

**UNIVERSIDAD DE LEÓN
FACULTAD DE VETERINARIA
DEPARTAMENTO DE HIGIENE Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**



CARACTERIZACIÓN SENSORIAL Y FÍSICO-QUÍMICA DE MANZANAS REINETA Y PERA CONFERENCIA, FIGURAS DE CALIDAD EN CASTILLA Y LEÓN

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

M^aAsunción Alonso Gaite

Dirigida por:

Montserrat Gonzales Raurich

Miguel Angel Sanz Calvo

León, 2011.



Los Drs. Doña Montserrat González Raurich y Miguel Sanz Calvo como Directores de la Tesis Doctoral titulada “Caracterización Sensorial y Físico-química de Manzanas Reineta y Pera Conferencia, Figuras de Calidad en Castilla y León” realizada por Dña. M^a Asunción Alonso Gaité en el departamento de Higiene y Tecnología de los Alimentos, informan favorablemente el depósito de la misma, dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

**Los que firmamos, para dar cumplimiento al art. 11.3 del R.D. 56/2005,
en León a de de 2011**

Fdo. M^a Asunción Alonso Gaité

Fdo. Montserrat González Raurich

Fdo. Miguel Angel Sanz Calvo

AGRADECIMIENTOS

Durante este largo tiempo son muchas las personas que de una manera u otra han contribuido a que el trabajo realizado diera su fruto. A través de estas líneas quisiera agradecer a todas ellas su apoyo y ayuda tanto a nivel científico como personal.

En primer lugar, a la Dra. Montserrat González Raurich, por el esfuerzo y tiempo invertido en la dirección de esta tesis, así como por su dedicación y paciencia durante estos años de intenso trabajo.

Al Dr. Miguel Angel Sanz Calvo, por interés, formación, apoyo, constancia y dedicación.

Al Dr. David García Sinovas y Miguel Angel Andrade por su inagotable ayuda, amistad siempre incondicional, paciencia y cariño a partes iguales y con los que he compartido parte importante de mi vida profesional y personal.

Al Dr Jose Luis de la Plaza del Instituto del Frío de Madrid que me inició en el tema de la conservación y las fisiopatías en manzanas y peras y que me permitió compartir con él grandes y “fríos” momentos en las cámaras de conservación.

A los técnicos responsables del control de la Manzana Reineta del Valle de Caderechas y de los Consejos Reguladores del Bierzo por su amabilidad, apoyo y participación durante la realización de este trabajo.

A todos mis compañeros del Laboratorio de Análisis Físico-Químico y Sensorial de la Subdirección de Investigación así como de la Subdirección de Calidad, del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (Itacyl) por ser mis instrumentos de medida al formar parte del panel de cata, por su participación y colaboración siempre que fueron requeridos para ello.

A Gema, Lorena, Yolanda, Cristina y Begoña, a todas por soportarme todo este tiempo y por los buenos momentos que hemos pasado, así como a Teresa por ayudarme siempre y en todo momento en la búsqueda de nuevos artículos para la bibliografía de esta tesis y a Yoli por ofrecerme su casa en León siempre que lo he necesitado.

A mis compañeros del Centro Tecnológico de los Cereales de Palencia por su inestimable apoyo, ánimo y aliento en las etapas más difíciles y complicadas de esta tesis.

Por último, pero sin duda en un lugar preferente, a mis padres, por la paciencia que han demostrado aguantando el mal humor que a veces provocan los lentos progresos, apoyando y confiando en mí desde el primer día y sintiéndose orgullosos de mi trabajo. Y a todos mis familiares y amigos que han creído en mí, me han alentado en los momentos más duros y han tenido que soportar mis quejas y nervios y algún que otro rollo sobre el análisis sensorial, las manzanas y las peras, eso del russeting y la frase ¿pero dónde está eso de Caderechas?.

Definitivamente hay personas que llegan a nuestras vidas, nos dejan una huella y se marchan, pero hay otras que se quedan con nosotros eternamente....

A mi familia y amigos

Resumen

En nuestros días, la selección de los alimentos se basa cada vez más en la calidad del producto que es un concepto muy complejo en el que intervienen distintos aspectos como la aceptación de los consumidores y la opinión de los expertos.

La evaluación sensorial es un método de evaluación de la calidad de los alimentos que permite establecer diferencias entre productos que los hagan acreedores de una especificación única, no sólo desde el punto de vista geográfico y de producción sino también desde la percepción de las características sensoriales que llegan directamente al consumidor. Las pruebas sensoriales además de caracterizar los productos sirven para compararse con otros productos similares permitiendo establecer diferencias que los hagan acreedores de una etiqueta de calidad distintiva.

Las Denominaciones de Origen y las Marcas de Garantía son una forma de protección de los productos permitiendo al consumidor un aseguramiento de la calidad, con unas características que le hagan repetir la compra aunque en el caso de productos perecederos la vida útil del producto interfiere en las características de calidad.

En este trabajo se han caracterizado desde el punto de vista sensorial y físico-químicos tres productos la manzana Reineta del Valle de Caderechas (Burgos), la manzana Reineta del Bierzo (León) y la pera Conferencia Marca de Garantía del Bierzo (León). Los responsables productores del control de calidad de las marcas y los Consejos Reguladores son los organismos que facilitan las muestras a lo largo de varias cosechas consecutivas.

Aunque presentan diferente comportamiento en función del tiempo de almacenamiento y el tipo de conservación, las características sensoriales que definen las manzanas Reinetas de Caderechas y del Bierzo son la Uniformidad de Color, el Brillo, el Russeting, la Dureza de la Carne, el Crujiente, la Jugosidad al Morder y la Acidez , además de un descriptor general denominado Aceptación Global.

Las características sensoriales que más se ven afectadas durante el proceso de almacenamiento son las relacionadas con las propiedades de textura y las físico-químicas las relacionadas con la firmeza, el color y la acidez.

Para la caracterización de la pera Conferencia del Bierzo se utilizaron los descriptores sensoriales, Olor, Russeting, Jugosidad al Corte, Dureza al Morder, Jugosidad al Morder, Dulce, Ácido, Granulosidad y Astringencia además de la Aceptación Global, aunque en el desarrollo de la fórmula matemática para la cuantificación de la calidad sólo fueron determinantes 5 de ellos Russeting, Jugosidad al Corte, Jugosidad al Morder y Dulce y Astringencia.

Por otro lado se ha fijado una formula de la calidad sensorial para definir un rango de calidad en la pera Conferencia del Bierzo.

INDICE

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

1.1 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.1 OBJETIVOS.....	4

2. INTRODUCCIÓN

2.1 MANZANAS GENERALIDADES.....	11
2.2 PERAS GENERALIDADES.....	18
2.3 FIGURAS DE CALIDAD DE FRUTAS.....	24
2.3.1 DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA , INDICACIÓN GEOGRÁFICA PROTEGIDA Y MARCA DE GARANTÍA.....	24
2.3.2 MANZANAS Y PERA DE CALIDAD EN CASTILLA Y LEÓN.....	27
2.3.2.1 MANZANA Y PERA DEL BIERZO.....	28
2.3.2.2. MANZANA REINETA DEL VALLE DE LAS CADERECHAS.....	33
2.4 ANÁLISIS SENSORIAL.....	36
2.4.1 INTRODUCCIÓN.....	36
2.4.2 METODOLOGÍA GENERAL DEL ANÁLISIS SENSORIAL.....	45
2.4.3. ENTRENAMIENTO DE JUECES.....	51
2.5 EVOLUCIÓN/MADURACIÓN DE MANZANAS Y PERAS DURANTE LA CONSERVACIÓN	55
2.5.1 TIPOS DE CONSERVACIÓN.....	59
2.5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS: ÍNDICES DE CALIDAD Y MADURACIÓN EN MANZANAS Y PERAS.....	61
2.5.3 DESORDENES FISIOLÓGICOS QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE MANZANAS Y PERAS.....	72
2.6 TRATAMIENTO DE DATOS. HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS.....	77

3. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1 PLANIFICACIÓN GENERALIDADES DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	83
3.1.1 MANZANA REINETA DEL VALLE DE LAS CADERECHAS.....	85
3.1.2 MANZANA REINETA DEL BIERZO.....	88
3.1.3 PERA CONFERENCIA DEL BIERZO.....	94

3.2 METODOS ANALÍTICOS.....	98
3.2.1 TECNICAS ANALITICAS SENSORIALES.....	98
3.2.1.1 FORMACIÓN DE UN PANEL DE CATA.....	98
3.2.1.2 DESARROLLO DEL PERFIL SENSORIAL PARA MANZANA Y PERA DEL BIERZO Y MANZANA DE CADERECHAS.....	107
3.2.2 TECNICAS ANALITICAS INSTRUMENTALES.....	114
3.2.2.1 DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS CONVENCIONALES.....	114
3.2.2.2 DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS ESPECÍFICAS.....	121
3.3. PROGRAMA Y HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS.....	136

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1-MANZANA REINETA DEL VALLE DE LAS CADERECHAS.....	141
4.1.1 ANÁLISIS SENSORIAL.....	141
4.1.1.1 SELECCIÓN DE DESCRIPTORES Y DESARROLLO DE LA FICHA DE CATA PREVIA.....	141
4.1.1.2 FICHA DE CATA DEFINITIVA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA REINETA DEL VALLE DE CADERECHAS.....	144
4.1.1.3 EVOLUCIÓN DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES	152
4.1.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.....	158
4.1.3 CORRELACIONES ESTADÍSTICAS ENTRE PROPIEDADES SENSORIALES Y FÍSICO-QUÍMICAS.....	165
4.2 MANZANA REINETA DEL BIERZO.....	168
4.2.1 ANALISIS SENSORIAL.....	168
4.2.1.1 SELECCIÓN DE DESCRIPTORES Y DESARROLLO DE LA FICHA DE CATA DEFINITIVA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA REINETA D.O. BIERZO.....	168
4.2.1.2 EVOLUCIÓN DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES.....	173
4.2.1.3 DIFERENCIAS Y SIMILITUDES SENSORIALES ENTRE REINETA DE CADERECHAS Y BIERZO.....	181
4.2.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.....	183
4.2.2.1 VALORACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE MANZANAS DE DIFERENTES VARIEDADES.....	184
4.2.2.2. EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO.....	187

4.2.3 CORRELACIONES ENTRE LAS PROPIEDADES SENSORIALES Y FÍSICO-QUÍMICAS	194
4.2.4 OTRAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS ESPECÍFICAS.....	203
4.2.4.1 TASA DE RESPIRACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ETILENO.....	203
4.2.4.2. CONTENIDO EN ALMIDÓN Y DESARROLLO DE UNA ESCALA CUANTITATIVA ESPECÍFICA PARA LA MANZANA REINETA	204
4.2.4.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DEL BITTER PIT.....	207
4.3 PERA CONFERENCIA DEL BIERZO	213
4.3.1 ANÁLISIS SENSORIAL.....	213
4.3.1.1 SELECCIÓN DE DESCRIPTORES Y DESARROLLO DE LA FICHA DE CATA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA CONFERENCIA DEL BIERZO.....	213
4.3.1.2 FÓRMULA MATEMÁTICA DE CALIDAD SENSORIAL GLOBAL.....	221
4.3.1.3 EVOLUCIÓN DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES DURANTE EL ALMACENAMIENTO Y COMERCIALIZACIÓN.....	224
4.3.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.....	234
4.3.2.1 VALORACIÓN DE DIFERENCIAS ENTRE VARIEDADES DE PERAS.....	234
4.3.2.2 TASA DE RESPIRACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ETILENO	239
4.3.2.3 EVOLUCION DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO	240
4.3.3 CORRELACIONES ENTRE LAS PROPIEDADES SENSORIALES Y FÍSICO-QUÍMICAS.....	246
5. CONCLUSIONES.....	251
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	259

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

1.1. JUSTIFICACIÓN

En el campo de la alimentación se observa con frecuencia una cierta confusión entre calidad de los alimentos de forma general y las Marcas de Garantía y las Denominaciones de Origen. Estas diferentes opciones de protección de productos por sus peculiaridades, por su origen o por su proceso de elaboración, presentan unas características específicas que los hacen merecedores de un distintivo especial que el consumidor reconoce, asocia y valora en la mayoría de las ocasiones.

La industria agroalimentaria de Castilla y León es un sector de capital importancia en la actividad económica regional y, en especial, en las zonas rurales, por ello, deben seguir desarrollándose medidas que aumenten su competitividad, a través de la mejora de la productividad, el apoyo a la innovación, la mejora de la calidad y la mejora de la comercialización, especialmente en mercados exteriores ya que la capacidad actual del mercado exige la comercialización de productos con una calidad óptima y constante que satisfaga plenamente al consumidor y le animen a repetir la compra.

Podemos diferenciar dos conceptos dentro de lo que es la calidad, el primero de ellos se corresponde con los parámetros analíticos generales desarrollados a partir de técnicas de análisis tradicionales de alimentos (calidad inherente al alimento), y el segundo de ellos permite las diferenciaciones geográficas, botánicas etc., que conducen a las denominaciones de origen, específicas o genéricas.

Para evaluar los factores que intervienen en la calidad de las frutas cabe destacar distintos aspectos tanto cualitativos como cuantitativos. Los cambios que experimentan las frutas en postcosecha afectan a las propiedades sensoriales de apariencia, olor, gusto y textura, siendo necesario evaluarlos para que los empresarios puedan ofrecer al consumidor una fruta según sus especificaciones de calidad.

Cuando un alimento se quiere comercializar, debe cumplir no sólo con unos requisitos mínimos de higiene e inocuidad sino también de calidad para que éste sea aceptado por el consumidor. Cuando se desea proteger un producto por una “marca” los requisitos son mayores que si no la tienen, ya que los productos deben poseer unos atributos característicos que justifican su calificación como producto protegido, es decir, deben tener las características de identidad que le hacen ser reconocido por su nombre.

Aunque la Reineta del Bierzo obtuvo la Denominación de Origen en 1999 y la pera Conferencia la Marca de Garantía en 2004, ambas frutas carecían de una ficha de cata que facilitara su caracterización y control desde el punto de vista sensorial así como de un conocimiento sobre la evolución de las variables tradicionales de control de maduración en frutas durante su almacenamiento. Por el contrario, las manzanas del Valle de las Caderechas carecían de cualquier tipo de protección, a pesar de ser un cultivo tradicional a lo largo de los siglos y poseer una calidad reconocida por las gentes de la zona, por ello, los pequeños productores se plantearon la unificación de criterios de calidad para amparar su producto bajo una figura de calidad a modo de catalizador para el desarrollo del sector agroalimentario, contribuyendo a la consolidación económica de una zona rural desfavorecida y que necesitaba del desarrollo integral del territorio.

1.2. OBJETIVOS

Dentro de un campo emergente de interés científico como es el análisis sensorial y a partir de los planteamientos anteriores se propone, como objetivo general de esta tesis, *el estudio de la calidad sensorial de las Reinetas y la pera Conferencia producidas en Castilla y León, con el fin de establecer una normalización en los métodos analíticos sensoriales que ayuden a definir la calidad de estas “Marcas”, así como su relación con las propiedades físico-químicas utilizadas habitualmente en el control de calidad de estas frutas.*

El análisis sensorial se convierte, por lo tanto, en una herramienta novedosa y diferenciadora en la caracterización de la Reineta “D.O. Bierzo” (León), Reineta “Marca de Garantía Valle de las Caderechas” (Burgos) y pera “Marca de Garantía Conferencia del Bierzo” (León).

Paralelamente al objetivo general de este trabajo se plantearon una serie de objetivos más específicos:

- Desarrollar una ficha de cata descriptiva específica para cada uno de los productos que permitiera la caracterización sensorial de la Reineta D.O y la Conferencia M.G., ambas del Bierzo (León), y de la Reineta del Valle de las Caderechas (Burgos) y de esta forma utilizarla para establecer diferencias con otras variedades y/o regiones.

- Otro objetivo es obtener una fórmula matemática de calidad sensorial global aplicada a la Conferencia Marca de Garantía Bierzo, que nos permita definirla con un baremo de clasificación numérico.
- Se plantea comprobar la evolución de las propiedades sensoriales y físico-químicas de los tres productos durante el almacenamiento, ya que se considera una característica diferenciadora que también define a estos productos, y establecer su variabilidad entre cosechas.
- En último lugar establecer correlaciones estadísticas entre las propiedades sensoriales analizadas y las propiedades físico-químicas tradicionales relacionadas con el estado de madurez de la fruta.

INTRODUCCIÓN

Durante la mayor parte del siglo XX los esfuerzos en investigación y desarrollo fueron encaminados a optimizar la producción desde el punto de vista cuantitativo. En los últimos años la existencia de excedentes de producción y la excesiva competencia ha propiciado un cambio de mentalidad en el que se prima la calidad sobre la cantidad. Por ese motivo, el control de calidad de los alimentos adquiere una gran importancia, además se trata de una actividad que, lejos de ser puntual, se integra cada vez más en todo el proceso productivo, abarcando desde el inicio de la producción hasta la distribución del producto final en los mercados donde el consumidor elige un alimento y compra productos que poseen una serie de parámetros de calidad. (*Di Monaco y col., 2007*).

Las frutas constituyen un grupo de alimentos indispensables para el equilibrio de la dieta humana, especialmente por su aporte de fibra y vitaminas. Junto con las hortalizas, son fuente casi exclusiva de vitamina C y a lo largo de los últimos años, se ha observado un interés mayor por parte del consumidor en poder adquirir frutas que hayan alcanzado un nivel de madurez satisfactorio y que muestren sus verdaderas características sensoriales.

Para evaluar de una manera reglada las sensaciones percibidas habitualmente durante el consumo del alimento se emplea el análisis sensorial, que se define como la disciplina científica que permite, medir, analizar e interpretar objetivamente las sensaciones percibidas por los humanos (*Anzaldúa-Morales, 1994*). Es decir, permite pasar de meras opiniones individuales a obtener una información imparcial y repetitiva sobre las características de un alimento. A pesar de los espectaculares avances en el desarrollo de medidas instrumentales de las características de los alimentos, este tipo de información es vital a la hora de evaluar un producto, ya que algunas percepciones del ser humano, como la del olfato, son mucho más sensibles que las de los instrumentos analíticos de medida (nariz electrónica, CG-MS). Además, las interacciones entre diferentes sensaciones son difícilmente evaluables mediante análisis instrumental.

Las sensaciones apreciadas durante la degustación de un producto fresco como en el caso de la fruta corresponden a la percepción de sus características por uno o varios sentidos. Dichas características pueden ser debidas a la presencia de determinados compuestos o la relación entre distintos componentes y su ordenación espacial. Averiguar la relación entre las características físico-químicas de estos productos diferenciados y sus características sensoriales supone un gran avance en su estudio, ya que los ensayos sensoriales son por lo general laboriosos y costosos, mientras que las medidas químicas o instrumentales suelen ser más sencillas. No obstante, establecer la relación entre atributos sensoriales y características físico-químicas es un paso muy importante a la hora de optimizar las condiciones de producción y distribución.

La manera más adecuada para llevar a cabo una evaluación completa del producto y de los factores que inciden sobre su calidad implica una serie de pasos secuenciales (*García y Jurado, 2005; Shewfelt, 1999*). En una primera fase, es preciso caracterizar cada producto, identificando aquellos atributos que lo distinguen y que resultan más informativos de sus características. En una segunda fase resulta esclarecedor establecer la relación entre dichos atributos y las características físico-químicas del producto, lo que permite predecir la potencial influencia de cambios en la composición sobre las características sensoriales. Paralelamente, es de gran importancia establecer las características sensoriales que se relacionan estrechamente con la calidad global o aceptabilidad del producto, estableciéndose así atributos concretos que podrían ser objetivos en la mejora, sin olvidar no obstante el resto de atributos, que en determinados casos en los que la variación sea excesiva, puedan dar al traste con la mejora conseguida en otras características sensoriales.

La evaluación sensorial de los alimentos es algo que lleva a cabo el hombre desde su infancia y de forma inconsciente, aceptando o rechazando los alimentos de acuerdo a las sensaciones percibidas durante el consumo (*Barcina, 2001*).

En el caso de la fruta, la calidad del producto final depende de muchos factores, algunos ambientales (y por lo tanto poco controlables) y otros directamente relacionados con la gestión del producto como la fecha de recolección, tiempo y tipo de conservación etc. De todas maneras, desde el punto de vista del consumidor, el grado de maduración es el factor que más se relaciona con la calidad de la fruta (*Salamanca, 2003*).

Con una superficie total de 94.224 km², Castilla y León es la comunidad autónoma más extensa de España y una de las regiones más grandes de la Unión Europea, aunque los cultivos de frutales no pertenecen al grupo de grandes producciones.

Tabla 2.1. Explotaciones agrarias de Castilla y León. Fuente: (M.A.P.A, 2004)

Cultivos	Nº explotaciones	Superficie (Ha)
Total tierras labradas	109.776	3.548.449
Cultivos herbáceos	80.290	3.483.625
Frutales	9.830	9.697
Olivar	3.992	5.127
Viñedo	15.795	49.766
Otros	69	234

2.1-MANZANAS. GENERALIDADES

a) Origen

El manzano es oriundo de Europa y Asia, y ya se cultivaba en el Caúcaso hace seis mil años. La manzana era una fruta agria en su inicio que se perfeccionó con la cultura grecorromana siendo en la Edad Media, una fruta muy apreciada y extendida que se podía adquirir a bajo precio. Fue introducido en España por los pueblos del norte de África y durante el proceso de romanización de la península. El siglo XIX representó una época de grandes esfuerzos para la mejora del manzano, y en la actualidad, es uno de los frutos más populares y disponible durante todo el año. (*Euroresidentes. Frutas. Manzanas, 2005*).

La manzana es posiblemente una de las frutas más conocidas desde la antigüedad y, en torno a ella, se han creado mitos y leyendas que no hacen sino destacar su importancia en la alimentación y sus sanas propiedades medicinales.

En la mitología griega, Atlanta rehusó casarse a menos que un pretendiente pudiera derrotarla en una carrera. Un hombre llamado Milano, alcanzó la meta cuando dejó caer 3 manzanas (los regalos de Venus, la Diosa del Amor) durante una competición. Atlanta se detuvo para recoger las manzanas, perdiendo la carrera por lo que se convirtió en su esposa. Otro mito griego, Eris, la diosa de la discordia, estaba muy enojada porque no había sido invitada a la boda de dos compañeros dioses, por lo que lanzó entre los invitados una manzana dorada con la inscripción: “para el más justo”, tres diosas sintieron que eran merecedoras de ser llamadas las más justas y para ponerle fin a la pelea, Paris, un mortal juzgó quien era la más justa, eligiendo a Afrodita. Las diosas rechazadas, Hera y Atena, furiosas causaron una gran devastación a Paris y su familia y de acuerdo a la leyenda, el clamor condujo a la guerra de Troya.

Dentro de la mitología nórdica, tenemos a Idus, una diosa que tenía el secreto de la eterna juventud que residía en unas manzanas maravillosas.

Hacia 1666, una manzana entró en la leyenda, el famoso físico y matemático inglés Isaac Newton estaba tumbado bajo un manzano cuando se desprendió una manzana y le cayó en la cabeza. Aquello le despertó el interés por los problemas relacionados con la gravedad y terminó enunciando la Ley de Gravitación Universal y en la actualidad, está considerada como una fruta relacionada con la salud y con grandes propiedades dietéticas y culinarias (*Infojardin. Árboles frutales, 2010*).

b) Taxonomía y morfología

El manzano europeo cultivado corresponde con la especie *Malus domestica*, alcanza un máximo 10 metros de altura y tiene una copa globosa. Las flores son grandes, hermafroditas, de color rosa pálido, a veces blanco y en número de 3-6 unidades. La floración tiene lugar en primavera, generalmente por abril o mayo, y se recogen al final de verano o principio del otoño, pero varía en función de la variedad y el clima ([Botanical online, 2009](#)).

El manzano es más resistente al frío que el peral y necesita menor temperatura y luz para la maduración. Sufrir menos con el exceso de frío que con el de calor y prefiere los climas húmedos a los secos, soportando temperaturas inferiores a los -10°C, sin que por ello afecte a su corteza, aunque al descender por debajo de los -15°C pueden perderse algunas yemas florales. Las flores son sensibles a las heladas tardías de primavera. (Álvarez, 2001).

Tabla 2.2. Clasificación científica de la manzana ([Dobrzański y col., 2006](#)).

Tipo	Nombre científico
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Género	Malus
Especie	<i>M. domestica</i>

c) Distribución y consumo

El manzano es una de las especies de fruta dulce de mayor difusión a escala mundial debido fundamentalmente a:

- su facilidad de adaptación a diferentes climas y suelos
- su valor alimenticio, nutricional y terapéutico
- la calidad y la diversidad de productos que se obtienen en la industria transformadora.

Por proceder de climas muy fríos resiste bajas temperaturas, lo que ha permitido cultivarlo a gran escala en todos los países de clima relativamente fríos.

El mayor productor mundial de manzanas es China seguido de Estados Unidos y en particular en todos los países de Europa ([Dobrzański y col., 2006](#)).

Tabla 2.3. Producción de manzanas en la UE (1000 toneladas). Fuente: *Cooperativas Agroalimentarias 2008*.

Unión Europea	2005	2006	2007	2008
Bélgica	317	358	358	311
Francia	1.769	1.584	1.676	1.522
Alemania	925	948	1.070	945
Grecia	265	267	236	236
Italia	2.071	1.991	2.142	1.992
Holanda	380	347	396	385
Portugal	252	247	258	245
<i>España</i>	<i>701</i>	<i>547</i>	<i>599</i>	<i>643</i>
UE-15	7.072	6.651	7.151	6.652
Rep. Checa	138	159	113	144
Hungría	467	480	203	525
Lituania	130	100	40	85
Polonia	2.200	2.250	1.100	2.360
Eslovaquia	36	31	10	44
Eslovenia	58	50	61	60
Nuevos EE MM	3.149	3.177	1.636	3.326
UE-27	10.221	9.828	8.787	9.978

La producción española de manzana prevee una recuperación durante la campaña 2008, por segundo año consecutivo, mientras que en la UE habrá una mayor producción de manzana, ya que Polonia doblará su cosecha interna en relación a 2007 convirtiéndose en el primer país productor de Europa por delante de Francia e Italia (*Cooperativas Agroalimentarias, 2008*).

En la siguiente tabla se muestran los valores de la producción de manzanas de algunas comunidades autónomas de España para la cosecha 2005 a 2008.

Tabla 2.4. Valores de producción de manzanas en España (toneladas).

	2005	2006	2007	2008
Aragón	175.900	114.300	160.000	156.000
Castilla y León	17.768	18.230	13.150	10.600
Cataluña	405.840	325.437	338.647	391.060
Extremadura	2.627	2.364	1.460	1.920
La Rioja	21.400	16.750	14.310	13.970
Murcia	4.590	4.550	4.250	4.250
Resto CC.AA.	73.200	65.100	67.400	65.00
Total	701.325	546.731	599.217	642.800

En la Tabla 2.5 se muestran los valores de la producción de algunas de las variedades de manzanas más importantes en España.

Tabla 2.5. Evolución de la producción en España de manzana de mesa entre 2005-2008 (miles de toneladas).

	2005	2006	2007	2008
Grupo Golden	380	294	303	334
Rojas	85	62	57	62
Granny Smith	9	8	7	6
Grupo Gala	161	123	148	151
Reineta	23	22	20	19
Otras	42	38	64	71
Total	700	547	599	643

Según los técnicos de la Confederación de Cooperativas Agrarias de España (CCAЕ) las manzanas y peras son uno de los cultivos más importantes de fruta después de los cítricos, siendo Cataluña el principal productor español.



Fig.2.1. Variedades de manzanas de izquierda a derecha Royal Gala, Golden y Granny Smith.

Castilla y León es el segundo productor de manzana Reineta de España después de Aragón con una producción frutícola de manzanas de gran calidad principalmente en los cultivos del Bierzo en León y en Valle de las Caderechas en Burgos.

Tabla 2.6. Estimación de la producción por variedades de manzana de mesa en España (toneladas). Campaña 2008-2009. Fuente: Frutas y Hortalizas, Mercasa, 2009.

	Cataluña	Aragón	Murcia	Extremadura	Castilla y León	La Rioja	Otras	Total
Grupo Golden	223.920	64.740	2.700	790	3.890	6.500	31.200	333.740
Rojas	35.530	17.060	200	80	375	2.500	6.100	61.845
Granny Smith	-	1.860	450	660	40	270	3.000	6.280
Grupo Gala	70.580	55.190	200	390	45	4.100	20.000	150.505
Reineta		9.950	400	-	6.080	600	2.100	19.130
Otras	61.030	7.200	300	-	170	-	2.600	71.300
Total	391.060	156.000	4.250	1.920	10.600	13.970	65.000	642.800

Aunque las manzanas de la variedad Reineta no ocupan un lugar destacado dentro de la producción española, es importante ofrecer un producto que destaque por su calidad y no por su cantidad.

d) Valor nutricional de la manzana

Desde el punto de vista dietético, las cualidades de la manzana están ampliamente reconocidas, ya que presentan un elevado contenido en potasio y un bajo contenido en sodio además de su bajo contenido calórico. Es importante destacar el alto contenido de ácido málico aunque depende de la variedad y del tiempo de almacenamiento.

Tabla 2.7. Valor nutricional de 100g de manzana fresca.

Fuente: Infoagro. Frutas Tradicionales, 2005.

Componentes	Contenido
Agua (g)	84,0
Proteínas (g)	0,3
Lípidos (g)	0,6
Carbohidratos (g)	15,0
Calorías (kcal)	58,0
Vitamina A (U.I.)	90,0
Vitamina B ₁ (mg)	0,04
Vitamina B ₂ (mg)	0,02
Vitamina B ₆ (mg)	0,03
Vitamina C (mg)	5,0
Ácido málico (mg)	270-1020
Ácido cítrico (mg)	0-30
Ácido oxálico (mg)	1,5
Sodio (mg)	1,0
Potasio (mg)	116
Calcio (mg)	7,0
Magnesio (mg)	5,0
Manganeso (mg)	0,07
Hierro (mg)	0,30
Cobre (mg)	0,08
Fósforo (mg)	10,0

El consumo de frutas frescas se ha convertido en una seña de identidad de la dieta mediterránea consiguiendo una imagen de alimentos saludables, y aunque en la actualidad se dispone de casi todas las frutas frescas durante cualquier época del año, la manzana sigue siendo una de las frutas de mayor aceptación y consumo en las culturas de todo el mundo ([Martín, 2005](#)).

e) Variedades de manzanas

Existen más de 7500 variedades de manzanas ([Dobrzański y col., 2006](#)). Algunas de las variedades más consumidas son:

- **Red Delicious:** es una variedad estadounidense que proporciona frutos grandes y alargados, de piel color rojo brillante. Su pulpa es jugosa, muy blanda, de sabor dulce, nada ácida y muy aromática.
- **Starking:** es una de las más conocidas, procede de Estados Unidos, siendo una mutación de la Red Delicious. Su piel es brillante con estrías rojas y verdes. Su carne es blanca amarillenta y crujiente, de sabor dulce. Como las anteriores se encuentra de septiembre a junio en el mercado.
- **Royal Gala:** de origen neocelandés tiene la piel con estrías rojas y naranjas sobre un fondo amarillo verdoso. Su forma es muy redondeada y su carne es blanca, crujiente y consistente. Muy aromática y jugosa. Su recolección se da desde finales de agosto hasta diciembre.
- **Granny Smith:** procede de Australia y es fácil de reconocer porque tiene la piel de un color verde intenso con algunos puntitos blancos. Es muy redonda y de carne blanca, muy crujiente y jugosa con sabor ligeramente ácido.
- **Golden Delicious:** variedad de origen americano, una de las más cultivadas en todo el mundo. Su piel es amarilla verdosa con pequeños puntos oscuros que se llaman lenticelas y que son los órganos respiratorios de la fruta. Su forma es redonda y regular. La carne es jugosa, crujiente, dulce y aromática. Se encuentra en las fruterías a partir del mes de septiembre y durante todo el año hasta finales del agosto siguiente.
- **Reineta gris del Canadá:** variedad francesa de gran tamaño y forma achatada. Su piel es gruesa y rugosa, de color amarillo oxidado o grisáceo y su pulpa tiene aspecto viscoso, es jugosa y con sabor azucarado, con un agradable punto ácido. Su característica visual más significativa es la presencia de ruseting en toda la superficie de su piel.

- **Reineta blanca del Canadá:** Es también una variedad francesa de gran tamaño y forma achatada como en el caso de la manzana reineta gris del Canadá. La diferencia más apreciable es la presencia de russetting que aunque es elevado no llega a cubrir la totalidad de la superficie.



Fig.2.2. Manzanas de diferentes variedades.

2.2 PERAS. GENERALIDADES

a) Origen

El origen de los perales cultivados en Europa se remonta, probablemente entre 1.000 y 2.000 años a.C. Se considera nativa de las regiones de Europa oriental y de Asia occidental, y deriva al parecer, de la selección de razas silvestres de peral (*Pyrus communis*) hibridadas con otras especies europeas y asiáticas: *Pyrus nivalis*, *P. pyrifolia* Nakai y *P. spinosa*.

b) Taxonomía, morfología y requerimientos edafoclimáticos

La pera pertenece a la familia de las *Rosaceae* y a la especie *Pyrus communis* L. como se puede comprobar en la clasificación que aparece en la Tabla 2.8. El árbol llega hasta los 20 metros de altura y por término medio vive 65 años. El tronco es alto, grueso, de corteza agrietada de color gris. La raíz es profunda, con el eje central muy desarrollado, por lo que permite un buen anclaje además de ser muy resistente a la sequía. Las flores son de color blanco o blanco rosado y el fruto tiene forma de pomo con piel más o menos lisa. La pulpa es dura, muy ácida y astringente primero, y a medida que va madurando se vuelve blanda y dulce ([Infoagro. Frutas Tradicionales, 2005](#)).

Tabla 2.8. Clasificación científica de la pera. Fuente: Wikipedia.Pears,2004.

Tipo	Nombre
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Género	Malus
Especie	<i>P. communis</i>

El peral es característico de climas templados y algo húmedos, siendo más resistente al frío que al calor. Los veranos extremados desecan los frutos y les impiden crecer. Aunque el clima más adecuado se caracteriza por inviernos con suficiente frío invernal, pocas heladas tardías y primaveras y veranos soleados con temperaturas no muy elevadas, la gama varietal existente permite su cultivo en climas diversos dentro de la zona templada. Durante la floración le perjudican los rocíos, las nieblas, la humedad y

las heladas tardías. No hay que olvidar el necesario reposo invernal del árbol y las exigencias muy distintas de éste respecto a las diversas variedades ([Miranda y Royo, 2003](#)).

Las peras, a diferencia de la mayoría de las frutas procedentes de árboles caducos, presentan mejor calidad cuando se cosechan en un estado ligeramente verde. Resulta difícil seleccionar el momento apropiado para la cosecha de peras aunque a medida que la fruta se desarrolla y madura, los estados más obvios como el aumento del tamaño, incremento del contenido de azúcares (sólidos solubles), las propiedades aromáticas y los constituyentes que determinan el ablandamiento se modifican hasta el estado óptimo de maduración.

Las peras debido a su capacidad de ser almacenadas durante largos periodos de tiempo se introducen en cámaras de frío entre 0 y -1°C y con atmósferas de conservación de entre 1-2,5 de O₂% y entre 0,6-1,5 CO₂% para periodos de entre 6 y 8 meses ([Richardson y Kupferman, 1997](#)).

c) Distribución y consumo

Las peras son, dentro de los frutales caducifolios, una de las frutas más difíciles y caras de producir así como las más problemáticas de recolectar y comercializar. La búsqueda continua de la calidad y su permanente reorientación en función de los deseos del consumidor, exige un trabajo continuo entre los productores, técnicos e investigadores ([Carrera, 2000](#)).

Las principales zonas de producción mundial son Asia, Europa y América del Norte y América del Sur ([Iglesias y col., 2007](#)). En Europa el mayor productor de peras es Italia seguido de España.

Tabla 2.9. Producción de pera en la UE (1000 toneladas). Fuente: Cooperativas Agroalimentarias, 2008.

EE MM	2005	2006	2007	2008
Bélgica	229	268	287	177
Dinamarca	5	6	6	5
Francia	230	246	221	157
Alemania	53	57	56	46
Grecia	56	45	51	54
Italia	882	966	922	755
Holanda	200	234	255	170
Portugal	130	175	142	177
España	608	535	494	508
Reino Unido	27	27	29	25
UE -15	2.420	2.560	2.463	2.074
Bulgaria	4	4	3	3
Rep.Checa	2	2	3	2
Hungría	40	39	12	40
Polonia	65	55	31	40
Nuevos EE MM	111	100	53	87
UE -27	2.532	2.660	2.516	2.161

En España la superficie de peral muestra una disminución constante en los últimos años, ocupando en 2006 una superficie de 27.743ha y ocupando el cuarto lugar después del melocotonero (77.380 ha), el cerezo (35.038 ha) y el manzano (33.544 ha). La producción se centra principalmente en el Valle del Ebro (Aragón y Cataluña).

Tabla 2.10. Valores de producción de peras en España (toneladas).

	2005	2006	2007	2008
Aragón	118.100	88.700	84.250	67.400
Castilla y León	5.504	8.550	7.457	7.683
Cataluña	336.890	313.300	273.099	291.140
Extremadura	32.700	21.000	23.000	27.710
La Rioja	52.700	44.800	48.839	52.470
Murcia	17.450	17.700	20.200	23.315
Resto CC.AA.	44.551	41.000	27.500	37.900
Total	607.895	535.050	484.345	507.618

El número de variedades cultivadas con una notable importancia económica es limitado, pero destacan dos: Conferencia y Blanquilla, que representan aproximadamente el 60 % de la producción media de España en el periodo comprendido entre el 2005 y 2008.

Tabla 2.11. Evolución de la producción de pera en España entre 2005-2008 (miles de toneladas).

	2005	2006	2007	2008
Blanquilla	171	139	132	98
Conferencia	208	187	163	185
Ercolini	46	40	44	48
Limonera	50	47	46	51
Passa Crassana	4	3	2	2
William's	47	47	40	47
Otras	83	73	68	76
Total	608	535	494	508

Tabla 2.12. Estimación de la producción (toneladas) de pera en España por variedades y Comunidades Autónomas estimadas para la cosecha 2008-2009.

	Cataluña	Aragón	Murcia	Extremadura	Castilla y León	La Rioja	Otras	Total
Blanquilla	46.160	28.800	1.190	4.580	-	8.800	8.500	98.030
Conferencia	97.530	20.900	-	840	6.970	41.920	17.000	185.160
Ercolini	9.910	5.400	20.400	10.420	10	610	1.600	48.170
Limonera	40.640	5.600	-	900	10	320	3.600	51.070
Passa Crassana	-	500	-	1.200	225	-	550	2.475
William's	42.640	1.300	-	1.510	13	750	750	46.963
Otras	54.260	4.900	1.725	8.440	455	70	5.900	75.750
Total	291.140	67.400	23.315	27.710	7.683	52.470	37.900	507.618

d) Valor nutricional

Tradicionalmente apreciada como fruta de calidad, la pera se puede considerar como un alimento bajo en calorías y poco ácido. El valor nutricional viene representado en la Tabla 2.13.

Tabla 2.13. Valor nutricional de 100 g de pera. (Fuente: Infoagro. Frutas Tradicionales, 2005).

Componentes	Contenido
Agua (g)	83,2
Proteínas (g)	0,5
Lípidos (g)	0,4
Carbohidratos (g)	15,5
Calorías (kcal)	61,0
Vitamina A (U.I.)	20,0
Vitamina B1 (mg)	0,02
Vitamina B2 (mg)	0,04
Vitamina B6 (mg)	0,02
Vitamina C (mg)	4,0
Ácido málico (mg)	120,0
Ácido cítrico (mg)	240,0
Ácido oxálico (mg)	3,0
Sodio (mg)	2,0
Potasio (mg)	129,0
Calcio (mg)	8,0
Magnesio (mg)	9,0
Manganeso (mg)	0,06
Hierro (mg)	0,3
Cobre (mg)	0,13
Fósforo (mg)	11,0

e) Variedades de peras

Al igual que en el caso de las manzanas para las peras también existe una gran cantidad de variedades. En la Unión Europea (UE) y fundamentalmente en España destacan cuatro variedades, Conferencia, Abate Fetel, William y Blanquilla. La producción de pera en España se ha basado en variedades tradicionales, pero Conferencia es en la actualidad la variedad más producida ([Iglesias y col., 2007](#)).

- **Blanquilla:** también llamada Blanca de Aranjuez y pera de agua, es de piel lisa verdosa, carne muy jugosa, buena conservación frigorífica y su recolección se produce entre agosto y septiembre.
- **General Leclerc:** es un fruto grande de piel gruesa de color amarillo verdoso con abundante ruseting. La pulpa es blanca, jugosa, aromática y de buena calidad y se recoge a finales de agosto.
- **Ercolini:** Es de piel fina de color amarillento y de pulpa blanca, de tamaño mediano y de recolección temprana entre junio y septiembre.
- **Limonera:** también se llama Dr. Jules Guyot, tiene una forma un poco deforme, con la piel amarilla limón y la pulpa blanca que se deshace en la boca. Tiene buena conservación y su recolección se da entre julio y agosto.

- **Buena Luisa de Arranches:** De piel lisa amarilla-verdosa, a veces con estrías rojizas y carne blanca y jugosa, se recolecta entre septiembre y octubre.
- **Decana de Comicio:** La piel es verdosa y algo rojiza, con carne blanca muy jugosa y dulce, su recolección se da en octubre.
- **Bartlett o William:** Con una forma acampanada, la pulpa es carnosa y blanda, su recolección se da entre julio y agosto.
- **Rocha:** Es de origen portugués, y destaca por su rápida entrada en producción y por ser un árbol de fácil manejo. La piel presenta ruseting y la pulpa es de textura firme, ligeramente granulada.
- **Passacrassana:** Tiene forma redondeada, es de color verde amarillento, y es resistente al manipulado. Su recolección es en diciembre ([Carrera, 2000](#); [Iglesias y col., 2000](#)).

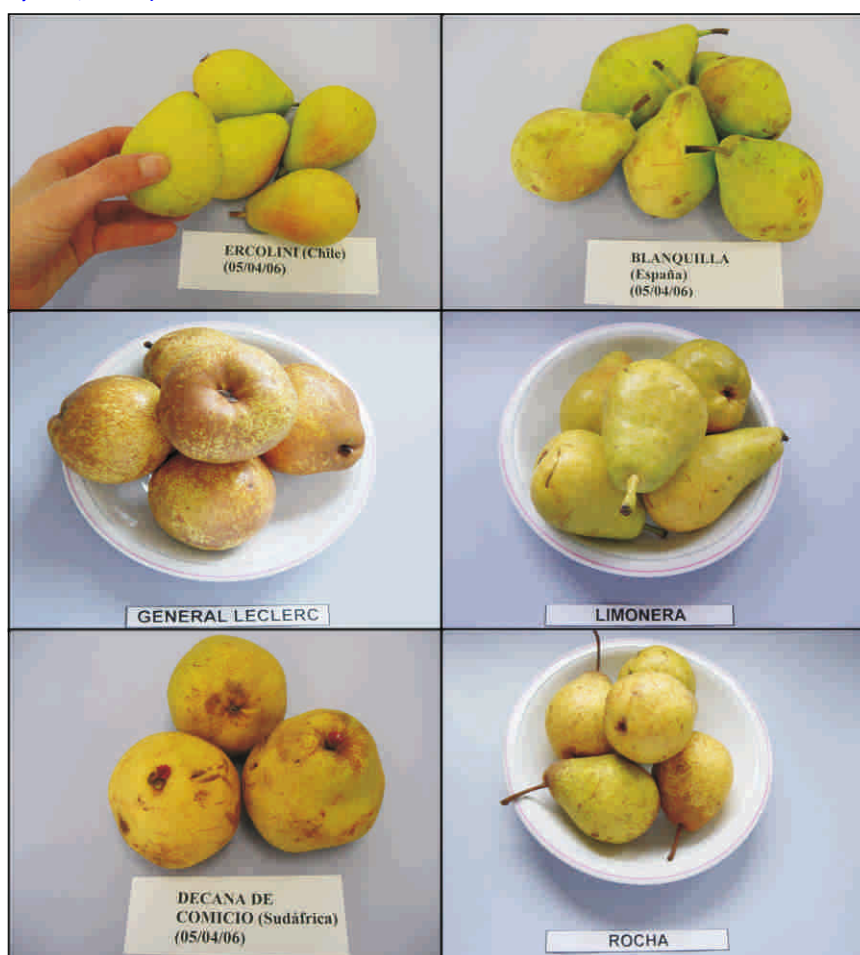


Fig.2.3. Variedades de peras adquiridas en centros comerciales locales.

2.3 FIGURAS DE CALIDAD DE FRUTAS

Las tendencias de la Unión Europea resaltan como prioritario proteger la calidad de los productos alimentarios clave para competir en los mercados internacionales. Cada figura de calidad tiene unas características definidas y diferenciadas del resto, debidas a las particularidades del clima, cultivo y técnicas de conservación.

El concepto de calidad alimentaria, entendido como disposición de alimento en unas correctas condiciones higiénico-sanitarias, esta siendo sustituido por el reconocimiento público y social hacia producciones diferenciadas por la calidad y las técnicas de elaboración, generalmente ligadas a denominaciones geográficas. La política de calidad se ha convertido en un mecanismo de máxima utilidad, extendiendo su influencia positiva sobre la ordenación del territorio, la revalorización de la producción, los procesos de transformación industrial y la distribución comercial.

Con el fin de valorizar determinados productos específicos de calidad se establecen normas comunes para la Protección de las Indicaciones Geográficas y las Denominaciones de Origen, procedentes de una zona geográfica delimitada que favorecen el desarrollo rural y la diversificación de la producción agraria. Las normas de calidad tienen por objeto definir las características de calidad, envasado y presentación que han de reunir las frutas para una adecuada comercialización.

2.3.1 DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA D.O.P., INDICACIÓN GEOGRÁFICA PROTEGIDA I.G.P. Y MARCA DE GARANTÍA

El Reglamento (CE) 510/2006, de 20 de marzo de 2006, sobre protección de las Indicaciones Geográficas y de las Denominaciones de Origen de los productos agrícolas y alimenticios, define como: el nombre de una región, de un lugar determinado o, en casos excepcionales, de un país, que sirve para designar un producto agrícola o un producto alimenticio:

- originario de dicha región, de dicho lugar determinado o de dicho país.
- cuya calidad o características se deben fundamentalmente o exclusivamente al medio geográfico con sus factores naturales y humanos.
- cuya producción, transformación y elaboración se realicen en la zona geográfica delimitada.

Las Denominaciones de Origen Protegidas y las Indicaciones Geográficas Protegidas constituyen el sistema utilizado en nuestro país para el reconocimiento de una calidad superior, consecuencia de características propias y diferenciales, debidas al medio geográfico en el que se producen las materias primas, se elaboran los productos, y a la influencia del factor humano que participa en las mismas. En la siguiente Tabla se presentan resumidas las D.O.P e I.G.P. de frutas en España.

Tabla 2.14. Denominaciones de Origen e Indicaciones Geográficas Protegidas de frutas en España.
Fuente: MARM, Ministerio de Agricultura, Medio Ambiente y Marino, 2004

D.O.P. o I.G.P	Comunidad Autónoma
D.O.P. "Cereza Del Jerte"	Extremadura
D.O.P. "Manzana Reineta del Bierzo"	Castilla y León
D.O.P. "Chirimoya de La Costa Tropical de Granada-Málaga"	Andalucía
D.O.P. "Kaki Ribera del Xuquer"	Comunidad valenciana
D.O.P. "Melocotón de Calanda"	Aragón
D.O.P. "Nísperos Callosa d'en Sarriá"	Comunidad Valenciana
D.O.P. "Pera de Rincón de Soto"	La Rioja
D.O.P. "Uva de Mesa Embolsada Vinalopó"	Comunidad Valenciana
D.O.P. "Pasas de Málaga"	Andalucía
D.O.P. "Pera de Jumilla"	Región de Murcia
I.G.P. "Manzana de Girona"	Cataluña
I.G.P. "Cítricos Valencianos"	Comunidad Valenciana
I.G.P. "Cerezas de la Montaña De Alicante"	Comunidad Valenciana
I.G.P. "Clementinas de las Tierras del Ebro"	Cataluña

Existen dos diferencias fundamentales entre una D.O.P. y una I.G.P.; en un producto con D.O.P. la producción, la transformación y la elaboración se realizan en la misma zona geográfica, sin embargo en un producto con I.G.P. no es obligatorio que todas las fases se realicen en la misma zona geográfica. Se trata de dos figuras distintas donde el vínculo es más estricto en el caso de la D.O.P. que en la I.G.P. Un aspecto de la calidad de los alimentos reside en el valor añadido que pueden tener los productos por haber sido producidos en una región concreta o siguiendo un método tradicional. Para dar a conocer lo más posible estos productos y al mismo tiempo para protegerlos de la competencia desleal, la Unión Europea creó en 1992 un sistema de etiquetas de calidad.



Fig.2.4. Sellos de calidad para productos alimenticios en la Unión Europea.

Con estos sellos el consumidor puede identificar entre productos de calidad certificada o productos que no la tengan. La manzana Reineta del Bierzo fue la primera variedad de manzana con Denominación de Origen en España en el año 1999.



Fig.2.5. Logotipo de la Denominación de Origen Protegida Manzana Reineta del Bierzo.

Una denominación I.G.P. o D.O.P. debe llevar en un pliego de condiciones el nombre, la descripción del producto, la delimitación geográfica, los métodos de protección, los elementos vinculados al entorno geográfico. El procedimiento de registro: la solicitud de registro de una "I.G.P." o una "D.O.P." puede ser presentada por cualquier agrupación de productores, independientemente de su forma jurídica o su composición, o, de forma excepcional, por una persona física o jurídica. La solicitud debe dirigirse al Estado miembro en el que se encuentra la zona geográfica de la que sea originario el producto. A continuación, el Estado miembro comprueba la veracidad de la demanda y la remite a los demás Estados miembros y a la Comisión. Ésta, tras examinar la solicitud, la publica en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas. Si no se formula oposición alguna en un plazo de tres meses, la "I.G.P." o "D.O.P." queda inscrita en un registro llevado por la Comisión. En caso de oposición, la Comisión procede al examen de los motivos alegados y adopta una decisión al respecto.

- **Marca de Calidad**

El concepto de “Marca de Calidad” es bastante reciente. Nace como respuesta a una demanda, cada vez mayor, de certificados de calidad por parte del consumidor y de un deseo de diferenciación dentro del mercado por parte de las asociaciones de productores, fabricantes, comerciantes o prestadores de servicios, sin ser tan restrictivos como en las D.O.P. y en las I.G.P.

Según el artículo 68 de la Ley de Marcas, una Marca de Garantía es aquel signo utilizado por una pluralidad de empresas bajo el control y utilización de su titular que certifica que los productos o servicios a los que se aplica cumplen unos requisitos comunes, en especial en lo que concierne a su calidad, componentes, origen geográfico, condiciones técnicas o modo de elaboración. Va acompañada de un reglamento de uso en el que se indican los requisitos para pertenecer a dicha Marca, los sistemas y las responsabilidades.

La pera Conferencia del Bierzo es Marca de Garantía desde el año 2004, al igual que la manzana Reineta del Valle de las Caderechas.



Fig.2.6. Logotipos de las Marcas de Garantía Manzana Reineta Valle de las Caderechas (Burgos) y Pera Conferencia del Bierzo (León).

2.3.2 MANZANAS Y PERA DE CALIDAD EN CASTILLA Y LEÓN

Tanto el Bierzo (León) como el Valle de Caderechas (Burgos) son comarcas de gran tradición frutícola que en la actualidad cuentan con varias figuras de calidad reconocida.

2.3.2.1 Manzana y Pera del Bierzo

El Bierzo es una comarca de 2.759 km² de superficie, situada al Oeste de la provincia de León en el límite con las de Oviedo, Lugo y Orense (Fig. 2.7). Etimológicamente, Bierzo significa "territorio montañoso" rodeada completamente por montañas y sierras que alcanzan los 2.200 metros. El Bierzo constituye el límite o transición entre dos climas diferentes: el atlántico y el mediterráneo y se caracteriza por tener inviernos frescos y veranos suaves con lluvias abundantes durante los meses de septiembre y mayo.

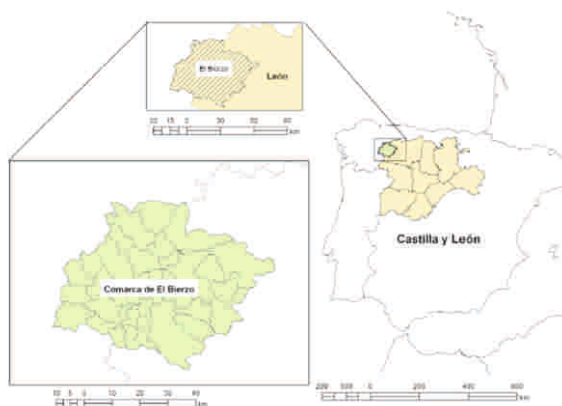


Fig.2.7. Situación geográfica de la comarca del Bierzo (Linares y col., 2008).

La zona de producción, conservación, acondicionamiento y envasado principal de la manzana Reineta del Bierzo y la pera Conferencia del Bierzo, se encuentra en los términos municipales de Arganza, Balboa, Barjas, Bembibre, Benuza, Berlanga del Bierzo, Borrenes, Cabañas Raras, Cacabelos, Camponaraya, Candín, Carracedelo, Carucedo, Castropodame, Congosto, Corullón, Cubillos del Sil, Fabero, Folgoso de la Ribera, Igüeña, Molinaseca, Noceda del Bierzo, Oencia, Páramo del Sil, Peranzanes, Ponferrada, Priaranza del Bierzo, Puente de Domingo Flórez, Sancedo, Sobrado, Toreno, Torre del Bierzo, Trabadelo, Vega de Espinareda, Vega de Valcarce, Villadecanes y Villafranca del Bierzo.

La pluviometría de los meses de agosto y septiembre provoca altos niveles de humedad relativa ambiental, con presencia de nieblas matinales. Esta humedad suele provocar «russetting», roña o herrumbre superficial, muy característica de la manzana Reineta y de la pera Conferencia producida en el Bierzo e inexistente de forma natural en otras zonas productoras, a excepción de la pera Conferencia de Rincón de Soto en la Rioja.

Según diversas opiniones, la introducción de la manzana Reineta del Bierzo está vinculada a la colonización romana en esta comarca. Otros opinan que fueron las órdenes religiosas con sus monasterios y huertas adyacentes las que contribuyeron a su introducción, especialmente a la largo de los siglos XII, XIII y XIV junto con las peregrinaciones jacobeanas. Quizás fueran los miembros de la orden Militar del Temple, asentada desde 1178 hasta 1312 en los castillos de Ponferrada y Balboa, los que supiesen apreciar estas manzanas. El hecho de que los ejemplares de manzano más vetustos conocidos se encuentren en los monasterios de Carracedo y de San Pedro de Montes, inclina a pensar que la introducción de la manzana en el Bierzo es tan antigua como los monasterios ([Marcelo, 2004](#)).

La historia del cultivo de frutales en El Bierzo de forma intensiva, comienza en los años 60 coincidiendo con la creación del sistema de regadíos del “Bierzo bajo”, constituido principalmente por, el embalse de Bárcena y sus dos vías más importantes de suministro, los canales Alto y Bajo del Bierzo. La construcción de los regadíos bercianos supuso la transformación de terrenos baldíos, poblados por monte bajo, cereal y viñedo en el mejor de los casos, en terrenos con mayor potencial productivo. Esta importante transformación conllevó modificaciones estructurales y poblacionales, suponiendo incluso la creación de determinados pueblos de colonización junto a las primeras plantaciones frutales, siendo la cuna de lo que posteriormente supondría una de las mayores fuentes de riqueza del Bierzo Bajo.

El Bierzo, por sus especiales condiciones climáticas, altura sobre el nivel del mar, temperatura, pluviometría, humedad y radiación solar, constituye una zona ideal para la producción de fruta de calidad, reconocida desde siempre.

Tras presentar la solicitud de Denominación de Origen, junto a los estudios socioeconómicos y técnicos requeridos, en junio de 1998 se constituyó el Consejo Regulador Provisional por Orden de 18 de junio de la Conserjería de Agricultura de la Junta de Castilla y León cuyo objetivo principal era elaborar la propuesta de reglamento y manual de calidad. La D.O. queda legalmente constituida por la Orden de 2 de diciembre de 1999 de la consejería de Agricultura y Ganadería por la que se aprueba el Reglamento de la Denominación de Origen Manzana Reineta del Bierzo y de su Consejo Regulador (*BOCyL de 16 de diciembre de 1999*), siendo ratificada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación por la Orden de 15 de diciembre de 2000 (*BOE del 1 de enero de 2001*). La solicitud de registro se presentó el 16 de marzo, se aprobó definitivamente el 28 de diciembre y se publicó en el DOCE del 29 de diciembre de 2001.

Por otro lado la Ley 17/2001, de 7 de diciembre, de Marcas (BOE núm. 294, de 8 de diciembre de 2001), establece el nombre Marca de Garantía "Pera Conferencia del Bierzo" y regula que las peras que cumplan en su producción, elaboración y comercialización, los requisitos exigidos en su Reglamento. La MGPCB certifica la calidad y origen de las peras producidas, autorizadas y controladas por la Asociación Berciana de Agricultores (ABA), que es la titular de la marca.

- **Manzana Reineta Denominación de Origen del Bierzo**

La manzana Reineta del Bierzo cuenta con dos variedades; «Reineta Blanca» y «Reineta Gris» del Canadá y se caracterizan principalmente por una alta dureza y elevados azúcares.



Fig.2.8. Reineta blanca y gris del Canadá.

Las manzanas protegidas por la “Denominación de Origen Reineta del Bierzo” deben reunir unas características físico-químicas determinadas que aparecen recogidas en el reglamento correspondiente:

- Dureza de la pulpa medida con pistón de 11 milímetros superior a 7 kilogramos.
- Índice refractométrico superior a 14 grados brix.
- Acidez mayor de 7 gramos de ácido málico/litro.

La recolección puede ser mecanizada (Fig.2.9). Se emplean máquinas automáticas que pasan entre las líneas de plantación, estas provocan vibraciones que hacen desprender los frutos de las ramas cayendo sobre unas plataformas o bandejas situadas en la parte inferior y lateral de las máquinas.



Fig.2.9. Recolección mecanizada de manzanas.

- **Pera Conferencia Marca de Garantía Bierzo**

La pera Conferencia comenzó a cultivarse hacia los años 80 debido a las condiciones climáticas y a la calidad de los suelos bercianos.

La pera conferencia (*Pyrus communis*, L) tiene su origen en la polinización libre de León Leclerc de Laval en Sawbridgeworth (Inglaterra) en 1860, y se cree que fue introducida en España en 1885. El árbol es de vigor medio y porte erguido. La floración es tardía y son buenos polinizadores la Decana de Comicio, General Leclerc, Limonera y William's. El fruto es de calibre medio a grueso según el cultivo y presenta una piel gruesa de color verde con russeting superficial ([Carrera, 2000](#)).

Para la Marca de Garantía sólo se admiten las peras, entendiéndose como tal, la fruta proveniente de la especie *Pyrus communis*, L. de la variedad Conferencia de las categorías comerciales Extra y I, quedando excluida la categoría II.

La Marca de Garantía 'Pera Conferencia' cuenta con 170 productores adscritos y se extiende por 218 hectáreas, el 90% de ellas repartidas por los municipios de Carracedelo, Cacabelos, Camponaraya y Ponferrada. Cualquier tipo de envase en el que se expidan peras protegidas, va provisto de una contraetiqueta numerada con el logotipo y del nombre de la marca de garantía, además de un número de control. Una de las principales peculiaridades de las peras producidas en el Bierzo es la presencia de una gran cantidad de *russeting* natural (término inglés que significa herrumbre o roña) muy apreciado en los mercados nacionales e internacionales.

El russetting es un fenómeno irreversible, que aparece en la piel de algunas frutas como manzanas y peras, la cutícula se quiebra y se endurece, separándose en escamas, y dando un aspecto acorchado (*Iglesias, 1993*). El periodo más sensible del fruto al russetting se prolonga durante toda la fase de división celular: desde la floración hasta 25-35 días después. Durante dicho periodo, la pilosidad externa es reemplazada paulatinamente por capas de ceras, que finalmente constituirán la cutícula de los frutos. Entre las causas externas que lo favorecen la formación del russetting cabe destacar, el clima, el agua libre (lluvia o rocío) y las bajas temperaturas en el período post-floración (hasta 30 días después).



Fig.2.10. Russetting en pera Conferencia del Bierzo.

Causas externas:

- Clima. El agua libre (lluvia o rocío) y las bajas temperaturas en el período post-floración (hasta 30 días después), son factores decisivos en la inducción del russetting. Una rápida penetración del agua hacia las células de la epidermis, debido a la diferencia de potencial osmótico, se traduce en un colapso y muerte de éstas.
- Agroquímicos. Algunos productos aplicados en las hojas se comportan en forma agresiva en relación a la epidermis de los frutos. Especial cuidado se debe tener con nutrientes tales como Zinc y Cobre.
- Nutrición. Se ha visto que existe una correlación positiva entre el contenido de Nitrógeno y Magnesio en la aparición de russetting, siendo ésta negativa (menor incidencia), con Potasio y Fósforo.

- Poda. La poda puede tener un efecto directo sobre la aparición de ruseting, al estimular un excesivo crecimiento vegetativo, o indirecto, al sobreexponer fruta al sol. La posición del fruto en el árbol también tiene incidencia sobre el ruseting.

Causas internas:

- Varietal. Existen diferencias varietales en cuanto a la susceptibilidad al ruseting, ya sea debido a la estructura de sus cutículas o a la capacidad de expandir sus células en forma más activa. En este sentido, altos niveles de giberelina permiten una mayor extensión de la epidermis, siendo por ello un factor que reduce la cantidad de ruseting.

- Posición del fruto en el árbol. Frutos ubicados en la periferia tienden a presentar mayor incidencia de ruseting, por hallarse más expuestos a las variaciones climáticas, especialmente a altos cambios de temperatura. Aquellos ubicados lateralmente en el ramillete floral presentan, asimismo, una mayor tendencia.

Contrariamente a lo que ocurre en otras especies, el ruseting en manzana reineta y en pera conferencia, no se entiende como un defecto y está bien valorado por los consumidores, en especial, por los comerciantes, puesto que es garantía de menor fragilidad del producto durante la manipulación y el transporte (*Iglesias y col., 2005*).

El ruseting de la pera Conferencia del Bierzo es totalmente natural mientras que en Holanda y en Bélgica son habituales algunas prácticas de campo para acentuar la presencia de ruseting en la pera Conferencia.

2.3.2.2 Manzana Reineta del Valle de las Caderechas

El Valle de las Caderechas se localiza al noroeste de la comarca de La Bureba en la provincia de Burgos (Fig. 2.11) y está rodeado por tres grandes formaciones geológicas: los páramos de Lora, los Montes Obarenes y la depresión de La Bureba. Los valles de Rucandio, Aguas Cándidas, Cantabrana y Río Quintanilla también surcan la zona que forman “Las Caderechas” (*Cereza y Manzana Reineta del Valle de las Caderechas, 2006*).



Fig.2.11. Situación geográfica del Valle de Caderechas (Burgos).

Los hombres del paleolíticos dejaron huella de su presencia en las cuevas del Valle de las Caderechas y de la época romana le viene su nombre Caderechas, procedente del vocablo latino “catractae”, cataratas, en alusión a los numerables saltos de agua existentes en la zona.

Este valle burgalés siempre ha sido conocido por la calidad de sus frutas con referencias sobre la producción de cerezas y manzanas que datan desde 1032 hasta 1318 a través de documentos de compra-venta, cesiones de usos de fincas o donativos a favor del monasterio de San Salvador de Oña, también, el Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España de Pascual Madoz (Madrid, 1845) que cuenta con numerosas citas sobre la producción de manzanas y cerezas en todo el valle.



Fig.2.12. Manzana Reineta del Valle de las Caderechas (Burgos).

Estas manzanas poseen una agradable acidez compensada con un alto contenido en azúcares, poseen ruseting superficial de origen natural, y carecen de conservación en atmósfera controlada (modificación de gases después de la recolección), siendo las bodegas, almacenes y alacenas de las casas las zonas de conservación permitida. Generalmente este tipo de instalaciones mantienen las condiciones de temperatura y humedad constantes. Las plantaciones aptas para la producción de la manzana amparada por la Marca de Garantía deben estar situadas por encima de los 575 metros de altitud sobre el nivel del mar y deberán estar plantadas en suelos con pH no inferiores a 5,5. La recolección de los frutos debe realizarse a mano sin medios mecánicos y no se admiten tratamientos post cosecha con fungicidas así como la prohibición total del uso de cámaras de atmósfera controlada utilizadas para retrasar la maduración.

En 2008 se introdujo una modificación en el Reglamento de Uso que hace referencia a una nueva clasificación del producto ya que al tratarse de frutos climatéricos, se distinguen entre dos tipos de manzana en función de la fecha de

expedición, y cada uno de ellos deberá cumplir las características sensoriales expuestas en el procedimiento de cata del Reglamento. En primer lugar, la manzana de “Temporada”, que es la expedida entre la fecha de recolección y el 1 de noviembre de cada año. Por otro lado la manzana de “Bodega”, que es la expedida entre el 1 de noviembre y el 1 de julio del año siguiente al que ha sido recolectada ([Productos Agroalimentarios de Castilla y León. Marcas de Garantía, 2011](#)).

Las diferencias y similitudes más importantes entre la Reineta D.O. Bierzo y la Reineta M.G. Valle de las Caderechas se presentan resumidas en la Tabla 2.15.

Tabla 2.15. Diferencias entre la Reineta del Bierzo y la Reineta del Valle de Caderechas.

Característica	Bierzo	Caderechas
Aplicación de reguladores del crecimiento	Sí	No
Aplicación de Cu inducción de russeting	No	No
Recolección mecanizada	Sí	No
Conservación en Atmósfera Controlada	Sí	No
Categorías comerciales	Extra y I	Extra, I y II
Máximo periodo de conservación	1 Julio año siguiente a la recolección	1 Julio año siguiente a la recolección
Sello de calidad	D.O.P	Marca de Garantía

Ambas frutas presentan russeting natural y se diferencian fundamentalmente en el uso de reguladores del crecimiento, el tipo de recolección y el tipo de conservación.

2.4. ANÁLISIS SENSORIAL

Nuevas tecnologías, la mayor competencia y globalización de los mercados y, quizás lo más importante, un mayor conocimiento de los consumidores acerca de los productos que consumen, han cambiado totalmente el entorno de los negocios. Se hace por lo tanto necesario el uso de novedosas técnicas como la evaluación sensorial, para medir la calidad de un producto y para determinar los atributos específicos que conduzcan a la elección de esa calidad ([Bárcenas, 1998](#)). En general el análisis sensorial es usado para medir la relación entre los índices sensoriales del producto y las especificaciones sensoriales que se desea obtener. Actualmente se considera una herramienta imprescindible que permite obtener información sobre aspectos de la calidad de los alimentos a los que no se puede tener acceso con otras técnicas analíticas ([Zamora Utset, 2007](#)).

2.4.1 INTRODUCCIÓN

La difusión comercial y la aceptación de muchos productos autóctonos de nuestra región en el mercado nacional e internacional, deben apoyarse en el conocimiento y la evaluación de las propiedades sensoriales que contribuyen a valorar y proteger el origen de estos productos ([Cayot, 2007](#)). La calidad de un fruto se define por características que hacen que sea calificado como de grado inferior o superior; son diferentes según se analice la calidad desde el punto de vista del productor, distribuidor o consumidor.

La calidad sensorial es el aspecto de la calidad de los alimentos que incide directamente en la reacción del consumidor al ingerirlos, de esta manera la evaluación sensorial de los alimentos se considera una función primaria del hombre. Su importancia y los métodos utilizados para su medida y control han evolucionado paralelamente al desarrollo tecnológico de la industria agroalimentaria. Inicialmente, el interés de la industria se centró en la producción de alimentos seguros a precios competitivos. Posteriormente, se constató que muchos de estos alimentos a pesar de ser seguros y económicos son rechazados por los consumidores. Hoy, es evidente la importancia tecnológica y comercial de la calidad sensorial ya que, dada la competitividad del mercado y las crecientes exigencias de los consumidores, este aspecto de la calidad puede condicionar, en última instancia, el éxito o el fracaso de un producto ([Sanz, 1997](#)).

La calidad sensorial no es una característica intrínseca del alimento como lo son, la calidad nutritiva, la sanitaria o la composición, sino que es el resultado de la interacción del alimento y el hombre. El análisis sensorial es una herramienta más del control de calidad total de cualquier empresa ([Sancho, 1999](#)). La necesidad de obtener por esta vía una información válida, precisa y reproducible, es lo que ha impulsado el nacimiento de lo que hoy se conoce como análisis sensorial.

La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos y microbiológicos. El análisis sensorial es una disciplina científica utilizada para provocar, medir, analizar e interpretar reacciones a características de los alimentos y otros materiales tal como son percibidas por los sentidos. Esta definición abarca tanto métodos cualitativos como cuantitativos, y no pruebas sensoriales realizadas por consumidores o por jueces debidamente formados ([Barcina, 2001](#)).

a) Desarrollo histórico del análisis sensorial

Como disciplina emergente, el análisis sensorial genera una serie de opiniones divergentes en cuanto a los medios y las maneras de realizarlo. Tradicionalmente, en la industria, la evaluación sensorial se veía como algo que realizaba un experto de la compañía que tras años de experiencia acumulada, era capaz de describir los productos de la empresa y de fijar un estándar de calidad.

Los avances que se ha producido en este campo durante los últimos 30 años han dado lugar a que este tipo de análisis haya pasado de ser considerada como una disciplina auxiliar y subjetiva desde el punto de vista analítico, a ocupar un lugar indiscutible en todo lo relacionado con la “calidad de alimentos”.

En la actualidad, el análisis sensorial es una herramienta más a utilizar en la consecución de alimentos de buena calidad que contribuyen decisivamente a su éxito en un mercado cada día más exigente y competitivo. En la evolución del concepto de calidad sensorial se distinguen varias etapas:

La primera etapa se corresponde con la época pre-científica de la industria alimentaria y termina sobre 1945, cuando la industria artesanal es sustituida por la industria tecnológica.

La segunda etapa es un corto periodo de tiempo de 1945 a 1955 donde el control del proceso y del producto terminado está en manos de técnicos que proceden de la industria química que tratan de establecer la calidad de un alimento por métodos químicos e instrumentales exclusivamente. La evaluación sensorial comenzó a

considerarse importante y fue promovida en parte, por lo esfuerzos del gobierno de los Estados Unidos para ofrecer una comida más aceptable para sus militares. Así, la Arthur D. Little Company introdujo el método del perfil del flavor, una forma cualitativa de análisis descriptivo que minimiza la dependencia de un técnico experto. Este procedimiento reemplaza a dicho técnico por un grupo de unos seis expertos en flavor, responsables de alcanzar un consenso. Esta aproximación provocó controversia entre los científicos, al tiempo que creó un nuevo interés por esta disciplina, por lo que se estimuló la investigación y el desarrollo de todos los aspectos del proceso sensorial. A mediados de los 50, diversas universidades de los Estados Unidos comenzaron a ofrecer cursos sobre evaluación sensorial. Las pruebas o test discriminativos fueron desarrollados por diversos autores que comenzaron a desarrollar pruebas para medir la aceptación, las diferencias y las preferencias entre los productos.

La tercera etapa comprende entre 1955-1970, donde se considera por primera vez el control y la medida de la calidad sensorial. Como consecuencia se estudia seriamente la posibilidad de considerar al hombre como instrumento de medida de aquellas características de un alimento que no se pueden medir instrumentalmente y que es necesario conocer para resolver determinados problemas. En esta etapa se acomete la definición de los atributos primarios que integran la calidad sensorial y su clasificación en función de los órganos receptores que los captan como aspecto, sabor y textura. También en estos años se desarrollan y adaptan las pruebas sensoriales al control de calidad de los alimentos. Durante este periodo, se crearon diversas sociedades científicas y técnicas centradas en la evaluación sensorial, que fueron impulsando esta disciplina hasta lo que es hoy actualmente. En 1963 un grupo de investigadores de la General Foods Corporation desarrollaron el método de perfil de textura, basado en el perfil del flavor, y que podía ser aplicado a cualquier alimento. Después de un largo y difícil proceso, la evaluación sensorial ha comenzado a emerger como una especialidad científica individualizada y reconocida.

Dado que los catadores constituyen el verdadero instrumento de medida en el análisis sensorial, el éxito del mismo dependerá de que se realice una óptima selección del panel, así como un buen entrenamiento y mantenimiento del mismo, puesto que como cualquier instrumento de medida, el catador debe ser calibrado periódicamente ([Sanz, 1997](#)).

b) Bases bioquímicas de la percepción sensorial

El hombre, como todo ser vivo, capta en su entorno físico a través de sus sentidos, es decir, por impresiones que sus órganos sensoriales reciben del entorno,

registran y comparan con impresiones previas, tal y como aparece esquematizado en la Fig. 2.13.

La percepción de cualquier estímulo se debe al tratamiento de la información recibida por los órganos sensoriales, también denominados órganos receptores periféricos (boca, nariz, ojos, oídos). Estos receptores codifican la información en función de la intensidad y la calidad del estímulo. La información sensorial no se procesa tal cual llega, sino que se ve sometida a un proceso de filtración, reducción y estabilización, como si de un equipo de alta tecnología se tratara. Cuando la información llega a los centros superiores (lugares de la memoria y la consciencia) se integra en el sistema tálamo-cortical. Se origina entonces un mensaje global sensorial y hedónico íntimamente unido, lo que dificulta que el individuo sea capaz de separar entre los aspectos meramente sensitivos y los afectivos. De forma general, cuando expresamos espontáneamente lo que sentimos, se evoca primero la nota hedónica (placer experimentado por el individuo), después la cualidad percibida (textura granulosa, aroma a vainilla, sabor dulce) y por último la intensidad (poco, medianamente o muy intenso). No es difícil comprender que el ser humano comience evocando el placer que experimenta antes de establecer la naturaleza e intensidad de la sensación percibida. Por tanto el placer que el individuo experimenta al consumir un alimento es el resultado de la integración de ambos. Si la sensación recibida es buena, el alimento o la bebida nos gustarán. Si por el contrario la sensación es mala, este producto nos causará decepción.

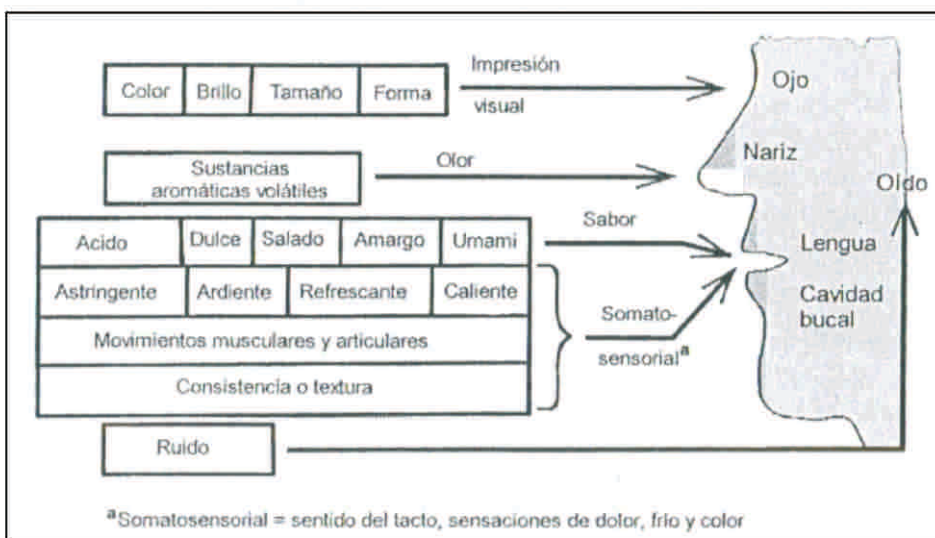


Fig.2.13. Representación esquemática de las percepciones a través de los sentidos.

Una forma lógica de ordenar una apreciación sensorial obedece a la identificación cronológica por los órganos sensoriales ([Sancho y col., 1999](#)).

★ Vista

A través de la vista se aprecian cualidades como el aspecto exterior del producto, si está limpio o no, la presencia de cuerpos extraños, la regularidad de la textura, la aparición de manchas o alteraciones en la pigmentación y, por supuesto, la propiedad óptica más característica de un alimento, su color. En los hombres la visión representa el 40% de las percepciones sensoriales; el ojo humano no sólo verifica el espectro de radiación luminosa visible con tonalidades claramente discernibles, el azul, el verde, el amarillo y el rojo, sino su origen y su trayectoria. La coloración externa de un producto depende de las modificaciones cromáticas y geométricas de la luz al interactuar con la superficie física del alimento.

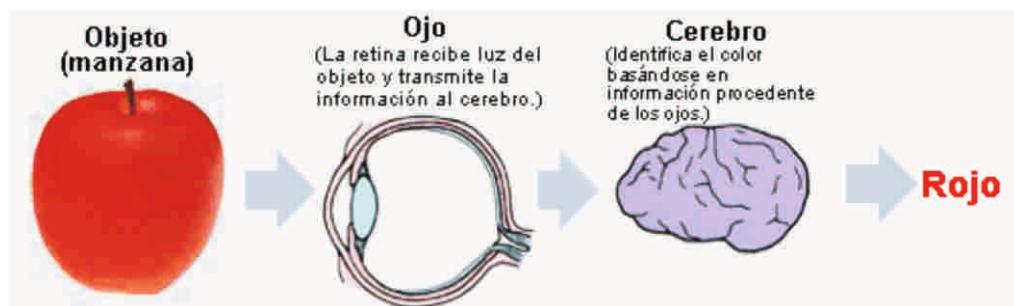


Fig.2.14. Percepción del color a través del sentido de la vista

El color es uno de los atributos que al juzgar crea condiciones para la aceptación o rechazo de uno u otro producto. Es la impresión que produce en la vista los rayos de la luz reflejada por un cuerpo, convirtiéndose en un atributo del mismo y en una propiedad sensorial. Si se percibe que tiene color verde, es porque refleja la longitud de onda correspondiente a dicho color habiendo absorbido la luz de las demás longitudes de onda del espectro del visible.

El color de cualquier objeto tiene 4 características:

- El tono, determinado por el valor exacto de la longitud de onda de luz reflejada.
- La intensidad, dependiendo de la concentración de los pigmentos presentes en el objeto.

- El brillo, que resulta de la relación de la cantidad de luz que es reflejada por el cuerpo y la luz incidente sobre él.
- La luminosidad, que diferencia a los colores según si son más claros o más oscuros.

Hay dos clases de colores:

- Los simples o básicos llamados colores primarios.
- Colores compuestos que están formados por mezclas de dos o más radiaciones simples, verde, naranja y violeta.

Es necesario tener en cuenta que el color interfiere significativamente en la evaluación sensorial de sabor y textura.

✦ **Olfato**

El olor es la cualidad de una sustancia que afecta al olfato y pertenece a los sentidos químicos, puesto que reacciona solamente por estímulos. Para que se perciba el olor, las sustancias deben ser volátiles, ya que ellas son transmitidas cuando el aire pasa de la nariz a la cavidad nasal, donde se encuentra el área olfatoria. Los estímulos olorosos pueden ser percibidos por vía nasal directa (olores que alcanzan la mucosa olfativa por la vía anterior de la nariz, a temperatura ambiente) y por vía retronasal (aromas volatilizados a la temperatura del cuerpo humano, 37°C, desde la cavidad bucal, dada la comunicación fosas nasales-paladar). Existen unos 50.000 olores diferentes, pero el ser humano detecta sólo entre 2.000 y 4.000 esto comprueba la alta sensibilidad del sentido del olfato y su gran capacidad de discriminación.

El proceso tiene una gran dificultad debido a las variaciones entre los individuos para los umbrales absolutos de detección, es decir, las personas tenemos diferente facilidad para detectar un olor u otro. Asimismo, el umbral olfativo puede elevarse por efecto de la exposición prolongada al estímulo, de ahí que la valoración de la intensidad del aroma y de su persistencia (percepción del olor en el tiempo una vez retirado el agente causante) se convierta en un proceso complejo.

El rendimiento de este sentido se acerca al 100% dada la capacidad que tenemos para percibir aromas a concentraciones muy pequeñas. El epitelio olfativo, de unos 3-4 cm², incluye las neuronas olfatorias, que son el eje central del proceso de olfacción. Estas neuronas se prolongan hacia el exterior mediante una serie de cilios que se encuentran en la mucosa nasal y que actúan como receptores de las moléculas aromáticas, y hacia el interior mediante unos axones que llegan hasta el bulbo olfativo, donde interaccionan con los nervios olfatorios encargados de llevar la señal al cerebro.

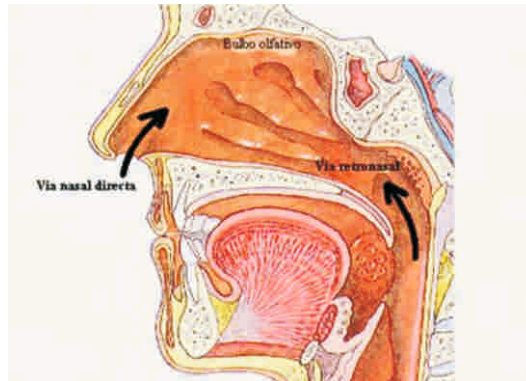


Fig.2.15. Sistema olfativo humano.

La cantidad mínima de sustancia olorosa necesaria para que sea percibida como tal es denominada umbral de percepción, y varía enormemente para cada persona. La capacidad de diferenciar olores es lo que se define como agudeza olfatoria y puede ser educada por el entrenamiento (*Espinosa, 2007*). Algunas personas manifiestan la incapacidad para percibir los olores, fenómeno que se conoce con el nombre de anosmia. Otros estados patológicos son la hiperanosmia (la respuesta es exagerada), merosmia (ceguera a ciertos olores), heterosmia (se perciben olores falsos), antosmia (se tiene la sensación sin que exista estímulo).

✦ **Gusto**

El sabor como sensación, es definido como la interpretación psicológica de la respuesta fisiológica a estímulos físicos y químicos causados por los componentes solubles, volátiles y no volátiles de un alimento saboreado en la boca. El gusto es la sensación quimiorreceptora de sustancias capaces de ser perceptibles por los receptores especializados situados en la lengua. Son grupos organizados de células, conocidos como papilas gustativas.

Para poder percibir el sabor de una sustancia debe disolverse y difundirse por el poro gustativo. Las sustancias muy solubles, sales y otros compuestos moleculares pequeños, excitan más las terminaciones gustativas que las menos solubles, como proteínas y otras sustancias moleculares grandes (*González, 2002*).

Existen cuatro sensaciones primarias básicas, salado, dulce, ácido y amargo. Si probamos un alimento dulce (azúcar, caramelos) se detecta su intensidad en la punta de la lengua, por las papilas fungiformes. En el borde anterior de la lengua se aprecia el sabor ácido por las papilas filiformes; en el borde lateral, se identifica el salado. El sabor

amargo se identifica en la parte posterior de la lengua, por las papilas caliciformes. Si varios sabores se detectan simultáneamente, se pueden producir fenómenos de enmascaramiento, compensación, contraste o anulación.

Existen personas que carecen de receptores para el dulce y el amargo; esta alteración se denomina ageusia. Para el entrenamiento en la percepción de los cuatro sabores básicos se utiliza disoluciones en agua de sacarosa (dulce), cloruro sódico o sal común (salado), cafeína o clorhidrato de quinina (amargo) y ácido cítrico o tartárico (ácido). Además de los cuatro sabores básicos primarios existen dos más: el umami (sabor característico del glutamato sódico) y el metálico (sulfato de hierro). El proceso gustativo de un alimento o bebida, permite apreciar estos estímulos y caracterizar además, las denominadas sensaciones terciarias o de retrogusto: el picante, astringente y ardiente ([Salamanca, 2001](#)).

✦ Tacto

La sensibilidad táctil radica en la piel y en la lengua. Las terminaciones nerviosas son excitables por el choque de las moléculas, la presión y los cambios de temperatura, de este modo, se vuelven sensibles a las impresiones táctiles, a las térmicas y a las dolorosas. A través del tacto podemos apreciar la textura de un alimento (rugosa o lisa), su tamaño, regularidad y uniformidad, la viscosidad y la adhesividad, o la dureza como consecuencia del esfuerzo muscular ejercitado durante la masticación. Los estímulos de la textura y la consistencia de un alimento implican simultáneamente a dos sistemas sensoriales distintos, los receptores del tacto de las mucosas de las cavidades bucal y faríngea y los fenómenos musculares en juego durante la masticación y la succión. La mano posee hasta 200 terminaciones nerviosas por cm^2 ; los labios, la lengua y la punta de la nariz son dos veces más sensibles que la mano.

Durante el proceso de cata influyen otros factores individuales tales como el grado de excitación de las papilas gustativas o el nivel de insalivación, el correcto posicionamiento de los dientes en la boca o el estado general de salud.

✦ Oído

Las terminaciones nerviosas captan el movimiento vibratorio de las ondas sonoras, provocadas por características de la textura. El hombre detecta un sonido cada vez que un objeto en vibración agita las moléculas del aire a un ritmo de quince a veinte mil vibraciones por segundo.

El oído está dotado de cien mil células auditivas, sin embargo es uno de los sentidos más infravalorados en la percepción sensorial de alimentos.

Las vibraciones acústicas tienen dos dimensiones: la amplitud sonora, que es función de la presión del sonido y se mide en decibelios (db), y la frecuencia que se mide en hertzios (Hz).

Los seres humanos pueden detectar señales dentro del margen de 30 a 15000 hertz, presentando la mayor sensibilidad dentro del margen de 500 a 4000 hertz.

El sentido del oído adquiere cierta importancia en alimentos crujientes como frutas complementando al gusto y al tacto.

✦ Correlaciones de los sentidos

Las sensaciones experimentadas al ingerir un alimento no están producidas por un solo sentido, sino que en ellas se entremezclan distintos estímulos y vías nerviosas que actúan como respuesta a la estimulación compleja. En la relación gusto-olfativa los sabores están íntimamente relacionados con las características gustativas de las sustancias pero donde la sensibilidad de los dos órganos difiere, por ejemplo para una misma sustancia la intensidad del estímulo es mayor para el olfato que para el gusto.

También existe la relación gusto-tacto ya que en la lengua existen numerosas terminales nerviosas que producen sensaciones táctiles y térmicas, además de las gustativas. La relación vista-gusto porque el color de un alimento influye en la percepción del gusto, y tanto es así, que en algunos casos el color llega a ser tan subjetivo que puede confundir el gusto. Relación olfato-vista-gusto donde la luz blanca y su intensidad aumentan la sensibilidad a los olores y a los gustos ([Sancho y col, 1999](#)).

✦ Textura

La palabra deriva del latín textura, que significa tejido, y originariamente se tomó en referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos. La textura se define como todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto perceptible por medio de receptores mecánicos, táctiles, visuales y auditivos, es decir, la interacción entre los sentidos y la estructura y el comportamiento del alimento.

La textura juega un papel importante en la valoración del alimento y a menudo se utiliza para juzgar la calidad y la aceptación. Las características de textura que los consumidores valoran en frutas frescas como las manzanas son el crujiente o crocante y la firmeza. La calidad en manzanas como en la mayoría de las frutas depende de muchos

factores como la variedad, las condiciones climáticas durante el crecimiento y las condiciones de maduración y conservación ya que durante estos procesos la textura se deteriora (Valera y col., 2007).

Las características texturales se clasifican en tres categorías: atributos mecánicos, geométricos y de composición. Estos atributos son el resultado de la combinación de las propiedades físicas y químicas que contribuyen a la forma, tamaño, número, naturaleza y disposición de los elementos estructurales.

Los sistemas de caracterización de la textura se han dividido normalmente en dos métodos fundamentales, sensoriales e instrumentales. En comparación con el aparato sensitivo del cuerpo humano, los dispositivos de medida instrumental se basa en transductores que convierten las medidas materiales y físicas en salidas visuales o eléctricas que se pueden observar directamente en un equipo de grabación de datos (Harker y col., 2006).

El análisis de textura instrumental ofrece datos cuantificables, repetibles y precisos de las propiedades físicas de las frutas. Es un procedimiento utilizado ampliamente en la investigación y una herramienta de gran valor en la búsqueda de métodos mejorados para el control de calidad (Aname, Instrumentación Científica, 2008).

La medida de textura instrumental es un método destructivo; con una sonda de acero se penetra la fruta y se caracterizan distintos parámetros de fuerza (Mehinagic y col., 2003; Gámbaro y col., 2002).

2.4.2 METODOLOGÍA GENERAL DEL ANÁLISIS SENSORIAL

La metodología general del análisis sensorial consta de varias etapas de desarrollo: planteamiento, planificación, realización y análisis de datos tal y como aparece esquematizado



Fig.2.16. Esquema del proceso que debe llevarse a cabo en un estudio sensorial.

a) Planteamiento

En esta etapa se incluyen todos los factores que han de considerarse antes de la planificación, como son los objetivos del trabajo, el parámetro a medir y la muestra a analizar. La ambigüedad en el objetivo y la aparente versatilidad de los métodos sensoriales se traduce muchas veces en el uso de pruebas analíticas inadecuadas y en modelos estadísticos no funcionales. Es fundamental definir la amplitud de la sensación que se quiere medir o evaluar, si se trata de la calidad sensorial total, si interesa analizar alguno o algunos parámetros que integran un atributo determinado.

b) Planificación

En la etapa de planificación se incluyen: la selección de la prueba sensorial que se va a utilizar, selección y entrenamiento de los catadores y el diseño estadístico de los resultados ([Sanz, 1997](#)). En la evaluación sensorial pueden producirse interferencias en las medidas, que en medida de lo posible, habrá que evitar o controlar. Algunos de estos errores son:

- **Error de hábito:** Resulta de la tendencia a continuar dentro de una misma respuesta a una serie de estímulos ordenados en orden creciente o decreciente, siendo la diferencia entre ellos muy débil.
- **Error de expectación:** Es frecuente en jueces impacientes, que encuentran diferencias cuando no existen. Muchas veces el juez conoce previamente el test y anticipadamente informa diferencias antes de que ocurran.
- **Error por estímulo:** Se produce cuando el juez conoce cómo ha sido preparado el test, o cuando los utensilios en que se entregan las muestras (vasos de diferente forma, diferente tamaño, diferente color, etc.) o los procedimientos seguidos, le sugieren diferencias, y por lo tanto, tratará de encontrarlas aunque no existan. Este error por estímulo se produce porque los degustadores están juzgando características sensoriales ajenas a lo que interesa del producto, y que desafortunadamente sugieren una mayor importancia de la que realmente tienen.
- **Error lógico:** Ocurre cuando dos características del alimento están asociadas en forma lógica en la mente del catador, y se evalúan conjuntamente. Pueden producirse interacciones entre sus propiedades sensoriales, influenciando la respuesta sobre la característica que se estudia.

- **Error por benevolencia:** Se produce en jueces que siendo benévolos aplican esta benevolencia incluso al producto que degustan calificándolo siempre mejor. A veces sucede que jueces que están conscientes de su falta, la tratan de compensar calificando entonces demasiado bajo, pero esto no es tan frecuente. El error se elimina colocando en la ficha una escala de valores que no incluya más de una vez la calificación de "malo". Por ejemplo: malo-pobre-mediocre-bueno-muy bueno-excelente.
- **Error de tendencia central:** Se produce cuando el catador vacila en utilizar los valores extremos de la escala. Es frecuente cuando se evalúan alimentos con los que no está familiarizado. Se corrige definiendo exactamente la puntuación o adjetivos asignados a todos los puntos de la escala.
- **Error por contraste:** Aparece cuando se evalúa una muestra agradable seguida de una desagradable, el contraste entre ambas se acentúa más que cuando se evalúan separadamente.
- **Error de proximidad:** Se encuentra en aquellos casos que características próximas tienden a ser evaluadas de manera similar. Por ejemplo, la evaluación simultánea de color, textura, olor, sabor y aceptabilidad general de un grupo de muestras, puede dar puntuaciones diferentes a los que se obtendrían evaluando cada característica separadamente, siendo esto lo más aconsejable.
- **Error de posición y tiempo:** Se refiere a la tendencia a sobreestimar una muestra relacionándola con su posición, o sea, al lugar que tiene la muestra en el orden de presentación.
- **Error de asociación:** Consiste en la tendencia a repetir las impresiones previas en una forma de respuesta condicionada. En esta forma la reacción al estímulo puede aparecer aumentada o disminuida, según las asociaciones que existan en el juez.
- **Error de primera clase:** Consiste en detectar un estímulo que no existe.
- **Error de segunda clase:** Consiste en no detectar un estímulo que existe. Estos dos últimos errores desaparecen con un buen entrenamiento.
- **Influencia de la memoria:** La memoria es un factor importante en la evaluación sensorial. Los jueces entrenados pueden dar respuestas más rápidas y seguras porque relacionan factores visuales, táctiles y gustativos con las cualidades de los alimentos.

Es muy recomendable que las cabinas estén provistas de un pulsador conectado a un dispositivo luminoso exterior que permita al catador comunicar a la persona que lo atiende desde el exterior, sin distraer a los demás, que ha terminado el ensayo, desea nuevas muestras, carece de algún utensilio, ha observado alguna irregularidad, o desea alguna información, etc.

- El área de preparación de las muestras debe estar separada del área de pruebas, y nunca deben ver los catadores al director de la prueba preparando las muestras que serán evaluadas.
- El local debe ser agradable y estar convenientemente iluminado, conservando su carácter neutro, por ello se recomiendan los colores lisos y claros en las paredes. La iluminación debe ser uniforme, regulable y de luz difusa.
- El local, además, debe ser de limpieza fácil y estará aislado de fuentes de ruido y de olores, por lo que debe tener un dispositivo eficaz de ventilación.
- El área de preparación de muestras debe contar con todos los equipos y utensilios necesarios: menaje, fregadero, cocina, etc.
- La sala debe mantener unas condiciones térmicas e higrométricas agradables y constantes. Se recomienda una temperatura entre 20-22°C y un 60-70% de humedad relativa.

e) Horario de pruebas

Es uno de los factores que más puede influir en los resultados de las pruebas. La evaluación sensorial no debe hacerse a horas cercanas a las comidas ya que si los jueces acaban de desayunar o comer no querrán ingerir alimentos y asignarán puntuaciones demasiado bajas, o podrían alterarse sus apreciaciones de los atributos sensoriales. De la misma manera, si falta poco tiempo para la hora de la comida, el juez tendrá hambre y sus respuestas pueden verse afectadas o alteradas. Los horarios recomendados son entre las 11 y las 13 de la mañana y las 17-18 de la tarde, aunque el primer horario suele ser el más aconsejado y más utilizado.

f) Muestras para la evaluación

La presentación de la muestra depende del producto y del tipo de panel que vaya a realizar el análisis. La muestra a analizar se sirve sin vehículos ni aditivos. El número de muestras en una sesión no debe de ser elevado porque puede ocasionar fatiga que influirá en las respuestas de los catadores (no superior a 6) y la temperatura de la muestra

debe de ser constante e idéntica para todos los jueces. Generalmente las muestras deben servirse a la temperatura a la cual suele ser consumido el producto.

g) Jueces sensoriales

Cuando se emplean catadores entrenados para realizar el análisis sensorial de un producto hay una serie de aspectos muy importantes a tener en cuenta. En primer lugar, tiene una gran trascendencia la selección y entrenamiento de los catadores.

En esta etapa se realizan varias sesiones en las que se llevan a cabo diversas pruebas para determinar las aptitudes. Los criterios para elegir a los candidatos se basan sobre todo en su capacidad sensorial, pero también en algunas características personales, tales como la capacidad para memorizar olores, motivación, disponibilidad, capacidad para describir diversas sensaciones con palabras y la capacidad para manejarse con conceptos abstractos (*Barcina, 2001; Puig y Guerrero, 2002*). Una de las formas es utilizar cuestionarios para evidenciar hábitos, aficiones, interés. Los candidatos que poseen estas características y que conocen la importancia de trabajar en equipo, son sometidos a pruebas de identificación y clasificación para verificar su agudeza sensorial.

Hay varios tipos de jueces:

- Juez experto, con gran experiencia en un determinado tipo de alimento y que posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre las muestras y para evaluar las características de un producto.
- Juez entrenado, con bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial, que ha recibido enseñanza teórica y practica sobre la evaluación sensorial.
- Juez semientrenado o de laboratorio, poseen un entrenamiento similar al juez entrenado, pero que sólo realizan pruebas discriminativas sencillas.
- Juez consumidor, solo realizan pruebas afectivas.

El número de jueces requerido para realizar una determinada prueba de análisis sensorial depende de varios factores, entre ellos se encuentran el objetivo de la prueba, el procedimiento a seguir y el entrenamiento que implica la variabilidad del producto y la repetitividad y coherencia de los resultados de los jueces. Si el panel es demasiado pequeño, los resultados pueden ser excesivamente dependientes de los juicios particulares (*Carpenter y col., 2002*).

Tabla 2.16. Número mínimo de jueces recomendados para las diferentes pruebas sensoriales.

Tipo de prueba	Jueces	Jueces seleccionados
Pruebas de diferencia		
Prueba pareada	30	20
Prueba triangular	24	18
Prueba dos de cinco	-	12
Prueba dúo-trío	32	20
Prueba de ordenación	30	5
Prueba de clasificación	20	8
Prueba descriptiva		8
Pruebas de aceptación		
Prueba de preferencias de muestras	50	
Clasificación hedónica	70	
Estimación de la magnitud	70	

2.4.3. ENTRENAMIENTO DE JUECES

El entrenamiento está encaminado a explorar los sentidos, presentando estímulos que favorezcan la disminución de los umbrales de percepción, así como el aprendizaje de un lenguaje descriptivo adecuado. Los jueces identifican y describen sus percepciones, determinar el orden de aparición, aprecian el grado de intensidad de cada propiedad y reconocen persistencias (*Fortín y Desplanche, 2001*). En estas sesiones además, después de analizar individualmente un producto, los jueces discuten conjuntamente con el director del panel las dificultades encontradas y comentan los resultados para aunar criterios.

Además de las correspondientes prácticas, deben realizar sesiones teóricas, sobre la evaluación sensorial, la importancia del proyecto en el que van a participar, los métodos que van a utilizar, uso de escalas, cuestionarios, vocabulario, etc. Las sesiones deben ser completas pero no muy largas para evitar la fatiga de los jueces.

a) Escalas sensoriales

Las dos mayores fuentes de variación en los datos de un panel sensorial son la deferencia en la manera en que los sujetos perciben el estímulo y las diferentes maneras en que los sujetos expresan esas percepciones.

La escala es el instrumento que se utiliza para medir las respuestas sensoriales y es una parte fundamental dentro del análisis sensorial (*Mehinagic y col., 2004*).

Hay varios tipos de escalas pero las escalas más utilizadas son:

- Escala nominal, los números son utilizados como etiquetas o códigos.
- Escala ordinal, las escalas usan números o palabras organizadas, “más”, “menos” etc.
- Escalas de intervalo, se asume que hay un intervalo o distancia entre puntos en la escala y tiene un 0 arbitrario. Como ejemplo tenemos la hedónica de 9 puntos y la escala proporcional lineal.
- Escalas proporcionales, presentan intervalos pero proporción constante entre puntos y un cero absoluto.
- Otras escalas, con dibujos cuando son para niños o para personas con problemas.



Fig.2.20. Escalas para el desarrollo a algunas pruebas sensoriales.

Las diferentes escalas que podemos encontrarnos pueden estar estructuradas en 3, 4, 5 y 9 puntos (Tabla 2.17) aunque la selección de uno u otro tipo de escala vendrá definida por el responsable del panel de cata.

Tabla 2.17. Ejemplos de escalas de intervalo para la medición de la dureza (Anzaldúa-Morales, 1994).

Escalas	Valor	Descripción
Escala de 3 puntos	1	Ligeramente duro
	2	Moderadamente duro
	3	Muy duro
Escala de 5 puntos	1	Nada duro
	2	Ligeramente duro
	3	Moderadamente duro
	4	Bastante duro
	5	Muy duro
Escala de 6 puntos	1	Ligeramente duro
	2	Duro
	3	Moderadamente duro
	4	Bastante duro
	5	Muy duro
	6	Extremadamente duro
Escala de 9 puntos	1	Sumamente blando
	2	Muy blando
	3	Ligeramente firme
	4	Moderadamente firme
	5	Muy firme
	6	Moderadamente duro
	7	Bastante duro
	8	Muy duro
	9	Extremadamente duro

b) Tipos de pruebas

Existen tres tipos principales de pruebas para realizar análisis sensorial: las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas (Fig 2.21). Se eligen unas u otras en función del objetivo que se pretenda alcanzar en el estudio (*Rosenthal, 2001*).

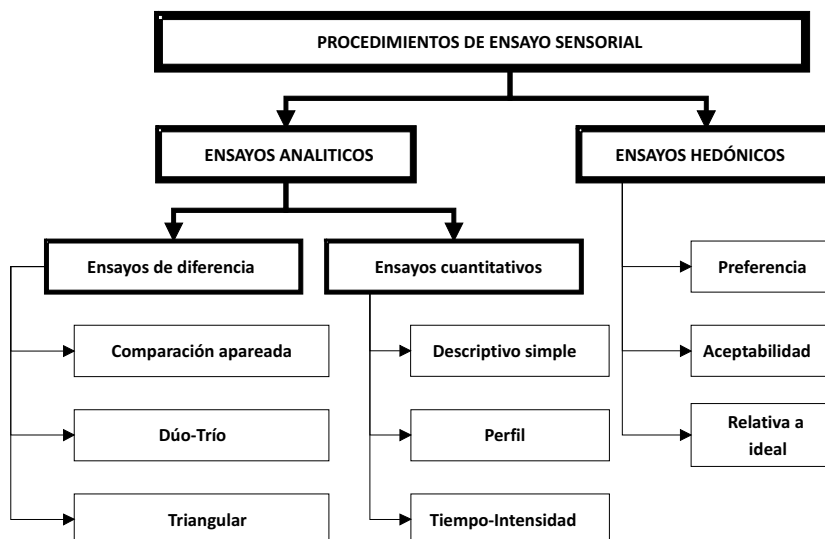


Fig.2.21. Clasificación de los principales tipos de procedimientos de ensayo.

b.1) Pruebas Afectivas: son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro como aparece en la Fig.2.22. Por lo general se realizan con paneles inexpertos o consumidores. Entre las pruebas afectivas se encuentran las de preferencia, medición del grado de satisfacción y las de aceptación.

Grado de aceptación o agrado
Escala hedónica de 9 puntos

Por favor, marque con una "X" la casilla junto a la frase que mejor describa su opinión sobre el producto que acaba de probar.

- ☐ Me gusta muchísimo
- ☐ Me gusta mucho
- ☐ Me gusta moderadamente
- ☐ Me gusta un poquito
- ☐ Ni me gusta ni me disgusta
- ☐ Me disgusta un poquito
- ☐ Me disgusta moderadamente
- ☐ Me disgusta mucho
- ☐ Me disgusta muchísimo

Fig.2.22. Ejemplo de ficha de cata de aceptación hedónica de 9 puntos.

b.2) Pruebas discriminativas: No se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento, se busca establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras, y en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia. Las pruebas discriminativas más usadas son las pruebas de comparación por parejas, triangular, dúo-trío, comparaciones múltiples y de ordenación.

I. Pruebas de diferencia: Determinan la diferencia entre muestras. En esta clasificación se encuentran: el test triángulo, dúo-trío, test de comparación pareada, test de ordenación.

II. Pruebas descriptivas. Un grupo de jueces altamente entrenado analiza el sabor o textura del producto, haciendo una descripción detallada de la evaluación. Los métodos más comunes son perfil de textura y el sensorial completo.

III. Pruebas de preferencia. En este grupo se encuentran los tests de comparación pareada, la escala hedónica y el test de ordenación por preferencia.

Una vez seleccionado, y entrenado el panel de cata, la evaluación sensorial se realiza de forma reglada utilizando los distintos ensayos para las distintas necesidades (*Briz y García, 2004; Herrero Álamo, 2000; Barrios y Costell, 2004; Delaure y Sieffermann, 2004; Dijksterhuis y col., 2007*).

2.5. EVOLUCIÓN/MADURACIÓN DE MANZANAS Y PERAS DURANTE LA CONSERVACIÓN

La humanidad desde tiempos inmemoriales encontró razones de importancia que lo llevaron a producir y conservar los alimentos que no podía consumir de forma inmediata y completa después de la cosecha. La sobreoferta de fruta durante la temporada de cosecha, ha hecho que el almacenamiento prolongado adquiera relevancia como una forma de obtener mayor rentabilidad. Cuando se conservan frutas en cámaras, es con objeto de alargar su periodo medio de vida y para ello, se recurre al frío que frena e incluso detiene en gran medida el deterioro de los productos (*Knee, 2002*). Si a la acción del frío unimos la que se deriva de sustituir el aire por gases como el N_2 y el CO_2 , se puede prolongar aún más el periodo de conservación. Algunas razones para prolongar la disponibilidad de las frutas son:

- Prolongando la vida útil se aumenta su disponibilidad y consumo.
- Se protegen de otras especies que también compiten por su consumo.
- Facilita alimentar de manera variada a poblaciones alejadas de los sitios de cultivo
- Aplicación de técnicas de conservación que mantengan su alta calidad sensorial y nutricional a costos razonables.
- Estabilizar el suministro y los precios en función de las épocas de producción.
- Disposición en cualquier lugar y en cualquier momento de cantidades suficientes de los alimentos sometidos a conservación.

La maduración de las frutas está ligada a complejos procesos de transformación de sus componentes. Las frutas, al ser recolectadas, quedan separadas de su fuente natural de nutrientes, pero sus tejidos todavía respiran y siguen activos. Los azúcares y otros componentes sufren importantes modificaciones, formándose CO_2 y agua. Todos estos procesos tienen mucha importancia porque influyen en los cambios que se producen durante el almacenamiento, transporte y comercialización de las frutas, afectando también en cierta medida a su valor nutritivo y su calidad sensorial.

La respiración o intensidad respiratoria de un fruto depende de su grado de desarrollo, es la cantidad de CO_2 (miligramos) que desprende un kilogramo de fruta en una hora. A lo largo del crecimiento se produce, un incremento de la respiración, que va disminuyendo lentamente hasta el estado de maduración. Sin embargo, en determinadas frutas después de alcanzarse el mínimo se produce un nuevo aumento de la intensidad respiratoria hasta alcanzar un valor máximo, llamado pico climatérico,

después del cual la intensidad respiratoria disminuye de nuevo; estas frutas se llaman climatéricas.

Las frutas climatéricas normalmente se recolectan antes del citado pico para su distribución comercial, de forma que terminan de madurar fuera del árbol. Esto evita que se produzcan pérdidas, ya que el periodo de conservación de la fruta madura es relativamente corto.

Una vez alcanzada la maduración, el proceso de senescencia es rápida e irreversible, por lo que una reducida síntesis y/o acción del etileno implica una menor senescencia y, por tanto, mayor duración de la fruta durante el almacenamiento (Cáceres y col., 2000).

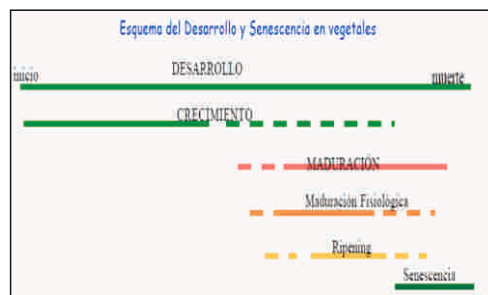


Fig.2.23. Desarrollo, madurez y senescencia de frutas.

El climaterio también tiene lugar si las frutas permanecen en el árbol, pero entonces el proceso es más lento. Las frutas climatéricas maduras en el árbol son de mejor calidad, pero para la distribución comercial se recolectan antes, a fin de evitar pérdidas.

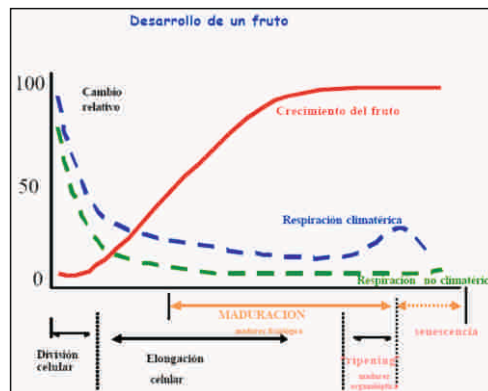


Fig.2.24. Esquemas de la respiración climatérica y no climatérica.

El incremento de la respiración en el climaterio es tan característico que los frutos en general se dividen, según lo presenten o no, en dos grupos (Fig.2.25) climatéricos y no climatéricos (*Astiasarán y Martínez, 2000*).

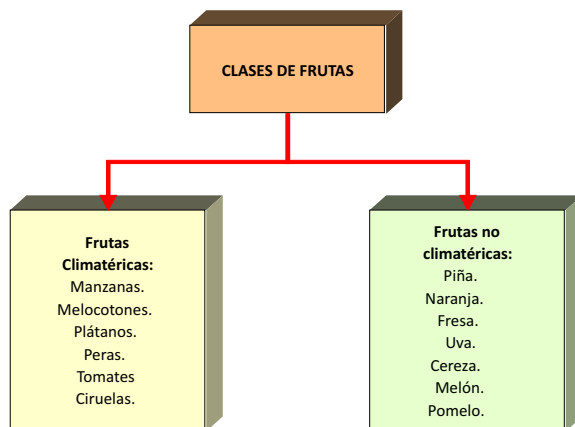


Fig.2.25 Clasificación general de las frutas en función de su respiración.

Por lo tanto se puede resumir que los factores más importantes que tienen influencia sobre el proceso de maduración de las frutas son:

- Temperatura. aumenta la respiración y se acelera el proceso de maduración. Por el contrario, cuando se mantiene la fruta en cámaras a baja temperatura se retarda el proceso.
- Oxígeno. Durante el proceso de maduración se consume oxígeno. Cuanto mayor sea el porcentaje de oxígeno presente, más rápido será el proceso.
- Etileno. Durante la maduración de las frutas se desprenden pequeñas cantidades de etileno cuya presencia estimula el proceso.
- Humedad. Como consecuencia del proceso respiratorio, el fruto pierde humedad, perdiendo aspecto atractivo y peso, por ello es conveniente tener la fruta en cámaras con una humedad entre el 85-95 %.

El éxito de la conservación radica, en retrasar la producción de etileno de la fruta ya que es un iniciador de la maduración en frutos climatéricos, siendo responsable de su ablandamiento, cambio de color de piel, y desarrollo de sabor y aroma (*Calvo, 2000*). El etileno es el más sencillo de todos los compuestos orgánicos que influye en los procesos fisiológicos de los vegetales, y que es considerado como la "hormona" de la maduración, siendo fisiológicamente activo a la iniciación del "ripening" o maduración plena de los frutos y en el establecimiento de la senescencia y marchitamiento de los productos

hortícolas, como puede verse en el esquema representado en la Fig.2.26. Este compuesto aumenta la permeabilidad de las membranas y acelera el metabolismo activando las enzimas oxidativas e hidrolíticas e inactivando los inhibidores de estas enzimas (*Graell y Recasens, 1992; Gorny y Kader, 1996*).

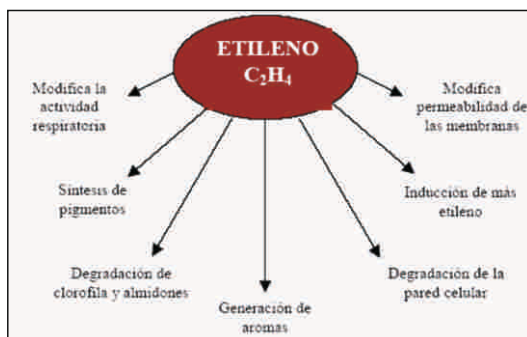


Fig.2.26. Efectos del etileno en el material vegetal.

En general, la madurez óptima de las frutas se alcanza en un intervalo de tiempo, más o menos estrecho, alrededor de dicho pico. Existen numerosas acepciones de término madurez que podría clasificarse de la siguiente forma:

- Premadurez: cuando el fruto es recogido en esta época, su pulpa permanece dura, es de sabor ácido, en general su sabor es poco agradable, con ausencia de aromas y azúcares característicos.
- Madurez Precoz: se trata de frutos de calidad aceptable, afectados normalmente por alteraciones relacionadas con la madurez. En este estado es posible cosechar los frutos con posibilidades de resultados satisfactorios en frigoconservación.
- Madurez óptima: El fruto recogido en ésta época puede conservarse con un mínimo de fisiopatías y su proceso de maduración se efectúa sin la máxima calidad del fruto, definido por una equilibrada acidez, turgencia, aromas y azúcares, además de contar con la coloración propia.
- Madurez tardía: el fruto evoluciona dentro de los umbrales de la rentabilidad, puede tener un sabor insípido en ciertas variedades, tendiendo a la harinosidad de la pulpa, con riesgo de enfermedades de conservación en manzanas. En peras puede alcanzar un sabor intenso, en algunas variedades excesivamente fuerte, pero con un alto contenido en líquidos y aromas, así como en azúcares.
- Sobremadurez o senescencia: el fruto adquiere una textura harinosa, de sabor insípido, muy sensible a enfermedades como podredumbres y fisiopatías y alteraciones internas.

- Madurez organoléptica o sensorial o gustativa: En este estado, el fruto tiene una calidad óptima de características gustativas, de olor, color, sabor, turgencia y otras cualidades.
- Madurez fisiológica. Es el estado en el que se encuentra la fruta que ha completado su evolución y tiene las semillas en disposición de producir nuevas plantas.
- Madurez comercial. El material está listo para ser consumido, pues ha reunido características de sabor, color, aroma, textura, capacidad nutricional, que generan satisfacción ([Abbott, 1999](#); [Herrero y Guardia, 1992](#)).

2.5.1 TIPOS DE CONSERVACIÓN

La fruta, al ser un producto perecedero, precisa de una tecnología lo más adecuada posible para su conservación, preservándose en el tiempo sus características sensoriales, así como su apariencia en términos de frescura, color y textura. Se precisan estrategias para la protección cuali y cuantitativa de los frutos, ante la necesidad de poder distribuir en el tiempo un producto perecedero.

a) Frío normal

Es la teoría tradicional de enfriamiento y conservación. Se utilizan cámaras frigoríficas de gran capacidad, adecuadamente aisladas y dotadas de un circuito frigorífico. Mediante este método se controla artificialmente la temperatura del interior de la cámara. También es necesario disponer de un elevado contenido de humedad relativa. Con esta técnica se intenta buscar una temperatura óptima de conservación, temperatura a la cual, el fruto se conserva durante un largo periodo de tiempo sin que aparezcan alteraciones y las pérdidas de peso sean mínimas, y tenga unas cualidades organolépticas óptimas. A esta temperatura se tiene que reducir en lo posible, la actividad metabólica. La temperatura de conservación no puede ser igual para todas las variedades y ésta puede variar según diversos factores culturales y grados de maduración.

b) Atmósfera controlada

La tecnología de la atmósfera controlada consiste en almacenar los frutos en un recinto frigorífico en el que se sustituye la atmósfera inicial de concentración 21 % de oxígeno y un 0,03 % de CO₂, con una atmósfera más pobre en oxígeno y más rica en CO₂, manteniéndose un control específico de las concentraciones de dichos gases durante el almacenamiento. Muchas veces largos periodos de conservación en atmósferas con altas concentraciones de CO₂ puede provocar cambios en las propiedades sensoriales ([Salvador y col., 2007](#)).

Los beneficios derivados de la aplicación de la atmósfera controlada en el almacenamiento de manzanas y peras son esencialmente, periodos de almacenamientos más largos, con bajas pérdidas de peso, baja incidencia de fisiopatías y buena retención de los atributos de calidad como textura, color, contenido en ácidos y azúcares etc. ([Graell y Ortiz, 2003](#); [Benavides y Recasens, 1999](#)).



Fig.2.27. Cámaras de conservación del Bierzo.

La atmósfera a utilizar para un determinado producto se basa en las recomendaciones derivadas de investigaciones realizadas por multitud de centros de investigación en el mundo, aunque debido a factores ambientales es necesario contrastar las condiciones para cada caso particular ver Tabla 2.17 ([Kuperferman, 1997](#); [Richarson, 1997](#); [Graell y Ortiz, 2003](#); [Galvis y col., 2004](#)).

Tabla 2.17. Recomendaciones para la conservación en atmósfera controlada de las principales variedades de manzanas y peras.

	Hasta los años 80				Después de los años 80				Principales fisiopatías en cámara
	T(° C)	O2	CO2	Periodo	T(° C)	O2	CO2	Periodo	
		%	%	(meses)		%	%	(meses)	
Manzanas									
Golden delicious	0.5-2	3	2-4	8-9	0.5-2	1-1.5	2-3	9	Marchitamiento, escaldado común
Starking Delicious	1	3	2-4	7-9	0	1.5-2	1.8-2.2	7-8	Harinosidad, escaldado
Belleza de Roma	1-3	3	1-2	7-8	0	1-2	2-3	6-8	Escaldado
Granny Smith	0-2	3	2-3	8-9	0-2	0.8-1.2	0.8-1	8	Escaldado y pardeamiento interno
Gala	0-1	-	-	4-5	1-2	1.5-2	2	5-6	Corazón rosado, pardeamiento interno
Jonagold	2-3	3	2-3	6	1-2	1.5-2	1.5-2	6-8	Pardeamiento interno, escaldadura por senescencia
Reineta	2-4	3	2-3	3-6	0-0.5	2-3	2-3	7	Marchitamiento, escaldado por senescencia
Fuji	-	-	-	-	0-1	2-2.5	1-2	8	Pardeamiento interno y vitriscencia
Elstar	0-1.5	2	1	5-6	1-2	1.5	1-2	6-7	Pardeamiento interno
Peras									
Blanquilla	-0.5-+0.5	3-4	3-5	7-9	-0.5	2.5	1.5-2	8-9	Escaldado mecánico, pardeamiento interno
Conferencia	-0.5-+0.5	3-4	1-2	6-8	-1-0	2	<2	7-8	Corazón pardo y descomposición interna
Buena Luisa	-0.5/+0.5	3	3	4	-0.5-0	2	2	7	Corazón pardo y descomposición interna
Passa Crassana	0-0.5	3	5	7-8	0-0.5	3	5	7-8	Pardeamiento interno
Decana de Comicio	0	3	5	4-6	-0.5-0	2-3	2-3	5-6	Pardeamiento interno
Limonera	-1-0	1.5	5	2	-0.5-0	3	3	2	Escaldado mecánico y pardeamiento por senescencia
General Leclerc	0-0.5	3	5	3-4	0	2-3	2-3	5-6	Pardeamiento interno, sabores extraños
William's	0	3	5	4-5	-1-0	1-2	2-3	4-5	Escaldado de senescencia

2.5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS: ÍNDICES DE CALIDAD Y MADURACIÓN EN MANZANAS Y PERAS

A lo largo de los últimos años, se ha observado una mayor conciencia sobre la necesidad de que el consumidor tenga a su disposición frutos que hayan alcanzado un nivel de madurez satisfactorio y que muestren sus verdaderas características independientemente de la variedad de que se trate.

Los indicadores de calidad catalogados como técnicos o físico-químicos pueden ser considerados como tradicionales en el mundo de la fruta ([Valero y Ruiz, 2000](#)). Su aplicación suele ser sencilla y los resultados se obtienen en poco tiempo, aunque su correlación con el grado de maduración y con la calidad según el criterio del consumidor rara vez es completamente satisfactoria ([Mehiragic y col., 2004](#)). De hecho, suele ser necesario utilizar varios de ellos conjuntamente para poder garantizar un control adecuado de la calidad de la fruta analizada ([Shmulerich y col., 2003](#); [Santaella, 2001](#); [Muñoz, 2002](#)). Los más utilizados son:

- I. Determinación del peso.
- II. Determinación de la firmeza o dureza.
- III. Determinación del color por colorimetría.
- IV. Determinación del contenido de almidón.
- V. Determinación de grados brix.
- VI. Determinación de acidez total.
- VII. Determinación de ácidos orgánicos por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC).

Los resultados que se alcanzan con todas estas variables, permiten obtener diferencias en la caracterización de las diferentes muestras ([Wu y col., 2007](#)).

I. Determinación de peso.

La pérdida de peso ocurre por un fenómeno físico (transpiración), ya que el agua se mueve por diferencia de presión de vapor, desde la fruta (saturada con alta presión de vapor) hacia el ambiente (menor presión). Dicho gradiente es función de la temperatura (T^a) y de la humedad relativa (%HR) Debido al elevado porcentaje de agua de las frutas, su susceptibilidad a la deshidratación es alta. En manzanas, una reducción de 7% de su peso fresco, impediría su comercialización, pues la deshidratación se hace evidente en términos de apariencia. las peras tienen un contenido en agua en torno al 83,2 % y las manzanas del 85 % ([Vila-López, 2006](#); [Fálder-Rivero, 2003](#)).

II. Firmeza o dureza.

La determinación de la firmeza se basa en la fuerza necesaria para insertar una sonda en la pulpa de la fruta. Hay muchos tipos de instrumentos para la firmeza en todo tipo de fruta aunque en el caso de manzanas y peras el penetrómetro manual es de los más utilizados para determinar el momento óptimo de recolección o para controlar la evolución de la maduración en las cámaras de conservación ([Roudot, 2004](#); [Kilcast, 2004](#)).

Debemos asegurarnos de que las muestras del ensayo sean representativas del lote (en cuanto a número mínimo de unidades muestreadas, tamaño, calidad, etc.). Este paso previo es importante realizarlo correctamente para que los resultados sean válidos en la toma de decisiones, por ejemplo, respecto al momento óptimo de recolección.

Generalmente es preferible el uso de métodos instrumentales para evaluar la textura sobre los métodos sensoriales puesto que pueden realizarse bajo condiciones

mucho más controladas y definidas ([Holt y Schoorl, 1984](#)).

Muchos de los estudios de textura buscan correlaciones entre las medidas sensoriales e instrumentales utilizando un jurado de cata ([Mehinagic y col., 2004](#)).

El penetrómetro es un aparato barato, de tamaño reducido y sencillo que permite hacer mediciones muy fácilmente y es utilizado habitualmente por agricultores, productores y distribuidores, para determinar el estado de dureza del fruto. Este tipo de instrumentación permite realizar medidas de forma rápida y es fácil de utilizar además de que no requiere de experiencia técnica específica.

La sensación de boca reseca conocida como harinosidad es un síntoma de modificaciones estructurales que se deben a la separación de las células del parénquima sin que se produzca fractura de un gran porcentaje de células. La diferencia radica en que las superficies de la célula están recubiertas por una capa de jugo, mientras que en frutas harinosas no se observa la capa de jugo libre.

A pesar de la importancia de la textura, dos manzanas de firmeza instrumental similar pueden diferir considerablemente en su aceptabilidad por parte del consumidor.

A menudo la firmeza en la frutas se relaciona con la frescura. La harinosidad de la fruta es un elemento disuasorio para el incremento de consumo de fruta fresca ([Harker y col., 2002 b](#)).

III. Determinación del color por colorimetría.

Se denomina espectro visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir. A la radiación electromagnética en este rango de longitudes de onda se le llama luz visible o simplemente luz. No hay límites exactos en el espectro visible; un típico ojo humano responderá a longitudes de onda desde 400 a 700 nm aunque algunas personas pueden ser capaces de percibir longitudes de onda desde 380 a 780 nm.

Existen una gran variedad de escalas e índices para describir el color ([López y col., 2007](#)), las que más se usan en el campo del color de alimentos son la del sistema CIEL*a*b*, el Hunter, L, a, b y Munsell ([Purroy y col., 2005](#)).

En 1976, la CIE propuso una transformación matemática del espacio XYZ en el cual se fijaba un blanco de referencia y cuyos valores de triestímulo eran (X_n , Y_n , Z_n). Los tres ejes del sistema CIELAB se indican con los nombres L^* , a^* y b^* , y representan, respectivamente luminosidad (*lightness*), tonalidad de rojo a verde (*redness-greenness*) y tonalidad de amarillo a azul (*yellowness-blueness*) los dos últimos ejes están inspirados en la teoría de los colores opuestos ([Rocha y Morais, 2003](#)).

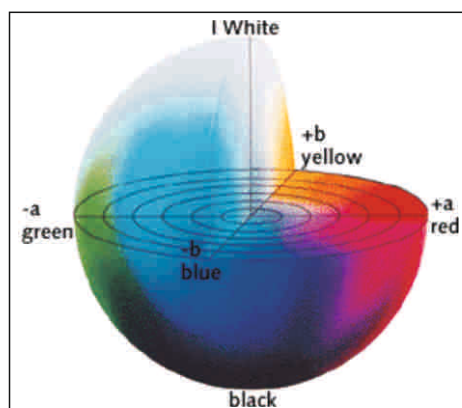


Fig.2.28 Espacio de color CIE Lab.

El color es una de las características más importantes de las frutas y vegetales frescos, ya que es uno de los atributos por los que el consumidor juzga, antes de comprar, además de ser uno de los indicadores de madurez y calidad más importantes. Puede ser evaluado de forma visual e instrumental, ambos métodos presentan ventajas e inconvenientes pero son esencialmente complementarios.

La colorimetría tradicional utilizaba al productor, que establecía sus propios colores para un determinado fruto, en base a la experiencia personal, en la actualidad es uno de los métodos instrumentales de medida no destructivos que dan resultados más fiables y repetitivos.

Utiliza una fuente de luz para iluminar la muestra de forma que la luz reflejada fuera del objeto pasa a través de unos filtros de vidrio rojo, verde y azul para simular las funciones del observador para un iluminante en particular (normalmente C). Un fotodetector ubicado más allá de cada filtro detecta, entonces la cantidad de luz que pasa a través de los filtros. Estas señales, por último, se muestran como valores L^* , a^* y b^* .

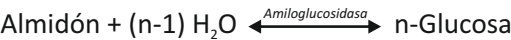


Fig.2.29 Colorímetro Hunter (izq) y Minolta CR-400 (dcha).

IV. Determinación del contenido de almidón

La maduración en frutos como la manzana y la pera, está asociado a un aumento repentino de la actividad respiratoria, proceso metabólico denominado climaterio. La base bioquímica de la respiración es la oxidación de los hidratos de carbono y la producción de CO₂, vapor de agua y energía. Los hidratos de carbono son los componentes más importantes del fruto e influyen directamente en las propiedades sensoriales, así como el comportamiento durante la conservación frigorífica del fruto.

El almidón es un polisacárido de gran tamaño, insoluble en agua, y constituido por una mezcla de amilosa y amilopectina. En nivel de almidón es elevado durante el crecimiento y el desarrollo del fruto, disminuyendo durante la maduración, hasta luego tornarse casi nulo durante los procesos que involucran la senescencia. En fruta inmadura se pueden tener niveles del 44-53 % de almidón sobre extracto seco y su estudio está muy relacionado con las propiedades de textura (Stevenson y col., 2006).



La capacidad del almidón de reaccionar con el yodo, produciendo una coloración negro-azulada, ha sido utilizada como índice de maduración ya que existen una serie de escalas para determinar de forma cualitativa el contenido de almidón en manzanas.

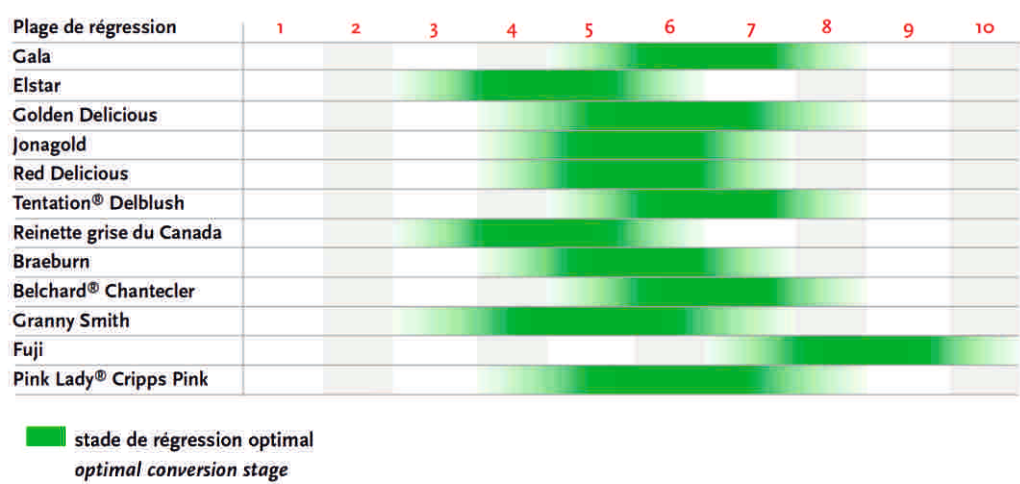


Fig.2.30. Escala de almidón optimizada para la recolección de manzanas. (Fuente. Pomme Code Amidon, 2008).

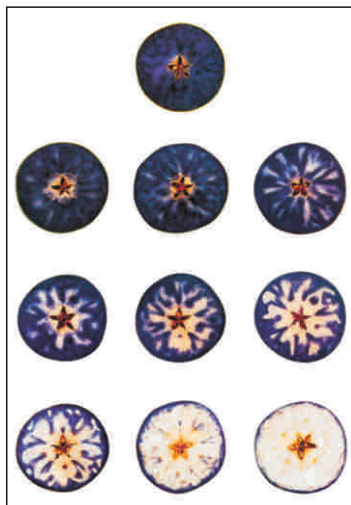


Fig.2.31. Escala de almidón en manzanas (Feippe, 2003).

Los métodos cuantitativos generalmente no son muy utilizados debido a su elevado coste, no sólo económico sino en tiempo de análisis por ello la mayoría utiliza sólo métodos cualitativos relacionados con escalas de tinción con yodo.

V. Medida de Sólidos Solubles

Originariamente, los grados Brix eran una medida de densidad de forma que un grado Brix es la densidad que tiene a 20 °C, una solución de sacarosa al 1 %, y a esta concentración corresponde también un determinado índice de refracción. Cuando un haz de luz que se propaga por un medio y pasa a otro distinto, una parte del haz se refleja mientras que la otra sufre una refracción (cambio de dirección del haz). Para medir esta propiedad se utiliza el llamado índice de refracción del material, que sirve para calcular la diferencia entre el ángulo de incidencia y el de refracción del haz (antes y después de ingresar al nuevo material). El índice de refracción depende, entre otras variables, de la longitud de onda del haz luminoso, de la temperatura, de la composición y concentración del medio donde se produce la propagación del haz y por lo tanto, puede usarse esta técnica para medir concentraciones o identificar sustancias (Badui-Dergal, 1999).

Los °Brix miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido de forma que una solución de 25 °Brix tiene 25 gramos de azúcar (sacarosa) por 100 gramos de líquido o, dicho de otro modo, hay 25 gramos de sacarosa y 75 gramos de agua en los 100 gramos de la solución.

Existen diferentes equipos de medida de los que caben destacar, los refractómetros manuales y los digitales (Fig.2.32).

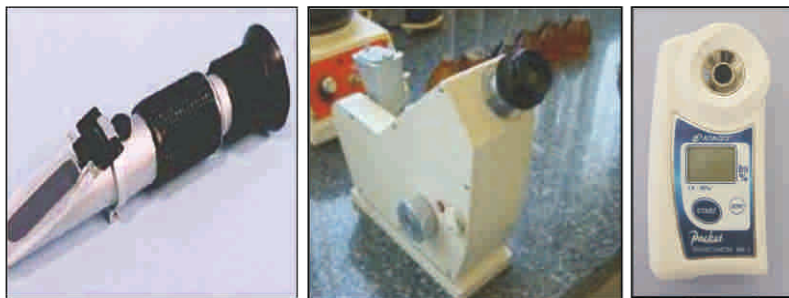


Fig.2.32. Diferentes equipos para la medición de grados brix.

VI. Medida de Acidez Total

La acidez libre o acidez titulable representa a los ácidos orgánicos presentes en estado libre y se mide por neutralización con una base fuerte. La titulación es un proceso químico utilizado en la evaluación de la cantidad de ácidos mediante la utilización de un reactivo de compensación (neutralización) estandarizado, como un álcali (NaOH).

La acidez en los alimentos viene dada, de forma general, por una mezcla de ácidos orgánicos débiles; sin embargo, en la determinación de acidez total valorable no se cuantifican estos ácidos de forma independiente, puesto que el fundamento de la determinación se sustenta en la valoración con una base fuerte (generalmente NaOH) de todos los grupos ácidos capaces de ser neutralizados (Fig. 2.33), de ahí que los resultados de la acidez total valorable se expresan en función del ácido más abundante. Por ser el ácido málico el ácido mayoritario en manzanas y peras se expresa el resultado de la acidez total como la cantidad de ácido málico ([Parra y Hernández, 2006](#)).

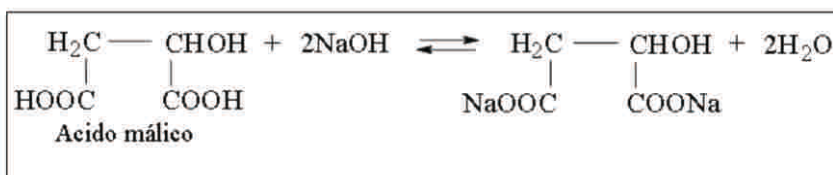


Fig.2.33. Ecuación de neutralización del ácido málico con NaOH.

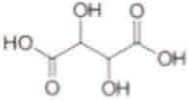
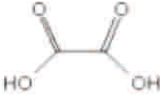
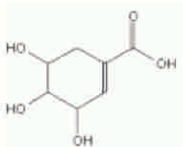
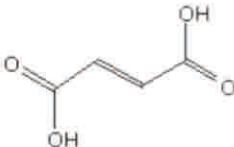
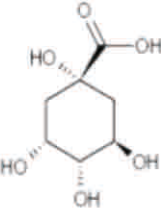
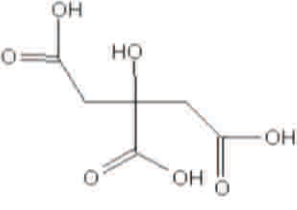
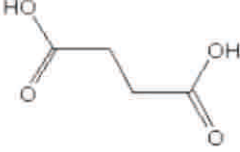
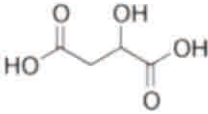
VII. Medida de ácidos orgánicos por cromatografía de líquidos (HPLC)

Los ácidos orgánicos tienen un importante papel catalítico en los procesos de Maillard y también contribuyen directamente en el sabor, por lo que se considera un indicador de la madurez comercial y sensorial.

La cantidad de ácidos orgánicos varía considerablemente entre los alimentos y sus variedades y está muy influenciada por factores locales como el clima. Los efectos de los ácidos orgánicos en el sabor de los alimentos se deben principalmente a sus efectos sobre la acidez de los tejidos y sobre la percepción del dulzor.

En su composición, las manzanas presentan ácidos orgánicos mayoritarios como el málico principalmente y otros minoritarios como el cítrico, shikímico, el quínico y el succínico. Los ácidos se localizan fundamentalmente en la piel, aunque también en la pulpa, si bien, la concentración de estas sustancias depende ligeramente de la variedad de manzana de que se trate.

Tabla 2.18. Ácidos orgánicos sencillos presentes en frutas.

Ácido Fórmula	Fórmula espacial	Ácido Fórmula	Fórmula espacial
Tartárico $C_4H_6O_6$		Oxálico $C_2H_2O_4$	
Shikímico $C_7H_{10}O_5$		Fumárico $C_4H_4O_4$	
Quínico $C_7H_{12}O_6$		Cítrico $C_6H_8O_7$	
Succínico $C_4H_6O_4$		Málico $C_4H_6O_5$	

Los ácidos orgánicos desempeñan un papel esencial en la calidad de las frutas ya que influyen en el sabor y aroma, participan en el metabolismo de los azúcares y su contenido varía durante la maduración (*Aligue, 1994*).

En manzana y pera el málico y el cítrico son los ácidos mayoritarios y contribuyen casi exclusivamente a la acidez de la fruta.

Tabla 2.19. Ácidos orgánicos presentes en algunas de las frutas de mayor consumo.

Frutas	Ácidos más comunes
Manzana	Málico, quínico, cítrico y succínico
Albaricoque	Málico y cítrico
Plátano	Málico, cítrico, tartárico, acético y fórmico
Uva	Málico, tartárico, cítrico, oxálico
Limón	Cítrico, málico, tartárico, oxálico
Lima	Cítrico, málico, tartárico, oxálico
Naranja	Cítrico, málico, oxálico
Pera	Málico, cítrico, tartárico, oxálico
Piña	Cítrico, málico
Fresa	Cítrico, málico, succínico, glicérico

En la elección del método para la determinación de ácidos orgánicos, la polaridad de estos compuestos hace que la cromatografía de líquidos, sea la técnica analítica más adecuada (*Pérez y col., 2004*).

Los procedimientos cromatográficos son procesos separativos basados en que las sustancias se reparten entre dos fases. Una de las fases está inmóvil, es decir, fija (fase estacionaria) y la otra fase se mueve (fase móvil). Si la fase móvil es un gas se habla de cromatografía de gases y si es un líquido de cromatografía de líquidos. Para el análisis de ácidos orgánicos el detector de luz visible/ultravioleta: es el más utilizado. Está formado básicamente por un espectrofotómetro que mide el cambio que sufre un haz luminoso al atravesar la muestra, midiendo la absorbancia de las sustancias.

Una vez finalizado el proceso de medición, el software proporciona un cromatograma que es útil tanto para el análisis cualitativo como cuantitativo. La posición de los picos en el eje del tiempo puede servir para identificar los componentes de la muestra; las áreas bajo los picos proporcionan una medida cuantitativa de la cantidad de cada componente y el tiempo de retención (t_R) identifica cada uno de los compuestos.

a) El tiempo de retención (t_R) es el tiempo que tarda un soluto retenido en atravesar la columna. Una separación cromatográfica será buena cuando se lleve a cabo en un tiempo razonable, y además, la columna tenga capacidad para retener los componentes de una muestra. La puesta a punto de un método cromatográfico debe ir encaminada a buscar las condiciones de trabajo donde los parámetros sean óptimos.

b) Otro parámetro importante es la resolución cromatográfica (R_s) de una columna que es una medida cuantitativa de su capacidad para separar dos analitos. La resolución de una columna se define como:

$$R_s = \frac{2[(t_R)_B - (t_R)_A]}{W_A + W_B} \quad (\text{ec. 2.1.})$$

Siendo t_R el tiempo de retención para cada uno de los diferentes analitos y W_A y W_B la anchura de los picos.

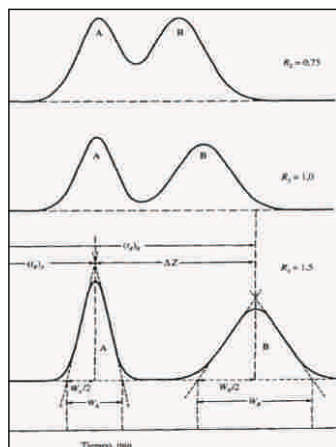


Fig.2.34. Resolución de una columna para la separación de dos analitos diferentes

c) La eficiencia se define en base a dos términos, que son medidas cuantitativas de la eficiencia de una columna: 1º la altura del plato H y 2º el número de platos N . Los dos están relacionados por la ecuación:

$$N = \frac{L}{H} \quad (\text{ec. 2.2.})$$

Cuando se analizan ácidos orgánicos en muestras complejas como las frutas, la optimización de la extracción y de las condiciones de análisis es muy importante para asegurar que el análisis es el adecuado y preciso ([Hernández y col., 2003](#)).

Tabla 2.20 Composición de ácidos orgánicos en manzanas Fuente: [Futeki y col., 1995](#).

Componente (mg/l)	Manzanas Frescas	Manzanas Almacenadas
Málico	4780-15730	2470-1339
Cítrico	263-538	321-714
Quínico	10-754	10-693
Succínico	2-28	1-51
Shikímico	1-25	1-26

Estudios en nísperos para la determinación de ácido málico, cítrico y ascórbico utilizaban una columna Ion-300 a 23°C 0.0085N de H_2SO_4 , 0,4 ml/min en un rango de longitudes de onda de entre 195-245nm fueron llevados a cabo por Glew y col., (2003).

[Hasib y col., \(2002\)](#) desarrollaron un método para la determinación de ácidos orgánicos con columna C18 en serie de forma que a 210 nm, fase móvil H_3PO_4 ajustado a 2,15 a 25°C y a 0,5 ml/min era capaz de determinar y cuantificar una mezcla de ácido de oxálico, quínico, tartárico, málico, shikímico, cítrico, succínico y fumárico estableciendo rangos de concentración lineal, % de recuperación por patrón interno y repetitividad del proceso de cuantificación.

[Casañas y col.,\(2003\)](#) analizaron el contenido de ácidos orgánicos en 5 variedades diferentes de patatas. Los ácidos analizados fueron cítrico, tartárico, oxálico, fumárico y málico. El método de extracción es similar en todos los casos y la columna cromatográfica era R-spack KC 811 (Shodex) con fase móvil H_2SO_4 . [Roth y col., \(2007\)](#) utilizaron una columna Alltech-Prevalí para ácidos orgánicos en manzanas, donde cuantifica exclusivamente ácido málico, cítrico y quínico estableciendo relaciones entre estos ácidos y el periodo de conservación. [Hudina y col., \(2000\)](#) también determinaron el contenido en ácidos orgánicos en peras utilizando una columna Aminex-HPX 87H a 0,6 ml/min, 210 nm, 65°C. Determinó málico, cítrico, fumárico y shikímico. [Nozal y col., \(1998\)](#) desarrollaron un método para la determinación de ácidos orgánicos en mieles de forma que utilizaba dos columnas una Recex Organic Acid de Phenomenex y una Spherisorb Columns. Con la primera columna se obtenían separaciones con mayor resolución. [Pérez y col., \(2004\)](#) y [Futeki y col., \(1995\)](#) determinaron el contenido de ácidos málico, cítrico, quínico, láctico, succínico y shikímico en manzanas, o [Wu y col., \(2007\)](#) que determinaron en manzanas los ácidos málico, cítrico, quínico, tartárico succínico y shikímico o [Colaric, y col., \(2007\)](#) que determinaron el contenido de ácido málico, cítrico, fumárico y shikímico en peras.

En la mayor parte de los casos se verifica que durante la maduración hay disminución de los ácidos. La proporción de los ácidos también puede modificarse durante la maduración, por ejemplo, en la manzana madura es el ácido málico el más abundante, mientras que en la inmadurez predomina el ácido quínico. (*Belitz y Grosch, 1997*).

2.5.3 DESORDENES FISIOLÓGICOS QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE MANZANAS Y PERAS

El desorden fisiológico se refiere a un trastorno o colapso de los tejidos del fruto, el cual no es causado por patógenos, productos químicos y daños mecánicos (*Jones y Aldwinckle, 2002; Montesinos y col., 2000; De la Plaza, 1986; Bertolini y col., 1997*). Las principales causas son:

- Genéticas
- Medio Ambientales
- Deficiencias nutricionales
- Manejo incorrecto de la cosecha
- Manejo incorrecto durante el almacenamiento refrigerado.

Otra clasificación para la clasificación de las fisiopatías de las manzanas y peras:

- Daños de naturaleza infecciosa ocasionados por enfermedades que son capaces de generar podredumbres por sí mismas.
- Daños de naturaleza fisiológica que corresponden generalmente a fenómenos de senescencia en general. Los frutos muy maduros o con tendencias manifiestas a maduraciones anticipadas, adelantan su descomposición, pierden textura y acidez, acabando por sufrir alteraciones generales que terminan siendo afectados por mohos presentes en el medio de manipulación normal de este tipo de productos.
- Daños de naturaleza fisiopatológica que son el resultado del impacto en la fisiología del fruto de acciones externas como pueden ser:
 - o Los impactos producidos por las temperaturas extremas para el fruto tanto en lo relativo a bajas como altas temperaturas.
 - o El impacto directo sobre los frutos del efecto de los gases, principalmente el exceso de CO₂, la falta de oxígeno o las también conocidas anomalías oxidativas propias de los escaldados.
- Daños de naturaleza traumática o tóxica provocado por fitotoxidades, golpes y heridas en los frutos.

Las fisiopatías o alteraciones fisiológicas de carácter no parasitario que aparecen durante la conservación frigorífica de pera y manzana son muy variadas, y, en la mayoría de los casos, su aparición e importancia está directamente relacionada con la interacción de diversos factores de campo (abonado, riegos, estado de madurez, etc.) y de cámara, por lo que en muchos casos es extraordinariamente difícil establecer la causa que ha provocado su aparición (*Neyraud y Dransfield, 2004; Recasens y col., 2004; Saure, 2004; Ferguson y col., 1999; Alonso, 2003*).



Fig.2.35. Deficiencia de Boro en manzana Reineta D.O. del Bierzo.



Fig.2.36. Golpe de sol y traumatismos en la manzana Reineta M.G. Valle de las Caderechas.

El bitter pit es una de las fisiopatías que más problemas causan en manzana para largos periodos de conservación, perjudicando directamente la comercialización del fruto para su consumo en fresco. De hecho, el bitter pit o depresión amarga constituye en la actualidad el principal problema fisiológico en el almacenamiento de manzanas a nivel mundial conociéndose desde hace más de 100 años. Esta afección ha aparecido de forma creciente en los últimos años en la variedad Reineta del Bierzo, siendo un problema que afecta directamente a la calidad del fruto y la valoración que de él hace el consumidor final.

La presencia del bitter pit afecta a la calidad interna y está asociada a un déficit localizado de calcio en fruto. La severidad e incidencia de este desorden varía según la magnitud del desequilibrio de calcio y el tiempo transcurrido entre cosecha y consumo final ([Aznar, 2001](#); [Vega 2000](#); [Martín y col., 1960](#)).

Son numerosas las causas que pueden derivar en una falta de calcio en el fruto que conlleve a la aparición de bitter pit. Entre otras está la presencia de nitratos, potasio, aluminio o magnesio en el suelo, minerales que intervienen en la estimulación de la absorción radicular de calcio. La carencia de boro, el nivel del pH del suelo, la falta de humedad del suelo o incluso la poda en verde son también factores que provocan pérdidas o inhiben la toma de calcio por parte del árbol. En trabajos más recientes se ha estimado que el transporte de calcio está basado en un control hormonal que inhiben la traslocación del calcio ([Saure, 2004](#); [Witney y col., 1991](#)).

Las concentraciones de minerales en la fruta consideradas mínimas para reducir el potencial de riesgo del desorden serían:

- Calcio: mayor a 5 mg/100 gff (gramos de fruto fresco).
- Nitrógeno: inferior a 24 mg/100 gff.
- Potasio: inferior a 24 mg/100 gff.
- Magnesio: inferior a 3,8 mg/100 gff.

Las concentraciones de N, K y Mg son difíciles de exigir pues restringen otros aspectos de calidad, por lo tanto el único elemento mineral de importancia para verificar la sensibilidad sería la concentración mínima de calcio en el fruto o relaciones como K/Ca, (inferior a 40) o N/Ca (inferior a 10).

El daño se inicia seis semanas después de caída de pétalo, cuando la tasa de respiración y producción de etileno aumenta, coincidiendo con un periodo de alta producción de proteínas y pectinas en la fruta. Cualquier desequilibrio mineral en este periodo produce una disminución de los niveles de calcio y aumenta la concentración de magnesio y potasio en la fruta, afectando la permeabilidad de la membrana celular. Esta anomalía produce que las células se mueran gradualmente sin mostrar síntomas antes de la cosecha. El control de bitter pit corresponde a un conjunto integrado de medidas de manejo que permitan elevar el contenido de calcio en el fruto, y complementar con aplicaciones de calcio de pre y postcosecha. Todos los manejos de precosecha que mantengan un crecimiento equilibrado y uniforme del árbol a través del tiempo y que disminuyan la competencia de calcio entre el crecimiento vegetativo y la fruta, son importantes para reducir el nivel de incidencia del desorden. Hojas grandes, expuestas o bien iluminadas provenientes de dardos vigorosos son requisitos para producir fruta con menor riesgo al desorden ([Sanz y Machín, 1999](#)).

En diversos trabajos señalados en la bibliografía se observa como la zona de cultivo tiene una clara influencia en el desarrollo de fisiopatías como el bitter pit, viéndose favorecidos por temperaturas frescas a lo largo del periodo de crecimiento del fruto.

La presencia del bitter pit afecta a la calidad interna y está asociada a un déficit localizado de calcio en fruto, aunque incidencia de este desorden, varía según la magnitud del desequilibrio de calcio y el tiempo transcurrido entre cosecha y consumo final (*Ferguson y col., 1999; Watkins y col., 2005; Wang - Petersen, 1980*).

Son numerosas las causas que pueden derivar en una falta de calcio en el fruto que conlleve a la aparición de 'bitter pit'. Entre otras está la presencia de nitratos, potasio, aluminio o magnesio en el suelo, minerales que intervienen en la estimulación de la absorción radicular de calcio. La carencia de boro, el nivel del pH del suelo, la falta de humedad del suelo o incluso la poda en verde son también factores que provocan pérdidas o inhiben la toma de calcio por parte del árbol. En trabajos más recientes se ha estimado que el transporte de calcio está basado en un control hormonal que principalmente puede ser ejecutado por giberelinas las cuales inhiben la traslocación del calcio (*Saure, 2004*).

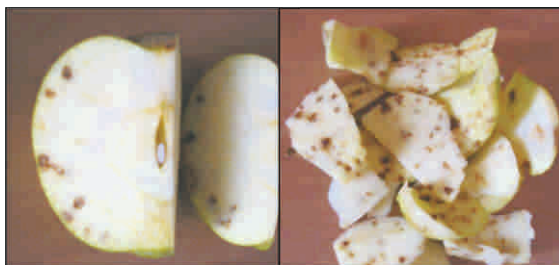


Fig.2.37. Manzana Reineta D.O. Bierzo con gran presencia de bitter pit.

Los primeros síntomas del daño se visualizan exteriormente como pequeñas depresiones de un color verde intenso, que se transforman en depresiones de 2 a 10 mm (dependiendo de la variedad) de color café y seco formando pequeñas separaciones. Hay veces que sólo se visualiza una depresión ligera en la piel sin cambio de color. Debajo de cada depresión, en la hipodermis y tejido parenquimático de la pulpa, se observa un tejido café, seco, esponjoso y de sabor amargo, producto de la muerte celular que origina pardeamiento. Comúnmente las depresiones se distribuyen alrededor de la zona calicínica del fruto. Los síntomas se pueden observar en el árbol, pero es más común que el desorden se desarrolle después de 3 o 4 meses de conservación.

Esto supone una lógica disminución del valor comercial del producto, ya que además del daño en su apariencia externa presentan un deterioro en la textura de la pulpa, pérdida del crujiente y aumento de la harinosidad.

Durante los últimos 30 años y de forma general se ha estudiado esta fisiopatía con el objeto de aliviar el problema y aunque son muchas las causas que lo desencadenan todavía no han sido establecidas las causas reales (Val y Blanco, 2000 y 2004).

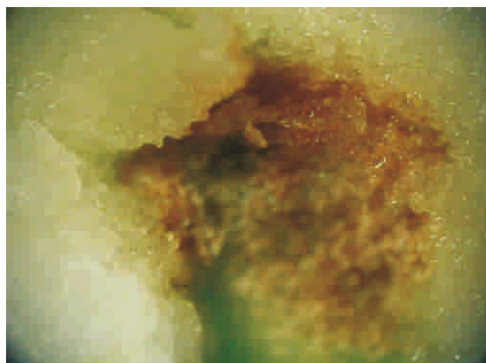


Fig.2.38. Detalle ampliado de una mancha de bitter pit en Reineta del Bierzo.

Algunas soluciones para prevenir la presencia de bitter pit son a las aplicaciones foliares de calcio en precosecha, las inmersiones de calcio (2-3% de CaCl_2) en post-cosecha y el control de la atmósfera, humedad relativa y temperatura de conservación.

La pera también sufre una serie de problemas como consecuencia de la excesiva conservación (Blay, 1988; Chervin y col., 2000; De la Plaza, 1986; Ganau y Recasens, 1999; Lammertyn y col., 2000; Herrero, 2004; Franck y col., 2007).



Fig.2.39. Detalle de corazón hueco en pera Conferencia M.G. Bierzo.

Las manzanas y las peras son productos que se adapta especialmente bien a las condiciones de almacenamiento en atmósfera controlada alargando su vida útil.

2.6 TRATAMIENTO DE DATOS. HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

En los experimentos sensoriales tienen una especial importancia los aspectos estadísticos ya que es necesario controlar un gran número de fuentes de variabilidad y además, existe un error asociado a los procesos de medida o evaluación, que afectan al desarrollo de las pruebas y a la evaluación de los jueces ([Claustriau, 2001](#)).

Una de las aportaciones de los investigadores al análisis de alimentos ha sido el empleo de la estadística para tratar de relacionar la composición de las muestras con las propiedades sensoriales ([Albisu y col., 2000](#)).

Hay muchos tipos de medidas objetivas que pueden ser correlacionadas con evaluaciones sensoriales (pH, acidez, Sólidos Solubles, color, dureza etc.). La aplicación de la estadística a los datos físico-químicos y sensoriales puede ser en general, de dos tipos:

- Decidir que parámetros de los considerados, están efectivamente involucrados en la caracterización de la propiedad sensorial del alimento o en su preferencia.
- Ofrecer información de cómo varía la preferencia y ciertas características sensoriales, en relación a la variabilidad analítica. Antes de emprender una prueba sensorial y, sin duda alguna, mucho antes de comenzar el análisis estadístico, es importante considerar exactamente que información se desea obtener de los datos ([Carpenter y col., 2000](#)).

Existen procedimientos estadísticos que analizan los datos en forma de una variable, como si cada variable fuera independiente de las otras. Este procedimiento se aplica de forma rutinaria a los datos de las pruebas sensoriales descriptivas (datos del perfil), y permite comparar los productos sobre la base de cada atributo sensorial de forma individual.

- **Ajuste normal**

Cuando se aplica análisis de varianza previamente es necesario que los residuales de los datos sigan una distribución normal. Un dato residual es el que corresponde a la diferencia entre el valor observado y el calculado mediante el análisis de forma que si el conjunto de datos residuales no se ajusta a la distribución normal, el modelo de análisis que se está utilizando no es correcto.

Siendo el objeto de la prueba evaluar la probabilidad de que dos o más muestras sean verdaderamente diferentes se plantean dos hipótesis, la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1). En un ejemplo sencillo, la hipótesis nula expresa que dos productos son idénticos y la hipótesis alternativa expresa que dos productos son diferentes. El otro aspecto útil que debe señalarse es que la significación estadística es, de hecho, una expresión sobre la probabilidad (o improbabilidad) de hipótesis nula según las pruebas ofrecidas por los datos.

- **Comparación de valores medios. Análisis de Varianza ANOVA**

Para probar si las medias de más de dos muestras son significativamente diferentes con respecto a un determinado atributo se utiliza el análisis de varianza (ANOVA).

En nuestro trabajo se analizan por separado los datos generados por cada juez con el fin de comprobar si éste es capaz de discriminar entre productos, a priori de características similares, así como los datos medios y sus desviaciones estándar. Una buena forma de seguir el rendimiento de un juez, es comprobar que las desviaciones en sus evaluaciones sensoriales son repetitivas y similares y así poder identificar a aquellos jueces que necesitan un entrenamiento adicional para determinados atributos.

El análisis de varianza puede dar un resultado global que indique si existen diferencias significativas en la puntuación media de un determinado atributo, aunque no identifica de manera exacta donde se sitúan estas diferencias: Lo que se requiere es una prueba de comparación múltiple, que compare un producto con cada uno de los otros, y analizar cada comparación desde el punto de vista de diferencias significativas. Existen diferentes pruebas de comparación múltiple que pueden utilizarse, como la de mínima diferencia Significativa de Fisher, o las pruebas de rango múltiple de Scheffé, Newman-Keuls o Duncan ([García - Villalpando y col., 2001](#); [Gualdrón y Guerrero, 2006](#)).

El test de Scheffé permite, no solo establecer contraste entre las medias sino también entre ciertas combinaciones lineales de ellas, no siendo necesario que el número de muestras sean iguales. El test de comparación múltiple de Tukey permite, como el test de Scheffé, contrastar hipótesis complejas pero requiere un número de muestras iguales, y finalmente el test de Tukey para muestras no balanceadas es el más restrictivo y no requiere un número igual de muestras a comparar.

- **Análisis de componentes principales PCA (*Principal Component Analysis*)**

Las técnicas de análisis multivariante permiten considerar las correlaciones y dependencias entre los atributos y presentar un resumen de los datos algo más sencillo que si estos se hubieran tratado mediante la vía univariante ([Villarroya et al., 2003](#)).

El análisis del componente principal (PCA) es un método de análisis multivariante que obtiene nuevas dimensiones independientes, es decir, perpendiculares, denominadas componentes principales (columnas extra en la tabla de dos direcciones), al considerar las combinaciones lineales entre las primeras puntuaciones de los atributos (columnas existentes). El procedimiento de análisis selecciona estas nuevas dimensiones según un determinado criterio; concretamente, que cada nueva dimensión debe intentar maximizar la variación explicada. El PCA es una técnica útil y adecuada para el resumen de los datos del perfil sensorial convencional, ya que ofrece un método para la representación de datos complejos (atributo múltiple) en varias dimensiones sensoriales independientes subyacentes. Autores como [Bárcenas y col., \(2000\)](#) demostraron como el análisis de componentes principales podía poner de manifiesto la existencia de uno o varios grupos altamente relacionados entre sí.

[Heenan y col., \(2008\)](#) realizaron este procedimiento para caracterizar sensorialmente diferentes tipos de pan, de forma que se distribuían las variables y las muestras en los diferentes cuadrantes del análisis de componentes principales.

El análisis discriminante debería ser empleado para identificar las variables sensoriales e instrumentales importantes y la regresión múltiple para verificar qué variables instrumentales contienen la información requerida ([Husson y col., 2007](#)).

A la hora de evaluar su calidad resulta necesario tener en consideración dichas particularidades, adaptando el tipo de análisis y los atributos incluidos en el mismo a cada producto. Es decir, que se puede llegar a conclusiones erróneas acerca de la calidad de un producto o de la influencia de un determinado factor sobre sus características si no se lleva a cabo el análisis sensorial de una manera adecuada.

DISEÑO EXPERIMENTAL

La caracterización de un alimento, en general, no es un proceso sencillo y rápido sino que es un proceso largo y complejo. Definir y describir qué características o atributos son importantes sensorialmente y cómo deben medirse no es una tarea fácil, a pesar de encontrarse generalidades ampliamente descritas en la bibliografía.

Todo este proceso, adquiere una especial importancia cuando intentamos aplicarlo en productos que evolucionan rápidamente a lo largo del tiempo como son las manzanas y peras incluidas dentro del grupo de frutas climatéricas. Las propiedades tanto sensoriales como físico-químicas se ven alteradas por los procesos de maduración, y en algunos casos, la falta de homogeneidad de las muestras y la dificultad en la utilización de referencias para los distintos atributos hace que el entrenamiento del panel de cata sea un proceso lento y complicado, aunque después, el análisis sensorial se hace una herramienta imprescindible en control de calidad de estos productos.

3.1 PLANIFICACIÓN GENERALIDADES DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental llevado a cabo en los estudios de las manzanas y peras es muy semejante en ambos casos. De forma general consiste en el desarrollo de una ficha de cata de tipo descriptivo, para su posterior aplicación en control de calidad sensorial así como una serie de análisis físico-químicos para explicar la evolución de las manzanas y peras figuras de calidad de Castilla y León.

A priori las diferencias fundamentales entre la manzana Reineta del Valle de Caderechas y del Bierzo son fundamentalmente dos, la primera de ellas es la etiqueta “figura de calidad” ya que la primera obtuvo la Marca de Garantía durante el desarrollo inicial de esta tesis y la segunda ya poseía la Denominación de Origen, y en segundo lugar, además de las diferentes condiciones agroclimáticas de ambas zonas, el tipo de conservación, ya que en la Reineta de Caderechas no se tiene control sobre la atmósfera de conservación y sí en la Reineta del Bierzo, de forma que al permanecer en cámaras de conservación controlada con modificación de la temperatura, la humedad y la composición de la atmósfera de conservación, pudiendo permanecer durante largos periodos de tiempo en buenas condiciones fisiológicas. Al alargar el periodo de almacenamiento suelen aparecer fisiopatías como el bitter pit relacionado con el contenido de calcio en el fruto y que también es objeto de nuestro análisis.

La caracterización sensorial de la Reineta del Valle de las Caderechas y del Bierzo y de la Conferencia del Bierzo se llevaron a cabo basándose, no sólo en sus propiedades sensoriales y físico-químicas en un momento determinado de su comercialización, sino que también se ha tenido en cuenta la distinta evolución de cada una de las frutas

durante el tiempo de almacenamiento ya que dependiendo de los factores de conservación, temperatura, humedad y atmósfera modificada, su resistencia o su periodo de vida útil será mayor o menor.

Para el desarrollo de las fichas de cata tanto de manzanas como de peras fue necesaria la selección y creación de panel de catadores a través de pruebas sencillas de identificación de sabores y olores y pruebas con variedades comerciales así como la utilización de test estadísticos para la interpretación de los resultados.

Con la Reineta del Valle de Caderechas, se desarrollaron varias fichas de cata hasta obtener una ficha definitiva que caracterizara sensorialmente este producto, para ello, se utilizaron muestras diferentes de la Reineta de la zona geográfica del Valle de Caderechas (Burgos) y muestras de variedades adquiridas en centros comerciales de la ciudad de Valladolid.

Además de la caracterización sensorial inicial y una vez obtenida la figura de calidad Marca de Garantía, se llevaron a cabo diferentes evaluaciones sensoriales y físico-químicas a lo largo de tres cosechas consecutivas durante cuatro periodos de almacenamiento. Posteriormente todos los datos fueron tratados estadísticamente facilitando la interpretación de los resultados obtenidos.

Para la Reineta y la Conferencia del Bierzo, también se obtuvieron sendas fichas de cata específicas utilizando el mismo procedimiento llevado a cabo con la manzana de Caderechas. Además de la caracterización sensorial de estos productos, también se obtuvo para la Conferencia M.G. Bierzo una fórmula matemática de Calidad Global Sensorial que permitía, mediante la evaluación sensorial, definir cuantitativamente la calidad del producto. Simultáneamente a las medidas sensoriales se llevaron a cabo análisis de parámetros físico-químicos así como la evaluación estadística de todos los datos generados.

Cada muestra de manzana y pera se corresponde con aproximadamente 3 kg de frutos, cantidad suficiente como para que con ellos se pudieran llevar a cabo todas las determinaciones tanto sensoriales como físico-químicas. Las muestras se codificaron y agruparon por lotes de análisis de forma que cada lote se correspondía con un conjunto de muestras analizadas en el mismo periodo de tiempo y con unas características comunes, aunque no todos los lotes contienen el mismo número de muestras.

3.1.1 MANZANA REINETA DEL VALLE DE LAS CADERECHAS.

La “Manzana Reineta del Valle de las Caderechas” llevadas a estudio, eran de la variedad *Reineta Blanca del Canadá* y *Reineta Gris del Canadá* (Fig. 3.1.), procedían de explotaciones de carácter familiar y su almacenamiento se llevaba a cabo directamente en las bodegas y en los sótanos de las casas sin ningún tipo de control de temperatura, humedad y alteración de la composición gaseosa de conservación. La característica fundamental de esta manzana es que tiene prohibido el uso de cámaras de conservación controlada disminuyendo su vida útil, pero dándole al producto un aire natural y tradicional que hace que sus características sensoriales sean muy diferentes de otras reinetas de España.



Fig.3.1. Detalle de la Reineta del Valle de las Caderechas (Burgos).

Para el desarrollo de la ficha de cata utilizada en la caracterización de la Reineta del Valle de Caderechas inicialmente se creó una lista de posibles descriptores mediante el análisis de referencias bibliográficas encontradas ([Giboreau y col., 2007](#); [Kühn y col., 2001](#); [Amos y col., 2007](#); [Carbonell y col., 2007](#); [Fillion y col., 2002](#)) y de la experiencia del jefe de panel. Posteriormente para el entrenamiento específico de los catadores y la selección de las características particulares, se creó un cuestionario donde se pidió a los jueces que seleccionaran aquellas características sensoriales más importantes para definir y diferenciar peculiaridades de dos muestras diferentes de manzana, una de la variedad Granny Smith (Comercial) y otra de la variedad Reineta Gris del Valle de Caderechas (Salas de Bureba, Burgos).

Al eliminar las variables sensoriales que no habían sido seleccionados por al menos el 60% de los encuestados se fija una ficha de cata previa que puede ser utilizada en la caracterización de la Reineta del Valle de Caderechas.

Para la caracterización sensorial de esta manzana, se realizaron pruebas con muestras procedentes de 6 localidades diferentes situadas en la zona de estudio, con el fin de homogenizar términos y buscar características similares entre ellas. Durante la cosecha 2003 se utilizó la ficha de cata previa desarrollada anteriormente para evaluar las características sensoriales de un total de 46 muestras (n) proporcionadas por los responsables de la “Promotora para la Marca de Garantía Manzana Reineta del Valle de Caderechas”: Blanca Salas de Bureba (n=8, BSB), Blanca Cantabrana (n=4, BCA), Blanca Rucandio (n=5, BRU), Blanca Aguas Cándidas (n=3, BAC), Blancas Madrid de Caderechas (n=5, BMC), Blanca Hozabejas (n=4, BHZ), Gris Rucandio (n=8, GRU), Gris Aguas Cándidas (n=3, GAC) y Gris Salas de Bureba (n=6, GSB).

Todas las muestras eran conservadas en refrigeración a 7-8°C hasta ser analizadas en el “Laboratorio Físico-Químico y Sensorial” del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (Itacyl) situado en Valladolid, y atemperadas a 20°C durante al menos dos horas antes de realizar cualquier tipo de análisis. Las manzanas en cualquier caso debían analizarse en un periodo máximo de 10 días desde la recepción para evitar modificaciones de las propiedades por el proceso normal de maduración.

El panel de cata que desarrollaba las pruebas estaba formado por 8-12 catadores entrenados, analizando todas las muestras por triplicado en sesiones diferentes y no más de 5 muestras por sesión para evitar la fatiga sensorial.

Para simplificar la ficha de cata previa se llevó a cabo una reducción de descriptores con diferentes técnicas estadísticas de análisis de varianza y análisis de componentes principales utilizando además de las manzanas Reinetas de Caderechas, 4 muestras de manzanas comerciales de las variedades Fuji (FUJ), Verde Doncella (VED) y Granny Smith (GSM) y Reineta comercial (RCO) adquiridas en diversos centros comerciales hasta obtener la ficha de cata definitiva.

Una vez obtenida la Marca de Garantía en el año 2004 se llevó a cabo un estudio de la evolución de estas manzanas durante el proceso de comercialización. El Consejo Regulador era el responsable de seleccionar las muestras y enviarlas al Itacyl (Valladolid) a lo largo de 3 cosechas consecutivas 2005, 2006 y 2007 en cuatro periodos de tiempo 1 mes desde la recolección, 2, 3 y 4 meses, aunque según el Reglamento de Uso de la Marca estas manzanas podrían comercializarse durante un mayor periodo de tiempo. En este trabajo el panel de cata formado por entre 8 y 12 catadores analizó utilizando la ficha de cata definitiva un total de 90 muestras de manzanas por duplicado. En todos los casos, se analizaron los resultados como media de los valores y analizando posteriormente los datos mediante el análisis de varianza (ANOVA) y test de Tukey para muestras no balanceadas.

Durante el periodo de comercialización de la manzana Reineta M.G. Valle de las Caderechas también se llevaron a cabo medidas físico-químicas de parámetros tradicionales de control de la calidad en frutas tales como Sólidos Solubles ($^{\circ}$ Brix), pH, Acidez Total (g/l), Dureza (kg) y parámetros de color L^* , a^* , b^* , $^{\circ}$ Hue y Cromaticidad (C^*). En todos los casos, se analizaron tres muestras de manzanas de cada periodo de análisis y cosecha expresando los resultados como valores medios y la desviación estándar y analizando posteriormente los datos mediante el análisis de varianza (ANOVA) y test de Tukey.

En la Fig.3.2 se muestra el esquema de trabajo llevado a cabo con la manzana del Valle Caderechas, antes y después de obtener la Marca de Garantía.

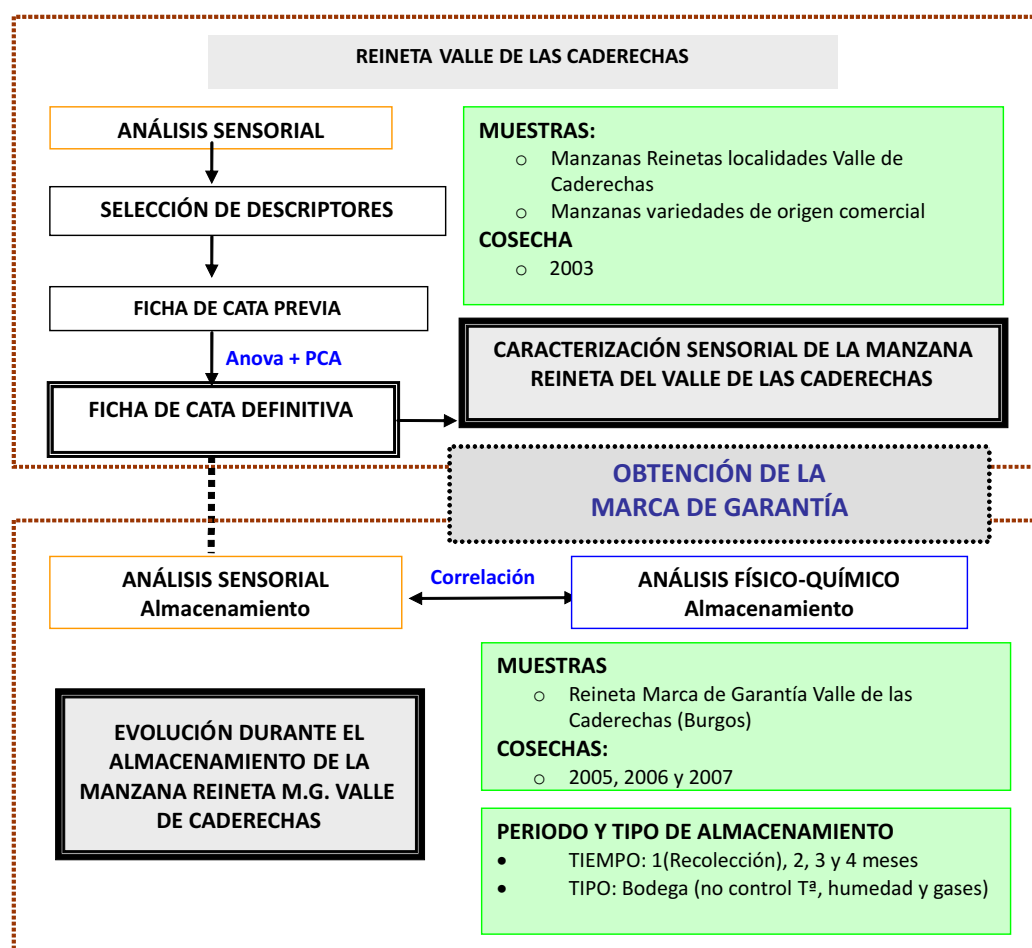


Fig.3.2. Esquema general del proceso experimental llevado a cabo para la manzana Reineta del Valle de las Caderechas (Burgos).

3.1.2 MANZANA REINETA DEL BIERZO

Aunque en el Reglamento de la D.O. se establecen unos requerimientos mínimos de calidad comercial, en este trabajo se pretendió caracterizar las características sensoriales y la evolución de los parámetros físico-químicos establecidos por el Consejo Regulador, a lo largo del proceso de almacenamiento del producto tras permanecer en cámaras de conservación controlada. Tratándose de un producto de alta calidad reconocida con la Denominación de Origen, es importante que independientemente de las variaciones agroclimáticas, el consumidor perciba siempre las mismas características que identifican el producto.

Para la caracterización sensorial de la “Manzana Reineta D.O. Bierzo”, se dispuso de muestras pertenecientes a la variedad *Reineta Gris del Canadá* y *Reineta Blanca del Canadá* almacenadas en cámaras de atmósfera controlada con control de la composición gaseosa (3-4% O₂, 1-2% CO₂), de la humedad (90-95% HR) y de la temperatura (1,5±0,5 °C), situadas en la localidad de Carracedelo en León.

Las muestras de manzanas de entre 2 y 3 kg cada una, eran enviadas periódicamente por los técnicos del Consejo Regulador al laboratorio del Itacyl en Valladolid en los momentos de apertura de las cámaras para su distribución en los mercados durante el proceso de comercialización, y de esa forma, poder evaluar la calidad real de las manzanas que llega al consumidor.

Las muestras eran codificadas a la entrada del laboratorio y posteriormente eran introducidas en cámaras de frío normal a 7-8 °C hasta su análisis, pasando 2 horas a 20 °C antes de la realización de cualquier análisis ya fuese sensorial o físico-químico, por un periodo máximo de 2 semanas.

Para la elaboración de la ficha de cata previa para la Reineta del Bierzo se utilizaron algunos de los descriptores seleccionados por el jefe de panel de cata en función de los resultados obtenidos con las manzanas Reinetas del Valle de las Caderechas. Para la reducción de descriptores de esa ficha de cata previa, se empleó el panel formado por siempre por al menos 8-10 catadores/sesión y con no más de 5 muestras/sesión utilizando manzanas de 6 variedades, Red Chief, Golden, Royal Gala, Granny Smith, Verde Doncella y Fuji adquiridas en fruterías de Valladolid, aunque también se utilizó 1 muestra de manzana Reineta del Bierzo y dos muestras de Reineta de

Valle de Caderechas (blanca y gris) enviadas directamente por los Consejos Reguladores. Todas las muestras eran analizadas por triplicado aunque para el análisis estadístico se trabajaba directamente con la media de esos valores. Para reducir el número de descriptores sensoriales se utilizaron técnicas estadísticas de PCA (análisis de componentes principales) y ANOVA (análisis de varianza). Además de la medida de las variables sensoriales se analizaron en esas mismas muestras de manzanas las variables físico-químicas tradicionales Peso de Muestra, Sólidos Solubles (°Brix), pH, Acidez Total, Dureza y parámetros colorimétricos (L^* , a^* y b^*).

Una vez obtenida la ficha de cata definitiva y para comprobar si sus descriptores eran capaces de discriminar entre muestras de Reinetas de diferentes localizaciones, se analizaron un total de 5 muestras diferentes adquiridas en centros comerciales con identificación de la procedencia según su etiquetado en el momento de la compra, Bierzo, Caderechas, Aragón, Castilla y León y España, utilizando el panel de cata, con 5 muestras máximo/sesión, analizando cada muestra por triplicado.

Posteriormente, se pasó al estudio de la calidad sensorial de un total de 60 muestras analizadas por duplicado, expresando el resultado como el valor medio de todas las muestras analizadas por lote y la desviación estándar de las tres repeticiones, a lo largo de 3 cosechas consecutivas 2005, 2006 y 2007, durante su almacenamiento en las cámaras de conservación del Bierzo, en dos periodos diferentes de control a los tres meses (inicial) y a los 8 meses (final) desde la recolección. Generalmente, estas manzanas no presentan una madurez sensorial óptima después de la recolección, ya que se cosechan en un estado de premadurez fisiológica para permanecer almacenadas durante largos periodos de tiempo, como consecuencia de ello, sus características sensoriales después de la recolección no son las adecuadas para la evaluación sensorial y es necesario esperar 3 meses para comenzar con los controles.

Además de la evaluación de las medidas sensoriales llevadas a cabo en la Reineta del Bierzo a lo largo de tres cosechas consecutivas, también se analizaron las características físico-químicas: Peso de Muestra, Sólidos Solubles (°Brix), pH, Acidez Total (g/l), Dureza (kg) y parámetros de color (L^* , a^* y b^*), para un total de 74 muestras distribuidas en tres periodos de análisis, etapa inicial 0M inmediatamente después de la recolección, 3M correspondiente a las muestras almacenadas 3 meses en cámaras de conservación de atmósfera controlada y etapa final 8M tras permanecer 8 meses almacenadas en cámaras de conservación. Durante la cosecha 2005 se analizaron un total de 26 muestras, en 2006, 22 y en 2007, 26 siendo todas las muestras de manzanas analizadas por duplicado en sesiones diferentes.

Así mismo, en las instalaciones del Instituto del Frío (CSIC, Madrid), se estudió la evolución de las propiedades sensoriales y físico-químicas simulando en laboratorio dos tipos de conservación, frío normal (FN= 21% O₂ y 0,1% CO₂, T^a 1,5 °C, HR 90%) y atmósfera controlada. Esta última, aunque muy similar a la utilizada habitualmente en las cámaras del Bierzo, presentaba una concentración en la composición gaseosa ligeramente diferente a la original y por ello se denominó para diferenciarla “atmósfera controlada modificada” AC_{modificada} = 4% O₂ y 3% CO₂, T^a 1,5 °C, HR 90%). Se analizaron 28 muestras de manzana Reineta del Bierzo, 12 de las muestras eran almacenadas en atmósfera controlada (AC) y 12 almacenadas exclusivamente en cámaras de frío normal (FN). Las muestras se analizaron durante cuatro periodos de tiempo diferentes, después de la recolección (0M), a los dos meses desde la recolección (2M), a los cuatro (4M) y seis meses (6M), expresando los valores como valores medios de todas las repeticiones.

Comparación Bierzo-Caderechas: Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante la medida de las propiedades sensoriales de la Reineta del Bierzo, éstos fueron comparados con los obtenidos durante la evolución sensorial de la Reineta del Valle de Caderechas para buscar diferencias y similitudes a lo largo de tres cosechas consecutivas 2005-2007 en las etapas inicial y final de cada una de ellas, a pesar de las diferencias propias de ambos productos (almacenamiento y condiciones agroclimáticas de desarrollo).

- **Caderechas:** La etapa inicial se corresponde con el periodo de tiempo inmediatamente después de la recolección y etapa final tras permanecer 4 meses en bodega.
- **Bierzo:** La etapa inicial se corresponde con el periodo de tiempo 3 meses en almacenamiento en atmósfera controlada y etapa final tras 8 meses en conservación, (AC_{original} = 3% O₂ y 2% CO₂, T^a 1,5 °C, HR 95%)

Dentro de las medidas físico-químicas realizadas a la Reineta D.O. Bierzo también se tuvieron en cuenta tres aspectos de interés para la caracterización de la misma: la tasa de respiración a T^a ambiente (20°C) y a baja temperatura (1,5 °C), el contenido en almidón así como la relación entre una escala cualitativa y una cuantitativa desarrollada específicamente para las manzanas Reinetas del Bierzo, y finalmente la presencia de bitter pit y su relación con el contenido mineral en distintas etapas de crecimiento del fruto y durante su almacenamiento.

La *tasa de respiración* (producción de etileno y CO₂) se realizó para una única muestra de manzana Reineta D.O. Bierzo de la cosecha 2006 a dos temperaturas 20 °C como temperatura ambiente y 1,5 °C como temperatura de almacenamiento en frío normal, en ambos casos con atmósfera normal de conservación (21% O₂ y 0% CO₂) desde la recolección hasta la aparición del pico climatérico y su estabilización, para simular al fruto en un periodo de comercialización.

Aunque el *contenido de almidón* es una medida habitual para determinar el estado óptimo de maduración de las muestras antes de la recolección, en este estudio, ante la dificultad de obtener manzanas antes de la recolección con distinto contenido en almidón se utilizaron manzanas que una vez recolectadas habían sido sometidas a un almacenamiento para favorecer la maduración de las mismas. Para el desarrollo de una escala específica para la medida de almidón, se analizaron 4 muestras de Reineta D.O. Bierzo justo después de la recolección (medida 1) y después de dos semanas de almacenamiento a 20 °C (medida 2) utilizando dos métodos analíticos, el primero de ellos cualitativo de tinción con yodo-yoduro y el segundo cuantitativo de tipo enzimático. Posteriormente, mediante técnicas estadísticas de correlación se han asociado ambos métodos creando un modelo específico para la manzana Reineta D.O. Bierzo.

La determinación del *% de muestras afectadas por bitter pit*, se llevó a cabo de forma visual para 30 muestras de manzana D.O. Bierzo analizadas físico-químicamente durante las cosechas 2005 y 2006. Para identificar el % de muestras afectadas por bitter pit se consideró como valor positivo aquella muestra que tuviese al menos un fruto dañado. Cuando una muestra contiene bitter pit generalmente todas las manzanas de esa muestra estarán también afectadas por la misma fisiopatía.

Para el análisis de los resultados las muestras se agruparon en lotes/año y se compararon las distintas etapas de control después de la recolección (0M) y a los 8 meses en conservación (8M).

Ya que la calidad de las manzanas, la incidencia de fisiopatías y su aptitud frente a la conservación frigorífica, están muy relacionadas con los contenidos de nutrientes que poseen estos frutos y los equilibrios existentes entre ellos (*Casero y col., 1999*) se llevaron a cabo determinaciones del contenido mineral durante la temporada 2005, para ello se tomaron muestras de agua, suelo, y material vegetal (hojas y frutos) de una parcela de manzanos situada en el municipio de Carracedelo del Monasterio (León) de

1,15 Ha de superficie, con un marco de plantación de 4 x 1,5 m y durante la producción del 2006 se analizó únicamente el análisis del contenido de calcio y magnesio durante el desarrollo del fruto floración, cuajado y precosecha, ya que estas fases del cultivo, son las más importante tanto en la traslocación como en la acumulación de nutrientes como el calcio. Esto podría ser utilizado para predecir la aparición del bitter pit en las manzanas antes de la conservación durante largos periodos de tiempo de tal manera, que pudieran ser separados los lotes con problemas y tratados con calcio postcosecha para reducir el índice de fisiopatías relacionadas con este déficit.

Para asociar la presencia del bitter pit durante la conservación de los frutos también se midió el contenido en calcio, potasio y magnesio de una muestra representativa de manzana Reineta D.O. Bierzo, en dos periodos distintos de análisis, después de la recolección y al cabo de dos meses en conservación en atmósfera controlada para la cosecha 2006.

A continuación se detalla en la Fig. 3.3 un esquema del proceso llevado a cabo en el estudio y análisis de la manzana Reineta D.O. Bierzo.

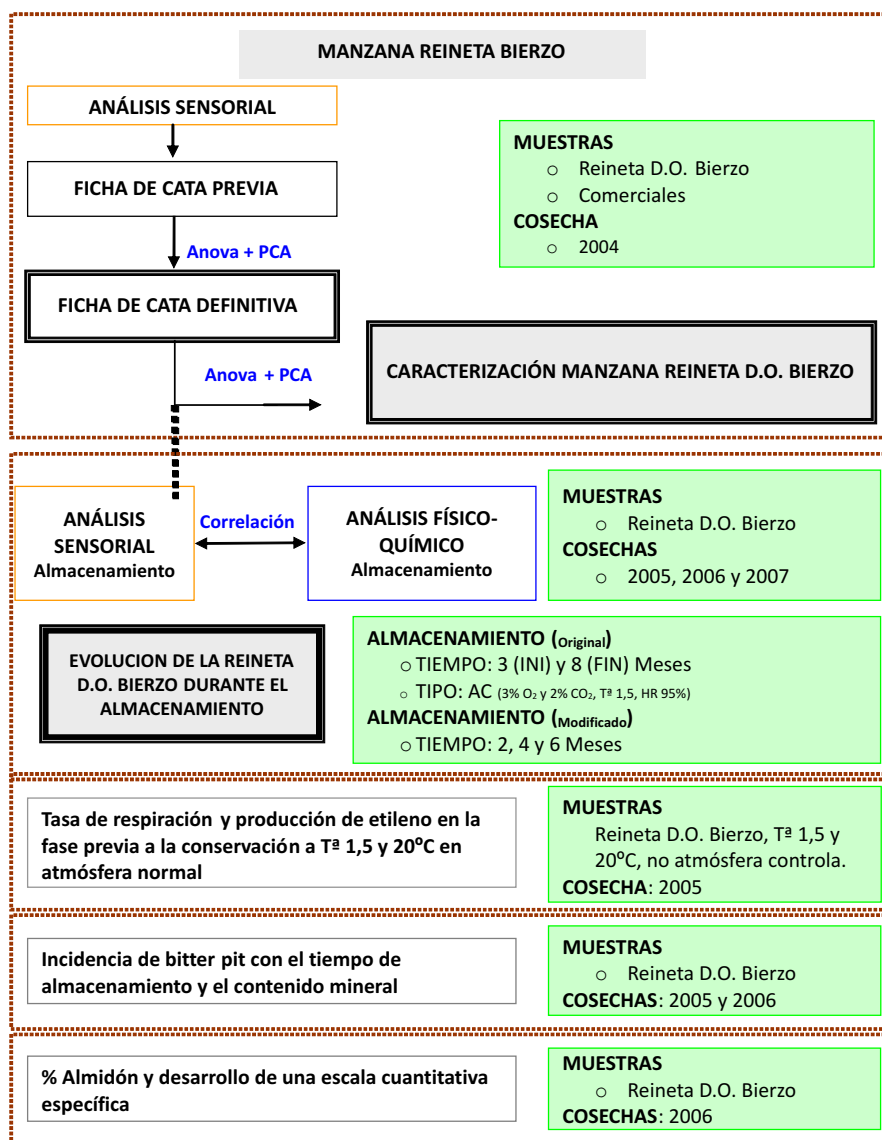


Fig.3.3. Esquema general del proceso experimental llevado a cabo para Reineta del Bierzo (León).

3.1.3 PERA CONFERENCIA DEL BIERZO.

La pera Conferencia del Bierzo, aunque poseen la figura de calidad institucionalmente reconocida con la Marca de Garantía, es necesario que sus características sensoriales y físico-químicas estén apoyadas por un estudio científico contrastado.

El procedimiento experimental que se siguió fue similar al seguido en los casos anteriores. Aunque la Pera Conferencia poseía la Marca de Garantía, no disponía de una ficha de cata específica para asegurar la calidad sensorial del producto frente al consumidor.

Las peras de la marca pertenecen a la variedad Conferencia (Fig.3.4), y fueron proporcionadas por los técnicos del Consejo Regulador “Pera Conferencia Marca de Garantía Bierzo” desde la recolección, entre Septiembre y Octubre, hasta el final del almacenamiento a finales de Mayo. Las cámaras de conservación se encuentran en la localidad de Carracedelo (León) y las condiciones de conservación fueron entre $0\pm0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, un 90-95% de humedad relativa y una atmósfera gaseosa compuesta por 3 % O_2 y 2 % CO_2 .

Las muestras de peras, formadas cada uno de ellas por 2-3 kg de peras, eran enviadas desde el Bierzo al laboratorio del Itacyl en Valladolid justo en el momento de apertura de las cámaras de conservación para su distribución en los mercados nacionales. Las muestras se codificaban a la entrada del laboratorio y se introducían en cámaras de frío a $7-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis por periodos de tiempo que no superasen las 2 semanas para evitar la maduración de las mismas. En todos los casos las peras debían atemperarse a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante al menos 2 horas antes de cualquier tipo de análisis.

El procedimiento que se siguió para obtener la ficha de cata definitiva y la caracterización sensorial de la pera M.G Bierzo fue muy similar al utilizado en los casos anteriores. Primero fue necesario elaborar una ficha de cata previa utilizando descriptores encontrados en bibliografía y preguntando a los catadores que seleccionasen de una lista de descriptores aquellos que considerasen importantes para definir la calidad sensorial de las peras. Estas entrevistas se llevaron a cabo en dos sesiones de cata utilizando dos muestras de referencia, una de la variedad Conferencia del Bierzo y otra pera comercial de la variedad Blanquilla.

Una vez seleccionados los descriptores, se creó una ficha previa que se utilizó para analizar 6 muestras de peras de las variedades adquiridas en centros comerciales identificadas por su etiqueta como Conferencia, Blanquilla, Limonera, Buena Luisa, Ercolini y Leclerc a lo largo de 6 sesiones de cata con un máximo de 3 muestras/sesión de forma que cada muestra fuese analizada al menos tres veces por el panel de catadores

entrenados (8-10 catadores). Para reducir la ficha de cata se utilizaron técnicas estadísticas como el PCA y ANOVA seleccionando aquellos descriptores que más información aportaran del producto obteniendo finalmente la ficha de cata definitiva.

Para confirmar el correcto entrenamiento del panel de cata y el buen funcionamiento de la ficha de cata definitiva para peras, se llevaron a cabo cuatro nuevas sesiones de cata con el panel formado por 8-10 catadores, y utilizado lotes de peras de la variedad “*Conferencia*”, de distintas procedencias según la referencia encontrada en la etiqueta, Castilla y León, Aragón, Lérida y comercial (sin identificar su procedencia), una Conferencia M.G. Bierzo, todas ellas analizadas por triplicado.

Además de obtener una ficha de cata definitiva que describiese las propiedades sensoriales de la pera Conferencia del Bierzo, se consideró interesante obtener una fórmula matemática que definiese la calidad sensorial de forma cuantitativa, para ello se llevaron a cabo una serie de sesiones de cata descriptivas y de ordenamiento por preferencias con muestras de peras de variedades Blanquilla, Decana de Comicio, Ercolini, Conferencia Bierzo, General Leclerc, Rocha, Limonera y Conferencia de Lérida, de Palencia y del Rincón del Soto (D.O). Se llevaron a cabo 8 sesiones de cata con un máximo de 5 muestras/sesión, de forma que cada muestra era analizada por triplicado siendo imposible realizar un mayor número de repeticiones ya que las peras de variedades comerciales evolucionan más rápidamente que las peras de la variedad Conferencia del Bierzo. A todos los datos obtenidos se les aplicó un análisis estadístico de regresión múltiple para obtener la ecuación matemática que define la calidad sensorial de la Conferencia M.G. Bierzo.

Al igual que en los casos anteriores, también se estudió la evolución de las propiedades sensoriales y físico-químicas durante el almacenamiento de la pera Conferencia del Bierzo en las cámaras de conservación. Se examinaron un total de 92 muestras distribuidas en 4 cosechas consecutivas: 2004 (25 muestras), 2005 (21 muestras), 2006 (24 muestras) y 2007 (22 muestras), para tres periodos distintos de análisis dentro de la misma cosecha.

En las pruebas sensoriales se utilizó la ficha de cata definitiva analizando las muestras en diferentes periodos de almacenamiento, el primero de ello se realizó después de dos meses en conservación y se denominó etapa inicial (2M), el segundo control se estableció a los 4 meses y se denominó etapa media (4M) y el tercer y último periodo de análisis coincidió con la etapa final de almacenamiento (8M). Al igual que la

manzana Reineta del Bierzo, no se pudo llevar a cabo el análisis sensorial de las muestras inmediatamente después de la recolección ya que las muestras se recolectan poco maduras para alargar su vida útil en cámaras de conservación y no poseen madurez sensorial. En el tratamiento estadístico de los datos se agruparon las muestras por lotes de meses y cosechas llevándose a cabo ANOVA y test de Tukey.

Además de las medidas sensoriales también se llevaron a cabo medidas físico-químicas a lo largo de tres periodos: antes de la entrada en cámaras ya que en este caso sí son importantes las medidas físico-químicas de Sólidos Solubles (°Brix), Acidez Total y Dureza ya que las muestras deben poseer unos valores mínimos según los límites establecidos por el reglamento de la Marca de Garantía, tras permanecer 4 meses en almacenamiento en cámaras y al final del almacenamiento (8M) aunque en estos dos casos no se establecían unos valores mínimos exigibles por el reglamento. Se analizaron la variables peso de muestra, Sólidos Solubles (°Brix), pH, Acidez Total (g/l), Dureza (kg) y color a través de las variables L^* , a^* , b^* , C^* y h^* . A todos los resultados obtenidos se les aplica un análisis de varianza para el estudio de las diferencias estadísticas.

Con la gran cantidad de datos generados, tanto en el análisis sensorial como en el físico-químico, se realizó una correlación estadística para buscar relaciones entre ambos grupos de medidas con el fin de establecer similitudes y relaciones entre ellas.

También se estudió la evolución de las propiedades sensoriales a lo largo de la simulación de un periodo comercial de 26 días a 20°C, tras haber permanecido 4 meses en atmósfera controlada (AC, 3% O₂ y 2% CO₂ y 0°C) durante la cosecha 2006. Para ello se analizaron por duplicado 4 muestras de pera conferencia M.G. Bierzo a los 5, 7, 12, 14, 19, 21 y 26 días, utilizando la ficha de cata definitiva y con la participación del panel de cata formado por 8-10 catadores.

Así mismo se estudió la *tasa de respiración* durante el almacenamiento en frío ($1\pm0,5^\circ\text{C}$) y a temperatura ambiente (20°C) con atmósfera normal de conservación (aire normal), para analizar el tiempo que transcurre hasta la aparición del pico climatérico y su relación con las propiedades sensoriales.

Por último, se determinó el contenido de *ácidos orgánicos por HPLC* en una única muestra de peras de las variedades comerciales Ercolini, Leclerc, Blanquilla y Limonera, y una muestra de pera Conferencia del Bierzo para buscar relaciones entre los ácidos minoritarios y alguna de las propiedades sensoriales analizadas.

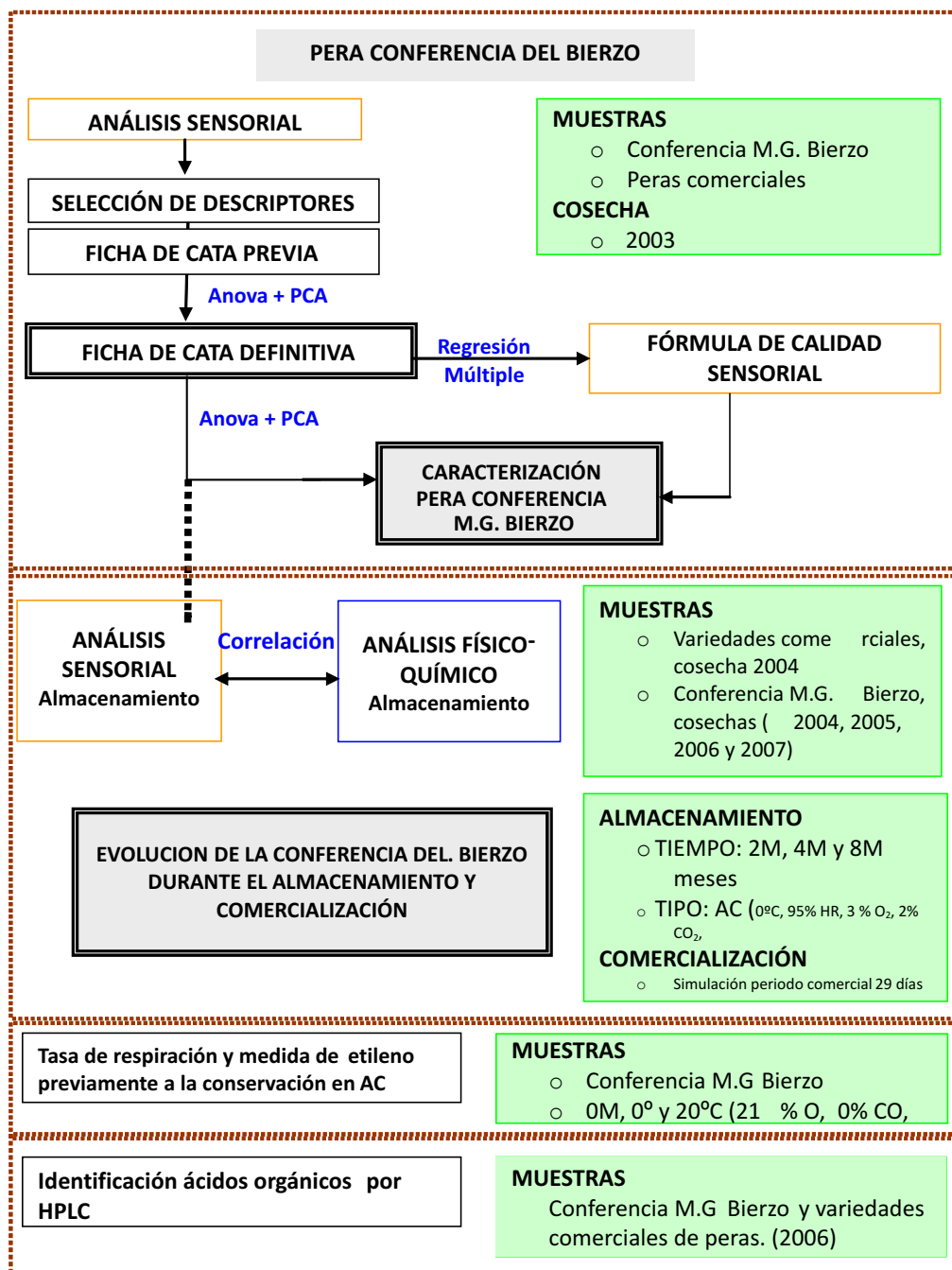


Fig.3.4. Esquema general del proceso experimental llevado a cabo para la Conferencia M.G. del Bierzo (León).

3.2 METODOS ANALÍTICOS

3.2.1 TECNICAS ANALITICAS SENSORIALES

La evaluación sensorial es un instrumento fiable que permite medir la calidad de los alimentos a través de los atributos que definen el producto y la validez de éstos, no depende sólo del método aplicado sino de quién lo aplica y cómo lo aplica.

El primer aspecto metodológico es la formación de un jurado de catadores y la organización de las catas para el estudio de las características sensoriales que describen el producto, para ello, es necesario realizar previamente una preselección de los descriptores generales ayudados no sólo por la bibliografía sino también por la experiencia del jefe de panel de cata y de los datos suministrados por el Consejo Regulador (en su caso). Es necesario crear una ficha de cata inicial con un glosario de términos provisionales con descriptores de aspecto visual, olor, sabor, textura y sensaciones residuales para finalmente mediante técnicas estadísticas obtener la ficha de cata definitiva que mejor describa las características sensoriales del producto.

3.2.1.1 FORMACIÓN DE UN PANEL DE CATA.

Para proceder a la formación del panel de cata entrenado para manzanas y peras de Calidad de Castilla y León, se siguió el esquema de trabajo que se muestra en la Fig.3.5.

En la primera etapa se llevó a cabo un reclutamiento interno entre los miembros del personal del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (Itacyl) según la norma *UNE 87024-1-95*.

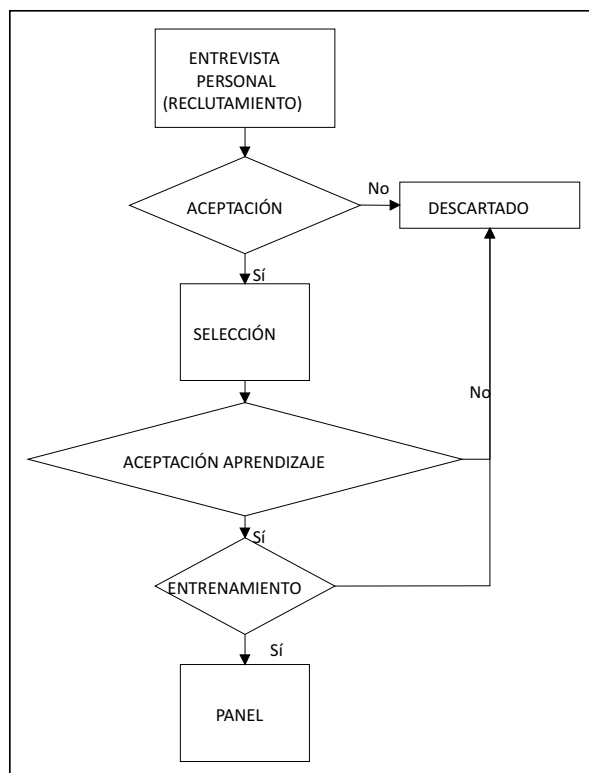


Fig.3.5. Etapas para la formación de un panel de cata.

a) Selección de catadores

Se llevaron a cabo una serie de entrevistas y se cumplimentaron cuestionarios como el de la Fig.3.6, comprobándose la disponibilidad, el interés y la experiencia previa en análisis sensorial de los aspirantes, así como posibles alergias alimentarias, la aversión a determinados alimentos, las enfermedades y la disponibilidad laboral para poder participar en las diferentes sesiones de cata. En estas primeras etapas es necesario que haya un número de candidatos dos o tres veces mayor al requerido, ya que muchos de los catadores son descartados en las pruebas posteriores.

Finalmente, los individuos que hubieron superado todas las pruebas pasaron a la fase de entrenamiento específico con muestras de variedades diferentes de manzanas y peras. En este tipo de entrenamiento los catadores debían determinar y cuantificar las diferencias sensoriales de los diferentes productos.

ENCUESTA**Nombre y Apellidos** _____**Fecha** _____**Correo electrónico y teléfono** _____/_____**Sexo** Mujer / Hombre**Edad** _____Conteste ahora, por favor, a las siguientes preguntas: Sí/No**1.** ¿Le gustaría colaborar análisis sensorial? (Sí/No) _____/_____**2.** ¿Considera que el trabajo que se va a realizar puede ser importante para mejorar la calidad de los alimentos en su región? (Sí/No) _____/_____**3.** ¿En caso afirmativo, indicar las razones? (Describa el interés que puede tener la valoración de cualquier alimento, e incluso, en su opinión, desde el punto de vista de sus características sensoriales.) _____**4.** No olvide que en este trabajo tendrá que probar diferentes frutas cuando sea requerido para ello. ¿Le desagrada hacerlo? (Sí/No) _____/_____**5.** ¿Le gustaría comparar su habilidad olfato-gustativa con la de sus compañeros? (Sí/No) _____/_____**6.** ¿Tiene tiempo disponible? (Sí/No) _____/_____**7.** ¿Cree que si reiteradamente y en días sucesivos, se tuviera que ausentar en algunos casos durante una media hora de su trabajo habitual, su jefe le permitiría participar en esta tarea? (Sí/No) _____/_____**8.** ¿Estaría dispuesto a recuperar el tiempo con el fin de recuperar las ausencias de su trabajo ordinario? (Sí/No) _____/_____**9.** ¿Tiene aversión por algún tipo de alimento? (Sí/No) _____/_____**10.** ¿Fuma? (Sí/No) _____/_____**11.** ¿Tiene algún tipo de alteración, alergia o defecto físico (pérdida de olfato, daltonismo, etc.)? (Sí/No) ____/____**12.** En caso afirmativo indique cual es la alteración y su grado de incidencia _____**Fig.3.6. Cuestionario utilizado en el reclutamiento de catadores.**

Después de las entrevistas personales y en función de los resultados, se pasó a la fase de aprendizaje donde se realizaron pruebas sencillas de análisis sensorial de reconocimiento de sabores, olores y texturas, así como sesiones formativas sobre aspectos generales de análisis sensorial, vocabulario, tipos de pruebas, etc. Aquellos que no superaron con éxito estas pruebas, fueron descartados pudiendo pasar nuevamente a la etapa de selección en el caso de que fuese necesario.

En esta etapa fueron seleccionados un total de 18 personas que pertenecían a la Subdirección de Investigación y Tecnología y a la Subdirección de Calidad del Itacyl.

Una vez que se llevaron a cabo todas las pruebas para el entrenamiento del panel de cata, éste se definió con 10 personas de las cuales un 60% eran mujeres y un 40% hombres, con edades comprendidas entre 24 y 38 años, y que fueron adiestrados específicamente durante 3 meses. Todas las pruebas fueron llevadas a cabo en la sala de catas del Itacyl que se describe a continuación.

b) Sala de catas

Para la realización de las pruebas sensoriales se dispuso de una sala de cata normalizada según la norma *UNE-87-001-94* (Fig. 3.7). La instalación era tranquila sin ruidos ni vibraciones, los colores de las paredes eran blancos y la iluminación era natural con la posibilidad de utilizar luz artificial.



Fig.3.7. Sala de cata normaliza UNE-87-001-94 del ITACYL.

Las 10 cabinas individuales de las que disponía la sala de catas del Itacyl, tenían también luces complementarias de color verde y rojo, grifo de agua, enchufe, y trampilla para facilitar el paso de las muestras sin interferir en el proceso de cata.

La temperatura y la humedad relativa de la sala eran controladas con termómetros e higrómetros para mantener en todo momento las condiciones ambientales de confortabilidad durante los ensayos, entre 20 y 22°C de temperatura y de entre 60 y 70% de humedad relativa.

c) Tipos de pruebas sensoriales

Los jueces durante el entrenamiento fueron sometidos a una serie de pruebas de reconocimiento e identificación de sabores fundamentales para detectar la capacidad de percepción y de discriminación.

Fue muy importante familiarizar a los individuos en el procedimiento de evaluación sensorial y mejorar la habilidad para reconocer, identificar y cuantificar los atributos sensoriales, ya que el objetivo de las pruebas era que los juicios fuesen precisos y reproducibles y así homogenizar las respuestas del equipo.

Se realizaron pruebas de ordenación, de preferencia y triangulares que son utilizadas habitualmente para la formación de catadores ([Anzaldúa-Morales, 1994](#)). Se aplicó la norma *UNE 87-003-95* para evaluar la detección de los cuatro sabores básicos y también para discriminar e identificar con escalas los diferentes parámetros de textura, evaluando alimentos de uso cotidiano como patatas fritas, galletas, queso y caramelos.

Las pruebas sensoriales que se llevaron a cabo, tenían una duración aproximada de 20 a 25 minutos con un número máximo de 6 muestras por día para evitar la “fatiga sensorial” en los catadores. La presentación de los productos era programada con carácter aleatorio y se realizaba con las muestras codificadas para evitar errores como los que fueron descritos en la página 46. La codificación de las muestras se llevó a cabo mediante un programa de generación de códigos aleatorios de números con un máximo de 3 cifras ([Stone y Sidel, 1995](#)).

Todas las pruebas que se utilizaron están basadas en las normas: *UNE 87-003-79*, *UNE 87-006-92*, *UNE 87-024-1:95*, *UNE 87-020-93*, *UNE 87025-96*, *UNE 87-001-94* y *UNE 87-008-92*.

c.1) Detección de gustos básicos

Las pruebas de identificación de sabores se llevaron a cabo durante 6 semanas en las cuales se suministró a los jueces en diferentes sesiones, una serie de disoluciones para identificar los sabores fundamentales dulce, ácido, salado y amargo. Para ello se preparó una serie de disoluciones disolviendo sacarosa, cloruro sódico, ácido cítrico y cafeína (Panreac) en agua mineral natural (Bonaqua) que se presentaron en unos vasos de plástico blanco de 50 ml de capacidad debidamente codificados con números de tres dígitos. Las concentraciones utilizadas fueron lo suficientemente elevadas como para poder ser detectarlos fácilmente: sacarosa (8 g/l) para el dulce, cloruro sódico (1,5 g/l) para el salado, ácido cítrico (0,5 g/l) para el ácido y cafeína (0,05 g/l) para el amargo ([Gonzalez y col., 2002](#)).

También se introdujeron aleatoriamente muestras repetidas y vasos con agua para evitar eliminar respuestas por descartes. En total se presentan 7 vasos en cada sesión, 4 con las disoluciones de sabores, dos repeticiones aleatorias y un vaso que contenía agua.

Cada vez que los candidatos probaban una disolución debían marcar en un impreso (Fig.3.8) la casilla correspondiente al sabor identificado, o también podían marcar la opción de sabor no identificado. No había tiempo límite y cada solución se podía probar cuantas veces quisiera cada individuo, pero siguiendo el orden de presentación y sin volver a muestras probadas previamente ([UNE 87-003-95](#)).

Nombre y Apellidos _____						
Fecha _____						
Ud. Ha recibido 7 muestras, pruébelas cuidadosamente de izquierda a derecha, comenzando por la primera de la izquierda y continúe en orden sucesivo. Marque con una "X" en cuales de las disoluciones detecta un sabor diferente del agua, continúe probando el resto de disoluciones hasta que confirme el sabor y anote el sabor identificado						
Código Muestra	No identificado	Agua	Ácido	Amargo	Dulce	Salado
124						
325						
962						
021						
751						
223						
632						

Fig.3.8 Cuestionario utilizado para la identificación de sabores fundamentales.

Se realizaron 3 pruebas de este tipo a cada uno de los jueces para comprobar el grado de sensibilidad. Al final de cada sesión se comentaba con los jueces los resultados, se identificaban todas las soluciones y se volvían a probar para familiarizarse así con los sabores.

El sabor ácido y el dulce fueron claramente identificados por el 72,22 % y el 100 % respectivamente. Para el sabor salado el 60% de los candidatos seleccionaron correctamente las muestras y el amargo fue identificado correctamente por el 40 % de los candidatos. Estos resultados son interesantes si se tiene en cuenta que en las manzanas y peras los sabores fundamentales más importantes van a ser el dulce y el ácido.

Una vez que los catadores se familiarizaron con los sabores se llevó a cabo una serie de pruebas de carácter discriminante (prueba triangular) en la que se utilizaron matrices diferentes del agua para la identificación de la intensidad de los sabores.

c.2) Prueba triangular

La prueba triangular consiste en presentar simultáneamente tres muestras, dos de ellas iguales entre sí y una diferente, codificadas con una clave de tres números dispuestas linealmente y con un orden de degustación fijo, de izquierda a derecha facilitándoles un vaso con agua mineral para poder enjuagarse la boca entre muestras. Los catadores debían identificar la muestra diferente rodeando con un círculo la clave de la misma en el impreso (Fig. 3.9) que se les facilitó.

NOMBRE:		
FECHA:		
Usted recibió un plato con tres muestras. Pruebe las mismas de izquierda a derecha. Dos de las muestras son idénticas y la otra es diferente. Realice un círculo alrededor del número de la que considera diferente. Puede volver a probar la muestra.		
546	321	900

Fig.3.9 Formulario de la prueba triangular.

Las pruebas se realizaron según la técnica de “juicio forzado”, en la que se obliga a los participantes a señalar la muestra diferente a las otras dos, a pesar de que declaren que son incapaces de detectar la diferencia.

Con esta prueba se determinó la aptitud del catador para discriminar entre varias muestras que pueden diferir ligeramente en un atributo determinado o en el conjunto de todos ellos. Las pruebas se realizaron con diferentes muestras, galletas (Gullón) con azúcar y sin azúcar para estudiar el sabor dulce (Fig. 3.10), mermelada de frutas de melocotón normal y enriquecida con vitamina C de Helios con diferentes contenidos de ácido cítrico, café de diferentes tostados para el sabor amargo (Bonka natural y torrefacto) y queso fresco tipo Burgos (Arias) con sal y sin sal para el salado.



Fig.3.10. Prueba triangular para evaluación del sabor dulce utilizando galletas.

En la Tabla 3.1 se muestran los valores para interpretar los resultados de las pruebas triangulares que dependen del número de catadores y del número de aciertos. Cuando se supera el número de aciertos en una prueba se considera que existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas con un 95% de confianza.

Tabla 3.1. Análisis de aciertos para la prueba triangular con una significación del 95%.

Fuente: UNE 87-008-92

N° de participantes	N° de aciertos
5	4
6	5
7	5
8	6
9	6
10	7
11	7
12	8
13	8
14	9
15	9
16	9
17	10
18	10

En la prueba triangular hay una probabilidad (P) de $1/3=0,33$ de acertar por casualidad, y por tanto la probabilidad (P) debe ser mayor de 0,33. Se sugiere tomar valores comprendidos entre 0,45 y 0,55 y normalmente se suelen fijar en 0,5 es decir, $P=50\%$ (Sancho, 2001).

c.3) Detección e identificación de olores.

En esta prueba se utilizó un estuche de aromas de la marca (Jean Lenoir) y se pidió a los jueces que rellenasen el cuestionario (Fig.3.11) para detección y posterior identificación de los diferentes olores. Las muestras se presentaron codificadas con tres cifras y nunca se analizaron más de 5 muestra/sesión para evitar fatiga sensorial. Los olores correspondieron a esencias de manzana, pera, limón, membrillo y moscatel relacionados con frutas de pepita y disponibles en la colección de olores.

Muestra Nº	¿Percibe un olor?)		¿Reconoce este olor?)		Nombre del olor, descripción del olor o asociación	Comentarios
	Si	No	Si	No		

1) Poner X en la columna aDroDiada.

Fig.3.11. Cuestionario para la detección e identificación de olores.

Después del entrenamiento general de olores y sabores, los catadores seleccionados pasaron a la fase del entrenamiento específico y selección definitiva del panel de cata para el análisis de manzana Reineta del Valle de Caderechas (Burgos), Reineta del Bierzo y pera Conferencia del Bierzo.

3.2.2 DESARROLLO DEL PERFIL SENSORIAL PARA MANZANA Y PERA DEL BIERZO Y MANZANA DE CADERECHAS

Después del entrenamiento general del panel de cata fue importante desarrollar un entrenamiento específico de los catadores, que se realizó con una serie de sesiones de cata hasta conseguir la concordancia de criterio y la consistencia o reproducibilidad del equipo.

Con los 12 jueces que se seleccionaron, se llevó a cabo un entrenamiento específico para manzanas y peras, así como la elaboración de una ficha de cata con las características sensoriales más importantes de cada producto, desarrollándose según el esquema que se muestra en la Fig 3.12.

Para examinar la concordancia de criterio y la consistencia del equipo de catadores se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), y para analizar la evaluación sensorial de cada una de las variedades se utilizó el análisis de componentes principales (PCA), obteniéndose los factores explicativos de la variabilidad total asociada a los descriptores sensoriales evaluados.

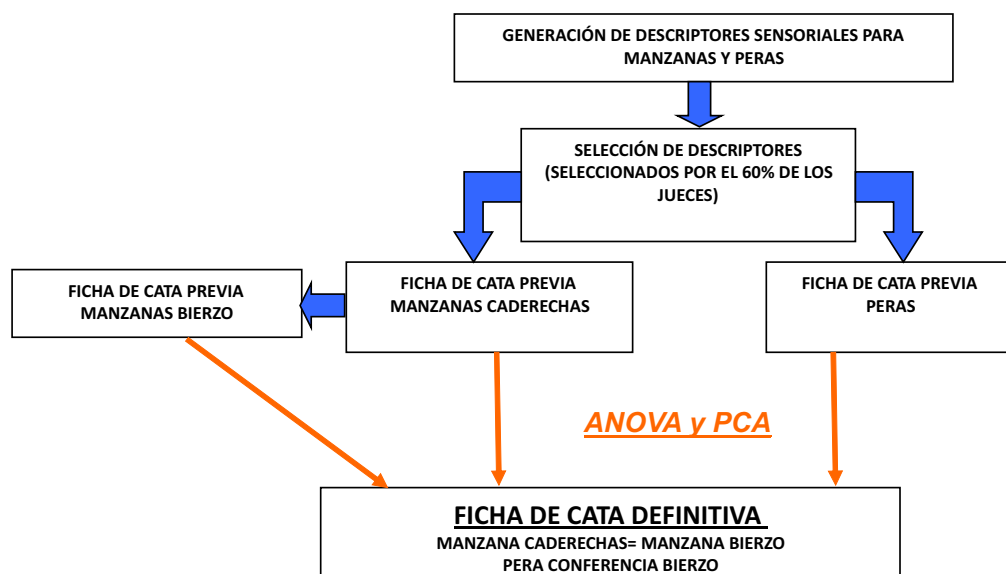


Fig. 3.12. Esquema de trabajo para obtener la ficha de cata definitiva para cada una de las figuras de calidad.

- **Elaboración de la ficha de cata descriptiva previa para manzanas y peras**

En una primera sesión de cata se reunió a los catadores seleccionados según los procedimientos seguidos en el apartado 3.2.1 y se les enseñó dos variedades diferentes de manzanas, una Granny Smith y otra Reineta Gris del Valle de las Caderechas además de una ficha con un elevado número de descriptores sensoriales con sus respectivas definiciones que fueron seleccionados inicialmente de forma consensuada por los participantes de las pruebas, de la diferente bibliografía encontrada ([Lateur y col., 2001](#); [Harker y col., 2002b](#); [Carbonell y col., 2007](#); [Mehinagic y col., 2003](#)) y de la experiencia del jefe de panel.

La forma de proceder para la elaboración de la ficha de cata de manzanas como de peras fue la siguiente: en primer lugar y sobre la pieza de fruta sin lavar, ni cortar, ni pelar (para evitar pérdidas de componentes volátiles y la oxidación de las muestras) se analizaron cuáles podrían ser los parámetros o atributos más importantes relacionados con la calidad externa del producto.



Fig.3.13. Muestras de manzanas preparadas para el análisis sensorial.

De forma individual se pidió a los jueces que rellenasen el formulario y que actuasen como consumidores habituales marcando con una “x” aquellos descriptores que considerasen más importantes, explicativos o descriptivos de la calidad sensorial de las manzanas y las peras. Posteriormente había que cortar las piezas de fruta y analizar las propiedades de textura al cortar, y en boca. El formulario consistía en los siguientes puntos:

Marque con una X cuáles son los atributos que considera más importantes para definir la calidad sensorial de las manzanas/peras que se presentan a continuación:

Si considera la pieza entera:

- ☐ **Tamaño:** las dimensiones son un indicativo de la clasificación comercial y varietal del producto.
- ☐ **Color:** suele ser un indicativo del estado de madurez de las manzanas y de las peras. Cada variedad presenta un color característico aunque a veces aparecen colores poco apropiados como por ejemplo golpes de sol que producen coloraciones rojizas en manzanas o zonas oscuras durante el escaldado de las peras.
- ☐ **Brillo de la piel:** también es una propiedad que varía en función de la variedad de manzana y de pera. Es un indicativo de la cantidad de cera y describe el aspecto de un producto que lo asemeja a una superficie pulida que muestra reflejos luminosos.
- ☐ **Defectos de la piel, marcas externas:** este parámetro se refiere a aquellos defectos que afecten a la calidad externa del fruto. Se pueden englobar los defectos de relieve, golpes, fisuras, cicatrices, agujeros etc. No hay que confundirlo con el “russetting” (roña superficial típico de las manzanas Reinetas y que se valora positivamente).
- ☐ **Rugosidad de la piel:** podría englobarse dentro de los defectos de la piel y puede ser debido a una pérdida de agua del fruto.
- ☐ **Russetting:** herrumbre o roña superficial. En algunas variedades es una característica importante, pero en otras degrada su calidad.
- ☐ **Olor:** la manzana puede poseer un olor característico, a hierba, ácido, madera, sidra etc.

Si se considera la pieza de manzana en trozos:**Al cortar:**

- ☐ **Dureza al corte:** fuerza ejercida al cortar la manzana en fragmentos. Proporciona un valor de la resistencia, de la firmeza de la piel y de la carne. Es también un indicativo de la consistencia de la carne y del estado de madurez.
- ☐ **Jugosidad al corte:** liberación de líquido del alimento que se aprecia por la vista.
- ☐ **Olor:** Se valora la intensidad del olor al cortar la manzana. Olor; es la propiedad sensorial que se percibe a través del órgano del olfato cuando se inspiran determinadas sustancias volátiles.
- ☐ **Color de la carne:** aunque cada variedad tenga un “color característico”, se penalizan la presencia de calciopatías, manchas, irregularidades en el color etc.
- ☐ **Crocancia o crujiente al corte:** es la sensación de ruido cuando se corta la pieza de fruta con un utensilio (cuchillo) o con los dientes y que se aprecia por el sentido del oído.
- ☐ **Tiempo de oxidación:** pardeamiento del color de la carne como consecuencia de la actividad enzimática.

Al morder:

- ☐ **Dureza de la piel:** fuerza que hay que aplicar para romper la piel con los dientes.
- ☐ **Dureza de la carne:** fuerza que hay que aplicar para romper la carne con los dientes.
- ☐ **Crujiente al morder:** sensación de crujiente, propiedad mecánica de textura relacionada con la cohesión de las partículas, y el ruido que se produce al masticar.
- ☐ **Aroma:** se aprecia durante la degustación, y se valora según la intensidad. Se define como la propiedad organoléptica perceptible por vía indirecta (retronasal) durante la degustación.

- ☐ **Jugosidad:** sensación de formación de líquido en la boca al morder.
- ☐ **Harinosidad:** tendencia de los tejidos a desengrasarse, acompañada de una sensación de pastosidad y falta de sabor.
- ☐ **Dulzor:** describe el sabor elemental producido por la sacarosa.
- ☐ **Acidez:** describe el sabor elemental producido por disoluciones acuosas de la mayoría de los ácidos.
- ☐ **Granulosidad:** propiedad geométrica de textura que se relaciona con las dimensiones de las partículas de un producto.
- ☐ **Astringencia:** describe la sensación bucal compleja resultante de la contracción de la superficie de la mucosa de la boca, producida por algunas sustancias como los taninos.
- ☐ **Esponjosidad:** podría definirse como la sensación de suavidad, ligera, porosa.
- ☐ **Efervescencia:** desprendimiento o sensación de burbujas gaseosas a través del alimento.

Después de esta primera fase se seleccionaron los descriptores, tanto para manzanas como para peras, que fueron elegidos por al menos el 60% de los jueces entrevistados y que sirvieron para elaborar la primera ficha de cata previa, que sería utilizada en las sucesivas pruebas.

A partir de esta selección de descriptores, las fichas de catas se estructuraron en 5 puntos de intensidad de nada (1) a mucho o muy intenso (5), ya que esta clasificación facilita el trabajo no sólo a los catadores a la hora de seleccionar la puntuación sino también al responsable del panel en la toma y tratamiento de datos.

En todos los casos se obligó a emitir juicios forzados, es decir, había que rellenar todas las casillas indicadas en la hoja y no se podían utilizar valores intermedios tal y como se muestra en la Fig. 3.14.

NO				
1	2	3	4	5
Nada	Poco	Apreciable	Bastante	Mucho

SÍ				
1	2	3	4	5
Nada	Poco	Apreciable	Bastante	Mucho

Fig.3.14 Método para rellenar la ficha de cata estructurada.

• **Desarrollo de la ficha de cata definitiva para el estudio del perfil sensorial.**

Las sesiones de cata se celebraban de lunes a jueves en horario de mañana de 11:00-12:00 en la sala de cata del Itacyl (Valladolid). Las personas que formaban parte del panel de cata eran informadas de las sesiones vía correo electrónico o vía telefónica, 2 o 3 horas antes de la realización de la prueba, para evitar que éstos comiesen o fumasen antes de las pruebas. Las frutas siempre se presentaban acompañadas de colines sin sal y agua mineral (Bonaqua) para facilitar la eliminación de sabores entre muestra y muestra.

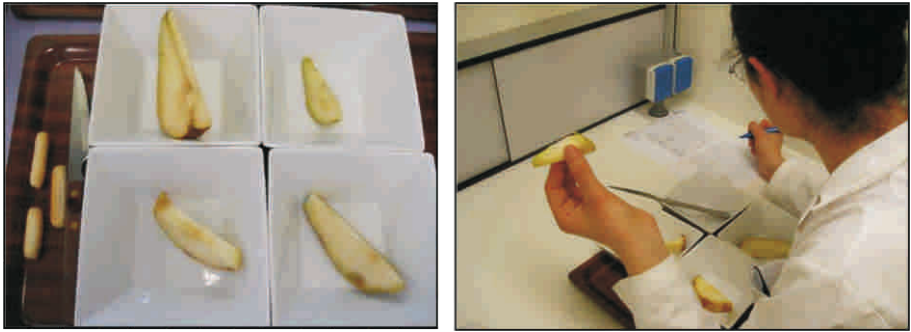


Fig.3.15. Cata de peras durante la reducción de descriptores.

En todas las sesiones de cata se evaluaba la precisión de las respuestas del panel introduciendo aleatoriamente muestras repetidas, posteriormente se analizaban los resultados y si el % del coeficiente de variación superaba el 15%, los datos de ese día eran desechados y había que volver a repetir la prueba.

Las ficha de cata previa poseían un elevado número de descriptores por lo que se trabajó para eliminar aquellas variables que no aportaban información del producto, utilizando técnicas estadísticas como el análisis de varianza (ANOVA) y análisis de componentes principales (PCA). Las características sensoriales que se seleccionasen

debían presentar diferencias significativas en el análisis de varianza para un intervalo de confianza del 95%, es decir, que el p valor fuese $< 0,05$, y tras realizar el análisis de componentes principales, las variables debían presentar coeficientes estadísticos significativos (Karlsen y col., 1999).

La gran cantidad de datos que se generaban en las sesiones de cata hacía necesario el agrupamiento de las muestras por lotes o agrupaciones para llevar a cabo el estudio estadístico y comprobar la evolución sensorial a lo largo del almacenamiento en la misma cosecha y para cosechas diferentes (Pérez y col., 2007).

Con todo ello se creó la ficha de cata descriptiva sencilla, fácil de utilizar y que aportase la suficiente información del producto, a la que se añadió el descriptor Aceptación Global (AG), variable que definía la calidad general del producto asociada al equilibrio de las propiedades sensoriales analizadas como hicieran Lateur y col., (2001).

Tabla 3.2. Escala numérica y clasificación hedónicas de la calidad. (Fuente: Salamanca, 2001).

Escala	Valor
Muy buena	5
Bastante buena	4
Aceptable	3
Regular	2
Muy mala	1

Los valores de la Aceptación Global se cuantifican numéricamente en 5 puntos de intensidad asociando a cada uno de ellos, un adjetivo calificativo que describe la característica del producto en: "Muy buena, Bastante buena, Aceptable, Regular y Muy mala".

3.2.2 TÉCNICAS ANALÍTICAS INSTRUMENTALES

Los cambios fisiológicos que ocurren en los frutos durante la post-cosecha, ocasionan pérdidas de calidad que afectan no sólo a la apariencia, el sabor y la textura, sino también a las pérdida de peso (traduciéndose en pérdidas económicas del producto), cambios en el contenido de azúcares y ácidos, cambios en el color y en la dureza. Por ello, se ha realizado, simultáneamente al análisis sensorial, una caracterización físico-química de las mismas muestras de manzanas y peras analizadas.

3.2.2.1 DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS CONVENCIONALES

I- Determinación del peso de muestra.

La determinación del peso se llevó a cabo utilizando 5 piezas de fruta de cada una de las muestras mediante una balanza digital Sartorius (Excellence) modelo E-2000 D, con un error de 0,01 g y expresando el resultado en gramos. El peso medio se calculó a partir de la suma de los pesos unitarios dividida por el número total de los frutos.

II- Medida instrumental de la dureza

El principal objetivo de esta prueba era determinar la maduración de los frutos. Para realizar esta prueba se seleccionaron entre 5 y 6 frutos por muestra y se realizaron las medidas en al menos dos partes del fruto tal y como se muestra en la Fig.3.16. La dureza se midió en la parte ecuatorial de las frutas mediante dos métodos mecánicos, uno con penetrómetro manual y otro con analizador de textura (Texture Anyliner).

La dureza con el penetrómetro se expresó en kilogramos de fuerza y con el texturómetro instrumental se midieron unidades de fuerza de pico máximo en kilogramos, pendiente del pico de fuerza máxima (kg/mm) y el área bajo el pico de fuerza máxima (kg*mm), ya que en principio no se conoce cual de las tres variables está más asociada al valor del penetrómetro manual, al igual que hicieron [Abbott y col., \(2004\)](#) en el análisis de la textura de manzanas, Golden Delicious, Gold Rush, y Granny Smith.

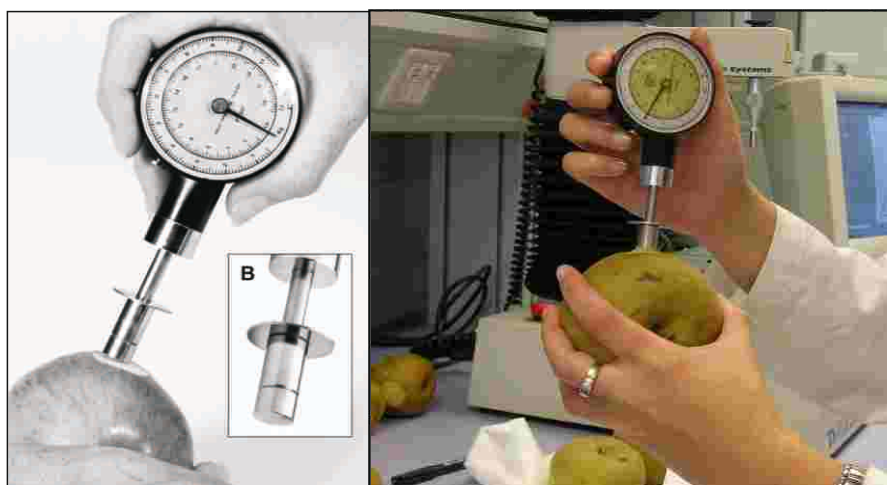


Fig.3.16. Medida de la dureza con penetrómetro manual.

II.1 Determinación de la dureza mediante un Penetrómetro de tipo manual.

a. Instrumental

Penetrómetro de la marca Fruit Pressure Tester, modelo FT-327, con un rango de medida de 0-13 kg (0-30 lb). La medida de la dureza de pulpa en las manzanas se realizó con la sonda de 11mm de diámetro de acero inoxidable y para las peras de 8 mm de diámetro, según las recomendaciones del equipo.

b. Procedimiento

Se eliminó una pequeña sección de piel de la zona ecuatorial de la pieza de fruta con un “pelapatatas”, a continuación se colocó el equipo entre el dedo pulgar e índice de la mano y se puso a cero la manecilla. Se colocó el penetrómetro perpendicular a la superficie de la muestra en las zonas establecidas y se apretó progresiva y firmemente el instrumento para introducir la sonda hasta la graduación. El puntal debía entrar en la pulpa progresivamente y no de golpe para evitar posibles errores en la medición. Se realizaron 3 medidas por fruta en 5 frutas expresando el resultado en kg de fuerza ([Vargas y col., 2001](#)).

II.2 Determinación de la dureza mediante un Texturómetro:

a. Instrumental

Analizador de textura de la marca Aname modelo TXi2 de sobremesa, dotada de un microprocesador para el análisis de textura y que consta de 3 partes diferenciables (Fig. 3.17).



Fig.3.17 Texturómetro TXi2 de Aname.

1. *Brazo mecánico o célula de carga*, que puede admitir hasta una fuerza máxima de 245N (resolución 0,0098N y precisión de 0,025%), pudiendo trabajar en un rango de velocidad entre 0,1-10 mm/s (precisión de 0,1%).
2. *Controlador manual*, permite manejar y comprobar “in situ” los parámetros de ensayo y la altura del brazo mecánico
3. *Ordenador y software* Stable Micro Systems XT, que controla las condiciones experimentales y el tratamiento de los resultados y permite ver los datos en formato gráfico en pantalla y tratarlos mediante macros automáticos para obtener los parámetros deseados.

a. Procedimiento

La dureza se determinó en tres puntos equidistantes situados en la parte ecuatorial de la fruta seleccionada de cada lote. Al igual que en las medidas con penetrómetro, se eliminaba una pequeña parte de piel con un “pelapatatas” y se procedía a realizar la medida colocando la muestra en el soporte y programando la secuencia mediante el software del equipo. Se analizaron 3 medidas por fruta en 5 frutas por muestra en cada lote de manzanas y peras.

b. Parámetros instrumentales

El tipo de ensayo que se utilizó fue “*Medida de Dureza por Penetración*” (Valero y Ruíz, 2005; Surmacka-Szczesniak, 2002) con sonda de 4mm de diámetro de acero inoxidable y las condiciones de ensayo que se utilizaron fueron:

- Velocidad del brazo mecánico en preensayo, ensayo y retorno del brazo mecánico fue de 8, 2 y 10 mm/s respectivamente.
- Fuerza de trigger o condición de restricción de 0,4g.
- Profundidad de penetración de la sonda en el material 10 mm.

Durante el proceso de medida se obtuvieron una serie de representaciones gráficas que aportaron información sobre diferentes parámetros o variables (Fig. 3.18).

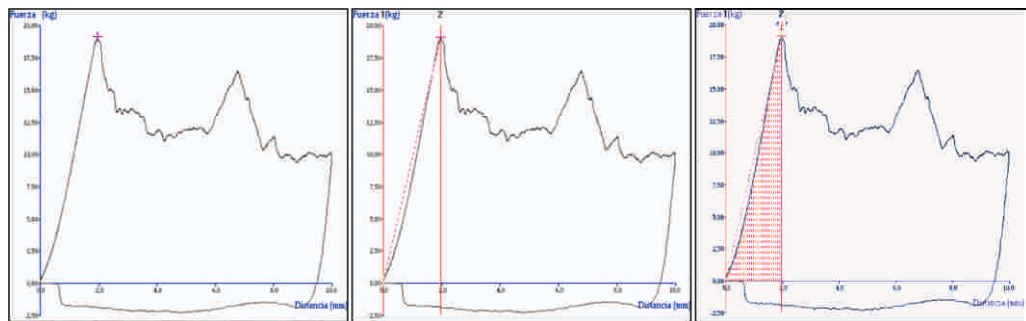


Fig.3.18. Análisis de las gráficas de penetración en manzana Reineta.

Los parámetros medidos en el ensayo fueron:

- Dureza del pico de mayor altura o intensidad ($F_{\max}$) expresando el resultado en kg.
- Pendiente del pico de fuerza máxima ($P_{\max}$) que se corresponde con la firmeza del producto y que está expresado en kg/mm de penetración.
- Área del pico de fuerza máxima ($A_{\max}$) que se define como el área bajo la curva de la gráfica fuerza-penetración y que se expresa como kg×mm de penetración.

Las medidas con ambos equipos se correlacionaron no sólo entre ellos sino también con las propiedades sensoriales relacionadas con la dureza, dando una información de la pérdida de firmeza a lo largo del control de las diferentes cosechas tanto en manzanas como en peras.

III- Medida del Color.

El color es un parámetro muy relacionado con el estado de madurez de las frutas y en especial de frutas como manzanas y peras.

a. Instrumental.

Para la medida del color, se empleó un equipo colorimétrico (Minolta CR400) formado por dos unidades fundamentales, el cabezal de medida y el procesador. También se utilizó una placa de calibración blanca para verificar el equipo siempre que se comienza una tanda de análisis (Fig.3.19).



Fig.3.19. Colorímetro Minolta CR-400 formado por cabezal de medida (1) y procesador (2).

b. Procedimiento

Antes de cada sesión se procedió a la verificación del equipo utilizando una placa de calibración con unos estándares de medida fijos $Y=92,8$; $x=0,3135$; $y=0,3194$.

Una vez calibrado el equipo se fijaron las condiciones de ensayo, iluminante luz natural difusa tipo C y unidades CIEL*a*b*. Posteriormente se coloca el cabezal de medida del colorímetro perpendicular a la superficie de la muestra (manzanas y peras) evitando zonas soleadas, con defectos de piel o con elevada presencia de russeting ya que se podían obtener resultados engañosos y se procedió a la toma de medida llevando el cabezal por toda la superficie de la muestra.

Finalmente el equipo integra el conjunto de resultados para obtener valores promedios de cada una de las muestras de manzanas y peras. Los resultados también se expresaron en unidades de cromaticidad (C^*) y ángulo de saturación del color ($^{\circ}H$) (Purroy y col., 2005) mediante una sencilla fórmula matemática.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} = \text{Cromaticidad} \quad (\text{ec. 3.1.})$$

$$^{\circ}H = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) = \text{Saturación} \quad (\text{ec. 3.2.})$$

Mediante este sistema se miden 3 parámetros:

L^* : es una coordenada fotométrica que indica la luminosidad de la superficie en cuestión.

a^* : es un índice de la composición en verde o rojo según adquiera valores negativos o positivos respectivamente

+ a^* (valor positivo): rojo

- a^* (valor negativo): verde

b^* : indica la composición en color azul o amarillo según los valores que alcance sean negativos o positivos respectivamente

+ b^* (valor positivo): amarillo

- b^* (valor negativo): azul

IV- Sólidos Solubles.

La medida del índice de refracción y su conversión a grados Brix, es un índice del contenido total en azúcares del zumo (M.A.P.A., 1994) o de Sólidos Solubles. Los principales azúcares presentes en manzanas y peras son fructosa, sacarosa y glucosa, y en menor concentración sorbitol, xilosa, galactosa, rafinosa y estaquiosa (Colaric y col., 2007).

a) Instrumental.

- Batidora marca “Braun 600 Watt turbo”
- Refractómetro digital de Atago modelo “Poket Pal-1” con rango de medida de 0-59 °Brix con un error de 0,1 (Fig.3.20).

b) Preparación de la muestra.

De cada lote de muestras se tomaron entre 3 y 4 piezas de fruta (manzanas o peras), se trocearon en cuatro trozos iguales, se tomó $\frac{1}{4}$ de cada una de ellas y posteriormente se trituraron con una batidora para obtener el cremogenado o puré necesario para la medida de los °Brix.

c) Procedimiento

Previamente a la utilización del equipo era necesario realizar una calibración con agua destilada, posteriormente, se colocaba el puré o cremogenado directamente en la lente evitando la formación de burbujas y se llevaba a cabo la medida directa de los Sólidos Solubles en unidades de °Brix. Cada lectura de resultados se hace en todos los casos por triplicado anotando los valores para ser tratados estadísticamente con el resto de medidas.



Fig.3.20. Refractómetro digital Atago.

V- Determinación de pH y Acidez Total

Los principales ácidos de manzanas y peras son el málico y el cítrico, con cantidades menores de otros como, químico, succínico y shikímico ([Colaric y col., 2007](#), [Chinnichi y col., 2005](#)). El perfil de estos ácidos influye en las propiedades sensoriales del producto final, por lo que es de gran interés la cuantificación de estas medidas. La determinación del pH se realizó sobre el cremogenado de las muestras de manzanas y peras obtenido en el apartado anterior por medida directa con un pH-metro y la metodología seguida para la determinación de la Acidez Total consistió en una valoración potenciométrica con una base fuerte hasta un pH determinado.

a) Instrumental y Reactivos

- pH-metro digital Crisol GLP-21.
- **Disolución de** hidróxido de sodio 0,1 N, que se preparó disolviendo 4g NaOH (Panreac) en 1 litro de agua desionizada Milli-Q.

b) Procedimiento

De cada lote de muestras se tomaron entre 3 y 4 piezas de fruta (manzanas o peras), se trocearon en cuatro trozos iguales, se tomó $\frac{1}{4}$ de cada una de ellas y posteriormente se trituraron con una batidora para obtener el cremogenado o puré. Se pesaron aproximadamente 10 g del cremogenado, se añadieron 50 ml de agua destilada y finalmente se homogenizó la solución.

Se llevó a cabo la valoración potenciométrica agitando cuidadosamente la solución a medida que se añadía NaOH 0,1N con una bureta digital. Cuando se alcanza el valor de pH 8,10 se detiene la valoración y se anota el volumen de hidróxido de sodio gastado para finalmente introducir ese valor en una fórmula

matemática (Ec. 3.3.). El resultado de la Acidez Total se expresa como concentración del ácido mayoritario (M.A.P.A., 1994).

Debido a que el resultado final se expresó en g/l, fue necesario realizar una transformación en la ecuación 3.1 introduciendo el valor teórico de la densidad del cremogenado tomando la referencia de los grados brix en unas de tablas de correlación Asociación de cerveceros artesanales de la República Argentina, 2004.

$$AT(g/l) = \frac{6.7 \times N_{NaOH} (N) \times f_{NaOH} \times \rho_{zumo} \times 10 \times V_{NaOH} (ml)}{m_{Cremogenado} (g)} \quad (\text{ec. 3.3.}) \text{ donde:}$$

6,7= factor de corrección del ácido málico

N_{NaOH} = Concentración del reactivo valorante (nº equivalentes/l)

f_{NaOH} = factor de normalización del hidróxido de sodio

ρ_{zumo} = densidad del zumo (g/ml)

V_{NaOH} = ml gastados en la valoración y

$m_{cremogenado}$ = masa de cremogenado

3.2.2.2 DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS ESPECÍFICAS

I- Determinación del contenido de almidón.

El contenido en almidón es un indicativo del estado de maduración de las manzanas que se utiliza en gran medida como parámetro físico de recolección. El almidón, se degrada en ácidos y azúcares que confieren a las frutas sus características sensoriales, por lo que su identificación y cuantificación puede dar una idea del estado sensorial (Brookfield y col., 1997). Para ello se utilizaron dos métodos de análisis, uno tradicional, rápido y barato, pero con el que se puede cometer un error considerable que es la tinción con yodo-yoduro y un método preciso pero más costoso que se lleva a cabo mediante un ensayo enzimático.

a) Tinción con solución yodo-yoduro para la determinación cualitativa de almidón.

Para la determinación del índice de maduración se tiñe el almidón con una solución de yodo-yoduro y en función de las zonas oscurecidas se identifica el estado de maduración mediante unas tablas (Fig. 3.22).

i) Reactivos.

La solución de yodo-yoduro que se preparó disolviendo 10 gramos de yoduro de potasio y 3 gramos de yodo, ambos de la marca Panreac, en 30 ml de agua destilada. Esta solución se debe almacenar en un lugar fresco y oscuro (entre 4° y 7 °C de temperatura) para evitar la degradación de la misma, durante un periodo máximo de seis meses.

ii) Procedimiento.

Al menos 5 manzanas/muestra se dividen en dos mitades iguales a la altura del ecuador y se sumergen durante 1 minuto en la solución de yodo-yoduro previamente depositada sobre un recipiente y alcanzando una altura mínima de 1 cm para que una vez introducidas las superficies de las manzanas recién cortadas, estas se pudieran cubrir de la manera más uniformemente posible. Después de un minuto se retiraron y se secaron ligeramente con un papel, para retirar el exceso de yodo.

En la Fig. 3.21. podemos apreciar cómo se han oscurecido las zonas de la manzana con altas concentraciones de almidón mientras que las zonas sin almidón carecen de coloración.



Fig.3.21.Tinción de manzanas con yodo-yoduro.

La superficie teñida se compara visualmente con una serie de tablas estandarizadas por el Ctifl (*Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, 2004*) que se muestra en la Fig. 3.22 y que permite determinar de forma cualitativa el contenido de almidón en manzanas.

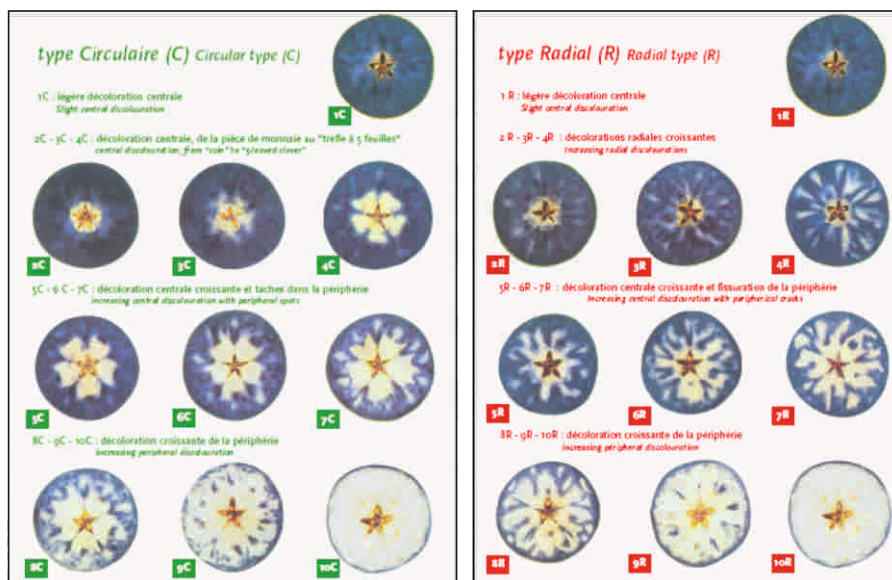


Fig.3.22. Tablas de referencia del almidón en manzanas (Ctifl, 1994).

b) Método enzimático para la determinación cuantitativa de almidón

Para la determinación cuantitativa de almidón se empleó el procedimiento de análisis del almidón de Megazyme (AA/AMG), adoptado por la AOAC (Método 996.11) y que está basado en el uso de α -amilasa termoestable y amiloglucosidasa.

i) Instrumental y Reactivos:

- Espectrofotómetro HP1500.
- Amilasa termoestable (10 ml, 3000 U/ml en reactivo CERALPHA* a pH 6,0 y 40 °C; solución estabilizada).
- Amiloglucosidasa (10 ml, 3300 U/ml en el almidón soluble o 200 U/ml en *p*-nitrofenil β -maltosida a pH 4,5 y 40 °C; solución estabilizada).
- Reactivo para la determinación de la glucosa (GOPOD).
- Tampón reactivo de glucosa.
- Tampón de acetato de sodio (200 mM, pH 4,5).
- Solución estándar de glucosa (100 μ g/0,1 ml en 0,2 % ácido benzoico).
- Almidón normal del maíz (contenido de almidón 98%).
- Etanol 80 % (v/v) (Panreac).

ii) Procedimiento.

El método de análisis consiste en la medida espectrofotométrica de la absorción a una longitud de onda de 510 nm de las muestras y de un control de D-glucosa.

Las manzanas tienen altos contenidos de glucosa siendo necesario realizar previamente una limpieza de la muestra, para ello se pesaron 100 mg de harina de manzana deshidratada (48-72 horas en horno de aire forzado a 50 °C) y se mezcló con 5 ml de etanol 80 % (v/v) para ser incubado a 80-85 °C durante 5 minutos. Posteriormente, se añadieron otros 5 ml de etanol, se agitó y se centrifugó a 3.000 rpm durante 10 minutos, al cabo de los cuales se eliminó el sobrenadante para volver a realizar nuevamente el mismo proceso.

Una vez eliminada la glucosa se añaden 0,2 ml de etanol para ayudar a la dispersión y se remueve el tubo en un agitador vortex. A continuación se añaden 3 ml de α -amilasa termoestable agitando enérgicamente el tubo que pasa a ser incubado en un baño de agua hirviendo durante 6 minutos agitando el tubo a los 2, 4 y 6 minutos de incubación. Posteriormente se añade la disolución tampón de acetato sódico y amiloglucosidasa (0,1 ml) para pasar a incubar a 50 °C durante 30 minutos. Una vez llevado a cabo este proceso se traslada todo el contenido del tubo a un matraz de 100 ml, se centrifuga y se separan dos alícuotas (0,1 ml) de la solución, una para llevar a cabo el control de glucosa y otra para el reactivo no tratado. A ambas muestras se adicionan 3 ml de reactivo GOPOD y se incuban a 50 °C durante 20 minutos. Se mide la absorción a 510 nm y se calcula la concentración de glucosa en los reactivos.

Los cálculos que se realizan posteriormente son:

El contenido en almidón se expresa en porcentaje de glucosa (6%) según la siguiente fórmula:

El contenido en almidón se expresa en porcentaje de glucosa (6%) según la siguiente fórmula:

W = El peso en mg de muestra de harina utilizada tal cual

$100/W$ = Factor para expresar el almidón como porcentaje del peso de la harina

$162/180$ = Ajuste de la D-glucosa libre a anhidro D-glucosa (como se da en el almidón)

H_h = Humedad de la muestra

II- Determinación de los Ácidos Orgánicos.

La separación, identificación y cuantificación de los ácidos orgánicos se llevó a cabo mediante cromatografía líquida de alta eficacia de exclusión iónica, siguiendo el procedimiento descrito por [Alique y col., \(1994\)](#) con algunas modificaciones. Se seleccionaron los ácidos orgánicos que, según la bibliografía, estaban presentes en manzana y pera para realizar las primeras medidas con patrones puros. Por cromatografía de líquidos (HPLC), se identificaron los tiempos de retención de los ácidos orgánicos seleccionados. Posteriormente se obtuvieron las rectas de calibrado dentro del rango de concentración establecido por [Futeki y col., \(1995\)](#) y se llevaron a cabo pruebas para comprobar la eficacia de las separaciones cromatográficas dentro de mezclas de patrones.

Una vez que fueron identificados los picos en las muestras mezcla-patrón, se llevaron a cabo la identificación de los ácidos orgánicos en muestras reales. Para ello, era necesario realizar una extracción de la muestra con metanol y posterior análisis por HPLC en las condiciones fijadas. Por comparación de los tiempos de retención se identificaban los compuestos y se cuantificaban con el área bajo la curva. En las manzanas fue imposible identificar los ácidos orgánicos minoritarios como consecuencia de la elevada concentración de ácido málico, en el cromatograma aparecía un solapamiento de los picos que imposibilitaba la identificación y cuantificación de los mismos.

a) Instrumental y reactivos:

- Homogeneizador Omni Mixer.
- Turbovap de la marca Büchi.
- El equipo cromatográfico que se utilizó fue un HP serie 1100 (Hewlett Packard, U.S.A) que consta de las siguientes partes:
 - o Inyector automático. Volumen de inyección 20 µl.
 - o Horno calefactor.
 - o Columna de exclusión por tamaños Rezex ROA para ácidos orgánicos de 300 x 7.8 mm de longitud de la marca Phenomenex.
 - o Detector UV-Visible.

- Mini columna Sep Pak C₁₈ (Waters, S.A.).
- Filtro de membrana de 0,45 µm (Millipore S.A).
- La fase móvil de ácido sulfúrico 5mM se preparó a partir de una solución de H₂SO₄ concentrada al 98% y densidad de 1,84g/ml de la marca Panreac.
- Metanol 99,9% (Merck).

i) Preparación de la muestra.

Se tomaron entre 4 y 5 piezas de fruta por cada muestra y se trocearon. Una parte representativa de cada pieza se cogió al azar y se pasó por una batidora para obtener un cremogenado homogéneo que se congeló hasta su análisis.

ii) Extracción de los ácidos.

Para el método de extracción de los ácidos orgánicos, se pesaron 10 g aproximadamente de cremogenado, a las que se añadieron 50 ml de metanol puro y se homogenizaron en Omni Mixer durante 3 minutos a 5.000 rpm.

Una vez homogeneizado, se introdujo el cremogenado en matraz redondo de 250 ml y se llevó a un baño de agua a 50 °C durante 15 minutos para posteriormente ser filtrado a vacío. El extracto alcohólico se evaporó en turbovap de la marca Buchi a una Tª de 50 °C y una vez que el metanol fue eliminado, el residuo se recuperó con 25 ml de H₂O desionizada (Milli Q). Para limpiar la muestra se hizo pasar el extracto a través de una mini columna Sep Pak C₁₈ previamente activada con 1 ml de metanol. Finalmente una alícuota del filtrado se introdujo en un vial atravesando un filtro de membrana de 0,45 µm (Millipore S.A) para pasar a ser analizado por cromatografía de HPLC utilizando las condiciones cromatográficas descritas por [Alique y col., \(1994\)](#).

b) Medida de los ácidos orgánicos por cromatografía.

i) Condiciones cromatográficas.

Para el desarrollo cromatográfico se utilizó un flujo isocrático de fase

móvil de 0,8 ml/min, el tiempo de análisis fue de 20 minutos. La columna permaneció termostatada a 50 ± 1 °C durante todo el análisis y la longitud de onda del detector fue ajustada a 210 nm.



Fig.3.23 Equipo de HPLC.

ii) Identificación y cuantificación de ácidos orgánicos.

Preparación de patrones: Con el fin de proceder a la identificación y cuantificación de los ácidos orgánicos, fueron preparadas 6 disoluciones de los ácidos orgánicos cítrico, succínico (Aldrich) y químico, shikímico y málico (Sigma), todo del 99,9% de pureza, y posteriormente en concentraciones de 1.000 mg/l para evitar errores de pesada, todas las disoluciones se diluyeron con agua Milli-Q hasta alcanzar disoluciones de concentraciones de 100 mg/l que evitasen la saturación de la columna cromatográfica.

Identificación y cuantificación de patrones puros de ácidos orgánico: Aplicando las condiciones cromatográficas expuestas anteriormente se identificaron los tiempos de retención de los diferentes ácidos recogidos en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Tiempos de retención (t_r) de los ácidos orgánicos con columna Recex ROA para ácidos orgánicos.

Ácido	Tiempo de retención	r^2
Málico	$12,9 \pm 0,02$	0,993
Cítrico	$11,7 \pm 0,01$	0,985
Quínico	$13,4 \pm 0,26$	0,999
Shikímico	$15,1 \pm 0,03$	0,997
Tartárico	$11,2 \pm 0,01$	0,999
Succínico	$16,2 \pm 0,02$	0,997

Para cada uno de los ácidos anteriores se realizó una curva de calibración “área vs concentración (mg/l)” con el promedio de las áreas de las tres inyecciones. Además se determinó la desviación estándar y el coeficiente de variación, con el fin de evaluar la precisión de la metodología utilizada. Obtenida la curva de calibración se determinó el coeficiente de regresión lineal y la ecuación de la recta con la cual se estimó la concentración de cada ácido identificado en la muestra.

La fórmula utilizada para la determinación de la concentración de cada ácido presente fue la siguiente: $Y = mX + b$, donde:

$Y = \text{Área promedio bajo la curva}$

$m = \text{Pendiente de la recta}$

$X = \text{Concentración (mg/l)}$

$b = \text{Interceptor}$

Para la identificación y cuantificación de los ácidos orgánicos, se procedió a la comparación de los tiempos de retención entre los patrones puros y los extractos de las muestras para la identificación y con las áreas para la cuantificación.

En la Tabla 3.4 se muestran las ecuaciones de las rectas de regresión obtenidas para cada ácido orgánico que servirán para extrapolar los datos experimentales obtenidos con las muestras reales. Estas curvas patrón nos permitirán la cuantificación de los ácidos orgánicos por el método del estándar externo.

Tabla 3.4. Tiempos de retención y ecuaciones de la recta de regresión utilizados en la cuantificación de los ácidos orgánicos. [C] Concentración expresada en mg/l

Ácido	Rectas de regresión A= Área, C= concentración (mg/l)	Rango de Concentraciones (mg/l)
Málico	A= $-60,62 \pm 1,95[C]$	1000-100
Cítrico	A= $-78,75 \pm 2,77[C]$	500-50
Quínico	A= $0,49 \pm 1,05[C]$	100-10
Tartárico	A= $0,02 \pm 3,38[C]$	500-50
Succínico	A= $980,74 \pm 48,26[C]$	100-10
Shikímico	A= $134,05 \pm 111,88[C]$	100-10

Para cuantificar los ácidos orgánicos en las muestras reales de frutas se extrapolaron los valores de las áreas obtenidas para cada pico del cromatograma y sobre las rectas de calibrado de los patrones puros se determina la concentración del ácido en la muestra de fruta.

III- Bitter pit en manzanas

La presencia del bitter pit en las muestras de manzanas, se realizó de forma directa observando la superficie de la manzana Reineta del Bierzo. Generalmente el bitter pit se presenta en las zonas ecuatoriales de los frutos, cerca de la base calicina creando pequeñas depresiones que se observan a simple vista (Fig. 3.24). Para su identificación, se observaba la superficie de la muestra y en caso de duda se procedía a realizar un corte transversal para confirmar la presencia o ausencia de bitter pit en la muestra.

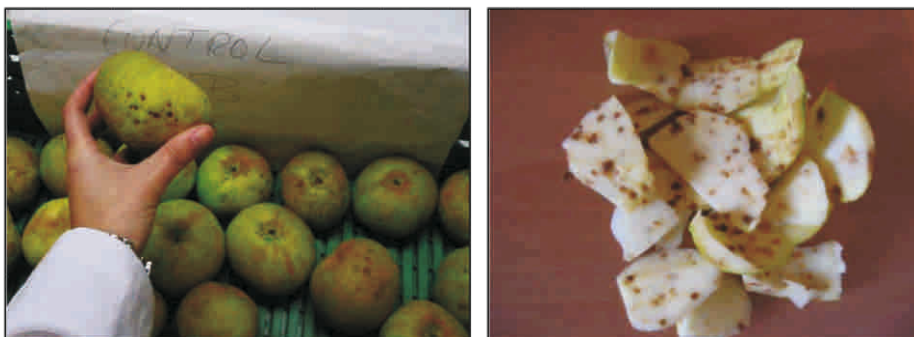


Fig.3.24. Detalle de bitter pit analizado en muestras de manzanas.

IV. Determinación del Contenido mineral en suelo, agua, hojas y frutitos

a) Suelo

Toma de muestra

Las muestras de suelo se tomaron con una barrena a una profundidad de 20 cm, entre los árboles donde se realizaba el muestreo del material vegetal. Cada material se guardaba en bolsas de plástico limpias, se codificaban y se enviaban al laboratorio para ser analizadas (Fig. 3.25).



Fig.3.25 Toma de muestra en campo.

Preparación de la muestra

Una vez en el laboratorio, el suelo era distribuido en bandejas para su secado a temperatura ambiente y su posterior tamizado a 5 mm.

El calcio y el magnesio del suelo se extraen mediante agitación de la muestra en presencia de una solución de acetato amónico y para ello se pesan aproximadamente 5 g de muestra de suelo en un frasco de plástico de 125 ml, se añaden 50 ml de acetato amónico 1N a pH=7 y se tapa el frasco para agitar durante 30 minutos en un agitador orbital. Finalmente se centrifuga durante 10 minutos a 3000 r.p.m. y se obtiene el sobrenadante. Sobre un matraz de 25 ml se vierten 5 ml de extracto, se mide la absorción a 422,7 nm de longitud de onda para el calcio y a 285,2 nm para el magnesio.

b) Agua

Toma de muestra

La toma de agua se realizó en una boca de riego ya que toda el agua procedía de la misma zona.

Preparación de la muestra

El agua no sufrió ningún tratamiento previo al análisis y simplemente se conservó entre 3 y 5 °C hasta la realización de las diferentes medidas.

El contenido mineral del agua de riego de las parcelas experimentales de

la manzana Reineta D.O Bierzo se hace de forma directa midiendo en absorción atómica a 422,7 nm para el calcio y a 285,2 nm para el magnesio y posteriormente extrapolando a la recta de calibrado.

c) Hojas

Toma de muestra

Para que la toma de muestras fuera representativa de la parcela se tomaron 10 hojas/árbol de filas alternas y cada 5 árboles, sin tener en cuenta las filas externas de la parcela para evitar el efecto borde.

Preparación de la muestra

Las hojas se secaron en estufa con corriente de aire caliente (60 °C) durante 48 horas, hasta que el peso de la hoja se mantuvo constante y posteriormente fueron trituradas en un molino para proceder a su análisis.

Previamente al análisis del contenido mineral del material vegetal, las hojas se deben calcinar. Para ello se debía pesar 1 g de muestra del material molido y secado previamente, para posteriormente introducirlo en crisoles de porcelana durante 24 horas en una mufla a 600 °C. Las cenizas obtenidas se disuelven en 4 ml de ácido nítrico (Panreac 65%) diluido 1:1 (v:v) en agua Milli-Q hasta la total disolución de las cenizas mediante calentamiento a 100 °C en una placa calefactora. La disolución obtenida se evapora hasta sequedad y el residuo se introduce nuevamente en la mufla a 600 °C durante 1 hora. Tras enfriar las cenizas se disuelven calentando con 10 ml de ácido clorhídrico (Panreac 65%) diluido 1:1 (v:v) en agua Milli-Q.

d) Frutos

Toma de muestra

Para que la toma de muestras fuera representativa de la parcela se tomaron 3 frutos/árbol de filas alternas y cada 5 árboles, sin tener en cuenta las filas externas de la parcela para evitar el efecto borde.

Preparación de la muestra

Los frutos se trocearon y se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 7 días para asegurar la completa deshidratación del producto, que se comprobaba a partir del quinto día por diferencia de pesada (cuando el peso se hacía constante la muestra estaba seca). En este proceso era muy importante el control de la temperatura para evitar la caramelización de las muestras (reacción de Maillard) y también el tiempo de secado para evitar rehidrataciones.

Previamente al análisis del contenido mineral los frutos se deben calcinar. Para ello se debía pesar 2 g de frutos del material molido y secado previamente, para posteriormente introducirlo en crisoles de porcelana durante 24 horas en una mufla a 600 °C. Las cenizas obtenidas se disuelven en 4 ml de ácido nítrico (Panreac 65%) diluido 1:1 (v:v) en agua Milli-Q, hasta la total disolución de las cenizas mediante calentamiento a 100 °C en una placa calefactora. La disolución obtenida se evapora hasta sequedad y el residuo se introduce nuevamente en la mufla a 600 °C durante 1 hora. Tras enfriar las cenizas se disuelven calentando con 10 ml de ácido clorhídrico (Panreac 65%) diluido 1:1 (v:v) en agua Milli-Q.

Análisis mediante AA: Determinación de Calcio, Potasio y Magnesio

El contenido de los minerales se realizó a partir de la muestra digerida con ácido nítrico concentrado (digestión húmeda), siguiendo básicamente el método propuesto por la AOAC, mediante espectrofotometría de emisión atómica utilizando un equipo de absorción atómica Varian, mod. AA 240-FS Fast Sequential Atomic Absorption Spectrometer.

Como reactivos se emplearon:

- Ácido nítrico 65%
- Agua destilada Milli-Q
- Óxido de lantano
- Calcio solución de 1.000 ± 2 mg/l
- Magnesio Solución de 1.000 ± 2 mg/l
- Acetato amónico

Para la cuantificación del Ca y Mg previamente es necesario crear la recta de calibrado para ello sobre matraces aforados de 100 ml se vierten: 0, 1, 2, 3, 4 y 5 ml de disolución de 100 mg/l de calcio y 10 mg/l de magnesio, 8 ml de óxido de lantano, 1 ml de ácido nítrico al 65% y se enrasa con agua para tener disoluciones de 0, 1, 2, 3, 4 y 5 mg/l de calcio y 0, 0,10, 0,20, 0,30, 0,40 y 0,50 mg/l de magnesio.

Sobre los ejes de coordenadas se representa la concentración en función de la absorbancia obtenida para cada elemento a partir de las señales de emisión, de forma que, todos los valores del coeficiente de regresión (r^2) fueran superiores a 0,998. La concentración del elemento (M) viene dada por:

$$M (\%, sms) = \frac{(mg/l) \times d \times V_f \times 10^{-4}}{P} \quad (\text{ec. 3.6.}) \text{ donde:}$$

d = dilución, volumen al que se lleva el ml de filtrado

V_f = volumen final de filtrado (500 ml)

P = gramos de muestra seca, antes de incinerar

Posteriormente se interpolaba en esas líneas las lecturas obtenidas para las muestras y se determinaba el contenido de calcio y magnesio en las muestras.

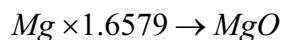
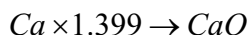
$$(mgCaO / g_{suelo}) = \frac{(mg/L) \times d \times 50}{m_{suelo} (g) \times 1000} \quad (\text{ec. 3.7.})$$

Los resultados de calcio y magnesio en suelos se deben expresar como mg CaO/g suelo y mg MgO/g suelo.

$$mgCaO / g_{suelo} = \frac{(mg/L) \times 50 \times d}{m_{suelo} (g)} 10^{-3} \frac{56}{40} \quad (\text{ec. 3.8.})$$

$$mgMgO / g_{suelo} = \frac{(mg/L) \times 50 \times d}{m_{suelo} (g)} 10^{-3} \frac{40}{24} \quad (\text{ec. 3.9.})$$

Los factores de conversión para la expresión del calcio como CaO y el magnesio como MgO son:



V- Tasa de respiración en Reineta y Conferencia del Bierzo.

La medida de la respiración de manzana y la pera del Bierzo se realizó en las cámaras de conservación y atmósfera controlada del Instituto del Frío de Madrid donde se adaptaron las condiciones experimentales que permitían simular la conservación original tal y como es desarrollada de las cámaras de conservación situadas en el Bierzo así como en condiciones ambientales normales.



Fig.3.26 Cromatógrafo de gases portátil para la medida de la respiración.

Las muestras se introducían en urnas para controlar todos los parámetros del almacenamiento y así obtener la intensidad respiratoria en cada instante. Para la medida de cada uno de los parámetros que intervienen, se utilizan además de los métodos convencionales, para temperatura y peso, los específicos de análisis de CO₂ y medida del flujo.

a. Instrumental

Para la determinación del CO₂ y del etileno de forma simultánea, se utilizó un microcromatógrafo de gases, acoplado a un ordenador portátil,

que permitía realizar las determinaciones en la propia cámara, sin necesidad de trasladar las muestras. Para ello se utilizó un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard 5890 serie II, equipado con una columna de acero inoxidable de alúmina F-1 (2m × 4mm) con detector de ionización de llama (FID). Las condiciones de trabajo fueron temperatura del horno 180 °C, temperatura del inyector de 230 °C y 250 °C como temperatura del detector y flujo de N₂, H₂ y aire de 45, 30 y 200 ml/min (*Watkins y col., 2004*).

b. Método

Para obtener la intensidad respiratoria en cada instante y la curva respiratoria de los frutos, se necesitó obtener las variaciones de CO₂ desprendido (o de O₂ absorbido) en un periodo de tiempo definido y para un peso de muestra confinada, expresándola en cantidad de CO₂ por unidad de peso y de tiempo (mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹). La medida del etileno se expresa en µL C₂H₄ /kg/h (*Schouten y col., 2004*).

Simultáneamente a la medida de los gases se realizaba también una medida del flujo de aire (l/h) con un caudalímetro y se realizaba una medida del peso de muestra por pesada directa. La intensidad respiratoria se calculaba con la siguiente expresión matemática:

$$mg\ CO_2 / kg / h = \frac{[CO_2\%] \times 10 \times Flujo(l/h) \times k_{t,p}(1,67)}{Peso\ de\ Muestra(kg)} \quad (ec. 3.10.)$$

$$\mu l\ C_2H_2 / kg / h = \frac{[C_2H_2\ mg / l] \times Flujo(l/h)}{Peso\ de\ Muestra(kg)} \quad (ec. 3.11.)$$

Las concentraciones de dichos gases activos en la atmósfera de conservación se expresa en % CO₂ y en µg/l de C₂H₄, obteniendo la cuantificación simultánea por patrón externo.

3.3 PROGRAMA Y HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

El análisis estadístico de los datos tiene como propósito obtener información referente a la manera en que las unidades experimentales responden a los tratamientos aplicados. En este trabajo, debido a la gran cantidad de datos que se generaron, fue necesario aplicar diferentes técnicas estadísticas para interpretar correctamente los resultados.

Programa estadístico:

Para todos los cálculos y representaciones se utilizó el programa Statistica 8.0 que dispone de un amplio conjunto de métodos estadísticos además de un entorno Windows fácil de utilizar.

Herramientas estadísticas:

Partiendo de la gran cantidad de resultados obtenidos en el análisis sensorial y físico-químicos se analizaron los datos de las distintas experiencias agrupando las muestras por tipo de muestra, lotes de análisis, tipo de conservación y cosechas tanto de las manzanas como de las peras. Para ello se abordó el estudio estadístico de la siguiente forma:

Se creó un archivo general de datos para cada uno de los productos analizados y se exportó al programa informático de tratamiento de datos estadístico. A través de una serie de aplicaciones se van tratando los datos de la siguiente forma:

- a) **Valores medios y desviaciones estándar.** De todas las variables analizadas se llevó a cabo la determinación de los valores medios así como de la desviación estándar que mide cuánto se separan los datos del valor medio.
- b) **Análisis de varianza (ANOVA)** se utilizó para identificar las diferencias significativas al 95% de confianza entre los valores medios de las variables con respecto a un determinado atributo, sensorial o físico-químico ([García-Villalpando y col., 2001](#)), para ello si se obtiene un p valor menor de 0,05 podemos asegurar la existencia de diferencias entre las medidas.
- b) **Test de Tukey** para muestras no balanceadas: se utilizó por ser el test más restrictivo a la hora de comparar muestras. Con este test se compararon todos los valores entre sí mismos y entre todos los valores de las distintas variables analizadas. Para ello, se abrió el módulo de test de comparación y se seleccionaba Tukey HSD for unequal N, debido a que no en todos los casos se utilizó el mismo número de catadores y de muestras.

- b) **Análisis de Componentes Principales (PCA)**, se utilizó para asociar las variables sensoriales a las muestras y a su vez reducir el número de descriptores sensoriales en las etapas de desarrollo de la ficha de cata definitiva tanto de manzanas como de peras. Con el PCA se analizó la estructura de correlación entre el grupo de datos, siendo los primeros PC's los que capturan la mayor parte de la varianza útil de los datos, de esa forma con pocos PC's se representa la información general ([Gualdrón, 2006](#)). En todos los casos sólo se van a analizar los dos primeros escores, PC1 y PC2. Cada componente principal tiene asociado un autovalor que se relaciona con la proporción de varianza explicada por las variables que en él se agrupan
- c) **Regresión Múltiple** se utilizó para relacionar matemáticamente los valores de diferentes variables sensoriales dependientes con otra variable dependiente. En este caso sólo se utilizó para relacionar la variable aceptación global con las características sensoriales que definen la calidad de la pera Conferencia del Bierzo.
- d) **Correlación**. Se utilizó para interrelacionar las variables sensoriales, las variables físico-químicas y las relaciones entre todas ellas ([Brookfield y col., 2011](#)). El coeficiente de correlación mide la intensidad de la relación lineal entre dos variables, e indica si esta relación es positiva o negativa. El coeficiente de correlación (r) es una medida de la intensidad de la relación entre dos variables y puede tomar valores entre -1.00 y 1.00. Una relación positiva indica el aumento lineal de una variable con respecto a la otra. Una relación negativa indica una relación inversa, de forma que una variable aumenta de forma lineal mientras que la otra disminuye. Además también se utilizó la ecuación de regresión para predecir el valor de la variable dependiente (Y) basada en la variable independiente (X). La ecuación de regresión: $Y' = a + bX$, donde: Y' es el valor promedio pronosticado de Y para cualquier valor de X . a es la intercepción en Y , o el valor estimado de Y cuando $X = 0$ b es la pendiente de la recta, o cambio promedio en Y' por cada cambio de una unidad en X .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MANZANA REINETA VALLE DE LAS CADERECHAS

A continuación se muestran los resultados obtenidos para la caracterización y descripción general de la manzana Reineta del Valle de las Caderechas, que junto con el estudio justificativo desarrollado por la Promotora y con los resultados obtenidos en la caracterización sensorial del producto, obtuvo en 2004 la Marca de Garantía de Calidad “Reineta del Valle de las Caderechas” (en adelante Reineta de Caderechas). Posteriormente se demostró que el análisis sensorial, físico-químico y sus correlaciones estadísticas muestran a lo largo de tres cosechas consecutivas el aseguramiento de la calidad y la diferenciación del producto.

4.1.1 ANÁLISIS SENSORIAL

4.1.1.1 SELECCIÓN DE DESCRIPTORES Y DESARROLLO DE LA FICHA DE CATA PREVIA.

No hay un criterio uniforme en la selección del número de variables utilizadas para definir las características sensoriales de las manzanas. Autores como *Varela y col., (2005)* utilizaron 9 atributos sensoriales para definir las características de las manzanas Fuji la mayoría de ellos relacionados con las propiedades de Olor, Textura y Aroma.

Las variables sensoriales que se utilizaron para el desarrollo de la ficha de cata previa fueron seleccionadas a partir de las referencias bibliográficas estudiadas (*Lateur y col., 2001; Harker y col., 2002a; Carbonell y col., 2007; Mehinagic y col., 2003*) y de la experiencia del jefe de panel de cata. Inicialmente los descriptores se agruparon teniendo en cuenta la forma ordenada de percepción sensorial, es decir, vista, olfato, oído, tacto y gusto, creando a su vez tres grupos de características agrupando la muestra como manzana entera, al morder y en boca.

En las siguientes gráficas se muestran los porcentajes obtenidos en la elección de los descriptores más adecuados para definir la calidad sensorial de la manzana, de los cuales sólo fueron seleccionados para la elaboración de la ficha de cata previa y para las etapas posteriores, aquellos que superaron un 60% de aceptación por parte del panel de cata entrevistado.

En la Fig. 4.1 se puede observar que de todos los descriptores que definen inicialmente la manzana entera se pueden eliminar “Defectos de Piel” y “Rugosidad” ya que no alcanzan el 60% de preferencia por parte del panel, siendo el Tamaño, Color, Brillo de Piel, Russeting y Olor (en la Base Calicina) las variables seleccionadas para formar parte de la ficha de cata previa.

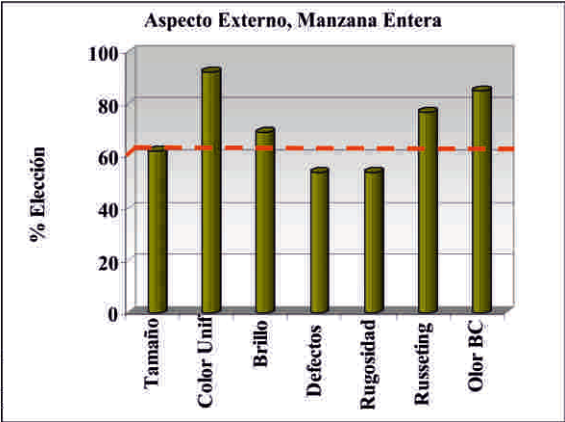


Fig. 4.1. Grado de aceptación de descriptores para definir la calidad sensorial externa de la manzana.

En la Fig. 4.2 se representa la valoración obtenida en los descriptores sensoriales que definen “la manzana al cortar”, de los cuales se seleccionaron Olor, Dureza, Jugosidad y Crujiente al Corte y resultaron excluidos los descriptores Color de la Carne y la Velocidad o Tiempo de Oxidación.

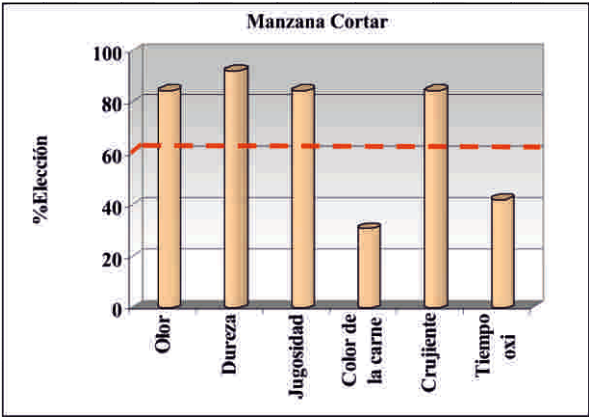


Fig.4.2. Grado de aceptación de descriptores para definir la calidad sensorial de la manzana al cortar.

De la misma forma, se definieron las características de la “manzana en boca” al morder. En la Fig. 4.3 se muestran las variables sensoriales que fueron seleccionadas y descartadas por el panel de catadores.

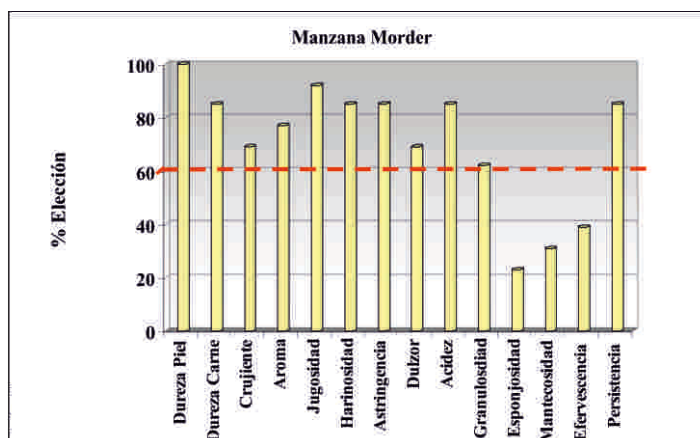


Fig.4.3. Grado de aceptación de descriptores para definir la calidad de la manzana en boca al morder.

Los descriptores Esponjosidad, Mantecosidad y Efervescencia no superaron el 60% de la selección por parte de los jueces, por lo que fueron descartados. Básicamente, esta exclusión se explica porque la Esponjosidad es una característica relacionada con el contenido de aire de un producto, la Mantecosidad es más propio de los productos con altos contenidos en grasa y la Efervescencia se relaciona con la presencia de algún tipo de gas (generalmente CO_2), en cambio, sí fueron seleccionados los descriptores, Dureza de la Piel y de la Carne, Crujiente, Aroma, Jugosidad, Harinosidad, Astringencia, Dulzor, Acidez, Granulosidad (en el límite) y Persistencia, más relacionados con las características sensoriales de las frutas.

Finalmente, después de descartar las variables anteriormente comentadas los descriptores seleccionados por al menos el 60% de los catadores de los 3 grupos de variables fueron:

Para la manzana entera:

- 1-Tamaño ,
- 2-Uniformidad de color,
- 3-Brillo,
- 4-Russeting,
- 5-Olor en la Base Calicina,

Para la manzana al corte:

- 6-Color de la Carne al Cortar,
- 7-Dureza de la Carne al Cortar,
- 8-Jugosidad al Cortar,
- 9-Olor al Cortar,

Para la manzana en boca al morder:

- 10-Dureza de la Piel,
- 11-Dureza de la Carne,
- 12-Crujiente,
- 13-Jugosidad,
- 14-Dulzor,
- 15-Acidez,
- 16-Harinosidad,
- 17-Granulosidad,
- 18-Astringencia,
- 19-Aroma y
- 20-Persistencia

A pesar de haber reducido el número de variables de 27 a 20, se considera todavía un número excesivamente elevado. Algunos autores como *Sahmer y Qannari (2008)* afirman que un elevado número de descriptores, causa fatiga sensorial a los catadores por lo que hay que reducir al máximo el número de variables a utilizar. Así, *Kalsen y col., (1999)* redujeron el número inicial de variables sensoriales de 23 a 16 atributos en la caracterización sensorial de manzanas Noruegas y *Mehinagic y col., (2004)*, para las manzanas Golden Delicious, Braeburn y Fuji, seleccionaron solamente 6 variables sensoriales, todas ellas relacionadas con atributos de textura: Dureza al Tacto, Crujiente al Morder, Masticabilidad, Jugosidad, Harinosidad y Blandura; las cuales, excepto Masticabilidad, se encuentran entre las seleccionadas en la ficha de cata previa diseñada en este trabajo.

4.1.1.2 FICHA DE CATA DEFINITIVA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE REINETA DEL VALLE DE LAS CADERECHAS

Con los 20 descriptores sensoriales seleccionados anteriormente y con la incorporación de la variable Aceptación Global (AG) como característica explicativa de la calidad sensorial general del producto, se llevó a cabo una serie de sesiones de cata con muestras de manzana Reineta procedentes de nueve explotaciones diferentes situadas en el Valle de Caderechas y con cuatro variedades diferentes de manzanas de origen comercial tal y como se planteó en el capítulo de Diseño Experimental (pág.86).

Para reducir el número de descriptores seleccionados inicialmente, los resultados de las catas se sometieron a ANOVA y PCA (simultáneamente) para descartar aquellos atributos que se consideraran más alejados de la caracterización de la manzana.

En la Tabla 4.1 se muestran los resultados de los análisis de varianza que se llevaron a cabo en dos grupos de muestras de manzanas, en el primero de ellos se analizaron los resultados sensoriales obtenidos exclusivamente para la Reineta de Caderechas y en el segundo grupo se consideraron los resultados sensoriales para las manzanas de variedades comerciales junto con las de Caderechas.

Tabla 4.1. Análisis de varianza para los descriptores sensoriales de la ficha de cata previa en Reineta de Caderechas y en variedades comerciales.

	Caderechas (9) n=9x2	Caderechas (9) +Comerciales (4) n=13x2
Manzana entera		
1-Tamaño (T)	DS	DS
2-Uniformidad color (UC)	DS	DS
3-Brillo (BR)	DS	DS
4-Russeting (R)	DS	DS
5-Olor base calicina (OBC)	NDS	NDS
Manzana al corte		
6-Color carne cortar (CCC)	NDS	DS
7-Dureza carne cortar (DCC)	DS	DS
8-Jugosidad cortar (JC)	DS	DS
9-Olor cortar (O)	NDS	DS
Manzana en boca al morder		
10-Dureza piel (DP)	DS	DS
11-Dureza carne (DCM)	DS	DS
12-Crujiente morder (CR)	DS	DS
13-Jugosidad morder (JM)	DS	DS
14-Dulzor (D)	NDS	DS
15-Acidez (A)	DS	DS
16-Harinosidad (HA)	NDS	DS
17-Granulosidad (GR)	NDS	NDS
18-Astringencia (AS)	NDS	NDS
19-Aroma (AR)	NDS	NDS
20-Persistencia (PE)	NDS	NDS
21-Aceptación global (AG)	DS	DS

Diferencias significativas (DS) y No Significativas (NDS) para un nivel de probabilidad $p < 0,05$. n=nº localidades x nº réplicas.

Para ambos grupos de muestras no se mostraron diferencias significativas para el Olor en la Base Calicina, la Granulosidad, la Astringencia, el Aroma y la Persistencia, por lo que parece que estos descriptores podrían eliminarse sin perder información del producto.

A pesar de que la mayoría de las variables sensoriales que generaron diferencias estadísticamente significativas en un grupo también lo generaron en el otro, no sucedió lo mismo para los descriptores Color de la Carne al Cortar, Olor al Cortar (a partir de ahora Olor), Dulzor y Harinosidad que sólo presentaron diferencias significativas (DS) al analizar los resultados de todas las muestras en conjunto, poniendo de manifiesto una mayor variabilidad en las características sensoriales de las variedades comerciales con respecto al grupo formado por las Reinetas de Caderechas.

Esta variabilidad sensorial entre manzanas de diferentes variedades es de esperar, debido a la heterogeneidad en sus características (color, dureza etc.), sin embargo, el elevado número de variables sensoriales con diferencias significativas confirma la existencia de cierta variabilidad en las Reinetas a pesar de que deberían formar un grupo más homogéneo por proceder de explotaciones cercanas y semejantes de la zona de Caderechas.

En la Fig.4.4 podemos observar la distribución de los coeficientes estadísticos obtenidos en el PCA para todas las variables sensoriales analizadas en la Reineta de Caderechas antes de obtener la Marca de Garantía y en las muestras de variedades de origen comercial.

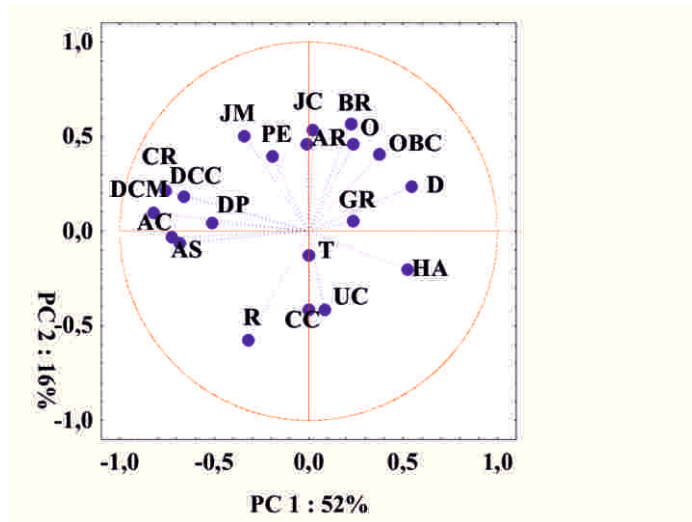


Fig.4.4. Proyección de las variables sensoriales sobre un plano de dos dimensiones constituido por los dos primeros factores del PCA. Tamaño (T), Uniformidad de Color (UC), Brillo (BR), Russeting (R), Olor en la base calicina (OBC), Color de la Carne Cortar (CCC), Dureza de la Carne al Cortar (DCC), Jugosidad al Cortar (JC), Olor (O), Dureza Piel (DP), Dureza Carne al Morder (DCM), Crujiente (CR), Jugosidad al Morder (JM), Dulzor (D), Acidez (A), Harinosidad (HA), Granulosidad (GR), Astringencia (AS), Aroma. (AR), Persistencia (PE).

La proximidad entre las variables y la cercanía con los ejes principales implica una correlación importante entre muchas de las variables sensoriales estudiadas. Esto permite, junto con los resultados del ANOVA, descartar aquellas variables que presentan un coeficiente estadístico muy pequeño y así reducir el número de descriptores de la ficha de cata.

Es de destacar que los pesos estadísticos obtenidos de 52% para el PC1 y 16% para el PC2, aunque ligeramente inferiores, se acercan a los obtenidos por otros autores en estudios similares, ya que por ejemplo *Karlsen y col.*, (1999) obtuvo valores de 66% para el PC1 y del 18% para el PC2 para una selección de 16 descriptores en la búsqueda de la caracterización de 9 variedades de manzanas de origen noruego. Aunque los descriptores seleccionados no son los mismos que en nuestro caso sí que existe una similitud en la selección de descriptores como la dureza, la jugosidad y el crujiente.

Estadísticamente son significativos los descriptores con coeficientes superiores a $\pm 0,7$, y que en este caso corresponden a Dureza de la Carne al Morder, Crujiente y Acidez, aunque también se seleccionaron los descriptores próximos a ese valor y que aparecen habitualmente en la bibliografía como los obtenidos por las variables Uniformidad del Color y Russeting (*Sahmer y Qannari, 2008*).

Para continuar con la selección de las variables sensoriales que caracterizaran a la manzana de Caderechas, se eliminaron las características que no aportaban información del producto debido a que, no generaron diferencias significativas ni en el análisis de varianza (Tabla 4.1) ni presentaban altos coeficientes en el estudio de las componentes principales. De esta forma, se eliminaron los descriptores sensoriales Color de la Carne, Jugosidad al Cortar, Olor, Dureza de la Piel, Olor de la Base Calicina, Granulosidad, Aroma y Persistencia. Asimismo, se consideró conveniente eliminar la variable Tamaño por ser una característica propia de criterios de clasificación comercial y no como característica sensorial diferenciadora.

Con los mismos datos sensoriales y una vez descartados los descriptores anteriormente descritos, se aplicó nuevamente el PCA obteniéndose coeficientes significativos para Uniformidad de Color (UC), Brillo (BR), Russeting (R), Dureza de la Carne al morder, en adelante Dureza de la Carne (DC) Jugosidad al Morder (JM), Crujiente (CR), Acidez (A), Dulzor (D) y Harinosidad (H), pudiéndose comprobar que éstos señalaban al primer eje PC1 como el de mayor peso estadístico con un 39,35 % y al segundo eje PC2 con un 20,13 %. Aunque el porcentaje de variabilidad total era ligeramente inferior al obtenido en el caso anterior, pasando del 68% al 59,5%, esta diferencia hace pensar que las variables eliminadas no aportaban una información sensorial del producto cuantitativamente importante y su eliminación fue acertada para reducir la ficha de cata.

En la Figura 4.5 se muestra la distribución de las variables sensoriales y las muestras de manzanas en el diagrama de componentes principales y cómo se agrupan las muestras en función de sus características. La proximidad en la representación gráfica de dos puntos que representan un vector de distinta categoría indica una alta correlación entre ellos, así la muestra de manzana de la variedad Verde Doncella (VDC) y de la variedad Fuji (FUJ) están altamente correlacionadas y, por lo tanto, caracterizadas por la variables sensoriales Brillo y Dulzor, la muestra Reineta comercial (RCO), Reineta Gris Aguas Cándidas (GAC) y Reineta Blanca Aguas Cándidas (BAC) son las muestras definidas en mayor proporción por la Jugosidad al Morder y el Crujiente y, finalmente, la muestra Reineta Gris Rucandio (GRU), Reineta Blanca Rucandio (BRU) y Reineta Gris Salas de Bureba (GSB) están definidas por la característica sensorial del Russeting.

La muestra comercial de la variedad Reineta (RCO) posee características similares a algunas de las Reinetas de Caderechas (BAC, GAC y BSB) ya que se engloban dentro del mismo cuadrante, mientras que las variedades Verde Doncella (VDC) y Fuji (FUJ) se caracterizan por propiedades sensoriales situándose en el cuadrante opuesto del diagrama. Teniendo en cuenta únicamente el Componente Principal 1 (PC1), se podría discriminar las tres muestras comerciales con respecto a las “Reinetas” en conjunto (Caderechas y comercial). Estos resultados confirman la relación existente entre las propiedades sensoriales y las características morfológicas de las diferentes variedades de manzanas.

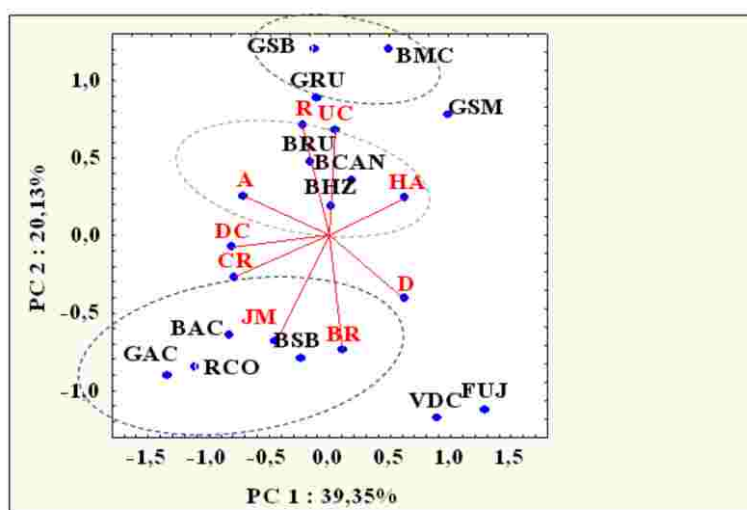


Fig.4.5. Proyección de las variables sensoriales y de los lotes de muestras de manzanas sobre un plano de dos dimensiones constituido por los dos primeros factores del PCA Variables (en rojo): Uniformidad de Color (UC), Brillo (BR), Russeting (R), Dureza de la Carne (DC), Jugosidad al Morder (JM), Crujiente (CR), Acidez (A), Dulzor (D), Harinosidad (H). Muestras (en negro): Blanca Salas de Bureba (BSB), Blanca Rucandio (BRU), Blanca Aguas Cándidas (BAC), Gris Aguas Cándidas (GAC), Blanca Hozabejas (BHZ), Gris Rucandio (GRU), Blancas Madrid de Caderechas (BMC), Gris Salas de Bureba (GSB), Blanca Cantabrana (BCA), Fuji (FUJ), Reineta comercial (RCO), Granny Smith (GSM), Verde Doncella (VDC).

Por otra parte, si se analizan los resultados exclusivamente haciendo referencia a la Reineta de Caderechas, se puede apreciar que las muestras se encuentran distribuidas creando tres grupos o asociaciones de muestras:

- Gris Aguas Cándidas (GAC), Blanca Aguas Cándidas (BAC) y Blanca Salas de Bureba (BSB), se caracterizan por el Brillo, la Jugosidad al Morder, el Crujiente y la Dureza de la Carne.
- Blanca Rucandio (BRU), Blanca Cantabrana (BCAN) y Blanca Hozabejas (BHZ) se caracterizan por la Acidez y algo de Harinosidad.
- Gris Rucandio (GRU), Gris Salas de Bureba (GSB) y Blanca Madrid de Caderechas (BMC), se caracterizan por el Russeting y la Uniformidad del Color.

Tras obtener estos resultados y analizando la posición de las variables sensoriales en los diferentes cuadrantes mostrados en la Fig. 4.5 se decidió eliminar aquellos descriptores que se encontraban en secciones opuestas en el diagrama del PCA y, que por lo tanto, podían repetir información del producto. El atributo Dulzor se eliminó por encontrarse en el cuadrante contrario a la Acidez ya que ambos atributos evolucionan de forma inversa durante la maduración de la fruta. La Harinosidad también se eliminó ya que aparecía en el cuadrante contrario al Crujiente y la Jugosidad y se decide conservar estas variables más comunes ya que aparecían seleccionadas por otros autores como [Karlsen y col., \(1999\)](#) en la caracterización de la manzana noruega y también por [Billy y col., \(2008\)](#) en manzanas de variedades Fuji y Golden Delicious.

Finalmente, se puede afirmar que la ficha de cata definitiva que mejor define las características sensoriales de la Reineta de Caderechas se muestra en la Fig.4.6 y se encuentra formada finalmente por los descriptores: Uniformidad de Color (UC), Brillo (BR), Russeting (R), Dureza de la Carne (DC), Crujiente (CR), Jugosidad al Morder (JM) Acidez (A) y Aceptación Global (AG). Cada uno de los descriptores está estructurado en 5 puntos de intensidad con una descripción de la cuantificación de cada uno de ellos. No hay un criterio unificado dentro de la comunidad científica para la utilización de escalas en estudios sensoriales ya que aunque autores como [Vara-Ubol y col., \(2006\)](#) trabajaron con una escala de 15 puntos en la caracterización sensorial de las manzanas “Rose”, y otros autores como [Rizzolo y col., \(2010\)](#) utilizaron una escala no estructurada de 120 mm en el estudio de la evolución sensorial de la manzana Jonagored, en nuestro caso se utilizó una escala estructura de 5 puntos que facilitaba el trabajo a los catadores y al jefe de panel de cata en el tratamiento e interpretación de los resultados.

1-UNIFORMIDAD DE COLOR (FORMADO)

Nada uniforme 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy uniforme 5
--------------------	-----------	-----------------------	---------------	-------------------

2-BRILLO

Nada 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy brillante 5
-----------	-----------	-----------------------	---------------	--------------------

3-RUSSETING

Ausencia 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Completo 5
---------------	-----------	-----------------------	---------------	---------------

4-DUREZA DE LA CARNE

Nada dura 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy dura 5
----------------	-----------	-----------------------	---------------	---------------

5-CRUJIENTE

Nada crujiente 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy crujiente 5
---------------------	-----------	-----------------------	---------------	--------------------

6-JUGOSIDAD AL MORDER

Nada jugoso 1	Poca 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy jugoso 5
------------------	-----------	-----------------------	---------------	-----------------

7-ACIDEZ

Nada ácido 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy ácido 5
-----------------	-----------	-----------------------	---------------	----------------

8-ACEPTACIÓN GLOBAL

Mala 1	Regular 2	Aceptable 3	Buena 4	Excelente 5
-----------	--------------	----------------	------------	----------------

Fig.4.6. Ficha de cata para el análisis sensorial de manzana Reineta del Valle de las Caderechas.

Con los resultados obtenidos en la caracterización sensorial de la Reineta de Caderechas y el desarrollo de la ficha de cata descriptiva se contribuyó de manera positiva en la adquisición de la Marca de Garantía en 2004 y desde entonces hasta la actualidad, esta ficha de cata se utiliza en el control de la calidad sensorial de este producto.

4.1.1.3 EVOLUCIÓN DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES

Con la ficha de cata desarrollada en el apartado anterior, se llevó a cabo un estudio de la evolución sensorial de la Marca de Garantía Reineta del Valle de las Caderechas (Reineta de Caderechas) a lo largo de su periodo de almacenamiento, ya que se pretende ofrecer al consumidor un producto, que a pesar de carecer de conservación en condiciones de atmósfera y temperatura controladas, mantiene definidas unas características sensoriales a lo largo del tiempo de almacenamiento.

a) Evolución y diferencias a lo largo del almacenamiento dentro de la misma cosecha

Como se ha comentado en el apartado 3.1.1 del Diseño Experimental durante el periodo de comercialización de la Reineta de Caderechas, éstas permanecen almacenadas en las bodegas de las casas y su venta escalonada se realiza al menos durante un periodo de tiempo de 4 meses mientras mantengan unas características de calidad mínimas establecidas en el Reglamento de Uso de la Marca.

En la Tabla 4.2 se muestran los resultados obtenidos en las sesiones de cata durante la cosecha 2005 para un periodo de tiempo de almacenamiento de 4 meses.

Tabla 4.2. Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las características sensoriales de Reineta de Caderechas, durante el periodo de almacenamiento de la cosecha 2005.

	1 MES n=10x2	2 MESES n=8x2	3 MESES n=7x2	4 MESES n=5x2	ANOVA (1)
1-Uniformidad Color	3,7±0,4 ^b	3,5±0,3 ^b	2,8±0,2 ^a	2,6±0,3 ^a	*
2-Brillo	2,2±0,3 ^a	2,5±0,2 ^a	2,1±0,3 ^a	2,1±0,3 ^a	NDS
3-Russeting	3,0±0,4 ^{ab}	2,9±0,3 ^{ab}	3,4±0,3 ^b	2,6±0,3 ^a	*
4-Dureza Carne	3,1±0,3 ^b	2,7±0,3 ^{ab}	2,3±0,2 ^a	2,3±0,2 ^a	*
5-Crujiente	3,0±0,3 ^a	2,9±0,3 ^a	2,9±0,2 ^a	2,6±0,4 ^a	NDS
6-Jugosidad Morder	3,5±0,2 ^b	2,8±0,2 ^a	2,9±0,3 ^a	2,8±0,2 ^a	*
7-Acidez	2,8±0,3 ^a	2,7±0,2 ^a	2,7±0,3 ^a	2,5±0,4 ^a	NDS
8-Aceptación Gl obal	3,3±0,3 ^b	3,2±0,2 ^b	3,0±0,3 ^b	2,5±0,2 ^a	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p < 0,05$ y NDS *No Diferencias Significativas*. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) *descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras x nº de réplicas.*

El análisis de varianza muestra la existencia de diferencias para las variables Uniformidad de Color, Russeting, Dureza de la Carne, Jugosidad al Morder y Aceptación Global, y no se obtienen diferencias para Brillo, Crujiente, y Acidez.

Aunque la variable Russeting mostró diferencias significativas podemos relacionarlo con la variabilidad de las muestras analizadas y no a una variación del mismo durante el almacenamiento, ya que el Russeting se considera una característica varietal que depende de las condiciones agroclimáticas y no sufre modificaciones durante el almacenamiento.

El dato más relevante es la disminución del parámetro Aceptación Global al cabo de 4 meses de almacenamiento, que podríamos relacionarlo con la pérdida de Uniformidad de Color y también con la disminución de Dureza de la Carne, Crujiente y Jugosidad, características de textura altamente relacionadas con la calificación hedónica de la manzana ([Pre-Aymard, 2005](#)).

En la Tabla 4.3 se recogen los valores medios de las sesiones de cata para la manzana de Caderechas durante la cosecha 2006 en los cuatro periodos de almacenamiento.

Tabla 4.3. Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las características sensoriales de Reineta de Caderechas, durante el periodo de almacenamiento de la cosecha 2006.

	1 MES n=10x2	2 MESES n=8x2	3 MESES n=8x2	4 MESES n=4x2	ANOVA (1)
1-Uniformidad Color	3,3±0,2 ^a	3,3±0,3 ^a	3,0±0,2 ^a	3,5±0,3 ^a	NDS
2-Brillo	2,4±0,2 ^a	2,6±0,3 ^a	2,5±0,2 ^a	2,7±0,3 ^a	NDS
3-Russeting	3,2±0,4 ^b	2,5±0,2 ^a	2,7±0,3 ^{ab}	2,7±0,4 ^{ab}	*
4-Dureza Carne	3,3±0,2 ^b	2,5±0,3 ^a	2,6±0,3 ^a	2,6±0,4 ^a	*
5-Crujiente	3,4±0,3 ^b	2,8±0,2 ^a	2,6±0,2 ^a	2,5±0,3 ^a	*
6-Jugosidad Morder	3,5±0,2 ^b	3,0±0,1 ^a	2,9±0,2 ^a	2,9±0,3 ^a	*
7-Acidez	3,3±0,2 ^b	2,5±0,1 ^a	2,4±0,4 ^a	2,6±0,3 ^a	*
8-Aceptación Global	3,6±0,3 ^a	3,3±0,1 ^a	3,3±0,2 ^a	3,2±0,3 ^a	NDS

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p<0,05$ y NDS *No Diferencias Significativas*. Test de Tukey (HSD $p<0,05$) *descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras x nº de réplicas.*

Se puede observar que los resultados sensoriales obtenidos durante la cosecha 2006 son muy diferentes de los obtenidos en la cosecha 2005, en este caso, aparecieron diferencias significativas para todos los descriptores sensoriales a excepción de la Uniformidad de Color, el Brillo y la Aceptación Global.

Como consecuencia del proceso de ablandamiento y maduración durante el almacenamiento de las manzanas se apreció una disminución significativa en la valoración de los atributos Dureza de la Carne, Crujiente, Jugosidad al Morder y Acidez a los dos meses de almacenamiento que no evolucionó en las fases posteriores. Nuevamente aparecieron diferencias significativas para el Russeting que puede relacionarse con la variabilidad de las muestras.

En la Tabla 4.4 se presentan los resultados obtenidos para las sesiones de cata realizadas durante la cosecha 2007 en los cuatro periodos de almacenamiento de la Reineta de Caderechas.

Tabla 4.4. Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las características sensoriales de Reineta de Caderechas, durante el periodo de almacenamiento de la cosecha 2007.

	1 MES n=10x2	2 MESES n=7x2	3 MESES n=7x2	4 MESES n=6x2	ANOVA (1)
1-Uniformidad Color	3,6±0,4 ^a	3,3±0,2 ^a	3,4±0,4 ^a	3,6±0,6 ^a	NDS
2-Brillo	2,5±0,3 ^a	2,2±0,4 ^a	2,0±0,3 ^a	2,3±0,3 ^a	NDS
3-Russeting	2,8±0,2 ^a	2,6±0,4 ^a	2,6±0,4 ^a	2,5±0,5 ^a	NDS
4-Dureza Carne	3,3±0,3 ^b	2,8±0,3 ^b	2,8±0,2 ^b	2,3±0,2 ^a	*
5-Crujiente	3,4±0,2 ^a	3,1±0,4 ^a	3,1±0,3 ^a	3,0±0,3 ^a	NDS
6-Jugosidad Morder	3,4±0,2 ^a	3,3±0,1 ^a	3,3±0,3 ^a	3,1±0,3 ^a	NDS
7-Acidez	3,1±0,3 ^b	2,4±0,4 ^a	2,3±0,4 ^a	2,3±0,4 ^a	*
8-Aceptación Global	3,6±0,4 ^a	3,2±0,3 ^a	3,3±0,5 ^a	3,2±0,4 ^a	NDS

(1) **Análisis de Varianza, * Diferencias Significativas $p < 0,05$ y NDS No Diferencias Significativas. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. $n = n^{\circ}$ de muestras x n° de réplicas.**

Sólo se encuentran diferencias significativas para el parámetro sensorial Dureza de la Carne y Acidez, a los cuatro y dos meses de almacenamiento respectivamente, posiblemente como consecuencia de una mayor homogeneidad de las muestras y una menor evolución de sus propiedades sensoriales durante el almacenamiento. A pesar de que sí existen diferencias significativas en la Dureza de la Carne, se observa una disminución en el parámetro Crujiente, que habíamos relacionado anteriormente con la disminución también en la valoración de la Aceptación Global (cosecha 2005), a pesar de que esta disminución no ha sido suficiente para generar diferencias estadísticas en este atributo.

En general y observando los resultados sensoriales de las tres cosechas consecutivas, podemos observar que las diferencias significativas encontradas en la evolución de las características sensoriales no fueron consistentes entre las distintas cosechas. Estas fluctuaciones se deben a la heterogeneidad en el estado de maduración de las muestras, debido a la ausencia de control de temperatura, humedad y atmósfera durante el almacenamiento.

La acidez sensorial, en todas estas cosechas, no presentó valores muy elevados, característica propia de estas manzanas. Se puede apreciar que cuando la valoración de la acidez fue superior al valor 3 (cosechas 2006 y 2007), ésta disminuyó significativamente al principio del almacenamiento estabilizándose los valores en las fases posteriores, mientras que cuando la acidez inicial fue menor (cosecha 2005), no se apreció una evolución de este atributo durante el almacenamiento. Sin embargo, esta menor acidez inicial de la manzana se podría relacionar con una disminución significativa de la Aceptación Global con el tiempo de almacenamiento, alcanzando valores inferiores a un nivel aceptable (3 puntos) al cabo de 4 meses, mientras que para el resto de las cosechas la valoración de la Aceptación Global fue superior a la aceptable, indicando que esta manzana soporta un tiempo prolongado de almacenamiento a pesar de que no se almacene a en frío y/o atmósfera controlada.

Si nos fijamos en la Figura 4.7. se puede ver que en la mayoría de los atributos los valores disminuyen al pasar de 1 mes a 2 meses y después se mantienen hasta los 4 meses, aunque esto no ocurre de la misma forma para la Uniformidad de Color y el Brillo que se mantienen constantes a lo largo del periodo de almacenamiento. Sin embargo, al analizar las cosechas individualmente (Tablas 4.2, 4.3 y 4.4) podemos observar que para la cosecha 2005 las diferencias significativas aparecen a los 4 meses, pudiéndose atribuir esta discrepancia a que las manzanas fueron recolectadas en un estado de maduración más avanzado dando lugar a una evolución más lenta de sus características sensoriales.

b) Evolución y diferencias a lo largo del almacenamiento entre cosechas.

De la misma forma que se analizaron los datos dentro de la misma cosecha en los diferentes periodos de tiempo, se compararon los resultados entre las diferentes cosechas 2005, 2006 y 2007 en el mismo tiempo de almacenamiento, con ello se consigue mostrar la homogeneidad sensorial del producto y la evolución de las propiedades sensoriales a lo largo de todo el estudio.

Para poder apreciar si existe un aumento en la variabilidad de las características sensoriales de las manzanas con el tiempo de almacenamiento independientemente del año de cosecha, se agruparon los valores por periodo de almacenamiento y no por año de cosecha y se les aplicó un ANOVA.

Tabla 4.5 Análisis de varianza de los resultados obtenidos en las sesiones de cata de Reineta de Caderechas a lo largo de las cosechas 2005, 2006 y 2007

	1 MESES n=34x2	2 MESES n=34x2	3 MESES n=34x2	4 MESES n=26x2
1-Uniformidad Color	NDS	NDS	NDS	*
2-Brillo	NDS	NDS	NDS	NDS
3-Russeting	NDS	NDS	*	NDS
4-Dureza Carne	NDS	NDS	NDS	NDS
5-Crujiente	NDS	NDS	NDS	NDS
6-Jugosidad Morder	NDS	*	NDS	NDS
7-Acidez	NDS	NDS	NDS	NDS
8-Aceptación Global	NDS	NDS	NDS	*

** Diferencias significativas en el Análisis de Varianza $p < 0,05$, NDS No Diferencias Significativas, $n = n^{\circ}$ de muestras x n° de réplicas.*

Los resultados de la Tabla 4.5 ponen de manifiesto la existencia de diferencias estadísticamente significativas para Russeting a los tres meses de almacenamiento aunque comprobamos que tras aplicar el test de Tukey no presentaron diferencias en este periodo de almacenamiento (Fig 4.7).

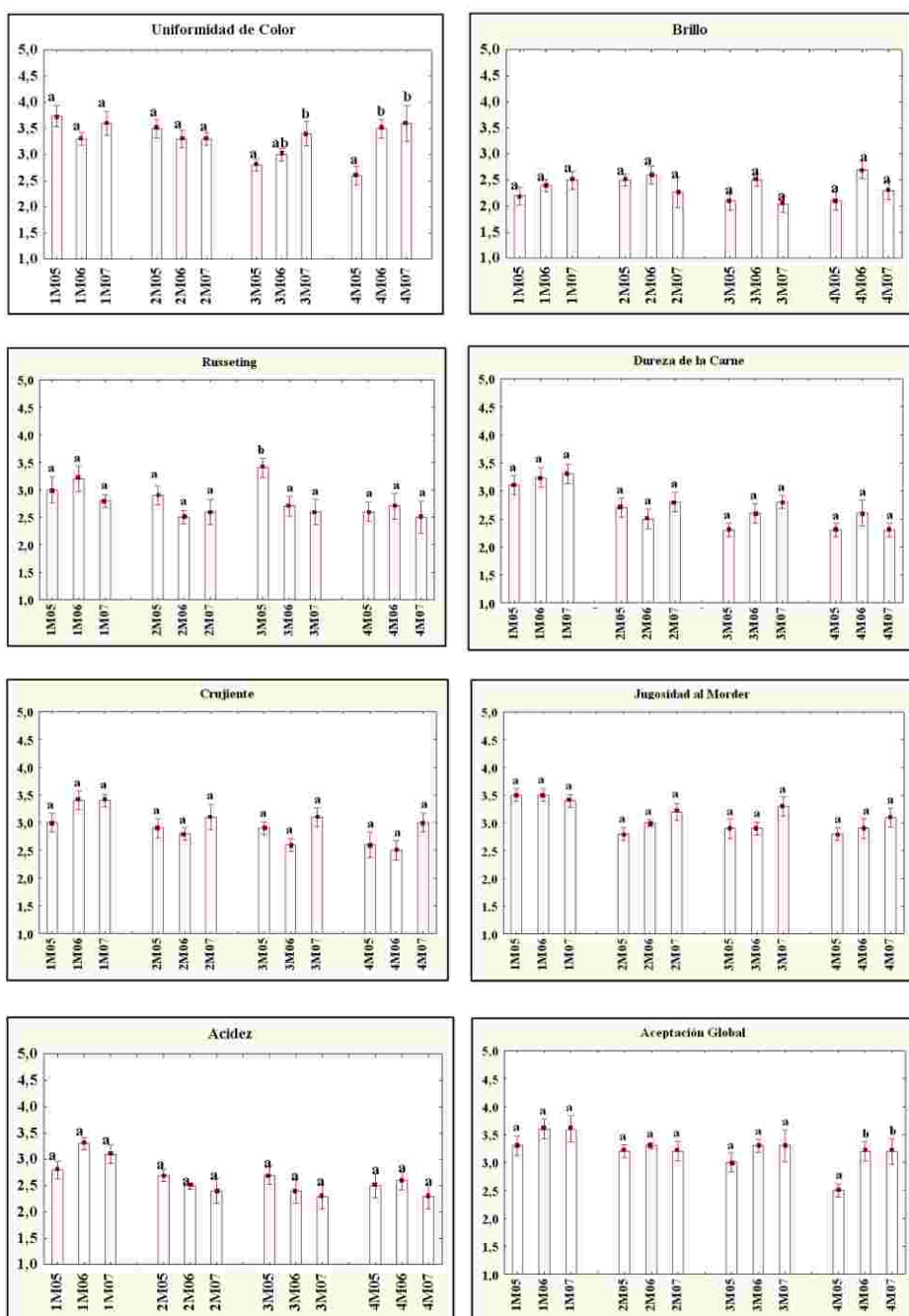


Fig.4.7. Evolución de los atributos sensoriales a lo largo del almacenamiento para la Reineta de Caderechas procedente de las cosechas 2005 a 2007. n= 90 ■ Media, I Media±SE. (1M, 2M, 3M y 4M = 1,2, 3 y 4 meses de almacenamiento). Letras diferentes dentro del mismo periodo de almacenamiento indican diferencias significativas.

De la misma forma, también aparecen diferencias significativas entre los valores de Jugosidad al Morder a los dos meses de almacenamiento pero tras aplicar el test de Tukey (Fig 4.7) no se identifican esas diferencias. Por último, la valoración de Uniformidad del Color muestra un perfil de comportamiento muy similar a la de Aceptación Global por lo que bajos valores en Uniformidad del Color en el periodo de 4 meses durante la cosecha 2005 provocan la diferencia significativa en los valores de Aceptación Global de éstas manzanas.

Estos resultados muestran que se ha estado ofreciendo al consumidor un producto, que hasta los tres primeros meses de almacenamiento, presentaba una homogeneidad en las características sensoriales año tras año, independientemente de las condiciones agroclimáticas que se dieran.

4.1.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

a) Evolución y diferencias a lo largo del almacenamiento dentro de la misma cosecha

De la misma forma que se analizaron las propiedades sensoriales de la Reineta de Caderechas a lo largo de las diferentes cosechas, también se llevó a cabo la determinación de los parámetros físico-químicos para las variables, Sólidos Solubles ($^{\circ}$ Brix), pH, Acidez Total (g/l), Dureza por penetrometría (kg) y los parámetros de color L^* , a^* y b^* y su relación a través del ángulo Hue y la cromaticidad (C^*). Según el Reglamento de la Marca de Garantía, para que las manzanas puedan llevar el sello acreditativo, éstas deben poseer una calidad sensorial reconocida y un contenido mínimo de Sólidos Solubles de 12° Brix y una Acidez Total superior a 7 g/l.

En las Tablas 4.6, 4.7 y 4.8 se presentan los valores medios de las variables físico-químicas analizadas para la Reineta de Caderechas durante las cosechas 2005, 2006 y 2007 respectivamente. Como se puede observar los valores de contenido en Sólidos Solubles ($^{\circ}$ Brix) se encuentran dentro de las especificaciones de la Marca en cuanto a los valores mínimos, mientras que la Acidez Total al final del almacenamiento, en algunos casos, se encuentra por debajo del valor establecido, no cumpliendo las especificaciones necesarias para acogerse a la Marca.

Tabla 4.6 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las características físico-químicas en Reineta de Caderechas, durante el periodo de comercialización de la cosecha 2005.

	1 MES n=10	2 MESES n=8	3 MESES n=8	4 MESES n=5	ANOVA (1)
1-°Brix	15,0±1,2 ^a	15,0±1,1 ^a	15,1±1,2 ^a	15,5±1,4 ^a	NDS
2-pH	3,3±0,0 ^a	3,5±0,1 ^b	3,6±0,1 ^b	3,6±0,1 ^b	*
3-AT(g/l)	10,6±1,6 ^c	8,0±1,8 ^{cb}	7,1±2,6 ^{ba}	6,0±2,6 ^a	*
4-L*	65,8±5,3 ^a	73,8±1,4 ^b	66,0±5,3 ^a	66,0±5,3 ^a	*
5-a*	-6,2±4,6 ^a	-6,4±3,9 ^a	-5,9±3,6 ^a	-5,9±3,6 ^a	NDS
6-b*	46,7±5,3 ^a	54,2±2,7 ^b	47,7±5,3 ^a	50,7±5,3 ^{ab}	*
7-°Hue	97,6 ^a	96,7 ^a	97,1 ^a	96,6 ^a	NDS
8-C*	47,1 ^a	54,6 ^b	48,1 ^a	51,0 ^a	*
6-Dureza (kg)	9,5±1,5 ^b	5,9±0,9 ^a	5,1±0,8 ^a	4,2±0,8 ^a	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p<0,05$ y NDS *No Diferencias Significativas*. Test de Tukey (HSD $p<0,05$) *descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=n° de muestras.*

En la cosecha 2005 existen diferencias significativas para todas las variables físico-químicas a excepción del contenido en Sólidos Solubles (°Brix), el parámetro a* de color y el ángulo °Hue. En general las diferencias significativas aparecieron al cabo de los dos meses, siendo los parámetros Acidez Total y Dureza los que más se ven afectados a lo largo del tiempo, con tendencia a una disminución de sus valores como consecuencia de la maduración de las manzanas durante su almacenamiento. Sin embargo, el color de las manzanas no se ve afectado durante este tiempo de almacenamiento como se puede apreciar por la ausencia de diferencias significativas en los valores del parámetro a*, indicando que no hay variación del color verde de fondo, mientras que los valores de las variables luminosidad L*, b* y Cromaticidad (C*), a pesar de presentar diferencias significativas, muestran una evolución errática mostrando valores máximos en el 2º mes de almacenamiento, lo que puede estar relacionado con la variación de la presencia de Russeting en las muestras.

Tabla 4.7 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las características físico-químicas en Reineta de Caderechas, durante el periodo de comercialización de la cosecha 2006.

	1 MES n=10	2 MESES n=8	3 MESES n=8	4 MESES n=5	ANOVA (1)
1-°Brix	15,8±1,6 ^a	16,0±1,3 ^a	15,9±2,9 ^a	16,5±1,4 ^a	NDS
2-pH	3,3±0,1 ^a	3,4±0,1 ^a	3,5±0,1 ^a	3,5±0,2 ^a	NDS
3-AT(g/l)	9,6±1,2 ^b	7,3±1,1 ^{ab}	6,9±1,2 ^a	6,7±1,6 ^a	*
4-L*	67,5±4,3 ^a	72,1±3,5 ^b	70,3±4,3 ^{ab}	72,3±5,3 ^b	*
5-a*	-10,6±2,4 ^a	-9,0±4,3 ^a	-6,6±2,6 ^b	-6,3±3,3 ^b	*
6-b*	47,3±3,9 ^a	55,0±3,6 ^b	51,3±4,9 ^b	57,6±4,1 ^c	*
7-°Hue	102,6 ^b	99,2 ^{ab}	97,3 ^a	96,2 ^a	*
8-C*	48,5 ^a	55,7 ^b	51,7 ^b	57,9 ^c	*
9-Dureza (kg)	9,4±2,8 ^c	5,4±0,7 ^b	5,2±1,3 ^b	4,5±0,3 ^a	*

(1) **Análisis de Varianza, * Diferencias Significativas $p < 0,05$ y NDS No Diferencias Significativas. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. $n = n^{\circ}$ de muestras.**

En la cosecha 2006 existen diferencias significativas para todas las variables físico-químicas a excepción del contenido en Sólidos Solubles (°Brix) y el pH. En general, al igual que en el caso anterior, las diferencias significativas aparecieron al cabo de los dos meses aunque se hicieron más evidentes a los tres meses.

El contenido en Sólidos Solubles (°Brix) se encuentran dentro de las especificaciones aunque la Acidez Total disminuye ligeramente a lo largo del tiempo encontrándose valores, a los tres y cuatro meses, ligeramente inferiores al límite establecido por el Reglamento. El proceso de maduración durante el almacenamiento también se pone de manifiesto que una variación en el color de las manzanas, de hecho, los parámetros de color a^* y b^* evolucionan hacia el rojo y hacia un incremento del amarillo respectivamente y, como consecuencia de la evolución de estos dos parámetros, el ángulo de color (°Hue) disminuye hacia el amarillo y la Cromaticidad (C^*) experimenta un aumento continuo. Durante este periodo de almacenamiento, la Dureza es la variable físico-química que disminuye de forma más acusada.

Tabla 4.8 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las características físico-químicas en Reineta de Caderechas, durante el periodo de comercialización de la cosecha 2007.

	1 MES n=10	2 MESES n=8	3 MESES n=8	4 MESES n=5	ANOVA (1)
1-°Brix	14,5±1,6 ^a	15,4±1,5 ^a	15,6±1,6 ^a	15,8±1,2 ^a	NDS
2-pH	3,2±0,1 ^a	3,2±0,1 ^a	3,6±0,1 ^b	3,7±0,1 ^b	*
3-AT(g/l)	9,7±2,1 ^c	7,2±1,4 ^{cb}	6,5±1,0 ^{ba}	5,4±0,4 ^a	*
4-L*	68,1±5,5 ^a	72,2±2,9 ^a	72,4±3,6 ^a	73,4±3,2 ^a	NDS
5-a*	-14,5±5,5 ^a	-10,8±3,6 ^b	-10,0±7,9 ^b	-7,1±3,8 ^b	*
6-b*	48,8±4,3 ^a	55,3±2,9 ^b	55,8±4,9 ^b	58,8±3,3 ^b	*
7-°Hue	106,5 ^c	101,1 ^b	100,2 ^b	96,9 ^a	*
8-C*	50,9 ^a	56,3 ^b	56,7 ^b	59,3 ^b	*
9-Dureza (kg)	7,5±2,0 ^c	5,6±0,9 ^b	4,7±0,9 ^{ba}	4,5±0,7 ^a	*

(1) Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p < 0,05$ y NDS *No Diferencias Significativas*. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) *descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras.*

En la cosecha 2007 existen diferencias significativas para todas las variables físico-químicas a excepción del contenido en Sólidos Solubles (°Brix), y el parámetro L* del color siendo estas diferencias apreciables a los dos meses de almacenamiento. Los valores en el contenido en Sólidos Solubles (°Brix) se encuentran dentro de las especificaciones del Reglamento y aunque la acidez al cabo de los cuatro meses de almacenamiento y a diferencia de los casos anteriores, se encuentra bastante por debajo de los valores límite sería necesario repetir y evaluar nuevamente los resultados de los análisis de cada muestra de manzanas por separado antes de la posible retirada de la etiqueta de Marca de Garantía.

En cuanto al color, al igual que en la cosecha anterior, los valores correspondientes a los parámetros de color a* y b* experimentan una variación hacia el rojo y hacia un aumento del amarillo respectivamente y, como consecuencia, una disminución del valor de °Hue hacia el amarillo y un aumento en los valores de Cromaticidad (C*) debido al proceso de maduración que tiene lugar durante el almacenamiento. Asimismo, se produce una continua disminución en la dureza de las manzanas almacenadas durante este tiempo.

Si se comparan todos los resultados obtenidos en las tres cosechas simultáneamente la única variable que no ha sufrido variación estadísticamente significativa fue la correspondiente al contenido en Sólidos Solubles (°Brix), mientras que las variables Acidez Total, Dureza y parámetros de color b* y C*, fueron las variables que presentaron diferencias significativas en todas las cosechas.

Los valores de Acidez Total y Dureza disminuyeron durante el periodo de almacenamiento hasta un 50% del valor inicial, a causa del proceso de maduración que tiene lugar durante el almacenamiento, aunque este efecto no fue tan acusado cuando se evaluaron sensorialmente la acidez y la dureza de la carne. Esto sugiere una mayor precisión de las medidas instrumentales frente a las sensoriales, ya que los catadores no son capaces de diferenciar las variaciones de una medida en la misma magnitud que un equipo instrumental.

La Reineta de Caderechas presenta un color que varía entre el verde y el amarillo, definido por un rango de valores negativos de a^* entre -14,5 y -5,9 y un rango de valores positivos de b^* entre 46,7 y 58,8 que pueden ser utilizados como referentes para la determinación del estado de maduración. En la Figura 4.8 el parámetro a^* , que representa el color verde de la manzana, fue disminuyendo pero manteniéndose siempre en valores negativos, lo que indica una manzana menos verde a medida que avanza la maduración, mientras que el parámetro b^* , que representa el componente amarillo, aumentó indicando una coloración más amarilla, por lo que el color de estas manzanas se encuentra en el cuadrante verde-amarillo durante todo el periodo de almacenamiento.

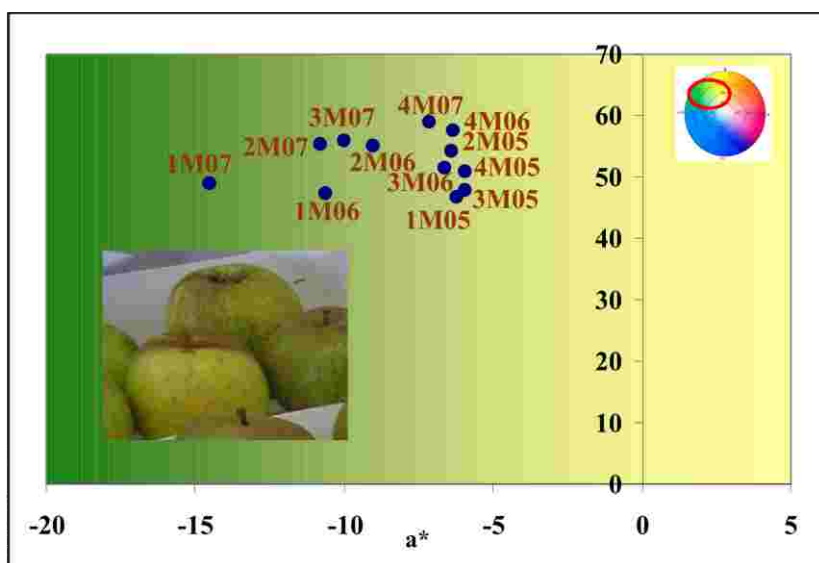


Fig.4.8. Simulación de la evolución de los parámetros de color a^* y b^* durante el tiempo de almacenamiento (1mes, 2 meses, 3 meses y 4 meses) de la Reineta de Caderechas, Cosecha 2005 (05), 2006 (06) y 2007 (07).

b) Evolución y diferencias durante el almacenamiento entre cosechas.

De la misma forma se comparan las variables físico-químicas a lo largo del periodo de almacenamiento de las manzanas a lo largo de cada cosecha, se analizan los resultados evaluando los valores encontrados en el mismo periodo de almacenamiento en las diferentes cosechas.

Tabla 4.9 Análisis de varianza de los resultados obtenidos para las variables físico-químicas de la Reineta de Caderechas para el mismo periodo de comercialización en cosechas distintas.

	1 MES	2 MESES	3 MESES	4 MESES
°Brix	NDS	NDS	NDS	NDS
pH	NDS	*	NDS	NDS
AT(g/l)	NDS	NDS	NDS	NDS
L*	*	*	*	*
a*	*	*	*	NDS
b*	NDS	*	*	*
Dureza (kg)	*	NDS	NDS	NDS

**Diferencias significativas en el Análisis de Varianza $p < 0,05$, NDS No Diferencias Significativas.*

Al comparar los mismos periodos de análisis para cosechas diferentes, se observa que en ningún caso aparecieron diferencias estadísticamente significativas para el contenido en Sólidos Solubles (°Brix) y la Acidez Total. En el caso de la Dureza sólo existieron diferencias para el primer periodo de análisis. El almacenamiento tuvo un efecto significativo en la dureza de las manzanas, que disminuyó notablemente entre el primero y el segundo mes y en menor medida durante los siguientes meses, uniformándose los valores (Fig. 4.9).

El índice de color L* es el parámetro que presentó mayores diferencias entre cosechas a lo largo del almacenamiento, con un comportamiento poco definido pudiéndose relacionar estas modificaciones con la mayor o menor presencia de Russeting superficial.

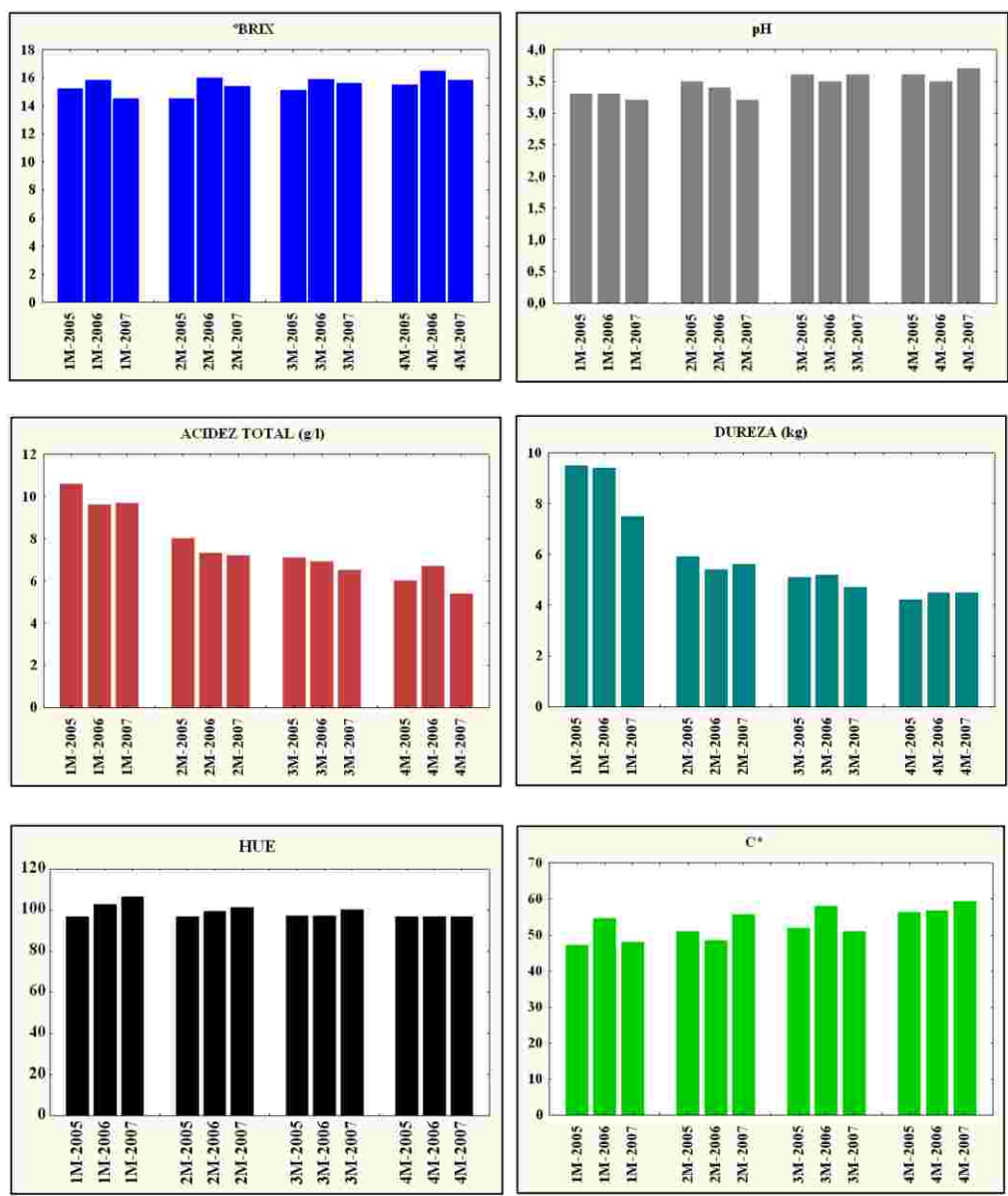


Fig.4.9. Sólidos Solubles (°Brix), pH, Acidez Total (g/l), Dureza (kg), °Hue y Cromaticidad (C*) para la Reineta de Caderechas durante el almacenamiento.

El diagrama de barras correspondiente al parámetro °Hue en la Fig. 4.9, muestra que la Reineta de Caderechas presenta diferencias en la tonalidad verde en el primer periodo que tienden a igualarse hacia el amarillo en los periodos finales de almacenamiento. Esta apreciación se puede confirmar analizando la Figura 4.8 que muestra el desplazamiento de los puntos correspondientes a la composición de los parámetros a^* y b^* durante los distintos periodos de estudio. Se puede observar que las manzanas, con un mes de almacenamiento, de la cosecha 2005 son más amarillas que las de la cosecha 2006 y que las de 2007, indicando posiblemente un estado de maduración más avanzado de las primeras y que confirmaría las observaciones mencionadas anteriormente en relación con la apreciación sensorial de la Acidez. Asimismo, con el tiempo de almacenamiento, se puede observar que los puntos de la cosecha 2007 se desplazan hacia el amarillo de forma más acusada que los correspondientes a la cosecha 2006 y 2005, indicando que cuanto más verde sea la muestra inicialmente mayor será el desplazamiento hacia la misma zona de la gráfica.

4.1.3 CORRELACIONES ESTADÍSTICAS ENTRE PROPIEDADES SENSORIALES Y FÍSICO-QUÍMICAS

La correlación de las propiedades sensoriales, físico-químicas, así como las existentes entre ambos grupos de variables, permite relacionar los datos y asociar entre sí las características para obtener una mayor información del producto.

En la Tabla 4.10 se muestran los valores de correlación “ r ” al comparar todos los resultados sensoriales obtenidos en Reineta de Caderechas considerándose correlaciones estadísticamente significativas aquellas que superaran el valor de 0,7.

Tabla 4.10 Coeficientes correlación r obtenidos para las variables sensoriales analizadas en Reineta de Caderechas. Correlaciones significativas con coeficientes superiores a 0,7.

	Uniformidad Color	Brillo	Russetting	Dureza Carne	Crujiente	Jugosidad Morder	Acidez	Aceptación Global
Uniformidad Color		0,68	0,33	0,66	0,59	0,69	0,60	0,78
Brillo	0,68		0,41	0,37	0,36	0,51	0,68	0,69
Russetting	0,33	0,41		0,51	0,38	0,32	0,60	0,45
Dureza Carne	0,66	0,37	0,51		0,91	0,87	0,67	0,74
Crujiente	0,59	0,36	0,38	0,91		0,89	0,64	0,74
Jugosidad Morder	0,69	0,51	0,32	0,87	0,89		0,70	0,76
Acidez	0,60	0,68	0,60	0,67	0,64	0,70		0,63
Aceptación Global	0,78	0,69	0,45	0,74	0,74	0,76	0,63	

La Aceptación Global presenta correlaciones estadísticamente significativas con la Uniformidad de Color, Dureza de la Carne, Crujiente y Jugosidad al Morder aunque las variables que mostraron mayor número de valores significativos fueron las más relacionadas con las propiedades de textura siendo las correlaciones entre la Dureza de la Carne y el Crujiente las que obtuvieron los valores más elevados llegando incluso al 0,91. Las variables Brillo y Russeting presentaron bajas correlaciones con el resto de las propiedades sensoriales.

En la Tabla 4.11 se muestran los valores de correlación “r” al comparar todos los valores obtenidos en la determinación de las variables físico-químicas entre sí.

Tabla 4.11 Coeficientes de correlación r obtenidos para las variables físico-químicas analizadas en Reineta de Caderechas. Correlaciones significativas con coeficientes superiores a 0,7.

	°Brix	pH	AT (g/l)	L*	a*	b*	Dureza (kg)
°Brix		0,30	0,15	0,25	0,15	0,16	0,21
pH	0,30		-0,47	0,39	0,47	0,46	-0,49
AT (g/l)	0,15	-0,47		-0,35	-0,25	-0,67	0,86
L*	0,25	0,39	-0,35		-0,07	0,86	-0,33
a*	0,15	0,47	-0,25	-0,07		0,09	-0,32
b*	0,16	0,46	-0,67	0,86	0,09		-0,60
Dureza (kg)	0,21	-0,49	0,86	-0,33	-0,32	-0,60	

No existen muchas correlaciones estadísticamente significativas al comparar entre sí las propiedades físico-químicas, sólo aparecen valores positivos de 0,86 entre dos de las variables que más evolucionan durante la comercialización de las manzanas, Acidez Total y Dureza, es decir, a mayor dureza mayor acidez, y entre los parámetros relacionados con el color L* y b*, mostrando una evolución parecida de estos parámetros durante el almacenamiento. El pH no presenta una buena correlación con la acidez, ya que ésta se valora sobre ácidos orgánicos de carácter débil, siendo mayoritario el ácido málico, y las variaciones en su concentración no ejercen un efecto tan acusado en el pH. Asimismo, el contenido en Sólidos Solubles presenta una baja correlación con la Acidez Total que se puede explicar con los resultados mostrados en la Fig. 4.9, en la cual podemos ver que la acidez disminuye significativamente durante los cuatro meses de almacenamiento, mientras que el aumento en Sólidos Solubles es apenas apreciable.

En la Tabla 4.12 se muestran los valores de correlación “r” obtenidos al analizar todos los valores obtenidos entre las variables sensoriales y las físico-químicas.

Tabla 4.12 Coeficientes de correlación r obtenidos entre las variables sensoriales y físico-químicas en Reineta de Caderechas. Correlaciones significativas con coeficientes superiores a 0,7.

	°Brix	pH	AT(g/l)	L*	a*	b*	Dureza (kg)
Uniformidad Color	0,48	0,01	0,45	0,33	-0,22	0,17	0,50
Brillo	0,71	0,05	0,33	0,32	0,02	0,14	0,34
Russeting	0,50	0,25	0,50	-0,15	0,15	-0,42	0,44
Dureza Carne	0,45	-0,24	0,63	-0,15	-0,45	-0,35	0,76
Crujiente	0,40	-0,15	0,48	-0,10	-0,60	-0,25	0,61
Jugosidad Morder	0,49	-0,21	0,54	-0,11	-0,43	-0,24	0,66
Acidez	0,51	-0,13	0,65	-0,09	-0,20	-0,34	0,71
Aceptación Global	0,58	0,03	0,42	0,20	-0,29	0,03	0,46

Las únicas correlaciones estadísticamente significativas que se han encontrado son las que aparecen entre la Dureza instrumental y las variables sensoriales Dureza de la Carne y Acidez, así como la que presenta el contenido en Sólidos Solubles y el Brillo. Autores como *Billy y col., (2008)* observaron que los parámetros sensoriales Jugosidad y Crujiente estaban altamente relacionados con el parámetro instrumental Dureza en las manzanas Fuji y Golden, en este caso se encontró una relación que, aunque no es significativa entre estos mismos parámetros, sí se consideran relevante al tratarse de variables sensoriales. De la misma forma, la acidez sensorial y la físico-química, aunque no muestran un coeficiente significativamente estadístico, también presentan una correlación positiva elevada de 0,65, que pone en evidencia el buen funcionamiento del panel de cata.

En la mayoría de los casos es complicado obtener altas correlaciones entre las propiedades sensoriales y las medidas físico-químicas y por ello se hace imprescindible el análisis de todas estas variables a la hora de valorar e identificar variaciones de las mismas durante el almacenamiento de este producto.

4.2 MANZANA REINETA DEL BIERZO

Aunque esta manzana ya poseía la etiqueta de calidad D.O. en el momento en que se llevó a cabo este estudio, no disponía de una caracterización específica de sus propiedades sensoriales, por ello, se diseñó una ficha de cata que fuera sencilla y fácil de utilizar que se empleó para contrastar la evolución de las propiedades sensoriales a lo largo de tres cosechas consecutivas en diferentes periodos de almacenamiento, y para estudiar la influencia del tipo de atmósfera de conservación en las características sensoriales de estas manzanas. Asimismo, durante los mismos periodos y condiciones de almacenamiento también se analizaron las características físico-químicas relacionadas con la maduración y se determinaron las relaciones estadísticas existentes entre ellas y las propiedades sensoriales.

4.2.1 ANALISIS SENSORIAL

4.2.1.1 SELECCIÓN DE DESCRIPTORES Y DESARROLLO DE LA FICHA DE CATA DEFINITIVA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA MANZANA REINETA D.O. BIERZO.

A partir de los descriptores seleccionados en la etapa inicial de selección de descriptores llevado a cabo para la Reineta de Caderechas (4.1.1.1) y siguiendo el criterio del jefe de panel de cata para eliminar, en base a la experiencia adquirida, aquellos menos útiles en la caracterización de manzanas, se creó una ficha de cata previa para el estudio de la Reineta D.O. Bierzo (en adelante Reineta del Bierzo) con los siguientes descriptores: Uniformidad de Color (UC), Brillo (BR), Olor en la Base Calicina (OBC), Russeting (R), Dureza de la Carne al Cortar (DCC), Jugosidad al Corte (JC), Dureza de la Carne al Morder (DCM), Jugosidad al Morder (JM), Crujiente (CR), Dulce (D), Ácido (A), Harinosidad (HA), Granulosidad (GR), Astringencia (AS) y Aroma (AR).

Con el propósito de reducir el número de descriptores, se aplicó el Análisis de Varianza (ANOVA) y el Análisis de Componentes Principales (PCA) a los datos obtenidos en las sesiones de cata llevadas a cabo con esta ficha de cata previa, en manzanas de 6 variedades adquiridas en el mercado (Red Chief, Golden, Royal Gala, Granny Smith, Verde Doncella y Fuji), una muestra de Reineta del Bierzo y dos de Reineta de Caderechas.

Al aplicar el ANOVA, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para todas las variables sensoriales a excepción del Aroma, lo que nos indica que esta variable no resulta útil en la diferenciación entre las muestras estudiadas.

Cuando a los mismos datos se aplicó el Análisis de Componentes Principales (PCA), encontramos que la suma de los coeficientes PC1 y PC2 explicaba el 66,55 % de la variabilidad total. Este valor, similar al obtenido tras aplicar el PCA en Reineta de Caderechas, se consideró aceptable si se compara con los resultados obtenidos por otros autores como *Peneau y col.(2006)*, que obtuvo un 65% al relacionar atributos sensoriales de manzanas en función de los tipos de consumidores y un 66,1% al relacionar atributos sensoriales de manzanas en función del tipo de cultivo.

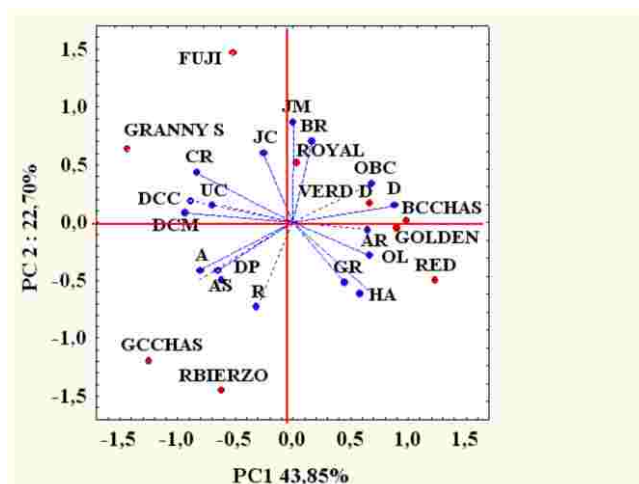


Fig. 4.10 Proyección de las variables sensoriales y de las variedades de manzanas sobre un plano de dos dimensiones constituido por los dos primeros factores del PCA.

Variables (puntos azules): Uniformidad de Color (UC), Brillo (BR), Olor en la Base Calicínica (OBC), Russeting (R), Dureza de la Carne al Cortar (DCC), Jugosidad al Corte (JC), Dureza de la Carne al Morder (DCM), Jugosidad al Morder (JM), Crujiente (CR), Dulce (D), Ácido (A), Harinosidad (HA), Granulosidad (GR), Astringencia (AS) y Aroma (AR).

Variedades (puntos rojo): Red Chief (RED), Golden (GO), Royal Gala (ROYAL), Granny Smith (GRANNY S), Verde Doncella (VERDE D) y Fuji (FUJI), Reineta del Bierzo (RBIERZO) y Reineta Gris Caderechas (GCCHAS) y Reineta Blanca Caderechas (BCCHAS).

En la Figura 4.10 se observan que las diferentes variedades de manzanas se distribuyeron a lo largo de los cuatro cuadrantes del diagrama de PCA, siendo cada variedad caracterizada por una o varias propiedades sensoriales. Tal es el caso de la muestra de manzana de la variedad Fuji, que se caracterizó preferentemente por la Jugosidad al Corte, mientras que la de Granny Smith se caracterizó por el Crujiente y la Uniformidad de Color. Las variedades Golden y Red Delicious fueron definidas por la Granulosidad, el Olor y el Aroma, la Verde Doncella por el Olor en la Base Calicina y la

variedad Royal Gala por el Brillo y la Jugosidad al Morder. La Reineta Gris de Caderechas y la Reineta del Bierzo, muy similares a priori por tratarse de la misma variedad, se caracterizaron por el Russeting, la Dureza de la Piel, la Astringencia y la Acidez, sin embargo la muestra Reineta Blanca de Caderechas se encuentra en el cuadrante opuesto y definida por el sabor Dulce. Una característica diferencial de esta variedad de manzanas es la presencia de russeting en la piel, de manera que la “Reineta Gris” se encuentra completamente cubierta y la “Reineta Blanca” presenta placas aisladas que dejan entrever su color natural (Iglesias y col., 2000).

La proximidad de algunas variables en el diagrama PCA sugiere que los descriptores correspondientes contienen información relacionada y que, posiblemente, un número más reducido de variables podrían ser suficientes para resumir gran parte de la variabilidad presente en las muestras. El criterio seguido para eliminarlos fue seleccionar aquellas variables con coeficientes estadísticos inferiores al valor de 0,7 y que son los que menos explican la varianza de los componentes principales (PC1 y PC2). Si observamos la Tabla 4.13, podemos apreciar que las variables que no poseen coeficientes estadísticamente significativos son, Olor en la Base Calicina, Jugosidad de la Carne al Cortar, Olor, Dureza de la Piel, Harinosidad, Granulosidad, Astringencia y nuevamente el Aroma, por lo que se consideró conveniente eliminarlos de la ficha de cata.

Tabla 4.3 Coeficientes estadísticos de las variables sensoriales en el PCA para manzanas de diferentes variedades, n=9x3.

	PC1	PC2
1-Uniformidad Color ⁽¹⁾	-0,70	0,14
2-Brillo ⁽¹⁾	0,17	0,70
3-Russeting ⁽¹⁾	-0,31	-0,74
4-Olor base calicina	0,69	0,34
5-Dureza carne cortar ⁽¹⁾	-0,88	0,19
6-Jugosidad carne cortar	-0,25	0,60
7-Olor	0,67	-0,29
8-Dureza piel	-0,65	-0,42
9-Dureza carne morder ⁽¹⁾	-0,93	0,08
10-Crujiente ⁽¹⁾	-0,83	0,43
11-Jugosidad Morder ⁽¹⁾	0,01	0,86
12-Dulce ⁽¹⁾	0,89	0,15
13-Ácido ⁽¹⁾	-0,81	-0,41
14-Harinosidad	0,59	-0,61
15-Granulosidad	0,45	-0,52
16-Astringencia	-0,61	-0,49
17-Aroma	0,65	-0,06

⁽¹⁾ Variables que presentan coeficientes significativos >0,7. n=nº muestras x nº réplicas

También se eliminó el sabor Dulce, a pesar de que sus coeficientes fueran significativos en el ANOVA y en el PCA frente al sabor Ácido, aunque algunos autores entre ellos *Pre-Aymard y col. (2005)*, mantienen ambas características de sabor en el análisis sensorial de las manzanas.

Finalmente, la ficha de cata quedó estructurada exactamente por los mismos descriptores que formaban la ficha de cata definitiva para la Reineta de Caderechas (Fig.4.6) de forma que facilitará el uso por parte del panel de cata en la evaluación de ambos productos durante el desarrollo de esta tesis.

Actualmente esta ficha de cata ha sido admitida por el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Reineta del Bierzo y está siendo utilizada como ficha de cata oficial.

1-UNIFORMIDAD DE COLOR

Nada uniforme 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy uniforme 5
--------------------	-----------	-----------------------	---------------	-------------------

2-BRILLO

Nada 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy brillante 5
-----------	-----------	-----------------------	---------------	--------------------

3-RUSSETING

Ausencia 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Completo 5
---------------	-----------	-----------------------	---------------	---------------

4-DUREZA DE LA CARNE

Nada dura 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy dura 5
----------------	-----------	-----------------------	---------------	---------------

5-CRUJIENTE

Nada crujiente 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy crujiente 5
---------------------	-----------	-----------------------	---------------	--------------------

6-JUGOSIDAD AL MORDER

Nada jugoso 1	Poca 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy jugoso 5
------------------	-----------	-----------------------	---------------	-----------------

7-ACIDEZ

Nada ácido 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy ácido 5
-----------------	-----------	-----------------------	---------------	----------------

8-ACEPTACIÓN GLOBAL

Mala 1	Regular 2	Aceptable 3	Buena 4	Excelente 5
-----------	--------------	----------------	------------	----------------

Fig.4.11 Ficha de cata para el análisis sensorial de Reineta D.O. Bierzo.

En una serie de pruebas sensoriales que se desarrollaron sólo con muestras de la variedad “Reineta” de distintas procedencias, se comprobó la efectividad y el correcto funcionamiento de la ficha de cata definitiva para diferenciar las características sensoriales de este tipo de variedad. En la Tabla 4.14 se muestran los valores medios obtenidos para las muestras de Reineta del Bierzo, Caderechas, Aragón, Castilla y León y España así como el resultado del análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos.

Tabla 4.14. Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables sensoriales para manzana Reineta de diferentes orígenes.

	Blanca Caderechas n=2x3	Gris Bierzo n=2x3	Blanca Bierzo n=2x3	Blanca España ⁽ⁱ⁾ n=1x3	Blanca Aragón ⁽ⁱ⁾ n=1x3	Blanca Aragón ⁽ⁱⁱⁱ⁾ n=1x3	Blanca España ⁽ⁱⁱⁱ⁾ n=1x3	ANOVA ⁽¹⁾
1-Uniformidad Color	2,9±0,5	4,9±0,3	3,9±0,2	2,5±0,4	3,6±0,2	3,0±0,3	2,7±0,6	*
2-Brillo	1,8±0,2	1,6±0,4	1,7±0,5	2,7±0,2	2,6±0,2	2,8±0,4	1,6±0,2	*
3-Russeting	3,3±0,5	4,6±0,3	4,1±0,4	2,5±0,4	2,4±0,5	3,0±0,3	3,3±0,6	*
4-Dureza Carne	2,5±0,4	3,8±0,5	3,8±0,4	2,1±0,4	2,0±0,4	2,9±0,4	2,6±0,3	*
5-Crujiente	2,8±0,2	4,1±0,3	3,8±0,2	2,3±0,4	2,6±0,3	2,6±0,3	3,0±0,4	*
6-Jugosidad morder	2,8±0,2	3,3±0,5	2,8±0,3	2,5±0,3	2,3±0,2	2,4±0,2	2,8±0,3	NDS
7-Acidez	3,4±0,3	3,6±0,4	4,5±0,5	2,1±0,2	2,4±0,2	2,5±0,3	3,3±0,3	*

⁽¹⁾ **Análisis de Varianza, * Diferencias Significativas $p<0,05$ y NDS No Diferencias Significativas. $n = n^{\circ}$ de muestras x n° de réplicas ⁽ⁱ⁾, ⁽ⁱⁱⁱ⁾ diferentes centros comerciales.**

El ANOVA mostró la existencia de diferencias significativas para todas las variables sensoriales a excepción de la Jugosidad al Morder.

Las Reinetas del Bierzo se distinguen del resto por una mayor valoración en la Uniformidad de Color, Russeting, Dureza de Carne y Acidez, independientemente de que se trate de la variedad blanca o gris. Se sabe que hay diferencias en el grado de russeting entre la reineta gris y la blanca, mientras que la presencia de russeting es prácticamente total en la variedad gris, es parcial en la blanca ([Dobrzański y col., 2006](#)). Si comparamos exclusivamente las variedades blancas, observamos que la del Bierzo destaca sobre el resto por su grado de Russeting indicando que es una característica que podría diferenciar manzanas Reinetas de distintos orígenes geográficos. Con estos resultados, podemos asegurar el buen funcionamiento de la ficha de cata para la diferenciación de muestras de manzanas incluso de la misma variedad, pudiendo relacionar estas diferencias no sólo al estado de maduración sino también al origen y las condiciones agroclimáticas de cada zona de producción.

Además de las variables sensoriales seleccionadas para la caracterizaron del producto, se introdujo en la ficha de cata, al igual que se realizó en la Reineta de Caderechas, la variable Aceptación Global (AG) evaluada del 1 al 5 y que relaciona la calidad hedónica del producto con las propiedades sensoriales analizadas.

En la Fig 4.12 se presentan los datos obtenidos en la evaluación de la nueva variable Aceptación Global para las distintas muestras de manzana Reineta.

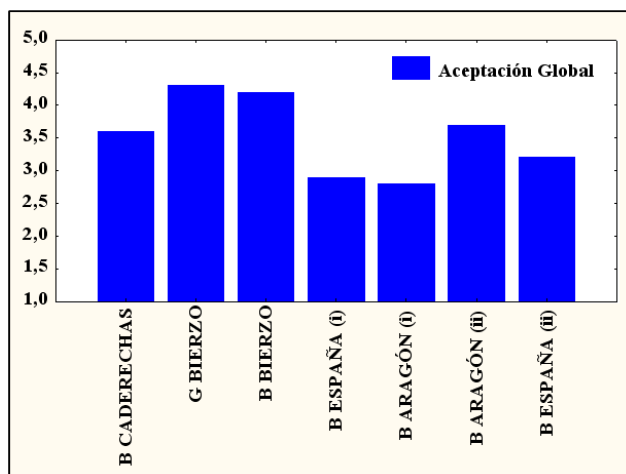


Fig. 4.12 Variable Aceptación Global de las manzanas Reinetas de diferentes orígenes. B (Reineta Blanca), G (Reineta gris), i, ii representan diferentes centros comerciales.

En este caso se observa que las muestras más valoradas por el panel de catadores fueron la Reineta Gris y Blanca del Bierzo, seguidas por la manzana Reineta Blanca de Aragón (ii) y la Reineta de Caderechas, finalmente las muestras peor valoradas fueron las comerciales Blanca Aragón (i) y Blanca España (i), ambas adquiridas en el mismo centro comercial.

Paralelamente, si comparamos estos resultados con los mostrados en la Tabla 4.14 vemos que las manzanas mejor valoradas son las que poseen mayor cantidad de Russeting, Crujiente y Acidez, y las muestras peor valoradas son aquellas que poseen una menor Dureza y Jugosidad. El parámetro Aceptación Global, por lo tanto, está íntimamente relacionado con las propiedades sensoriales de textura que a su vez están relacionadas con el estado de maduración de las muestras.

4.2.1.2 EVOLUCIÓN DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES

En este apartado se reflejan los resultados obtenidos de aplicar el análisis sensorial a la Reineta D.O Bierzo en diferentes periodos y atmósferas de almacenamiento utilizando la ficha de cata definitiva.

a) Evolución de las propiedades sensoriales a lo largo del tiempo de almacenamiento dentro de la misma cosecha

En la Tabla 4.15 se presentan los resultados obtenidos al valorar las propiedades sensoriales de la Reineta del Bierzo, pertenecientes a las cosechas 2005, 2006 y 2007, en dos periodos de almacenamiento en cámaras de conservación ($AC_{original}$), correspondientes a los 3 (Inicial) y 8 (Final) meses desde la recolección.

Tabla 4.15 Datos medios, desviación estándar y análisis de varianza de las sesiones de cata de Reineta del Bierzo a lo largo del almacenamiento en las etapas inicial y final.

	Inicial 2005 n=12x2	Final 2005 n=10x2	ANOVA (1)	Inicial 2006 n=10x2	Final 2006 n=8x2	ANOVA (1)	Inicia 2007 n=12x2	Final 2007 n=8x2	ANOVA (1)
Uniformidad Color	4,5±0,4	4,4±0,4	NDS	4,3±0,2	4,4±0,5	NDS	3,9±0,3	4,1±0,3	NDS
Brillo	1,5±0,3	1,6±0,2	NDS	1,1±0,3	1,6±0,1	*	2,1±0,4	2,9±0,1	*
Russeting	4,5±0,3	4,0±0,2	NDS	4,6±0,2	4,0±0,3	NDS	4,1±0,3	3,7±0,4	NDS
Dureza Carne	3,3±0,3	2,5±0,2	*	3,2±0,2	2,4±0,4	*	3,1±0,4	2,8±0,2	NDS
Crujiente	3,3±0,5	2,9±0,3	NDS	3,0±0,3	2,8±0,3	NDS	3,4±0,3	2,9±0,2	NDS
Jugosidad Morder	3,1±0,1	3,0±0,2	NDS	3,0±0,2	2,7±0,4	NDS	3,7±0,1	3,1±0,2	*
Acidez	3,2±0,4	3,1±0,2	NDS	3,2±0,2	3,1±0,2	NDS	3,6±0,1	3,0±0,2	*
Aceptación Global	3,8±0,3	3,5±0,2	NDS	3,5±0,1	3,5±0,2	NDS	3,3±0,2	3,5±0,3	NDS

⁽¹⁾ **Análisis de Varianza, * Diferencias Significativas $p < 0,05$ y NDS No Diferencias Significativas. $n = n^\circ$ de muestras x n° de réplicas.**

No aparecen diferencias significativas para la mayoría de las variables sensoriales analizadas a excepción de la Dureza de la Carne en la cosecha 2005 y 2006, el Brillo en la cosecha 2006 y 2007 y los parámetros Jugosidad al Morder y Acidez en la etapa final para la cosecha 2007, indicando de esa forma que las propiedades sensoriales de la Reineta del Bierzo evolucionan poco, a excepción de la dureza y el brillo, sin afectar estadísticamente a la valoración de la Aceptación Global del producto.

La Uniformidad de Color en todos los casos presentó valores muy elevados lo que da idea de la gran homogeneidad de las muestras. El Brillo aumentó a medida que el Russeting disminuía aunque, tanto uno como otro, no deberían verse afectados durante el almacenamiento por considerarse características varietales que se ven afectadas por las condiciones climáticas de cada año y no por la evolución durante el almacenamiento (Iglesias, 1993). Aún así, la Reineta del Bierzo se caracteriza por un alto contenido en Russeting superficial muy valorado como característica de calidad en este tipo de manzanas.

A pesar de que los datos no muestran diferencias significativas de forma sistemática, la mayoría de los parámetros relacionados con la maduración de la manzana como Dureza de la Carne, Jugosidad, Crujiente y Acidez, disminuyen ligeramente al comparar los valores obtenidos para la etapa inicial y final de las distintas cosechas. Estos resultados son lógicos si pensamos que, aún estando en atmósfera controlada, la maduración del producto afecta a las propiedades sensoriales y sobre todo a aquellas variables más relacionadas con las propiedades de ablandamiento y pérdida de acidez.

Autores como [Harker y col. \(2002a\)](#), encontraron valores de dureza de 3,7, 3,3 y 2,5 en manzana Granny Smith, Fuji y Red Delicious respectivamente, valores de Jugosidad de 3,8, 3,6 y 2,8 y valores de Crujiente de 3,8, 3,6 y 2,45. Al comparar estos resultados con los obtenidos en nuestro caso, observamos que los valores obtenidos para la dureza sensorial en las etapas iniciales podrían ser similares a los publicados por [Harker y col., \(2002a\)](#) en la manzana Granny Smith, y en las etapas finales más similar a la Red Delicious, aunque para el resto de características no hay grandes similitudes con estas variedades. Estos resultados confirman que cada variedad de manzana está definida por unos valores en las propiedades sensoriales asociados no sólo a la variedad sino también al estado de maduración en el que se encuentra la fruta.

Finalmente comprobamos que a pesar de la disminución de los parámetros texturales, la variable Aceptación Global se mantiene con valores altos y muy similares entre las etapas inicial y final, no presentando diferencias significativas en ninguno de los casos analizados, esto denota una gran calidad del producto que a pesar de su ligera maduración mantiene el equilibrio sensorial.

b) Diferencias entre cosechas a lo largo del almacenamiento.

De la misma forma que se analizaron los datos dentro de la misma cosecha también se compararon los resultados obtenidos entre las diferentes cosechas (2005, 2006 y 2007) en el mismo tiempo de almacenamiento. En la Tabla 4.16 se muestran los resultados del análisis de varianza en el periodo inicial y final de almacenamiento de las tres cosechas simultáneamente.

Tabla 4.16 Análisis de varianza de los resultados obtenidos en las sesiones de cata de Reineta del Bierzo a lo largo de las cosechas 2005, 2006 y 2007.

	INICIAL n=34x2	FINAL n=26x2
Uniformidad Color	NDS	NDS
Brillo	*	*
Russetting	NDS	NDS
Dureza Carne	NDS	NDS
Crujiente	NDS	NDS
Jugosidad Morder	*	NDS
Acidez	NDS	NDS
Aceptación Global	NDS	NDS

** Diferencias Significativas $p < 0,05$. NDS No Diferencias Significativas $n = n^{\circ}$ de muestras x n° de réplicas.*

El Brillo fue la única variable que presentó diferencias significativas en los dos periodos de almacenamiento, aparecieron también diferencias en la etapa inicial para la Jugosidad al Morder. Con estos resultados podemos afirmar que las características sensoriales de la Reineta del Bierzo son bastante homogéneas para las distintas cosechas analizadas y que las diferencias significativas encontradas en el Brillo no conducen a una alteración en la Aceptación Global.

En la Figura 4.12 y tras aplicar el test de Tukey, se muestran que las diferencias existentes para el Brillo, en ambos periodos inicial y final, se encuentran para los valores de la cosecha 2007 y de la misma forma para la Jugosidad al Morder cuyos valores presentan diferencias significativas en la etapa inicial de la cosecha 2007, mientras que para el resto de variables no existen diferencias significativas.

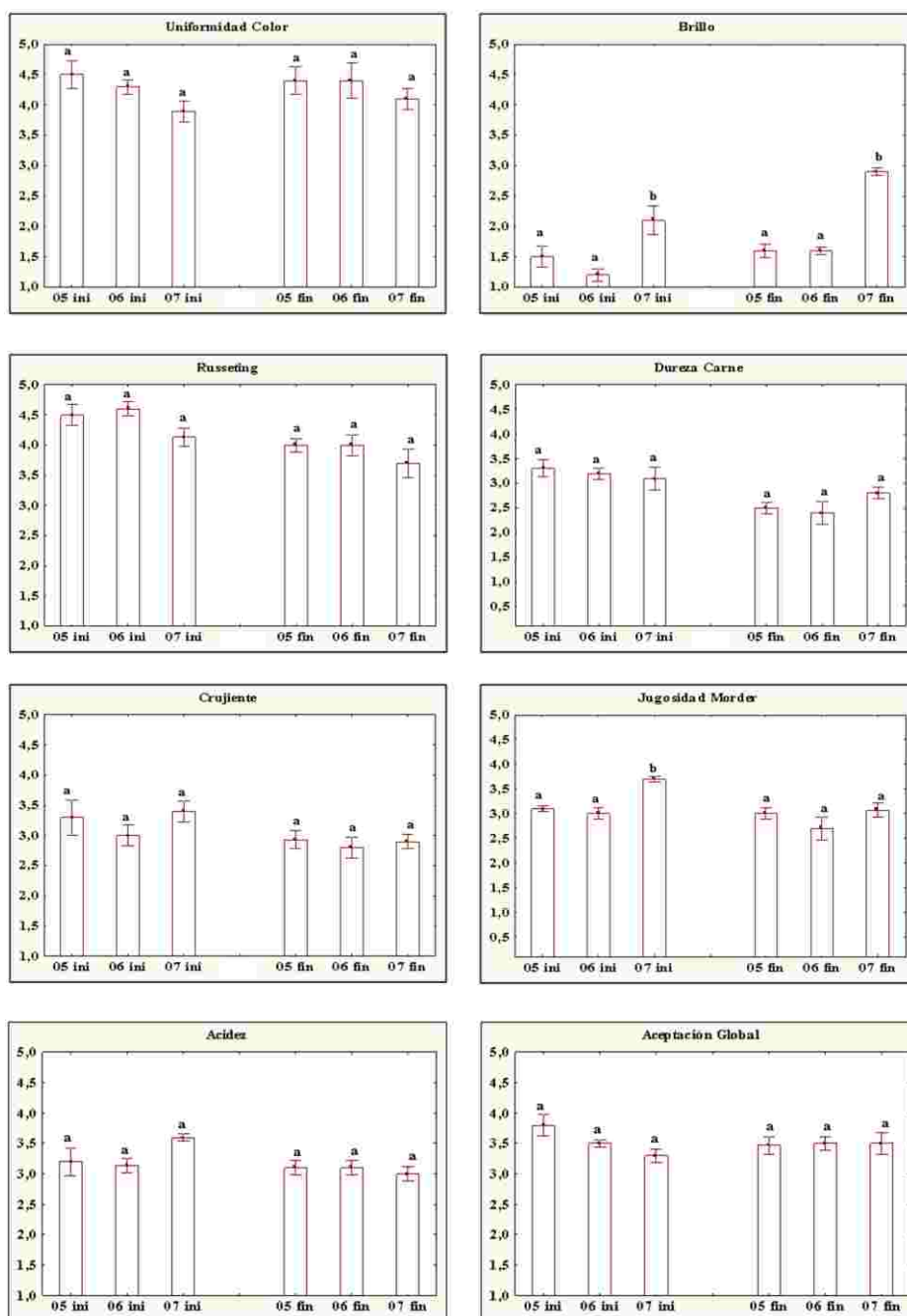


Fig. 4.13 Evolución de los atributos sensoriales a lo largo del almacenamiento para la Reineta de Bierzo procedente de las cosechas 2005 a 2007. ■ Media ± Media±SE, (ini =inicial, fin = final) Letras diferentes dentro del mismo periodo de almacenamiento indican diferencias significativas.

c) Influencia del tipo de conservación AC/FN en la evolución de las propiedades sensoriales durante el almacenamiento.

Debido a que la Reineta del Bierzo es almacenada en cámaras de conservación controlada, se ha considerado interesante estudiar la efectividad de este tipo de almacenamiento con respecto al frío normal mediante la evaluación de la modificación de sus propiedades sensoriales.

En la Tabla 4.18 se presentan los valores medios y desviaciones estándar de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de la Reineta del Bierzo que fue almacenada en atmósfera controlada modificada ($AC_{\text{modificada}}: 1,5^{\circ}\text{C } 90\%\text{HR } 4 \text{ O}_2/3 \text{ CO}_2$) durante los periodos de 0, 2, 4 y 6 meses, así como los resultados de los tratamientos realizados de ANOVA y del test de comparación de Tukey.

Tabla 4.18 Valores medios, desviación estándar y diferencias significativas de las características sensoriales de Reineta del Bierzo almacenada en atmósfera controlada modificada ($AC_{\text{modificada}}: 1,5^{\circ}\text{C } 90\% \text{ HR } 4 \text{ O}_2/3 \text{ CO}_2$).

	INI CIAL n=4x2	2 MESES n=8x2	4 MESES n=8x2	6 MESES n=8x2	ANOVA (¹)
1-Uniformidad Color	3,7±0,3 ^a	4,2±0,3 ^a	3,9±0,2 ^a	3,7±0,2 ^a	NDS
2-Brillo	2,6±0,1 ^a	2,9±0,2 ^a	3,0±0,2 ^a	2,8±0,1 ^a	NDS
3-Russeting	3,4±0,3 ^a	3,2±0,3 ^a	3,1±0,2 ^a	3,0±0,2 ^a	NDS
4-Dureza Carne	3,9±0,3 ^b	3,5±0,2 ^a	3,0±0,3 ^{ab}	2,9±0,2 ^a	*
5-Crujiente	4,1±0,3 ^b	3,6±0,3 ^{ab}	3,6±0,1 ^{ab}	3,2±0,1 ^a	*
6-Jugosidad Morder	3,6±0,2 ^a	3,4±0,2 ^a	3,6±0,3 ^a	3,4±0,3 ^a	NDS
7-Acidez	3,9±0,4 ^a	3,6±0,3 ^a	3,4±0,3 ^a	3,3±0,2 ^a	NDS
8-Aceptación Global	3,4±0,3 ^a	3,5±0,2 ^a	3,2±0,3 ^a	3,1±0,2 ^a	NDS

(¹) Análisis de Varianza, * Diferencias Significativas $p < 0,05$ y NDS No Diferencias Significativas. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras x nº de réplicas.

Sólo aparecen diferencias significativas para las variables de textura Dureza de la Carne y Crujiente a los dos meses, estabilizándose sus valores durante el resto del tiempo de almacenamiento. Aunque el resto de las variables sensoriales no presentan diferencias significativas, tanto la variable Acidez como la Jugosidad disminuyen ligeramente a lo largo del tiempo de conservación, mostrando una baja velocidad de maduración de las muestras durante el almacenamiento. A pesar de que las manzanas al madurar se volvieron menos ácidas, crujientes y jugosas y más blandas, la Aceptación

Global no sufrió alteraciones significativas. Con estos resultados podemos afirmar que no existen grandes variaciones en las propiedades sensoriales de la Reineta del Bierzo durante la conservación en cámaras de atmósfera controlada modificada, confirmando las conclusiones anteriormente obtenidas durante el almacenamiento en atmósfera controlada original.

De la misma forma en la Tabla 4.19 se muestran los resultados obtenidos del estudio de la evolución de las propiedades sensoriales de la Reineta del Bierzo durante su almacenamiento en frío normal (FN: 2,5°C, 95%HR 21 O₂/0 CO₂).

Tabla 4.19 Valores medios, desviación estándar y diferencias significativas de las características sensoriales de la Reineta del Bierzo almacenada en frío normal (FN: 1,5°C, 90% HR 21 O₂/0 CO₂).

	INICIAL n=4x2	2 MESES n=8x2	4 MESES n=8x2	6 MESES n=8x2	ANOVA (1)
1-Uniformidad Color	3,9±0,4 ^b	3,7±0,3 ^b	3,5±0,3 ^{ab}	2,9±0,2 ^a	*
2-Brillo	2,6±0,1 ^a	2,7±0,2 ^a	2,7±0,2 ^a	2,4±0,3 ^a	NS
3-Russeting	3,4±0,3 ^a	3,2±0,3 ^a	3,1±0,2 ^a	2,9±0,5 ^a	NS
4-Dureza Carne	3,9±0,3 ^c	2,6±0,2 ^b	2,6±0,2 ^b	2,3±0,2 ^a	*
5-Crujiente	4,1±0,3 ^c	3,1±0,3 ^b	2,8±0,2 ^b	2,2±0,2 ^a	*
6-Jugosidad Morder	3,6±0,2 ^b	3,2±0,3 ^{ab}	3,4±0,3 ^b	2,6±0,2 ^a	*
Acidez	3,9±0,4 ^b	2,7±0,3 ^a	2,9±0,2 ^a	2,5±0,2 ^b	*
Aceptación Global	3,4±0,3 ^b	3,4±0,3 ^b	3,0±0,4 ^{ab}	2,4±0,2 ^a	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas p<0,05 y NDS No Diferencias Significativas. Test de Tukey (HSD p< 0,05) descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras x nº de réplicas.*

A la vista de los resultados expuestos en dicha tabla se puede observar que aparecen diferencias significativas para los descriptores Uniformidad de Color, Dureza de la Carne, Crujiente, Jugosidad al Morder, Acidez y Aceptación Global y no aparecen diferencias significativas para el Brillo y el Russeting.

La Uniformidad de Color, que en Atmósfera Controlada no presentaba diferencias significativas a lo largo del almacenamiento, en la experiencia en frío normal se detectaron diferencias significativas al final del almacenamiento, es decir los catadores apreciaron cambios en el color asociados a la maduración del producto en función de las condiciones de conservación.

La Reineta del Bierzo, al cabo de dos meses de almacenamiento en condiciones de frío normal, ven alteradas sus propiedades sensoriales de Dureza de la Carne, Crujiente y Acidez. Al cabo de 6 meses, el 75% de las variables sensoriales disminuyeron

significativamente al compararlas con los valores iniciales, y sólo el Brillo y el Russeting no se ven alterados en ningún momento confirmando nuevamente que estas variables son características definidas por la variedad y no deberían verse alteradas durante la conservación.

También se puede observar que al cabo de 6 meses de almacenamiento en frío normal, la variable Aceptación Global se encuentra en valores inferiores a 2,5 (50% del valor máximo de la escala de medida) por lo que supone un rechazo sensorial a la calidad del producto por parte del consumidor final.

En general es complicado comparar estos resultados con los obtenidos por otros autores, debido a que difieren en las condiciones experimentales y en las variedades estudiadas aunque podemos ver como [Billy y col. \(2008\)](#), estudiaron la evolución de las propiedades sensoriales “Jugosidad” y “Crujiente” en manzanas Golden Delicious y Fuji durante su almacenamiento hasta 7 meses a 2°C en condiciones de presión y humedad atmosféricas que se acercan a nuestras condiciones de Frío Normal. Encontraron que se producía una disminución de la jugosidad en ambas variedades de manzana a los dos meses de almacenamiento y un cambio en la textura en Golden Delicious a los tres meses, mientras que la Reineta del Bierzo sufre un ablandamiento más rápido y mantiene su jugosidad durante un tiempo más prolongado que estas dos variedades de manzanas (Tabla 4.19). A pesar de ello, consideramos que para mantener la calidad sensorial de la Reineta del Bierzo es aconsejable el uso del almacenamiento en cámaras de atmósfera controlada, o bien almacenamiento en frío normal por no más de dos meses ya que la mayoría de los atributos estudiados se ven muy afectadas por los cambios en la maduración de la fruta, al igual que afirmaron autores como [Guerra y col., \(2010\)](#) en un estudio con este mismo tipo de manzanas.

En la Tabla 4.20 se presentan los resultados del análisis estadístico al comparar los valores numéricos de las variables sensoriales obtenidos durante el almacenamiento en frío normal (FN) y en atmósfera controlada (AC_{modificada}).

Tabla 4.20 Análisis de varianza de los datos sensoriales de la Reineta del Bierzo comparando atmósfera controlada (AC_{modificada}) y frío normal (FN).

	2 MESES n=16x2	4 MESES n=16x2	6 MESES n=16x2
Uniformidad Color	NDS	NDS	*
Brillo	NDS	NDS	NDS
Russeting	NDS	NDS	NDS
Dureza Carne	NDS	*	*
Crujiente	NDS	*	*
Jugosidad Morder	*	NDS	*
Acidez	*	NDS	*
Aceptación Global	NDS	NDS	*

**Diferencias significativas en el Análisis de Varianza $p<0,05$ y NDS No Diferencias Significativas n° de $n=n^{\circ}$ muestras x n° de réplicas.*

Durante el periodo de 2 meses de almacenamiento aparecen diferencias significativas entre los parámetros Jugosidad al Morder y Acidez, mientras que a los 4 meses aparecieron diferencias para la Dureza de la Carne y el Crujiente, ambos relacionados con la textura. Al comparar las variables sensoriales al final del almacenamiento (6 meses) para los dos tipos de conservación, aparecen diferencias significativas para todas las variables a excepción del Brillo y el Russeting.

En general, todas las variables sensoriales evaluadas, con la excepción del Brillo y el Russeting, se ven alteradas durante el almacenamiento y su evolución depende de que las condiciones sean en atmósfera controlada o en frío normal, siendo esta diferencia mayor cuanto mayor es el tiempo de almacenamiento ya que las características sensoriales de las manzanas sufren una evolución más acusada cuando se mantienen en FN. Estos resultados coinciden con algunos estudios como el realizado en la Universidad de Lérida ([Romero, 2002](#)), para las variedades de manzanas Golden Granny Smith y Fuji a pesar de cada variedad tiene una respuesta propia a la conservación en atmósfera controlada.

4.2.1.3 DIFERENCIAS Y SIMILITUDES SENSORIALES ENTRE REINETA DE CADERECHAS Y BIERZO.

Teniendo en cuenta que en el mercado vamos se encuentran ambos productos en diferentes estados de maduración por sus condiciones de almacenamiento se procede a determinar cuáles son los descriptores que diferencian a cada uno de ellos comparando los datos sensoriales obtenidos para la Reineta de Caderechas (Tablas 4.3, 4.4 y 4.5) y la Reineta del Bierzo (Tabla 4.15) en las etapas inicial y final de sus respectivos periodos de almacenamiento.

En la Fig. 4.13 se muestran los valores obtenidos para los descriptores sensoriales para cada producto en la etapa inicial y final de almacenamiento.

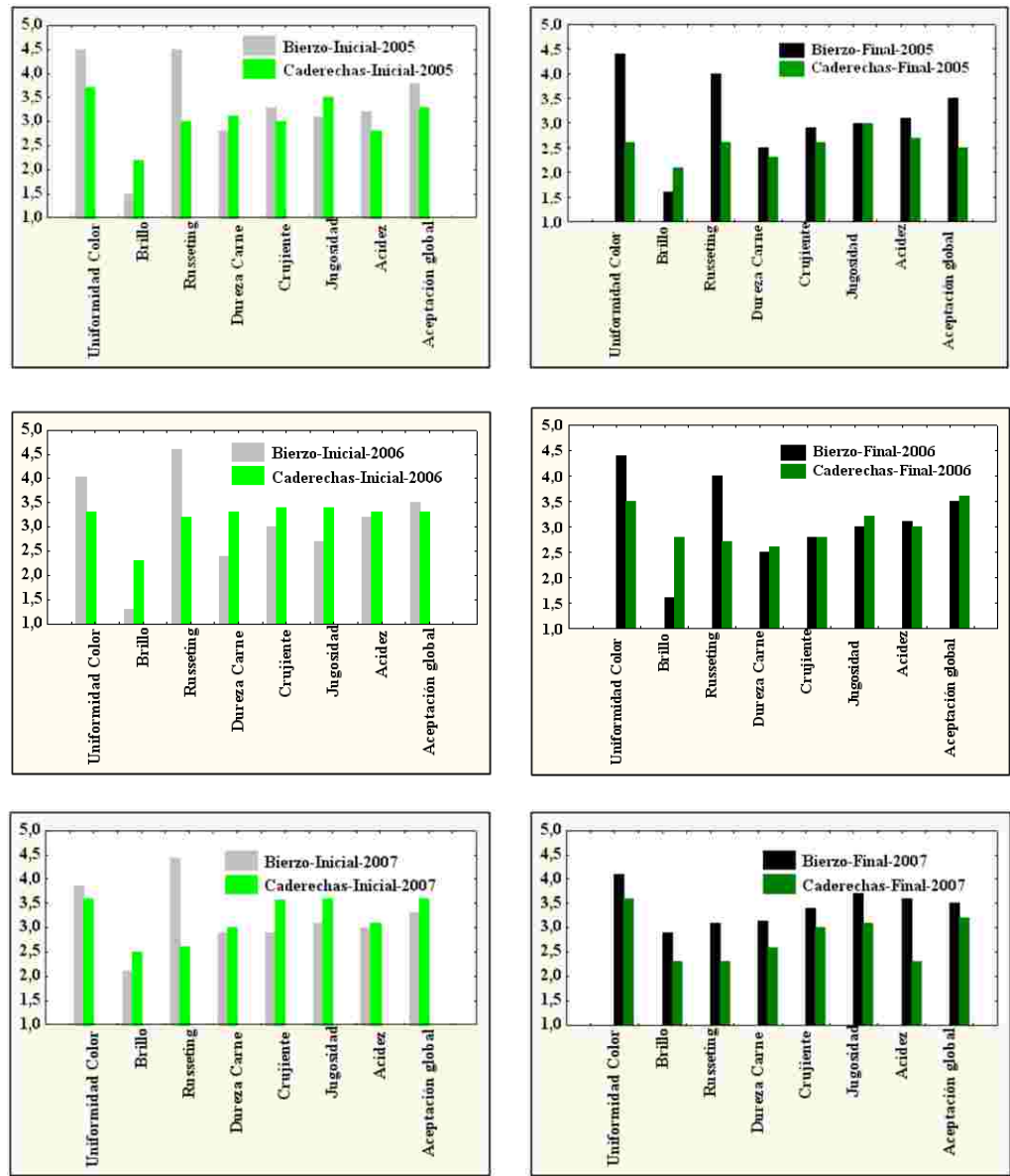


Fig. 4.13. Comparación de las propiedades sensoriales entre de la Reineta de Caderechas (45 muestras) y del Bierzo (60 muestras) en la etapa inicial y final de conservación durante tres cosechas consecutivas.

En las tres cosechas analizadas, la Reineta del Bierzo presentó una mayor Uniformidad de Color y un mayor grado de Russeting que la Reineta de Caderechas tanto en la etapa inicial como al final del almacenamiento. El mantenimiento de estas diferencias a lo largo de todo el proceso induce a pensar que estas dos variables, muy relacionadas con las condiciones agroclimáticas y prácticas agronómicas, pueden ser fundamentales a la hora de diferenciar entre estas dos marcas de calidad.

Al inicio, la Reineta de Caderechas presenta más Dureza de la Carne, Brillo y Jugosidad al Morder que la Reineta del Bierzo aunque en la etapa final es menos dura, ácida y crujiente confirmando de esta forma que la Reineta de Caderechas muestra una evolución sensorial más rápida que la del Bierzo. Es importante tener en cuenta que las discrepancias sensoriales encontradas se asocian no sólo al producto sino a diferencias en el tipo de conservación ya que la Reineta de Caderechas tiene prohibido el uso de cámaras de conservación mientras que esta es una práctica habitual para la Reineta del Bierzo, así como al tiempo real de almacenamiento ya que para la Reineta de Caderechas es sólo de 4 meses, mientras que la Reineta del Bierzo se almacenó durante 8 meses.

A pesar de las diferencias encontradas entre ambas manzanas, cabe destacar la similitud de los valores obtenidos en la variable Aceptación Global que se encuentran por encima del valor establecido como “Aceptable” (3) para ambos grupos de muestras, tanto al inicio como al final de su almacenamiento, a excepción de la etapa final de la Reineta de Caderechas para la cosecha 2005 (Fig 4.14) en que se obtuvo un valor próximo a 2,5 considerado valor límite para desestimar la calidad sensorial del producto. Esta disminución de la calidad general del producto se relacionó con la disminución en la variable Uniformidad de Color.

Pensando en la adquisición de estos productos por parte del consumidor, la Reineta de Caderechas resulta jugosa y crujiente durante los primeros meses después de la recolección pero tiene una corta vida útil desde el punto de vista sensorial representado por una disminución en el Aceptación Global a partir de los cuatro meses de almacenamiento. A partir de este tiempo podríamos disponer de la Reineta del Bierzo almacenada en atmósfera controlada que mantiene su calidad sensorial hasta 8 meses.

4.2.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Las condiciones de conservación en atmósfera controlada a la que está sometida la Reineta del Bierzo durante su proceso de comercialización, afectan no sólo a las propiedades sensoriales analizadas anteriormente, sino también a las propiedades físico-químicas relacionadas con la maduración de la fruta y la aparición de determinadas fisiopatías como el bitter pit.

A continuación se recogen los resultados obtenidos tras analizar estadísticamente los valores de las variables físico-químicas de distintas variedades de manzana así como de la Reineta del Bierzo procedente de tres cosechas consecutivas y sometida a distintos periodos de almacenamiento y tipos de conservación.

4.2.2.1 VALORACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE MANZANAS DE DIFERENTES VARIEDADES

En la Tabla 4.21 se recogen los resultados de las determinaciones físico-químicas llevadas a cabo en manzanas de las variedades: Red Chief, Golden Delicious, Royal Gala, Granny Smith, Verde Doncella, Fuji, Reineta de Caderechas y Reineta del Bierzo, así como del tratamiento estadístico ANOVA al que fueron sometidos.

Tabla 4.21 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las medidas físico químicas de manzanas de diferentes variedades. n=1x3.

	Red Chief	Golden	Royal Gala	Granny Smith	Verde Doncella	Fuji	Reineta Caderechas	Reineta Bierzo	ANOVA ⁽¹⁾
Peso(g)	181,8±6,9	202,0±14,5	171,8±12,6	227,21±8,6	205,1±9,3	201,0±7,6	160,5±15,5	215,1±9,1	*
°Brix	13,5±1,6	13,7±1,8	13,3±2,9	11,6±2,6	14,5±2,1	14,8±0,5	14,9±0,75	13,5±1,1	*
pH	3,9±0,2	3,2±0,1	3,7±0,1	3,1±0,1	3,2±0,1	3,5±0,1	3,3±0,1	3,25±0,1	*
AT(g/l)	2,1±0,1	6,7±0,1	3,7±0,1	8,3±0,2	5,9±0,1	3,9±0,3	7,5±0,2	8,2±0,1	*
L*	32,7±2,3	74,4±2,2	48,2±5,5	60,6±1,3	59,9±3,2	45,1±2,9	66,4±5,2	66,0±7,3	*
a*	34,4±2,3	-9,9±1,2	32,4±4,5	-20,4±1,4	-16,3±2,5	25,3±4,3	-4,95±3,6	-12,2±2,4	*
b*	14,5±3,1	51,4±5,3	24,1±4,3	41,6±5,7	35,5±5,2	31,3±3,3	46,8±5,4	28,7±4,2	*
C*	37,3	52,3	40,4	46,4	39,0	40,2	47,1	31,19	*
°Hue	22,8	100,9	36,6	116,2	114,7	51,0	96,0	113,0	*
Dureza (kg)	3,7±0,5	5,30±1,2	5,3±0,6	6,3±0,7	5,3±0,7	5,8±1,2	4,5±1,4	5,90±1,1	*
Fmax (kg)	2,1±0,2	2,8±0,4	3,1±0,2	3,9±0,4	3,1±0,3	3,8±0,3	3,0±0,3	3,8±0,3	*

⁽¹⁾ **Análisis de Varianza, * Diferencias Significativas $p<0,05$ y NDS No Diferencias Significativas. $n=n^{\circ}$ de muestras x n° de réplicas.**

Los resultados obtenidos en el ANOVA confirman que todas las variables físico-químicas presentaron diferencias estadísticamente significativas al comparar éstas variedades de manzanas. Estas diferencias pueden tener carácter varietal, aunque debemos tener en cuenta que la mayoría de las muestras utilizadas fueron adquiridas en centro comerciales por lo que se desconocen sus condiciones de conservación y tiempo de almacenamiento afectando de forma decisiva a sus propiedades físico-químicas.

Las muestras de la variedad Granny Smith y Reineta Bierzo fueron las que presentaron un mayor peso de muestra, mientras que las manzanas de la variedad Reineta de Caderechas y Royal Gala obtuvieron los pesos más bajos. Aunque el peso de muestra es una característica condicionada por la variedad de manzana, la diferencia en el peso medio de las dos reinetas se debe en la normativa de las dos Figuras de Calidad, mientras que la D.O. Bierzo sólo contempla la categoría Extra y I la de Caderechas es menos restrictiva y admite las categorías Extra, I y II.

Todos los parámetros de color (L^* , a^* , b^* , $^{\circ}\text{Hue}$ y Cromaticidad) presentaron diferencias significativas entre las muestras de manzanas ya que para las variedades rojas como Red Chief, Royal Gala y Fuji se obtuvieron valores positivos y elevados de a^* , mientras que fueron negativos en las variedades verdes, Granny Smith, Verde Doncella, Golden y Reineta.

En la Fig.4.14 se observa una simulación del color de las variedades de manzanas al representar gráficamente los parámetros a^* y b^* .

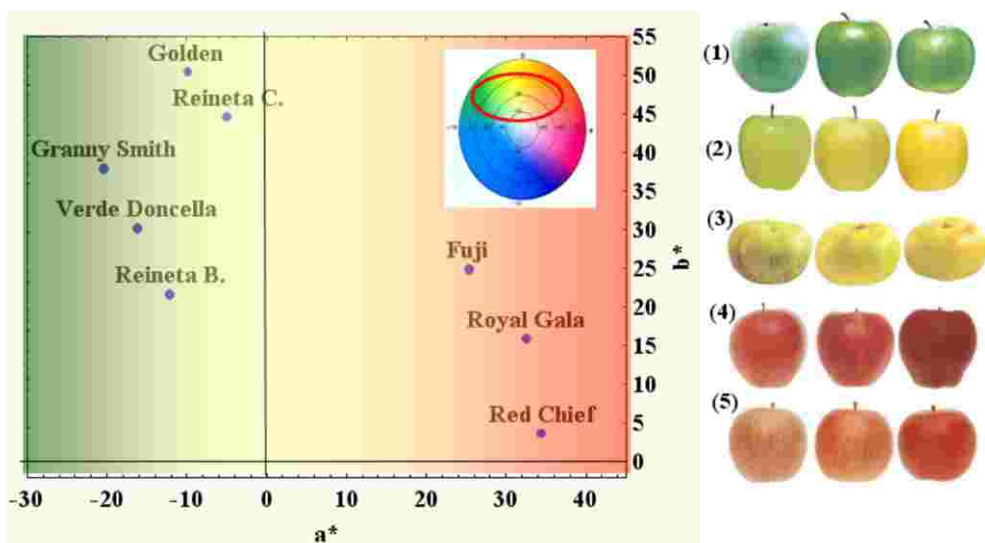


Fig.4.15 a) Representación gráfica de los parámetros colorimétricos a^* y b^* para Reineta D.O. Bierzo y manzanas de variedades comerciales. b) Evolución del color de distintas variedades de manzanas con la maduración (por ej.) (1)Granny Smith, (2) Golden, (3) Reineta Caderechas, (4) Red Chief y (5) Fuji durante el viraje de color en la maduración.

En la Reineta de Caderechas el parámetro a^* es menos negativo que en la Reineta del Bierzo, lo que significa que su color es ligeramente más amarillento, o en su defecto menos verde, indicando probablemente diferencias en su estado de madurez.

Podríamos agrupar las manzanas en tres grupos en función de los valores de $^{\circ}\text{Hue}$ que hemos obtenido así, tendríamos un grupo de manzanas más verdes, con los valores más altos de $^{\circ}\text{Hue}$ (113-116) como son Granny Smith, Verde Doncella y Reineta Bierzo; habría otro grupo de manzanas verdes con un tono más hacia el amarillo (valores de $^{\circ}\text{Hue}$ entre 95 y 100) al que pertenecen Golden y Reineta de Caderechas y un tercer grupo formado por manzanas de color rojo (valores de $^{\circ}\text{Hue}$ entre 20 y 50) formado por las variedades Fuji, Royal Gala y Red Chief.

Basándonos en lo encontrado en la mayoría de la bibliografía revisada ([Bruwer y col., 2007](#); [Hertog y col., 2001](#); [Ioannides y col., 2007](#)), la dureza es uno de los parámetros que experimenta mayores modificaciones durante la maduración, esto confirma lo expuesto anteriormente sobre la heterogeneidad en el estado de maduración de las muestras estudiadas ya que encontramos que la dureza medida con penetrómetro manual es una de las variables que presenta mayor variación.

Podríamos atribuir estas diferencias a la variedad ya que el orden de dureza encontrado por nosotros en las variedades Granny Smith, Fuji y Red coincide con lo mostrado por [Harker y col. \(2002a\)](#). Sin embargo observamos que las manzanas con mayor dureza fueron las de variedad Granny Smith y la Reineta del Bierzo mientras que la de Caderechas se encontraba entre las más blandas. Estas diferencias en la dureza de las reinetas se pueden relacionar con variaciones en su estado de maduración de las manzanas ya que es uno de los parámetros que experimenta mayores modificaciones durante el almacenamiento según lo expuesto en la mayoría de la bibliografía revisada, ([Bruwer y col., 2007](#); [Hertog y col., 2001](#); [Ioannides y col., 2007](#)).

Las muestras con mayor contenido en Sólidos Solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) fueron las correspondientes a la Reineta de Caderechas y la variedad Fuji y la de menor contenido fue la correspondiente a Granny Smith que fue, a su vez, la que presentó un mayor valor la Acidez Total junto con la Reineta del Bierzo. Las variedades rojas, Red Chief y Fuji son las que menor Acidez Total tienen siendo superadas en gran medida por las manzanas de variedades verdes en especial por la Granny Smith y la Reineta del Bierzo, seguida muy de cerca por la Reineta de Caderechas, lo que nos indica que la variedad Reineta se encuentran entre las variedades más ácidas independientemente del estado de maduración.

4.2.2.2. EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO.

a) Evolución de las propiedades físico-químicas a lo largo del tiempo de almacenamiento dentro de la misma cosecha

Al igual que con las propiedades sensoriales también se estudió la evolución de las variables físico-químicas de la Reineta del Bierzo a lo largo de su almacenamiento. Se midieron los parámetros de control de la D.O contenido en Sólidos Solubles (°Brix), Acidez Total, y Dureza con penetrómetro manual (con sonda de 11 mm de diámetro), y otros parámetros como el color (L^* , a^* y b^* , C^* y °Hue) y la Dureza con el texturómetro instrumental (con sonda de 2 mm de diámetro).

La manzana protegida por la Denominación de Origen deberá reunir en el momento de su expedición al mercado las siguientes características físico-químicas: Dureza de la pulpa medida con pistón de 11 milímetros superior a 7 kilogramos, índice refractométrico superior a 14 grados brix y acidez mayor de 7 gramos de ácido málico/litro. Debido al proceso de maduración que tiene lugar durante el almacenamiento se pueden alterar estas características existiendo llegando a límites inferiores a lo establecido con el riesgo de perder la etiqueta de Calidad.

En las Tablas 4.22, 4.23 y 4.24 se muestran los valores de los parámetros físico-químicos de la Reineta del Bierzo procedente de tres cosechas (2005, 2006 y 2007 respectivamente) antes de haber sido introducidas en las cámaras de conservación (0M) y al cabo de los tres (3M) y ocho (8M) meses de almacenamiento, así como los resultados obtenidos del análisis estadístico.

Tabla 4.22 Valores medios, desviación estándar y diferencias significativas de las variables físico químicas analizadas en la Reineta del Bierzo, cosecha 2005, con distintos tiempos de almacenamiento.

	0 MESES n=12	3 MESES n=8	8 MESES n=6	ANOVA (1)
1-Peso (g)	232,5±10,5 ^a	228,5±10,5 ^a	226,7±18,4 ^a	NDS
2-°Brix	12,5±1,9 ^a	14,5±1,9 ^b	14,8±0,9 ^b	*
3-pH	3,2±0,1 ^a	3,2±0,1 ^a	3,5±0,1 ^b	*
4-AT (g/l)	8,9±0,3 ^b	8,0±0,1 ^b	6,6±0,3 ^a	*
5-L*	67,6±2,9 ^{ab}	65,6±2,2 ^{ab}	59,3±5,0 ^a	*
6-a*	-13,4±1,2 ^a	-11,4±1,2 ^{ab}	-7,2±6,0 ^b	*
7-b*	44,2±2,0 ^a	41,2±3,7 ^{ab}	37,4±6,0 ^a	*
8-°Hue	106,9 ^c	105,5 ^b	100,9 ^a	*
9-C*	46,2 ^a	42,8 ^{ab}	38,1 ^a	*
10-Dureza (kg)	9,0±0,8 ^b	6,1±0,8 ^b	4,0±0,6 ^a	*
11-Fmax (kg)	27,1±3,7 ^c	23,9±3,7 ^b	13,9±2,3 ^a	*
12-Pendiente (kg/mm)	22,7±4,9 ^b	16,7±1,1 ^b	11,2±2,1 ^b	*
13-Área (kg*mm)	25,1±7,7 ^b	20,8±3,5 ^{ab}	15,7±1,3 ^a	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * Diferencias Significativas $p < 0,05$ y NDS No Diferencias Significativas. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. $n = n^{\circ}$ de muestras $\times n^{\circ}$ de réplicas.

A excepción del Peso de muestra, se encontraron diferencias significativas para todas las variables físico-químicas a lo largo del periodo de almacenamiento de la cosecha 2005. Aunque en la etapa inicial se encontró un valor del contenido en Sólidos Solubles (°Brix) por debajo de lo establecido por la Denominación de Origen, estos aumentaron durante el periodo de almacenamiento llegando a los valores mínimos definidos por el Reglamento. El pH aumentó ligeramente y la Acidez Total disminuyó encontrándose valores, al final del periodo de almacenamiento, por debajo de los establecidos por el reglamento por lo que podría suponer una pérdida de la etiqueta del producto.

Los valores absolutos de los parámetros de color L*, a* y b*, disminuyeron en todos los casos, encontrándose al final del almacenamiento valores menos negativos de a* que se traduce en una pérdida de color verde. Si bien en el Reglamento no están recogidos valores mínimos de calidad de estos parámetros, son valores orientativos de la transformación del color de la manzana durante el almacenamiento. Los parámetros a* y b*, el ángulo de color y la cromaticidad disminuyeron significativamente en la última etapa del almacenamiento (8 meses) indicando una evolución hacia manzanas más amarillas, más oscuras y de color menos vivo.

La Dureza con penetrómetro disminuyó progresivamente a lo largo del almacenamiento encontrándose valores por debajo de lo establecido por el Reglamento (valor mínimo 7 kg) al cabo de 8 meses y por lo tanto no habrían podido soportar un tiempo tan prolongado de almacenamiento si se pretendían comercializar con la etiqueta de la Denominación de Origen.

Tabla 4.23 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables físico químicas analizadas en la Reineta del Bierzo, cosecha 2006, con distintos tiempos de almacenamiento.

	0 MESES n=8	3 MESES n=10	8 MESES n=4	ANOVA (1)
1-Peso (g)	220,9±15,2 ^a	217,9±15,2 ^a	214,7±7,2 ^a	NDS
2-°Brix	14,1±0,8 ^a	14,7±1,2 ^a	14,8±2,3 ^a	NDS
3-pH	3,2±0,2 ^a	3,3±0,1 ^a	3,4±0,1 ^a	NDS
4-AT (g/l)	8,4±0,3 ^b	7,1±0,4 ^a	6,9±0,3 ^a	*
5-L*	64,8±0,9 ^{ab}	63,9±0,9 ^a	65,6±0,5 ^b	*
6-a*	-15,5±2,3 ^a	-11,7±0,4 ^{ab}	-9,6±3,9 ^b	*
7-b*	41,8±3,7 ^a	43,5±2,1 ^a	42,2±3,4 ^a	NDS
8-°Hue	110,3 ^c	105,1 ^b	102,8 ^a	*
9-C*	44,6 ^a	45,1 ^a	43,3 ^a	NDS
10-Dureza (kg)	8,2±1,4 ^b	7,9±1,1 ^b	3,9±0,2 ^a	*
11-Fmax (kg)	29,1±3,7 ^c	22,1±1,9 ^b	12,1±1,7 ^a	*
12-Pendiente (kg/mm)	23,7±4,9 ^b	19,3±2,5 ^b	13,6±1,8 ^a	*
13-Área (kg*mm)	27,1±4,7 ^c	21,8±2,2 ^b	14,2±1,9 ^a	*

(1) *Análisis de Varianza, * Diferencias Significativas p<0,05 y NDS No Diferencias Significativas. Test de Tukey (HSD p< 0,05) descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras*

En la cosecha 2006 no existen diferencias significativas entre los valores del peso medio de las manzanas, aunque éste disminuyó ligeramente durante el almacenamiento, ni en el contenido en Sólidos Solubles (°Brix) que aumentaron ligeramente, encontrándose en todas las etapas estudiadas dentro de los valores mínimos de comercialización establecidos por el Reglamento de la Denominación.

El pH aumentó ligeramente y la Acidez Total disminuyó significativamente a lo largo de periodo de almacenamiento, encontrándose valores al final del mismo, en el límite de lo establecido por la D.O. (7 g/l).

No se apreciaron diferencias significativas en la evolución del parámetro de color b* y de la cromaticidad, sin embargo, los valores de a* aumentaron significativamente, pero sin llegar a valores positivos, poniendo de manifiesto una pérdida del color verde en las manzanas, debido a que continuaron madurando durante el almacenamiento. En esta

cosecha, la evolución del color verde hacia el amarillo ($^{\circ}$ Hue) se puede apreciar ya a los 3 meses de almacenamiento, aunque las diferencias en la Luminosidad y el parámetro a^* sólo son significativas a los 8 meses. Al cabo de este tiempo la situación es similar con respecto a la cosecha anterior, el color de las manzanas es menos verde, más amarillo y más oscuro.

La Dureza medida con penetrómetro como en el caso anterior disminuyó progresivamente a lo largo del periodo de almacenamiento encontrándose a los 8 meses valores por debajo de lo establecido por el Reglamento.

Tabla 4.24 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables físico químicas analizadas en la Reineta del Bierzo, cosecha 2007, con distintos tiempos de almacenamiento.

	0 MESES n=10	3 MESES n=8	8 MESES n=8	ANOVA (1)
1-Peso (g)	225,4±12,8 ^a	223,2±9,2 ^a	218,8±9,5 ^a	NDS
2- $^{\circ}$ Brix	14,3±1,5 ^a	14,4±0,7 ^a	15,5±0,3 ^a	NDS
3-pH	3,2±0,1 ^a	3,4±0,1 ^a	3,5±0,2 ^a	NDS
4-AT (g/l)	8,8±0,1 ^c	7,8±0,2 ^b	6,3±0,2 ^a	*
5-L*	65,7±1,8 ^b	64,9±1,3 ^{ab}	62,6±1,2 ^a	*
6-a*	-16,7±3,7 ^a	-13,9±4,1 ^{ab}	-9,1±2,8 ^b	*
7-b*	41,2±3,0 ^a	44,2±0,7 ^a	43,3±1,1 ^a	NDS
8- $^{\circ}$ Hue	112,1 ^c	107,5 ^b	101,9 ^a	*
9-C*	44,5 ^a	46,3 ^a	44,2 ^a	NDS
10-Dureza (kg)	9,8±1,0 ^c	6,8±0,5 ^b	4,6±0,6 ^a	*
11-Fmax (kg)	27,2±3,7 ^b	24,9±2,3 ^{ab}	15,5±1,0 ^a	*
12-Pendiente (kg/mm)	22,2±3,9 ^b	18,7±3,1 ^{ab}	16,6±2,8 ^a	*
13-Área (kg*mm)	26,5±4,7 ^b	21,5±2,9 ^b	15,7±1,3 ^a	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p < 0,05$ y NDS *No Diferencias Significativas*. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) *descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras*

Finalmente, para la cosecha 2007 aparecieron diferencias significativas para todas las variables a excepción del peso, pH, contenido en Sólidos Solubles ($^{\circ}$ Brix) y de las unidades colorimétricas b^* y C^* .

El contenido en Sólidos Solubles ($^{\circ}$ Brix) experimentó un incremento a lo largo del tiempo de almacenamiento que no fue significativo, presentando en todas las etapas valores dentro de lo establecido por el Reglamento (14 $^{\circ}$ Brix).

El valor de pH aumentó aunque no presentó diferencias significativas, al contrario de lo que sucede con la Acidez Total que sí mostró diferencias significativas disminuyendo a lo largo del periodo de almacenamiento. Los valores de la Acidez Total

para el periodo de 8 meses de almacenamiento se encuentran por debajo de los límites indicados por el Reglamento de la Denominación de Origen, por lo que en este caso no podrían comercializarse con la Figura de Calidad.

La evolución de los valores de los parámetros de color coincide con la que tuvo lugar en la cosecha anterior con una disminución significativa de los valores absolutos de L^* y a^* a los 8 meses de almacenamiento y una disminución significativa de los valores de $^{\circ}\text{Hue}$ ya que a los tres meses de almacenamiento se manifiesta en una pérdida de color verde hacia un color más amarillo, junto con un oscurecimiento.

La Dureza disminuyó a lo largo del proceso de almacenamiento encontrándose valores a los 8 meses por debajo de lo establecido por el Reglamento de la Denominación (7 kg), en este caso las manzanas no deberían comercializarse con la etiqueta de la Denominación de Origen.

Como hemos visto anteriormente en ninguna de las tres cosechas analizadas la variación del Peso medio de muestra fue significativo, por lo que es un parámetro que no consideraremos importante desde el punto de vista de la evolución físico-química de la Reineta del Bierzo durante su almacenamiento en cámara, aunque sí tiene importancia comercial ya que las pérdidas de peso durante el almacenamiento suponen una pérdida económica para los productores. Según [Cáceres y col. \(2000\)](#) las pérdidas de peso en las frutas almacenadas suelen ocasionar mermas superiores al 7 % durante los tres primeros meses y del 5% durante la comercialización del producto. Sin embargo, las pérdidas de peso que sufrieron las manzanas del Bierzo a los 3 y 8 meses de almacenamiento en AC_{original} no superaron el 2% y el 3% respectivamente, lo que concuerda con los resultados obtenidos por [Guerra y col. \(2010\)](#) para esta variedad de manzana, cuyas pérdidas de peso a los 4 meses de almacenamiento en las mismas condiciones fueron inferiores al 4%.

Además del peso, hay un grupo de variables cuya evolución a lo largo del almacenamiento no ha resultado significativa en dos cosechas, éstas son el contenido en Sólidos Solubles ($^{\circ}\text{Brix}$), pH y los parámetros de color b^* y Cromaticidad (C^*).

En la cosecha 2005 se puede apreciar un aumento en el contenido en Sólidos Solubles que sólo resulta significativo en el periodo comprendido entre los 0 y los 3 meses de almacenamiento, probablemente debido a que las frutas fueron recolectadas menos maduras que en las cosechas 2006 y 2007.

Los valores de pH sufrieron un aumento a lo largo del almacenamiento en las tres cosechas aunque sólo fue estadísticamente significativo en la cosecha 2005 y sin embargo se observa una disminución significativa de la Acidez Total a los 3 meses que persiste hasta el final.

La Dureza de la Reineta del Bierzo tuvo un alto grado de variación a lo largo del proceso de almacenamiento y aunque autores como *Billy y col. (2008)* observaron un ablandamiento significativo de las variedades Golden y Fuji durante su almacenamiento, estos datos son difícilmente comparables con los obtenidos en nuestro caso ya que tanto la variedad, como el tipo y periodo de almacenamiento, influyen decisivamente en su maduración. En la Fig. 4.15 se muestra la representación gráfica de a^* en función de b^* de todas las muestras analizadas a lo largo del periodo de almacenamiento.

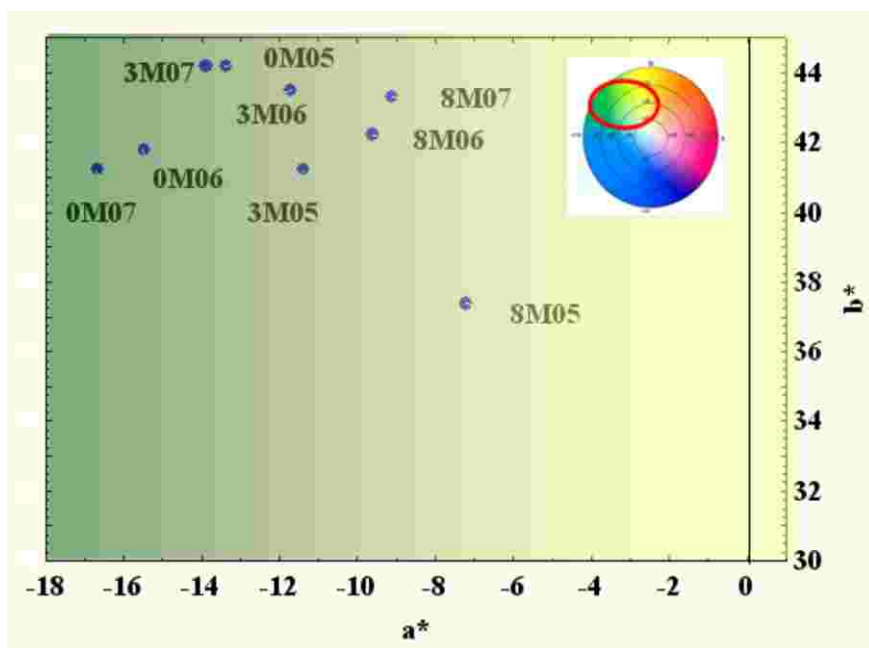


Fig. 4.15 Representación gráfica de los parámetros colorimétricos a^* y b^* para la manzana Reineta del Bierzo a lo largo de los distintos periodos de almacenamiento (0M, 3M y 8M) para las 3 cosechas (05, 06 y 07).

Observando la gráfica anterior podemos comprobar la evolución del color del verde al amarillo de las muestras de manzanas analizadas al final del almacenamiento. Aunque el cambio de color no es tan evidente como en otras variedades de manzanas, por ejemplo en las variedades rojas (ver Fig. 4.14), sí se aprecia una ligera modificación que indica la maduración del producto. Esta evolución del color de la manzana Reineta está acompañada de un oscurecimiento como consecuencia de la disminución de los valores de la luminosidad L^* durante todo el periodo de almacenamiento, si bien resulta estadísticamente significativa principalmente al cabo de los 8 meses.

b) Diferencias entre cosechas en la evolución de las propiedades físico-químicas durante el almacenamiento

En este apartado se presentan los resultados obtenidos al comparar los valores dentro de la misma etapa de almacenamiento para las tres cosechas simultáneamente. En la Tabla 4.25 se presentan las diferencias significativas tras aplicar el ANOVA correspondiente a todas las variables físico-químicas analizadas explicando la variabilidad entre cosechas.

Tabla 4.25 Diferencias significativas de las variables físico-químicas analizadas en la Reineta del Bierzo comparando las tres cosechas (2005, 2006 y 2007) en el mismo periodo de almacenamiento.

	0 MESES n= 30	3 MESES n=26	8 MESES n=18
1-Peso (g)	NDS	*	*
2-°Brix	*	NDS	NDS
3-pH	NDS	NDS	NDS
4-AT (g/l)	*	*	*
5- L^*	NDS	NDS	*
6-a*	*	*	*
7-b*	*	NDS	NDS
8-°Hue	*	*	*
9-C*	*	NDS	NDS
10-Dureza(kg)	NDS	*	*
11-Fmax(kg)	NDS	*	*
12-Pendiente (kg/mm)	NDS	*	*
13-Área (kg*mm)	NDS	NDS	*

^(*) Diferencias significativas en el análisis de varianza $p < 0,05$. NDS: No Diferencias Significativas. n= nº de muestras.

En la variable Acidez Total y los parámetros de color a^* y $^{\circ}\text{Hue}$ se mantiene la presencia de diferencias significativas a lo largo de todo el proceso de almacenamiento. Sin embargo, en la mayoría de las variables, no se aprecian diferencias estadísticas en la primera etapa y éstas van apareciendo a lo largo del almacenamiento. Con estos resultados podemos afirmar que el número de variables físico-químicas con diferencias estadísticamente significativas aumentó con el tiempo de almacenamiento, asimismo se observa un mayor número de diferencias significativas entre cosechas que cuando se estudió la evolución de las características sensoriales de estas manzanas (ver Tabla 4.15), de lo que se desprende que la influencia de las diferentes condiciones climáticas que se puedan dar entre cosechas se manifiesta preferentemente en las características físico-químicas de las manzanas con respecto a las sensoriales.

En la etapa posterior a la recolección (0 meses), el contenido en Sólidos Solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) presentó diferencias significativas pero no en los siguientes periodos (3 meses y 8 meses) esto nos hace pensar que las diferencias significativas que se aprecian en la etapa de 0 meses pueden ser debidas a una falta de homogeneidad entre cosechas en el estado de maduración de las manzanas en el momento de la recolección y que durante el tiempo estudiado de almacenamiento se produce un aumento en Sólidos Solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) hasta un nivel en que tiende a estabilizarse.

Las diferencias significativas observadas en la etapa inicial (0 meses), en las variables de Acidez Total y de los parámetros de color a^* , b^* , $^{\circ}\text{Hue}$ y Cromaticidad (C^*), confirman la variabilidad en la maduración de las manzanas aunque en las variables relacionadas con la firmeza, estas diferencias entre cosechas sólo se manifestaron a partir de los dos meses de almacenamiento.

4.2.3 CORRELACIONES ENTRE LAS PROPIEDADES SENSORIALES Y FÍSICO-QUÍMICAS

Con todos los datos sensoriales generados con la Reineta del Bierzo de las tres cosechas y durante los dos periodos de almacenamiento, se llevó a cabo un estudio de correlación entre las variables sensoriales utilizadas.

Tabla 4.17 Coeficientes de correlación r obtenidos entre las propiedades sensoriales de la Reineta del Bierzo $n=60$. n = número de muestras

Variables	Uniformidad Color	Brillo	Russetting	Dureza Carne	Crujiente	Jugosidad Morder	Acidez	Aceptación Global
Uniformidad Color		-0,62	0,42	-0,56	0,00	-0,38	-0,08	0,79*
Brillo	-0,62		-0,92*	0,66	0,50	0,95*	0,64	-0,30
Russetting	0,42	-0,92*		-0,34	-0,36	-0,89*	-0,68	0,59
Dureza Carne	-0,56	0,66	-0,34		0,50	0,65	0,18	-0,03
Crujiente	0,00	0,50	-0,36	0,50		0,68	0,82*	0,54
Jugosidad Morder	-0,38	0,95*	-0,89*	0,65	0,68		0,75*	0,00
Acidez	-0,08	0,64	-0,68	0,18	0,82*	0,75*		0,24
Aceptación Global	0,79*	-0,30	0,59	-0,03	0,54	0,00	0,24	

(*) Coeficientes estadísticamente significativos

En la Tabla 4.17 puede comprobarse, que existen correlaciones positivas y negativas entre algunas variables siendo la Jugosidad al Morder la que presenta un mayor número de ellas. Existe correlación positiva entre la Uniformidad de Color y la Aceptación Global, es decir, cuanto más uniformes son las muestras mejor valoradas son, en cambio, existe una correlación negativa entre el Brillo y el Russetting, es decir, a mayor cantidad de Russetting menos Brillo, lógico si pensamos que el russetting es una roña o herrumbre superficial que impide ver no sólo el color de fondo sino también hace poco brillante la superficie de la fruta. El Russetting también tiene una correlación negativa con la Jugosidad al Morder pero no se asocia a cambios durante la maduración.

Aparecen correlaciones positivas entre los parámetros Acidez y Crujiente y también entre Acidez y Jugosidad, es decir, las tres características sensoriales mantienen la misma pauta de comportamiento durante el almacenamiento.

La propiedades sensoriales relacionadas con la textura del producto como son los descriptores: Dureza de la Carne, Crujiente y Jugosidad al Morder, aunque no presentan una correlación estadísticamente significativa, sí poseen correlaciones superiores al 0,5 y esto se relaciona con la evolución del producto durante la maduración. Los catadores son capaces de evaluar los cambios sensoriales producidos durante la maduración de las frutas.

Con el fin de conocer la relación y la influencia que tienen entre sí las propiedades sensoriales y las físico-químicas se realizó un análisis estadístico de correlación con el propósito de evaluar el grado de asociación (valores de r) entre las distintas variables durante el almacenamiento de la Reineta del Bierzo hasta un periodo de 8 meses de almacenamiento durante tres años consecutivos (Tabla 4.30).

Tabla 4.30 Coeficientes de correlación r obtenidos al comparar la matriz de datos sensoriales y físico-químicos de la Reineta del Bierzo. $n=74$

	Uniformidad Color	Brillo	Russetting	Dureza Carne	Crujiente	Jugosidad Morder	Acidez	Aceptación Global
Peso (g)	0,06	-0,18	0,23	0,37	0,45	0,33	0,47	0,26
°Brix	-0,15	0,61	-0,58	-0,22	-0,21	-0,14	-0,35	0,06
pH	-0,23	0,55	-0,44	-0,26	-0,31	0,16	-0,30	-0,11
AT (g/l)	0,11	-0,34	0,68*	0,68*	0,62*	0,49	0,81*	0,39
L*	0,07	-0,11	0,42	0,40	0,31	0,17	0,51	0,22
a*	0,39	0,03	-0,44	-0,72*	-0,58	-0,67*	-0,65*	0,05
b*	-0,20	-0,19	-0,27	-0,36	-0,31	-0,28	-0,26	-0,30
°Hue	-0,18	-0,15	0,60	0,74	0,63	0,66*	0,68*	0,05
C*	-0,44	0,28	0,23	0,54	0,36	0,50	0,26	-0,14
Dureza (kg)	-0,22	-0,23	0,64	0,76*	0,50	0,47	0,43	0,02
Fmax (kg)	-0,21	-0,13	0,60	0,83*	0,67*	0,63	0,63	0,12
Pendiente (kg/mm)	-0,41	0,14	0,41	0,74*	0,47	0,54	0,34	-0,03
Área (kg*mm)	-0,20	-0,25	0,62*	0,78*	0,64	0,59	0,60	0,03

(*) Coeficientes estadísticamente significativos.

Existe una correlación estadísticamente significativa entre la Acidez Total (AT) y la valoración sensorial de la Acidez, lo que pone de manifiesto el buen entrenamiento del panel de cata. Esto mismo induce a pensar en la correlación estadísticamente significativa entre el atributo sensorial Dureza de la Carne y todos los parámetros instrumentales relacionados con la textura Dureza, Fmax, Pendiente y Área. [Harker y col \(2002a\)](#) afirmaron que a partir de una diferencia de 0,60 kg en la dureza instrumental los catadores entrenados eran capaces de percibir las diferencias de textura sensorial. Las diferencias en los valores de dureza instrumental con penetrómetro durante el almacenamiento de las manzanas (Tabla 4.22-4.24) fueron lo suficientemente notables como para que fueran apreciadas por el panel de cata.

Por otro lado, la alta correlación que existe entre los parámetros de color a* y °Hue con la Dureza de la Carne es debido a la evolución de la manzana durante el proceso de maduración en que tiene lugar una pérdida de color verde y aumento del amarillo

junto con un ablandamiento y aunque los coeficientes de correlación son menores pero cercanos a 0,7 también se relaciona con una disminución de acidez y de jugosidad.

Si tenemos en cuenta valores de coeficientes superiores a 0,65 podemos ver una correlación positiva entre la AT y la Dureza de la Carne asociada a la maduración de la fruta, pero no encontramos una explicación en la correlación entre AT y Russeting.

Con objeto de conocer el parámetro determinado con texturómetro que mejor explique la valoración de los atributos sensoriales de textura Dureza de la Carne, Crujiente y Jugosidad, podemos ver que la Fmax es el que mejor se ajusta, seguido del Área y por último de la Pendiente. Sin embargo algunos autores ([Mehinagic y col., 2003](#); [Abbot y col., 2004](#)) obtuvieron mejores correlaciones entre Crujiente y Pendiente que con Fmax y Área aunque en ambos casos se trataban de trabajos realizados con un grupo de variedades de manzanas mientras que nuestros resultados se limitan exclusivamente a la variedad Reineta. A pesar de ello coincidimos en que la Jugosidad presenta un nivel de correlación inferior al Crujiente al relacionarlo con las variables de textura instrumentales.

Todos estos resultados corroboran la relación existente entre algunos parámetros sensoriales y físicos en la evolución de la Reineta del Bierzo durante su almacenamiento y a diferencia de lo que ocurría en la Reineta de Caderechas, la variable Aceptación global no mostró correlaciones estadísticamente significativas con ninguna propiedad físico-química por lo que para evaluar la calidad de este producto hay que medir además de los parámetros físico-químicos establecidos por el Consejo Regulador, las propiedades sensoriales evaluadas con la ficha de cata.

c) Evolución de las propiedades físico-químicas en función del tipo de atmósfera de conservación AC/FN.

En la Tabla 4.27 se recogen los valores de las medidas físico-químicas contenido en Sólidos Solubles, pH, Acidez Total, parámetros de color L*, a* y b* y dureza evaluada con penetrómetro manual en Reineta del Bierzo perteneciente a las cosechas 2005 y 2006, que fue almacenadas en atmósfera controlada modificada (AC_{modificada}) durante distintos intervalos de tiempo hasta llegar a un máximo de 6 meses.

Tabla 4.27 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables físico-químicas analizadas en Reineta del Bierzo almacenadas en atmósfera controlada (AC_{modificada}).

	INICIAL n=4x2	2 MESES n=8x2	4 MESES n=8x2	6 MESES n=8x2	ANOVA (1)
°Brix	12,5±1,1 ^a	13,0±0,6 ^a	14,4±0,9 ^b	14,6±1,1 ^b	*
pH	3,2±0,0 ^a	3,1±0,0 ^a	3,4±0,0 ^b	3,5±0,1 ^b	*
AT (g/l)	9,9±1,2 ^c	8,7±0,2 ^b	7,8±0,6 ^b	7,0±0,7 ^a	*
L*	66,2±2,1 ^a	64,6±2,8 ^a	64,9±2,5 ^a	64,8±2,6 ^a	NDS
a*	-18,3±1,6 ^a	-18,8±1,2 ^a	-16,4±1,6 ^b	-15,8±1,4 ^b	*
b*	43,3±1,6 ^a	43,5±1,0 ^a	44,2±1,7 ^a	40,0±1,3 ^a	NDS
Dureza (kg)	9,9±0,8 ^d	8,9±0,5 ^c	5,8±0,7 ^b	4,9±0,8 ^a	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p < 0,05$ y NDS *No Diferencias Significativas*. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) *descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras.*

A la vista de los resultados se desprende que el contenido en Sólidos Solubles (°Brix), el pH y el parámetro a* del color presentan diferencias significativas que se hacen evidentes a partir del cuarto mes de almacenamiento, en cambio, la Acidez Total y la Dureza presentan diferencias a los dos meses demostrando así que éstos parámetros se ve más influenciados por el almacenamiento que otras variables. La disminución de la dureza ya se apreció sensorialmente a los dos meses de almacenamiento (Tabla 4.18) y aunque no se encontraron diferencias significativas en los valores de la acidez sensorial sí aparecen en la medida físico-química, lo que demuestra una mayor precisión de la medida instrumental sobre la sensorial.

Los valores absolutos del parámetro a* del color disminuyen mostrando una pérdida de color verde con el almacenamiento mientras que L* y b* no se ven afectados. Estos datos confirman los resultados obtenidos anteriormente (4.2.2 a) y muestran que si bien los valores de luminosidad (L*) se mantienen durante los primeros 6 meses de almacenamiento en AC_{modificada}, a los 8 meses ha disminuido significativamente, lo que implica un oscurecimiento de las manzanas cuando se han almacenado durante un tiempo tan prolongado.

En estas muestras, conservadas en atmósfera controlada modificada (AC_{modificada}), existieron diferencias significativas para todos los parámetros a excepción de los índices de color L* y b*, por lo que se puede afirmar que después de 6 meses en almacenamiento en AC_{modificada}, se ha producido una modificación en las características físico-químicas de las manzanas como consecuencia de los cambios que tienen lugar al continuar su proceso de maduración.

En la Tabla 4.28 se presentan los valores medios de las variables físico-químicas analizadas en la Reineta del Bierzo, pertenecientes a las cosechas 2005 y 2006, conservadas en atmósfera normal (FN) agrupadas según el tiempo de almacenamiento al que han sido sometidas.

Tabla 4.28 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables físico-químicas en la Reineta del Bierzo almacenadas (o conservadas) en frío normal (FN).

	INICIAL n=4x2	2 MESES n=8x2	4 MESES n=8x2	6 MESES n=8x2	ANOVA (1)
°Brix	12,5±1,1 ^a	14,2±0,4 ^b	14,7±1,2 ^b	14,9±0,7 ^b	*
pH	3,2±0,0 ^b	3,2±0,0 ^b	3,5±0,1 ^a	3,6±0,1 ^a	*
AT (g/l)	9,9±1,2 ^c	8,2±0,1 ^b	7,7±0,7 ^{bc}	6,6±0,8 ^a	*
L*	66,2±2,0 ^a	65,9±2,7 ^{ab}	68,4±2,0 ^b	67,1±2,4 ^{ab}	*
a*	-18,3±1,6 ^a	-16,5±0,8 ^{ab}	-13,8±2,3 ^b	-11,6±2,5 ^c	*
b*	43,3±1,6 ^a	43,5±0,9 ^a	46,9±1,7 ^b	49,5±2,0 ^c	*
Dureza (kg)	9,9±0,8 ^a	8,3±0,5 ^b	4,1±0,7 ^c	3,1±0,7 ^d	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p < 0,05$ y *NDS No Diferencias Significativas*. *Test de Tukey (HSD $p < 0,05$)* descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. $n = n^{\circ}$ de muestras.

A diferencia del almacenamiento en AC_{modificada}, se puede observar que todas las variables físico-químicas estudiadas presentan variaciones estadísticamente significativas durante todo el periodo de almacenamiento. Todas las variables siguen una tendencia regular en su evolución con excepción del parámetro de color L* cuyos valores fluctúan sin que exista aparentemente una relación con el tiempo de almacenamiento.

Al aplicar el test de Tukey (Tabla 4.28) podemos observar que a los dos meses de almacenamiento aparecen diferencias significativas en el contenido en Sólidos Solubles, en Acidez Total y Dureza, mientras que en el resto de las variables se aprecian las variaciones a los 4 meses de almacenamiento, confirmando una evolución más rápida de las características físico-químicas que en las experiencias llevadas a cabo en AC y coincidiendo con lo obtenido por otros autores en manzana Reineta ([Guerra y col., 2010](#)). Estos resultados concuerdan asimismo con los obtenidos por [Róth y col. \(2007\)](#) para manzanas de la variedad Jonagold, que observaron un ablandamiento de las mismas y una disminución de la acidez durante su almacenamiento de 6 meses en FN, pero no en condiciones de AC y, finalmente [Konopacka y Plochanski \(2004\)](#) también obtuvieron valores más elevados para la firmeza de manzanas de distintas variedades que habían sido almacenadas en atmósfera controlada que los obtenidos en atmósfera normal.

El aumento significativo en el contenido en Sólidos Solubles (°Brix) de la Reineta que hemos observado y que además es más acusado en condiciones de almacenamiento en FN que en AC, no fue apreciado por [Róth y col. \(2007\)](#) para las manzanas Jonagold.

En la Fig 4.17 se muestra la evolución del color de fondo de la Reineta del Bierzo en los diferentes periodos de almacenamiento y en las distintas cosechas, en función del tipo de conservación, atmósfera controlada (AC) y frío normal (FN).

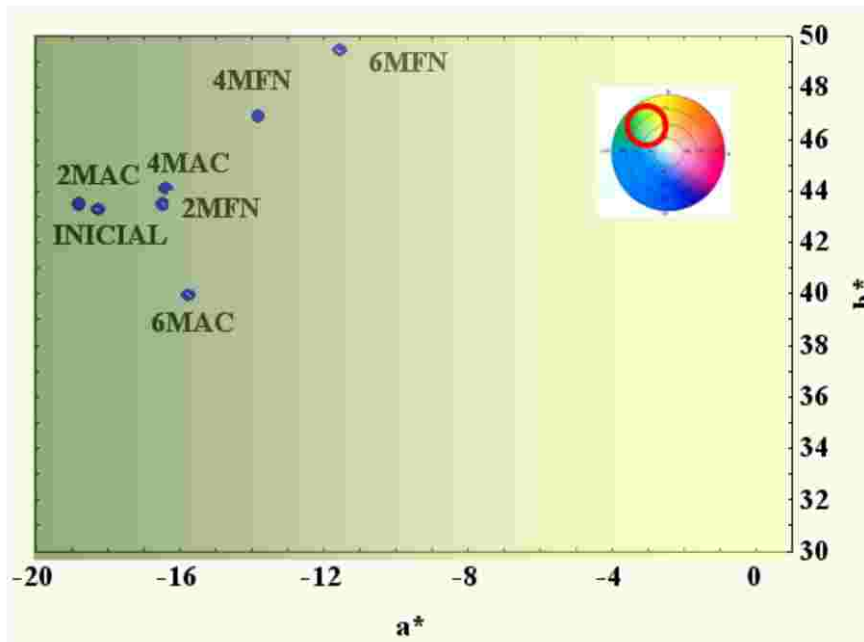


Fig. 4.17 Representación gráfica de los parámetros colorimétricos a^* y b^* para la Reineta del Bierzo en las diferentes atmósferas de conservación AC y FN y en distintos tiempos de almacenamiento (0, 2 y 6 meses).

En ella, podemos observar que tiene lugar una evolución del color del verde al verde-amarillento más acusada en FN y cuanto mayor es el tiempo de almacenamiento. Estos datos concuerdan con los obtenidos por [Guerra y col. \(2010\)](#) para Reineta D.O. Bierzo y por [Rocha y Morais \(2003\)](#) para otras variedades de manzana, los cuales obtienen diferencias significativas en los valores de a^* entre los distintos métodos de almacenamiento, indicando que la fruta almacenada en AC presenta una mayor retención del color verde.

En la Fig. 4.18 se muestra la evolución de los parámetros F_{max} (kg), el Área bajo la curva ($kg \cdot mm$) y la Pendiente de la curva (kg/mm) de las muestras analizadas con el texturómetro para las dos atmósferas de conservación.

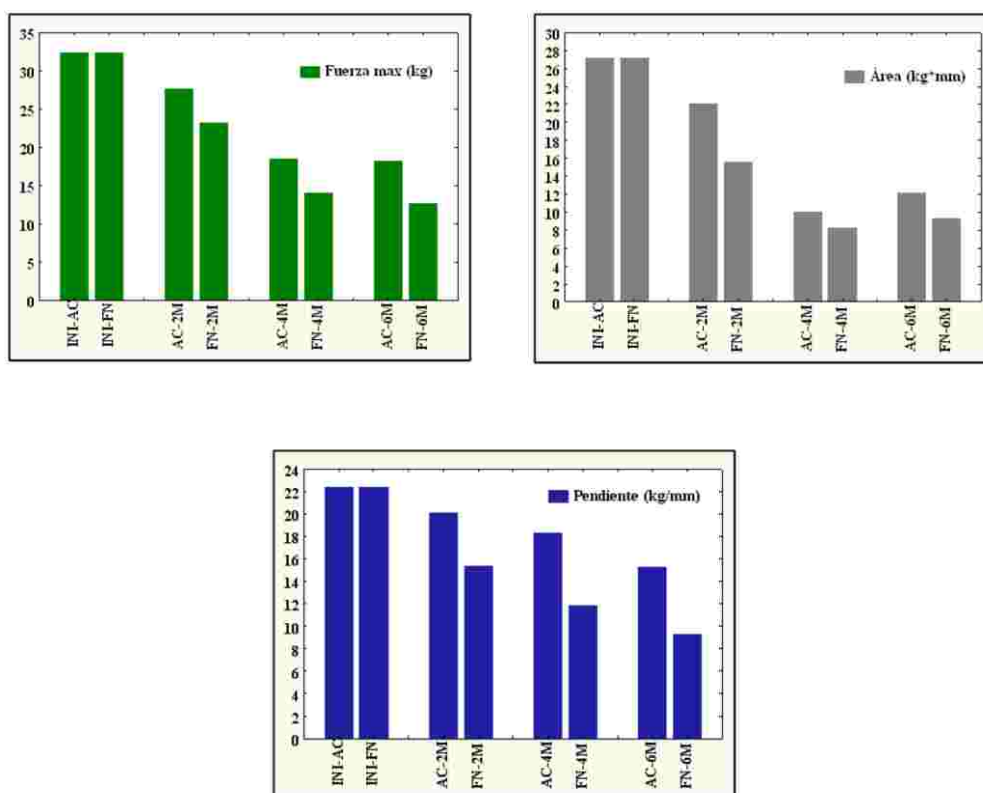


Fig. 4.18 Influencia de la atmósfera y tiempo de almacenamiento en las variables de textura de las Reinetas del Bierzo, FN (frío normal), AC (atmósfera controlada), Fuerza max (kg), Área (kg*mm) y Pendiente (kg/mm).

Como se puede observar, los parámetros de dureza medidos con texturómetro disminuyen a lo largo del tiempo de almacenamiento siendo ésta disminución más acusada para la conservación en frío normal (FN) que en atmósfera controlada (AC), tal y como se había observado en los resultados de la medida de Dureza con penetrómetro manual de la Tabla 4.27 y 4.28. Este comportamiento se relaciona con procesos de maduración y con la disminución del contenido en pectinas totales y hemicelulosa y el incremento en pectinas libres que determinan las propiedades mecánicas de las paredes celulares y que son responsables de la diferente percepción de la textura de las manzanas almacenadas en distintos niveles de O_2 y CO_2 (Siddiqui y col., 1996).

En la Tabla 4.29 se muestran las diferencias significativas (*) y no significativas (NDS) tras aplicar el análisis de varianza (ANOVA) a los valores de las variables físico-químicas de la Reineta del Bierzo agrupadas en función del tipo de conservación, frío normal (FN) y atmósfera controlada (AC), a que fueron sometidas durante 2, 4 y 6 meses de almacenamiento.

Tabla 4.29 Análisis de varianza de las variables físico-químicas al comparar atmósfera controlada y frío normal para tres periodos de almacenamiento (2, 4 y 6 meses) de la Reineta del Bierzo.

	2 MESES n=16x2	4 MESES n=16x2	6 MESES n=16x2
1-°Brix	*	NDS	NDS
2-pH	*	NDS	*
3-AT(g/l)	*	NDS	NDS
5-L *	NDS	*	*
6-a*	*	*	*
7-b*	NDS	*	*
4-Dureza (kg)	*	*	*

*** Diferencias Significativas ($p<0,05$) y NDS No Diferencias Significativas; n= nº de muestras x nº de réplicas.**

Los valores de la Dureza y del parámetro de color a* son significativamente distintos durante todo el proceso de almacenamiento, poniendo de manifiesto que el tipo de atmósfera de conservación influye decisivamente en el color y la textura de la Reineta del Bierzo, mientras que esta influencia no es tan acusada en la evolución de los parámetros de color L* y b* ya que las diferencias significativas comienzan a los 4 meses de almacenamiento. Autores como [Guerra y Casquero \(2005\)](#) aseguran que la Reineta en atmósfera normal (FN) tiende a madurar más rápidamente que la almacenada en atmósfera modificada (AC) perdiendo la tonalidad verde más rápidamente y por lo tanto una disminución en el parámetro a* del color.

El contenido en Sólidos Solubles, la Acidez Total y el pH presentan diferencias significativas a los 2 meses de almacenamiento en los dos tipos de conservación, pero estas diferencias significativas no se mantienen durante el resto del periodo de almacenamiento.

A la vista de los resultados hay una gran diferencia entre las propiedades físico-químicas de las manzanas en función del tipo de conservación ya que a los 2 y 6 meses de almacenamiento más del 70% de las variables físico-químicas analizadas presentaron diferencias estadísticamente significativas.

4.2.4 OTRAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS ESPECÍFICAS

4.2.4.1 TASA DE RESPIRACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ETILENO

La respiración es un excelente indicador de la actividad metabólica del tejido y está afectada por un gran número de factores como la temperatura de almacenamiento, la variedad de manzana y el estado de maduración en que ha sido recolectada ([Graell y Ortiz, 2003](#)).

La tasa de respiración y la producción de etileno durante el almacenamiento de la Reineta del Bierzo a temperatura ambiente (20°C) y a 2,5°C en atmósfera normal, siguen una pauta característica de los frutos climatéricos, alcanzando un máximo para luego disminuir gradualmente, indicando un aumento en la intensidad respiratoria de la fruta almacenada que a su vez provoca un aumento de la actividad enzimática con la consiguiente modificación de algunas características fisicoquímicas ([Herrero y Guardia, 1992](#)) y sensoriales ([Guerra y col, 2010](#)). Así mismo, al disminuir la temperatura, se limita la actividad de las enzimas implicadas en el metabolismo respiratorio y retrasa el aumento en la producción de CO₂ y de etileno.

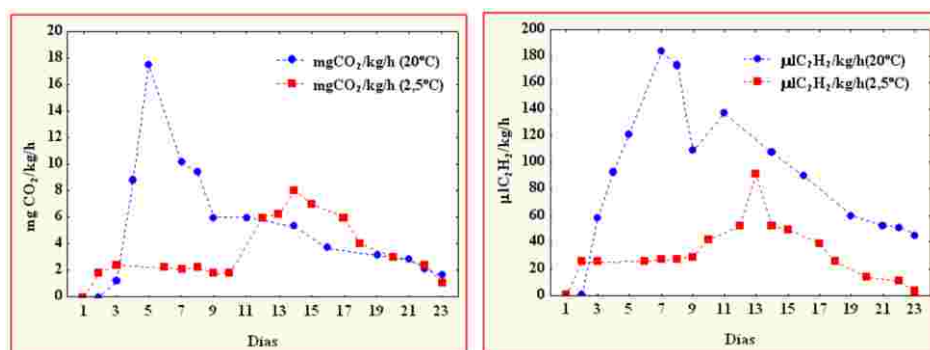


Fig. 4.20 Tasa de respiración y producción de etileno de la Reineta del Bierzo a 20°C y 2,5°C en atmósfera normal después de la recolección

En la Figura 4.20 se puede observar que, para las experiencias realizadas a 20°C, se alcanzó el máximo climatérico al cabo de 7 días tomando un valor medio de producción de etileno de 185,35 µl/kg h y de CO₂ de 17,8 mg/kg h mientras que a 2,5°C se alcanza al cabo de 13 días tomando un valor medio de producción de 91,1 µl/kg h y 8 mg CO₂/kg h, observándose un retraso en el pico climatérico al disminuir la temperatura, después del cual los niveles de producción de CO₂ obtenidos a ambas temperaturas se igualan, mientras que la producción de etileno sigue estando influida por la temperatura siendo menor a 2,5°C que a 20°C.

Las tasas de respiración y el nivel de producción de etileno varían en función de la temperatura y de la variedad ya que por ejemplo los rangos de producción de etileno a 0°C, 5°C, 10°C y 20°C en manzanas de la variedad Red Delicious son de 1-10, 2-20, 5-40 y 20-125 $\mu\text{l C}_2\text{H}_2/\text{kg/h}$ respectivamente (*Mitcham y col., 1996-1999*), y en la variedad Golden Delicious, 1-10, 2-25, 5-60 y 20-150 $\mu\text{l C}_2\text{H}_2/\text{kg/h}$, mientras que en otras variedades como Fuji y Gala a 0°C se encuentran rangos de producción de etileno muy diferentes (2-4 y 4-12 $\mu\text{l C}_2\text{H}_2/\text{kg/h}$ respectivamente). Si comparamos estos resultados con los obtenidos para la Reineta del Bierzo, podemos ver que cuando esta variedad se almacena a 2,5°C presenta una moderada tasa de respiración con una mayor producción de etileno que las variedades de manzana anteriormente mencionadas (31,1 $\mu\text{l C}_2\text{H}_2/\text{kg/h}$) presentando una buena adaptación para su conservación en frío ya que el etileno disminuye substancialmente al disminuir la temperatura.

4.2.4.2 CONTENIDO EN ALMIDÓN Y DESARROLLO DE UNA ESCALA CUANTITATIVA ESPECÍFICA PARA LA MANZANA REINETA

El contenido en almidón no es un parámetro de calidad definido dentro de los estándares del Reglamento de Uso de la Denominación de Origen Reineta del Bierzo, pero en este trabajo se consideró oportuno realizar una medida del mismo para describir el producto y de esa forma establecer una escala cuantitativa desarrollada a partir de una escala de color cualitativa.

Se consideró conveniente crear nuestra propia escala de medida cualitativa construida según los modelos recomendados por el Ctifl y por *Mitcham y col. (2006)* mediante la tinción del almidón con yodo, clasificando la reacción en escala 1 a 8, donde 1 = fruta madura, sin presencia de almidón y 8 = totalmente negro, fruta inmadura con el mayor contenido en almidón (Fig 4.21). Los resultados obtenidos mediante esta escala cualitativa se compararon con los obtenidos mediante la cuantificación enzimática de almidón.



Fig. 4.21 Escala de almidón obtenida con Reineta del Bierzo. Los números se corresponden con los de la columna “Ordenación” de la Tabla 4.32.

En la Tabla 4.32 se muestran los valores de la escala de medida cualitativa por el método de tinción de yodo, en la que se ordenaron las muestras según los patrones de la Figura 4.21 y sus respectivos contenidos de almidón medido cuantitativamente por el método enzimático. En la columna de la derecha se muestra el periodo de análisis que indica el tiempo de almacenamiento a que han sido sometidas las muestras para conseguir un rango de contenido en almidón que contemplara toda la escala cualitativa.

Tabla 4.32. Valores y escala de almidón desarrollada con Reineta del Bierzo.

Ordenación ⁽¹⁾ (Fig. 4.2.10)	Almidón (%) ⁽²⁾	Periodo de análisis ⁽³⁾
1	0,10	2
1	0,08	
2	0,26	2
2	0,33	
3	0,63	2
3	0,68	
4	0,68	2
4	0,65	
5	0,92	1
5	0,95	
6	1,25	1
6	1,20	
7	1,50	1
7	1,50	
8	2,12	1
8	2,05	

(¹) Método de tinción de yodo, (²) Método enzimático % base seca de harina de manzana, (³) nº 1 Muestras recién recolectadas y nº 2 muestras tras dos semanas dealmacenamiento a 20°C.

Existen grandes diferencias en el contenido de almidón en función de la variedad y la época de recolección y maduración, pudiendo oscilar entre el 44,0 y el 53,2% (peso seco) en estados de crecimiento del fruto, hasta niveles que no superan el 4% (base seca) en el caso de manzanas maduras Fuji (*Stevenson y col., 2006*). En las Reinetas analizadas en este estudio, el contenido en almidón de las manzanas recién recolectadas varía entre el 0,92 y 2,12 % (base seca) y, como consecuencia de la actividad metabólica de la manzana durante el almacenamiento a 20°C durante dos semanas, en que ha tenido lugar el máximo climatérico, llega a desaparecer hasta el 96% del almidón que contenía la manzana en recolección transformándose en componentes orgánicos relacionados con la fruta madura, como son azúcares solubles y componentes responsables del aroma.

Por otro lado si representamos gráficamente los valores de la escala cuantitativa en función de la escala cualitativa y desarrollamos el ajuste matemático, encontramos que los valores se ajustan mejor a un polinomio de segundo grado ($r^2=0,978$) que a una recta ($r^2=0,956$) tal y como se muestra en la Figura 4.22.

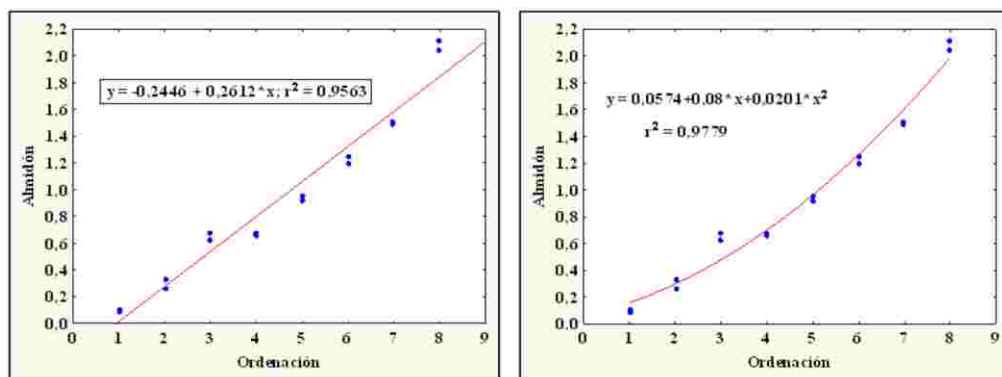


Fig. 4.22 Gráficas de correlación entre el contenido en almidón (%) y la escala cualitativa de almidón.

Hay que tener en cuenta a la hora de desarrollar la escala de almidón, que uno de los ejes se crea mediante una escala visual donde se pueden cometer errores de proporcionalidad pudiendo descartar a posteriori algunas de las medidas, tal y como sucede al observar los valores de los puntos 3 y 4 (Tabla 4.32), mostrando que aunque en la escala cualitativa parecían muestras diferentes, el análisis cuantitativo confirma que contienen la misma cantidad de almidón, y por lo tanto si eliminamos los puntos 3 y 8, se obtiene un mejor ajuste lineal con un valor de r^2 de 0,989 (Fig. 4.23).

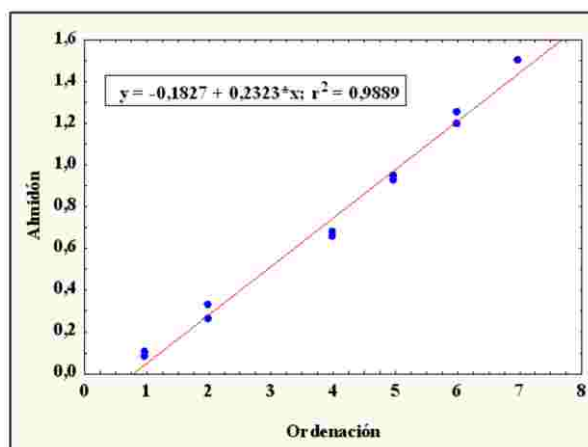


Fig. 4.23 Gráficas de correlación entre el % de almidón cuantitativo y la escala de almidón cualitativo, eliminado los puntos 3 y 8 de la figura 4.22.

Aunque el contenido en almidón da información sobre el estado de madurez de las manzanas y podría ser utilizado como parámetro en la recolección, su rápida evolución una vez recolectada la manzana y su variabilidad en función de la variedad, hace complicado el uso de escalas generalizadas, por lo que consideramos conveniente el uso de escalas adaptadas a cada variedad y tipo de manzana. La escala cualitativa es muy rápida y fácil de realizar mientras aunque poco precisa mientras que la escala cuantitativa da valores más exactos del contenido de almidón de la muestra aunque requiere tiempo y equipos de medida complejos.

4.2.4.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE BITTER PIT

a) Incidencia de bitter pit en relación con el tiempo de almacenamiento

El bitter pit es una de las fisiopatías que más afecta a la Reineta del Bierzo sobre todo al final del almacenamiento con la consiguiente pérdida de calidad ya que puede llegar a ser rechazado por el consumidor haciendo inútil el sello de Denominación de Origen.

En la Fig. 4.22 se muestra el porcentaje de muestras que presentaron bitter pit en manzanas recién recolectadas y tras haber permanecido 6 meses en conservación en atmósfera controlada.



Fig. 4.22 Porcentaje de manzanas del Bierzo afectadas por bitter pit desde la recolección (20 muestras) hasta el final de la conservación (10 muestras).

En la etapa inicial, la incidencia de bitter pit (BP) para la manzana Reineta estuvo presente entre el 2 y el 5% de las muestras analizadas y al final de la conservación entre un 30 y un 35% para las cosechas 2005 y 2006 respectivamente. Este aumento en la incidencia del BP durante el almacenamiento coincide con los encontrados por [Guerra y col. \(2010\)](#) en Reineta del Bierzo, [Watkins y col. \(2004\)](#) en manzanas de la variedad Honeycrisp, y [Vega \(2000\)](#) en manzanas de la variedad Granny Smith. Las diferencias en la aparición del BP se relacionan con la variedad, el tiempo y la temperatura de almacenamiento siendo la variedad Reineta una de las más sensibles.

Para reducir la incidencia de BP, se ha propuesto reducir la temperatura de conservación ([Watkins y col., 2004](#)) sin embargo esta medida no parece ser una solución adecuada en el caso concreto de la Reineta D.O. Bierzo debido a que la Reineta Gris es muy sensible a las bajas temperaturas pudiendo presentarse otras fisiopatías ([Marcelo, 2004](#)).

b) Incidencia de bitter pit en relación con el contenido mineral.

El bitter pit (BP) es el principal desorden fisiológico debido a deficiencia de Ca en manzanas. Para comprobar si la presencia de bitter pit (BP) en las manzanas está relacionada con el Ca disponible en la planta o en el fruto, se realizaron diferentes análisis del agua de riego, suelo, hojas y frutos, en la parcela experimental del Bierzo descrita en el apartado 3.1.2. ya que según [Carvalho \(1997\)](#) la presencia de determinados minerales en el suelo interviene en la estimulación de la absorción radicular de calcio.

En el agua de riego se encontraron valores de pH de $6,30 \pm 0,10$ y un contenido mineral de $0,92 \pm 0,05$ mg/l, $17,00 \pm 1,89$ mg/l y $6,40 \pm 1,12$ mg/l de potasio, calcio y magnesio respectivamente, estos valores se encuentran dentro de niveles normales por lo que consideramos que el agua de riego no tiene influencia en la aparición del bitter pit en la Reineta del Bierzo, además, la incidencia de BP se ha relacionado con el aporte hídrico a la planta pero no con las características del agua empleada en el riego (Casero y col., 1999; Ferguson y col., 1999; Monge y col., 2005).

En la Tabla 4.33 se muestran los resultados del contenido mineral del suelo de la parcela experimental en diferentes periodos de desarrollo del fruto floración, cuajado y recolección durante la cosecha 2005.

Tabla 4.33 Análisis del suelo de la zona de cultivo de Reineta del Bierzo. Cosecha 2005.

	Floración	Cuajado	Recolección
pH	$7,30 \pm 0,12$	$6,10 \pm 0,28$	$6,15 \pm 0,21$
%Nitrógeno total (g/100g)	$0,13 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,01$
Potasio extraíble (g K_2O /100g)	$0,31 \pm 0,06$	$0,31 \pm 0,04$	$0,38 \pm 0,03$
Calcio extraíble (g Ca_2O /100g)	$1,60 \pm 0,01$	$2,25 \pm 0,40$	$1,60 \pm 0,01$
Magnesio extraíble (g MgO /100g)	$0,20 \pm 0,04$	$0,21 \pm 0,11$	$0,17 \pm 0,07$
Fósforo (g P_2O_5 /100g)	$91,00 \pm 7,10$	$93,30 \pm 8,12$	$88,65 \pm 6,58$

No se han encontrado referencias bibliográficas en cuanto a las especificaciones exactas del contenido mineral para los suelos de cultivo de la Reineta del Bierzo por lo que se hace complicado interpretar los resultados obtenidos, aún así, es recomendable, para una disponibilidad óptima del calcio, que los valores de pH del suelo se encuentren en el intervalo de 6,5-7,5, e incluso podría llegar a valores de pH 5,5, debiendo mantener la capacidad de intercambio catiónico un equilibrio entre un 3-4% de potasio, 10-15% de magnesio y 70-80% de calcio (<http://www.redagricola.com/content/view/223/29/>).

Como se puede observar en la Tabla 4.33, el valor de pH del suelo disminuye ligeramente y su contenido en nitrógeno se mantiene constante a lo largo del crecimiento del fruto encontrándose dentro de valores normales.

Aunque los análisis del suelo, son valiosos para estimar la disponibilidad de nutrientes y la acidez o salinidad del mismo, el análisis foliar proporciona una información más fácilmente interpretable sobre las necesidades nutricionales de los cultivos. Puesto que las hojas son importantes centros de síntesis, los análisis foliares reflejan el estado nutritivo de la planta con más fidelidad que los suelos, dan una información más precisa de los nutrientes absorbidos por el árbol y pueden poner de manifiesto situaciones de deficiencia o exceso en alguno de estos nutrientes aún cuando todavía no se hayan desarrollado síntomas visuales.

En la Tabla 4.34 se muestra el contenido en calcio (Ca) y magnesio (Mg) de las hojas y del fruto en tres etapas de análisis, floración, cuajado y precosecha, durante la cosecha 2006.

Tabla 4.34 Contenido en Ca y Mg (ms) en las hojas y frutos para las etapas de floración, cuajado y precosecha durante la formación del fruto (cosecha 2006).

	Floración	Cuajado	Pre-Recolección
Calcio -hojas (g/100g)	1,55±0,01	1,54±0,01	2,25±0,05
Magnesio-hojas (g/100g)	0,27±0,02	0,32±0,01	0,30±0,02
Calcio -frutos (mg/100g)	No hay fruto	25,00±5,20	7,50±2,65
Magnesio-frutos (mg/100g)	No hay fruto	15,00±3,31	5,20±2,37

La concentración de calcio y magnesio en las hojas aumenta durante la formación del fruto debido a las aplicaciones foliares de CaCl_2 llevadas a cabo por los responsables de la parcela experimental como medida preventiva para evitar la aparición de bitter pit. A pesar de que con las aplicaciones foliares se aumenta el contenido de calcio en las hojas, la concentración de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el fruto disminuye considerablemente durante su desarrollo, debido a que, según [Saure \(2005\)](#), la absorción de Ca se realiza en los primeros desarrollos de la fruta para luego disminuir gradualmente hasta los 95 días desde la plena floración en que el contenido en Calcio disminuye en menor medida hasta el momento de recolección del fruto ([Aznar y Cortés, 2001](#)).

El bajo nivel de calcio en los frutos no se debe a un problema de suministro y/o absorción desde el suelo, como habíamos comentado anteriormente, sino a su distribución dentro de la planta; por ello consideramos que las mediciones de niveles de calcio en el suelo o en partes vegetativas de la planta (Ca-foliar) no son indicadores adecuados del calcio presente en los frutos.

Para comprobar si el aumento de bitter pit observado en la manzana Reineta D.O. Bierzo se relaciona con la disminución de determinados minerales en los frutos, se llevaron a cabo análisis de calcio, magnesio y potasio en recolección y después de 2 meses en conservación en atmósfera controlada (AC) a 1,5-2°C durante la cosecha 2006.

En la Tabla 4.35 podemos observar la composición en calcio, magnesio, potasio y la relación potasio/calcio expresados en g/100g de materia fresca, en una muestra representativa de Reineta del Bierzo en dos periodos distintos de análisis, después de la recolección y al cabo de dos meses en atmósfera controlada para la cosecha 2006.

Tabla 4.35 Contenido de Ca, Mg y K en la Reineta del Bierzo en dos periodos, después de la recolección y tras dos meses de almacenamiento en conservación de atmósfera controlada. mf (materia fresca)

	Ca mg/100g mf	Mg mg/100g mf	K mg/100g mf	K/Ca
0M (AC)	5,235	4,485	112,55	21,51
2M (AC)	2,895	4,19	100,1	34,75

Teniendo en cuenta que [Gagnard \(1997\)](#) indicó que los valores de mínimos de contenido mineral de las manzanas destinadas a un almacenamiento prolongado debía ser de 0,85 mg K/100g (materia seca), 0,03 mg Ca/100g (materia seca) y 0,03 mg Mg/100g (materia seca), con una relación K/Ca = 28,3. Si transformamos los datos mostrados en la Tabla 4.35 en mg /100 g de materia seca, suponiendo un contenido en agua de los frutos de 83-85 %, los valores del contenido mineral de la Reineta del Bierzo se encontrarían dentro de los límites. Sin embargo la relación K/Ca que se encuentra es ligeramente inferior justo al inicio de la conservación, esto puede dar lugar a la aparición de bitter pit si los periodos de conservación son muy elevados.

Entre otros elementos minerales, el Mg es uno de los factores más importantes que están relacionados con la incidencia de bitter pit en frutas y algunos autores indican que una baja relación Ca/Mg inhibe la acumulación de Ca en las frutas ([Burmeister y Dilley, 1994](#)). La relación Ca/Mg en la manzana del Bierzo en el momento de la recolección es de 1,2 (Tabla 4.35), este valor es muy inferior al sugerido por [Zheng y col. \(2007\)](#) en manzanas de la variedad Fuji, que indican que, en el momento de la recolección, la relación Ca/Mg deber tener un valor superior a 7 para que la incidencia de bitter pit al final del periodo de almacenamiento sea comercialmente aceptable.

La disponibilidad del calcio a los dos meses en almacenamiento (AC) disminuyó un 45% con respecto al valor inicial, si se mantiene esta proporción en la disminución del calcio en el fruto y teniendo en cuenta que el periodo de almacenamiento puede llegar a ser de 8 meses, podría ser una causa de la aparición del bitter pit, aunque para poder confirmarlo sería necesario llevar a cabo un análisis mineral más exhaustivo durante todo el almacenamiento del producto.

Para predecir la incidencia de bitter pit son muchos los factores que hay que controlar y sus efectos todavía no están bien definidos ([Lötze y col, 2008](#)), además la determinación del contenido de Ca en los frutos resulta difícil, cara y poco fiable ya que normalmente el calcio se presenta en bajos niveles y las concentraciones son variables, tanto dentro del propio fruto como entre frutos de la misma muestra ([Aznar, 2001](#)). Quizás sería conveniente estudiar el efecto del empleo de técnicas postcosecha de aplicación de calcio para reducir el contenido de bitter pit en la Reineta del Bierzo, ya que

según [Ortiz y col. \(2010\)](#), incrementarían la producción de compuestos responsables del aroma, sin que se apreciaran efectos en la firmeza y por lo tanto permitirían mejorar la calidad preservando los niveles adecuados en los parámetros de calidad después de un almacenamiento a medio plazo.

4.3 PERA CONFERENCIA DEL BIERZO

A continuación se discuten los resultados obtenidos en la caracterización sensorial de la pera Marca de Garantía Conferencia Bierzo, en adelante Conferencia del Bierzo, obteniendo en primer lugar una ficha de cata descriptiva y una fórmula de Calidad Global, y posteriormente estudiando la influencia del tiempo y condiciones de almacenamiento en la evolución de las propiedades sensoriales de la pera durante su almacenamiento y comercialización durante cuatro años consecutivos. Asimismo, para la caracterización físico-química de la pera se estudia la evolución de sus características físico-químicas durante el periodo de almacenamiento y comercialización de la misma y, por último se estudia la relación que existe entre sus propiedades sensoriales y físico-químicas.

4.3.1 ANALISIS SENSORIAL

Siguiendo el mismo método de trabajo desarrollado con la reineta del Valle de Caderechas y del Bierzo, se pretende obtener una ficha de cata objetiva y precisa que describa la calidad sensorial de la pera Conferencia del Bierzo con el menor número de descriptores, buscando siempre la cuantificación de los resultados.

4.3.1.1 SELECCIÓN DE DESCRIPTORES Y DESARROLLO DE LA FICHA DE CATA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA CONFERENCIA DEL BIERZO

De total de los 26 descriptores recopilados de la bibliografía consultada en análisis sensorial ([Elgar, 1997](#); [Fillion, 2002](#); [Giboreau, 2007](#); [Gonzalez, 2007 a y b](#); [Pérez, 2007](#)) sólo se utilizaron aquellos que habían sido seleccionados como más interesantes a la hora de definir la calidad sensorial de las peras por al menos el 60 % de los jueces entrevistados. Estos fueron Tamaño (T), Defectos de Piel (DFP), Olor (O), Russeting (R), Jugosidad al Corte (JC), Dureza de la Piel (DP), Dureza de la Carne al Morder (DC), Aroma (AR), Jugosidad al Morder (JM), Harinosidad (H), Acidez (AC), Dulzor (D), Granulosidad (GR) y Astringencia (AS).

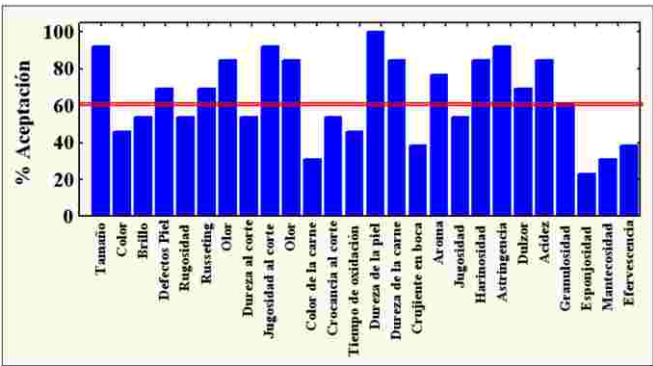


Fig.4.23 Porcentaje de aceptación de los descriptores sensoriales para peras.

Con estos descriptores pre-seleccionados, se elaboró una ficha de cata previa estructurando cada variable en una escala de 5 puntos de intensidad (1-5), que se utilizó para analizar 6 muestras de peras de diferentes variedades, permitiendo confirmar no sólo la idoneidad en la selección del panel de cata (8-10 catadores) sino también la de los descriptores sensoriales elegidos.

En la Tabla 4.36 se muestran los resultados de los valores medios obtenidos en las sesiones de cata así como el análisis de varianza (ANOVA) el cual muestra la existencia de diferencias significativas para todos los descriptores a excepción del Aroma (AR), la Harinosidad (H) y la Granulosidad (GR). También se aplicó el test de Tukey para muestras no balanceadas, que nos permitió identificar entre qué muestras aparecieron esas diferencias.

Tabla 4.36 Valores medios, desviación estándar y diferencias estadísticas de las características sensoriales de variedades comerciales de peras, (n=1x3).

	Conferencia	Blanquilla	Limonera	Buena Luisa	Ercolini	General Leclerc	ANOVA (1)
1-Tamaño	4,5±0,5 ^d	2,7±0,7 ^b	3,5±0,5 ^c	3,1±0,7 ^{bc}	1,1±0,3 ^a	3,4±0,5 ^c	*
2-Defectos Piel	2,9±0,4 ^b	2,3±0,5 ^{ab}	2,3±0,6 ^{ab}	3,1±0,6 ^c	2,1±0,5 ^{ab}	1,9±0,5 ^a	*
3-Olor	2,0±0,4 ^a	2,9±0,9 ^b	2,7±0,5 ^b	2,9±0,5 ^b	3,2±0,4 ^b	1,6±0,3 ^a	*
4-Russeting	3,9±0,5 ^b	1,2±0,4 ^a	1,1±0,4 ^a	1,3±0,6 ^a	1,3±0,5 ^a	4,0±0,0 ^b	*
5-Jugosidad Cortar	3,8±0,8 ^c	3,3±0,4 ^{bc}	2,9±0,4 ^b	4,0±0,8 ^c	2,4±0,4 ^a	2,3±0,4 ^a	*
6-Dureza Piel	3,4±0,4 ^{bc}	3,5±0,6 ^{bc}	3,1±0,7 ^b	2,1±0,8 ^a	4,1±0,8 ^c	3,8±0,3 ^{bc}	*
7-Dureza Carne	2,0±0,5 ^{ab}	2,8±0,7 ^b	3,8±0,6 ^c	1,5±0,6 ^a	4,1±0,4 ^c	3,9±0,5 ^c	*
8-Aroma	2,8±0,7 ^a	2,7±0,5 ^a	2,9±0,7 ^a	3,3±0,6 ^a	2,4±0,4 ^a	2,9±0,5 ^a	NDS
9-Jugosidad al Morder	3,7±0,8 ^{bc}	3,2±0,3 ^b	3,0±0,8 ^b	4,4±0,7 ^c	2,1±0,3 ^a	2,3±0,7 ^a	*
10-Harinosidad	1,8±0,7 ^a	1,8±0,6 ^a	2,3±1,0 ^a	2,0±0,7 ^a	2,1±0,2 ^a	2,4±0,5 ^a	NDS
11-Dulzor	3,7±0,3 ^c	3,1±0,8 ^{cb}	2,6±0,4 ^{ba}	2,8±0,4 ^{ab}	2,0±0,4 ^a	3,0±0,9 ^{cb}	*
12-Acidez	1,3±0,5 ^a	1,8±0,5 ^{ab}	2,1±0,4 ^{ab}	3,3±0,5 ^c	1,4±0,8 ^a	2,6±0,2 ^b	*
13-Granulosidad	2,7±0,2 ^a	3,3±1,0 ^a	3,6±0,8 ^a	2,6±0,8 ^a	2,7±0,8 ^a	3,4±0,4 ^a	NDS
14-Astringencia	2,1±0,5 ^a	3,0±0,5 ^b	4,0±0,8 ^c	3,5±0,4 ^{bc}	3,9±0,9 ^{bc}	4,1±0,7 ^c	*

(1) * Diferencias significativas en el análisis de varianza $p<0,05$ y NDS No Diferencias significativas. Test de Tukey (HDS, $p<0,05$) letras diferentes indican diferencias significativas entre las muestras de la misma fila.

Al comparar los valores obtenidos para la Conferencia del Bierzo con el resto de las peras comerciales vemos que la Conferencia del Bierzo es la que presenta significativamente mayor Tamaño y la que posee menor Astringencia. También se encuentra entre las variedades con mayor Dulzor, Jugosidad al Cortar y al Morder y con menor Acidez, Olor y Dureza de la Carne, así mismo, presenta bajos valores de Harinosidad y Granulosidad, aunque no sean significativas las diferencias en estos dos atributos con el resto de las variedades. Las peras Leclerc y Conferencia se caracterizan también por una gran cantidad de Russeting y destacan por una baja Dureza de la Piel y elevada Acidez que también está presente en la variedad Buena Luisa. Por otra parte, la General Leclerc es la que presenta el menor valor en Olor, mientras que en la variedad Ercolini se observan los valores mínimos en Jugosidad al Morder y Dulzor.

En relación con la apreciación de la jugosidad de las peras, tanto al cortar como al morder, podríamos clasificarlas en dos grupos, aquellas que son más jugosas y que corresponde a las variedades Conferencia, Blanquilla y Buena Luisa, mientras que las menos jugosas son Ercolini y General Leclerc, encontrándose la variedad Limonera en una situación intermedia.

Las diferencias que hemos encontrado en estas características sensoriales de textura, pueden ser de carácter varietal y a su vez estar relacionadas con el estado de maduración de la fruta ([Daillant-Sprinnler y col., 1996](#)) que está condicionado por el tiempo y tipo de almacenamiento y la fecha de recolección de la misma.

Aunque para la mayoría de las variables seleccionadas anteriormente se encontraron diferencias estadísticas, el número de descriptores seguía siendo muy elevado para ser utilizado en la descripción de la calidad sensorial de las peras, por ello, se llevó a cabo un segundo nivel de análisis de los datos mediante la aplicación de análisis de componentes principales (PCA), ya que puede poner de manifiesto la existencia de uno o varios grupos altamente relacionados entre sí y esto puede ayudar a eliminar variables que contengan información relacionada cuando representamos las dos primeras componentes (PC1 y PC2).

Las variables se distribuyeron en los ejes de la siguiente forma:

- el eje I (PC1) explicó el 41,3% de la variabilidad total y estaba constituido por los descriptores: Tamaño, Jugosidad al Corte, Dureza de la Carne y Jugosidad al Morder, y
- el eje II (PC2) explicó el 21,2 % de la variabilidad total y estaba constituido por sólo dos descriptores, Olor y Russeting.

La suma del porcentaje de variabilidad explicada por los dos componentes se situó en un valor de 62,5%, cifra similar a las obtenidas cuando se aplica el PCA en la selección de descriptores en las manzanas de Caderechas (68%) y del Bierzo (66,5%). Otros autores como *Daillant-Spinnler y col., (1996)* y *Karlsen y col., (1999)* obtienen valores del 63,6% y el 84% de la variabilidad total explicada por los dos primeros componentes para los datos obtenidos en la evaluación sensorial de manzanas. No hay un criterio definido sobre cuál es el porcentaje de variabilidad adecuado para este tipo de estudios ya que cada autor utiliza unas variables y unos criterios diferentes (*Mehinagic y col., 2003; Billy y col., 2008; Róth y col., 2007*), aunque es mejor cuanto mayor sea el % de la variabilidad explicativa.

En la Fig.4.24 se muestra cómo se distribuyen las variables en el círculo de correlación, formando pequeñas agrupaciones de forma que en el cuadrante superior derecho se sitúan el Russeting, Dulzor y el Tamaño, en el cuadrante inferior derecho se agrupan la Jugosidad al Cortar, Jugosidad al Morder, Defectos de la Piel y Aroma, en el cuadrante inferior izquierdo se encuentran la Granulosidad, Astringencia, Harinosidad y Olor y finalmente la Dureza de la Carne y de la Piel se distribuyen en el cuadrante superior izquierdo.

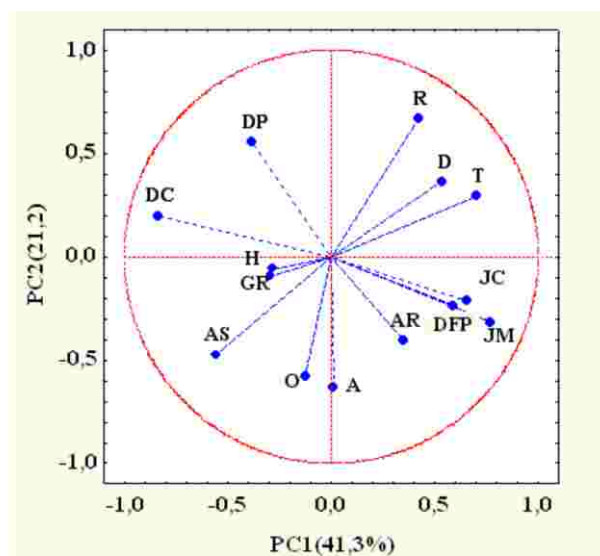


Fig.4.24 Diagrama PCA para las variables sensoriales utilizadas en peras. Tamaño (T), Olor (O), Russeting (R), Defectos Piel (DFP) Jugosidad al Cortar (JC), Dureza de la piel (DP), Dureza de la Carne al Morder (DC), Jugosidad al Morder (JM), Acidez (A), Dulzor (D), Aroma (AR), Harinosidad (H) Granulosidad (GR) y Astringencia (AS).

Una variable estará correlacionada positivamente con otra cuando se sitúe próxima a ella en ese plano a la vez que próxima al borde del círculo, y negativamente, en la posición simétrica a ella, mientras que las variables situadas lejos del borde de la circunferencia no muestran tendencias concluyentes. Cuando dos vectores (variables) se encuentran muy próximos entre sí, se puede afirmar que están ofreciendo la misma información (*Villarreal y col., 2001*) y por ello podremos seleccionar uno de ellos descartando el otro sin perder información descriptiva del producto. No hay un criterio definido para seleccionar cual de las dos variables se debe eliminar, por lo que en este caso se opta por seleccionar la Granulosidad en lugar de la Harinosidad, ya que la mayoría de los autores como *Mehinagic y col., (2003)*, *Varela y col., (2005)* y *Ioannides y col., (2007)* utilizaron la propiedad sensorial Harinosidad como una característica de textura en manzanas, mientras que en peras, se utiliza más el atributo Granulosidad (*Predieri y Gatti, 2009*). También se eliminaron las características sensoriales relacionadas con la clasificación comercial como son el Tamaño (T) y los Defectos de Piel (DFP), ya que dentro de las especificaciones de la Marca de Garantía sólo se incluye la categoría “Extra”, con ausencia total de defectos y, por lo tanto, sólo serían sometidas a una evaluación sensorial aquellas piezas cuyas características correspondieran a dichas exigencias.

Algunas de las variables sensoriales seleccionadas por nuestro panel de cata, coinciden con los resultados obtenidos por otros autores como *Predieri y Gatti (2009)*, que durante el estudio sensorial de la pera Abate Fetel, también seleccionaron descriptores como la Jugosidad al Morder, Dulzor, Acidez, Astringencia, Granulosidad y Dureza como variables sensoriales para definir el producto, aunque en ese caso se seleccionó el Aroma y en este trabajo el Olor.

Para confirmar la diferenciación entre las variedades de peras en función de las variables sensoriales seleccionadas, se representó el diagrama de PCA (Fig. 4.25) en el que se distribuyeron simultáneamente los coeficientes estadísticos y los coeficientes de las variedades de pera al analizar nuevamente los datos obtenidos de la Tabla 4.36.

Como se puede observar en la Fig. 4.27, la variedad Conferencia (**CO**) se caracteriza por el Russeting (**R**) y por el Dulzor (**D**) mientras que sería una variedad poco astringente y con baja granulosidad. Estas apreciaciones coinciden con las obtenidas al utilizar los 14 atributos iniciales (Tabla 4.36).

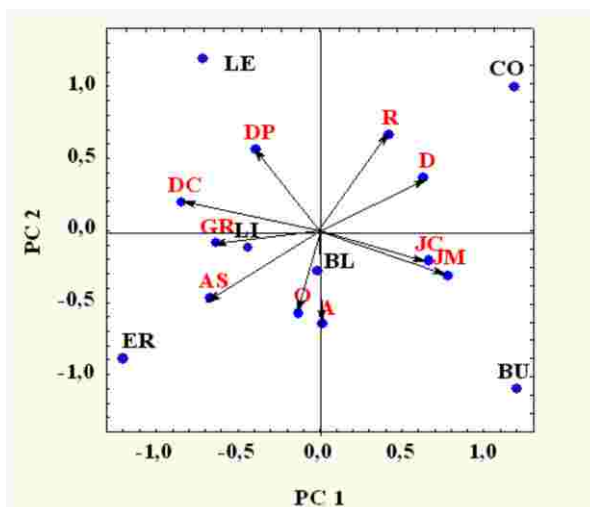


Fig.4.25 Distribución de las variedades de pera en función de las variables sensoriales Olor (O), Russetting (R), Jugosidad al Cortar (JC), Dureza de la Piel (DP), Dureza de la Carne al Morder (DC), Jugosidad al Morder (JM), Acidez (A), Dulzor (D), Granulosidad (GR) y Astringencia (AS). Variedades de pera: Limonera (LI), Buena Luisa (BU), Ercolini (ER), Blanquilla (BL), General Leclerc (LE) y Conferencia (CO).

Al utilizar 10 variables, el análisis se simplifica y como consecuencia podemos apreciar que la variedad de pera General Leclerc (LE) se caracteriza por la Dureza de la Piel (DP), la variedad Ercolini (ER) por la Astringencia (AS) y la pera Buena Luisa (BU) por la Jugosidad al Cortar (JC) y la Jugosidad al Morder (JM). Las variedades Limonera (LI) y Blanquilla (BL) se encuentran situadas más cerca del origen de coordenadas por lo que tienen menor relación con los Componentes Principales, aún así se observa que la Granulosidad (GR) es la variable más correlacionada con la variedad Limonera y que el Olor (O) y la Acidez (A) son las variables que están más correlacionadas con la variedad Blanquilla. Sin embargo, algunas referencias señalan a la pera Blanquilla por su jugosidad y su baja astringencia, a la pera Limonera por su intensidad de aroma y a la pera Conferencia por su piel gruesa y su Russetting externo (Grupo Fomesa, 2008).

Recopilando todos los resultados obtenidos hasta el momento, las variables seleccionadas parecen responder notablemente a la diferenciación de peras de diferentes variedades por lo que la ficha de cata quedó definida por 10 descriptores a los que se unió la variable de calidad Aceptación Global (Fig.4.26). Cada descriptor viene acompañado de una escala estructurada de 5 puntos de intensidad, de forma que el valor 1 se corresponde con el valor “nada”, el 2 es “poco”, 3 es un valor intermedio de la escala, 4 se corresponde con “bastante” y 5 es el máximo valor o mayor intensidad de una característica.

1-OLOR (O)

Nada intenso 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy intenso 5
-------------------	-----------	-----------------------	---------------	------------------

2-RUSSETING (R)

Ausencia 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Completo 5
---------------	-----------	-----------------------	---------------	---------------

3-JUGOSIDAD AL CORTE (JC)

Nada jugoso 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy jugoso 5
------------------	-----------	-----------------------	---------------	-----------------

4-DUREZA DE LA PIEL (DP)

Nada dura 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy dura 5
----------------	-----------	-----------------------	---------------	---------------

5-DUREZA DE LA CARNE (DC)

Nada dura 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy dura 5
----------------	-----------	-----------------------	---------------	---------------

6-JUGOSIDAD AL MORDER (JM)

Nada jugoso 1	Poca 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy jugoso 5
------------------	-----------	-----------------------	---------------	-----------------

7-DULZOR (D)

Nada dulce 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy dulce 5
-----------------	-----------	-----------------------	---------------	----------------

8-ACIDEZ (A)

Nada ácido 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy ácido 5
-----------------	-----------	-----------------------	---------------	----------------

9-GRANULOSIDAD (GR)

Nada granuloso 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy granuloso 5
---------------------	-----------	-----------------------	---------------	--------------------

10-ASTRINGENCIA (AS)

Nada astringente 1	Poco 2	Ni poco ni mucho 3	Bastante 4	Muy astringente 5
-----------------------	-----------	-----------------------	---------------	----------------------

11-ACEPTACIÓN GLOBAL (AG)

Mala 1	Regular 2	Aceptable 3	Buena 4	Excelente 5
-----------	--------------	----------------	------------	----------------

Fig.4.26 Ficha de cata utilizada para el control de calidad sensorial de la pera Conferencia M.G. Bierzo.

Aunque las variables Olor (O), Russeting (R), Jugosidad al Cortar (JC), Dureza de la Piel (DP), Dureza de la Carne al Morder (DC), Jugosidad al Morder (JM), Acidez (A), Dulzor (D), Granulosidad (GR) y Astringencia (AS), podrían ser suficientes para resumir gran parte de la variabilidad presente en las muestras se volvieron a llevar a cabo diferentes sesiones de cata para confirmar la idoneidad de las mismas, utilizando la ficha de cata diseñada, con muestras de la variedad Conferencia, pero de distintas procedencias.

Tabla 4.37 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de los datos sensoriales de Conferencia del Bierzo y de peras Conferencia comerciales de diferentes procedencias.

	Bierzo	Castilla y León	Aragón	Lérida	Comercial	ANOVA (1)
1-Olor	1,8±0,8 ^a	2,4±0,4 ^b	2,3±0,4 ^b	3,2±0,5 ^c	3,0±0,7 ^c	*
2-Russeting	4,4±0,7 ^c	3,4±0,7 ^b	3,8±0,6 ^{bc}	2,4±0,6 ^a	3,1±0,7 ^b	*
3-Jugosidad Cortar	2,9±0,4 ^a	4,3±0,5 ^b	2,9±0,3 ^a	4,2±0,7 ^b	4,1±0,5 ^b	*
4-Dureza Piel	3,8±0,6 ^a	3,6±0,3 ^a	3,8±0,2 ^a	3,1±0,8 ^a	3,7±0,2 ^a	NDS
5-Dureza Carne	3,0±0,3 ^b	1,3±0,5 ^a	3,1±0,3 ^b	1,9±0,8 ^a	1,5±0,6 ^a	*
6-Jugosidad al Morder	3,1±0,2 ^a	4,4±0,7 ^b	3,2±0,2 ^a	4,2±0,5 ^b	4,4±0,7 ^b	*
7-Dulzor	3,2±0,2 ^a	4,0±0,8 ^b	3,2±0,4 ^a	3,8±0,5 ^{ab}	4,1±0,7 ^b	*
8-Acidez	2,1±0,6 ^b	1,2±0,4 ^a	1,7±0,7 ^{ab}	1,6±0,4 ^{ba}	1,3±0,5 ^a	*
9-Granulosidad	2,5±0,4 ^a	2,4±0,4 ^a	2,8±0,5 ^a	2,4±0,7 ^a	2,3±0,3 ^a	NDS
10-Astringencia	1,8±0,5 ^a	1,7±0,6 ^a	2,2±0,1 ^a	1,9±0,6 ^a	1,8±0,2 ^a	NDS

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p < 0,05$ y *NDS No Diferencias Significativas*. Test de Tukey ($HSD p < 0,05$) *descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila.*

El tratamiento estadístico aplicado a los resultados de estas sesiones de cata (Tabla 4.37) muestra la existencia de diferencias significativas para todos los descriptores a excepción de la Dureza de Piel (DP), Granulosidad (GR) y Astringencia (AS). Cabe destacar que a excepción de la Conferencia del Bierzo, el resto de muestras son de origen comercial, por lo que las diferencias en el estado de maduración de las muestras pueden dar lugar a resultados dispares como es el caso de la Acidez, ya que la Conferencia del Bierzo es la muestra con mayor puntuación en ese descriptor a pesar de no ser una variedad especialmente ácida. Aún a pesar de estas diferencias podemos observar que todas las muestras se ajustan a la correlación que observamos en la Figura 4.27 entre la variedad Conferencia y los atributos estudiados.

Así, Astringencia y Acidez se encuentran en el cuadrante opuesto a la variedad Conferencia; Olor, Dureza de Carne y Granulosidad obtienen puntuaciones variables, pero en general no son altas y corresponden a los atributos que se encuentran bastante alejados de la variedad Conferencia en la gráfica de correlación, mientras que los que obtienen las puntuaciones más altas corresponden a los más cercanos al punto correspondiente a la variedad Conferencia y que son Russeting, Dulzor, Jugosidad al Cortar, Jugosidad al Morder y Dureza de Piel. Por lo tanto, podríamos definir la variedad de pera Conferencia como una pera que presenta un alto grado de russeting, dulzor, jugosidad y baja astringencia y con la piel dura. El bajo valor que presenta la variable Olor para la muestra de Conferencia del Bierzo, puede asociarse al escaso periodo de tiempo transcurrido desde que estas muestras salieron de la cámara de atmósfera controlada

(baja respiración) hasta su análisis sensorial. Se desconoce la permanencia en cámaras y las condiciones de conservación de todas las muestras comerciales pero en cualquier caso la intensidad del parámetro Olor, dentro de la misma variedad, se relaciona con un mayor estado de maduración de la fruta (Valera y col., 2005).

La Conferencia del Bierzo se caracteriza por un elevado contenido en russetting al compararlo con peras Conferencia de otras regiones y, contrariamente a lo que ocurre con otras especies, la presencia de russetting en la pera Conferencia no se entiende como un defecto y está bien aceptado por el consumidor siendo una característica de gran calidad. La muestra procedente de Aragón es la que presenta una mayor similitud a la Conferencia del Bierzo, ya que en lo único en que difieren significativamente es en el menor grado de russetting que presenta la Conferencia de Aragón.

En vista de estos resultados, podemos asegurar el buen funcionamiento de la ficha de cata para poder distinguir de forma sistemática, diferencias sensoriales entre muestras de pera de la misma variedad “Conferencia” con orígenes distintos.

4.3.1.2 FÓRMULA MATEMÁTICA DE CALIDAD SENSORIAL GLOBAL

Para la elaboración de la fórmula matemática que relacionase numéricamente las características sensoriales con una escala de calidad, se utilizó la ficha de cata definitiva utilizando muestras de peras de diferentes variedades comerciales.

En la Tabla 4.38 se muestran los resultados obtenidos con la ficha de cata descriptiva (Fig. 4.28) formada por los 10 descriptores seleccionados anteriormente y a la que se le ha añadido la variable Aceptación Global (AG) para definir la calidad sensorial global del producto.

Tabla 4.38 Valores medios y desviaciones estándar obtenidos con la ficha de cata definitiva para peras Conferencia de diferentes orígenes.

	Blanquilla	Decana Comicio	Ercolini	General Leclerc	Rocha	Limonera	Conferencia Lérida	Conferencia Palencia	Conferencia Rincón Soto	Conferencia Bierzo
1-Olor	2,8±0,4	3,1±0,2	2,9±0,1	2,8±0,2	2,5±0,5	4,1±0,4	3,1±0,3	3,1±0,3	2,6±0,4	2,4±0,4
2-Russetting	1,3±0,6	1,9±0,8	1,1±0,3	3,6±0,5	2,4±0,5	1,0±0,2	3,0±0,3	3,0±0,2	3,4±0,8	3,8±0,6
3-Jugosidad Cortar	2,9±0,8	4,1±0,6	2,4±0,3	3,0±0,4	2,3±0,4	3,9±0,3	3,2±0,1	3,7±0,6	2,9±0,8	3,3±0,2
4-Dureza Piel	3,0±0,3	2,7±0,3	3,5±0,8	3,1±0,6	3,4±0,3	1,6±0,4	3,1±0,4	1,9±0,6	3,1±0,8	3,3±0,2
5-Dureza Carne	2,8±0,6	1,3±0,4	3,9±0,6	3,1±0,6	3,4±0,4	1,3±0,4	2,9±0,6	1,1±0,3	2,8±0,7	2,9±0,2
6-Jugosidad Morder	3,2±0,4	4,2±0,5	2,3±0,1	3,1±0,6	3,0±0,5	4,3±0,3	3,8±0,3	3,6±0,4	3,3±0,8	3,5±0,2
7-Dulzor	2,9±0,3	3,2±0,6	2,0±0,3	3,0±0,3	2,4±0,5	2,7±0,4	3,3±0,2	3,6±0,1	3,5±0,8	3,4±0,2
8-Acidez	1,6±0,3	2,0±0,5	1,4±0,6	1,1±0,3	2,7±0,4	2,6±0,3	1,7±0,3	1,6±0,4	1,4±0,5	1,5±0,4
9-Granulosidad	2,6±0,2	2,3±0,1	2,5±0,3	3,3±0,3	3,4±0,5	3,0±0,6	2,5±0,2	2,6±0,5	2,7±0,3	2,6±0,2
10-Astringencia	2,0±0,3	2,4±0,5	2,0±0,3	2,9±0,6	3,1±0,4	2,4±0,3	1,7±0,5	2,9±0,0	1,8±0,3	1,8±0,2
11-Aceptación Global	2,7±0,8	3,0±0,3	2,0±0,8	3,2±0,5	2,8±0,4	2,2±0,5	3,2±0,3	3,7±0,4	3,8±0,3	4,1±0,4

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para todas las variables, pero no se pudieron identificar entre quiénes se establecían esas diferencias mediante el test de Tukey debido al elevado número de muestras comparadas simultáneamente. De los resultados obtenidos se observa que la pera Limonera y Conferencia del Bierzo fueron las que obtuvieron la mayor y menor valoración en el atributo Olor respectivamente. Las variedades que se caracterizaron por su alto contenido en russetting fueron General Leclerc y Conferencia seguidas de las variedades Rocha y Decana de Comicio. Los descriptores sensoriales relacionados con la textura como son la Dureza de la Carne, la Jugosidad al Cortar y al Morder, así como la Acidez y el Dulzor, al encontrarse tan relacionadas con el estado de maduración, no podemos asignarlas a la caracterización específica de una variedad de pera en concreto, ya que en todos los casos, a excepción de la Conferencia del Bierzo, no disponemos de datos suficientes sobre su periodo de recolección y conservación.

A pesar de estas limitaciones, podemos agrupar las muestras pertenecientes a la variedad Conferencia y diferenciarlas del resto de variedades, en base a los valores medios obtenidos en los distintos atributos. Así, podemos observar en la Tabla 4.38 que las peras Conferencia presentan valores bajos en el atributo Olor, correspondiendo el mínimo valor a la Conferencia procedente del Bierzo, como ya habíamos observado anteriormente (Tabla 4.37). También presentan bajos valores en Acidez, Granulosidad y Astringencia y altos valores en Dulzor, Dureza de Piel, Jugosidad al Corte y Russetting, siendo la del Bierzo la que presenta el mayor grado de russetting. De todo el grupo de peras Conferencia, la procedente de Palencia difiere del resto ya que presenta bajos valores en Dureza de Piel y Dureza de Carne y uno de los más altos valores en Astringencia.

Con objeto de obtener la fórmula de calidad global, se aplicó un análisis de regresión múltiple a los valores que se mostraban en Tabla 4.38 considerando el descriptor Aceptación Global (AG) como variable dependiente frente a todas las demás variables sensoriales. Los resultados identificaron como variables significativas sólo a cinco de las diez variables definidas en la ficha de cata. Los atributos con mayor peso estadístico fueron Russetting (R), Jugosidad al Corte (JC), Jugosidad al Morder (JM), Dulzor (D) y Astringencia (AS).

Con los coeficientes numéricos obtenidos y tras una serie de ajustes matemáticos que facilitasen el manejo de la fórmula, se obtuvo la siguiente ecuación matemática de Aceptación Global o Calidad Global para la evaluación de la calidad sensorial de la pera Conferencia del Bierzo.

$$AG = 2,0(R) + 1,3(JC) + 2,0(JM) + 4,0(D) - 1,0(AS) \quad (\text{ec.4.1.})$$

Si sobre la fórmula se sustituyen los valores de los descriptores sensoriales de la Tabla 4.38 la ordenación de la calidad en las muestras de peras queda de la siguiente forma:

Conferencia del Bierzo Marca de Garantía > Conferencia comercial Palencia > Conferencia comercial Rincón del Soto> Conferencia comercial Lérida > Decana de Comicio > General Leclerc > Limonera > Blanquilla > Rocha >Ercolini.

Simultáneamente a esta prueba descriptiva cuantitativa, se llevó a cabo una prueba de ordenación por preferencias donde se pidió a los catadores que ordenasen de mayor a menor la variedad que más les gustase desde un punto de vista hedónico. Los resultados de ordenación de mejor a peor fueron los siguientes:

Conferencia del Bierzo Marca de Garantía > Conferencia comercial Rincón del Soto> Conferencia comercial Palencia> Conferencia comercial Lérida > General Leclerc Decana de Comicio > Rocha > Blanquilla> Limonera >Ercolini.

Al comparar la ordenación de las muestras en ambos casos, es decir, aplicando la fórmula numérica y la valoración obtenida en la prueba de ordenación por preferencias, se comprobó que las escalas eran muy similares aunque con algunas variaciones en el orden. A pesar de estas pequeñas diferencias, se estableció una relación entre intervalos numéricos obtenidos mediante la ecuación 4.1 y la valoración cualitativa de la calidad de la Conferencia (Tabla. 4.39).

Con la fórmula de Calidad Global (ec.4.1) se puede evaluar de forma rápida y sencilla la calidad sensorial de las peras tras sustituir en ella los valores obtenidos en sesiones de cata. Al igual que en la calidad comercial se establecen unos criterios para establecer unos límites de calidad sensorial y valorar este tipo de productos.

Tabla 4.39 Intervalos numéricos que se asocian a la calidad tras sustituir los valores de los descriptores sensoriales en la ecuación de la Calidad Global.

Intervalo	Calidad
≤ 30	EXCELENTE
25-29	MUY BUENO
25-20	REGULAR
< 20	MALA

Este procedimiento, por ejemplo, se está utilizando en la actualidad para definir la calidad sensorial de la Faba Asturiana mediante 7 variables sensoriales y con un baremo de clasificación numérico de calidad estructurada también en cuatro grupos de calidad ([Sanz, 1997](#)).

Finalmente y a modo de resumen podemos afirmar que los parámetros sensoriales que más influencia tienen sobre el resultado numérico de la fórmula de Calidad Global para la Conferencia del Bierzo son el Dulzor, el Russeting y la Jugosidad al Morder, de forma que pequeños cambios en estas variables, provoca grandes modificaciones en los valores de la calidad.

4.3.1.3 EVOLUCIÓN DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES DURANTE EL ALMACENAMIENTO Y COMERCIALIZACIÓN

Las condiciones de almacenamiento de la pera Conferencia del Bierzo, en cámaras de conservación controlada, permite disponer durante gran parte del año (hasta 8 meses) de un producto, que en otras condiciones de conservación, no se podría adquirir en las condiciones sensoriales y de calidad óptimas.

a) Evolución a lo largo del almacenamiento dentro de la misma cosecha

A continuación se estudia la influencia del tiempo de almacenamiento en atmósfera controlada (AC) en las propiedades sensoriales de la pera Conferencia del Bierzo durante cuatro cosechas consecutivas (2004–2007), utilizando la ficha de cata diseñada y descrita anteriormente (Fig.4.28).

En la Tabla 4.40 se recogen los resultados sensoriales obtenidos a lo largo del almacenamiento de las muestras procedentes de la cosecha 2004.

Tabla 4.40 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables sensoriales de Conferencia del Bierzo a lo largo del periodo de almacenamiento. Cosecha 2004.

	2 MESES n=10x2	4 MESES n=8x2	8 MESES n=7x2	ANOVA (1)
1-Olor	2,1±0,3 ^a	3,1±0,3 ^b	2,9±0,3 ^b	*
2-Russeting	4,1±0,3 ^a	3,8±0,5 ^a	3,9±0,3 ^a	NDS
3-Jugosidad Cortar	3,5±0,4 ^a	3,7±0,3 ^a	3,9±0,3 ^a	NDS
4-Dureza Piel	3,8±0,3 ^a	3,5±0,3 ^a	3,3±0,3 ^a	NDS
5-Dureza Carne	3,6±0,4 ^b	2,5±0,3 ^a	2,1±0,2 ^a	*
6-Jugosidad Morder	2,3±0,3 ^b	3,5±0,3 ^a	3,7±0,3 ^a	*
7-Dulzor	3,8±0,2 ^a	3,7±0,3 ^a	3,6±0,3 ^a	NDS
8-Acidez	1,8±0,2 ^a	1,6±0,3 ^a	1,5±0,3 ^a	NDS
9-Granulosidad	2,9±0,3 ^a	2,7±0,2 ^a	2,5±0,3	NDS
10-Astringencia	1,7±0,4 ^a	1,9±0,2 ^a	2,1±0,2 ^a	NDS
11-Aceptación Global	3,2±0,3 ^a	3,1±0,3 ^a	3,5±0,4 ^a	NDS

⁽¹⁾ **Análisis de Varianza, * Diferencias Significativas $p < 0,05$ y NDS No Diferencias Significativas. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. $n = n^{\circ}$ de muestras x n° de réplicas.**

En las muestras procedentes de la cosecha 2004 aparecen diferencias significativas para las variables Olor, Dureza de la Carne y Jugosidad, de forma que tanto el Olor como la Jugosidad aumentan con el tiempo de almacenamiento mientras que la Dureza de la Carne disminuye. En las tres variables con diferencias estadísticamente significativas se observa que los cambios se apreciaron al cabo de 4 meses en conservación y los nuevos valores se mantienen durante el resto del tiempo de almacenamiento hasta los 8 meses. Para el resto de los descriptores, aunque existen pequeñas variaciones a lo largo del almacenamiento, no se observaron diferencias significativas.

Tabla 4.41 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables sensoriales de Conferencia del Bierzo a lo largo del periodo de almacenamiento. Cosecha 2005.

	2 MESES n=8x2	4 MESES n=8x2	8 MESES n=5x2	ANOVA (1)
1-Olor	2,1±0,2 ^a	2,8±0,3 ^b	2,8±0,1 ^b	*
2-Russeting	4,0±0,4 ^a	3,9±0,2 ^a	3,8±0,3 ^a	NDS
3-Jugosidad Cortar	2,4±0,3 ^a	3,7±0,4 ^b	4,2±0,3 ^b	*
4-Dureza Piel	3,9±0,3 ^b	3,0±0,2 ^a	2,9±0,3 ^a	*
5-Dureza C arne	4,3±0,3 ^c	2,4±0,3 ^b	1,7±0,2 ^a	*
6-Jugosidad Morder	2,1±0,3 ^a	4,0±0,4 ^b	4,3±0,4 ^b	*
7-Dulzor	2,7±0,3 ^a	3,6±0,4 ^b	4,0±0,3 ^b	*
8-Acidez	1,3±0,2 ^a	1,4±0,3 ^a	1,4±0,3 ^a	NDS
9-Granulosidad	2,1±0,2 ^a	2,1±0,1 ^a	2,8±0,2 ^a	NDS
10-Astringencia	1,6±0,3 ^a	1,9±0,2 ^a	1,9±0,2 ^a	ND S
11-Aceptación Global	2,9±0,4 ^a	3,6±0,3 ^b	4,2±0,4 ^b	*

⁽¹⁾ **Análisis de Varianza, * Diferencias Significativas $p < 0,05$ y NDS No Diferencias Significativas. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. $n = n^{\circ}$ de muestras x n° de réplicas.**

En las muestras procedentes de la cosecha 2005 (Tabla 4.41), aparecen diferencias significativas para las variables Olor, Jugosidad al Cortar y al Morder, Dureza de la Piel y de la Carne, Dulzor y Aceptación Global. En todos los casos y al igual que sucedió en la cosecha anterior, los cambios significativos en las variables se aprecian a los 4 meses de almacenamiento en cámara. Durante el periodo de 2 a 4 meses de almacenamiento, las peras experimentaron un considerable aumento en el Dulzor y la Jugosidad junto con un ablandamiento de la carne, mientras que la evolución del Olor y la Dureza de Piel fue más limitada. Estos cambios en las características sensoriales de las peras dieron lugar a un aumento significativo de la Aceptación Global a los 4 meses de almacenamiento, manteniéndose el nivel de aceptación hasta la finalización del almacenamiento a los 8 meses.

Tabla 4.42 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables sensoriales de Conferencia del Bierzo a lo largo del periodo de almacenamiento. Cosecha 2006.

	2 MESES n=10x2	4 MESES n=8x2	8 MESES n=6x2	ANOVA (1)
1-Olor	2,0±0,3 ^a	3,1±0,3 ^b	3,0±0,4 ^b	*
2-Russeting	4,1±0,4 ^a	3,9±0,2 ^a	3,7±0,4 ^a	NDS
3-Jugosidad Cortar	2,3±0,2 ^a	4,4±0,1 ^b	4,8±0,4 ^c	*
4-Dureza Piel	3,8±0,3 ^b	2,5±0,2 ^a	2,2±0,2 ^a	*
5-Dureza Carne	3,9±0,3 ^b	1,7±0,2 ^a	1,3±0,3 ^a	*
6-Jugosidad Morder	2,6±0,2 ^a	4,6±0,3 ^b	4,6±0,4 ^b	*
7-Dulzor	2,7±0,2 ^a	4,0±0,4 ^b	4,1±0,3 ^b	*
8-Acidez	1,5±0,3 ^a	1,2±0,4 ^a	1,1±0,3 ^a	NDS
9-Granulosidad	2,5±0,3 ^a	2,3±0,2 ^a	2,0±0,3 ^a	NDS
10-Astringencia	1,8±0,2 ^a	1,5±0,3 ^a	1,4±0,3 ^a	NDS
11-Aceptación Global	3,1±0,3 ^a	3,3±0,3 ^a	4,0±0,4 ^b	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p < 0,05$ y NDS *No Diferencias Significativas*. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. $n = n^{\circ}$ de muestras x n° de réplicas.

En los resultados de la cosecha 2006 (Tabla 4.42) se obtuvieron diferencias significativas para las variables sensoriales Olor, Dulzor, Jugosidad al Cortar y al Morder, Dureza de la Piel y de la Carne y la Aceptación Global. Aunque los valores de Acidez, Granulosidad y Astringencia disminuyeron a lo largo del periodo de almacenamiento, esta evolución no llegó a ser estadísticamente significativa. En todos los casos, y al igual que sucedió en las cosechas anteriores, los cambios se apreciaron especialmente a los 4 meses de almacenamiento, con la excepción de la Aceptación Global cuya puntuación aumentó significativamente a los 8 meses.

Tabla 4.43 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables sensoriales de Conferencia del Bierzo a lo largo del periodo de almacenamiento. Cosecha 2007.

	2 MESES n=8x2	4 MESES n=8x2	8 MESES n=6x2	ANOV A (1)
1-Olor	2,1±0,2 ^a	2,3±0,2 ^a	3,2±0,2 ^b	*
2-Russeting	3,7±0,3 ^a	3,9±0,3 ^a	3,6±0,3 ^a	NDS
3-Jugosidad Cortar	2,9±0,3 ^a	3,5±0,4 ^b	4,2±0,2 ^c	*
4-Dureza Piel	3,8±0,4 ^a	3,0±0,3 ^{ab}	2,7±0,2 ^b	*
5-Dureza Carne	3,6±0,2 ^a	2,7±0,2 ^b	2,8±0,2 ^b	*
6-Jugosidad Morder	3,5±0,1 ^a	3,8±0,3 ^a	4,5±0,4 ^b	
7-Dulzor	3,3±0,4 ^a	3,6±0,3 ^a	4,2±0,3 ^b	*
8-Acidez	1,5±0,3 ^a	1,5±0,2 ^a	1,2±0,2 ^a	NDS
9-Granulosidad	2,9±0,3 ^a	2,0±0,2 ^b	2,3±0,2 ^b	*
10-Astringencia	1,8±0,2 ^a	1,6±0,3 ^a	1,6±0,2 ^a	NDS
11-Aceptación Global	3,3±0,3 ^a	3,4±0,3 ^a	4,1±0,3 ^b	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p < 0,05$ y NDS *No Diferencias Significativas*. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) *descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras x nº de réplicas.*

Finalmente, al analizar los resultados de la evaluación sensorial de la cosecha 2007 se observa una situación similar a la del año anterior; el efecto del almacenamiento fue significativo para los descriptores Olor, Dulzor, Jugosidad al Cortar y al Morder, Dureza de la Piel y de la Carne y Aceptación Global. Sin embargo, estas diferencias significativas se aprecian a los 8 meses de almacenamiento en todos los descriptores con la excepción de la Dureza de la Carne. Además, la Granulosidad disminuyó significativamente entre los 2 y los 4 meses de almacenamiento.

En general, se aprecia una evolución de las características sensoriales de las peras con el tiempo de almacenamiento, con la excepción del Russeting, la Acidez y la Astringencia. Esto se puede atribuir a que, por una parte, la Conferencia del Bierzo presenta unos bajos niveles de acidez y astringencia y la evolución de estas características se ve enmascarada por el dulzor y, por otra parte, la presencia de russeting es una característica relacionada con la variedad y el clima durante el crecimiento del fruto y no debería verse alterado durante el almacenamiento.

La Conferencia del Bierzo presentó un mayor número de variables sensoriales que evolucionaron significativamente a lo largo del periodo de almacenamiento, a diferencia de lo que ocurría con la Reineta del Bierzo (Tabla 4.16). La evolución de las variables sigue el curso esperado de un proceso de maduración durante el almacenamiento de la fruta, es decir, se produce un ablandamiento de las peras y aumenta su olor, jugosidad y dulzor, llegando a la máxima valoración de la escala de

estos dos últimos atributos a los 8 meses de almacenamiento (Fig 4.27), en este mismo periodo de tiempo, la Dureza de la Carne alcanza valores mínimos, pero sin embargo, la gran cantidad de russetting, hace que la dureza de la piel mantenga valores intermedios evitando el deterioro externo. Por todo lo comentado anteriormente, la calidad del producto mejora durante el almacenamiento, alcanzando su Aceptación Global valores muy elevados al final del mismo.

Si aplicamos la fórmula de Calidad Global (ec.4.1) desarrollada en el apartado anterior, podemos observar la variación en la calidad de la Conferencia del Bierzo para distintos años y durante los tiempos de almacenamiento de 2, 4 y 8 meses (Tabla 4.45).

Tabla 4.45 Calidad sensorial media en la Conferencia del Bierzo tras aplicar la fórmula de Calidad Global a los valores sensoriales durante cosechas y periodos de almacenamiento. *n=nº de muestras x nº de réplicas.*

	2004	2005	2006	2007
2 MESES n=36x2	Excelente (30,85)	Regular (24,52)	Muy buena (25,29)	Muy buena (29,57)
4 MESES n=24x2	Excelente (32,21)	Excelente (35,96)	Excelente (38,74)	Excelente (32,75)
8 MESES n=24x2	Excelente (31,17)	Excelente (32,91)	Excelente (37,32)	Excelente (36,6)

En todos los casos, la puntuación se encontró entre “Excelente” y “Muy Buena”, con la excepción de un caso en que la puntuación de calidad fue “Regular” y en ninguno se obtuvo la calidad “Mala”. También se puede comprobar que la calidad sensorial en la primera etapa, posee una menor puntuación y que esta va aumentando a lo largo del almacenamiento siendo más notable al cabo de 4 meses en conservación. Esta variación puede deberse fundamentalmente a que en la etapa inicial, la Conferencia del Bierzo se recolecta en un estado de premadurez sensorial para evolucionar lentamente durante los largos periodos de conservación, siendo necesarios en este caso hasta 4 meses en AC para llegar a una excelente calidad sensorial. De la misma forma, se observa que para la cosecha 2005 se obtiene una calidad “Regular” en el periodo de 2 meses, probablemente debido al bajo valor obtenido en el sabor dulce y la baja jugosidad del producto que tanto afectan a la Calidad Global de las peras.

Durante las cosechas 2006 y 2007 se apreció un aumento progresivo de la calidad a lo largo del almacenamiento, incluso desde la primera etapa asegurando en todos los casos un producto de calidad.

b) Diferencias entre cosechas a lo largo del almacenamiento.

Para poder estudiar la variabilidad de las características sensoriales entre distintas cosechas, en función del tiempo de almacenamiento, se ha aplicado el ANOVA a los resultados sensoriales anteriores (Tablas 4.40 a 4.43) agrupando las muestras de las cuatro cosechas (2004–2007) en los tres periodos de almacenamiento de 2, 4 y 8 meses.

Tabla 4.44 Análisis de varianza de las variables sensoriales de la Conferencia del Bierzo a lo largo de tres periodos de almacenamiento.

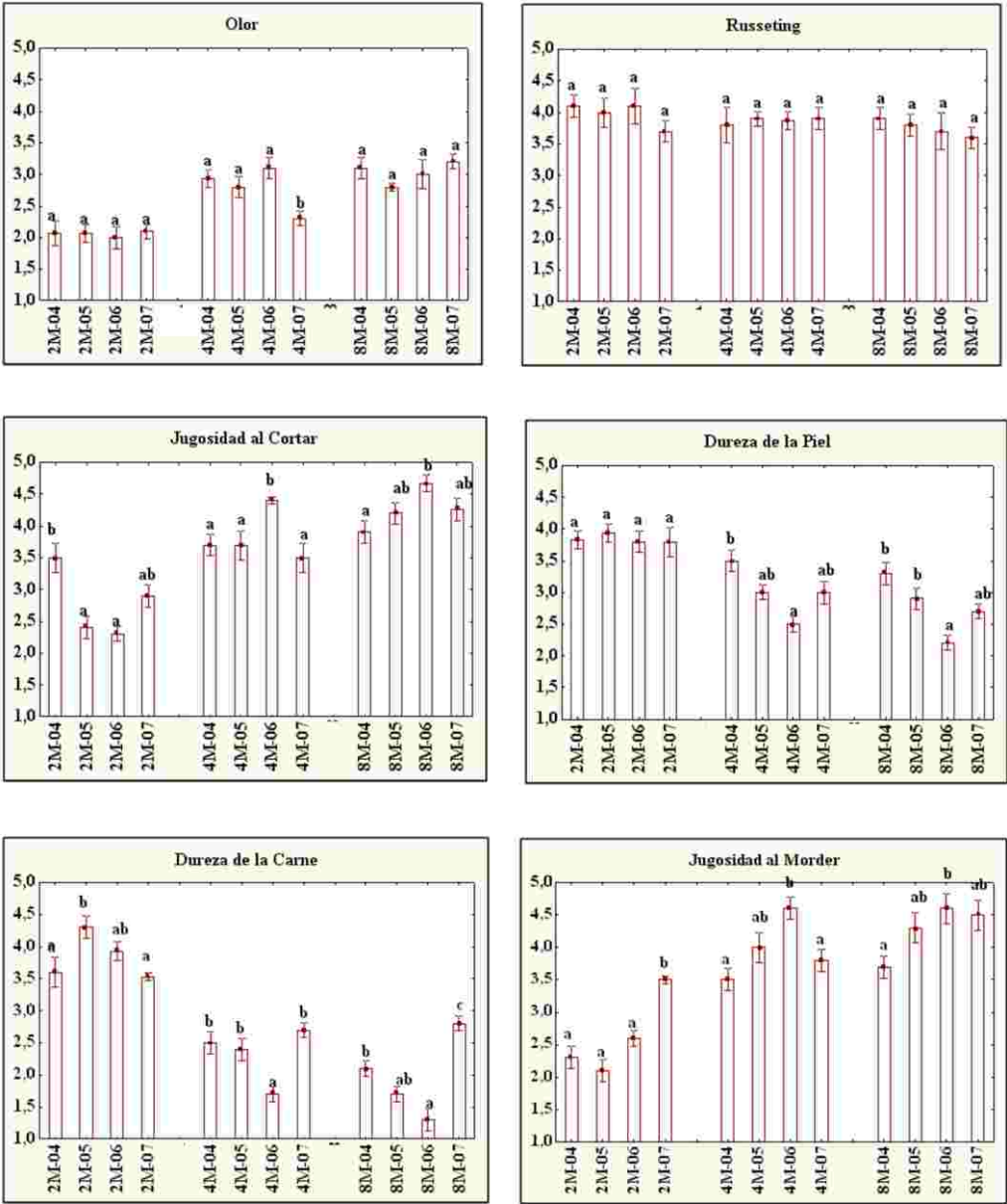
	2 MESES n=36x2	4 MESES n=24x2	8 MESES n=24x2
1-Olor	NDS	*	NDS
2-Russeting	NDS	NDS	NDS
3-Jugosidad Cortar	*	*	*
4-Dureza Piel	NDS	*	*
5-Dureza Carne	*	*	*
6-Jugosidad Morder	*	*	*
7-Dulzor	*	NDS	*
8-Acidez	NDS	NDS	NDS
9-Granulosidad	*	*	NDS
10-Astringencia	NDS	NDS	*
11-Aceptación global	NDS	NDS	*

** Diferencias significativas ($p < 0,05$), NDS No Diferencias Significativas. n=nº de muestras x nº de réplicas.*

Podemos observar en la Tabla 4.44 que las únicas variables sensoriales que durante todo el periodo de almacenamiento no presentaron diferencias significativas entre las diferentes cosechas fueron Russeting y Acidez, indicando que estas características sensoriales podrían ser útiles en la caracterización de la Conferencia del Bierzo independientemente del año de cosecha y del tiempo de almacenamiento al que haya sido sometida. Aunque los atributos Olor y Astringencia presentan diferencias significativas en alguno de los periodos de almacenamiento podríamos pensar que nos encontramos con un comportamiento atípico en alguna de las muestras por lo que consideramos que estos dos atributos tampoco se verían afectados por la variabilidad entre cosechas.

Los atributos relacionados con la textura: Jugosidad al Cortar y al Morder y Dureza de la Carne y de la Piel presentaron diferencias significativas entre cosechas en los

distintos periodos de almacenamiento indicando que se presenta un producto con variaciones en sus características sensoriales en función del año (Fig. 4.27). A los 8 meses de almacenamiento se aprecian diferencias significativas entre cosecha en la Aceptación Global que estarán determinadas principalmente por los atributos que presentan diferencias en este periodo y que están relacionados con la textura y con la apreciación del sabor dulce.



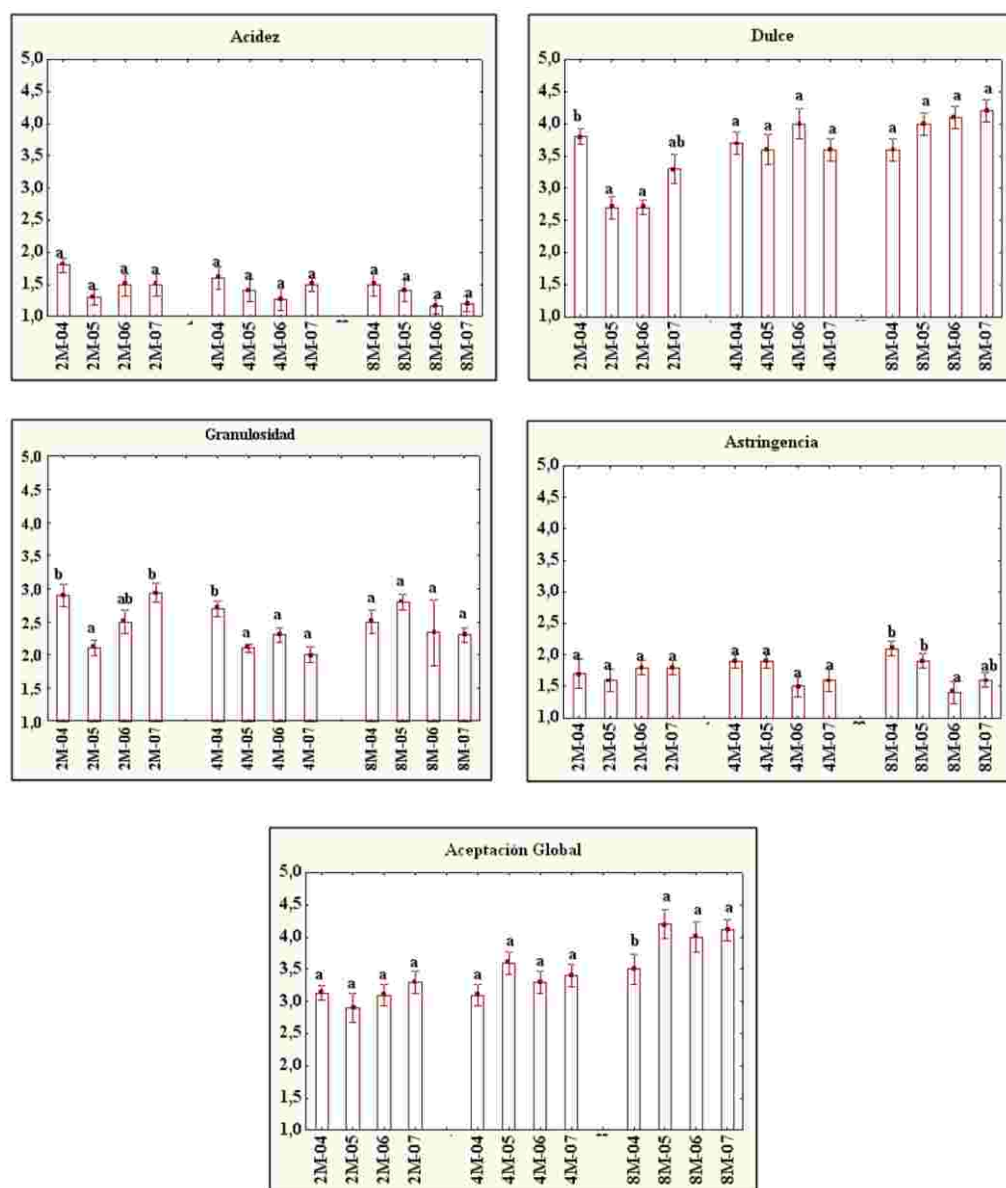


Fig.4.27 Evolución de los atributos sensoriales durante el almacenamiento de la Conferencia M.G. del Bierzo de las cosechas 2004 a 2007. ■ Media ▮ SE. (2M, 4M y 8M = 2, 4 y 8 meses de almacenamiento en AC). Letras diferentes dentro del mismo periodo de almacenamiento indican diferencias significativas.

Estos resultados muestran que llega al consumidor un producto que presenta una variabilidad en sus características sensoriales asociadas a las condiciones agroclimáticas de cada año, aunque a excepción del último periodo de almacenamiento, no podemos apreciar diferencias en la Aceptación Global.

c) Evolución de las propiedades sensoriales simulando un periodo comercial de 29 días.

Ya que la Conferencia del Bierzo permanece largos periodos de tiempo en conservación en atmósfera controlada ($0\pm0,5^{\circ}\text{C}$, 3 % O_2 , 2% CO_2 , 95% HR), se consideró oportuno analizar la evolución sensorial del producto desde la salida de la cámara hasta que llega a un potencial consumidor simulando un periodo comercial a 20°C en atmósfera normal, de esta forma se determina un tiempo de consumo óptimo y un plazo máximo de comercialización que garantice a las peras de la Marca de Garantía ofrecer un nivel de calidad sensorial adecuado después de la conservación.

Para ello, fueron analizadas por el panel de cata, cuatro muestras de pera Conferencia del Bierzo después de permanecer 5, 7, 12, 14, 19, 21, 29 días a 20°C tras 4 meses en conservación bajo atmósfera controlada (AC, 3/2 y 0°C).

Tras analizar la matriz de resultados, el ANOVA indica la presencia de diferencias significativas para las variables sensoriales Jugosidad al Cortar, Dureza de la Piel, Dureza de la Carne, Jugosidad al Morder y Aceptación Global.

Tabla 4.46 Coeficientes estadísticos del ANOVA para analizar la evolución de los parámetros sensoriales en Conferencia del Bierzo durante 29 días a 20°C

	F	p	ANOVA (1)
1-Olor	2,22	0,10	NDS
2-Russeting	0,10	0,96	NDS
3-Jugosidad Corte	6,93	0,00	*
4-Dureza Piel	7,79	0,00	*
5-Dureza Carne	21,38	0,00	*
6-Jugosidad Morder	16,52	0,00	*
7-Dulzor	2,72	0,05	NDS
8-Aci dez	2,23	0,05	NDS
9-Granulosidad	0,10	0,96	NDS
10-Astringencia	1,20	0,32	NDS
11-Aceptación Global	6,18	0,00	*

(1) Análisis de Varianza, * Diferencias significativas ($p<0,05$), NDS No Diferencias Significativas.

Es de destacar que durante el almacenamiento de la Conferencia del Bierzo en AC las propiedades sensoriales que se alteraron significativamente fueron las relacionadas con el olor, la textura y el dulzor, mientras que a 20°C las únicas propiedades que se modificaron fueron las relacionadas con la textura poniendo de manifiesto que estas características influyen de forma decisiva en la calidad del producto.

En la Fig.4.28 se puede observar gráficamente la evolución de las variables sensoriales que presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza.

Teniendo en cuenta que la escala sensorial utilizada en la ficha de cata se encuentra entre 1 y 5 puntos de intensidad, se adopta como criterio de calidad que por debajo de una puntuación de 3 en la variable Aceptación Global se considera una baja calidad sensorial.

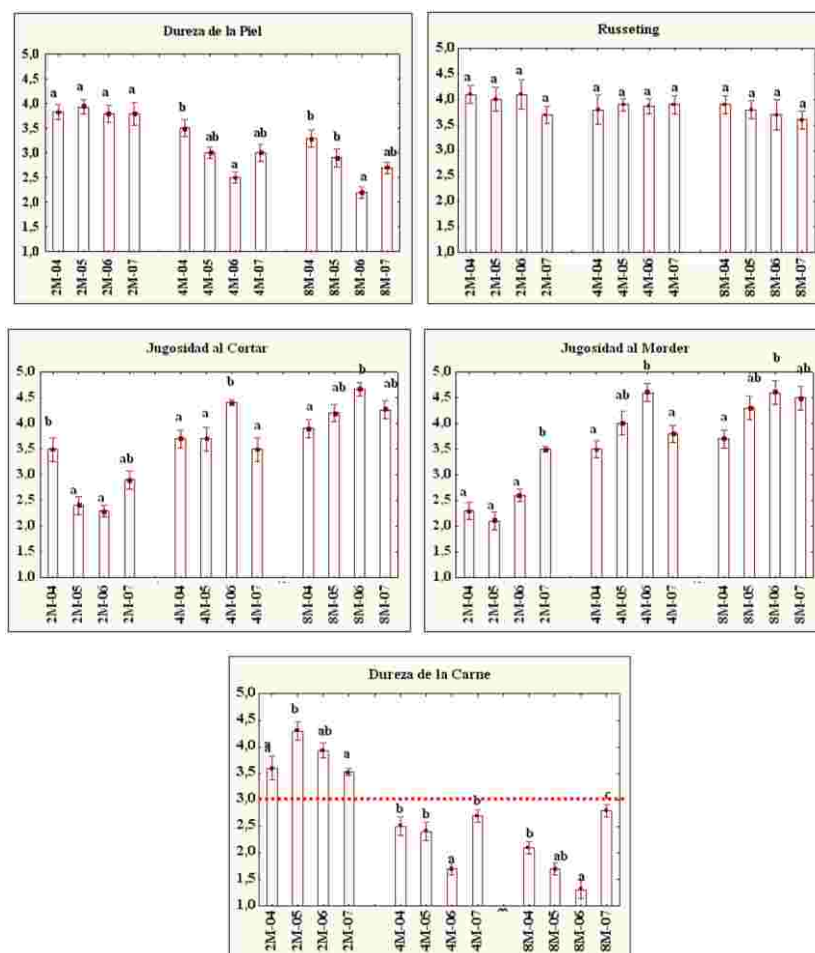


Fig.4.28 Evolución sensorial de los descriptores con DS a lo largo del tiempo para peras Conferencia del Bierzo, 29 días a 20 °C (n=4x2).

Se observa que la Dureza de la Piel y de la Carne disminuyeron a lo largo del tiempo y la Jugosidad al Corte y al Morder y la Aceptación Global casi duplicaron su valor al cabo de 14 días, a partir de los 12-14 días se produce una rápida pérdida de firmeza acompañada de un aumento significativo de la jugosidad que afecta de forma directa a la Aceptación Global.

El tiempo óptimo de consumo se consideró entre el 7º y el 19º día tras haber permanecido a 20°C desde la salida de la cámara de conservación, a partir de entonces la calidad disminuye rápidamente alcanzando valores de Aceptación Global por debajo de los 3 puntos.

Comparamos estos datos con los obtenidos para la pera Flor de Invierno almacenada en condiciones similares (*Salvador y col., 2007*), cuyas valoraciones de aceptabilidad en ningún caso fueron superiores a 3,3 y que al cabo de 11 días fuera de la cámara los valores disminuyeron hasta 2,2, se puede concluir que la pera Conferencia del Bierzo tiene una elevada vida útil y que posee una buena calidad sensorial incluso después de 14-19 días a 20°C tras permanecer 4 meses almacenada en AC.

4.3.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Una vez analizadas las características sensoriales se pasa a describir y valorar las variables físico-químicas analizadas tradicionalmente para peras de variedades comerciales y de la Conferencia del Bierzo con Marca de Garantía.

El Reglamento de la Marca de Garantía de la Conferencia del Bierzo, no establece unos requerimientos físico-químicos para su comercialización con el sello de calidad, aunque sí exige unas normas de recolección que se sitúan en una penetrometría de entre 4,9 y 7,7 kg, medidos con un pistón de 8 mm, y un nivel de contenido en sólidos solubles mayor de 12,5º Brix o una Acidez Total máxima de 1,15 g/l.

4.3.2.1 VALORACIÓN DE DIFERENCIAS ENTRE VARIEDADES DE PERAS

a) Índices de madurez convencionales

Los parámetros físico-químicos que se estudiaron para las muestras de peras de las variedades Ercolini, General Leclerc, Conferencia del Bierzo, Blanquilla, Rocha, y Limonera, fueron Peso de Muestra (g), contenido en Sólidos Solubles (ºBrix), pH, Acidez Total (g/l), Dureza con penetrómetro manual (kg) y medida del color en unidades colorimétricas CIELab (L^* , a^* , b^* , C^* y $^{\circ}\text{Hue}$).

Al aplicar el análisis de varianza se comprobó que existen diferencias significativas para todas las variables, indicando que las características físico-químicas difieren entre variedades, incluso valorando la misma variedad adquirida en diferentes centros comerciales.

Tabla 4.47 Valores medios y desviación estándar de las propiedades físico-químicas analizadas en peras de diferentes variedades. (n=1x3). Los subíndices 1 y 2 se corresponden con distintos centros comerciales.

	Peso (g)	°Brix	pH	AT (g/l)	Dureza (kg)
Ercolini	70,9±11,2	12,7±0,1	4,8±0,1	1,1±0,1	5,7±0,3
General Leclerc ₁	160,1±12,2	15,2±0,1	4,9±0,0	0,6±0,1	1,7±0,5
General Leclerc ₂	227,5±28,7	14,7±0,4	5,7±0,1	0,5±0,1	3,1±0,2
Conferencia Bierzo	178,4±12,3	15,8±0,1	5,1±0,0	0,9±0,0	4,9±0,4
Blanquilla ₁	90,9±11,1	12,7±0,5	4,0±0,0	2,4±0,1	1,9±0,2
Limonera	120,0±14,2	11,3±0,1	4,0±0,2	2,1±0,0	0,7±0,1
Blanquilla ₂	153,9±11,1	13,4±0,3	4,6±0,0	1,3±0,1	4,8±0,2
Rocha	143,3±8,9	13,1±0,2	4,6±0,1	1,6±0,0	3,9±0,1

La medida del Peso de Muestra (propiedad comercial) varía en función de las distintas variedades, siendo General Leclerc y Conferencia del Bierzo las que presentaron los valores más elevados y Ercolini y Blanquilla₁ los valores más bajos (Tabla 4.47). Las muestras de pera Conferencia del Bierzo y General Leclerc son también las que presentaron un mayor contenido en Sólidos Solubles (°Brix) y una menor Acidez Total al comparar sus resultados con el resto de las variedades. La Dureza es la característica que más varía de unas variedades a otras, incluso para peras de la misma variedad adquiridas en diferentes centros comerciales como es el caso de General Leclerc y Blanquilla, debido probablemente al distinto estado de maduración de la fruta que influye decisivamente en la dureza instrumental de la misma.

Debido a que todas las muestras, con la excepción de la Conferencia del Bierzo, son de origen comercial, no conocemos datos sobre el tiempo y las condiciones de almacenamiento a que han sido sometidas, pero los valores de las Tablas 4.47 y 4.48 indican la heterogeneidad en su grado de maduración. El Boletín Oficial de la Rioja (BOR nº 96, 2004) establece valores mínimos de calidad en recolección para la pera Blanquilla de la Rioja de 6 kg de dureza, 2,3 g/l de Acidez Total y más de 11,5 °Brix; para la pera Limonera de 6,5 kg de Dureza y más de 11,0 °Brix, y finalmente para la variedad General Leclerc de 5 kg de Dureza, 2,5g/l de Acidez Total y más de 12,0 °Brix. Comparando estos datos con los mostrados en la Tabla 4.47, observamos que la mayoría de los parámetros analizados se encuentran muy por debajo de los establecidos en el BOR, siendo la Acidez Total y la Dureza los parámetros físico-químicos que más se ven alterados durante la maduración y la comercialización de estos productos.

Tabla 4.48 Valores medios y desviación estándar de los parámetros físicos del color de peras de diferentes variedades. (n=1x3). Los subíndices 1 y 2 se corresponden con distintos centros comerciales.

	L*	a*	b*	C*	°Hue
Ercolini	67,6±10,8	-6,1±7,3	46,1±8,8	46,5	97,5
General Leclerc ₁	66,5±2,5	1,6±1,1	46,2±7,2	46,2	88,0
General Leclerc ₂	63,7±3,0	3,0±5,4	40,5±0,8	40,6	85,8
Conferencia Bierzo	60,7±1,4	-11,4±1,9	41,6±0,5	43,1	105,3
Blanquilla ₁	66,9±0,9	-16,5±0,6	42,0±1,0	45,1	111,4
Limonera	72,7±0,4	-3,0±0,2	51,2±0,7	51,3	93,4
Blanquilla ₂	64,5±2,8	2,8±1,7	38,7±2,5	38,8	85,9
Rocha	70,6±2,1	2,1±2,4	44,8±0,7	44,8	87,3

Los valores de los parámetros relacionados con el color (Tabla 4.48), que además de ser una característica de carácter varietal está condicionado por el estado de maduración, confirman la diversidad en el estado de maduración de las peras de la misma variedad y de diferente procedencia comercial, sobre todo en el caso de la pera Blanquilla.

De los cinco parámetros del color estudiados, el parámetro a* es en el que resulta más evidente las diferencias existentes entre las peras en base a su color. Así, podemos observar (Tabla 4.48) que la mayoría de las muestras presentan valores de a* cercanos al origen de coordenadas (valor 0), de las cuales la mayoría corresponden a valores positivos de a* indicando una débil tendencia hacia el color rojo. Por el contrario, destacan las peras Conferencia Bierzo y una de las Blanquilla donde el valor de a* está más alejado del origen de coordenadas con valores negativos confirmando el color verde, puesto de manifiesto asimismo porque presentan los valores más altos del parámetro °Hue.

A la vista de la Fig. 4.29 donde se representan los valores correspondientes a los parámetros colorimétricos a* y b* de las diferentes variedades comerciales junto con la Conferencia Bierzo, se aprecia la distribución de las mismas en varios grupos. Dentro del grupo correspondiente a aquellas muestras con valores negativos del parámetro a*, la Conferencia Bierzo se encuentra separada del resto junto con una de las Blanquilla. La variedad Limonera destaca por su mayor intensidad de color o cromaticidad (C* = 51,28), situándose alejada del resto en la Figura 4.29.

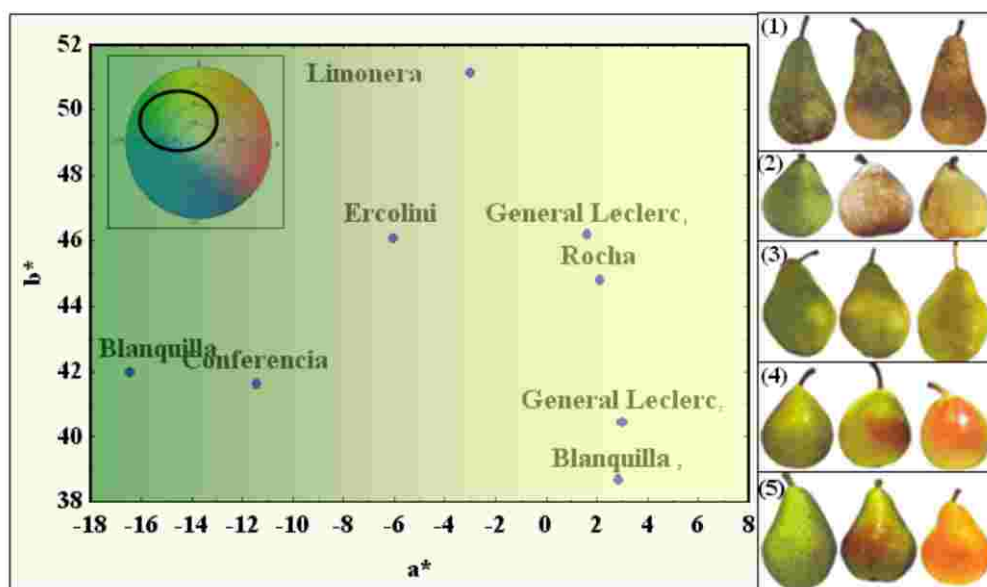


Fig.4.29 Representación gráfica de los parámetros colorimétricos a^* y b^* para Conferencia del Bierzo y peras de variedades comerciales. (1)Conferencia, (2) General Leclerc, (3) Blanquilla, (4) Ercolini y (5) Limonera durante el viraje de color en la maduración.

El color de fondo, en general, es un parámetro de madurez fisiológica de la mayoría de las frutas climatéricas, pero en el caso de la Conferencia del Bierzo, la gran cantidad de Russeting superficial en muchos casos hace que la medida del color sea poco exacta y pueda llevar a error. Sin embargo, y a pesar de la diversidad de resultados, se puede diferenciar a la Conferencia Bierzo del resto de las variedades, por su color verde que viene caracterizado por los valores que presenta de los parámetros a^* y $^{\circ}\text{Hue}$.

b) Ácidos orgánicos

A diferencia de las manzanas, la concentración de ácido málico en las peras no es tan mayoritaria, lo que permitió determinar el contenido de los ácidos orgánicos minoritarios de una forma más precisa en una muestra de Conferencia del Bierzo y en peras de las variedades comerciales mencionadas en el apartado anterior. Los resultados obtenidos tras el análisis mediante HPLC se muestran en la Tabla 4.49 después de extrapolar los valores con las rectas de calibrado de los patrones de los ácidos orgánicos puros.

Tabla 4.49 Contenido de ácidos orgánicos en g/kg (materia fresca) en peras de diferentes variedades (n=1x3).

	Málico	Cítrico	Mál/Cítr	Quínico	Tartárico	Succínico+ Shikímico	Total Ácidos (g/kg)
Limonera	4,00	0,20	23,0	<L.D.	0,05	<L.D.	4,25
Ercolini	3,50	0,10	35,0	0,80	0,10	<L.D.	4,50
Blanquilla	5,90	0,20	34,0	<L.D.	<L.D.	0,20	6,30
General Leclerc	5,50	0,10	42,0	1,20	<L.D.	0,10	6,90
Conferencia Bierzo	5,70	2,40	2,40	0,70	0,10	0,10	8,90

L.D. Límite de detección del método

La pera Conferencia está clasificada en el grupo de las variedades de pera en que el ácido málico se encuentra en mayor cantidad en comparación con el resto de los ácidos orgánicos (Colaric y col., 2007) y esto se confirma en nuestro estudio. En todas las variedades analizadas, el ácido málico es el ácido mayoritario, siendo los ácidos cítrico y quínico los que le siguen desde el punto de vista cuantitativo. En algunas de las variedades el contenido de los ácidos quínico, tartárico, shikímico y succínico se encuentran por debajo del límite de detección (LD) por lo que quizás este sea el motivo por el cual no se encuentra una correlación estadísticamente significativa entre el contenido en ácidos totales determinados por HPLC y la Acidez Total determinada por valoración potenciométrica.

Teniendo en cuenta que los ácidos mayoritarios, málico y cítrico, son los que más contribuyen en el grado óptimo de acidez y se ha encontrado que su relación está positivamente correlacionada con la evaluación sensorial del gusto (Colaric y col., 2005), es interesante señalar que la Conferencia del Bierzo es la que presenta una menor relación málico/cítrico, lo que coincide con la baja acidez sensorial apreciada, mientras que General Leclerc muestra dicha relación con un valor muy superior al resto de las variedades estudiadas. Asimismo, la Conferencia del Bierzo es la muestra que más contenido de ácido quínico posee, siendo la Blanquilla y la Limonera las variedades en que dicho ácido se encuentra en menor concentración.

Las diferencias encontradas en el contenido en ácidos orgánicos en las distintas muestras pueden ser de origen varietal, aunque también depende del estado de maduración de la fruta así como de las prácticas agronómicas llevadas a cabo. Así, Colaric y col., (2007) encontraron en pera Conferencia un contenido en ácidos orgánicos cuyos rangos eran de 1,97-4,25 g de málico /kg sobre materia fresca, 0,17-0,25 g de cítrico /kg materia fresca y 0,009-0,09 g shikímico /kg materia fresca dependiendo del grado de inclinación de las ramas del árbol y del momento en que se corregía dicha inclinación. A pesar de estas diferencias se mantiene la baja relación entre málico y el cítrico (11,6-17,0) en relación con el resto de variedades estudiadas en la Tabla 4.49.

4.3.2.2 TASA DE RESPIRACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ETILENO

En la Fig.4.30 se muestran las curvas respiratorias obtenidas para dos muestras de pera Conferencia que, después de la recolección, fueron conservadas a 20°C y 0°C en atmósfera normal durante 20 días de forma que la respiración se midió en mg CO₂/kg/h y la producción de etileno en µl/kg/h.

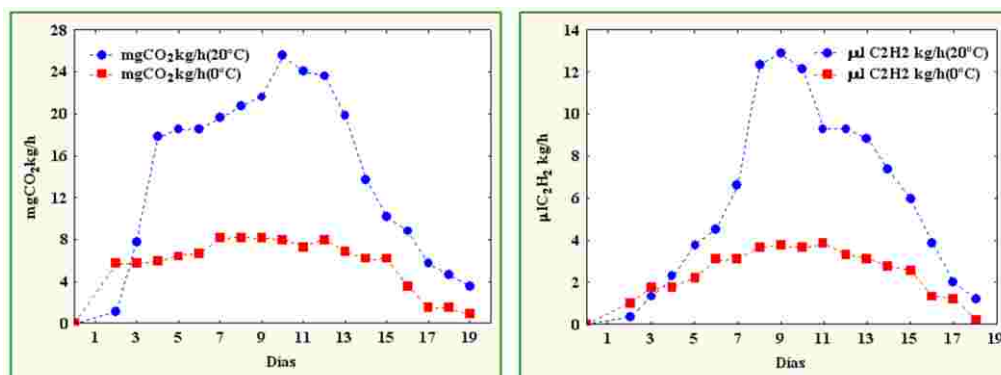


Fig.4.30 Curva de la respiración de la pera Conferencia del Bierzo a 20°C y 0°C en atmósfera normal

La producción de CO₂ y etileno depende del tiempo y la temperatura de almacenamiento, del estado de maduración de la fruta así como de los tratamientos para reducir las fisiopatías durante el almacenamiento en frío (De Wild y col., 2003). Los valores máximos de producción de etileno y de CO₂ obtenidos durante el almacenamiento de las peras fueron respectivamente de 3,9 µl/kg/h y 8 mg/kg/h a 0°C y de 13 µl/kg/h y 26 mg/kg/h a 20°C demostrándose que la temperatura es uno de los factores fundamentales en la respiración de las mismas. Estos resultados muestran que la Conferencia del Bierzo tiene una buena aptitud para su conservación en cámaras, como ocurre con las peras de la variedad Decana del Comicio cuya producción de etileno a 0°C no es superior a 4 µg/kg/h, al contrario de lo que ocurre con las peras de la variedad Beurré Bosc con una producción de etileno más alta (40 µg/kg/h) y que indica que evolucionará más rápidamente no siendo tan adecuada para su conservación en cámara (Elgary col., 1997).

La producción de etileno a 0°C se incrementa lentamente hasta alcanzar un máximo a los 8-11 días para posteriormente disminuir de igual manera. A 20°C se observa una tendencia ascendente más brusca, obteniéndose el pico máximo mejor definido a los 9 días desde el comienzo de las medidas para disminuir rápidamente a partir de 10º día. A pesar de la diferencia de temperatura de las dos experiencias el pico climatérico se alcanza en el mismo periodo de tiempo (9 días).

Tanto en la gráfica de producción de CO₂ como en la de etileno, el pico climatérico no se encuentra desplazado como sucedía con la Reineta del Bierzo al comparar sus tasas de respiración a las dos temperaturas de 0°C y 20°C, en las que los máximos de pico climatérico aparecían a los 6 y 14 días respectivamente. Resulta interesante que cuando se mantiene la pera Conferencia a 0°C, no aparece de forma clara un máximo de producción de CO₂ y etileno, que se mantiene más o menos constante durante todo el periodo de análisis y esto se puede relacionar con excelente aptitud que tiene la Conferencia del Bierzo para su conservación en frío.

Este comportamiento concuerda con los resultados obtenidos durante la evaluación sensorial de las peras almacenadas ya que sus características sensoriales evolucionan a mayor velocidad a partir de los 12 días de almacenamiento a 20°C, es decir, dos días después de que se produjera el pico climatérico y por lo tanto la mayor producción de etileno que aceleraría el proceso de maduración de la pera, alcanzando a los 14 días una calidad óptima (Fig. 4.30). Este desfase de dos días en la aparición del pico puede deberse a que la determinación de la tasa de respiración se llevó a cabo con peras recién recolectadas mientras que las manzanas que se evaluaron sensorialmente habían estado previamente almacenadas en AC, ya que las condiciones de conservación intervienen directamente en la maduración de las peras y eso influye en su tasa de respiración una vez fuera de las cámaras (*Moya y col., 2006*).

4.3.2.3 EVOLUCIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO

a) Evolución y diferencias a lo largo del almacenamiento en la misma cosecha

En las Tablas 4.50 a 4.53 se muestran los resultados de las determinaciones físico-químicas llevadas a cabo en la Conferencia del Bierzo procedentes de diferentes cosechas (2004-2008) y que han sido sometidas a 0, 4 y 8 meses de almacenamiento en atmósfera controlada. En todos los casos, el tratamiento de datos se realizó aplicando el análisis de la varianza (ANOVA) y el test de comparación de medias de Tukey.

Tabla 4.50 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables físico químicas analizadas en Conferencia del Bierzo. Cosecha 2004.

	0 MESES n=10x2	4 MESES n=8x2	8 MESES n=7x2	ANOVA (1)
1-°Brix	13,3±0,2 ^a	13,5±1,6 ^a	13,6±1,0 ^a	NDS
2-pH	4,6±0,1 ^a	4,8±0,1 ^a	4,9±0,1 ^a	NDS
3-AT (g/l)	1,2±0,1 ^a	1,0±0,2 ^a	0,9±0,2 ^a	NDS
4-L*	61,4±2,7 ^b	56,3±0,4 ^a	58,6±2,8 ^{ab}	*
5-a*	-10,5±1,1 ^a	-9,3±1,8 ^a	-8,6±2,3 ^a	NDS
6-b*	31,6±1,0 ^a	32,1±2,6 ^a	33,5±2,3 ^a	NDS
7-C*	33,3 ^a	33,4 ^a	34,5 ^a	NDS
8-°Hue	108,4 ^a	106,2 ^a	104,4 ^a	NDS
9-Dureza (kg)	5,8±0,4 ^b	5,6±1,8 ^b	1,3±0,2 ^a	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p < 0,05$ y NDS *No Diferencias Significativas*. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) *descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras x nº de réplicas.*

Para la cosecha 2004 sólo se encontraron diferencias significativas para dos de las nueve variables analizadas. La dureza disminuyó a lo largo del periodo de almacenamiento haciéndose este cambio significativo al cabo de los 8 meses, lo que indica que la velocidad a la que se produce el ablandamiento aumenta con el tiempo de almacenamiento. El parámetro del color L*, se vio alterado a los 4 meses de almacenamiento, que se puede relacionar con una baja precisión en la medición del color ya que la presencia de una gran cantidad de russeting y la forma redondeada de las peras, obliga en muchos casos a tomar mediciones en las zonas más próximas al cuello con la consiguiente posibilidad de error. Si observamos los valores de L* para el resto de cosechas, este es el único caso en el que aparecen diferencias significativas.

Tabla 4.51 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables físico químicas analizadas en Conferencia del Bierzo. Cosecha 2005.

	0 MESE S n=8x2	4 MESE S n=8x2	8 MESES n=5x2	ANOVA (1)
1-°Brix	14,2±0,1 ^a	14,4±0,3 ^a	15,8±0,6 ^b	*
2-pH	5,1±0,0 ^a	4,9±0,1 ^a	5,1±0,2 ^a	NDS
3-AT (g/l)	2,4±0,2 ^b	2,2±0,2 ^b	1,1±0,3 ^a	*
4-L*	63,6±0,6 ^a	57,9±3,9 ^a	58,8±10,3 ^a	NDS
5-a*	-12,2±1,8 ^a	-3,7±1,7 ^b	-1,4±2,8 ^b	*
6-b*	37,1±1,2 ^a	33,5±2,7 ^a	30,0±7,6 ^a	NDS
7-C*	39,0 ^b	33,5 ^a	30,2 ^a	*
8-°Hue	-108,2 ^c	96,3 ^b	92,7 ^a	*
9-Dureza (kg)	4,9±0,4 ^c	3,1±0,2 ^b	1,3±0,2 ^a	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p < 0,05$ y NDS *No Diferencias Significativas*. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) *descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras x nº de réplicas.*

En las peras procedentes de la cosecha 2005 se encontraron diferencias significativas para todos los parámetros a excepción del pH y de los parámetros colorimétricos L* y b* (Tabla 4.51). El contenido en Sólidos Solubles (°Brix) y la Acidez Total sufrieron la variación después de 8 meses en conservación, mientras que el resto de parámetros resultaron afectados al cabo de 4 meses de almacenamiento. La Dureza determinada con penetrómetro manual fue la variable que más resultó afectada durante el almacenamiento disminuyendo significativamente en todas las etapas de análisis. La evolución de las variables indican que la maduración de la pera continúa durante el almacenamiento, que se manifiesta a los cuatro meses con un ablandamiento de la pulpa y un cambio hacia un color menos verde y más amarillo y posteriormente, a los ocho de meses de almacenamiento, con un mayor contenido en Sólidos Solubles y menor Acidez Total.

Tabla 4.52 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables físico químicas analizadas en Conferencia del Bierzo. Cosecha 2006.

	0 MESES n=10x2	4 MESES n=8x2	8 MESES n=6x2	ANOVA (1)
1-°Brix	13,7±0,8 ^a	15,0±1,0 ^b	18,0±0,1 ^c	*
2-pH	4,9±0,1 ^a	5,1±0,2 ^a	5,1±0,1 ^a	NDS
3-AT (g/l)	1,7±0,1 ^b	1,2±0,1 ^a	1,2±0,1 ^a	*
4-L*	62,2±2,3 ^a	63,9±2,8 ^a	58,6±4,2 ^a	NDS
5-a*	-13,9±2,1 ^a	-13,4±1,7 ^a	-10,6±3,9 ^a	NDS
6-b*	37,1±2,5 ^{ab}	40,5±1,9 ^b	35,8±3,0 ^a	*
7-C*	39,62 ^{ab}	42,65 ^b	37,33 ^a	*
8-°Hue	110,53 ^a	108,3 ^a	106,5 ^a	NDS
9-Dureza (kg)	5,7±0,3 ^c	3,4±1,1 ^b	2,0±0,7 ^a	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p < 0,05$ y *NDS No Diferencias Significativas*. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) *descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras x nº de réplicas.*

Sin embargo, para las peras procedentes de la cosecha 2006, la evolución del contenido en Sólidos Solubles (°Brix) y de la Acidez Total es significativa ya a los 4 meses de almacenamiento, teniendo lugar un ablandamiento que se incrementa con el tiempo de almacenamiento. Los parámetros relacionados con el color, b* y C*, también se vieron alterados aunque no mantuvieron una tendencia definida.

Tabla 4.53 Valores medios, desviación estándar y análisis de varianza de las variables físico-químicas analizadas en Conferencia del Bierzo a los 0, 4 y 8 meses de almacenamiento en atmósfera controlada (AC). Cosecha 2007.

	0 MESES n=8x2	4 MESES n=8x2	8 MESES n=6x2	ANOVA (1)
1-°Brix	14,1±0,4 ^a	14,9±1,7 ^a	15,1±1,4 ^a	NDS
2-pH	4,6±0,2 ^a	4,9±0,2 ^a	4,9±0,1 ^a	NDS
3-AT (g/l)	1,9±0,4 ^c	1,3±0,4 ^b	0,9±0,2 ^a	*
4-L*	61,2±5,4 ^a	62,1±5,2 ^a	60,1±3,9 ^a	NDS
5-a*	-13,4±2,5 ^a	-12,7±2,3 ^a	-12,1±2,1 ^a	NDS
6-b*	39,9±3,1 ^a	39,0±3,2 ^a	38,8±2,7 ^a	NDS
7-C*	42,09 ^a	41,01 ^a	40,64 ^a	NDS
8-°Hue	108,6 ^a	108,0 ^a	107,3 ^a	NDS
9-Dureza (kg)	5,3±1,6 ^c	3,7±1,7 ^b	1,6±0,7 ^a	*

⁽¹⁾ Análisis de Varianza, * *Diferencias Significativas* $p < 0,05$ y *NDS No Diferencias Significativas*. Test de Tukey (HSD $p < 0,05$) *descriptores con letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de la misma fila. n=nº de muestras x nº de réplicas.*

Por último, en las peras procedentes de la cosecha 2007 sólo se modificaron significativamente las variables Acidez Total y Dureza cuyos valores disminuyeron durante todo el periodo de almacenamiento.

Analizando los resultados obtenidos en el conjunto de las variables físico-químicas, las que más se vieron afectadas a lo largo del almacenamiento en las distintas cosechas fueron fundamentalmente la Acidez Total y la Dureza, mientras que en el resto de las variables, con la excepción de los parámetros de color L^* y C^* , mantienen una tendencia definida aunque no siempre sea significativa ya que la velocidad en la que evolucionan no es constante para las diferentes cosechas. Podríamos decir que en general tiene un lugar un proceso de maduración de la fruta que se refleja en un aumento en los valores del contenido en Sólidos Solubles y del pH y una disminución en la Acidez Total, acompañado de un ablandamiento de la pera y una modificación del color con una pérdida del color verde y tendencia hacia el amarillo.

Algunos de estos resultados concuerdan con los obtenidos por [Guerra y col., \(2005\)](#) en los estudios realizados sobre las condiciones de almacenamiento de la pera Conferencia del Bierzo. De la misma manera [Bai y col., \(2009\)](#) pudieron observar diferencias durante la maduración comercial de la pera Anjou, en la Dureza y en los parámetros del color L^* , a^* y b^* , aunque no encontraron diferencias en los Sólidos Solubles ($^{\circ}\text{Brix}$).

En la Fig.4.31 que se presenta a continuación, se puede observar la evolución del color para todas las muestras de Conferencia del Bierzo analizadas a lo largo de los distintos periodos de almacenamiento.

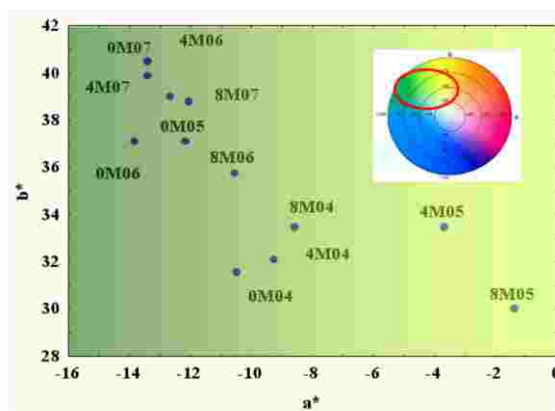


Fig.4.31 Representación gráfica de los parámetros colorimétricos a^* y b^* para la Conferencia del Bierzo a lo largo de los distintos periodos de almacenamiento (0M, 4M y 8M, M=meses) para las 4 cosechas (04-07).

Aunque la Conferencia posee un color de fondo verde tras la recolección, durante el almacenamiento se observa una tendencia hacia una pérdida de verde y un aumento de amarillo. Para la cosecha 2004 no se observan grandes cambios en el color de la piel durante los 8 meses de conservación, en cambio durante la cosecha 2005 sí se observa una evolución del color desde verde intenso a verde-amarillo menos intenso al final del almacenamiento. Para el resto de cosechas, la tendencia del verde al amarillo no está definida de forma clara, probablemente porque al tratarse de una variedad con elevada cantidad de ruseting superficial, la variación no sea tan fácilmente apreciable como en otras variedades por ejemplo Ercolini o Limonera (ver Fig.4.29), como consecuencia de esto no parece a priori que estas variables sean parámetros que definan con exactitud el estado de maduración de la Conferencia del Bierzo aunque sí lo sean para otras variedades de peras.

b) Evolución y diferencias durante el almacenamiento entre cosechas.

Para poder estudiar la variabilidad en las características fisicoquímicas de las peras entre distintas cosechas, en función del tiempo de almacenamiento, se ha aplicado el ANOVA a los resultados anteriores (Tablas 4.50 a 4.53), agrupado las muestras de las cuatro cosechas (2004–2007) en los tres periodos de almacenamiento de 0, 2 y 8 meses.

Tabla 4.54 Análisis de varianza de las variables físico-químicas de la Conferencia del Bierzo a lo largo de tres periodos de almacenamiento.

	0 MESES n=36x2	2 MESES n=24x2	8 MESES n=24x2
°Brix	NDS	NDS	*
pH	*	NDS	NDS
AT (g/l)	*	NDS	NDS
L*	NDS	NDS	*
a*	NDS	*	*
b*	*	*	*
Dureza (kg)	*	*	*

** Diferencias significativas ($p<0,05$), NDS No Diferencias Significativas. n=nº de muestras x nº de réplicas.*

Las variables relacionadas con el color L^* y a^* y el contenido en Sólidos Solubles no presentan diferencias significativas en las peras recién recolectadas (Tabla 4.54), pero a lo largo del almacenamiento se van produciendo estas diferencias, asimismo, en la etapa inicial del almacenamiento, los valores de pH y de Acidez Total presentan diferencias significativas que dejan de serlo durante el almacenamiento, indicando una distinta evolución de las características físico-químicas de las peras. Sin embargo, se observa que el proceso de ablandamiento de las peras es el mismo independientemente del año de cosecha y del estado de maduración en que se recolecte la pera, ya que las diferencias significativas presentes en la etapa inicial (0 meses) se mantienen durante todo el tiempo de almacenamiento estudiado.

En general se aprecia una distinta evolución de las propiedades físico-químicas en función del año de cosecha que se puede atribuir a diferencias climáticas durante el cultivo y una distinta madurez de la fruta al ser recolectada, aspectos que influyen en el comportamiento de las peras durante su almacenamiento (*Agar y col., 1999*).

4.3.3 CORRELACIONES ENTRE LAS PROPIEDADES SENSORIALES Y FÍSICO-QUÍMICAS.

Al analizar estadísticamente los resultados obtenidos en la evaluación de las propiedades sensoriales y físico-químicas de la pera Conferencia del Bierzo se obtuvo la matriz de resultados que se muestra en la Tabla 4.55, donde se muestran los coeficientes de correlación entre los distintos tipos de variables.

Tabla 4.55 Coeficientes de correlación (r) entre las propiedades sensoriales y físico-químicas para la Conferencia del Bierzo. (n=92)

	°Brix	pH	AT (g/l)	L^*	a^*	b^*	C^*	°Hue	Dureza (kg)
Olor	0,48	0,51	-0,38	-0,27	-0,07	-0,06	-0,17	-0,32	-0,49
Russeting	0,16	0,36	0,41	0,35	-0,15	-0,06	-0,07	0,08	0,45
Jugosidad al Cortar	0,63	0,41	-0,50	-0,34	-0,06	-0,11	-0,21	-0,35	-0,55
Dureza Piel	-0,42	-0,15	0,54	0,25	-0,42	-0,08	0,00	0,24	0,70
Dureza Carne	-0,45	-0,28	0,59	0,43	-0,15	0,16	0,27	0,48	0,71
Jugosidad al Morder	0,66	0,45	-0,34	-0,34	-0,05	0,18	0,06	-0,37	-0,69
Dulzor	0,58	0,32	-0,44	-0,33	-0,11	-0,12	-0,19	-0,29	-0,35
Acidez	-0,54	0,42	0,41	-0,04	-0,08	-0,29	-0,22	0,06	0,55
Granulosidad	0,02	-0,10	-0,06	-0,18	-0,02	-0,24	-0,25	-0,04	0,36
Astringencia	-0,05	0,16	0,19	-0,15	0,17	-0,38	-0,38	-0,30	0,18
Aceptación Global	0,69	0,54	-0,05	-0,23	0,03	-0,06	-0,17	-0,44	-0,55

Existen correlaciones estadísticamente significativas ($r > 0,70$) entre las variables de dureza sensoriales y físico-químicas, asimismo se pueden tener en cuenta correlaciones menos restrictivas con valores de r del rango de 0,55-0,70 como los utilizados por otros autores en estudios similares (*Predieri y Gatti, 2009*). Según este criterio, se observa que la Jugosidad al Corte, la Jugosidad al Morder y la Aceptación Global están correlacionadas positivamente con el contenido en Sólidos Solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) y negativamente con la dureza instrumental, lo que pone de manifiesto que una pérdida de dureza y un aumento en el dulzor en la pera Conferencia del Bierzo lleva implícito un aumento en su jugosidad que influye positivamente en la Aceptación Global.

Con objeto de vincular los parámetros más representativos de la maduración de la fruta se observa que la evaluación sensorial de la Acidez está negativamente correlacionada con el contenido en Sólidos Solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) y positivamente con la Acidez Total (AT) y, por otra parte, existe una correlación positiva entre los parámetros relacionados con la dureza y la acidez como consecuencia de que estas dos características evolucionan en el mismo sentido a lo largo del almacenamiento.

El Olor, aunque es una característica sensorial que varía en gran medida con el estado de maduración y a lo largo del tiempo de almacenamiento, no presenta altos coeficientes de correlación con las propiedades físico-químicas analizadas puesto que estas no tienen una relación directa con la determinación de la intensidad de aroma de la fruta. Al contrario de lo que podríamos pensar, el grado de Russeting no está relacionado con las variables físicas del color a^* y b^* , ya que esta cualidad no depende del grado de maduración ni del tiempo de almacenamiento de las peras.

Finalmente, todos estos resultados, corroboran la correlación que existe entre algunos parámetros sensoriales y físico-químicos en la evolución de la pera durante su almacenamiento, asociado a un proceso de maduración-respiración de la fruta en el que tiene lugar un ablandamiento de la pulpa y aumento de jugosidad, y dulzor y una disminución de la acidez.

CONCLUSIONES

En correspondencia con los objetivos propuestos en la presente investigación y a la vista de los resultados obtenidos se extraen las siguientes conclusiones.

Manzana Reineta Marca de Garantía Valle de las Caderechas

1. La ficha de cata definitiva para la evaluación de las propiedades sensoriales de la Reineta M.G. Valle de las Caderechas se compone de siete descriptores sensoriales: Uniformidad de Color, Brillo, Russetting, Dureza de la Carne, Crujiente, Jugosidad al Morder y Acidez. Posteriormente se añadió la variable Aceptación Global.
2. Las diferencias estadísticas encontradas en la evolución de las características sensoriales durante el almacenamiento no fueron consistentes entre las distintas cosechas, aunque se pudo apreciar que tuvo lugar un ablandamiento y pérdida de acidez, crujido y jugosidad.
3. De las variables físico-químicas analizadas, la única que no presentó una evolución significativa durante el almacenamiento fue el contenido en Sólidos Solubles. Las variables Acidez Total y Dureza disminuyeron hasta un 50% del valor inicial y tuvo lugar una evolución del color con una pérdida de verde y una tendencia hacia el amarillo.
4. Comparando el mismo periodo de almacenamiento de cosechas distintas, las diferencias estadísticamente significativas aparecieron tras cuatro meses de almacenamiento para las variables sensoriales Crujiente, Jugosidad al Morder, Acidez y Aceptación Global y en el caso de las variables físico-químicas no aparecieron diferencias estadísticamente significativas para el contenido en Sólidos Solubles y Acidez Total, siendo los parámetros del color los que más modificaciones presentaron. Se ha estado ofreciendo al consumidor un producto, que hasta los tres primeros meses de almacenamiento, presentaba una homogeneidad en las características sensoriales año tras año, independientemente de las condiciones agroclimáticas presentadas en el cultivo.
5. Las principales características sensoriales que condicionaron la valoración de la Aceptación Global en estas manzanas fueron Uniformidad de Color, Dureza de la Carne, Crujiente y Jugosidad al Morder.
6. Existe una correlación estadísticamente significativa entre la Dureza instrumental y las variables sensoriales Dureza de la Carne y Acidez, así

como una buena correlación entre la acidez sensorial y la físico-química, que pone en evidencia el buen funcionamiento del panel de cata.

Manzana Reineta Denominación de Origen Bierzo

1. Las características sensoriales que se utilizaron en la ficha de cata definitiva para la evaluación de las propiedades sensoriales de la Reineta Denominación de Origen Bierzo fueron las mismas que las utilizadas en la Reineta del Valle de Caderechas a pesar de que las condiciones agroclimáticas de origen y tipo de conservación no fueran iguales.
2. La Reineta del Bierzo se caracteriza por la regularidad en sus propiedades sensoriales a lo largo de las tres cosechas estudiadas, definidas por una alta Uniformidad de Color, gran cantidad de Russeting superficial, bajo Brillo y elevada Dureza, Crujiente y Acidez, que confieren al producto una alta calidad sensorial.
3. En su evolución durante el almacenamiento se aprecia sensorialmente un ablandamiento y una pérdida de crujido y de acidez y una variación significativa de los parámetros físico-químicos relacionados con la firmeza, la acidez y el color mientras que el Peso de Muestra y los Sólidos Solubles no sufrieron variaciones estadísticamente significativas. A pesar de esta evolución, la Aceptación Global no se vio afectada incluso después de 8 meses de almacenamiento en Atmósfera Controlada. Estos cambios resultaron más acusados en las condiciones de Frío Normal aunque sensorialmente no se apreciaron diferencias entre ambos tipos de conservación durante los 4 primeros meses.
4. Además de las características geográficas y agroclimáticas específicas de las zonas de producción de manzana de Caderechas y Bierzo, la manzana del Bierzo se distingue de la de Caderechas por su mayor Uniformidad de Color y grado de Russeting presentando una tonalidad más verde en el color de fondo independientemente del tiempo de almacenamiento al que hayan sido sometidas.

5. Al igual que en la Reineta de Caderechas para la manzanas del Bierzo destacaron las buenas correlaciones entre la medida físico-química de Acidez Total y la Acidez sensorial así como entre la Dureza de la Carne y las variables de dureza instrumental, poniendo de manifiesto el buen funcionamiento del panel de cata.
6. Se desarrolló una correlación específica del contenido de almidón en manzanas por dos métodos analíticos diferentes que permitió relacionar una escala cualitativa rápida y orientativa con una escala cuantitativa de valores más exactos y precisos. Se ha establecido una relación lineal entre el contenido en almidón determinado enzimáticamente y la ordenación cualitativa del método tradicional por tinción con yodo en el cual hemos observado que el mínimo valor de la escala cualitativa se corresponde con 0,10% de almidón (base seca).
7. El Bitter Pit es una fisiopatía difícil de controlar y que afecta a las manzanas del Bierzo después de largos periodos de conservación en frío y que está relacionada con su bajo contenido en Ca puesto de manifiesto por una la baja relación K/Ca y Mg/Ca ya desde el inicio de la conservación.

Pera Conferencia Marca de Garantía Bierzo

1. Los atributos sensoriales que se utilizaron para el desarrollo de la ficha de cata definitiva para el estudio de las propiedades sensoriales de la Conferencia Marca de Garantía Bierzo fueron 10, Olor, Russeting, Jugosidad al Corte, Dureza al Morder, Jugosidad al Morder, Dulce, Ácido, Granulosidad y Astringencia y, como en los casos anteriores, se añadió la Aceptación Global.
2. La Conferencia del Bierzo se caracterizó por su bajo Olor, elevada cantidad de Russeting, alto valor en el sabor Dulce y bajo en el Ácido, con muy baja Astringencia y unas propiedades de textura muy equilibradas obteniendo una gran valoración global por parte del panel de cata. De todas las variedades estudiadas la conferencia fue la mejor valorada y de éstas la del Bierzo fue la que obtuvo la valoración más alta.

3. Aunque en la ficha de cata definitiva de la pera fueron seleccionados 10 descriptores sensoriales, en el desarrollo de la fórmula matemática de calidad sensorial mediante técnicas estadísticas, sólo fueron determinante 5 de ellos de los cuales Russeting, Jugosidad al Corte, Jugosidad al Morder y Dulce tuvieron un coeficiente numérico positivo, y sólo Astringencia tuvo signo negativo en la contribución numérica final. También, se fijó una escala de calidad total numérica en función de diferentes niveles de calidad de la pera en: “*excelente*” con valores superiores a 30 puntos, “*muy buena*”, entre 25-29 puntos, “*regular*” entre 25 y 20 y finalmente calidad “*mala*” para valores inferiores a 20. En ninguno de los casos estudiados en esta tesis se obtuvo un valor de la calidad sensorial inferior a “muy buena” para la pera Conferencia M.G. Bierzo a lo largo del periodo de almacenamiento y comercialización durante varias cosechas consecutivas, lo que demuestra la continuidad de su calidad a lo largo del tiempo.
4. La evolución de las variables sigue el curso esperado de un proceso de maduración durante el almacenamiento de las peras, es decir, se produce un ablandamiento que es variable en los distintos años y también aumenta su olor, jugosidad y dulzor. Aún así, la calidad del producto mejora durante el almacenamiento, alcanzando su Aceptación Global los valores más elevados al final del mismo lo que indica que durante un tiempo de almacenamiento hasta 8 meses, no se alcanza la fase de deterioro de la calidad de las peras. Esto se ve reflejado también en las propiedades físico-químicas con un aumento en los valores del contenido en Sólidos Solubles, del pH y una disminución en la Acidez Total y la Dureza acompañado de una modificación del color con una pérdida del color verde y tendencia hacia el amarillo.
5. Tras cuatro meses de conservación en atmósfera controlada la pera Conferencia del Bierzo necesitó un periodo mínimo de adaptación o atemperado de 5 días a 20°C para un consumo aceptable desde el punto de vista sensorial, alcanzando su calidad óptima a los 14 días. Sus características sensoriales evolucionan a mayor velocidad a partir de los 12 días, es decir, dos días después de que se produjera el pico climatérico y por lo tanto la mayor producción de etileno que aceleraría el proceso de maduración de la pera.

6. Existen correlaciones estadísticamente significativas entre las variables de dureza sensoriales y físico-química dando una idea del buen funcionamiento del panel de cata. Asimismo, correlaciones menos restrictivas relacionan una pérdida de dureza y un aumento en el dulzor en la pera con un aumento en la jugosidad que influye positivamente en la Aceptación Global.

Los resultados obtenidos abren nuevos interrogantes y nuevas líneas para la continuidad de la investigación iniciada aquí. Como futuros trabajos se podría profundizar en el desarrollo de una fórmula de calidad sensorial para manzana Reineta del Valle de Caderechas y del Bierzo y analizar diferentes aspectos de la conservación relacionados con la aparición de fisiopatías fundamentalmente en la zona del Bierzo. Tratamientos post-cosecha de calcio podrían ser convenientes para reducir la aparición del bitter pit y la conservación en atmósfera controlada podría aumentar la vida útil de la manzana Reineta del Valle de Caderechas aunque dentro de su reglamento no se permita el uso de este tipo de técnicas de conservación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALTERACIONES DE LA FRUTA DE PEPITA. Disponible en web: http://www.fomesa.com/Calidad/Factores/F_03_12.htm. [Consulta: 2 de Abril 2004].
- ÁLVAREZ, R., (2001). "Estudio histológico de la floración del manzano". *Consejería de Agricultura Castilla León*.
- AMOS, R.L., (2007). "Sensory properties of fruit skins". *Postharvest Biology and Technology*. 44: 307-311.
- ANAME. INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICA. Disponible en web: <http://www.aname.es>. [Consulta 18 Noviembre 2009].
- ANZALDÚA-MORALES, A., (1994). "La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica". *Ed. Acribia. Zaragoza*.
- ASOCIACIÓN DE CERVECEROS ARTESANALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. Disponible en web: http://www.cervezas-argentinas.com.ar/Tabla_de_Conversion_de_Gravedad_Especific_a_Baume_Brix_Alcohol.htm. [Consulta 18 Octubre 2004].
- ASTIASARÁN, I. y MARTÍNEZ J.A., (2000). "Alimentos, Composición y Propiedades". 1ª Edición. Editorial Mc. Graw-Hill Interamericana de España.
- AZNAR, Y., (2001). Tesis "Caracterización fisiológica del bitter pit: aspectos nutricionales, fenológicos y de diagnóstico". Departamento de Nutrición Vegetal. Zaragoza.
- AZNAR, Y. y CORTES E., (2001). "Composición aniónica y catiónica de las manchas de bitter pit en manzanas de tipo golden". *IV Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas*. 462-470.
- BADUI DERGAL, S. (1999) "Química de los alimentos". 4ª Edición. Ed. Alhambra. México.
- BAI, J., WU P., MANTHEY J., (2009). "Effect of harvest maturity on quality of fresh-cut pear salad". *Postharvest Biology and Technology*. 51: 250-256.
- BÁRCENAS, P.; PÉREZ, F.J.; SALMERÓN, J., ALBISU, M., (1998). "Caracterización y control de calidad del queso D.O. Idiazabal: aplicaciones del análisis sensorial". *Producción Ovina y Caprina*. XXIII: 191-194.
- BARCINA, Y., (2001). "Análisis sensorial de alimentos". *Eds.Y. Barcina y F.C. Ibáñez*.
- BARRIOS, E.X. y COSTELL E., (2004). "Use of Methods of Research into Consumers' Opinions and Attitudes in Food Research". *Food Sci Tech Int.*. 10(6): 359-371.

- BELITZ, H.D. y GROSCH W., (1997). "Química de los alimentos". 2ª Edición. Ed. *Acribia*. Zaragoza.
- BENAVIDES, A., RECASENS I., (1999). "Efecto de la conservación en atmósferas de bajo oxígeno sobre la calidad en manzanas Golden Smoothee". *VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas*. 295-299.
- BENEDETTI, S., BURATTI S., SPINARDI A., MANNINO S., MIGNANI I., (2008). "Electronic nose as a non-destructive tool to characterise peach cultivars and to monitor their ripening stage during shelf-life". *Postharvest Biology and Technology*. 47(2): 181-188.
- BERTOLINI, P., BOTTARDI S., DALLA ROSA M., FOLCHI A., (1997). "Effect of controlled atmosphere storage on the physiological disorders and quality of conference pears". *Italian Journal Of Food Science*. 9(4): 303-312.
- BILLY, L., MEHINAGIC E., ROYER G., RENARD C.M.G.C., ARVISENET G., PROST C., JOURJON F., (2008). "Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage". *Postharvest Biology and Technology*. 47: 315-324.
- BLAY, J., (1988). "Recolección y conservación de algunas variedades de pera". *Fruticultura profesional*. 79-85.
- BOLETÍN OFICIAL DE CASTILLA Y LEÓN, 16 de Diciembre. Orden 2 de Diciembre 1999.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO, Enero 2001. Orden 15 de Diciembre 2000.
- BOTANICAL ONLINE. MANZANO, MALUS SYLVESTRIS VAR. DOMESTICA. Disponible en web: <http://www.botanical-online.com/flormalusdomestica.htm>. [Consulta 19 Noviembre 2009].
- BRIZ, J. y GARCÍA, R. (2004) "Análisis sensorial de productos alimentarios. Metodología y aplicación a casos prácticos". Ed. *Acribia*. Zaragoza.
- BROOKFIELD, P., MURPHY P., HARKER R., MACRAE E., (1997) "Starch degradation and starch pattern indices; interpretation and relationship to maturity". *Postharvest Biology and Technology*. 11(1): 23-30.
- BROOKFIELD P.L., NICOLL S., GUNSON F.A., HARKER F.R., WOHLERS M., (2011). "Sensory evaluation by small postharvest teams and the relationship with instrumental measurements of apple texture" *Postharvest Biology and Technology*. 59: 179-186.
- BOTANICAL ONLINE. MANZANO, MALUS SYLVESTRIS VAR. DOMESTICA. Disponible en web: <http://www.botanical-online.com/flormalusdomestica.htm>. [Consulta 19 Noviembre 2009].

- BRUWER, M.J., MACGREGOR J.F., BOURG W.M., (2007). "Fusion of sensory and mechanical testing data to define measures of snack food texture". *Food Quality and Preference*. 18(6): 890-900.
- BURMEISTER, D.M. y DILLEY D.R., (1994). "Correlation of bitter pit on northern spy apples with bitter pit like symptoms induced by Mg^{2+} salt infiltration". *Postharvest Biology and Technology*, 4(4): 301-308
- CACERES, I., MULKAY T., RODRIGUEZ J., PAUMIER A., (2000). "Conservación de productos Hortícolas".
- CALVO, G. [En línea]. ¿Cómo afecta la Difenilamina a la calidad de la fruta? Disponible en web:
<http://www.inta.gov.ar/altovalle/info/biblo/rompecabezas/pdfs/rompe43-Calvo.pdf>. [Consulta 14 de Abril de 2006].
- CARBONELL, L., IZQUIERDO, L., CARBONELL, I., (2007). "Sensory analysis of Spanish mandarin juices. Selection of attributes and panel performance". *Food Quality and Preference*. 18: 329-341.
- CARPENTER, R.P., LYON D., HASDELL T.A., (2000). "Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos". *Ed. Acribia*. Zaragoza.
- CARRERA, M., (2000). "Variedades y calidad de las peras en Aragón". *Gobierno de Aragón. Ed APEPH*.
- CARVALHAO, F. (1997) "El bitter pit de las manzanas, desarrollo y control". *Fruticultura Profesional*. 86: 11-21.
- CASAÑAS, R., RODRIGUEZ, E., GONZALEZ M., MARRERO A., DÍAZ C., (2003). [En línea]. "Contenido en ácidos orgánicos en cinco variedades de patata cultivadas en Tenerife (España)". *Cienc. Tecnol. Alimentos*, 4(1): 16-21. Disponible en web: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/724/72440102.pdf>. [Consulta 24 Marzo 2005].
- CASERO, T., RECASENS I., CARRASCO, V., (1999). [En línea]. "Dinámica de acumulación de nutrientes en manzana". *Invest. Agr Prod. Prot. Veg.* 14(3). Disponible en web:
http://www.inia.es/gcontrec/pub/12.T.CASERO_1048236145390.pdf. [Consulta: 4 Noviembre 2008].
- CAYOT, N., (2007). "Sensory quality of traditional foods". *Food Chemistry*. 102: 445-453.
- CENTRE TECHNIQUE INTEPROFESSIONNEL DES FRUITS ET LEGUMES. Disponible en web : <http://www.ctifl.fr/>. [Consulta 20 Enero 2004].

- CEREZA Y MANZANA REINETA DEL VALLE DE LAS CADERECHAS. Disponible en web: <http://www.caderechas.com>. [Consulta 12 Enero 2006].
- CHERVIN, C., SPEIRS J., LOVEYS B., (2000). "Influence of low oxygen storage on aroma compounds of whole pears and crushed pear flesh". *Postharvest Biology and Technology*. 19(3): 279-285.
- CHINNICI, F., SPINABELLI U., RIPONI C., AMATI A., (2005). "Optimization of the determination of organic acids and sugars in fruit juices by ion-exclusion liquid chromatography". *Journal of Food Composition and Analysis*. 18: 121-130.
- CLAUSTRIAUX, J.J., (2001). Considérations sur l'analyse statistique de données sensorielles. *Bitechnol. Agron. Soc. Environ*. 5(3): 155-158.
- COLARIC, M., STAMPAR F., HUDINA M., (2007). "Content levels of various fruit metabolites in the 'Conference' pear response to branch bending". *Scientia Horticulturae*. 113: 261-266.
- CODE AMIDON. Aide à la décision de récolte. Disponible en web : [h t t p : / / w w w . f r u i t s - e t - legumes.net/revue_en_ligne/point_sur/fich_pdf/code_amidon.pdf](http://www.fruits-et-legumes.net/revue_en_ligne/point_sur/fich_pdf/code_amidon.pdf). [Consulta 12 Enero 2005].
- COLARIC, M., VEBERIC R., STAMPAR F., HUDINA, M., (2005). Evaluation of peach and nectarine fruit quality and correlations between sensory and chemical attributes. *Journal of the Science of Food & Agriculture*. 85(15): 2611-2616.
- CONSEJO REGULADOR DENOMINACIÓN DE ORIGEN MANZANA REINETA DEL BIERZO. Disponible en web: <http://www.manzanareinetadelbierzo.es>. [Consulta 13 Enero 2004].
- COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS. Disponible em web: http://www.agro-alimentarias.coop/1/1_1.php. [Consulta 12 Enero 2008].
- DAILLANT-SPRINNLER, B., MACFIE H.J.H., BEYTS P.K., HEDDERLEY D., (1996). "Relationships between perceived sensory properties and major preference directions of 12 varieties of apples from the southern hemisphere". *Food Quality and Preference*. 7(2): 113-126.
- DEL NOZAL, M.J.; BERNAL J.L.; MARINERO P.; DIEGO J.C.; FRECHILLA J.I., (1998). "High Performance Liquid Chromatographic determination of organic acids in honeys from different botanical origin". *J. Liquid Chromatography & Related Technologies*. 21(20):3197-3214.
- DE LA PLAZA, J.L., (1986). "Alteraciones post-recolección". *Fruticultura Profesional*. 129-134.

- DE WILD, H.P.J., WOLTERING E.J., PEPPELENBOS H.W., (1999). "Carbon dioxide and 1-MCP inhibit ethylene production and respiration of pear fruit by different mechanisms". *Journal of Experimental Botany*. 50: 837-844.
- DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA, (D.O.U.E.) N° 510/2006 DEL CONSEJO de 20 de marzo de 2006 sobre la protección de las indicaciones geográficas y de las denominaciones de origen de los productos agrícolas y alimenticios.
- DELARUE, J., y SIEFFERMANN J.M., (2004). "Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products". *Food Quality and Preference*. 15(4): 383-392.
- DI MONACO, R., CAVELLA S., TORRIERI E., MASI, P., (2007). "Consumer acceptability of vegetable soups". *Journal of Sensory Studies*. 22: 81-98.
- DIJKSTERHUIS, G., LUYTEN H., WIJK R., MOJET J., (2007). "A new sensory vocabulary for crisp and crunchy dry model foods". *Food Quality and Preference*. 18: 37-50.
- DIPUTACIÓN DE LEÓN. PRODUCTOS DE LEÓN. Disponible en web: <http://www.dipuleon.es>. [Consulta 14 Octubre 2009].
- DOBRZAŃSKI, B., RABCEWICZ J., RYBCZYŃSKI R., (2006). [En línea]. "Handling of Apple. Transport techniques and efficiency vibration, damage and bruising texture, firmness and quality". Disponible en web: http://www.ipan.lublin.pl/mat_coe/mat_coe27.pdf. [Consulta: 20 de Octubre de 2006].
- ELGAR H.J., WATKINS C.B., MURRAY S.H., F., GUNSON A., (1997). "Quality of 'Buerre Bose' and 'Doyenne du Cornice' pears in relation to harvest date and storage period". *Postharvest Biology and Technology*. 10: 29-37.
- ESPINOSA, J., (2007). "Evaluación Sensorial". *Ed. Universitaria*. ISBN 978-959-16-0539-9.
- EURORESIDENTES. FRUTAS. MANZANA. Disponible en web: <http://www.euroresidentes.com/Alimentos/manzana.htm>. [Consulta 12 Enero 2011].
- FÁLDER-RIVERO A., (2003). [En línea]. "Frutas: Distribución y consumo". Disponible en web: http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_DYC/DYC_2003_70_75_96.pdf. [Consulta: 15 Septiembre 2005].

- FEIPPE, A. (2003). [En línea]. "Evolución de la madurez de manzana sobre la base del contenido y degradación de almidón (test de yodo)". Disponible en web: http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/pol/2003/madurez_yodo.pdf. [Consulta: 13 Mayo de 2007].
- FERGUSON I, VOLF R., WOOLF A., (1999). "Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit". *Postharvest Biology and Technology*. 15(3): 255-262.
- FILLION, L., KILCAST D., (2002). "Consumer perception of crispness and crunchiness in fruits and vegetables". *Food Quality and Preference*. 13(1): 23-29.
- FORTIN, J. y DESPLANCKE, C., (2001). "Guía de selección y entrenamiento de un panel de catadores". *Ed. Acribia. Zaragoza. España*.
- FRANCK, C, LAMMERTYN J., TRI HO Q., VERBOVEN P., VERLINDEN B, NICOLAÏ B.M., (2007). "Browning disorders in pear fruit". *Postharvest Biology and Technology*. 43(1): 1-13.
- FRUTAS Y HORTALIZAS, MERCASA. Disponible en web: http://www.munimerca.es/mercasa/alimentacion_2009/pdfs/pag_130-215_frutas-hortalizas.pdf. [Consulta 14 Abril 2010].
- FUTEKI, T., PELAYO E., PALABAY R.B., (1995). "Carboxilic acid composition of varietal juices produced from fresh and stored apples". *Journal of Agricultural and food chemistry*. 43(3): 598-607.
- GAGNARD, J., (1987). "En Plant analysis as a guide to the nutrient requirements of temperate and tropical crops". 207-229.
- GALVIS, SÁNCHEZ A.C., FONSECA S. C., MORAIS A.M.M.B., MALCATA F. X., (2004). "Effects of preharvest, harvest and postharvest factors on the quality of pear (cv. "Rocha") stored under controlled atmosphere conditions". *Journal of Food Engineering*. 64: 161-172.
- GÁMBARO, A., VALERA P., GIMENEZ A., (2002). Textural quality of white pan bread and instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*. 33: 401-413.
- GANAU, D. y RECASENS I., (1999). "Influencia de la fecha de recolección en la descomposición interna (Senescent breakheart) de peras blanquilla durante la frigoconservación". *VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas*. 281-286.
- GARCÍA, C. y JURADO A., (2005). [En línea]. "Alimentación y calidad sensorial en cerdos destinados a la obtención de productos cárnicos de calidad diferenciada". *Actas del III Congreso mundial del Jamón, Teruel*, 177. Disponible en web: http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/05CAP_IV.pdf. [Consulta: 14 de Octubre 2008]

- GARCÍA VILLALPANDO, J.A., CASTILLO MORALES A., RAMÍREZ GUZMÁN M.E., RENDÓN SÁNCHEZ G., LARQUÉ SAAVEDRA, M.U. (2001). "Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, HSU y Bechhofer para selección de medias". *Agrociencia*. 35: 79-86.
- GIBOREAU, A., DACREMONT C., EGOROFF C, GUERRAND S., URDAPILLETA I., CANDEL D., DUBOIS D., (2007). "Defining sensory descriptors: Towards writing guidelines based on terminology". *Food Quality and Preference*. 18:265-274.
- GLEW, RH., FAIK A AYAZ, R., CARLOS, D.J. VANDERJAGT, H.S. HUANG, L.T. CHUANG, M. STRNAD, (2003). "Changes in sugars, organic acids and amino acids in medlar during fruit developement and maturation". *Food Chemistry*. 83(3): 363-369.
- GONZÁLEZ, M. y DE LORENZO, C. (2002). "Calidad sensorial de las mieles de Madrid: (II) Correlación con el análisis instrumental". *Alimentaria*. 103-111.
- GONZÁLEZ CARNERO, J., DE LA MONTAÑA MIGUÉLEZ, J., MÍGUEZ BERNÁRDEZ, M., (2002). [En línea]. "Estudio de la percepción de sabores dulce y salado en diferentes grupos de la población". *Nutr. Hosp.* XVII (5):256-258. Disponible en web: <http://www.nutricionhospitalaria.com/mostrarfile.asp?ID=3335>. [Consulta 5 Noviembre 2008]
- GONZÁLEZ, M^a.M., NAVARRO, T., GÓMEZ, G., PÉREZ R.A., DE LORENZO, C., (2007a). "Análisis sensorial de aceituna de mesa: I. Configuración de un grupo de cata y obtención de escalas normalizadas". *Grasas y aceites*. 58(3): 225-230.
- GONZÁLEZ, M^a.M., NAVARRO, T., GÓMEZ, G., PÉREZ, R.A., DE LORENZO, C., (2007b). "Análisis sensorial de aceituna de mesa: II. Aplicabilidad práctica y correlación con el análisis instrumental". *Grasas y aceites*. 58(3): 231-236.
- GORNY, J.R. y KADER, A.A. (1996). "Regulation of ethylene biosynthesis in climacteric apple fruit by elevated CO₂ and reduce O₂ atmospheres". *Postharvest Biology and Technology*. 9: 311-323.
- GRAELL, J. y RECASENS I., (1992). "Effects of ethylene removal on 'Starking Delicious' apple quality in controlled atmosphere storage". *Postharvest Biology and Technology*. 2(2): 101-108.
- GRAELL, J. y ORTIZ, A., (2003). "Recomendaciones para el almacenamiento en atmósfera controlada". *Horticultura*. 172: 38-44.
- GRUPO FOMESA. <http://www.fomesa.com>. [Consulta 26 de Noviembre 2008].
- GUALDRÓN, GUERRERO O.E., (2006). Tesis Doctoral. "Desarrollo de diferentes métodos de selección de variables para sistemas multisensoriales. Universidad Rovira i Virgili. Tarragona.

- GUERRA, M., CASQUERO P.A., VALENCIANO J.B., (2005). [En Línea]. Evolución de la madurez de la madurez de la pera Conferencia mediante técnicas de conservación frigorífica. Disponible en web: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/66/431/66431.pdf>. [Consulta 5 de Noviembre 2007].
- GUERRA, M., VALENCIANO J.B., MARCELO V., CASQUERO P.A., (2010). "Storage behaviour of "Reinette du Canada" apple cultivars" *Spanish Journal of Agricultural Research* 8(2): 440-447.
- HARKER, F.R., GUNSON F.A., TRIGGS C.M., (2006). "Apple firmness: Creating a tool for product evaluation based on a sensory-instrumental relationship". *Postharvest Biology and Technology*. 39(3): 327-330.
- HARKER, F.R., MAINDONALD J., MURRAY S.H., GUNSON F.A., HALLETT I.C., WALKER S.B., (2002a). "Sensory interpretation of instrumental measurements 1: texture of apple fruit". *Postharvest biology and technology*. 24(3): 225-239.
- HARKER, F.R., GUNSON F.A., BROOKFIELD F., WHITE P.L., (2002b). "An apple a day: the influence of memory on consumer judgment of quality". *Food Quality and Preference*. 13(3): 173-179.
- HASIB, A., JAOUAD A., MAHROUZ M., KHOUILLI M., (2002). "HPLC determination of organic acids in Moroccan apricot". *Cienc.Tecnol. Aliment.* 3(4): 207-211.
- HEENAN, S.P., DUFOURA J.P., HAMIDA N., HARVEY W., DELAHUNTYA C.M., (2009). "Characterisation of fresh bread flavour: Relationships between sensory characteristics and volatile composition". *Food Chemistry*. 116 (1): 249-257.
- HERNÁNDEZ, Y., LOBO M.G., GONZÁLEZ M., (2009). "Factors affecting sample extraction in the liquid chromatographic determination of organic acids in papaya and pineapple". *Food Chemistry*. 114: 734-741.
- HERRERO ÁLAMO, L., (2000). "Análisis sensorial de productos alimenticios. Metodología y aplicación al mercado español". Ed. MAPA. 113-133.
- HERRERO, A., (2004). "Frutus". Ed. Milenio.
- HERRERO, A. y GUARDIA J. (1992). Conservación de frutos. Manual Técnico. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- HERTO MAARTEN, L.A.T.M., NICHOLSON SUE, E., BANKS NIGEL, H., (2001). "The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change in 'Braeburn' apples". *Postharvest Biology and Technology*. 23: 175-184.
- HOLT, J. y SCHOORL D., (1984). "Mechanical properties and texture of stored apples". *J. Text. Stud.* 15: 377-394.

- HUSSON, F., LÊ S., PAGÈS J., (2007). "Variability of the representation of the variables resulting from PCA in the case of a conventional sensory profile". *Food Quality and Preference*. 18(7): 933-937.
- IGLESIAS, I., (1993). "El russetting de las manzanas". *Nutrifitos*. 53-73.
- IGLESIAS, I., VILLARDELL P., CARBÓ J., (2007). "Nuevas variedades de peral: comportamiento agronómico y calidad". *Fruticultura profesional*. 168: 5-18.
- IGLESIAS, I., VILLARDELL P., CARBÓ J., "Innovación varietal en manzano". [En línea]. Disponible en web: https://www.mapa.es/app/MaterialVegetal/docs/innovacion_varietal_manzano.pdf. [Consulta 16 Abril 2005].
- IGLESIAS, I.; CARBÓ J., BONANY J., DALMAU R., GUANTER G., MONTSERRAT R., MORENO A., PAGÉS J.M., (2000). "Manzano: las variedades de más interés". *Ed. IRTA*, Barcelona.
- INFOAGRO. FRUTAS TRADICIONALES. Disponible en web: <http://www.infoagro.com/frutas/frutas.htm>. [Consulta 12 Enero 2005].
- INFOJARDÍN. ÁRBOLES FRUTALES. Disponible en web: http://articulos.infojardin.com/Frutales/Frutales_directorio.htm. [Consulta 14 Abril 2010].
- IOANNIDES, Y., HOWARTH M.S., RATHATHA C., DEFERNEZ M., KEMSLEY E.K., SMITH A.C., (2007). "Texture analysis of Red Delicious fruit: Towards multiple measurements on individual fruit". *Food Quality and Preference*. 18(6): 825-833.
- JONES, A.L. y ALDWINCKLE H.S., (2002). "Plagas y enfermedades del manzano y el peral". The American Phytopathological Society.
- KARLSEN, A.M., AABY K., SIVERTSEN H., BAARDSETH P., ELLEKJAER M.R., (1999). "Instrumental and sensory analysis of fresh Norwegian and imported apples". *Food Quality and Preference*. 10(4-5): 305-314.
- KILCAST, D., (2004). "Texture in food. Solid Foods". 2, *Ed. CRC*.
- KNEE, M., (2002). "Bases biológicas de la calidad de la fruta". *Ed. Acribia*.
- KONOPACKA, D. y PLOCHARSKI W.J., (2004). "Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability". *Postharvest Biology and Technology*. 32: 205-211.
- KÜHN, B.F. y THYBO A.K., (2001). "The influence of sensory and physiochemical quality on Danish children's preferences for apples". *Food Quality and Preference*. 12: 543-550.

- LAMMERTYN, J., AERTS M., VERLINDEN B.E., SCHOTSMANS W., NICOLAI B.M., (2000). "Logistic regression analysis of factors influencing core breakdown in 'Conference' pears". *Postharvest Biology and Technology*. 20(1): 25-37.
- LATEUR, M., PLANCHON V., MOONS E., (2001). "Évaluation par l'analyse sensorielle de qualités organoleptiques d'anciennes variétés de pommes". *Biotechnol. Agronn. Soc. Environ.* 5(3): 180-188.
- LINARES, P.; RODRÍGUEZ, J.R.; LÓPEZ, L.J., SANZ, E., (2008). "Sistema de Información Geográfica para los frutales de calidad del Bierzo (FRUBIGIS)". En: *Hernández, L. y Parreño, J. M. Ed. Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial*. ISBN: 978-84-96971-53-0.
- LÓPEZ, M.L., VILLATORO C., FUENTES T., GRAELL J., ECHEVERRIA G., (2007). "Volatile compounds, quality parameters and consumer acceptance of 'Pink Lady(R)' apples stored in different conditions". *Postharvest Biology and Technology*. 43(1): 55-66.
- LÖTZE E., JOUBERT J., THERON K.I., (2008). "Evaluating pre-harvest foliar calcium applications to increase fruit calcium and reduce bitter pit in "Golden Delicious" apples" *Scientia Horticulturae*. 116: 299-304.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN. [En línea]. Anuario de estadística alimentaria. Disponible en web: <http://www.mapa.es/>. [Consulta 22 Septiembre 2004].
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (1993). "Métodos Oficiales de Análisis". *Ed. Secretaría General Técnica MAPA*, Tomo I.
- MARCA DE GARANTÍA PERA CONFERENCIA DEL BIERZO. Disponible en web: <http://www.peraconferenciadelbierzo.es/>. [Consulta 22 Septiembre 2004].
- MARCELO, V., (2004). Tesis doctoral "Caracterización de los parámetros que influyen en le asado de la manzana reineta del bierzo y la aptitud para la comercializaciones del producto final". Universidad de León.
- MARTÍN, V.J., (2005). [En línea]. "Consumo de frutas frescas en España". En *Distribución y Consumo* (41). Disponible en web: http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_DYC/DYC_2005_83_5_18.pdf. [Consulta 15 Mayo 2005].
- MARTIN, D., LEWIST.L., CERNY J., (1960). "Bitter pit in the apple variety Cleopatra in Tasmania in relation to calcium and magnesium". *Australian Journal of Agricultural Research*. 11(5): 742-749.

- MEHINAGIC, E., ROYER G., BERTRAND D., SYMONEAUX R., LAURENS F., JOURJON F., (2004). "Prediction of the sensory quality of apples by physical measurements". *Postharvest Biology and Technology*. 34(3): 257-269.
- MEHINAGIC, E., ROYER G., BERTRAND D., SYMONEAUX R., (2003). "Relation between sensory analysis, penetrometry and visible NIR spectroscopy of apples belonging to different cultivars". *Food Quality and Preference*. 14: 473-484.
- MITCHAM, E.J., CRISOSTO C.H., KADER A.A., (1996-1999). [En línea] "Perishables Handling" *Postharvest Technology Research and Information Center*, UC Davis. Disponible en web: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/>. [Consulta 13 Mayo 2007].
- MITCHAM, E.J., CRISOSTO C.H., KADER A.A., (2006). [En línea] "Starch Staining Pattern" *Postharvest Technology Research and Information Center*, UC Davis. Disponible en web: http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/full_apple-reddelstarchstain.shtml. [Consulta 13 Mayo 2007].
- MIRANDA, C. y ROYO J.B., (2003). "Influencia de las heladas primaverales y la densidad floral sobre la producción y la calidad en peral cv Conferencia". *Actas de Horticultura*. 312-315.
- MONGE, E., VAL J., SANZ M., BLANCO A., MONTAÑÉS L. [En línea]. "El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano". *An. Estac. Exp. Aula Dei* (Zaragoza). 21(3): 189-201. Disponible en web: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/4247/1/analesv.21n.3-1995-pp189.pdf>. [Consulta 11 Mayo 2008].
- MOGGIA, C., PEREIRA M., YURI J.A., (2005). "Evolución de madurez en pre y postcosecha y potencialidad de almacenaje de Peras Packham's Triumph". *Agric. Téc.* 65(3) 246-257.
- MONTESINOS, E., MELGAREJO P., CAMBRA M.A., PINOCHET J., (2000). "Enfermedades de los frutales de pepita y de hueso". *Sociedad española de fitopatología*. 3: 11-15.
- MOYA-LEÓN, M^aA., VERGARA M., BRAVO C., MONTES M^aE., MOGGIA C., (2006). "1-MCP treatment preserves aroma quality of 'Packham's Triumph' pears during long-term storage" *Postharvest Biology and Technology*. 42: 185-197.
- MUÑOZ, A.M., (2002). "Sensory evaluation in quality control: an overview, new developments and future opportunities". *Food Quality and Preference*. 13(6): 329-339.

- NEYRAUD, E. y DRANSFIELD E., (2004). "Relating ionisation of calcium chloride in saliva to bitterness perception". *Physiology & Behavior*. 81(3): 505-510.
- NUTRICIÓN MINERAL EN MANZANOS. Disponible en web: <http://www.redagricola.com/content/view/223/29/>. [Consulta 7 Febrero 2005].
- O'MAHONY, M., (1982) "Some assumptions and difficulties with common statistic for sensory analysis". *Food Techno*. 36: 75.
- ORTÍZ, A., ECHEVERRÍA G., GRAELL J., LARA I., (2010). "The emission of flavour-contributing volatile esters by "Golden Reinders" apples is improved after mid-term storage by postharvest calcium treatment" *Postharvest Biology and Technology* 57(2): 114-123.
- PARRA, A. y HERNÁNDEZ J., (2006). "Estudio de algunas propiedades físicas y fisiológicas precosecha de la pera variedad Triunfo de Viena". *Rev. Bras. Frutic*. 28(1): 55-59.
- PENEAU, S., HOEHN E., ROTH H. R., ESCHER F., NUESSELI, J., (2006). "Importance and consumer perception of freshness of apples". *Food Quality and Preference*. 17(1-2): 9-19.
- PEREZ ELORTONDO, F.J., OJEDA M., ALBISU M., SALMERON J., ETAYO I., MOLINA, M., (2007). "Food quality certification: An approach for the development of accredited sensory evaluation methods". *Food Quality and Preference*. 18: 425-439.
- PÉREZ, T., MARTÍNEZ C., TOMÁS V., MARTÍN J., (2004). "High-performance liquid chromatographic separation and quantification of citric, lactic, malic, oxalic and tartaric acids using a post-column photochemical reaction and chemiluminescence detection". *Journal of Chromatography A*. 1026: 57-64.
- POMME CODE AMIDON. AIDE A LA DECISION DE RECOLTE. Disponible en web: http://www.fruits-et-legumes.net/revue_en_ligne/point_sur/fich_pdf/code_amidon.pdf. [Consulta 17 Noviembre 2008].
- PRE-AYMARD, C.F., (2005). "Sensory analysis and instrumental measurements of 'Anna' apples treated with 1-methylcyclopropene". *Postharvest Biology and Technology*. 36(2): 135-142.
- PREDIERI, S., y GATTI E., (2009). "Effects of cold storage and shelf-life on sensory quality and consumer acceptance of 'Abate Fetel' pears". *Postharvest Biology and Technology*. 51(3): 342-348.

- PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS DE CASTILLA Y LEÓN. MARCAS DE GARANTÍA. MANZANA REINETA DE CADERECHAS. Disponible en web: <http://canales.nortecastilla.es/agroalimentos/marcas/manzanacaderechas.php>. [Consulta 12 Enero 2011].
- PUIG, E. y GUERRERO L. (2002). "Introducción al análisis sensorial de los alimentos". *Ed. Universidad de Barcelona*.
- PURROY, M., HERNÁNDEZ B., SÁENZ C., TORRE P., (2005). "Escalas subjetivas de color en queso de Roncal. Correlación con las medidas instrumentales". *Óptica Pura y Aplicada.*, Vol. 38(1): 1-3.
- REGLAMENTO DENOMINACIÓN DE ORIGEN "MANZANA REINETA DEL BIERZO" Orden 1999. Consejería de Agricultura y Ganadería de Castilla y León. Disponible en web: <http://www.manzanareinetadelbierzo.es/>.
- REGLAMENTO MARCA DE GARANTÍA "MANZANA REINETA DEL VALLE DE LAS CADERECHAS". Disponible en web: <http://www.caderechas.com/>.
- REGLAMENTO MARCA DE GARANTÍA "PERA CONFERENCIA DEL BIERZO". Disponible en web: <http://www.peraconferenciadelbierzo.es/>.
- RECASENS, I., BENAVIDES A., PUY J., CASERO, T., (2004). "Pre-harvest calcium treatments in relation to the respiration rate and ethylene production of 'Golden Smoothee' apples". *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84(8): 765-771.
- RICHARDSON, D.G. y KUPFERMAN, E., (1997). "Controlled atmosphere storage of pears". *Postharvest Horticulture*. 2: 31-35.
- ROCHA, A.M.C.N. y MORAIS, A.M.M.B., (2003). "Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes". *Food Control*. 14(1): 13-20.
- ROMERO, M^a.P., (2002). [En línea]. "Evaluación sensorial de fruta: manzanas". Ponencias CS2002. 11-13. Disponible en web: http://www.percepnet.com/documenta/CS02_04.pdf. [Consulta el 12 Mayo de 2006].
- ROSENTHAL J., (2001). "Textura de los Alimentos Medida y Percepción". *Ed. Acribia.*, Zaragoza.
- RÓTH, E., BERNA A., BEULLENS K., YARRAMRAJU S., LAMMERTYN J., SCHENK A., NICOLAÏ B., (2007). "Postharvest quality of integrated and organically produced apple fruit". *Postharvest Biology and Technology*. 45: 11-19.

- ROUDOT, A.C., (2004). "Reología y análisis de textura de los alimentos". *Editorial Acribia*, Zaragoza.
- SAHMER, K. y QANNARI, E.M., (2008). "Procedures for the selection of a subset of attributes in sensory profiling". *Food Quality and Preference*. 19(2): 141-145.
- SALAMANCA, G., (2001). [En línea]. "Criterios relativos al análisis sensorial de mieles". Disponible en web:
http://www.apiservices.com/articulos/salamanca/analisis_sensorial_miel es.doc [Consulta: 20 de Octubre 2006]
- SALVADOR, A., VARELA P., FISZMAN S.M., (2007). "Consumer acceptability and shelf life of "flor de invierno" pears (*Pyrus communis* L.) under different storage conditions". *Journal of Sensory Studies*. 22(3): 243-255.
- SANCHO, J., BOTA E., DE CASTRO J.J., (1999). "Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos". *Ed. Universidad de Barcelona*.
- SANTAELLA, M., (2001). [En línea]. Índices de madurez y momento óptimo de recolección en relación con el almacenamiento refrigerado del melocotón. Disponible en web:
<http://www.horticom.com/pd/imagenes/73/161/73161.pdf>. [Consulta 22 Septiembre 2004].
- SANZ, M., (1997). Tesis doctoral: "Parámetros físico-químicos y sensoriales que evalúan la calidad de las legumbres de consumo humano". Universidad de León.
- SANZ M. y MACHÍN J., (1999). Aplicación del análisis floral al pronóstico y diagnostico del Bitter Pit". *ITEA*. 95(2): 118-124.
- SAURE, M.C., (2005). "Calcium translocation to freshy fruit: its mechanism and endogenous control". *Scientia Horticulturae*. 17: 1-25.
- SHMULEVICH, I., BEN-ARIE R., SENDLER N., CARMI Y., (2003). "Sensing technology for quality assessment in controlled atmospheres". *Postharvest Biology and Technology*. 29: 145-154.
- SHEWFELT, R.L., (1999). "What is quality?". *Postharvest Biology and Technology*. 15: 197-200.
- SIDDIQUI, S., BRACKMANN A., STREIF J., BANGERTH F., (1996). Controlled atmosphere storage of apples: cell wall composition and fruit softening. *J. Hort. Sci.* 71: 613-620.
- STEVENSON, D., PAUL A.D., JAY-LIN J., (2006). "Structures and functional properties of apple (*Malus domestica* Borkh) fruit starch". *Carbohydrate Polymers*. 63(3): 432-441.

- STONE, H. y SIDEL J.L., (1995). "Strategic applications for sensory evaluation in a global market". *Food Technol.* 49: 80-85.
- SURMACKA-SZCZESNIAK A., (2002). "Texture is a sensory property" *Food Quality and Preference.* 13: 215-225.
- UNE 87-001-1994. Análisis Sensorial. Vocabulario.
- UNE 87-004-1979. Análisis Sensorial. Guía para la instalación de una sala de cata.
- UNE 87-006-1992. Análisis Sensorial. Prueba Triangular.
- UNE 87-008-1992. Análisis Sensorial de Alimentos. Metodología. Guía General .
- UNE 87-020-1993. Análisis Sensorial. Metodología. Evaluación de los productos alimentarios por métodos que utilizan escalas.
- UNE 87-024-1-1995. Análisis Sensorial. Guía para la selección, entrenamiento y control de los jueces. Parte 1 catadores.
- UNE 87-023-1995. Análisis Sensorial. Metodología. Ensayo de clasificación por ordenación.
- UNE 87-025-1996. Análisis Sensorial. Metodología. Perfil de Textura.
- VAL, J. y BLANCO A., (2000). "Nutrición cálcica y bitter pit". XXXII Jornadas de Estudio AIDA: Jornadas de Experimentación en Fruticultura. Editorial SECH, ITEA. 21: 233-239.
- VAL, J. y BLANCO A., (2004). [En línea]. "Nutrición y fertilización de cultivos". Disponible en web:
http://www.eead.csic.es/fileadmin/publicaciones_pdf/Memoria_00-04%20AULA_DEI.pdf. [Consulta: 15 Mayo 2006].
- VALERO, C. y RUIZ M., (2000). "Técnicas de medida de la calidad de frutas". *Vida Rural.* 7(116): 60-64.
- VANG-PETERSEN, O., (1980). "Calcium nutrition of apple trees". *Scir.Hort.* 12:1-19.
- VARA-UBOL S., CHAMBERS E., KONGPENSOOK V., OUPADISSAKOON C., YENKET R., RETIVEAU A., (2006). "Determination of the Sensory Characteristics of Rose Apples Cultivated In Thailand". *Journal Of Food Science.* 71(7): 247-252.
- VARELA, P., SALVADOR A., FISZMAN S., (2007). "Changes in apple tissue with storage time: rheological, textural and microstructural analyses". *Journal of Food Engineering.* 78: 622-629.
- VARELA, P., SALVADOR A., FISZMAN S., (2005). "Shelf-life estimation of 'Fuji' apples: sensory characteristics and consumer acceptability". *Postharvest Biology and Technology.* 38(1): 18-24.

- VARGAS, A., PÉREZ J., ZOFFOLI J.P., PÉREZ, A., (2001). "Comparación de variables de textura en la medición de firmeza de bayas de uva Thompson Sedles". *Cien. Inv. Agr.* 28(1): 37-42.
- VEGA, S.G., (2000). [En línea]. "Aplicaciones de compuestos de calcio en manzanas después de la cosecha. Efecto sobre las fisiopatías: bitter pit, escaldadura, podredumbres, lenticelosis y fitotoxicidad. Disponible en web: www.andoycia.com.ar/archivo/informe/. [Consulta 31 Agosto de 2006].
- VILA-LÓPEZ, R., (2006). Tesis doctoral: "Caracterización físico-química del membrillo japonés (*Chaenomeles sp. Lindl.*). Desarrollo fisiológico y conservación frigorífica". Universidad de Murcia.
- VILLARROEL, L., ALVAREZ, J., MALDONADO, D., (2003). [En línea]. "Aplicación del análisis de componentes principales en el desarrollo de productos". Disponible en web: <http://www.fcyt.umss.edu.bo/investigacion/cesa/articulos/ARTICULO%201-APLICACION%20DEL%20ACP.pdf>. [Consulta: 15 de Mayo 2007].
- WATKINS, C.B., ERKAN M., NOCK J.F., IUNGERMAN K.A., BEAUDRY R.M., MORAN R.E., (2005). "Harvest date effects on maturity, quality, and storage disorders of 'Honeycrisp' apples". *Hortscience*. 40(1): 164-169.
- WATKINS, C.B., NOCK J.F., WEISS A., JAYANTY S., BEAUDRY R.M., (2004). "Storage temperature, diphenylamine, and pre-storage delay effects on soft scald, soggy breakdown and bitter pit of 'Honeycrisp' apples". *Postharvest biology and technology*. 32(2): 213-221.
- WIKIPEDIA MANZANA. Disponible en web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Manzana>. [Consulta 22 Septiembre 2004].
- WIKIPEDIA PEARS. Disponible en web: <http://en.wikipedia.org/wiki/Pear>. [Consulta 22 Septiembre 2004].
- WITNEY, G.W., KUSHAD M.M., BARDEN J.A., (1991). Induction of bitter pit in apple. *Scientia Horticulturae*. 47: 173-176.
- WU, J.G., HAIYAN ZHAO, LEI LIAO, XIAOJUN CHEN, FANG WANG, ZHENFU HU, XIAOSONG, (2007). "Chemical compositional characterization of some apple cultivars". *Food Chemistry*. 103(1): 88-93.
- ZAMORA, E., (2007). "Evaluación Objetiva de la Calidad Sensorial de Alimentos procesados". *Ed. Universitaria*.
- ZHENG, W., CHEN F., XU Y., ZHANG J. y ZHAJ H., (2007). "Interactive effects of organic fertilizer, CaSO₄ and amino acid Ca on Fuji apple in Burozem soil in China". *Frontiers of Agriculture in China*. 1(4): 460-467.

