe ser plantado a una profundidad tal que permita una adecuada formación de raíces y de rizomas. (Zósimo Huamán, 1986)



Figura 5: Tubérculo como raíz engrosada

A partir de los primeros estados de desarrollo, y hasta el momento en que comienza la formación de tubérculos, las raíces presentan un rápido crecimiento.

d) Inflorescencia y flor

- *Disposición de las inflorescencias*

Las flores están agrupadas en inflorescencia cimosa, situada siempre en la extremidad de un tallo y sostenida por un pedúnculo.



Figura 6: Flor de la patata

La inflorescencia nace en el extremo terminal del tallo y el número de flores en cada una puede ir desde una hasta 30, siendo lo más usual entre 7 y 15 (depende de la variedad). El número de inflorescencias por planta y el número de flores por inflorescencia están altamente influenciados por el cultivar. Aproximadamente cuando la primera flor está expandida, un nuevo tallo se desarrolla en la axila de la hoja proximal, el cual producirá una segunda inflorescencia (Zósimo Huamán, 1986).

Las flores en la ramificación más cercana a la base de la planta son las primeras en abrir y, en general, abren dos o tres por día. Las flores permanecen abiertas por dos a cuatro días lo que da como resultado que cada inflorescencia presente de cinco a diez flores abiertas al mismo tiempo durante el pico de la floración. La receptividad del estigma y la duración de la producción de pólenes son de aproximadamente dos días. La fertilización ocurre aproximadamente 36 horas después de la polinización.

- Estructura de la flor

La flor, que es muy característica de la familia de las solanáceas es actinomorfa y pentámera. Normalmente suelen medir entre 1 y 3,5 centímetros y se sostiene por un pedicelo presentando las flores los siguientes órganos:

- **5 sépalos:** Soldados en la base en un cáliz gamosépalo.
- **5 pétalos:** También soldados en una corola gamopétala con diversa coloración (Guerrero, A. 1992).
- **5 estambres:** Alternando con los pétalos y unidos a la base de la corola. Las anteras, de color amarillo intenso, están unidas entre sí formando un manguito que se encuentran en forma circular alrededor de un único estilo. Su dehiscencia es poricida (cada una de ellas tiene 2 poros en su extremidad), característica propia del género *Solanum*.
- **2 Carpelos:** Estos se encuentran soldados a un ovario súpero, con dos cavidades, conteniendo numerosos óvulos y coronado por el estilo y el estigma.

e) Fruto y semillas

El fruto de la planta de patata es una baya, parecido a un tomate pero mucho más pequeña, la cual puede presentar una forma redonda, alargada, ovalada o cónica. Su diámetro generalmente fluctúa entre 1 y 3 cm y su color puede variar de verde a amarillento, o de castaño rojizo a violeta según la variedad cultivada.



Figura 7: Fruto parecido a un pequeño tomate

Las bayas presentan dos lóculos y pueden contener aproximadamente entre 200 y 400 semillas. Las bayas se presentan agrupadas en racimos terminales, los cuales se van inclinando progresivamente en la medida que avanza el desarrollo de los frutos. Las semillas son muy pequeñas, aplanadas, de forma arriñonada, y pueden ser blancas, amarillas o castaño amarillentas (Alonso, 1996).

2.3.2.- Situación de la patata.

2.3.2.1-Situación mundial

Hasta el inicio de los años 90, casi la totalidad de la producción y el consumo de patatas se daba en Europa, América del norte y la antigua Unión Soviética. Desde entonces, la demanda de patata ha aumentado vertiginosamente en Asia, África y América latina

Para satisfacer esta demanda la producción aumentó de menos de 30 millones de toneladas a principios del decenio de 1960 a más de 165 millones de toneladas para el año 2007.

En 2005, por primera vez, la producción de la papa del mundo en desarrollo excedida el del mundo desarrollado. China se ha convertido en el primer productor mundial de patata, y poco menos de una tercera parte de todas las patatas hoy se cosechan en China y la India.











Figura 8: Producción mundial de patata, 1991-2007

	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007
Países	X millones de toneladas								
Desarrollados	183,13	199,31	177,47	174,63	165,93	166,93	160,97	159,97	159,89
En desarrollo	84,86	101,95	108,50	128,72	135,15	145,92	152,11	160,01	165,41
MUNDO	267,99	301,26	285,97	303,35	301,08	312,85	313,08	319,98	325,30

Fuente: FAOSTAT

Asia y Europa son las principales regiones productoras de patata del mundo y en 2007 suministraron el 80% de la producción mundial. Si bien en África y América Latina las cosechas fueron de un volumen mucho menor, la producción fue extraordinaria. América del Norte fue el primer productor indisputable del continente, con más de 40 toneladas por hectárea.

Figura 9: Principales productores de patata, 2007

	Cantidad (t)
1.  China	72.040.000
2.  Fed. de Rusia	36.784.200
3.  India	26.280.000
4.  Estados Unidos	20.373.267
5.  Ucrania	19.102.300
6.  Polonia	11.791.072
7.  Alemania	11.643.769
8.  Belarús	8.743.976
9.  Países Bajos	7.200.000
10.  Francia	6.271.000

Fuente: FAOSTAT

Asia consume casi la mitad del suministro mundial de patata, pero su enorme población significa que el consumo por persona fue de apenas 24 kilogramos en 2005. Los mayores consumidores de patata son los europeos. El consumo más bajo es en África y América Latina, pero esta cifra esta en aumento (Fuente:FAO).

Figura 10: Principales consumidores de patata, 2005

		Cantidad (t)			kg/persona
1.	China	47.594.193	1.	Belarús	181
2.	Fed. de Rusia	18.828.000	2.	Kirguistán	143
3.	India	17.380.730	3.	Ucrania	136
4.	Estados Unidos	17.105.000	4.	Fed. de Rusia	131
5.	Ucrania	6.380.850	5.	Polonia	131
6.	Reino Unido	6.169.000	6.	Rwanda	125
7.	Alemania	5 572 000	7.	Lituania	116
8.	Polonia	5.000.000	8.	Letonia	114
9.	Bangladesh	4.041.463	9.	Kazajstán	103
10.	Irán (Rep. Islámica)	3.991.142	10.	Reino Unido	102

Source: FAOSTAT

En Canadá, Estados Unidos, parte de Asia y Rusia han registrado importantes bajadas de producción debido a situaciones climáticas difíciles. Así pues el descenso en Rusia lo hace de una manera significativa de hasta el 40%. (Fuente: FAO)

2.3.2.2.- Situación Europea

En el plano comunitario, el año 2010 se considera históricamente el año más bajo en cuanto a producción, 57 millones de toneladas.

A nivel de la UE de los cinco (Alemania, Reino Unido, Bélgica, Francia y los Países Bajos) se mantuvo la superficie cultivada pero el rendimiento bajo un 8% lo que supone 1 millón de toneladas menos que en 2009. Por consiguiente,

la producción para el 2010 se estima en 24 millones de toneladas frente a los 25 millones registrados en 2009. Bélgica es el único país en el que ha aumentado la producción de la orden de un 5,4%.

Figura 11: Producción de patata UE-5 y España (x1000)

	2005	2006	2007	2008	2009 Actual	2010 prev.	2010/09
Bélgica	2.725	2.529	3.126	2.874	3.269	3.540	8,3%
Alemania	7.425	6.334	7.931	7.536	7.908	7.124	-9,9%
Francia	4.450	4.372	4.598	4.600	4.755	4.540	-4,5%
Países Bajos	3.300	3.105	3.609	3.631	3.716	3.475	-6,5%
Reino Unido	5.080	5.099	4.794	5.262	5.458	5.232	-4,1%
Total UE-5	22.980	21.439	24.058	23.903	25.106	23.911	-4,8%
España	2.604	2.502	2.518	2.366	2.719	2.278	-16,2%

Fuente: Elaboración propia con datos Potato Council y MARM

La demanda de Europa del norte ha tenido especial significado en la comprensión de los mercados Europeos este año puesto que las exportaciones a Rusia se han multiplicado por diez. Y estas exportaciones han hecho que fuera un año bueno respecto a la comercialización. (Fuente: Magrama)

2.3.2.3.-Situación Española

En 2007 España produjo 2,5 millones de toneladas de estos tubérculos, y la superficie donde se cultiva se redujo desde las 270 000 hectáreas en 1990 a menos de 90 000 en 2007.

Los datos más actualizados de la cantidad de patata producida en España nos muestran una realidad productiva que desciende significativamente de un año a otro. Así pues, en 2009 se obtuvieron 2.719.300 toneladas y en 2010 este valor descendió hasta las 2.283.500 toneladas.

Patata

Producción, 2007

Área cosechada

89.000 ha

Cantidad

2.502.300 t

Rendimiento

28,1 t/ha

Fuente: FAOSTAT

El año 2009 fue especialmente duro para el sector de la patata puesto que el kilo se vendía por debajo de sus costes de producción, aumentando significativamente la diferencia entre los precios de origen y los precios de venta. Esta variación se puede apreciar en las figuras 12 y 13:

Figura 12: Evolución del precio en origen de la patata según datos de COAG

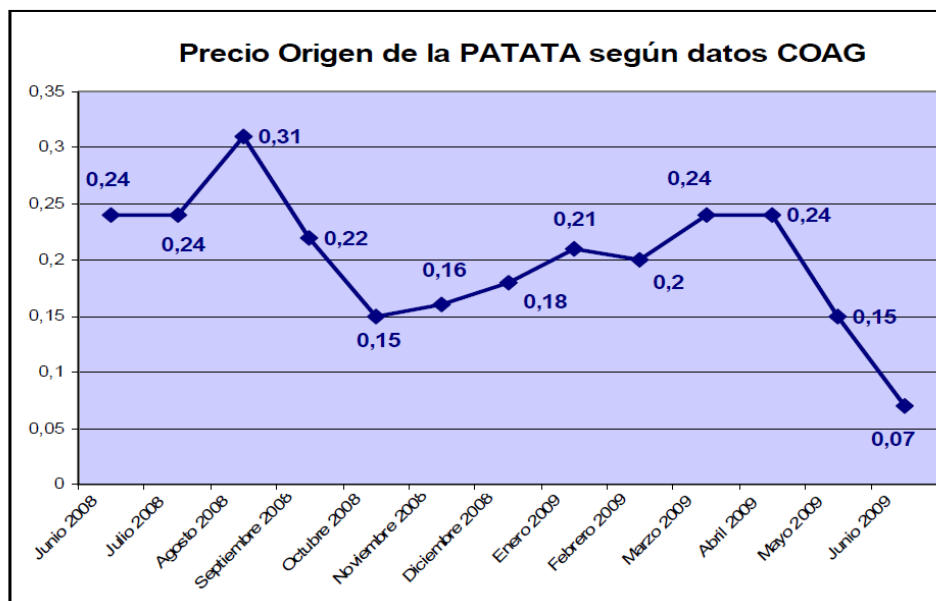
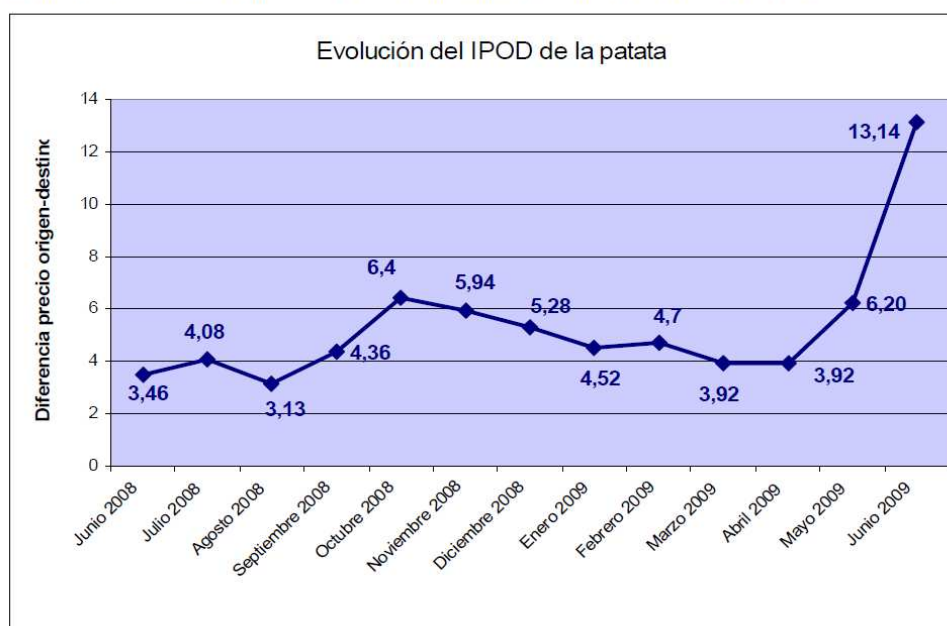


Figura 13: Evolución del Índice de Precios en Origen y Destino (IPOD) de la patata



Fuente: COAG

La buena producción y excelente calidad obtenida no fue suficiente para incentivar el consumo de patata española puesto que las grandes cadenas alimentarias se abastecieron de patata vieja extranjera. De hecho el 65% de la patata consumida aquí proviene de otros países, principalmente de Francia (50%).

Además de la presión externa, las exportaciones este año no funcionaron correctamente puesto que la dificultad de dar salida a este producto (mercado nacional como internacional) ha hecho que parte de la producción temprana (20%) se quedara bajo tierra.

El problema del sector se centra en la comercialización. Los operadores comerciales prefieren abastecerse de patata vieja almacenada desde el año pasado, casi siempre francesa, que vender patatas frescas y producidas aquí. Esta tendencia hace que el precio en origen de las explotaciones españolas caiga en picado.

Este problema resulta tan grave actualmente que ni siquiera resulta seguro cubrir los gastos de producción. En el año 2009 los precios en origen variaron desde los 0,10 €/kg hasta los 0,20 €/kg llegando incluso a los 0,07 €/kg en el sur de España. Más al norte, por el contrario, las cotizaciones fueron oscilando desde los 0,08 €/kg hasta los 0,12 €/kg. Aunque esta baja cotización no la notó el consumidor que seguía pagando una media de 0,9 €/kg.

Por ello, se percibe necesaria la creación de una política comercial capaz de dar cabida al producto producido aquí frente a las importaciones y que aseguren un precio rentable y asequible tanto para el agricultor como para el consumidor.

En el estado español, la superficie dedicada al cultivo de la patata en 2010 registró su mínimo histórico y después de un período estable de cuatro años ha recuperando la tendencia bajista de la última década, cultivándose un 10% menos que en 2009 (77.100 ha en 2010 frente a 85.400 ha en 2009). La reducción durante la última década de superficie ha sido del 35%.

La cosecha de patata en 2010 alcanzó la cifra de 2,3 millones de toneladas, lo que supone una reducción del 16% respecto a 2009 (2,7 Mill. T).

Figura 14: Consumo de patatas 2007-2008 (volumen y kg/cápita)

PRODUCTOS	Volumen total (miles de Kg.)			kg/capita		
	2007	2008	%08/07	2007	2008	%08/07
Patatas frescas	1.066.515,79	1.086.365,23	1,86%	23,9	24,16	1,09%
Patatas congeladas	36.241,99	38.231,69	5,49%	0,82	0,87	6,10%
Patatas procesadas	53.309,62	55.816,80	4,70%	1,18	1,24	5,08%
Total	1.156.067,4	1.180.413,72	2,10%	25,9	26,27	1,40%

Fuente: Elaboración propia con datos MARM

El 70% de la producción patatera estatal se encuentra en tres comunidades autónomas: Castilla y León, principal región productora con el 40% de la producción, seguida de Andalucía con un 19% y Galicia, con un 13%. Con producciones sensiblemente inferiores se encuentran el resto de Comunidades Autónomas destacando sobre ellas en producción La Rioja, Castilla-La Mancha, Canarias y el País Vasco (Fuente: Magrama)

2.3.2.4.- País Vasco y Navarra

Para el año 2009 los resultados productivos de la campaña obtenidos son los siguientes:

Figura 15: Producción total para la C.A.V y Navarra x1000t (Patata media E. Consumo + patata tardía consumo + patata tardía siembra)

Producción de Patata	C.A Euskadi		Vizcaya		Guipúzcoa		Araba		Navarra	
	ha	X1000 t	ha	X1000 t	ha	X1000 t	ha	X1000 t	ha	X1000 t
	1.748	64,8	215	4,8	25	0,6	1.508	59,5	768	17,597

Aunque exista cierta tradición en producir patata de siembra y de consumo debo recalcar que la producción de patata vasca tiene cierto peso agrario, sobre todo en Álava y Navarra.

Figura 16: Evolución mensual precio de origen patata 2007, 2008, 2009 y 2010



En estas dos comunidades es donde mas patata se produce y con una calidad excepcional. Resulta familiar la patata alavesa que tanto se consume por la zona del País Vasco sobre todo. La llanada alavesa resulta un ámbito muy bueno para el cultivo de patata que se ve castigada por las importaciones de patata francesa. Aunque para combatir esa importación en Álava se optado por marcas de calidad que diferencien su producto del resto y puedan darle mejor salida.

También Navarra cuenta con una superficie considerable destinada a este tubérculo (768 ha para el año 2009) aunque esta superficie se ve reducida año tras año (570 ha para el año 2010) por culpa de precios que asfixian al agricultor. Los municipios con mayor producción de patatas, tanto de consumo como de siembra en Navarra son los siguientes: Mendavia, Tudela, Jaurrieta, Sartaguda, Lodosa...

El mercado de la patata resulta característica por su oscilación tipo sierra en el que un año de grandes producciones acarrea, el año posterior, un descenso en el precio del mismo (Fuente: Instituto estadístico de Navarra y eustat.es)

2.3.3.-Variedades seleccionadas

2.3.3.1-Jaerla

La planta es mediana con tallos semierguidos y hojas bastante grandes con una coloración que va desde el verde hasta el verde claro. La mata posee una silueta abierta o semiabierta con una floración bastante abundante.

Se trata de una variedad precoz que tiene una piel amarilla y carne muy blanca. Posee características que le otorgan especial preferencia por el cocido puesto que se mantiene firme o bastante firme en el proceso. Es totalmente apta para el consumo en fresco y posee unos rendimientos medios aunque el tubérculo sea de gran tamaño y ovalado.

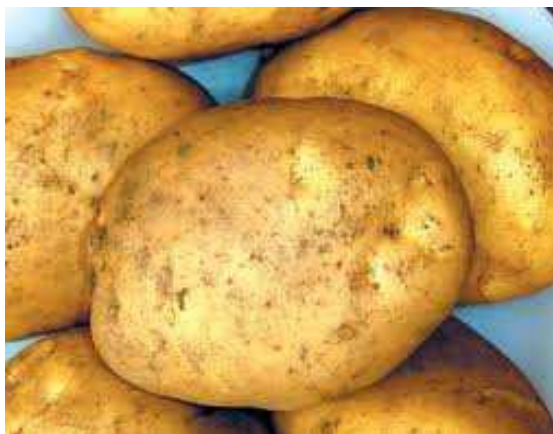


Figura 16: Variedad Jaerla

Se trata de una planta bastante empleada puesto que tiene una gran resistencia a la mayoría de los patógenos excepto a phytophthora de la hoja a la que es bastante susceptible.

2.3.3.2.-Red Pontiac

Patata semitemprana o nueva con la piel roja y la carne blanca y que tiene los ojos muy marcados. Se pueden obtener patatas de gran tamaño puesto que se trata de una variedad con altos rendimientos por superficie. Se trata de una patata muy sensible a los golpes y junto con la Jaerla es una de las mejores para cocer. Aun así, es una patata multiusos que también permite el congelado con la mínima pérdida de textura. El principal destino es el consumo en fresco. (Ruiz de Galarreta J.I., Ríos D.J., 2008)



Figura 17: variedad Red Pontiac

2.3.4.- Sistemas productivos.

En el TFC que se presenta hemos tomado como variables la variedad y el sistema productivo empleado. A continuación se expone brevemente las bases fundamentales que rigen la producción ecológica y la producción convencional:

2.3.4.1- Convencional

Conocida como agricultura industrial se trata de un sistema de carácter intensivo con una meta principal: la máxima producción por hectárea.

Para conseguir tal meta serán necesarias cantidad de insumos que favorezcan al cultivo ignorando el carácter perjudicial que estos puede tener en el medio ambiente. Estas son algunas de sus características más importantes:

- Utilización de productos de síntesis química para luchar contra todo tipo de plagas, enfermedades y vegetación adventicia.
- Grandes superficies dedicadas al monocultivo.
- Empleo de variedades de plantas genéticamente modificadas.
- Utilización de tractores y maquinaria diversa con gran capacidad de trabajo.
- Uso de abonos químicos y semillas de alto rendimiento.

2.3.4.2.- Ecológica

La agricultura ecológica es un sistema productivo agrícola basada en la utilización óptima de los recursos naturales, sin emplear productos químicos de síntesis u organismos genéticamente modificados (OGM s). De esta forma es posible obtener alimentos orgánicos de gran calidad a la vez que se conserva la fertilidad de la tierra y se respeta el medio ambiente. Todo ello de manera sostenible y equilibrada.

Los principales objetivos de la agricultura ecológica son:

- Obtención de alimentos saludables y nutritivos.
- Prácticamente nulo empleo de sustancias de síntesis química.
- Emplear procedimientos sostenibles utilizando la mínima cantidad de insumos posibles.
- Respeto por el medio ambiente y las interacciones que lo componen.

¿Y como se logran esos objetivos? Mediante prácticas agrícolas diferentes a las empleadas en agricultura convencional, que pueden ser:

- Mantenimiento de los equilibrios ecológicos y aplicarlos.
- Empleo de variedades rústicas y adaptadas.
- La no utilización de productos de síntesis química y organismos genéticamente modificados.
- Lucha contra plagas y enfermedades mediante lucha biológica, insecticidas vegetales, bacillus thuringiensis...(métodos no químicos)
- Mejora de las condiciones de suelo mediante la diversificación de cultivos, la cobertura permanente o las asociaciones beneficiosas.
- Reducción de las labores culturales demasiado agresivas para la fertilidad y la vida en la tierra de cultivo.

2.3.5.- Espectroscopía en el infrarrojo cercano

Dentro de las tecnologías para el análisis agroalimentario el NIR se ha consolidado como prueba eficaz y certera para determinar características físico-químicas de los frutos. Dada las necesidades de inmediatez de las industrias agroalimentarias se busca la mayor cantidad de información en un tiempo reducido y esto es posible gracias a la novedosa tecnología que se presenta.

Este método sustituye a los tradicionales métodos de análisis que son métodos más costosos, demandando más tiempo y mano de obra y son de un elevado coste (Murray, 1986; Osborne et al., 1993; Cozzolino, 1998). El NIR, además, ofrece la mayor información posible de manera rápida y fiable, aunque requiere de un método de referencia (ITAGRA, 2003).

2.3.5.1- Antecedentes

La historia de esta apasionante tecnología comienza sobre 1800 cuando sir William Herschel descubre el infrarrojo cercano, conocido como NIR (Near infrared). Aunque este descubrimiento no fue aplicado como técnica analítica hasta que Abney y Ferstin registraron, a finales del siglo XIX, el espectro de líquidos orgánicos en la región espectral comprendida entre 700 y 1200 nm. Aun con los avances realizados, en la primera mitad del siglo XX, la atención recibida por esta región del infrarrojo era bastante escasa y se encontraba acaparada, en su mayor parte, por el infrarrojo medio.

Pero todo cambia hacia finales de los 50 cuando irrumpe en escena Karl Norris que descubre el potencial de esta tecnología aplicada a la agricultura, midiendo los valores de humedad, proteína y aceite en trigo. Animados por el éxito de estas investigaciones, muchos otros investigadores se comprometieron a medir otros muchos parámetros de interés en el sector agrícola.

La espectroscopia NIR no crece de forma significativa hasta que Norris desarrolla su programa de regresión múltiple (MLR). Con el objetivo de obtener más información a partir de un espectro característico se desarrollaron otros métodos de regresión como FTR, PCR, PLSR...

2.3.5.2.- Principios de medida

La espectroscopia molecular se basa en la interacción entre la radiación electromagnética y las moléculas. Dependiendo del espectro de la radiación con la que se trabaje, esto es, de la cantidad de energía que se emita, esta interacción será de diferente naturaleza: excitación de electrones, vibraciones moleculares o rotaciones moleculares (Givens y Deaville, 1999).

Así pues, entendemos por NIR como el infrarrojo cercano, que se refiere a la zona del espectro electromagnético situado entre el final de la zona visible y el infrarrojo medio, esto es entre 780 y 2500 nm (Alomar,1998; Murray, 1996; Deaville y Flinn, 2001). Basado en una serie de ondas que viajan en el espacio a gran velocidad, el rango del infrarrojo se divide en los siguientes tres subrangos:

- NIR (IR. próximo) → 700 - 2500 nm
- MIR (IR. medio) → 2500 – 50000 nm
- FIR (IR. lejano) → 50000 -10⁶ nm

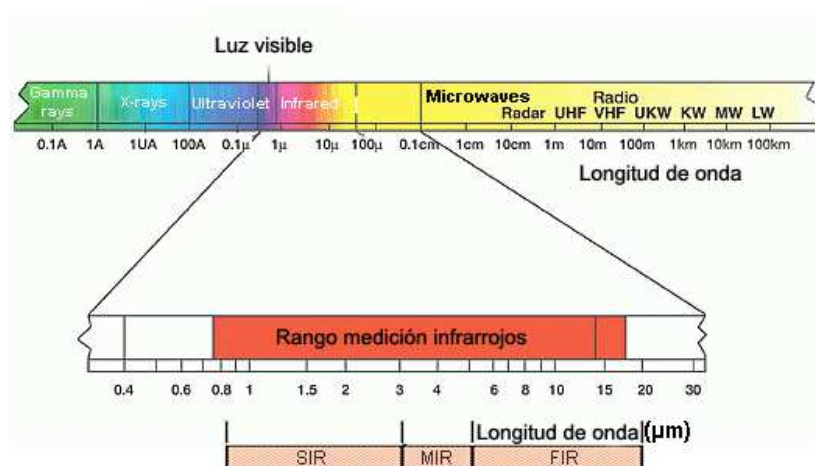


Figura 18: Detalle del rango de medición de infrarrojos.

En esencia, la tecnología NIR involucra luz interactuando con un material, donde una radiación electromagnética ocurre en forma de ondas.

Y para la absorción del infrarrojo cercano se deben dar dos condiciones:

- La radiación debe tener energía precisa para satisfacer los requerimientos energéticos.
- Acoplamiento entre radiación y materia.

→Pero, ¿Qué medidas podemos obtener de esta tecnología?

a) REFLECTANCIA: Estudia la radiación reflejada por la muestra. Puede ser:

-*Especular* = Cuando el material sobre el que se produce la reflexión tiene valores altos de los coeficientes de absorción para longitudes de onda incidentes.

-*Difusa* = En todas las direcciones de la superficie como consecuencia de procesos de absorción y dispersión. Cuando los materiales de la superficie reflectante son débilmente absorbentes. Tiene una gran penetración en la muestra.

b) TRASMISIÓN: Lo que atraviesa la muestra. La señal analítica depende fundamentalmente de la absorbancia de la muestra.

c) TRANSFLECTANCIA: Se mide la transmitancia después que la radiación haya atravesado dos veces la muestra, la segunda después de que un reflector colocado al lado de la muestra provoca que el haz de luz pase una segunda vez por la muestra antes de llegar al detector.

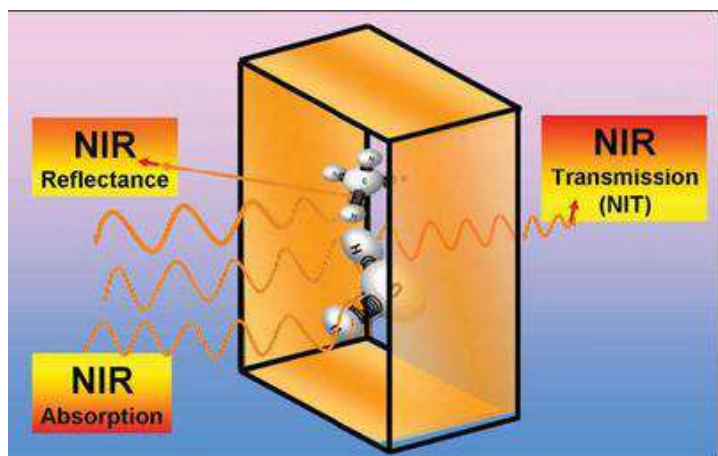


Figura 19: Interacción entre radiación y moléculas

En figura 19 se puede observar como la radiación interactúa con el material, absorbiéndose o reflejándose según los enlaces.

Aunque principalmente, la medida que interacciona con la muestra en el infrarrojo cercano se realiza de dos formas: bien midiendo la energía que es reflejada como LOG (1/R) que es conocido como espectroscopia NIR. O bien determinando la energía que atraviesa la muestra o medida de transmitancia y que se expresa como LOG (1/T), en este caso se le conoce con el nombre de espectroscopia NIT (Garrido, 1997)

2.3.5.3- Aplicaciones del NIRS

Sobre la aplicación de la tecnología debemos decir que esta prácticamente orientada hacia la determinación y cuantificación de compuestos orgánicos, los cuales se caracterizan por poseer grupos funcionales –OH, -NH, -CO y –CH.

Cuando el compuesto orgánico es sometido a las radiaciones emitidas por el NIRS estos grupos funcionales sufren vibraciones y proporcionan bandas características a determinada longitud de onda. La energía que se absorbe se recoge en forma de espectros, que son la representación grafica de esta absorción.

En los últimos años se han desarrollado numerosas aplicaciones NIRS para evaluar la composición, el procesamiento y la certificación de la calidad de alimentos tanto para la alimentación humana como para la alimentación animal (Alomar, 1998; Xiccatto, et al., 1999, Givens y Deaville y Flinn, 2001).

También tiene aplicación en la agroindustria para determinar las propiedades de los productos, como puede ser la capsicina en pimiento (1997 Samson et al.) o la fibrosidad del esparrago (citado por Garrido en 2000) que fue

estudiado como trabajo fin de carrera por una alumna de la Escuela de Ingenieros Agrónomos de la UPNA para conseguir diferenciar espárragos producidos en Navarra frente a los producidos en Perú o China.

También se ha empleado esta tecnología para la clasificación de productos típicos de producción en Navarra como el pimiento. Este análisis se realizó mediante el estudio del color y los defectos a partir de análisis de imagen para la variedad *Bell pepper* (Shearer and Payne, 1990, citados por Brosnan et al., 2002).

2.3.5.4.- Quimiometria

Los datos de una muestra que se obtienen mediante un espectrómetro NIR contienen información espectral relacionada con la composición de las muestras estudiadas. Las diferentes relaciones químicas que componen el tuberculo tienen absorción a unas determinadas longitudes de onda lo que se puede emplear para definir la composición química de diferentes sustancias. La obtención de medidas de esta manera resultaría fácil. Pero existen problemas que dificultan su medida como que los picos de absorción de las diferentes moléculas químicas se solapan en muchas partes de la región espectral. La señal de absorción es a menudo débil si se compara con otros fenómenos que intervienen en la interacción entre luz y partícula, como por ejemplo, todos los efectos de dispersión. Por estas razones, es necesario procesar matemáticamente los datos espectrales a fin de extraer información valiosa de las propiedades químicas de las muestras.

Por ello, La quimiometria es la parte de la química que, usando métodos matemáticos, estadísticos y de lógica formal diseña o selecciona procedimientos de medida óptimos y proporciona la máxima información relevante. [Massart et al., 1988]

La utilización de métodos quimiométricos permite la identificación de muestras, posibilidad de determinar simultáneamente los distintos analitos...

Ventajas asociadas a la quimiometría: Conocimiento mas amplio del problema y una alta velocidad de análisis, lo que permite reducir costes y tiempo de análisis.

2.3.5.5.- Etapas del proceso de calibración

Para llevar a cabo un análisis es necesario establecer modelos capaces de predecir propiedades desconocidas de nuevas muestras, de las cuales se ha determinado previamente la magnitud de la señal analítica.

El modelado consiste en los siguientes pasos:

- Preparación del conjunto de entrenamiento: El primero de los pasos consiste en obtener un conjunto limitado de muestras de las que se conozca la propiedad a determinar y que sea representativo de las muestras para las que se quiere realizar predicciones futuras. El conjunto de muestras tiene que ser representativo tanto de las fuentes de variación químicas como de las físicas (tamaño de partícula, granulometría, cristalización...)
- Registro de las señales analíticas: En este caso nos referimos a los espectros (UV-vis y NIR) de las muestras. A partir de estas señales instrumentales se obtendrá la información analítica deseada.
- Pretratamiento de los datos: En esta etapa se pretende minimizar contribuciones no deseadas presentes en la señal, lo que llevaría a una disminución de la reproducibilidad y por consiguiente estimaciones menos solidas.
- Construcción del modelo: Se trata de la selección del modelo que establece la relación entre la señal analítica y la variable respuesta deseada. El modelo puede basarse en pilares totalmente empíricos o bien estar soportado por una base teórica que explica la señal obtenida.

- Validación del modelo: Se aplica al modelo establecido a un número de muestras de las que se conoce la propiedad a determinar y que no hayan sido usados para la construcción del modelo en sí. Se trata de una verificación del modelo construido.
- Predicción de nuevas muestras: Utilización el modelo construido y validado para predecir la propiedad en muestras nuevas de las que se ha determinado previamente la magnitud de la señal analítica.

3-MATERIAL Y MÉTODOS

3.1-DISEÑO DEL EXPERIMENTO

La fase experimental se realizó en Marzo del 2012, durante tres días aproximadamente, en el laboratorio de motores del edificio de los olivos de la UPNA. Los ensayos se realizaron de la siguiente manera:

1- Primero se tomó la medida de peso y tamaño para cada patata, obteniéndose dos medidas en el caso del tamaño: Anchura y altura de la misma. Para la anchura se tomó como referencia la zona ecuatorial más ancha.

2- Después se realizaron otras dos medidas con el espectrofotómetro NIR a cada lado de la zona ecuatorial de la patata diametralmente opuestas.

3- Tras realizar el ensayo NIR se han seleccionaron 30 muestras de cada grupo y se realizaron dos ensayos de impacto lateral por muestra.

4- Con esa misma población de muestras (n=30), las patatas se sometieron a una prueba de compresión gracias al texturometro "TA-XT 2 texture analyser".

5- Finalmente, se eliminó una zona de la piel y se sometió a las muestras a un ensayo de penetración, obteniéndose dos medidas para cada una.

Con el fin de obtener la mayor fiabilidad posible se realizó la toma de dos medidas para cada caso (excepto en el peso y el tamaño) y se obtuvo el promedio de estos.

3.2- INSTALACIONES

Todos los ensayos se realizaron en el laboratorio de motores del Edificio de Los Olivos de la Universidad Pública de Navarra.

3.3- MATERIAL VEGETAL

Para la realización del presente trabajo se ha empleado material vegetal de dos variedades diferentes y de dos sistemas productivos diferentes. Las variedades de patata son Red Pontiac y Jaerla y los sistemas productivos el convencional y el ecológico.

Así pues, se han estudiado 100 muestras de cada variedad y sistema productivo, 400 en total para el estudio de espectroscopía NIR. Para los ensayos con el texturómetro y el impactador lateral se emplearon 30 muestras por variedad y sistema productivo, 120 en total.

Las patatas se adquirieron en OPPOSA (Noain) y provienen de la zona de Navarra conservándose en la sala de motores del Edificio de Los Olivos durante las dos semanas que duró el ensayo.

3.3.1- Variedades empleadas

Las variedades empleadas en el trabajo son Jaerla y Red Pontiac y han sido comentadas con anterioridad en la revisión bibliográfica.

3.4- ENSAYOS REALIZADOS Y EQUIPOS **CORRESPONDIENTES**

3.4.1- Determinación de Peso y Tamaño

La primera toma de datos realizados en las patatas son las de peso y tamaño.

Para el peso se emplea una balanza de precisión “Mettler Toledo SB 16001” y se anotan los resultados en un estadillo. Así, obtenemos la variable “peso” para cada patata medida en gramos (g).



Figura 20: Balanza Mettler Toledo SB 16001

La medida del tamaño del fruto se realiza gracias a un calibre electrónico “MAHR modelo 16 ES”. Se obtienen dos medidas: una, referente a la altura de la patata y otra a la anchura. Esta última se toma como el tamaño máximo de la zona ecuatorial.



Figura 21: Calibre electrónico modelo “16 ES”

3.4.2- Texturómetro

Dos ensayos son requeridos a la hora de estudiar la textura y dureza del fruto y en las dos se emplea el texturómetro “TA-XT2” *texture analyser* de Stable Microsystems.



Figura 22: Texturómetro “TA-XT2 texture analyser”

Está compuesto de un porta-muestras donde posar la patata y un brazo móvil que desciende a velocidad constante y regulable hacia ella. Este brazo posee ciertos puntales intercambiables en el extremo dependiendo de la información que queramos obtener acerca del fruto. Los puntales intercambiables pueden ser cilindros de metal con diferentes diámetros, esfera de goma, cuchillas...

Las principales características del texturómetro empleado son las siguientes:

- Capacidad máxima de 25 kg y sensibilidad de 1 g
- Distancia de penetración de 350mm en incrementos de 1mm.
- Velocidad de ensayo de hasta 10mm/s en incrementos de 0,1mm/s.
- Consola de control con lectores.
- Detección automática de la superficie a medir.
- Mas de 25 puntales diferentes de ensayo para diferentes pruebas
- Capacidad de almacenamiento de hasta 10 programas diferentes (Incluyendo T.P.A.) que permite prefijar los datos del trabajo.
- Protección total de la célula de la medida aun con sobrecargas.
- Sistema de conexión a ordenador con software propio.

La maquina está conectada a un software específico del ordenador propio del texturómetro llamado "Texture expert version 3"

3.4.2.1-Fuerza de compresión

La primera de las dos medidas relacionadas con la textura es referente a la fuerza máxima de compresión (FC) del fruto. Esta medida se obtiene acoplado un puntal de forma cilíndrica y de vidrio al extremo del brazo del texturómetro "TA-XT 2". La fuerza máxima se refiere a la fuerza requerida (en Newtons) para obtener una deformación de 5mm en el fruto.

En este caso, la esfera de vidrio entra en contacto con la muestra que se encuentra sujeta y estática en un porta-muestras de forma cóncava. El

ordenador comienza la lectura cuando la esfera de vidrio entra en contacto con ésta. Los datos se guardan directamente en un programa específico del ordenador.

El valor obtenido se mide en Newtons (N) y dependerá de la fuerza que el brazo móvil requiera para deformar el fruto.

3.4.2.2-*Fuerza de penetración*

Cambiando el puntal del brazo móvil del equipo “TA-XT 2 texture analyser” se obtiene el valor de la fuerza de penetración (FP) medida en Newtons (N). Este accesorio permite obtener esta medida calculando la fuerza necesaria requerida por el cilindro para penetrar en la patata a una determinada profundidad.

Este puntal es básicamente un cilindro metálico de 1,6mm de diámetro y 5 mm de largo. Además de estas medidas, el texturómetro viene incorporado con cilindros de diferentes diámetros para ensayos predeterminados.

3.4.3- Impacto lateral

Para el siguiente ensayo se emplea un equipo de impacto lateral (Arana et al., 2006) de la marca RS y se basa en un método no destructivo.

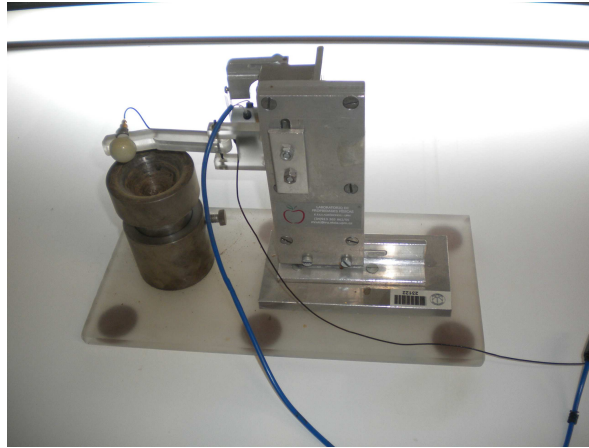


Figura 23: Impactador lateral del laboratorio de motores

Se trata de un aparato compuesto por un soporte metálico de bastante peso y cóncavo en el que se coloca el elemento a impactar. El impactador posee un brazo pivotante unido a la estructura de la máquina mediante un electroimán. Éste posee un pequeño acelerómetro que le dará la fuerza requerida cuando pulsemos el botón que desconecta el electroimán y por lo tanto, deje libre el brazo impactador. Cuando esto ocurre, el brazo impactador que contiene una semiesfera en su extremo se dirige hacia la muestra hasta chocar con ella. La distancia que separa el impactador de la muestra será siempre constante (14mm) y se medirá gracias a un elemento de separación del propio impactador.

De esta acción, el impactador es capaz de realizar directamente dos lecturas: el tiempo de impacto (ms) y la aceleración (m/s²). El resto de los parámetros se obtienen a partir de estas medidas teniendo en cuenta la relación entre parámetros: Fuerza máxima, deformación máxima, deformación permanente, energía aportada, energía absorbida y energía devuelta...

Pero realmente el valor que más nos interesa y que vamos a emplear va a ser el valor de la aceleración máxima (AMAx) expresado en m/s². Obtendremos dos medidas diametralmente opuestas en el ecuador del fruto y realizamos la media de estas.

3.4.4- Medida de reflectancia NIRS (espectroscopia del infrarrojo cercano)

Para la medida de la reflectancia NIRS se empleó un espectrofotómetro modelo “AOTF-Luminar 5030” de la empresa Brimrose.



Imagen 24: Espectrofotómetro “AOTF-Luminar 5030”

El NIRS (Espectroscopia del infrarrojo cercano) se engloba dentro del campo de la espectroscopia molecular, la cual estudia la interacción de la radiación electromagnética con la materia. Dentro de este campo también se encuentran las diferentes técnicas espectroscópicas que emplean el infrarrojo convencional o el ultravioleta visible.

Esta tecnología se basa en la irradiación de un abanico de ondas de diferente longitud de onda que abarca desde los 780 hasta los 2500 nm. La radiación penetra en la muestra y excita los modos de vibración de las moléculas que lo componen y se refleja en todas direcciones como consecuencia de los fenómenos de absorción y dispersión.

Esto ocurre gracias a la fuente de radiación que emite las ondas y a un selector de longitudes de onda que selecciona un grupo limitado y continuo de longitudes de onda denominadas bandas [Burns and Ciurczak, 2001].

La radiación que se refleja en la muestra debe detectarse y transcribirse y esto se consigue mediante un detector fotoeléctrico que funciona de la siguiente manera: Los fotones emitidos afectan al estado electrónico del material fotosensible, produciendo una señal eléctrica que constituye la respuesta del detector. Los materiales empleados son: Sulfuro de plomo, silicio, InGaAs...

Principalmente, la radiación emitida se puede medir mediante el detector de dos formas diferentes:

1- Por un lado, la medida de la energía reflejada a diferentes longitudes de onda (Reflectancia) y expresada como $\log(1/R)$ en cuyo caso se habla de espectroscopia NIR.

2- O bien la energía transmitida a través de la muestra (Trasmitancia) y expresada como $\log(1/T)$ también llamada espectroscopia NIT (Garrido 1997)

En nuestro caso emplearemos la medida de la reflectancia.

3.5-ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar el análisis de los datos del conjunto de la población se han empleado dos programas estadísticos: El SSPS para windows versión 18 y el programa The Unscrambler 7.5.

Los análisis estadísticos realizados son los siguientes:

- Prueba de Kolmogorov-Smirnov.
- Análisis en componentes principales.
- Análisis SIMCA.
- Estudio ANOVA.

3.5.1-Prueba de Kolmogorov-Smirnov

El primer estudio realizado es la prueba de Kolmogorov-Smirnov. El objeto de la prueba es comparar la bondad del ajuste. Es una prueba no paramétrica que compara la función de la distribución acumulada observada para una variable con la distribución normal. Por tanto, esta prueba nos indica si la muestra sigue una distribución normal. Si en los resultados se obtiene que la significación asintótica bilateral es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis establecida de que las muestras siguen una distribución normal y por tanto no se emplearán para el análisis de la varianza.

3.5.2- Análisis de la varianza (ANOVA)

Es el método más empleado cuando se desea comparar, a la vez, varias medias muestrales para establecer si todas pertenecen a la misma población, es decir, se plantea una hipótesis cero o de partida. Para ello, este método se aplica a aquellas muestras que siguen una distribución Normal.

El método más comúnmente usado en estos casos es el ANOVA (analysis of variance) que es una técnica estadística que sirve para analizar la variación total de los resultados experimentales de un diseño en particular. Descompone los resultados obtenidos en fuentes de variación independientes atribuibles a cada uno de los efectos en que constituye el diseño experimental.

Esta técnica tiene como objetivo identificar la importancia de los diferentes factores o tratamientos en estudio y determinar cómo interactúan entre sí.

En nuestro caso, los parámetros a estudiar mediante el análisis ANOVA serán los siguientes: Peso (g), Tamaño (mm), Fuerza de compresión (N), Fuerza de penetración (N), Aceleración máxima (m/s^2).

3.5.3- Análisis de Componentes Principales

Muchas herramientas quimiométricas se basan en un análisis previo de componentes principales (PCA; Principal Component Analysis) que pone de manifiesto las relaciones existentes entre las diferentes muestras y reduce la dimensionalidad de los datos experimentales.

El objetivo principal de este análisis es condensar la información contenida de un número de variables originales en un conjunto más pequeño, con la menor pérdida de información posible.

Por ello, antes de realizar la mayoría de los análisis quimiométricos (incluido el SIMCA), se deberá realizar previamente el análisis en componentes principales y se realizará para cada set de calibración y validación individualmente.

3.5.4- Análisis SIMCA

Para el desarrollo de modelos predictivos mediante análisis SIMCA (Soft Independent Modeling of Class Analogy) se ha empleado el programa quimiométrico The Unscrambler tomando como variables los datos espectrales originales sin pretratamiento de datos alguno excepto el análisis en componentes principales.

Se trata de un análisis útil para realizar modelos predictivos individuales que posibiliten pronosticar el grupo al que pertenece una muestra en concreto. La asignación de una muestra a uno u otro modelo se realiza calculando la distancia más corta a dicho modelo. Así, en el análisis SIMCA, se modela independientemente cada una de las clases mediante un análisis de componentes principales, determinando con ello el centroide y la dispersión de los valores para cada clase. La dimensión del modelo individual viene dada por el número de componentes principales que se hayan considerado.

Dado que para el análisis SIMCA se realiza un análisis de componentes principales individuales para cada una de las clases, se han empleado directamente como variables los datos espectrales NIR de cada uno de los lotes (4 en total) y no se ha realizado una síntesis previa y global de los valores.

Para la realización del trabajo se han generado modelos para cada sistema productivo (convencional y ecológica) dentro de las dos variedades empleadas: Jaerla y Red Pontiac. De esta forma y empleando dos tercios del total de los datos se han pretendido realizar los modelos óptimos para cada uno de ellos y validarlos empleando el restante tercio de las muestras totales.

El modelo independiente obtenido para cada clase es definido en base a dos distancias, las cuales se denominan distancia de las muestras al centro del modelo y distancia de la muestra al modelo. En el caso del programa quimiométrico escogido estas distancias se denominan Leverage y s respectivamente (Martens y Naes, 1989; Esbensen et al., 1994). Para que una muestra sea clasificada como perteneciente a una clase determinada, ambos estadísticos (Leverage y s) tienen que ser inferiores a los valores máximos definidos para dichos estadísticos en cada clase.

En la interpretación de los resultados de los análisis SIMCA se ha de tener en cuenta que una muestra concreta puede ser clasificada en una clase, en varias o en ninguna de ellas. Esto ocurre como consecuencia de que los modelos son realizados independientemente y en el caso de que las muestras no sean clasificadas en ninguna de ellas podría obtenerse una nueva clase (si se confirman las diferencias con el resto).

Básicamente, el método SIMCA se basa en un Análisis factorial discriminante mediante el programa Unscramble.

4- RESULTADOS

4.1.- Prueba de Kolmogorov-Smirnov

La prueba de kolmogorov-Smirnov se ha realizado sobre las variables de los ensayos de peso, altura, anchura, compresión, penetración e impacto lateral en función del factor “sistema productivo”. La población de cada variable está compuesta por 60 muestras.

Con los resultados obtenidos se sabe si las poblaciones se ajustan a una distribución normal y por tanto, qué tratamiento posterior se le va a dar a cada variable. El nivel de confianza estimado es de 95%($p=0.05$).

Las variables que siguen una distribución normal son todas para las variedades Jaerla y Red Pontiac. Esto es, para FC, Ac, FP, peso, altura y anchura (Sig. Asintótica bilateral > 0.05)

Figura 25: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la variedad RED PONTIAC

	Peso	Altura	Anchura	FC	FP	Ac	
N	60	60	60	60	60	60	
Parámetros normales ^{a,b}	Media	95,2617	58,2377	54,2370	38,7072	153,8710	235,672623
	Desviación típica	13,88694	6,52527	7,16985	9,10248	17,34074	32,6850279
Diferencias más extremas	Absoluta	,055	,081	,140	,062	,105	,098
	Positiva	,053	,081	,093	,062	,077	,098
	Negativa	-,055	-,051	-,140	-,055	-,105	-,057
Z de Kolmogorov-Smirnov	,426	,625	1,081	,479	,816	,759	
Sig. asintót. (bilateral)	,993	,830	,193	,976	,519	,612	

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Figura 26: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la variedad JAERLA

	Peso	Altura	Anchura	FC	FP	Ac	
N	60	60	60	60	60	60	
Parámetros normales ^{a,b}	Media	111,2200	72,9913	55,8727	52,5723	171,9144	280,170687
	Desviación típica	16,55928	7,32641	3,78178	13,86064	27,26913	48,3601981
Diferencias más extremas	Absoluta	,110	,080	,156	,109	,063	,078
	Positiva	,110	,080	,156	,109	,055	,078
	Negativa	-,060	-,042	-,092	-,068	-,063	-,045
Z de Kolmogorov-Smirnov	,850	,621	1,211	,846	,486	,602	
Sig. asintót. (bilateral)	,465	,836	,106	,471	,972	,862	

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

4.2. Anova de un factor

Estas pruebas se han realizado para determinar si existen o no diferencias significativas entre las diferentes medias de las variables de los ensayos en función del sistema productivo para las variedades Jaerla y Red Pontiac por separado.

Para las variables que en la prueba de Kolmogorov- Smirnov siguieron una distribución normal se ha hecho la prueba ANOVA de un factor. Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

4.2.1-Red Pontiac

Figura 27: Analisis de la varianza (ANOVA) para la variedad Red Pontiac

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
FC	Inter-grupos	1354,767	1	1354,767	22,236	,000
	Intra-grupos	3533,686	58	60,926		
	Total	4888,453	59			
Peso	Inter-grupos	1635,948	1	1635,948	9,740	,003
	Intra-grupos	9742,034	58	167,966		
	Total	11377,982	59			
Altura	Inter-grupos	65,396	1	65,396	1,550	,218
	Intra-grupos	2446,775	58	42,186		
	Total	2512,171	59			
Anchura	Inter-grupos	202,842	1	202,842	4,157	,046
	Intra-grupos	2830,159	58	48,796		
	Total	3033,000	59			
FP	Inter-grupos	246,374	1	246,374	,817	,370
	Intra-grupos	17495,006	58	301,638		
	Total	17741,380	59			
Ac	Inter-grupos	808,939	1	808,939	,754	,389
	Intra-grupos	62221,412	58	1072,783		
	Total	63030,352	59			

Figura 28: Resumen de la media y la desviación típica de las variables estudiadas

		Peso		Altura		Anchura	
		Media	Desviación típica	Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
Origen	1	90,04	12,26	59,28	6,16	56,08	4,41
	2	100,48	13,62	57,19	6,81	52,40	8,84

FC		FP		Ac	
Media	Desviación típica	Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
43,46	7,57	155,90	12,18	239,3445	28,5740
33,96	8,03	151,84	21,33	232,0008	36,4567

De los valores que se encuentran en tabla superior se pueden obtener ciertas conclusiones significativas.

Por ejemplo, para el peso y la anchura, las diferencias son claras. En el caso del peso, las patatas producidas ecológicamente superan en 10 gramos de media a las que son producidas convencionalmente.

En cuestiones de anchura también existen diferencias importantes, siendo más anchas las que son producidas convencionalmente (56,08 mm frente a 52,4 mm) por lo que tendremos patatas de mayor volumen y menor peso para este sistema productivo.

Gracias al estadístico ANOVA obtendremos conclusiones que nos permita deducir ciertas propiedades de los tubérculos como por ejemplo, el contenido en materia seca.

La Materia seca se conoce como el porcentaje de porción sólida que queda tras eliminar la fracción líquida mediante deshidratación. En este estudio en concreto, se observa que el peso de las patatas producidas convencionalmente tiene una media más pequeña y un mayor calibre, por lo tanto, el tubérculo contendrá un menor porcentaje en materia seca y superior en agua.

La fuerza de compresión también localiza diferencias dependiendo del sistema productivo empleado. Así pues, la fuerza media necesaria es superior en 10 Newtons en el sistema convencional frente al ecológico. En este caso también el porcentaje de materia seca está directamente relacionado con la fuerza de compresión. Esto ocurre porque las patatas producidas convencionalmente son bastante más turgentes y esta turgencia es debida a la relación en contenido de materia seca y agua. Cuanto mayor sea la fuerza de compresión necesaria, mayor será la turgencia del tubérculo por su mayor contenido en agua.

Tanto la eficacia de la elaboración como la calidad del producto acabado se benefician de un alto contenido de materia seca. Si el contenido de materia seca es demasiado bajo las patatas fritas o las patatas chips resultarán

demasiado blandas o húmedas para la industria de transformación. Los porcentajes en materia seca requeridos dependerán de la finalidad a la que este dirigida la producción.

A pesar de esto, la fuerza de penetración y aceleración no presentan diferencias significativas en cuanto a la forma de producción de las patatas (ecológica o convencional).

4.2.2-JAERLA

Figura 29: Analisis de la varianza (ANOVA) para la variedad Jaerla

		<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>Media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Peso	Inter-grupos	6,936	1	6,936	,025	,875
	Intra-grupos	16171,440	58	278,818		
	Total	16178,376	59			
Altura	Inter-grupos	11,493	1	11,493	,211	,648
	Intra-grupos	3155,403	58	54,404		
	Total	3166,896	59			
Anchura	Inter-grupos	14,920	1	14,920	1,044	,311
	Intra-grupos	828,889	58	14,291		
	Total	843,809	59			
FC	Inter-grupos	1977,998	1	1977,998	12,261	,001
	Intra-grupos	9356,923	58	161,326		
	Total	11334,922	59			
FP	Inter-grupos	21815,184	1	21815,184	57,363	,000
	Intra-grupos	22057,523	58	380,302		
	Total	43872,707	59			
Ac	Inter-grupos	35900,337	1	35900,337	20,397	,000
	Intra-grupos	102083,480	58	1760,060		
	Total	137983,817	59			

Figura 30: Resumen de media y desviación típicas para las variables estudiadas

	<i>Peso</i>		<i>Altura</i>		<i>Anchura</i>	
	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>
Origen 1	111,56	15,07	72,55	6,26	56,37	3,51
2	110,88	18,18	73,43	8,35	55,37	4,03

<i>FC</i>		<i>FP</i>		<i>Ac</i>	
<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>
46,83	12,96	190,98	15,69	255,7097	39,2613
58,31	12,44	152,85	22,68	304,6317	44,4823

Al cambiar de variedad, los valores se tornan y obtenemos conclusiones que difieren en parte de la variedad Red Pontiac. En Jaerla, pueden observarse diferencias significativas para los valores de FC, FP y Ac.

La diferencia en las medias de FP puede servir para estimar la dureza del fruto. Según este parámetro, para la variedad Jaerla, se requiere una mayor fuerza de penetración de media en el sistema convencional que requiere de 190,98N respecto a los 152,85N del sistema ecológico. Esta diferencia de medias en la fuerza de penetración pronostica una mayor dureza de la carne del fruto en los sistemas convencionales.

Para este ensayo en cuestión se procedió a eliminar anteriormente la piel del tubérculo que podría modificar los resultados de este ensayo (Mohsenin y goelich -1962), por lo que podemos eliminar este factor como condicionante del ensayo.

También se encuentran diferencias para el valor de la fuerza de compresión que podría usarse como indicativo para caracterizar la turgencia de la patata. Cuanto mayor sea la carga de compresión necesaria mayor turgencia tendrá, lo cual se refleja en un aumento de la elasticidad soportando mayores cargas de compresión. Esta mayor turgencia se traduce como un mayor contenido en agua para el sistema ecológico (58,31N frente a 46,83N de media).

Junto con los valores de FP y FC la aceleración máxima también presenta diferencias que serán analizadas a continuación. El valor de la aceleración máxima es un buen indicativo de firmeza del fruto para maduración pos

cosecha que disminuirá según vaya disminuyendo la firmeza del mismo. Por lo tanto, en nuestro ensayo con impactador lateral se consideran las patatas ecológicas más firmes que las convencionales con valores medios que rondan los 304,63 m/s² frente a los 255,7 m/s² que obtenemos en el sistema convencional.

4.3- Análisis SIMCA

Para el desarrollo del análisis SIMCA se han empleado dos tercios de los datos espectrales obtenidos mediante NIRS, es decir, 66 datos espectrales por variedad. En el análisis se han realizado modelos independientes para cada variedad analizada (Jaerla y Red Pontiac). Según la forma de trabajar del análisis SIMCA, se realizó también un modelo para cada categoría de patata: convencional y ecológica. Una vez obtenidos estos modelos, se evaluó su capacidad predictiva por medio de una validación independiente. En esta validación se utilizaron el resto de las muestras, es decir 34 patatas por variedad.

En la tabla XXX podemos observar que para ambas variedades, aproximadamente el 90% de las muestras se clasifican en los dos grupos de estudio (convencional y ecológico). En Jaerla, el porcentaje de patatas bien clasificadas es del 3% y el de mal clasificadas el 4.5%. Entendiendo como mal clasificadas, aquellas que siendo de un grupo son claramente clasificadas en el otro.

En Red Pontiac, el porcentaje de bien clasificadas alcanza el 9% y el de mal clasificadas se queda en el 3%. No se clasifican en ningún grupo el 6% de las patatas de la variedad Jaerla y todas las patatas de Red Pontiac son clasificadas en al menos un grupo.

Figura 31: Porcentajes de los resultados de validación

	En los dos	Bien	Mal	Ni uno
JAERLA	96,40%	3%	4,50%	6%
RED PONTIAC	87,87%	9%	3,03%	0%

Por lo tanto, podemos decir que no es posible clasificar las patatas en sus grupos correspondientes a partir de la información espectral, ya que la mayoría son clasificados como pertenecientes a los dos sistemas productivos.

En base a los resultados obtenidos se podría concluir que tanto las patatas producidas de manera convencional como las producidas mediante procedimientos ecológicos presentan la misma calidad final. Esta es una aportación importante para el consumidor dado que a los sistemas productivos ecológicos siempre se les ha achacado una menor calidad del producto final en detrimento de la mejor gestión del medio ambiente.

Figura 32: Grafica Coomans para Jaerla ECO

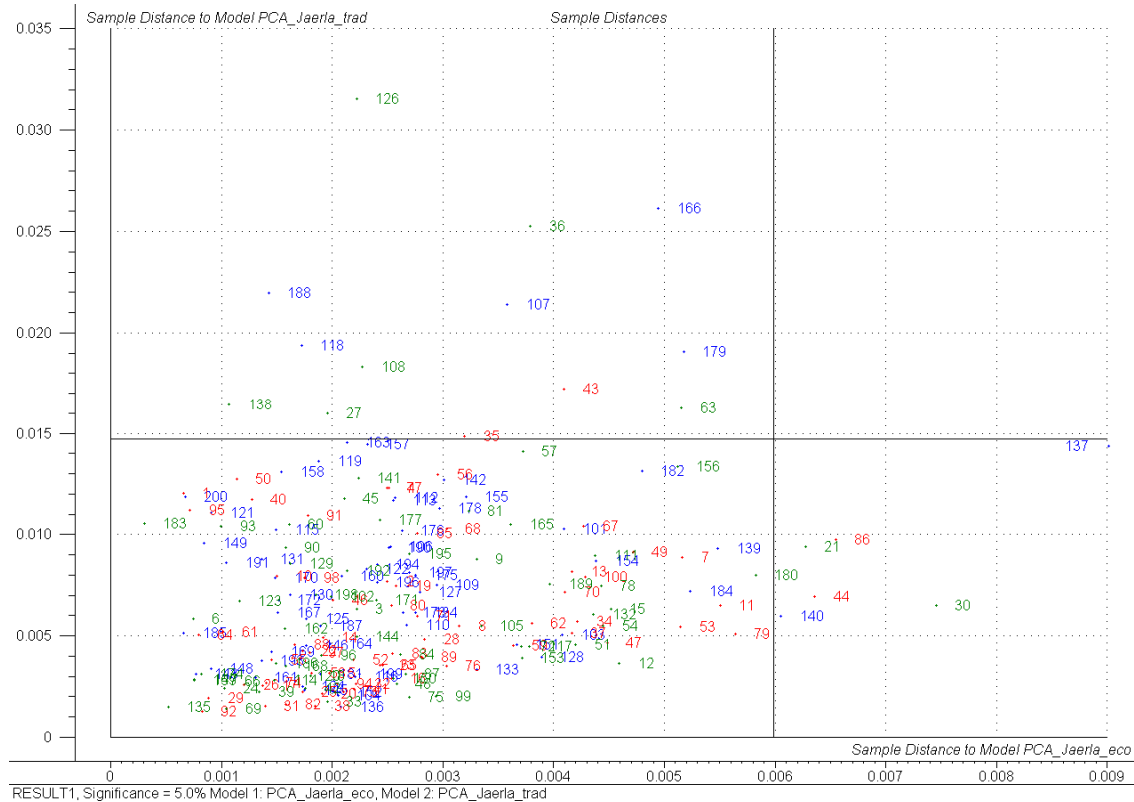
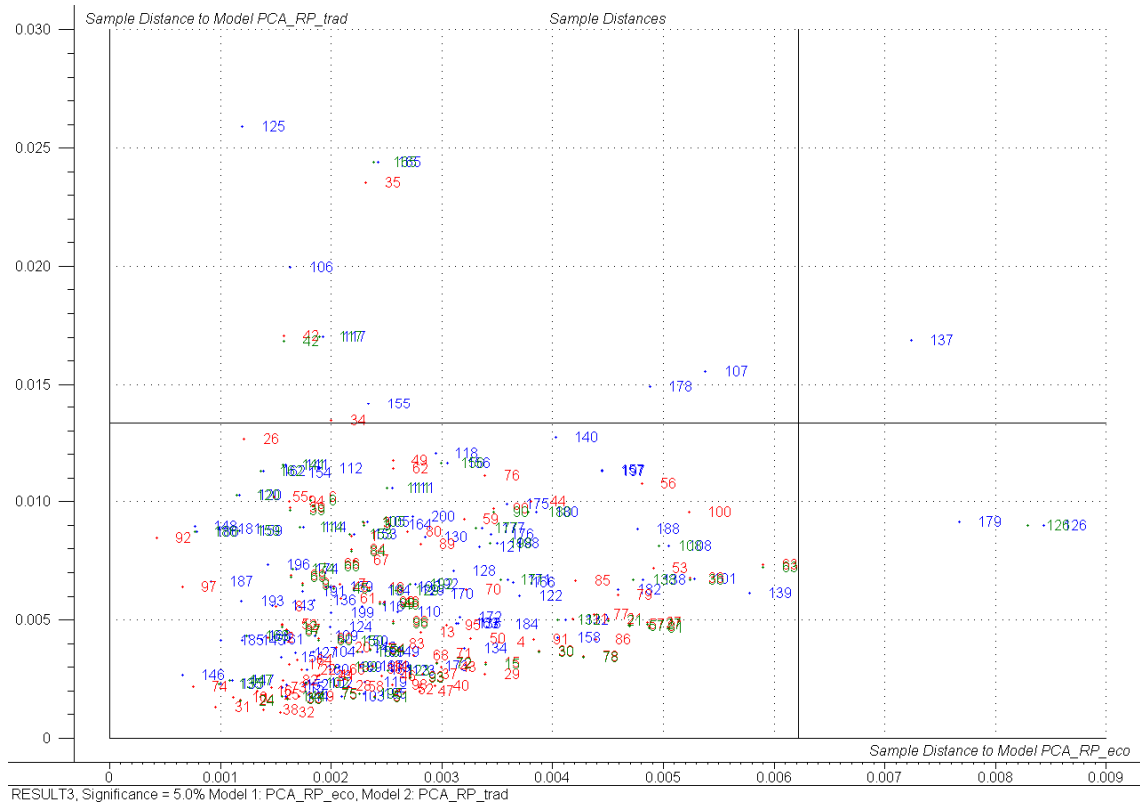


Figura 33: Grafica Coomans para Jaerla ECO



Para una mejor comprensión de los datos se adjuntan la figura 32 y 33 que muestran las graficas Coomans para las variedades Jaerla y Red Pontiac en Ecológico.

5-CONCLUSIONES

A partir de los datos obtenidos en este Trabajo Fin de Carrera podemos concluir que:

- No es posible clasificar las patatas en dos grupos en función del sistema productivo (convencional y ecológico) a partir de la información espectral.
- La ambigüedad en la clasificación de las muestras de las variedades Jaerla y Red Pontiac indica que no hay diferencias de calidad debidas al sistema productivo, siendo las patatas de los dos sistemas ensayados similares entre sí para los datos espectrales.
- Las patatas Red Pontiac presentan un mayor porcentaje de materia seca para el sistema ecológico en base al peso y al tamaño medidos.
- El valor de fuerza de compresión indica una mayor turgencia (por lo tanto menos materia seca) en los sistemas convencionales.
- La variedad Jaerla presenta una mayor resistencia a la penetración cuando evaluamos las muestras producidas según el sistema convencional.
- Los datos obtenidos de aceleración máxima en el ensayo de impacto lateral indican que la turgencia es mayor para el sistema ecológico que para el convencional.

6-BIBLIOGRAFÍA

- **Alonso, F. (1996)** El cultivo de la patata.
Ed. Mundi Prensa (Madrid)

- **Borruey A., Cotrina F., Mula J., Vega C.** Calidad industrial y culinaria de las variedades de patata1.
Servicio provincial de agricultura. (teruel) España

- **Brunt, K. y Drost, W.C. (2010)** Design, construction, and testing of an automated nir in-line analysis system for potatoes. part i: off-line nir feasibility study for the characterization of potato composition.
Potato research, 53 (1), pp. 25-39

- **Burns, D.A. y Ciurczak, E.W. (2001).** *Handbook of near-infrared analysis*
Marcel Dekker, Inc.

- **Cen, H., He, Y.,(2007).** Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality.
Trends Food Sci Tech 18: 72-83.

- **COAG. (2012)** Análisis agroganadero 2010. *España*

- **Cozzolino D.(2002)** Uso de espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) en el análisis de alimentos para animales.
Agrociencia vol. VI, nº 2, pag 25-32
- **Departamento de agricultura de COAG. (23 de julio 2009)** Informe de situación del sector de la patata en España.
- **Dull, G.G.; Birth, G.S.; Leffler, R.G. (1989)** Use of near infrared analysis for the non destructive measurement of dry matter in potatoes
American potato journal, 66 (4), pp. 215-225
- **Garrido, A. (1997)**Estrategias de apoyo a la calidad de productos agrarios.
Curso de formacion en Pamplona
- **Garrido, A.; sánchez, M.; y Pérez M. (2000)** Aplicación de la espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (nirs) al análisis de productos de origen vegetal.
Alimentaria, 2000. pag. 57- 62
- **Germán v. Buitrago, Alonso P. López, Alfonso P. Coronado & Fernando I. Osorno. (2003)** Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia.
Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental v.8, nº1, p.102-110

- **Gobierno de Navarra. (2005)** Coyuntura agraria.
Secretaría técnica- Departamento de agricultura , ganadería y alimentación.
- **Guerrero, A. (1992)** Cultivos herbáceos extensivos.
Ed. Mundi Prensa. (Madrid)
- **Ivins, J.D., Bremmer, P.M. (1999)** Growth, development and yield in the potato. En Rouselle, P., Robert, Y., Crosnier, J.C.
La Patata. Ed. Mundi Prensa. (Madrid)
- **Jaren, C.; Ortuño, S.C.; Arazuri, S.; Arana, J.I y Salvadores, M. (2001)** Sugar determination in Grapes using NIR technology.
International Journal of infrared and Millimeter waves. ISSN: 0195-9271
Vol. 22, nº 10, Pag 1521- 1530
- **Jeong, J.C.; Ok, H.C.; Hur, O.S.; Kim, C.G. (2008)** Prediction of sprouting capacity using near-infrared spectroscopy in potato tubers.
American journal of potato research, 85 (5), pp. 309-314
- **Juan García Olmo.(2002)** Tesis doctoral. Clasificación y autenticación de canales de cerdo ibérico mediante espectroscopia en el infrarrojo cercano.
Universidad de cordoba - Departamento de bromatología y tecnología de los alimentos.

- **Kang, S.; Lee, K.; Son, J. (2008)** On-line internal quality evaluation system for the processing potatoes.
American society of agricultural and biological engineers - Food processing automation conference 2008, pp. 68-73.
- **Katherine Ubina. (2009)** Determinación no destructiva de parámetros de calidad de frutas y hortalizas mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano.
Tesis doctoral- Universidad de Córdoba. Departamento de bromatología y tecnología de los alimentos
- **Kommer Brunt & Willem C. Drost. (2010)** Design, construction, and testing of an automated nir in-line analysis system for potatoes. part 1: off-line nir feasibility study for the characterization of potato composition.
Published online. eapr 2010
- **Leire Ochoa Muñoz. (2003)** Evolucion de las propiedades físicas de la patata de siembra durante la conservacion frigorífica.
PFC de la Escuela tecnica superior de ingenieros agronomos (UPNA)
- **Lu Guo-Quan, Huang Hua-Hong, Zhang Da-Peng. (2006)** Application of near-infrared spectroscopy to predict sweetpotato starch thermal properties and noodle quality.
Lu et al. / J. Zhejiang univ science b 2006 7(6):475-481

- **Martin G. Scanlon, Mervyn K. Pritchard and Lorne R. Adam. (1999)**
Quality evaluation of processing potatoes by near infrared reflectance.
Journal of the science of food and agriculture. 79:763. 771
- **Massart, D.L.; Vandeginste, B.G.M.; Buydens; L.M.C., et al,(1988).**
Chemometrics: A textbook.
Vol.2. Amsterdam: Elsevier.
- **Norbert U. Haase.(2006)** Rapid estimation of potato tuber quality by
near-infrared spectroscopy.
*Federal research centre for nutrition and food. Starch/Stärke 58. pag.
268–273 (Alemania)*
- **Norbert U. Haase. (2003)** Estimation of dry matter and starch
concentration in potatoes by determination of under-water weight
and near infrared spectroscopy.
Potato research 46 (2003/4) 117-127
- **Rossignol, L., Rouselle-Bourgeois, F.(1999)** Botánica, Morfología y
taxonomía. En Rouselle, P., Robert, Y. y Crosnier, J.C.
La Patata. Ed. Mundi-Prensa. (Madrid)
- **Ruiz de Galarreta J.I., Ríos D.J. (Eds.). (2008)** *Variedades de patata y
papas españolas.*
Vitoria-Gasteiz. ISBN: 978-84-612-3401-1, 192 pp.

→ **Silvia Arazuri.** Manual teórico-práctico para el análisis de datos en spss.
Upna

→ **Zósimo Huamán. (1986)** Botánica sistemática y morfología de la papa.
Boletín de información técnica 6.
Centro internacional de la papa (cip). Perú

Páginas Web:

<http://academica-e.unavarra.es/>

<http://www.agroecologia.net/index.php>

<http://www.cfnavarra.es/estadistica/>

<http://www.eustat.es/>

http://www.fao.org/index_es.htm

<http://www.magrama.gob.es/es/>

<http://www.neiker.net/>

<http://www.potato2008.org/es/mundo/index.html>

<http://es.wikipedia.org/>