



Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y  
BIOCIENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI  
MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA**

*PUESTA EN MARCHA DE UN PANEL DE CATADORES PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL DESCRIPTIVO  
DE MANZANAS AUTÓCTONAS*

presentado por

*SERGIO BUSTINGORRI MURILLO (e)k*

*aurkeztua*

MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGIA Y SOSTENIBILIDAD EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

*UNIBERTSITATE MASTERRA ELIKAGAIEN INDUSTRIAKO TEKNOLOGIAN ETA  
JASANGARRITASUNEAN*

Febrero, 2021 / 2021, Otsaila

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue la puesta en marcha de un panel de catadores capaces de realizar un análisis sensorial descriptivo de manzanas, a través de la evaluación de atributos de aroma, gusto y textura previamente establecidos. Inicialmente, se realizó la captación de personas interesadas en formar parte del panel. Los participantes realizaron pruebas triangulares y de ordenación para evaluar su percepción de los gustos ácido y dulce, y una prueba de perfil rápido para estimar la capacidad de partida de los catadores para describir sensorialmente manzanas. Después, se realizó un entrenamiento donde se definió la forma de evaluar los atributos y los catadores aprendieron a utilizar las escalas de intensidades de cada atributo con la ayuda de productos de referencia. Una vez completado el entrenamiento, se llevó a cabo el análisis sensorial de 12 variedades de manzana autóctonas de la colección existente en la Universidad Pública de Navarra. Los datos obtenidos en las sesiones de entrenamiento y de evaluación de las manzanas se sometieron a distintas pruebas estadísticas de carácter univariable (análisis de la varianza) y multivariable (análisis de componentes principales y análisis de conglomerados). Aunque el comportamiento del panel no mostró el nivel de repetibilidad y de consenso deseados, se pudo lograr una adecuada caracterización sensorial de las manzanas autóctonas.

**Palabras clave:** Manzana (*Malus domestica*), Análisis sensorial descriptivo, Perfil sensorial, Panel de catadores, Entrenamiento

## ABSTRACT

The objective of this work was to set up a sensory panel who could perform a descriptive sensory analysis of apples, through the evaluation of previously established aroma, taste and texture attributes. Initially, people interested in being part of the panel were recruited. Participants took triangular and sorting tests to evaluate their perception of sour and sweet tastes, and a flash profile test to estimate their baseline ability to sensorially describe apples. Afterwards, training was conducted to define how to evaluate the attributes and the panelists learned how to use the intensity scales for each attribute with the help of reference products. Once the training was completed, the sensory analysis of 12 native apple varieties from the existing collection at the Public University of Navarra was carried out. The data obtained in the training and apple evaluation sessions were subjected to different univariable (analysis of variance) and multivariable (principal component analysis and cluster analysis) statistical tests. Although the behavior of the panel did not show the desired level of repeatability and consensus, an appropriate sensory characterization of the native apples was achieved.

**Keywords:** Apple (*Malus domestica*), Descriptive sensory analysis, Sensory profile, Panel, Training

# ÍNDICE

1.	Introducción .....	1
1.1	Manzanas .....	1
1.2	Calidad de las manzanas .....	2
1.3	Calidad organoléptica.....	3
1.4	Determinación de la calidad de las manzanas .....	4
1.5	Análisis sensorial .....	5
1.6	Calidad sensorial .....	5
1.6.1	Atributos y órganos sensoriales .....	5
1.6.2	Análisis descriptivo (DA).....	6
1.6.3	Flash Profile .....	9
2.	Objetivo .....	10
3.	Plan de trabajo .....	10
3.1	Preparación preliminar.....	10
3.2	Captación, selección y entrenamiento de catadores .....	11
3.3	Evaluación de manzanas de la colección de variedades autóctonas de la ETSIAB .....	11
4.	Material y métodos .....	12
4.1	Las manzanas .....	12
4.1.1.	Variedades de manzana .....	12
4.1.2.	Preparación de las muestras .....	13
4.2.	Léxico descriptivo .....	13
4.3.	Captación de los catadores y características del panel.....	16
4.4.	Pruebas de percepción de sabores .....	18
4.5.	Sesión de aproximación a la evaluación sensorial descriptiva de manzanas .....	19
4.6.	Sesiones de entrenamiento en la evaluación de los atributos sensoriales .....	19
4.7.	Análisis sensorial de las variedades de manzanas autóctonas. ....	20
4.8.	Análisis estadístico .....	21
5.	Resultados y discusión .....	22
5.1	Desarrollo del panel de catadores y del método de análisis descriptivo.....	22
5.1.1	Pruebas de percepción.....	22
5.1.2	Evaluación preliminar de los catadores a través de una prueba de Perfil Rápido.....	22
5.1.3	Sesiones de entrenamiento .....	28
5.1.3.1	Sesión 1 .....	28
5.1.3.2	Sesión 2 .....	35
5.1.3.3	Sesión 3 .....	39

5.2	Análisis sensorial descriptivo de variedades autóctonas de manzana .....	45
5.2.1	Evaluación del comportamiento del panel .....	45
5.2.2	Caracterización de las variedades de manzana .....	52
6.	Conclusiones.....	60
7.	Bibliografía .....	62
	ANEXO 1: VARIEDADES DE MANZANA AUTÓCTONAS .....	65
	ANEXO 2: FICHA Y ENCUESTA DE LOS CATADORES DEL PANEL .....	66
	ANEXO 3: FICHAS DE LAS PRUEBAS TRIANGULARES Y DE ORDENACIÓN .....	68
	ANEXO 4: FICHA DEL DESARROLLO DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DESCRIPTIVO (FLASH PROFILE) .....	72
	ANEXO 5: FICHA DEL DESARROLLO DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DESCRIPTIVO (SESIONES DE ENTRENAMIENTO).....	73
	ANEXO 6: FICHA DEL ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE MANZANAS AUTÓCTONAS.....	76
	ANEXO 7: BIGRÁFICOS ACP (FLASH PROFILE).....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información de las variedades de manzana utilizadas. ....	12
Tabla 2. Lista de atributos utilizada en el análisis sensorial descriptivo de las manzanas.....	15
Tabla 3. Variedades de manzana analizadas en cada sesión. ....	21
Tabla 4. Atributos generados por los catadores en la prueba de perfil rápido (*). ....	23
Tabla 5. Resumen de los bigráficos (variedad y atributo) de cada catador obtenidos por ACP.	24
Tabla 6. AFM: porcentaje de la varianza explicada por los diferentes factores. ....	25
Tabla 7. Resultados de los ANOVA (variedad) para los atributos de la sesión de entrenamiento 1.....	28
Tabla 8. Valores F y p en los ANOVA (catadores) para los atributos amargor y astringencia.....	29
Tabla 9. Resumen de las interpretaciones de los gráficos de residuos de los ANOVA (variedad) en la sesión 1.....	32
Tabla 10. Valores medios de cada grupo de catadores (sesión 1 de entrenamiento).....	34
Tabla 11. Resultados de los ANOVA (variedad) para los atributos de la sesión de entrenamiento 2.....	35
Tabla 12. Resumen de las interpretaciones de los gráficos de residuos de los ANOVA (variedad) en la sesión 2.....	37
Tabla 13. Valores medios de cada grupo de catadores (sesión 2 de entrenamiento).....	38
Tabla 14. Resultados de los ANOVA (variedad) para los atributos de la sesión de entrenamiento 3.....	40
Tabla 15. Resumen de las interpretaciones de los gráficos de residuos.....	41
Tabla 16. Valores medios de cada grupo de catadores (sesión 3 de entrenamiento).....	44
Tabla 17. ANOVA (Variedad, Catador y Sesión): significatividad de los factores y sus interacciones. ....	46
Tabla 18. Resultados de los ANOVAs (Catadores) correspondientes a la evaluación final de las variedades autóctonas de manzana. ....	49
Tabla 19. Valoraciones medias de los seis grupos de catadores identificados con el análisis de conglomerados.....	51
Tabla 20. Síntesis de la información derivada del análisis de conglomerados de los catadores en la última sesión de entrenamiento y en la evaluación final de las manzanas. ....	52
Tabla 21. Resultados de los ANOVAs (Variedad) correspondientes a la evaluación final de las variedades autóctonas de manzana. ....	53
Tabla 22. Grupos de variedades identificados con análisis de conglomerados y sus principales características.....	56
Tabla 23. Correlaciones lineales entre varios parámetros sensoriales y fisicoquímicos. ....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Consumo estacional de las manzanas por parte de los catadores. ....	17
Figura 2. Variedades de manzana más citadas por parte de los catadores.....	18
Figura 3. AFM: mapa de correlaciones de los atributos con respecto a los dos primeros factores.....	26
Figura 4. AFM: mapa de las variedades de manzana con respecto a los factores 1 y 2. ....	27
Figura 5. Gráfico de medias e intervalos de cada media de los catadores para el atributo amargor.....	29
Figura 6. Gráfico de medias e intervalos de cada media de los catadores para el atributo astringencia. ....	30
Figura 7. Gráfico de los residuos de cada variedad de manzana para grosor de piel.....	31
Figura 8. Dendograma de los catadores obtenido con los datos medios de la sesión 1 de entrenamiento. ....	33
Figura 9. Bigráfico (atributos y variedades) del ACP obtenido con las medias de cada variedad (sesión 1). ....	34
Figura 10. Gráfico de medias de la fibrosidad para cada catador (sesión 2). ....	36
Figura 11. Dendograma de los catadores obtenido con los datos medios de la sesión 2 de entrenamiento. ....	38
Figura 12. Bigráfico (atributos y variedades) del ACP obtenido con las medias de cada variedad (sesión 2). ....	39
Figura 13. Gráfico de medias de la fibrosidad para cada catador (sesión 3). ....	41
Figura 14. Dendograma de los catadores obtenido con los datos medios de la sesión 3 de entrenamiento. ....	43
Figura 15. Bigráfico (atributos y variedades) del ACP obtenido con las medias de cada variedad (sesión 3). ....	45
Figura 16. Evaluación de la dureza de piel en las variedades Arakil-02 y Naranjina en las sesiones 1 y 2. ....	47
Figura 17. Evaluación del dulzor en las variedades Arakil-02 y Naranjina por parte de los distintos catadores.....	47
Figura 18. Dendograma de los catadores obtenido con los datos medios de la evaluación de las manzanas autóctonas. ....	50
Figura 19. Bigráfico (atributos y variedades) del ACP obtenido con las medias de cada variedad autóctona. ....	54
Figura 20. Dendograma de los atributos obtenido con los datos medios de cada variedad autóctona. ....	55
Figura 21. Dendograma de las variedades obtenido con los datos medios de cada variedad autóctona. ....	56
Figura 22. Perfil sensorial de las variedades autóctonas. ....	57
Figura 23. Astringencia y amargor de la piel de las variedades de manzana autóctona. ....	59

## 1. Introducción

El trabajo que se presenta a continuación forma parte del proyecto APPLECUT, cuyo objetivo es incrementar el valor añadido de las variedades de manzana autóctonas ligadas al “fresch-cut” y procesamiento en fresco y a sus propiedades funcionales. En este proyecto participan cuatro entidades de investigación diferentes como son CITA (Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón), USJ (Universidad San Jorge), ISFOOD-UPNA (Institute for Innovation & Sustainable Development in Food Chain-Universidad Pública de Navarra) e IMAB-UPNA (Institute for Multidisciplinary Research in Applied Biology-Universidad Pública de Navarra). Esto permite que las cuatro entidades se complementen, ya que comprenden competencias en diferentes campos y disciplinas como fenotipado, análisis bioquímico y sensorial, modelos de funcionalidad y tecnologías ómicas (genómica y transcriptómica). Este trabajo se encuentra integrado en la competencia de ISFOOD-UPNA, concretamente en la parte de “Fenotipado de las características sensoriales de la manzana”, tarea perteneciente a uno de los objetivos específicos del proyecto.

### 1.1 Manzanas

La manzana (*Malus domestica*) es uno de los frutos producidos en zonas templadas más importantes económicamente y uno de los más diversos del mundo (FAO, 2020). Es recomendable incluir diariamente frutas y verduras en la dieta, ya que la baja ingesta está relacionada con riesgos que contribuyen a la mortalidad por enfermedades no transmisibles.

Desde su aparición en el mercado, los cultivares más comerciales como Gala, Fuji, Braeburn, Honeycrisp, Pink Lady e Empire se han convertido en la principal preferencia de los consumidores. Este éxito viene precedido del desarrollo de programas intensivos de mejoramiento selectivo para mejorar la resistencia a las enfermedades y la vida útil de la fruta junto con sus atributos sensoriales. Además de eso, los nuevos cultivares se seleccionan tradicionalmente basándose en pocas opiniones subjetivas (Hampson et al., 2000). Sin embargo, este hecho ha provocado una pérdida de biodiversidad de las manzanas, ya que la producción intensiva se centra en las variedades con mayor potencial de comercialización, sacrificando en muchas ocasiones otros parámetros como el sabor, olor o textura (Iaccarino et al., 2019).

Actualmente, existe una fuerte tendencia centrada en la recuperación de variedades autóctonas que han existido desde la antigüedad y que han estado bien adaptadas a las condiciones geográficas y ambientales de la zona. De esta forma, se quiere fomentar el aumento de la diversidad de cultivos y favorecer la producción local (Agroinformación, 2021). Otra tendencia está centrada en el cultivo orgánico como alternativa a la producción tradicional o intensiva debido a las ventajas que lleva consigo: (1) conservación de la fertilidad del suelo, (2) aseguramiento de la rotación de cultivos, (3) disminución de la contaminación, (4) conservación de la calidad de los alimentos y (5) disminución de los costes energéticos. Todavía se desconoce si este sistema de cultivo afecta al contenido o la calidad de los frutos. Como ejemplos a tener en cuenta, en Japón se ha realizado una comparación entre los cultivos orgánicos y convencionales de

manzana (Fuji) y en EE. UU. entre los sistemas orgánicos, convencionales e integrados (Peck, 2006).

En estos estudios se demostró que ciertas características de las manzanas fueron diferentes según el sistema de cultivo, como la actividad antioxidante total, los niveles de aldehído y las valoraciones y preferencias de los consumidores.

## ***1.2 Calidad de las manzanas***

Es un factor clave en la preferencia de los consumidores y depende principalmente de las propiedades adquiridas durante el proceso de maduración del fruto pre y postcosecha. La maduración es un complejo de procesos fisiológicos que hace que el fruto sea comestible y agradable. Los cambios más importantes son el tamaño, color, ácido / azúcar, sabor y textura de la fruta (Corollaro et al., 2015).

El concepto de calidad no es único y sencillo, sino que es múltiple y complejo. Por lo tanto, es necesario definir los diferentes conceptos antes de poder evaluar la calidad de las frutas. Thiault, en 1975, agrupó la calidad en cuatro conceptos: comercial, organoléptica, nutricional e higiénica (Delhom, 1985).

La primera está centrada en el cumplimiento de “normas de calidad”, que exigen unas características mínimas (frutos enteros, sanos, limpios, sin humedad exterior anormal, sin olores y sabores extraños, suficientemente desarrollados y no demasiado maduros). Una vez cumplen con las características mínimas, se realiza la clasificación de los frutos en las categorías (Extra, I, II y III) según la forma, desarrollo, coloración, pedúnculo, defectos, calibre y “russeting” (defecto característico de las manzanas). Por último, se añaden unos anexos para uniformar criterios: coloración (rojas, mixtas con estrías ligeramente coloreadas y de coloración clara uniforme), presencia de «russeting» (característico y con tendencia) y fruto grueso.

En cuanto a la calidad nutricional, las manzanas son ricas en glúcidos (fructosa, glucosa, sacarosa, almidón) y bajas en lípidos. Además, contienen ácidos orgánicos, sales, taninos, ésteres y aldehídos, vitaminas, etc. que lo hacen un alimento suave y fácilmente digerible. Una cosa destacable es la presencia de fibras dietéticas (celulosas, hemicelulosas, pectinas, gomas y ligninas) que son importante para la regulación de funciones intestinales y que tienen efectos positivos como (1) prevención del estreñimiento, (2) mejora de diarreas infantiles, (3) prevención de problemas de colon (sobre todo cáncer), (4) prevención de caries dentales y (5) prevención de la obesidad y la ateromatosis.

La calidad higiénica se refiere, principalmente, a la presencia de productos o sustancias que pueden dañar a la salud. Se incluyen en esta categoría los productos fitosanitarios como toxinas elaboradas por microorganismos, contaminaciones accidentales, etc.

Existe una legislación vigente para estos productos fitosanitarios, Orden de la Presidencia del Gobierno de 20 de febrero de 1979 (BOE, de 12-3-1979) que debe respetarse siempre. En cuanto a las toxinas producidas por microorganismos, se destaca la patulina producida por *Penicillium expansum* y asociada con la podredumbre de la fruta.

### ***1.3 Calidad organoléptica***

Es el concepto que tiene más relación con el análisis sensorial, y que se define como «el conjunto de las propiedades de un producto que actúa de estímulo de diversos receptores sensoriales afectados antes, durante y después de su eventual consumo» (Delhom, 1985).

El color es la consecuencia de la degradación de la clorofila superficial del fruto y la síntesis de pigmentos coloreados, ya sean carotenoides (amarillos) o antocianos (rojos). En otros trabajos, esta propiedad forma parte de la apariencia, junto al tamaño, forma y ausencia de defectos o descomposición (Seppä et al., 2012). Por otro lado, la dureza disminuye según madura la fruta en el árbol y durante la conservación y comercialización de esta. En particular, existe una estrecha correlación entre la textura y la frescura general de la fruta, por lo que es un buen indicador de calidad. Además, las propiedades mecánicas y elásticas de la estructura de la pared celular primaria también son responsables de la liberación de jugo y sabor y, por tanto, también son importantes como indicadores de calidad (Daillant-Spinnler et al., 1996; Karlsen et al., 1999; Harker et al., 2008). El contenido de azúcares y ácidos está relacionado con las sensaciones sápidas, gustativas, percibidas durante el proceso de masticación y deglución. En el desarrollo del fruto, los azúcares sintetizados mediante la función clorofílica se polimerizan en parte como almidón, quedando almacenados en el fruto. En la maduración posterior, este almidón se hidroliza en moléculas más sencillas. El azúcar simple más importante es la fructosa. Los ácidos orgánicos están en forma de ácidos libres o en forma de ácidos combinados con cationes formando sales. El ácido más importante es el málico, aunque también se encuentran otros como el succínico, láctico, cítrico, etc. El contenido de estos ácidos disminuye con la maduración y conservación, pero se acentúa en cámaras convencionales. El aroma, durante la masticación, se produce por la destrucción de células y la liberación de sustancias volátiles que llegan a la nariz por vía retronasal. Los numerosos y complejos compuestos aromáticos se forman durante la maduración del fruto, y entre ellos destacan los ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas... En el trabajo de Seppä et al. (2012), también se incluye la astringencia. Esta propiedad se define como la sensación de sequedad, cierta rugosidad y aspereza en los tejidos de la boca durante la cata de un alimento denominado como astringente. Esta sensación es producida por los taninos que están presentes en las manzanas y que son conocidos por sus propiedades astringentes y antiinflamatorias (Delhom, 1985).

De los atributos anteriormente explicados, la apariencia y el color son los atributos que más en cuenta tienen los consumidores a la hora de preseleccionar las manzanas (Daillant-Spinnler et al., 1996; Jaeger et al., 1998; Kühn y Thybo, 2001a). Sin embargo, la textura y el sabor son los principales y los responsables de la aceptación por parte del consumidor (Daillant-Spinnler et al., 1996, Jaeger et al., 1998, Kühn y Thybo, 2001a). Por un lado, la textura está muy relacionada con la frescura de la manzana. Para que una fruta sea denominada como “fresca” debe cumplir que sea “turgente sin signos de marchitamiento o envejecimiento, cuyas células no se hayan deteriorado” (ISO 7563: 1998). Por ello, las propiedades de textura son los atributos más importantes a la hora de determinar la aceptabilidad del consumidor (Jaeger et al., 1998; Péneau et al., 2006; Harker y col., 2008). Por otro lado, existe una mayor variabilidad en las preferencias de sabor, ya que existen ejemplos de consumidores que prefieren manzanas más dulces y otros, en cambio prefieren manzanas más ácidas.

La inmensa mayoría de frutas varían mucho en sus propiedades sensoriales, a pesar de pertenecer al mismo cultivar. De hecho, incluso en diferentes partes de una misma manzana puede haber variabilidad. Esto fue descubierto por Dever et al. (1995), el cual

fue capaz de demostrar que las diferentes partes (rubor / no rubor, superior / inferior) de una sola manzana tenían diferentes propiedades sensoriales. La presencia o no de color puede depender de ciertos factores (Delhom, 1985): (1) La variedad afecta tanto a los precursores incoloros de los pigmentos (flavonas, flavonoles, isoflavonas, leucoantocianos) como al proceso enzimático involucrado en el proceso. (2) La luz afecta tanto a la formación de reservas como a la síntesis fotoquímica de los antocianos. (3) Las materias de reserva actúan como fuente bioquímica de energía y como componente estructural de los antocianos. (4) La temperatura no debe ser demasiado alta por la noche. Las noches frescas y húmedas que alternan con días soleados dan una buena coloración. Otro problema existente es la recolección, ya que las manzanas (climatéricas) suelen recolectarse antes de tiempo y la conservación frigorífica no suele ser lo suficientemente rápida y eficaz. Esto provoca problemas de dureza (valores inferiores al umbral mínimo), reflejados en manzanas blandas y harinosas. También repercute en el contenido de sólidos solubles, ácidos y aromas, siendo estos inferiores al mínimo establecido.

#### ***1.4 Determinación de la calidad de las manzanas***

Debido a la gran variabilidad anteriormente citada, se ha intentado predecir la calidad de la fruta de diferentes formas. La primera, y más antigua, es la caracterización instrumental. Los proveedores de alimentos miden actualmente la calidad de las manzanas utilizando descriptores pomológicos básicos, como el peso, la forma, el tamaño, el color, el contenido de sólidos solubles, pH, acidez titulable, ácidos orgánicos, contenido de almidón y textura. (Corollaro et al., 2013; Alonso, 2011). Los aparatos que miden estas propiedades son balanzas analíticas, colorímetros, refractómetros (manuales y digitales), pH-metros, valoraciones con NaOH (0,1N), espectrofotómetros, cromatógrafos, penetrómetros y analizadores de textura (texturómetros) respectivamente (Alonso, 2011; Brezmes, 2001). Sin embargo, la interacción entre los atributos sensoriales provoca que las predicciones no sean las esperadas, por lo que estos análisis no son suficientes para realizar una descripción exhaustiva de la calidad del fruto (Harker et al., 2006; Echeverría et al., 2008 ).

Por otro lado, se ha intentado definir la calidad de la manzana a nivel genético mediante enfoques genómicos (Amyotte et al., 2017). Se han descubierto varios genes relacionados con ciertos aspectos de las manzanas: (1) *Ma* (ácido málico) con el control de la acidez, (2) *LGs* (1, 10 y 15) y *MdPGL* con la firmeza, (3) *MdACOI* y *MdACSI* con la maduración climatérica y (4) *MdExp7* con el ablandamiento. La técnica llamada Selección Asistida por Marcadores (MAS) permite el control de la acidez y la firmeza a partir de la selección de los genes citados anteriormente. Estos dos atributos son críticos, ya que la mayoría de los consumidores prefieren manzanas firmes y un dulzor-acidez equilibrado. Debido a que esta técnica cada vez es menos costosa si se compara al mantenimiento de los manzanos (costo relativo alto), son fundamentales más investigaciones para continuar mejorando la eficiencia de esta técnica.

Existe otra técnica, llamada Asociación del Genoma Completo (GWAS), que permite conocer las diferentes fuentes de variación de los genes previamente caracterizados a partir del análisis del germoplasma de la manzana. Además, esta técnica no necesita una población de mapeo diseñada. A partir de GWAS se pueden detectar locus (lugar específico del cromosoma donde está localizado un gen u otra secuencia de ADN) que son utilizados en aplicaciones de reproducción, identificando su rango cuantitativo del (QTL) presente de las posibles variedades reproductoras.

## ***1.5 Análisis sensorial***

El análisis sensorial (AS) es una disciplina científica que permite medir, analizar e interpretar las propiedades de un alimento que son perceptibles por los órganos de los sentidos, tanto cuantitativamente como cualitativamente.

Estas percepciones pueden ser diferentes en función de ciertos factores. Los primeros son los fisiológicos, como las diferencias individuales, la capacidad de adaptación y la potenciación, supresión o sinergia. También existen factores psicológicos, como la tendencia central y varios errores (de orden, de expectativa, de habituación, de anticipación, de proximidad, de estímulo, lógico, de indulgencia, de contraste y de convergencia). Por último, los factores ambientales que rodean al alimento, como la temperatura, iluminación, cantidad de muestras, recipiente, etc. (Costell y Duran, 1981).

En la actualidad, AS es una herramienta ampliamente utilizada en la industria agroalimentaria, ya que sirve para medir la calidad de un producto y conocer cuáles son los atributos que lo conducen al éxito en el mercado.

## ***1.6 Calidad sensorial***

El concepto de calidad sensorial ha ido evolucionando a lo largo de los años y por ello, comprende de varias etapas. La primera corresponde a la época precientífica de la industria alimentaria y termina sobre 1945, cuando la industria artesanal es sustituida por la industria tecnológica. La segunda es muy corta, de 1945 a 1955, donde los técnicos procedentes de la industria química son los encargados de controlar y establecer la calidad de un alimento a partir de métodos químicos e instrumentales. En esta etapa, la evaluación sensorial comenzó a tener un mayor peso y ser importante, gracias en gran parte a Estados Unidos y su objetivo de ofrecer comida de mayor calidad a sus militares. A raíz de esto, se introdujo el perfil de flavor por parte de Arthur D. Little Company, las universidades estadounidenses empezaron a ofrecer cursos sobre evaluación sensorial y diversos autores desarrollaron las pruebas discriminativas, basadas en la aceptación, diferencias y preferencias entre productos. En la tercera etapa (1955-1970) se considera por primera vez el control de la calidad sensorial, considerando al ser humano como un posible instrumento que pueda medir las características que no pueden ser medidas por otras herramientas. En esta etapa se definen los atributos primarios y su clasificación según los órganos receptores (aspecto, sabor y textura). También, varias organizaciones científicas y técnicas se crean en torno a esta disciplina. En 1963, un grupo de investigadores de General Foods Corporation desarrollaron el método de textura, con aplicación a cualquier alimento (Alonso, 2011).

### ***1.6.1 Atributos y órganos sensoriales***

Sancho et al. (1999) fueron capaces de ordenar de forma lógica la identificación de las diferentes percepciones a partir de los órganos sensoriales. La vista sirve para apreciar el aspecto que tiene un alimento (forma, regularidad de textura y presencia de manchas o cuerpos extraños).

Las percepciones son captadas en la retina, pupila y cristalino. Sin embargo, existen enfermedades que dificultan la detección de estos estímulos, como son el daltonismo y la discromatopsia.

El olfato es el encargado de captar e identificar los olores a partir de mucosa olfativa. También existen ciertos defectos y enfermedades relacionados con el olfato, como es la anosmia, merosmia, heterosmia y antosmia.

El sentido del gusto es la respuesta fisiológica a estímulos físicos y químicos causados por componentes solubles, volátiles y no volátiles. Existen cinco gustos elementales (dulce, ácido, salado, amargo y umami) que pueden ser percibidos por cualquier papila gustativa de la lengua (calciformes o fungiformes). El defecto que dificulta la capacidad gustativa es la ageusia.

Con el tacto podemos percibir la textura de los alimentos (rugoso o liso, tamaño, regularidad, uniformidad, viscosidad, adhesividad y dureza). Los estímulos son captados por los receptores del tacto de la mucosa bucal y faríngea y por los músculos que participan en la masticación y deglución.

El último sentido es el oído, en el que las terminaciones nerviosas detectan un sonido, una vibración, provocado por la textura del alimento. Este sentido es importante en aquellos alimentos que se caracterizan mayoritariamente por su textura, como por ejemplo los alimentos crujientes.

En general, la percepción de los estímulos explicados anteriormente depende en gran medida de los siguientes umbrales: detección, identificación, diferencial, diferencial de preferencias y saturación.

### ***1.6.2 Análisis descriptivo (DA)***

Es la metodología disponible más sofisticada para el análisis sensorial profesional, si se compara con los métodos de discriminación y aceptación. DA proporciona descripciones de productos, basadas en las percepciones de las sensaciones. Se trata de un análisis descriptivo genérico que ha ido evolucionado hacia otros métodos diferentes de elaboración de perfiles descriptivos sensoriales más específicos. Estas versiones más específicas son el perfil de sabor, el perfil de textura, el método Spectrum™ y el análisis descriptivo cuantitativo (QDA). Todos estos métodos tienen en común la generación de vocabulario y la formación del panel (Stone y Sidel, 2004). En el presente trabajo se ha empleado esta metodología genérica, y a pesar de cumplir con ciertos requisitos, no se ajusta del todo al QDA o al Spectrum™. A continuación, se explican las características que sí comparten DA, QDA y Spectrum™:

1. El método responde a todas las propiedades sensoriales de un producto a partir de una descripción completa en palabras para todos los atributos. La respuesta de una persona a un atributo concreto puede estar influida por la interacción con otros atributos o por experiencias pasadas. Por tanto, se realiza una discusión posterior para aclarar y consensuar acerca de cómo valorar todos los atributos. Durante el entrenamiento, los jueces reciben instrucciones acerca de la utilización de palabras que describan el producto, siendo estas fáciles de entender. Además, no se imponen restricciones sobre el número máximo de palabras.
2. DA es útil para evaluar numerosos productos del mismo tipo ya que las personas son muy buenos jueces a la hora de identificar diferencias entre productos del mismo tipo. A mayor número de productos, más información y mayores diferencias se pueden encontrar.

3. Para llevarlo a cabo, es necesario jueces entrenados. Existen ciertos requisitos que tiene que cumplir un juez para poder participar; como son la disponibilidad y ser un usuario potencial del producto. Para ser un usuario potencial, la persona debe tener interés a cerca del producto (no disgustarle) y ser capaz de percibir diferencias dentro de los mismos productos. Para ello, se realizan pruebas de selección, donde debe haber un mínimo del 65% de aciertos. En este proceso de selección y posteriormente en el entrenamiento (junto a las repeticiones), los jueces se familiarizan con los productos y son capaces de encontrar más diferencias. Para comprobar que los jueces perciben estas diferencias, se realiza un análisis unidireccional de varianza de cada sujeto para cada atributo. No es 100% seguro que una persona perciba las diferencias entre productos en todos los atributos, pero el hecho de realizar una selección formal basada en datos, el análisis se vuelve menos dependiente del número de personas
4. Utilizar un número limitado de jueces. En este trabajo se requirió la utilización de 20 personas. Sin embargo, QDA recomienda la utilización de 10-12 personas y varias repeticiones. Si el número es mayor de 12, se realizará una sesión extra. Por ejemplo, si hay 20 personas las sesiones estarán formadas por 10 personas en cada una.
5. Utilizar un proceso de desarrollo del léxico por consenso sin la influencia del líder. Para que el léxico sea útil, debe aprenderse y ser significativo en la aplicación que se le dé, ya sea para el desarrollo de productos, control de calidad, medidas de preferencia del consumidor, u otros. Si el vocabulario es desarrollado por personas que compran y consumen un producto en concreto, la probabilidad de que proporcione una mejor representación de las propiedades será mayor. Para lograr esto, es necesario seguir un proceso repetitivo que dure varias sesiones (7-10 horas en sesiones de 60-90 minutos), donde aparte de generar los atributos, estos se agrupan en función de la propiedad que representan (apariciencia, sabor, olor, aroma y textura) con la ayuda del líder del panel y los participantes. La definición de cada atributo es muy útil para que los jueces no tengan dudas y haya malentendidos y así se avance de forma más rápida. También se hace uso de materiales de referencia (mínimas y máximas intensidades) para asociar y sensación generada para cada atributo y memorizarla para evaluaciones posteriores. Sin embargo, no todas las sensaciones tienen una referencia concreta y puede que alguna de las referencias proporcione más de una sensación. Por tanto, es recomendable utilizar la combinación de definiciones y referencias para estandarizar el proceso de desarrollo del lenguaje, más aún en el caso de personas sin experiencia o que experimentan dificultades a la hora de diferenciar algún atributo particular. Por otro lado, no hay límite máximo de atributos generados, siempre que haya un consenso entre los sujetos sobre el significados y orden de ocurrencia. En el caso del líder del panel, su participación es casi nula para así evitar la influencia con los jueces. Las responsabilidades del líder son decidir qué productos se evaluarán en cada sesión, determinar cuándo terminan las discusiones grupales y conocer cuándo el panel está listo para evaluar los productos (a partir de la recopilación de datos y discusión de resultados). En Spectrum™, considera importante prestar más atención a la identificación y uso de referencias específicas para representar los atributos. Esta característica no se cumplió en su totalidad, ya que el léxico descriptivo (atributos y referencias) estaba previamente definido en un proyecto previo.

6. Ser cuantitativo. La información cuantitativa es necesaria en cualquier análisis descriptivo. Otros métodos como el perfil de sabor fueron criticados debido a que era difícil comprender el significado de las palabras utilizadas y a la falta de un sistema numérico y procedimiento estadístico para evaluar el producto. El problema se resuelve utilizando escalas como técnica de medición (de 15 cm con intensidad creciente de izquierda a derecha) para eliminar la variabilidad individual Anderson (1970). Para que los jueces utilicen de forma correcta la escala es necesario unas instrucciones adecuadas y claras y la utilización de referencias para conocer qué zona de la escala debe utilizarse en cada caso.
7. Tener un sistema de análisis de datos útil. El análisis más apropiado para este tipo de datos es el análisis de varianza (ANOVA). Si se quieren observar diferencias entre productos, el tipo de ANOVA será unidireccional, con un valor de probabilidad de 0,01 (consideraría sensible y consistente). Pero si se quiere conocer el efecto sujeto y producto, se realiza ANOVA de forma bidireccional. Si se realizan repeticiones, se estiman las interacciones sujeto por producto. También se pueden utilizar otras pruebas de rango múltiple como Duncan, Newman-Keuls', Tukey (a), Tukey (b), Scheffé y Dunnett para especificar qué productos son diferentes.

Sin embargo, QDA recomienda realizar alrededor de cuatro ensayos para cada producto para eliminar la variabilidad individual, en este trabajo solamente se han realizado 2 repeticiones y únicamente en 2 de las 12 variedades autóctonas evaluadas. Por tanto, esta característica tampoco fue llevada a cabo en su totalidad.

Este método ha sido utilizado a lo largo de los años para la caracterización de variedades de manzanas. Williams y Carter (1977) fueron de los primeros investigadores en desarrollar un método de perfil sensorial para manzanas, con un vocabulario extenso e instrucciones detalladas para la evaluación. Ellos destacaron que la mejor manera para eliminar la influencia de un material heterogéneo es la utilización de repeticiones. A raíz de estos autores, otros se han sumado a utilizarlo (Watada et al., 1980; Daillant-Spinnler et al., 1996; Harker et al. 2002; Karlsen et al., 1999; Kühn y Thybo 2001a; Kühn y Thybo 2001b; Swahn et al. 2010; Thybo et al. 2005; Tomala et al. 2009). En 2012, Seppä participó en el programa Agrifood Research Finland (MTT) con el objetivo de encontrar cultivares con una vida útil prolongada y una calidad de consumo excepcional y utilizó el DA para la caracterización de variedades de manzanas finlandesas. Este proceso se basó en el desarrollo de léxico, elección de estándares de referencia, desarrollo del método de evaluación y análisis y conclusiones estadísticas. En 2016, Cliff utilizó el mismo análisis para perfilar las características sensoriales de 16 manzanas comerciales y 4 producidas en Pacific Agri-Food Research Centre (PARC, Canadá).

De cada variedad se tomaron 10 de cosecha temprana y otras 10 de cosecha media-tardía. Amyotte et al. (2016) lo combinó con el análisis del genoma para definir la calidad de 57 variedades de manzana hereditarias seleccionadas de Vineland Research and Innovation in Vineland (Ontario, Canadá) y de 28 variedades comerciales. En este mismo año, Jankowski et al. (2016) evaluó diferentes variedades de manzana utilizando esta misma técnica y siguiendo las pautas de la ISO 2399:2003. De esta forma desarrolló los perfiles sensoriales de 8 manzanas con resistencia a la costra y 14 manzanas comerciales para poder comparar las características durante el almacenamiento en frío y durante la vida útil estimada. Actualmente, Iaccarino et al. (2019) ha caracterizado de forma química, aromática y sensorial 86 variedades de manzana recolectados del Pometum, un huerto de manzanos y una colección de banco de genes llamado ubicado en Taastrup (Dinamarca). En este caso, se evalúa el jugo de la manzana y no el fruto en sí. Esto es debido a que

diferentes estudios han optado por intentar reevaluar los antiguos cultivares de manzanas, utilizando el jugo de este fruto para la elaboración de nuevos productos (a base de manzana) con propiedades beneficiosas para la salud y/o cualidades de sabor únicas que puedan resultar atractivas para un segmento emergente de consumidores. Para el análisis químico y aromático se utilizan ciertas técnicas como resonancia magnética nuclear (RMN), la cromatografía de gases con espacio de cabeza dinámico, espectrometría de masas (GC-MS) y cromatografía iónica (IC). Para la evaluación sensorial, se ha utilizado la técnica DA.

Por otro lado, Corollaro et al. (2013) utilizó QDA para desarrollar un perfil sensorial que puede ser seguido por un panel capacitado y utilizado para una amplia variedad de manzanas. Tanaka et al. (2015) combinó este mismo método con el perfil de metabolitos para estudiar la relación entre los atributos sensoriales y los componentes de sabor de las manzanas Fuji, producidas tanto de forma convencional como de forma orgánica. En el 2018, Pickup optó por utilizar técnicas más modernas como son Napping® y Ultra Flash Profile (UFP). Estas técnicas tienen la ventaja de ser más rápidas y sencillas que los métodos clásicos. De esta forma, comparó este nuevo método Napping®-UFP con QDA para la evaluación de manzanas de Nueva Zelanda y posterior construcción de modelos sensoriales-instrumentales.

### ***1.6.3 Flash Profile (FP)***

Como se verá en la sección de materiales y métodos, esta técnica se ha utilizado en el entrenamiento del panel como una forma de aproximar a los jueces a la evaluación descriptiva de las manzanas, y para hacer una valoración preliminar de su capacidad para llevarla a cabo.

El Flash Profile (FP) es una técnica rápida de evaluación sensorial que combina el perfil de libre elección (Williams y Langron 1984) y la prueba de ordenación por intensidad.

A diferencia de DA, no es necesario un consenso en el léxico descriptivo utilizado. Los evaluadores utilizan sus propios atributos para clasificar los diferentes productos que se evalúan (Varela y Ares, 2014). De hecho, los productos se presentan simultáneamente, lo que permite que los jueces se centren en las diferencias que perciben, y por tanto se generan solo atributos discriminantes.

El tiempo requerido es menor, ya que solo es necesaria una sesión (40-120 minutos) para llevarlo a cabo. Además, puede estar orientado tanto para panelistas como para consumidores. Esta sesión es individual y generalmente tienen lugar en cabinas. A los panelistas se les presenta el conjunto de productos después de que el líder del panel haya explicado en que consiste el método. Posteriormente se les proporciona varias instrucciones, como observar, manipular y probar las muestras para describirlas, utilizar cualquier atributo no hedónico que considere oportuno, describir todas las diferencias y clasificar inmediatamente todas las muestras para cada atributo, ordenándolas en función de su intensidad en cada atributo (intensidad más débil a la más fuerte).

Los panelistas pueden comparar y volver a hacerlo cuantas veces lo considere necesario. A la hora de la generación de atributos, este perfil depende en gran medida de las diferencias reales entre productos ya que solo se centra en los atributos donde sí hay diferencias.

Este procedimiento una sesión preliminar donde los evaluadores generan los términos descriptivos individualmente y el jefe del panel los recopila en una lista, que es utilizada posteriormente para la sesión de evaluación principal, junto con su propia lista inicial. De esta forma, se les proporciona atributos que igual no se acuerdan o tienen dificultad en nombrarlo.

La forma de presentar las muestras tiene que ser simultánea, por lo que todas las muestras tienen que estar disponibles al mismo tiempo. Si no es posible cumplir esta condición no se puede realizar este método. En cuanto a la cantidad, debe ser la necesaria para la evaluación de todos los atributos. El orden de las muestras tiene que ser aleatorio y equilibrado.

El número mínimo de panelistas debe ser de entre 4 y 5 para que los resultados sean relativamente estables y complementarios. Lo más recomendable es de 10 a 12 sujetos por panel (King et al. 1995; Gacula y Rutenbeck 2006; Mammasse y Schlich 2010). El panel puede estar formado por personas con experiencia sensorial previa, por expertos en productos o por consumidores.

## **2. Objetivo**

El objetivo principal de este trabajo fue la puesta en marcha de un panel de catadores capaces de realizar un análisis sensorial descriptivo de manzanas.

Para llegar al objetivo principal se tuvieron que cumplir ciertos objetivos específicos:

- Desarrollar un panel de catadores capaz de evaluar con la adecuada objetividad y repetibilidad diferentes atributos sensoriales en manzanas, establecidos ya en un proyecto previo.
- Obtener una primera caracterización sensorial descriptiva de parte de las variedades autóctonas de manzana procedentes de la finca de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Biociencias (ETSIAB).

## **3. Plan de trabajo**

A la hora de llevar a cabo este TFM se tuvo en cuenta un plan de trabajo que sirvió como guía para tener unas pautas claras y para tener una mayor organización.

### ***3.1 Preparación preliminar***

El primer paso fue la búsqueda y compilación de información relacionada. Para ello se utilizaron diferentes fuentes de información, como libros y artículos científicos, páginas web referenciales, normas de calidad y otras no categorizadas pero que se consideraron relevantes. La primera búsqueda fue acerca de las manzanas, ya que fue el producto utilizado. Concretamente, se buscaron datos de consumo, variedades más importantes y comercializadas y su calidad y determinación. La segunda búsqueda se centró en el análisis sensorial, ya que fue la herramienta utilizada para medir la calidad de las manzanas. Se recopilaron conceptos generales primero, para luego adentrarse en métodos ya más específicos como son el Análisis Descriptivo y el Flash Profile.

Esto se completó con trabajos previos relacionados con el análisis sensorial para la caracterización de variedades de manzanas. De esta forma, se adquirió conocimiento acerca la preparación de las muestras, la organización y se desarrolló de un panel de catadores, el modo de utilizar los métodos anteriormente citados y además sirvió para recopilar, analizar e interpretar resultados interesantes, útiles y comparables a los que se obtuvieron en este trabajo. Por último, se hizo una búsqueda y recopilación de normas ISO sobre el análisis sensorial que sirvieron como referencia y guía adicional.

Además, se consensuó con el CITA (Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón), el listado preliminar de atributos a evaluar, así como los principales productos de referencia a utilizar para establecer los niveles de intensidad de los atributos.

### ***3.2 Captación, selección y entrenamiento de catadores***

Una vez se conseguido toda la información necesaria para llevar a cabo el trabajo, el siguiente paso fue la captación de personas interesadas en participar en un panel de catadores. Para ello, se hizo un llamamiento, en forma de e-mail, a las personas vinculadas a la lista de correo de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Biociencias (ETSIAB).

Durante la captación de participantes, se desarrolló un protocolo frente al COVID-19 para poder realizar todas las sesiones de evaluación sensorial necesarias con la mayor seguridad posible. Este protocolo consistió en la limpieza minuciosa con alcohol de toda superficie en contacto con los catadores y materiales utilizados por los mismos, ventilación de la sala antes y después de cada sesión, uso de mascarilla hasta el momento de evaluar un producto, separación entre catadores (1 cabina vacía entre medio), disposición de botes desinfectantes para su uso cuando sea necesario y registro al inicio y final de cada sesión.

Una vez se completó el número de participantes requerido, se llevaron a cabo las diferentes sesiones para la selección y el desarrollo del panel. En las primeras dos sesiones se realizaron las pruebas de percepción para conocer la aptitud de los catadores. Las siguientes cuatro sesiones se utilizaron para el entrenamiento de los catadores. La primera de ellas fue el primer contacto de los catadores con las manzanas, donde a través de la técnica sensorial Perfil Rápido (FP) los catadores generaron atributos y clasificaron por orden de intensidad muestras de manzana. En las dos siguientes sesiones los catadores adquirieron experiencia a la hora de utilizar las escalas de intensidad de cada atributo con ayuda de referencias. Como ya se ha indicado en los objetivos, los atributos y sus referencias ya estaban previamente definidos en un proyecto previo, por lo que en este trabajo no se realizó la labor de desarrollar el léxico descriptivo para evaluar las manzanas. La última sesión fue un ensayo general previo a la evaluación final.

Los datos obtenidos en las sesiones de entrenamiento se sometieron a análisis estadístico para evaluar el comportamiento del panel de catadores.

### ***3.3 Evaluación de manzanas de la colección de variedades autóctonas de la ETSIAB***

Una vez realizado el entrenamiento, se realizaron tres sesiones de cata para la evaluar 12 variedades autóctonas procedentes de la finca de la ETSIAB.

Los datos obtenidos en la evaluación de las manzanas se sometieron a diferentes análisis estadísticos para evaluar de nuevo el comportamiento del panel de catadores y obtener un perfil sensorial de las variedades de manzana evaluadas.

## 4. Material y métodos

### 4.1 Las manzanas

#### 4.1.1. Variedades de manzana

En este trabajo se utilizaron 18 variedades de manzana (tabla 1), de las cuales 6 fueron comerciales y 12 fueron autóctonas. El anexo 1 recoge las imágenes correspondientes a las variedades de manzana autóctonas.

Tabla 1. Información de las variedades de manzana utilizadas.

<b>Variedad</b>	<b>Fecha recogida</b>	<b>Designación</b>	<b>Utilización</b>
Chantecler	-	Comercial	Entrenamiento
Golden	-	Comercial	Entrenamiento
Granny Smith	-	Comercial	Entrenamiento
Pink Lady	-	Comercial	Entrenamiento
Reineta	-	Comercial	Entrenamiento
Royal Gala	-	Comercial	Entrenamiento
Ama Birgen Sagarra	13 agosto	Autóctona	Entrenamiento (A1) y evaluación final
Arakil-02	13 agosto	Autóctona	Entrenamiento (A2) y evaluación final
Botil Sagarra	11 septiembre	Autóctona	Evaluación final
Goicoetxe	20 agosto	Autóctona	Entrenamiento (A4) y evaluación final
Iturmendi-06	13 agosto	Autóctona	Evaluación final
Manzana Tomate	13 agosto	Autóctona	Evaluación final
Naranjina	11 septiembre	Autóctona	Evaluación final
Roja de Guipúzcoa	11 septiembre	Autóctona	Entrenamiento (A3) y evaluación final
Uharte Arakil-01	20 agosto	Autóctona	Evaluación final
Urdiain-01	27 agosto	Autóctona	Evaluación final
Vitoria-03	9 octubre	Autóctona	Evaluación final
Ziordia-02	20 agosto	Autóctona	Evaluación final

Las variedades autóctonas fueron recolectadas y seleccionadas en su punto óptimo de maduración de la finca de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Biociencias (ETSIAB) de la Universidad Pública de Navarra (UPNA). Una vez recogidas, se almacenaron en una cámara frigorífica a 1-2°C y 95 % de humedad relativa hasta su utilización, entre 8 y 10 semanas dependiendo de la variedad (tabla 1). Las variedades comerciales se adquirieron el día previo a su evaluación en el supermercado. De cada variedad, se seleccionaron entre 16 y 20 manzanas, en función del tamaño.

Las variedades comerciales se utilizaron en las sesiones de entrenamiento, debido a que los participantes tenían un mayor conocimiento sobre ellas. Sin embargo, a lo largo de las sesiones se fue combinando con alguna autóctona con el fin de que fueran conociendo variedades nuevas. Para las evaluaciones finales, solo se utilizaron las variedades autóctonas.

#### ***4.1.2. Preparación de las muestras***

Antes de su utilización, ya fuera en sesiones de entrenamiento o en sesiones de evaluación, las manzanas se extraían de la cámara frigorífica un tiempo suficiente para que adquirieran la temperatura ambiente, como mínimo 24 h. En el caso de las muestras de manzanas autóctonas empleadas en las evaluaciones finales, se extrajeron de la cámara 5 días antes de su evaluación.

La forma de presentar las muestras de cada evaluación fue la siguiente, modificando la propuesta desarrollada por Corollaro et al. (2013). Primero se separó el corazón de las manzanas con un descorazonador y se cortaron con un cuchillo en 8 piezas (“gajos”) del mismo tamaño. Posteriormente, los gajos se sumergieron en una solución antioxidante (0,1% ácido cítrico, 0,05% ácido ascórbico y 0,5% cloruro cálcico) durante 30 segundos. Por último, se escurrieron para eliminar la solución sobrante y se colocaron 3-5 piezas de cada muestra en un plato de cartón, identificado con un código.

#### ***4.2. Léxico descriptivo***

Para el establecimiento del léxico descriptivo, esto es, del listado de descriptores o atributos sensoriales a evaluar, su definición y en su caso, las referencias a emplear para establecer la intensidad de cada atributo, se partió principalmente del trabajo desarrollado en proyectos anteriores en el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Además, se consultaron atributos y referencias utilizados en trabajos previos (Corollaro et al. 2013; Tanaka et al. 2015; Jankowski et al. 2016; Amyotte et al. 2017; Cliff et al. 2016; 2017, Pickup et al. 2018; Seppä et al. 2012, 2016). Una vez formada una lista preliminar, se comparó con la lista preliminar elaborada por el CITA y, por consenso, se estableció la lista final de atributos.

Esta lista incluyó inicialmente 18 atributos, distribuidos en 5 categorías:

Olor (nariz):

- Olor a manzana

Piel:

- Grosor de la piel
- Dureza de la piel
- Amargor de la piel
- Astringencia de la piel
- Acidez de la piel

Gusto y astringencia:

- Dulzor
- Acidez
- Amargor
- Astringencia

Aroma (boca):

- Aroma a manzana verde
- Aroma a manzana madura

Textura:

- Crocancia
- Firmeza
- Jugosidad
- Dificultad para masticar
- Fibrosidad
- Harinosidad

En la tabla 2 se detalla para cada atributo la definición, las referencias para las intensidades más bajas y altas y las cantidades de referencia aportadas para cada catador.

La escala de evaluación elegida fue una escala lineal no estructurada de 15 cm de longitud, salvo en el caso de los atributos relativos al gusto y astringencia de la piel, para los cuales se pidió a los catadores que señalaran en qué medida estaba presente cada atributo.

Tabla 2. Lista de atributos utilizada en el análisis sensorial descriptivo de las manzanas.

Atributo	Definición	Referencia (baja)	Referencia (alta)	Cantidad/catador
Olor a manzana	Percepción del olor a manzana evaluado por medio de la nariz	5: Zumo de manzana (Hacendado) diluido ½	15: Zumo de manzana (Hacendado)	30 mL
Grosor de la piel	Grosor de la piel percibida con los incisivos	>5: Muy poco perceptible	15: Muy gruesa y difícil de masticar	-
Dureza de la piel	Dificultad de rotura de la piel al masticarla	>5: Muy poco perceptible, fácil de masticar	15: Dificil de masticar	-
Amargor de la piel	Sensación del gusto amargo al masticar y tragar la piel	Indicar en qué medida se detectan en la piel el amargor, astringencia y/o acidez (no significativo, presente, muy marcado/a)		-
Astringencia de la piel	Sensación de sequedad en la boca generado al masticar y tragar la piel			-
Acidez de la piel	Sensación de acidez al masticar y tragar la piel			-
Dulzor	Sensación del gusto dulce al masticar la manzana	5: Solución azucarada 1 (0,5g sacarosa en 100 mL agua)	15: Solución azucarada 2 (1,5g sacarosa en 100 mL agua)	30 mL de ambas soluciones
Acidez	Sensación del gusto ácido al masticar la manzana	5: Solución ácida 1 (35 mg ácido málico en 100 mL de agua)	15: Solución ácida 2 (100 mg ácido málico en 100 mL de agua)	30 mL de ambas soluciones
Amargor	Sensación del gusto amargo al masticar la manzana	0: Ausencia	15: Solución amarga 1 (0,6g/kg de cafeína)	30 mL de solución amarga 1
Astringencia	Sensación de sequedad en la boca generado al masticar y tragar la manzana	0: Ausencia	15: Solución astringente 1 (Zumo de frutos rojos) / Solución astringente 2 (0,2g de extracto semillas de uva 95% polifenoles en 100 mL de agua)	30 mL de solución astringente 1

Tabla 2. Lista de atributos utilizada en el análisis sensorial descriptivo de las manzanas (continuación).

Atributo	Definición	Referencia (baja)	Referencia (alta)	Cantidad/catador
Aroma a manzana verde	Percepción en boca del aroma a manzana verde o inmadura durante la masticación	0: Ausencia	15: Zumo de manzanas Granny Smith	30 mL de zumo
Aroma a manzana madura	Percepción en boca del aroma a manzana madura durante la masticación	0: Zumo de manzana (Hacendado) diluido $\frac{1}{4}$	15: Zumo de manzana (Hacendado) diluido $\frac{1}{2}$	30 mL de ambos zumos
Crocancia	Sonido generado en el primer mordisco con los incisivos y durante la masticación con los molares	0: Plátano	15: Apio	Medio plátano y 3 trozos de apio
Firmeza	Cantidad de fuerza requerida para morder la pulpa con los incisivos y durante la masticación con los molares	1,5: Plátano	15: Palitos de zanahoria (Hacendado)	Medio plátano y 1 palito de zanahoria
Jugosidad	Cantidad de jugo generado durante la masticación	0: Plátano	15: Piña en almíbar (Hacendado)	Medio plátano y Media rodaja de piña
Dificultad para masticar	Esfuerzo necesario requerido para masticar la muestra antes de tragar	0: Puré de manzana (Hacendado)	15: Palitos de zanahoria (Hacendado)	30 mL de pure y 1 stick de zanahoria
Fibrosidad	Cantidad de estructuras fibrosas, húmedas y blandas detectadas durante la masticación	0: Patata cocida	15: Piña en almíbar (Hacendado)	2 rodajas de patata cocida y media rodaja de piña
Harinosidad	Sensación percibida cuando la pulpa se rompe en pequeñas partículas finas y secas	0: Palitos de zanahoria (Hacendado)	15: Garbanzos cocidos (Hacendado)	1 palito de zanahoria y 5-7 garbanzos

### 4.3. Captación de los catadores y características del panel

Se hizo un llamamiento por correo electrónico a la lista de correo de la Comunidad ETSIAb, al que respondieron un total de 23 personas, de las cuales finalmente 6 desistieron desde el principio por distintos motivos. A las 17 personas restantes se le unieron 3 personas más no pertenecientes a la universidad. Estas personas tuvieron que rellenar una ficha y encuesta justo antes de empezar la primera sesión (anexo 2). De las 20 personas, 4 fueron hombres y 16 fueron mujeres, con una edad de entre 18 y 60 años. La gran mayoría eran estudiantes de primer año de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Biociencias (grados IPPA e IAMR), aunque también hubo

presencia de varios profesores de esa misma escuela y trabajadores de otros centros (INTIA). Al hilo de lo anterior, bastantes participantes no tenían experiencia previa en el análisis sensorial (11), pero varios de ellos sí que habían recibido formación (4), habían realizado evaluaciones sensoriales como consumidor (3) o habían participado en análisis sensorial descriptivos como catador entrenado (4). A todos los participantes les gustaban las manzanas, por lo que la mayoría las consumía con cierta regularidad o de manera habitual.

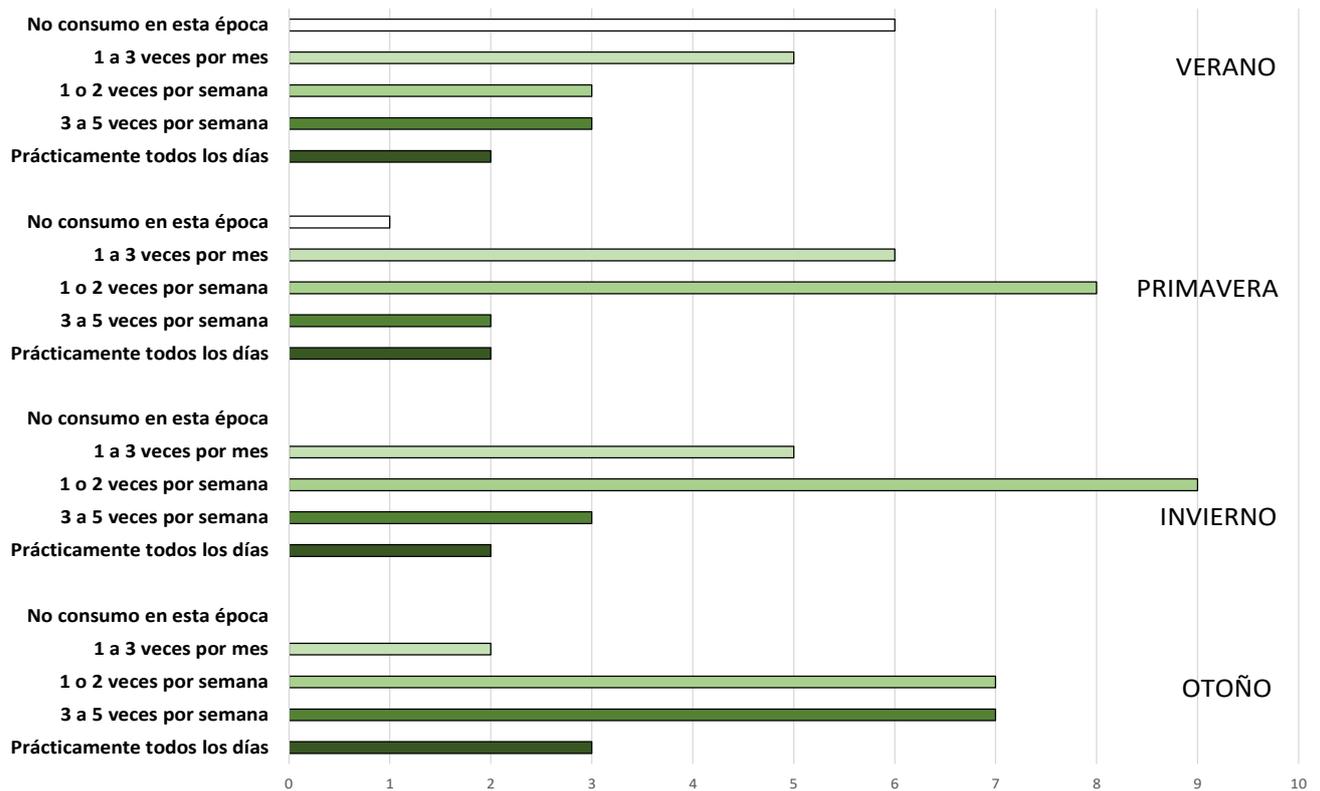


Figura 1. Consumo estacional de las manzanas por parte de los catadores.

Este consumo (figura 1) varía según las estaciones del año, siendo mayor en otoño en comparación a invierno, primavera y verano (en orden de mayor a menor frecuencia). Por último, los participantes nombraron variedades conocidas de manzana (figura 2).

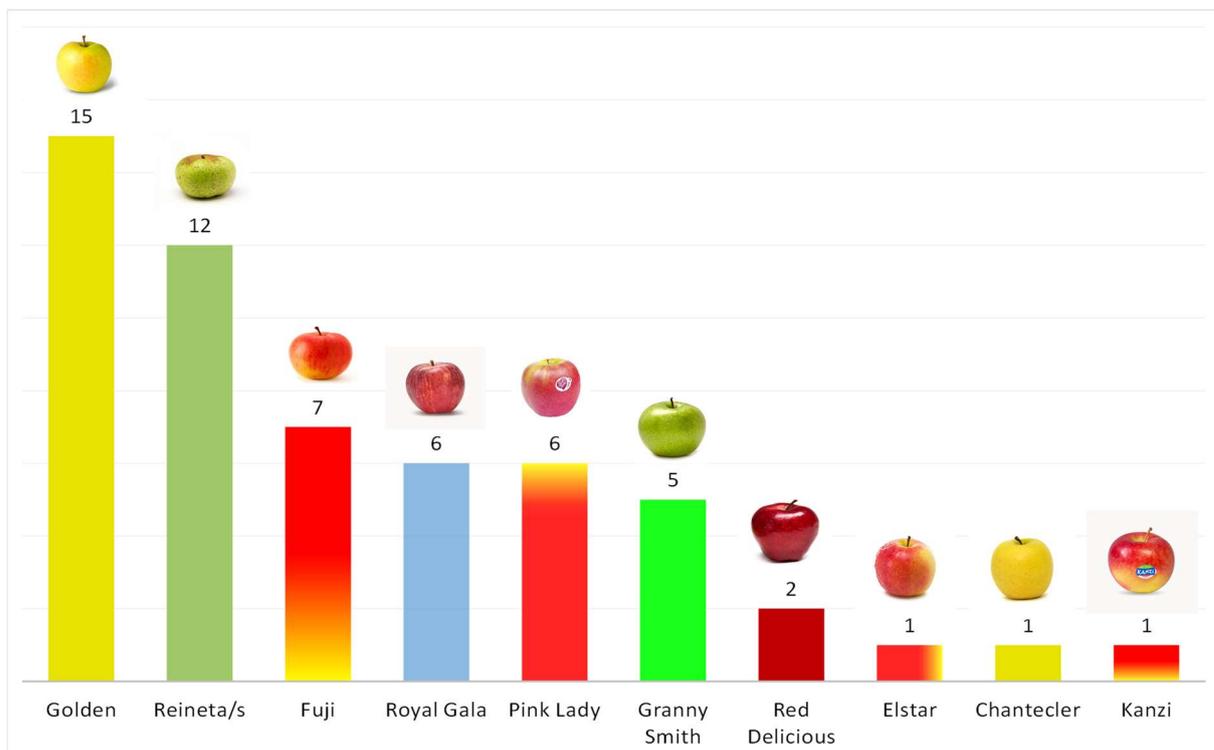


Figura 2. Variedades de manzana más citadas por parte de los catadores.

Las más citadas fueron Golden y Reineta, aunque también hubo otras como Fuji, Royal Gala, Pink Lady y Granny Smith. En menor medida se citaron Red Delicious, Elstar, Chantecler y Kanzi.

#### 4.4. Pruebas de percepción de sabores

Se realizó en una sesión (1) de una hora y consistió en dos pruebas individuales (ISO 8586:2012) con el objetivo de evaluar la capacidad de cada participante para reconocer y medir los aspectos básicos del sabor dulce y ácido. Solamente se evaluó la capacidad de detección de estos dos sabores ya que son los más característicos de las manzanas.

La primera de fue la prueba triangular (ISO 4120:2008). A cada catador se les presentaba una triada de muestras, de las cuales 2 eran iguales y 1 era diferente. Entonces, los catadores tenían que señalar la muestra que creían que era diferente, incluso si solamente era una suposición. Para esta prueba, se prepararon muestras dulces (6 g/L de sacarosa en agua), muestras ácidas (0,2 g/L ácido cítrico en agua) y muestras insípidas (sólo agua). Estas muestras fueron codificadas con tres dígitos al azar y el orden de presentación fue aleatorio y equilibrado.

La segunda fue la prueba de ordenación (ISO 8587:2010). Se les presentaron a los catadores, de forma aleatoria, cuatro muestras con diferentes intensidades de sabor. Entonces, se les pidió que ordenasen estas muestras de menor a mayor intensidad. Para esta prueba, se prepararon muestras dulces (7,5, 15, 22,5 y 30 g/L de sacarosa en agua) y muestras ácidas (0,1, 0,2, 0,3 y 0,5 g/L de ácido cítrico en agua). Las muestras también fueron codificadas con tres dígitos al azar y el orden de presentación de las muestras fue aleatorio y equilibrado.

En ambos casos, los participantes disponían, en su cabina individual, de las muestras a valorar, un bolígrafo, la ficha de cata (Anexo 3), servilletas y un vaso de agua para el enjuague.

#### ***4.5. Sesión de aproximación a la evaluación sensorial descriptiva de manzanas***

Tras las pruebas de percepción, se realizó una primera sesión de entrenamiento de una hora de duración aproximadamente. Esta sesión perseguía acercar a los catadores a la evaluación sensorial de manzanas y evaluar de una forma muy preliminar el comportamiento de cada uno de ellos y del panel en su conjunto. Para ello se utilizó la técnica rápida Flash Profile, que consistió en lo siguiente:

Cada catador tenía una serie de 5 muestras de manzana desconocidas (identificadas con códigos de tres dígitos), presentadas en orden aleatorio y equilibrado.

En primer lugar, se les pedía a los catadores que probaran las muestras en orden de presentación y cuántas veces quisiera, con el objetivo de que identificaran y escribieran los atributos que, a su juicio, pudieran describir las características sensoriales de las muestras (olor, sabor, aroma y textura).

A continuación, tenían que volver a evaluar las manzanas y marcar los códigos de cada muestra en las escalas (15 cm) para cada atributo en orden de intensidad (de menor a mayor grado de intensidad). En el caso de que dos o más muestras tuvieran la misma intensidad, se podían colocar en la misma posición (ver ficha en anexo 4).

Para esta sesión se utilizaron 4 variedades comerciales: Royal Gala, Granny Smith, Reineta y Pink Lady. Esta última se puso por duplicado (con códigos diferentes) para poder tener después una noción del grado de repetibilidad en la evaluación de cada catador y del panel en su conjunto. Por tanto, los catadores tenían en su cabina individual las cinco muestras codificadas, la ficha técnica que tenían que completar, un bolígrafo, servilletas y un vaso de agua y picos de pan.

#### ***4.6. Sesiones de entrenamiento en la evaluación de los atributos sensoriales***

Esta etapa se dividió en tres sesiones. En las dos primeras el panel aprendió a utilizar la escala de intensidades para valorar cada atributo, con la ayuda de referencias para las intensidades más bajas y altas.

La primera sesión duró aproximadamente una hora y en ella se valoraron los atributos de olor, los relativos a la piel (grosor, dureza, amargor, astringencia y acidez) y gusto (dulzor, acidez, astringencia y amargor). Se utilizaron tres manzanas comerciales (Granny Smith, Reineta y Royal Gala) y dos autóctonas (A1-Ama Birgen Sagarra y A2-Arakil-02). Las muestras no se codificaron, de forma que los catadores fueron conscientes de qué variedades estaban evaluando. Las referencias se prepararon siguiendo las indicaciones de la lista final de atributos (tabla 2) y se colocaron de forma ordenada en las cabinas contiguas a la de los catadores. Estas referencias estaban disponibles 5-10 minutos antes de empezar la sesión, salvo las referencias de olor y aroma que se ofrecían a los catadores en el momento de la evaluación. De esta forma, se evitaba la pérdida de compuestos aromáticos.

Además, cada catador disponía en su cabina individual de las cinco muestras etiquetadas con la variedad correspondiente, la ficha técnica (anexo 5), cuchillo para retirar la piel, tenedor y cuchillo de plástico, un bolígrafo, regla de 15 cm, servilletas y un vaso de agua y picos de pan. A los catadores se les instruyó en la forma de retirar y preparar la piel para su evaluación: se trataba de tomar uno de los gajos de manzana, retirar con el cuchillo una tira de unos 3 cm de longitud, raspar en la cara interna de la piel con el cuchillo para eliminar todo resto de la pulpa adherida a la piel.

La segunda sesión se organizó de la misma forma que la sesión anterior y se dedicó al entrenamiento en la evaluación de los atributos restantes, los relativos al aroma (manzana verde y manzana madura), y los de textura (crocancia, firmeza, jugosidad, dificultad para masticar, fibrosidad, harinosidad). De nuevo a los catadores se les proporcionó 5 muestras sin codificar de las variedades comerciales Granny Smith, Reineta y Chantecler (en sustitución de Royal Gala), y de las variedades autóctonas A1 y A3 (en sustitución de la A2). El código A3 pertenecía a la variedad Roja de Guipúzcoa y A1 seguía siendo Ama Birgen Sagarra. En este caso, la ficha técnica estaba adaptada a los atributos que faltaban por evaluar (anexo 5).

La tercera sesión de entrenamiento sirvió como ensayo general previo a la evaluación final de las variedades autóctonas. Esta sesión duró más que las anteriores (1 hora y media aproximadamente) ya que se evaluaron todos los atributos. Para esta sesión, se utilizaron dos variedades comerciales (Golden y Reineta) y 2 autóctonas (A2 y A4). El código A4 correspondía a la variedad Goicoetxe y A2 seguía siendo Arakil-02. La variedad Golden se encontraba duplicada (Gold1 y Gold2) con la intención de estimar la repetibilidad del panel. En este caso, las muestras se dispusieron codificadas con números de 3 dígitos, de tal forma que los catadores no tuvieran consciencia de las variedades que estaban valorando. En esta sesión los catadores dispusieron de la mayoría de las referencias y tuvieron que hacer memoria de aquellas que no estaban disponibles. Además, cada catador tenía en su cabina las muestras codificadas, la ficha técnica (Anexo 5), cuchillo para retirar la piel, tenedor y cuchillo de plástico, un bolígrafo, regla de 15 cm, servilletas y un vaso de agua y picos de pan.

#### ***4.7. Análisis sensorial de las variedades de manzanas autóctonas.***

Se realizó en 3 sesiones de una hora-hora y media cada una y repartidas en 3 días consecutivos. La evaluación de las 12 variedades de manzana se distribuyó entre las tres sesiones (tabla 3). En las dos primeras sesiones se evaluaron 5 variedades, y 4 en la tercera. Hubo dos variedades que se evaluaron repetidamente, en dos sesiones consecutivas. Aunque en rigor en los análisis descriptivos es recomendable realizar repeticiones de las evaluaciones de todos los productos, en esta ocasión no fue posible por falta de tiempo y por falta de frutos para ello. Se decidió repetir la evaluación de al menos dos variedades, opción que, sin ser la óptima, permitió realizar una evaluación estadística de repetibilidad del panel.

Tabla 3. Variedades de manzana analizadas en cada sesión.

Variedad	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3
Ama Birgen Sagarra	X		
Ziordia-02	X		
Manzana Tomate	X		
Iturmendi-06	X		
Arakil-02	X	X	
Uharte Arakil-01		X	
Urdiain-01		X	
Goicoetxe		X	
Naranina		X	X
Roja de Gipuzcoa			X
Botil Sagarra			X
Vitoria-03			X

Las tres sesiones se realizaron de la misma forma. Los catadores tenían las muestras colocadas en la cabina contigua. Entonces, ellos tenían que seguir el orden de evaluación que les indicaba las fichas de cata, tanto de las variedades como de los atributos. No se podía volver atrás, es decir, una vez se terminaba de evaluar una variedad se podía pasar a la siguiente. De esta forma se evitaban comparaciones entre variedades. Los catadores no disponían de las referencias, tenían que hacer memoria de todas aquellas que habían sido utilizadas en las sesiones de entrenamiento. Por tanto, los catadores disponían en su cabina de la ficha de cata (Anexo 6), cuchillo para retirar la piel, un bolígrafo, regla de 15 cm, servilletas y un vaso de agua y picos de pan.

#### **4.8. Análisis estadístico**

Los datos de las diferentes sesiones se recopilaron en Excel y se trataron con el programa estadístico Statgraphics Centurion 18-X64 ( Statgraphics Technologies, Inc) y XLSTAT para Excel (Addinsoft). A continuación, se indican los métodos estadísticos aplicados a los datos de cada prueba:

##### **Sesión inicial de aproximación al análisis sensorial de manzanas (Perfil Rápido):**

- Análisis de componentes principales (ACP) con los datos de cada catador, del que se obtuvieron bigráficos (atributos y variedades) de cada uno de ellos.
- Análisis factorial múltiple (AFM) con todos los datos, del que se analizó principalmente el mapa de correlaciones de los atributos en los factores y el mapa de las variedades de manzana.

## **Sesiones de entrenamiento**

- Análisis de la varianza (ANOVA) simple con respecto a los factores variedad y catador, junto a análisis de comparación múltiple de medias (criterio Tukey, al 95% de confianza). Se incluyó la evaluación de los gráficos de residuos derivados del ANOVA (variedad) para tratar de evaluar el comportamiento de los catadores
- Análisis Cluster o de conglomerados a partir de los valores medios de los catadores, del cual se obtuvieron dendogramas de los catadores, y se identificaron grupos de catadores distintos y sus valoraciones.
- ACP a partir de las medias de las variedades de manzana para obtener los bigráficos (atributos y variedades)

## **Datos del análisis sensorial descriptivo de las manzanas autóctonas**

- ANOVA multifactorial (variedad, catador y sesión) con los datos de las dos variedades para las que se repitió la evaluación en dos sesiones distintas.
- ANOVA simple con respecto a factor catador y variedad.
- Análisis de conglomerados para diferenciar a los catadores y a las variedades de manzana.
- ACP a partir de las medias de las variedades de manzana.
- Gráficos de radar para representar las características medias de cada variedad autóctona.

## **5. Resultados y discusión**

### ***5.1 Desarrollo del panel de catadores y del método de análisis descriptivo***

#### ***5.1.1 Pruebas de percepción***

Los resultados de las pruebas preliminares se explican a continuación. De las 19 personas, 15 y 14 (78,9% y 73,7%) fueron capaces de señalar la muestra diferente en la prueba triangular del sabor dulce. En el caso de la prueba triangular del sabor ácido, los resultados fueron mejores, con 18 aciertos en ambas repeticiones (94,7%). Por otro lado, se consiguió un 100 % de aciertos en la prueba de ordenación del sabor dulce. Sin embargo, en la prueba de ordenación hubo 2 personas que fallaron y, por tanto, el % bajó hasta el 89,5%. Estos resultados nos dieron una primera idea de la aptitud de las personas que iban a formar parte del panel. A pesar de toparnos con algún fallo en la diferenciación u ordenación, se decidió no descartar a ningún participante asumiendo que con el entrenamiento mejorarían sus habilidades para la evaluación sensorial.

#### ***5.1.2 Evaluación preliminar de los catadores a través de una prueba de Perfil Rápido***

Tras las pruebas de percepción de sabores se realizó una sesión de aproximación a la evaluación sensorial de manzanas por medio de una prueba de perfil rápido. Esta sesión la llevaron a cabo 19 catadores.

En la tabla 4 aparecen los 34 atributos identificados por el conjunto de catadores y la frecuencia de uso de cada uno de ellos. Atributos como dulzor y acidez, jugosidad, dureza, intensidad del sabor, intensidad del olor, harinosidad, crocantez o dureza de la piel fueron identificados por un elevado número de catadores.

Tabla 4. Atributos generados por los catadores en la prueba de perfil rápido (\*).

Atributos de sabor		Atributos de textura/sensaciones en boca		Atributos de apariencia	
Dulzor	18	Jugosidad	17	Oxidación	4
Acidez	18	Dureza	12	Color amarillo	2
Intensidad del sabor	9	Harinosidad	7	Aspecto	1
Amargor	3	Crocantez	6	<b>Atributos ligados a la piel</b>	
Equilibrio acidez-dulzor	2	Frescura	4	Dureza piel	6
<b>Atributos de olor y aroma</b>		Facilidad masticación	3	Facilidad masticación piel	2
Intensidad del olor	9	Sequedad	2	Adherencia piel-carne	1
Intensidad del aroma	4	Facilidad tragar	1	Aspereza piel	1
Afrutado	2	Mordida (primera)	1	Amargor piel	1
Olor a verde	2	Textura agradable	1	Sequedad piel	1
Olor característico	1	Apelmazamiento	1	Aspereza piel	1
Cítrico	1	Astringencia	1	Rugosidad	1

(\*) Los números indican el número de catadores que evaluó cada atributo.

El análisis estadístico de los datos recogidos implicó en primer lugar realizar un Análisis de Componentes Principales (ACP) para cada uno de los catadores. En el anexo 7, se presentan los bigráficos que permiten visualizar el resultado de los 19 ACP realizados. En estos gráficos se puede observar los atributos empleados por cada catador, la posición o peso de estos en los dos primeros componentes principales, así como la posición de las manzanas y su relación con los atributos. Estos gráficos permiten tener una visión rápida de cómo describe cada catador las manzanas evaluadas. Y permiten también hacerse una idea preliminar de la capacidad para la evaluación sensorial de cada catador. Cuando las dos muestras de manzana Pink Lady se localizan muy cerca una de la otra, significa que el catador las ha “entendido” y descrito de una forma muy similar, muy repetitiva.

Tabla 5. Resumen de los bigráficos (variedad y atributo) de cada catador obtenidos por ACP.

Catador	N.º Variables	N.º Componentes principales	% Varianza	Repetibilidad
1	8	2	84,99	Mala
2	9	2	76,01	Regular
3	8	2	81,00	Muy buena
4	7	2	81,94	Muy buena
5	7	2	90,83	Mala
6	8	2	76,31	Mala
7	7	2	84,52	Muy buena
8	7	2	78,30	Buena
9	7	2	90,74	Buena
10	7	2	87,83	Buena
11	9	2	80,95	Regular
12	8	2	65,49	Regular
13	8	2	89,98	Buena
14	6	2	91,76	Mala
15	7	2	95,10	Buena
16	7	2	97,98	Muy buena
18	7	2	97,31	Mala
19	10	2	89,52	Regular
20	8	2	91,31	Regular

En este sentido, la tabla A resume algunos aspectos de los ACP de cada catador, incluida una valoración aproximada de su repetibilidad. En general, el número de atributos generados por los catadores osciló entre 7 y 9, salvo en casos concretos dónde el número fue inferior (6) o superior (10). En todos los casos, se seleccionaron los dos primeros componentes principales, que explican un 75-98% de la varianza. En general, la repetibilidad fue muy buena o buena y en muy pocos casos fue mala (5) o regular (4).

Por último, fue posible realizar una caracterización inicial de las manzanas comerciales a partir de la forma en que se asociaron los diferentes atributos generados a cada una de las variedades de manzana. Granny Smith se percibió como una variedad acida y dura, Royal Gala se caracterizó por ser principalmente dulce. Pink Lady también era dulce y ácida, pero también destacaba en intensidad de olor y sabor, jugosidad, firmeza y crocancia. Por último, Reineta fue la variedad más harinosa pero también dulce.

Una vez evaluados los resultados de los ACP, a continuación, se presentan los principales resultados obtenidos tras aplicar un Análisis Factorial Múltiple (AFM) al conjunto de datos de todos los catadores. En la tabla 6 se recogen los valores propios de los factores al realizar el análisis factorial múltiple. Los porcentajes acumulados sirvieron de utilidad para comprobar que la información que se obtuvo fue lo suficientemente sólida.

Tabla 6. AFM: porcentaje de la varianza explicada por los diferentes factores.

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
Valor propio	16,785	7,622	5,444	3,072
Variabilidad (%)	50,982	23,152	16,536	9,330
% acumulado	50,982	74,134	90,670	100,000

Se seleccionaron los dos primeros factores, que explicaron el 74% de la varianza. El factor 1 explicaba el 50% de la varianza, que fue más de la mitad de la varianza combinada de los tres primeros factores.

Del análisis factorial múltiple también se obtuvo el mapa de correlaciones de los atributos con respecto a los dos primeros factores (figura 3).



A partir de este grafico se pudo conocer el peso de los atributos (su relación) en los factores 1 y 2.

Acidez tuvo un gran peso positivo en el factor 1 y un peso negativo sobre el factor 2, por ello se situó en la parte inferior derecha del mapa. Al contrario, dulzor se situó en la parte superior izquierda, Los atributos crocantez, dureza, dureza de piel y frescura se situaron en la misma zona del mapa (parte derecha), teniendo una mayor relación con el factor 1. Al contrario, Facilidad de masticar, harinosidad y oxidación se situaron en el lado opuesto (parte izquierda), teniendo una mayor relación con el factor 2. Por último, jugosidad tuvo pesos positivos en los factores 1 y 2, por lo que se situó en la parte superior derecha del mapa.

Por último, también se obtuvo el mapa de las variedades de manzana (figura 4) que sirvió para comprobar la repetibilidad del panel y además sirvió para relacionar las variedades de manzana con los atributos generados teniendo en cuenta la posición de las variedades en este mapa y la posición de los atributos en el mapa de correlaciones (figura 3).

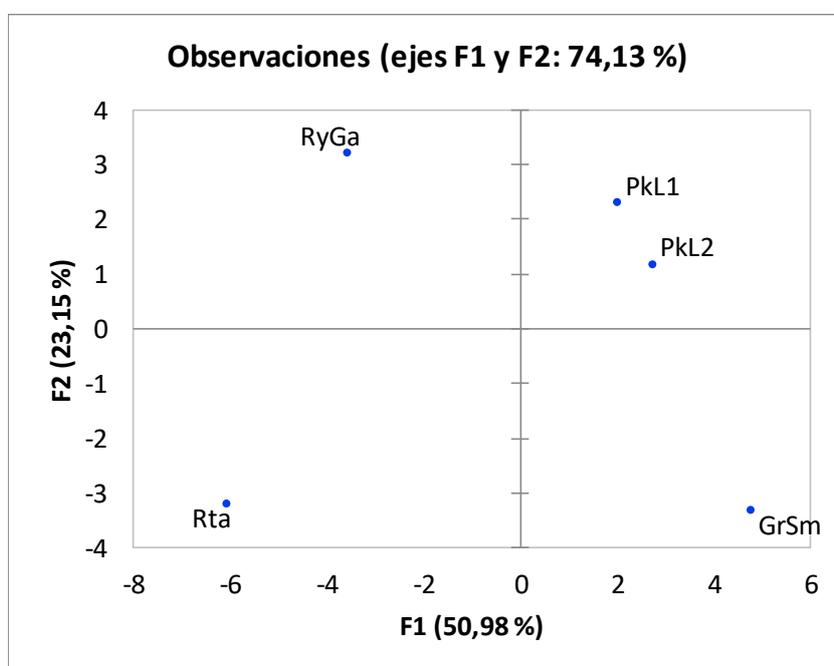


Figura 4. AFM: mapa de las variedades de manzana con respecto a los factores 1 y 2.

De las cuatro variedades evaluadas, dos tuvieron un mayor peso sobre el componente 1, la variedad Granny Smith situada a la derecha probablemente por su elevada acidez, dureza, crocantez y jugosidad, y la Reineta, localizada en el lado izquierdo probablemente por ser poco dura, fácil de masticar y muy harinosa. La variedad Royal Gala se situó en el cuadrante superior izquierdo, posiblemente debido principalmente a su elevado dulzor. Las dos repeticiones de la variedad Pink Lady quedan situadas muy cerca una de otra, indicando que la repetibilidad del panel de los catadores había sido buena. Se localizan en una posición intermedia entre Granny Smith y Royal Gala, probablemente porque cuentan con un dulzor y acidez intermedios, y una apreciable dureza, crocantez y jugosidad.

Esta caracterización de las manzanas coincide en gran medida con la realizada anteriormente de forma individual por muchos de los miembros del panel (bigráficos ACP) y con la caracterización de trabajos previos (Granny Smith con Corollaro et al., 2013, Cliff et al., 2016 y Jankowski et al., 2016; Royal Gala con Corollaro et al., 2013 y Pickup et al., 2018 y Pink Lady con Jankowski et al., 2016).

### 5.1.3 Sesiones de entrenamiento

La forma de presentar los resultados en este apartado es la misma para las sesiones 1, 2 y 3. La presentación va a seguir el siguiente orden: ANOVAs (tablas y gráficos) y ACP (tablas y gráficos)

#### 5.1.3.1 Sesión 1

Se realizaron ANOVAs para conocer si había diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las variedades de manzana en los atributos evaluados. Los resultados se recogen en la siguiente tabla (7).

Tabla 7. Resultados de los ANOVA (variedad) para los atributos de la sesión de entrenamiento 1.

	<b>Intensidad olor</b>	<b>Grosor piel</b>	<b>Dureza piel</b>	<b>Dulzor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Amargor</b>	<b>Astringencia</b>
A1	9,59b	6,53b	5,15a	7,79b	5,43ab	5,66b	5,34a
A2	10,04b	6,32b	6,86a	7,92b	7,87b	5,12ab	6,67a
GrSm	5,27a	13,13d	12,38b	3,95a	12,39c	3,63ab	4,72a
Rta	6,20a	2,45a	4,85a	7,56b	4,63a	3,77ab	5,22a
RyGa	4,88a	9,73c	9,82b	10,13b	4,38a	1,63a	2,71a
<i>F</i>	11,52	52,46	19,94	8,73	17,74	2,80	1,87
<i>p</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0300	0,1226

A1: Ama Birgen Sagarra; A2: Arakil-02; GrSm: Granny Smith, Rta: Reineta, RyGa: Royal Gala, F: Razón F de Fisher; p: p-valor.

Valores medios seguidos de letras distintas indican diferencias significativas entre variedades ( $p < 0,05$ , criterio Tukey).

En todos los atributos, a excepción de la astringencia, hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre variedades de manzana. Además, los valores F fueron altos en casi todos los atributos, indicando una alta variación de las medias de las muestras para esos atributos. En cuanto a la intensidad de olor, las variedades autóctonas tuvieron valores superiores a las variedades comerciales. Granny Smith y Reineta presentaron la piel más gruesa y fina respectivamente. Además de tener un gran grosor de piel, Granny Smith también tuvo la mayor dureza de piel, y claramente la mayor acidez (Cliff et al., 2016 en ambas; Corollaro et al., 2013 en acidez y Jankowski et al., 2016 en dureza). En cuanto a dulzor, Granny Smith fue la menos dulce (Cliff et al., 2016) y el resto tuvo valores similares (Royal Gala algo superior, pero sin llegar a ser significativo, pero coincidiendo con Corollaro et al., 2013, Jankowski et al., 2016 y Pickup et al., 2018). El amargor estuvo

más presente en la variedad Ama Birgen S. y apenas se notó en Royal Gala (Pickup et al., 2018).

El hecho de que no se encontraron diferencias significativas entre variedades de manzana para el atributo astringencia y muy pocas diferencias en amargor se pudo deber a que en las manzanas efectivamente no diferían en estas características y posiblemente también al hecho de que los catadores tuvieran más dificultades para evaluarlas de la forma adecuada. Al realizar un ANOVA con el factor catador ambos atributos fueron precisamente los únicos en los que se encontraron diferencias significativas (tabla 8).

Tabla 8. Valores F y p en los ANOVA (catadores) para los atributos amargor y astringencia.

	<b>Amargor</b>	<b>Astringencia</b>
<i>F</i>	3,14	2,44
<i>p</i>	0,0002	0,0030

F: Razón F de Fisher; p: p-valor.

En los dos gráficos siguientes (figura 5 y 6) se observa específicamente cuáles son esas diferencias significativas entre catadores.

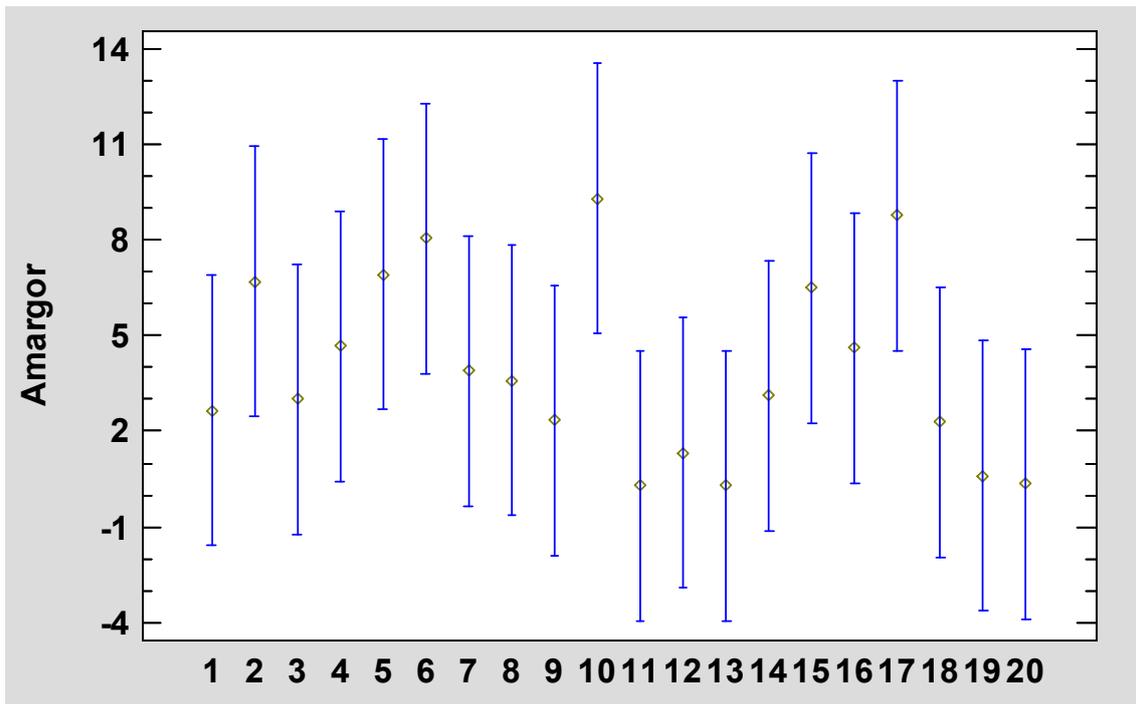


Figura 5. Gráfico de medias e intervalos de cada media de los catadores para el atributo amargor.

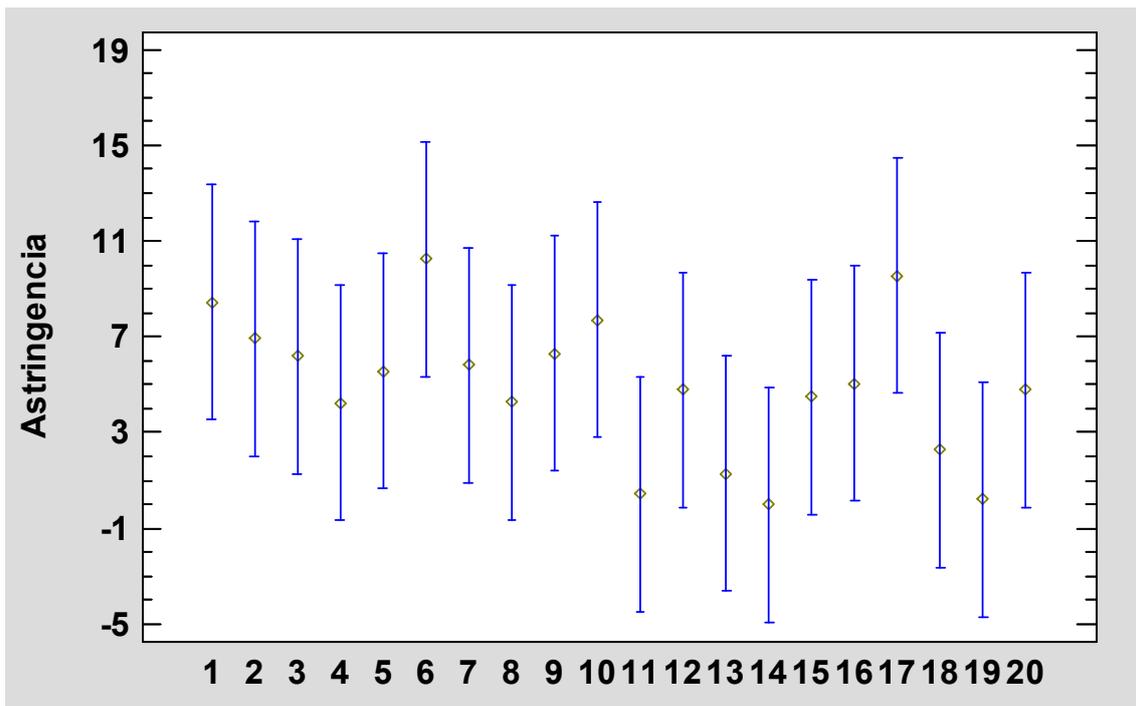


Figura 6. Gráfico de medias e intervalos de cada media de los catadores para el atributo astringencia.

En estas dos figuras se puede observar cómo los determinados catadores tienden a utilizar la parte superior de la escala, por ejemplo, los catadores 6 y 17 tanto en el amargor como en la astringencia, y los jueces 5 y 10 en el amargor; mientras que otros tienden a emplear la parte baja de la escala. Es el caso de los catadores 11, 13 y 19 en ambos parámetros, 12 y 20 en el amargor, y 14 en la astringencia.

Además, como complemento a todo lo anterior se analizaron los gráficos de residuos obtenidos en los ANOVA (variedad). Estos gráficos representan para cada variedad la diferencia entre las valoraciones de cada catador y la valoración media de todos los catadores. Permiten, por lo tanto, evaluar el consenso de los catadores a la hora de evaluar los atributos de las diferentes variedades y ver si alguno de ellos se alejaba más del valor medio, ya sea porque daban valores muchos mayores (residuos positivos) o porque daban valores mucho menores que la media (residuos negativos). La siguiente figura (7) es un ejemplo de los gráficos explicados anteriormente.

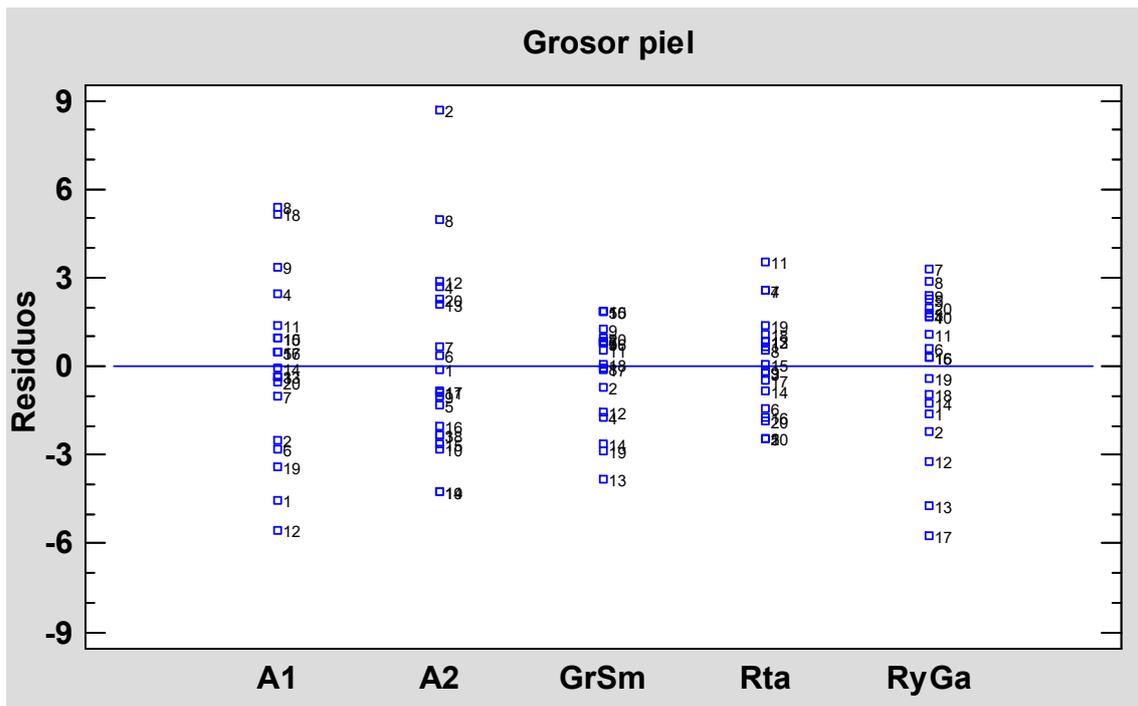


Figura 7. Gráfico de los residuos de cada variedad de manzana para grosor de piel.

Interpretación: La variabilidad de los datos fue mucho menor en las variedades Granny Smith y Reineta, indicando un mejor consenso del panel de catadores. Esto pudo deberse a que los catadores identificaron con claridad que Granny Smith tenía una piel gruesa y dura y Reineta, al contrario, una piel muy fina. Además, cabe destacar a ciertos catadores que valoraron de diferente forma al resto. Por ejemplo, el catador 8 tendió a valorar este atributo por encima al resto para todas las variedades, mientras que el 12 y 13 lo hicieron por debajo. Para terminar con este gráfico, fue interesante observar que el catador 2 valoró muy por encima al resto el grosor de piel de A1 (Ama Birgen S.), cuando en realidad esta manzana tenía un grosor de piel intermedio-fino.

No se presentan todos los gráficos porque excedería la extensión adecuada del trabajo. En la tabla 9 se intenta hacer un resumen de lo observado en los gráficos de residuos.

Tabla 9. Resumen de las interpretaciones de los gráficos de residuos de los ANOVA (variedad) en la sesión 1.

<b>Atributo</b>	<b>Variabilidad*</b>	<b>Catadores (por encima)**</b>	<b>Catadores (por debajo)**</b>
Intensidad olor	Moderada	2, 8 y 10	12, 14 y 20
Grosor piel	Moderada	8 2 (A2) 11 (Reineta) 18 (A1)	12 y 13 17 (Royal Gala) 1 (A1)
Dureza piel	Moderada	10 y 11 (Reineta)	10 (Granny Smith y Royal Gala) 13 (Granny Smith)
Dulzor	Elevada	7 10 (A1 y A2) 12 (Granny Smith)	9, 12 y 13 5 (Royal Gala) 6 (Reineta y Royal Gala) J10 (Granny Smith, Reineta y Royal Gala) 11 y 17 (A2)
Acidez	Moderada	18 y J20 (A1) 12 (A2) 5, 10 y 8 (Royal Gala)	6, 7, 19, 3 y 13 (A2) 12 y 13 (Granny Smith)
Amargor	Muy elevada	10, 17	-
Astringencia	Muy elevada	1, 6 y 7	-

\*A menor variabilidad, mejor consenso de los catadores.

\*\* Catadores que se alejan de la media por evaluar de diferente forma.

Variedad de manzana entre paréntesis indica que la valoración fue diferente en ese tipo específico de variedad. Si no especifica entre paréntesis, la evaluación diferente es en general (en todas las variedades).

De la tabla anterior, se puede concluir de nuevo que los atributos en los que los catadores encontraron más dificultades fueron el amargor y la astringencia. En cuanto a los catadores, se pudo extraer que los catadores 10, 12 y 13 fueron más propensos a evaluar, en general, de forma diferente al resto del panel.

También hubo otros catadores como el 6, 7, 8 y 11 que evaluaron de diferente forma, pero en menor medida, solamente en casos concretos.

A continuación, se presenta el dendograma obtenido aplicando un análisis de conglomerados con la matriz de datos atributos vs. catadores, es decir con las medias correspondientes para cada catador en los distintos atributos.

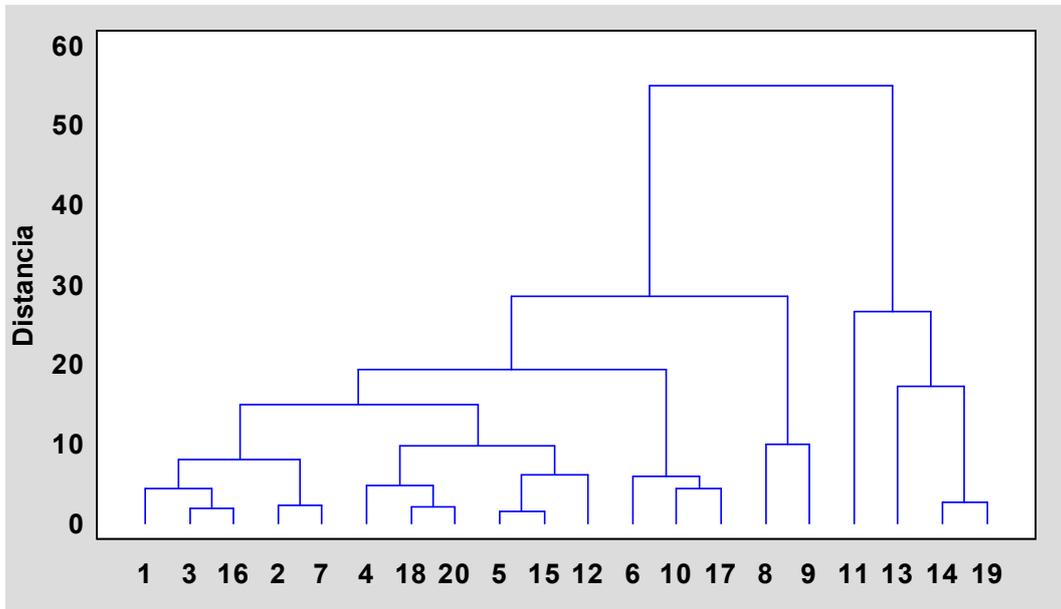


Figura 8. Dendograma de los catadores obtenido con los datos medios de la sesión 1 de entrenamiento.

Se aprecia claramente que se generan dos grupos de catadores distintos, el primero incluiría a casi todos ellos, y el segundo a los catadores 11, 13, 14 y 19. Si atendemos al valor medio otorgado por cada grupo a cada atributo (tabla 10), se comprueba que en término medio los catadores del grupo 2 evalúan determinados parámetros con valores muy por debajo que los catadores del grupo 1, muy particularmente en el amargor y la astringencia, y en menor medida en la acidez y dulzor.

Tabla 10. Valores medios de cada grupo de catadores (sesión 1 de entrenamiento).

	Grupo 1	Grupo 2
<b>Catadores</b>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 17, 18 y 20	11, 13, 14 y 19
<b>Intensidad olor</b>	7,5	5,9
<b>Grosor de la piel</b>	7,9	6,7
<b>Dureza de la piel</b>	7,7	8,1
<b>Dulzor</b>	7,9	5,9
<b>Acidez</b>	7,7	4,1
<b>Amargor</b>	4,7	1,1
<b>Astringencia</b>	6,0	0,5

Finalmente, se presenta el bigráfico de atributos y observaciones obtenido al aplicar Análisis de Componentes Principales a las medias obtenidas para cada variedad en los distintos atributos (figura 9).

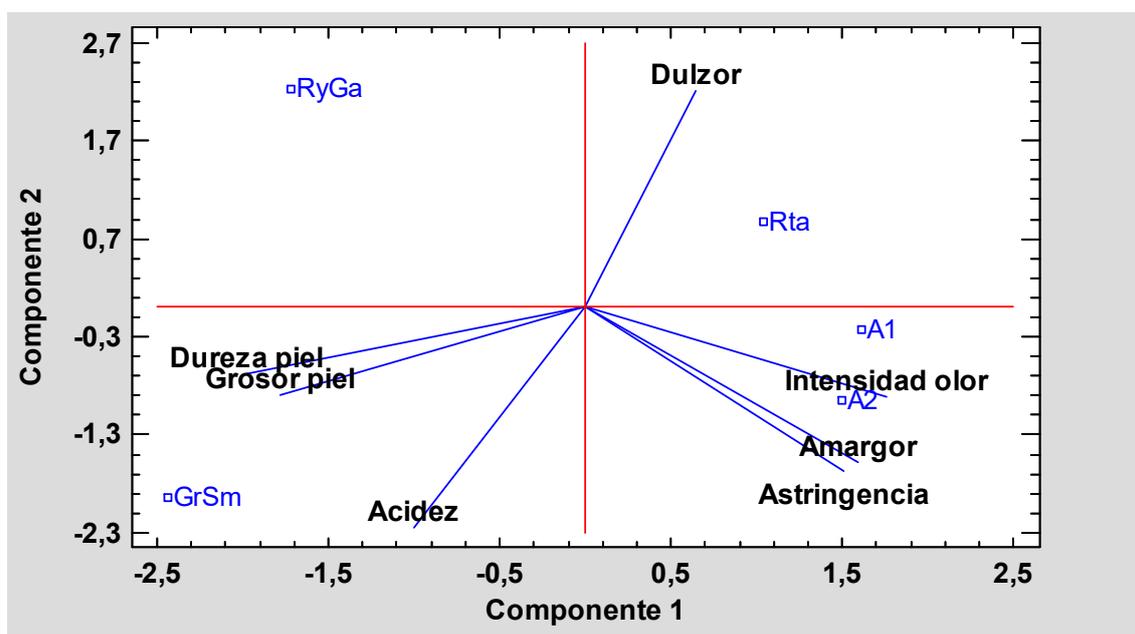


Figura 9. Bigráfico (atributos y variedades) del ACP obtenido con las medias de cada variedad (sesión 1).

Los dos primeros componentes, que explicaron el 90,18% de la información (varianza). Al analizar la relación entre los atributos, así como su vinculación con la posición de las variedades, se observan resultados que parecen coherentes y adecuados. Las variables grosor y dureza de la piel aparecen juntas, lo que parece lógico. Ocurre lo mismo con el amargor y la astringencia.

La acidez y el dulzor aparecen en posiciones contrapuestas. La variedad Granny Smith se relaciona claramente con atributos como acidez, grosor y dureza de piel (Cliff et al., 2016 en acidez y dureza piel, Corollaro et al., 2013 en acidez y Jankowski et al., 2016 en dureza de piel). Reineta se coloca en una posición opuesta a la anterior, debido a su bajos grosor y dureza de piel, y su mayor dulzor. Las variedades autóctonas (A1-Ama Birgen S. y A2-Arakil-02) también tuvieron importancia en el componente 1, caracterizándose más por su mayor astringencia, amargor y sobre todo elevada intensidad de olor. Por último, Royal Gala también se sitúa en la parte superior izquierda debido a su alto dulzor, y apreciables grosor y dureza de piel (Cliff et al., 2016 en dureza y Corollaro et al., 2013, Jankowski et al., 2016 y Pickup et al., 2018 en dulzor).

En definitiva, los resultados obtenidos en esta sesión de entrenamiento denotan la existencia de diferencias entre los catadores en determinados atributos, pero también permiten obtener una adecuada caracterización de las muestras evaluadas.

### 5.1.3.2 Sesión 2

En la tabla 11 se presentan los resultados de los ANOVA aplicados con respecto al factor variedad.

Tabla 11. Resultados de los ANOVA (variedad) para los atributos de la sesión de entrenamiento 2.

	<b>Aroma Manzana verde</b>	<b>Aroma manzana madura</b>	<b>Crocantidad</b>	<b>Firmeza</b>
A1	4,68a	7,54bc	4,61 ab	5,71ab
A3	4,74a	6,95bc	6,76bc	7,78b
Cha	4,29a	9,53c	7,83c	7,96b
GrSm	12,33b	2,06a	12,33d	12,07c
Rta	6,41a	6,13b	3,95a	5,45a
F	17,61	10,41	32,35	20,41
p	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Jugosidad</b>	<b>Dificultad masticar</b>	<b>Fibrosidad</b>	<b>Harinosidad</b>
A1	4,88a	4,92ab	5,54a	8,64bc
A3	5,60a	7,21b	4,93a	8,16b
Cha	8,22b	7,31b	6,24ab	6,03b
GrSm	12,07c	10,84c	9,00b	2,23a
Rta	4,46a	4,13a	4,07a	11,36c
F	32,25	17,13	5,73	21,08
p	0,00	0,00	0,00	0,00

A1: Ama Birgen Sagarra; A3: Roja de Guipúzcoa; Cha: Chantecler; GrSm: Granny Smith, Rta: Reineta, F: Razón F de Fisher; p: p-valor.

Valores medios seguidos de letras distintas indican diferencias significativas entre variedades ( $p < 0,05$ , criterio Tukey).

Para todos los atributos, existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre variedades de manzana. Además, los valores F fueron altos en casi todos los atributos, indicando una alta variación de las medias de las muestras para esos atributos. Las variables más significativas fueron la crocantidad y la jugosidad. Donde se detectaron menos

diferencias entre las variedades fue claramente en la fibrosidad. Granny Smith presentó el mayor aroma a manzana verde (Corollaro et al., 2013), y también fue la más crocante, jugosa, difícil de masticar y fibrosa (Jankowski et al., 2016 en jugosidad y crujiente). Por otro lado, Chantecler obtuvo la mayor puntuación en aroma a manzana madura. Reineta fue la variedad más harinosa y menos crocante y firme. Por último, las variedades autóctonas tuvieron elevado aroma a manzana madura, y harinosidad.

Con respecto a los ANOVA aplicados con respecto al factor catador, hay que destacar que prácticamente ningún atributo resultó significativo. Solo se detectaron diferencias entre los valores medio de los catadores en el atributo fibrosidad (figura 10), de nuevo el atributo en el que menos diferencias se detectaron entre las variedades.

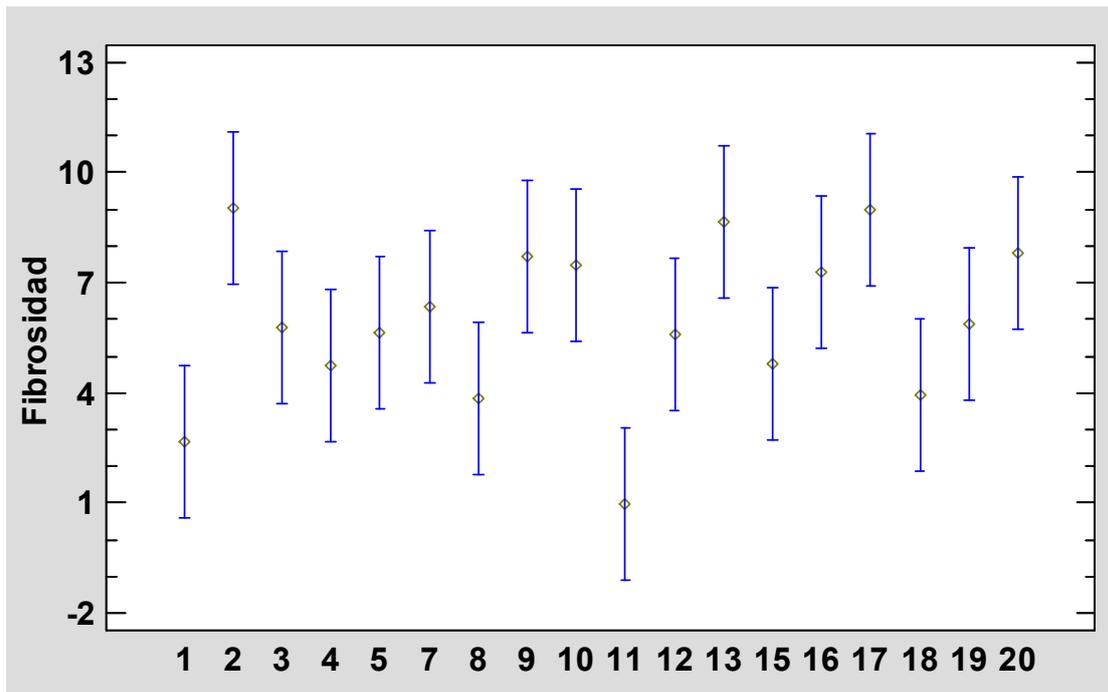


Figura 10. Gráfico de medias de la fibrosidad para cada catador (sesión 2).

Como en la sesión 1, se analizan también los gráficos de residuos obtenidos en los ANOVA (variedad). En la tabla 12 se recogen las interpretaciones acerca del comportamiento de los catadores a la hora de evaluar los atributos para todas las variedades de manzana.

Tabla 12. Resumen de las interpretaciones de los gráficos de residuos de los ANOVA (variedad) en la sesión 2.

<b>Atributo</b>	<b>Variabilidad*</b>	<b>Catadores (por encima)**</b>	<b>Catadores (por debajo)**</b>
Aroma manzana verde	Elevada	8 (A1 y A3) 2 y 3 (Chantecler)	10 y 20 (Granny Smith)
Aroma manzana madura	Muy elevada	3 y 10 10, 13 y 15 (Granny Smith)	11, 12 y 13
Crocancia	Baja	3 (Chantecler) 4 y 9 (A1)	8 (Granny Smith y Chantecler) 12 y 16 (A3) 1 (Chantecler)
Firmeza	Baja	9, 17 y 18 (A3) 3 (Chantecler) 10 y 16 (Reineta)	8
Jugosidad	Moderada	17 (Chantecler)	10 19 (Chantecler)
Dificultad para masticar	Baja	4 (A1) 1 (Reineta)	9 y 16 (A3) 2 y 8 (Granny Smith)
Fibrosidad	Elevada	16 y 17	11
Harinosidad	Moderada	9 8 (Granny Smith)	11

\*A menor variabilidad, mejor consenso de los catadores.

\*\* Catadores que se alejan de la media por evaluar de diferente forma.

Variedad de manzana entre paréntesis indica que la valoración fue diferente en ese tipo específico de variedad. Si no especifica entre paréntesis, la evaluación diferente es en general (en todas las variedades).

En la segunda sesión, hubo un número similar de catadores que tendieron a evaluar de forma diferente al resto del panel. Destacaron los catadores 3, 8, 9, 10 y 16, aunque también el 11 y 17 pero en menor medida. Comparando con la sesión anterior (1), el catador 10 sobresale al evaluar de diferente forma durante dos sesiones consecutivas y en numerosas ocasiones de cada sesión. Los catadores 8 y 11 también lo hicieron, pero con menor frecuencia.

A continuación, se presentan los resultados del análisis de conglomerados obtenido con los datos medios de cada catador (figura 11). Se pueden identificar 4 grupos de catadores: el grupo 1 con los catadores 1 y 8, el grupo 2 con los catadores 2, 12, 13, 19 y 20, el grupo 3, el más numeroso con todos los catadores restantes, salvo el catador 11 que se sitúa en

solitario como grupo 4. Los valores medios correspondientes a cada grupo en los distintos atributos se muestran en la tabla 13.

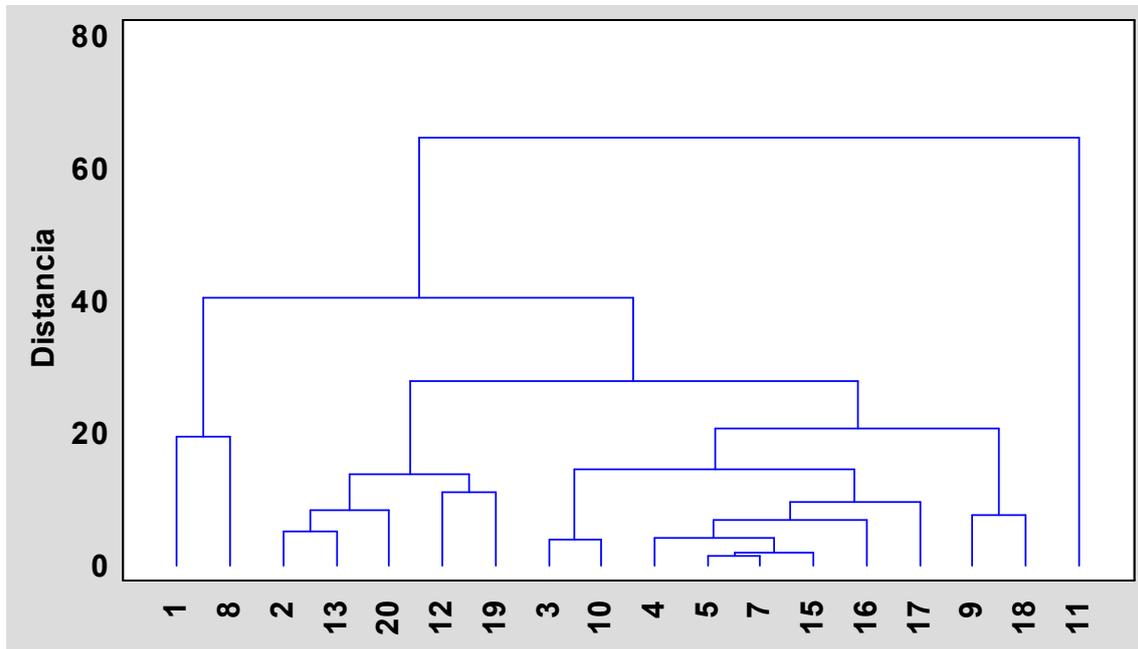


Figura 11. Dendrograma de los catadores obtenido con los datos medios de la sesión 2 de entrenamiento.

Se observa que el catador 11 (grupo 4) da valoraciones medias mucho más baja que el resto en fibrosidad, harinosidad y en los dos atributos de aroma. El grupo 1 lo hace también en crocanticidad, firmeza y fibrosidad, mientras da las valoraciones más elevadas en aroma a manzana verde y harinosidad. El grupo 2 da valoraciones medias bajas en los dos atributos de aroma.

Tabla 13. Valores medios de cada grupo de catadores (sesión 2 de entrenamiento).

	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>
<b>Catadores</b>	1 y 8	2, 12, 13, 19 y 20	3, 4, 5, 7, 10, 15, 16 y 17	11
<b>Aroma Mz. Verde</b>	8,9	4,9	7,3	2,2
<b>Aroma Mz. madura</b>	7,0	5,5	7,2	2,3
<b>Crocanticidad</b>	4,6	6,2	7,9	8,6
<b>Firmeza</b>	4,2	7,6	8,5	8,6
<b>Jugosidad</b>	6,2	6,4	7,5	7,7
<b>Dificultad mastic.</b>	6,7	6,0	7,4	7,0
<b>Fibrosidad</b>	3,3	7,4	6,3	1,0
<b>Harinosidad</b>	8,4	7,4	7,6	0,9

Finalmente, en la figura 12 se presenta el bigráfico del ACP obtenido con los datos medios de cada variedad.

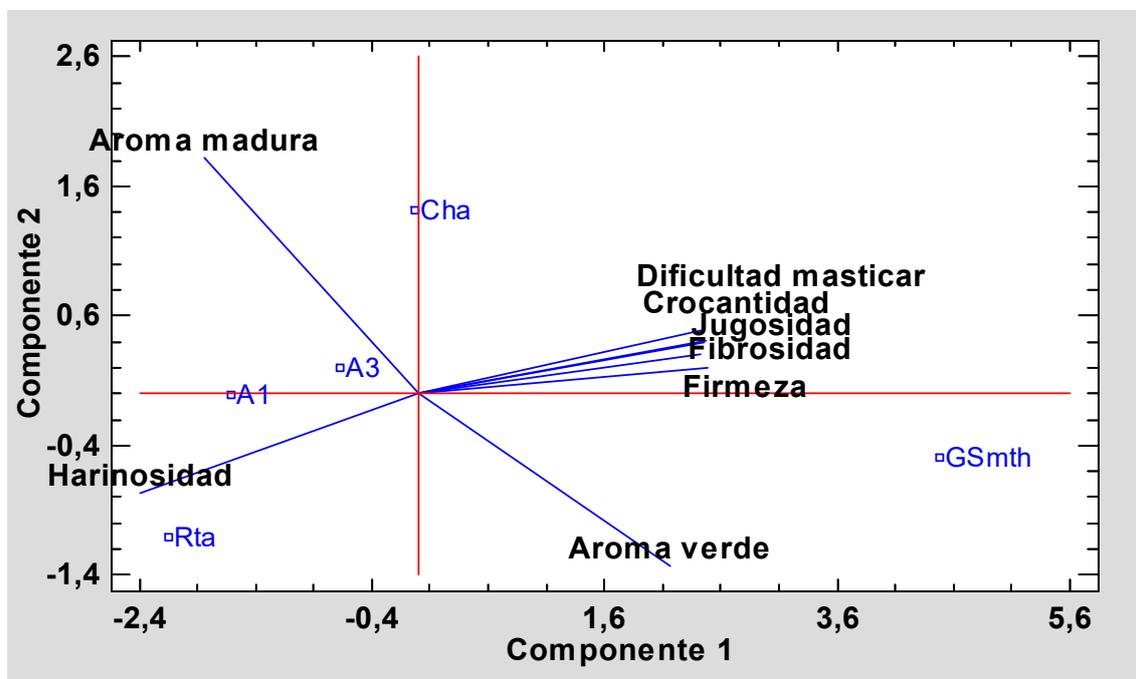


Figura 12. Bigráfico (atributos y variedades) del ACP obtenido con las medias de cada variedad (sesión 2).

Los dos primeros componentes explicaron el 86,56% de la varianza. Se observa con claridad como las variedades se asociaron con atributos concretos, haciéndolas diferentes unas de otras. Los resultados obtenidos están muy determinados por la gran diferencia existente entre la variedad Granny Smith y el resto en los atributos evaluados. La variedad Granny Smith se situó en el extremo derecho del componente 1, del cual se relacionó con atributos como dificultad para masticar, firmeza, jugosidad, fibrosidad, crocancia y aroma a manzana verde (Jankowski et al., 2016 en jugosidad y crocancia). En la parte opuesta se encontró Reineta, asociándose claramente con el atributo harinosidad. Sin embargo, Chantecler tuvo el mismo peso en los componentes 1 y 2, relacionándose principalmente con el aroma a manzana madura. Por último, las variedades autóctonas, se situaron entre Reineta y Chantecler, siendo algo harinosas y con un ligero aroma a manzana madura.

### 5.1.3.3 Sesión 3

Tras aplicar ANOVA con respecto al factor variedad, se constató que en la mayoría de los atributos existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las variedades de manzana evaluadas en la sesión 3 de entrenamiento. Solamente en los atributos Aroma manzana madura, dificultad masticar y fibrosidad no las hubo (tabla 14).

Tabla 14. Resultados de los ANOVA (variedad) para los atributos de la sesión de entrenamiento 3.

Atributo	A2	A4	Gold1	Gold2	Rta	F	P
Intensidad olor	8,64b	5,15a	6,05ab	6,62ab	3,78a	4,84	0,00
Grosor piel	4,51ab	5,20abc	7,05bc	7,63c	3,55a	6,37	0,00
Dureza piel	5,83ab	7,23b	8,17b	8,58b	3,85a	6,37	0,00
Dulzor	6,34b	3,07a	11,13c	11,50c	5,87b	38,94	0,00
Acidez	8,81b	9,40b	3,55a	2,92a	8,88b	22,72	0,00
Amargor	6,11b	11,30c	2,75a	2,67a	5,95b	41,43	0,00
Astringencia	6,73b	9,5c	2,34a	2,38a	6,57b	23,41	0,00
Aroma manzana verde	7,16ab	4,15a	7,19ab	7,62b	5,86ab	3,19	0,02
Aroma manzana madura	7,19a	7,60a	6,54a	5,85a	6,95a	0,68	0,60
Crocancia	6,62b	3,80a	8,77bc	9,30c	4,11a	21,68	0,00
Firmeza	7,09bc	6,12ab	8,35bc	8,87c	4,79a	8,19	0,00
Jugosidad	6,69b	2,81a	10,40c	10,45c	4,47a	66,17	0,00
Dificultad masticar	5,88a	5,88a	6,65a	7,21a	4,58a	2,25	0,07
Fibrosidad	5,76a	4,08a	6,54a	6,13a	5,22a	1,48	0,22
Harinosidad	7,25b	9,28bc	4,93a	4,18a	10,32c	21,89	0,00

A2: Arakil-02; A4: Goicoetxe; Gold 1 y 2: Golden; Rta: Reineta, F: Razón F de Fisher; P: P-valor. Valores medios seguidos de letras distintas indican diferencias significativas entre variedades ( $p < 0,05$ , criterio Tukey).

Además, cabe destacar que tampoco hubo diferencias significativas entre las variedades Golden (1 y 2) en ningún atributo evaluado, indicando una buena repetibilidad del panel de catadores. En muchos casos donde sí hubo diferencias significativas, el valor de F fue alto, indicando una alta variación de las medias de las muestras para esos atributos. Sin embargo, también se encontraron valores bajos de F, indicando una baja variación. Es el caso de los atributos intensidad de olor, grosor y dureza de piel, aroma manzana verde y firmeza. Al igual que en la sesión anterior, el atributo fibrosidad no tuvo significación y tuvo un valor F bajo debido a la ambigüedad del término y a la dificultad de encontrar la sensación en las variedades de manzana. Por ello, se decidió retirar este parámetro de la ficha de evaluación definitiva. Además, se decidió no utilizar tampoco el atributo intensidad de olor, debido a que se consideró que no era indispensable para la caracterización final de las manzanas. Con todo lo anterior, Arakil-01 obtuvo la mayor valoración de intensidad de olor y una elevada acidez. La otra variedad autóctona, Goicoetxe, destacó mucho por su elevado amargor y astringencia. En cuanto a las variedades comerciales, Golden fue la más dulce y menos ácida, y fue crocante, firme, jugosa y con la piel más gruesa y dura (Corollaro et al., 2013 en dulce y Jankowski et al., 2016 en jugosidad y dulzor). Reineta destacó de nuevo en harinosidad, parámetro en la que las dos variedades autóctonas también lo hicieron.

Al realizar los ANOVA con el factor catador, se comprobó que ninguno de los atributos resultó significativo, con la excepción de nuevo de la fibrosidad para la que se encontraron grandes diferencias entre los catadores (figura 13), razón de más para eliminar este atributo del estudio.

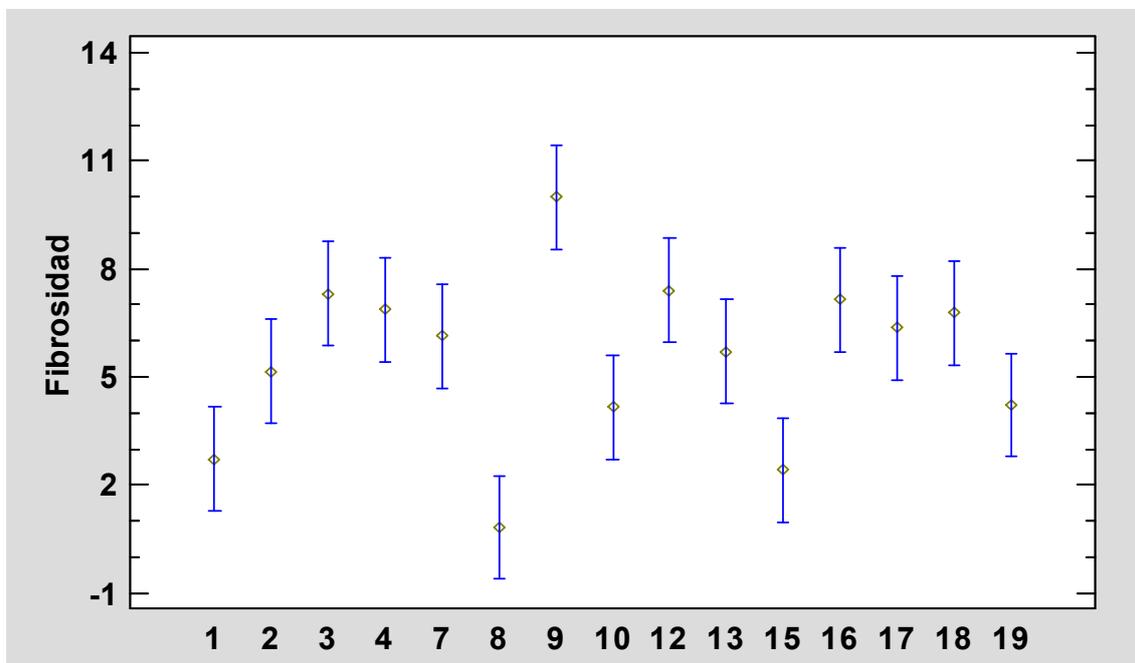


Figura 13. Gráfico de medias de la fibrosidad para cada catador (sesión 3).

En la siguiente tabla (15), se recogen las interpretaciones acerca del comportamiento de los catadores a la hora de evaluar los atributos en todas las variedades de manzana.

Tabla 15. Resumen de las interpretaciones de los gráficos de residuos.

Atributo	Variabilidad*	Catadores (por encima)**	Catadores (por debajo)**
Intensidad olor	Elevada	J7 y J9	J2, J12 y J18 J9 (A2)
Grosor piel	Moderada	J9 y J12 (Golden 2)	J9 y J12 (Golden 1) J8 (Golden 1 y 2)
Dureza piel	Moderada	J17 (A2 y A4)	J8 J17 (Golden 1 y 2 y Reineta)
Dulzor	Baja	J7 y J19 (A2) J8 y J19 (Reineta)	J1, J9, J12 y J16 (A2) J19 (Golden 2) J9 y J18 (Reineta)

Tabla 15. Resumen de las interpretaciones de los gráficos de residuos (continuación).

Acidez	Baja	J9 (A2)	J3, J7 y J19 (A2) J13 y J18 (A4)
Amargor	Moderada	J10 J10 (Golden 1 y 2)	J13
Astringencia	Moderada	J7 y 17 (A2) J9 (A2) J10 (Golden 1) J1 , J3 y J9 (Reineta)	J8 y J19 (A2, A4 y Reineta) J7 (Reineta)
Aroma manzana verde	Elevada	J7 (A2 y A4) J12 (A2) J3 (Golden 1 y 2) J16 y 17 (Reineta)	J9, 16 y J19 (A2) J15 y J18 (Golden 1 y 2) J7 (Golden 1) J12 (Golden 2) J8 (Reineta)
Aroma manzana madura	Elevada	9, 16 y 19 (A2) 3 y 12 (A4) 7 (Golden 1) 15 (Golden 2) 3 (Reineta)	7 y 12 (A2) 1, 7, 10, 13, 15 y 18 (A4) 9 (Golden 1) 3 (Golden 2) 13 y 16 (Reineta)
Crocantidad	Baja	J10 (Reineta)	J8 (Golden 1 y 2) J12 (Golden 2) J7 y J17 (Golden 1)
Firmeza	Baja	J2 J12 y J13 (Golden 1) J16 y J17 (Golden 2)	J8 J12 y J13 (Golden 2) J16 y J17 (Golden 1)
Jugosidad	Baja	J19 J19 (Golden 1 y 2)	
Dificultad para masticar	Moderada	J7 (Golden 2)	J3, J8, J16 y J19 J7 (Golden 1)
Fibrosidad	Moderada	J9 (A4, Golden 1 y Reineta) J7 y J12 (A2) J16 (Golden 1)	J8
Harinosidad	Baja	-	J3 y J9 (A4)

\*A menor variabilidad, mejor consenso de los catadores.

\*\* Catadores que se alejan de la media por evaluar de diferente forma.

Variedad de manzana entre paréntesis indica que la valoración fue diferente en ese tipo específico de variedad. Si no especifica entre paréntesis, la evaluación diferente es en general (en todas las variedades).

En la tercera sesión se evaluaron la totalidad de los atributos y, por tanto, el número de catadores que evaluaron de forma diferente al resto del panel fue mayor en comparación a las sesiones 1 y 2. Los catadores 7, 8, 9, 12, 16, 17 y 19 tendieron a evaluar de forma diferente en más de 5 ocasiones. También se pudo destacar a los catadores 3, 10, 13 y 18 en menor medida. Si se compara esta sesión final con las dos sesiones anteriores, el catador 10 siguió evaluando de diferente forma al resto a pesar de las indicaciones proporcionadas por el líder del panel. Existieron otros casos más leves, como los catadores 7, 8, 12 y 13 que volvieron a evaluar de diferente forma en general después de que en la sesión 2 no lo hicieran (en la 1 sí).

Tras hacer un análisis de conglomerados con las medias correspondientes a cada catador en todos los atributos se obtiene un dendograma (figura 14) en el que se pueden distinguir 3 grupos de catadores, el grupo 1 con los catadores 1, 7, 10 y 17, el grupo 2 con ocho catadores, y el grupo 3, el más distante del resto, con los catadores 8, 15 y 19.

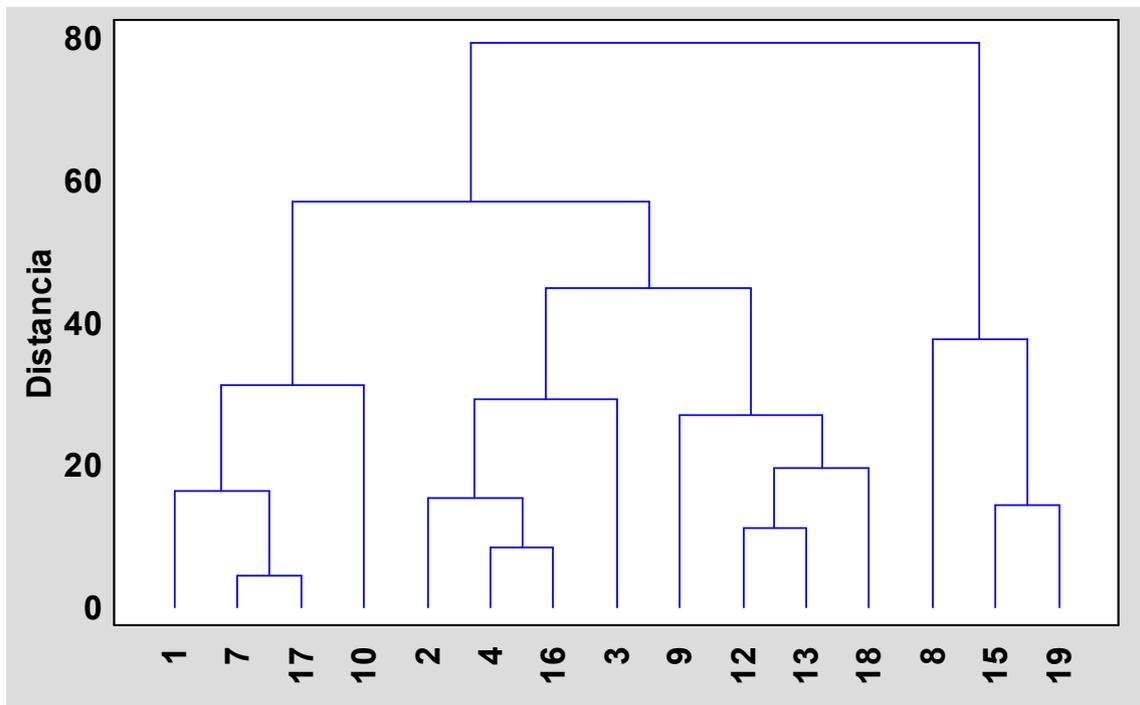


Figura 14. Dendograma de los catadores obtenido con los datos medios de la sesión 3 de entrenamiento.

Si analizamos los valores medios de las valoraciones de cada grupo en los distintos atributos (tabla 16) se comprueba que no existen diferencias extremadamente marcadas entre ellos. Los catadores del grupo 1 parecen puntuar por encima que el resto el grosor de la piel, el amargor y la astringencia. En la astringencia, en la fibrosidad, y en menor medida en la firmeza el grupo 3 da valoraciones más bajas que el resto. El grupo 2, el más numeroso, se sitúa en medio de los otros dos, con valores más altos de fibrosidad y menores en intensidad del olor.

Tabla 16. Valores medios de cada grupo de catadores (sesión 3 de entrenamiento).

	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>
<b>Catadores</b>	1, 7, 10 y 17	2, 3, 4, 9, 12, 13, 16 y 18	8, 15 y 19
<b>Intensidad olor</b>	7,7	5,0	6,7
<b>Grosor de la piel</b>	7,0	5,2	4,8
<b>Dureza de la piel</b>	7,4	6,4	6,8
<b>Dulzor</b>	7,8	7,2	8,5
<b>Acidez</b>	7,4	6,1	7,4
<b>Amargor</b>	6,7	5,3	4,7
<b>Astringencia</b>	6,8	5,5	3,8
<b>Aroma Mz. Verde</b>	7,9	6,1	5,2
<b>Aroma Mz. madura</b>	5,9	6,9	7,7
<b>Crocancia</b>	6,5	7,0	5,4
<b>Firmeza</b>	7,0	7,5	5,8
<b>Jugosidad</b>	7,0	7,3	6,0
<b>Dificultad mastic.</b>	5,9	6,6	4,7
<b>Fibrosidad</b>	4,8	7,0	2,5
<b>Harinosidad</b>	7,6	6,7	8,0

Finalmente se presentan los resultados del ACP obtenidos con los datos medios de cada variedad (figura 15).

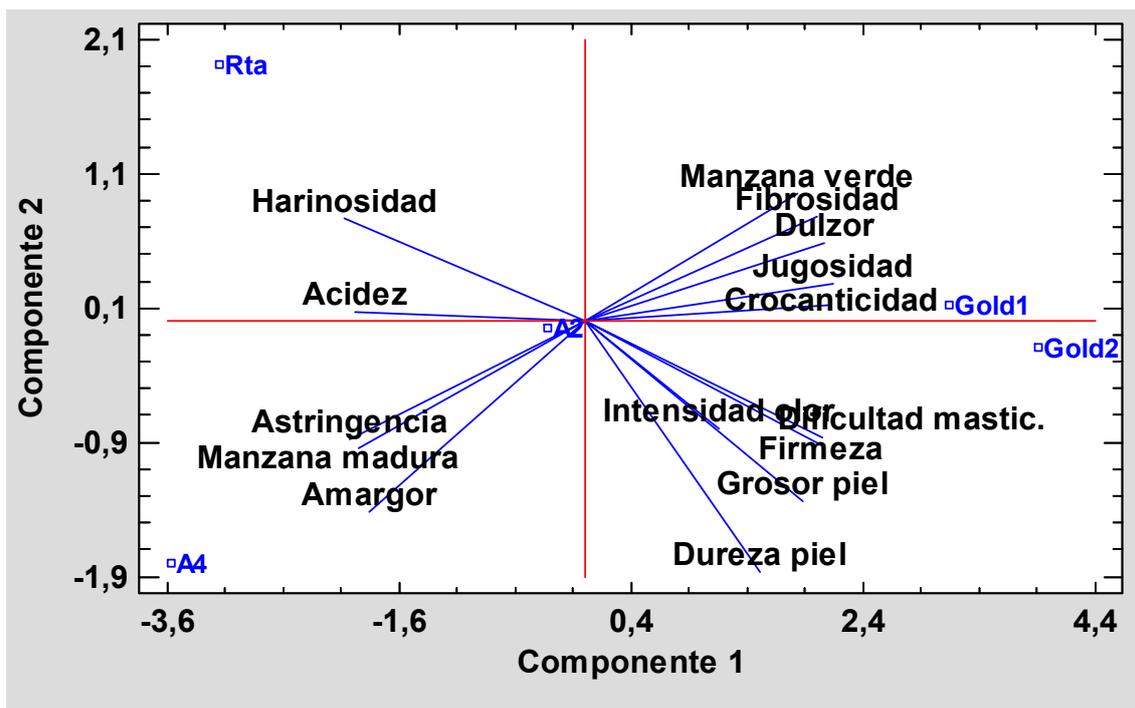


Figura 15. Bigráfico (atributos y variedades) del ACP obtenido con las medias de cada variedad (sesión 3).

Los dos primeros factores explicaron en 91,55% de la varianza. Las variedades se separaron claramente en los componentes 1 y 2. Ambas Golden se situaron cerca una de otra en el componente 1 (centroderecha), indicando una buena repetibilidad del panel. Estas variedades se caracterizaron por ser dulces, jugosas, crocantes, firmes, y con la piel dura y gruesa (Corollaro et al., 2013 con dulzor y Jankowski et al., 2016 con jugosidad y dulzor). La variedad Reineta se situó en la parte superior izquierda (esquina superior derecha), entre los componentes 1 y 2. Esta variedad se caracterizó por su acidez y harinosidad. En el opuesto contrario (esquina inferior izquierda) se sitúa Goicoetxe (A4), entre los componentes 1 y 2. Esta variedad se asoció particularmente con el amargor, astringencia y aroma a manzana madura. Por último, la variedad autóctona restante, Arakil-02 (A2), se encontraba en el centro del gráfico. Esto significa que tuvo valores medios de los atributos descritos, sin destacar en ninguno concreto.

## 5.2 *Análisis sensorial descriptivo de variedades autóctonas de manzana*

### 5.2.1 *Evaluación del comportamiento del panel*

En este apartado se recogen los resultados de los análisis estadísticos realizados para evaluar el comportamiento del panel. En primer lugar, un ANOVA trifactorial (variedad, catador, sesión) realizado con los datos correspondientes de las dos variedades para las que se repitió la evaluación en dos sesiones distintas. Después con un ANOVA simple (factor catador) con el conjunto de todos los datos, y un análisis de conglomerados con los valores medios obtenidos para cada catador en todos los atributos.

Tabla 17. ANOVA (Variedad, Catador y Sesión): significatividad de los factores y sus interacciones.

<b>Atributo</b>	<b>A: Variedad</b>	<b>B: Catador</b>	<b>C: Sesión</b>	<b>AB</b>	<b>AC</b>	<b>BC</b>
Grosor piel	NS	0,02	NS	NS	NS	NS
Dureza piel	0,04	0,0003	NS	NS	0,02	NS
Dulzor	NS	0,0001	NS	0,04	NS	NS
Acidez	0,02	0,0023	0,0142	NS	NS	NS
Amargor	NS	0,04	NS	NS	NS	NS
Astringencia	NS	0,0038	NS	NS	NS	NS
Aroma manzana verde	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Aroma manzana madura	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Crocancia	0,04	NS	NS	NS	NS	NS
Firmeza	0,0000	0,0053	NS	NS	NS	NS
Jugosidad	NS	0,04	NS	NS	NS	NS
Dificultad masticar	0,0002	0,04	NS	NS	NS	NS
Harinosidad	0,0000	NS	NS	NS	NS	NS

NS: No significativo ( $p < 0,05$ ).

El panel de catadores fue capaz de encontrar diferencias significativas entre las dos variedades (Arakil-02 y Naranjina) en los atributos dureza de piel, acidez, crocancia, firmeza, dificultad para masticar y harinosidad. Estos atributos suponen algo menos de la mitad (46%) de los atributos utilizados para la caracterización de las manzanas. Por otro lado, existieron diferencias significativas entre catadores para la mayoría de los atributos evaluados (menos para aroma manzana verde, aroma manzana madura, crocancia y harinosidad). Esto quiere decir que el consenso general del panel no fue bueno a pesar de haber realizado varias sesiones de entrenamiento, y contradice un tanto los resultados obtenidos en las sesiones de entrenamiento en los que no se percibían diferencias entre los valores medios de los catadores para la mayor parte de los parámetros. Un aspecto positivo, por otra parte, es que solamente el atributo acidez tuvo significación con respecto al factor sesión, y que fueron muy pocas las interacciones significativas entre factores. Solamente hubo interacción variedad-catador en el dulzor y variedad-sesión en la dureza de piel, ambas se representan a continuación en forma de gráficos

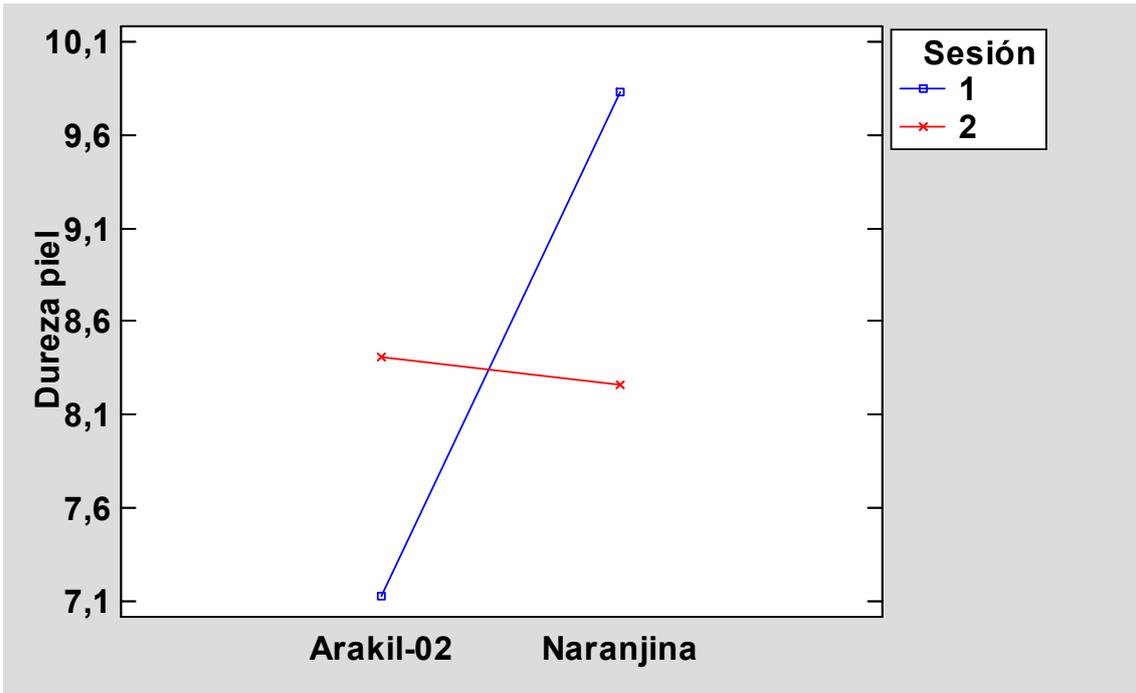


Figura 16. Evaluación de la dureza de piel en las variedades Arakil-02 y Naranja en las sesiones 1 y 2.

Se puede apreciar como el panel evaluó de diferente forma las variedades Arakil-02 y Naranja entre una sesión y otra. En la primera sesión, Arakil-02 fue valorada con una dureza de piel media de 7,1 y, sin embargo, en la segunda sesión ascendió hasta 9,8. En el caso de la variedad Naranja, el cambio fue mínimo, ya que entre una sesión y otra hubo un ligero descenso en la evaluación de la dureza de la piel (0,3 puntos).

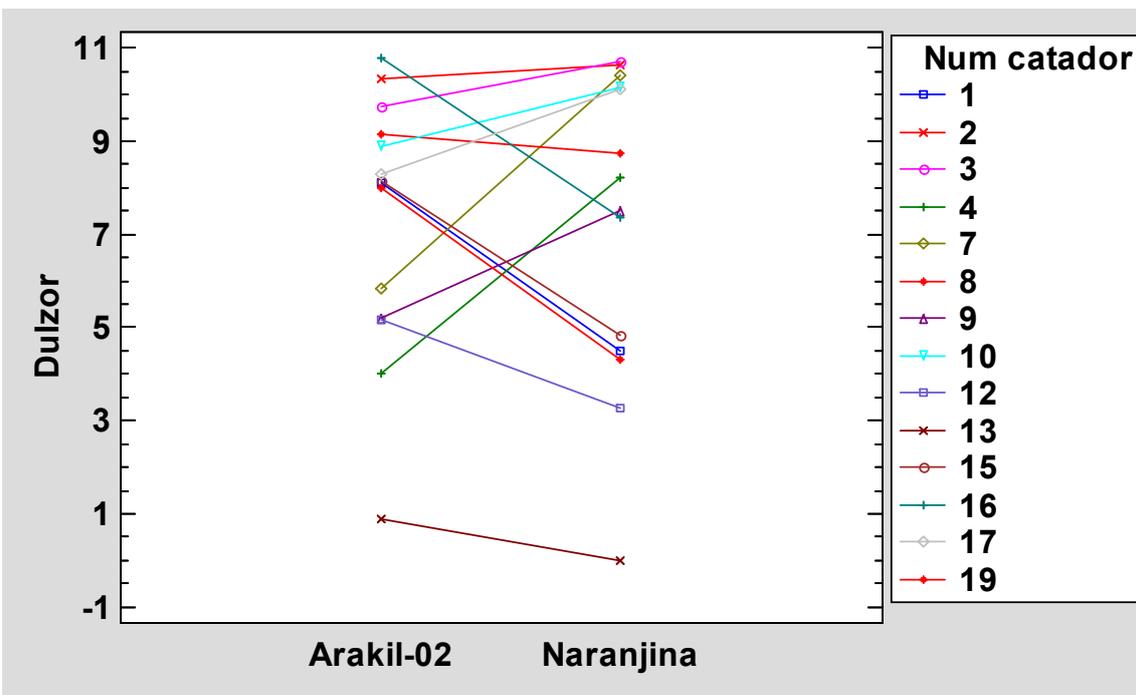


Figura 17. Evaluación del dulzor en las variedades Arakil-02 y Naranja por parte de los distintos catadores.

En la otra interacción, en este caso variedad x catador, para el parámetro dulzor, en el gráfico se aprecia que seis catadores consideran más dulce Arakil-02 que Naranjina, otros tres lo hacen lo contrario, y para los cinco restantes apenas hay diferencias entre ambas variedades.

Tabla 18. Resultados de los ANOVAs (Catadores) correspondientes a la evaluación final de las variedades autóctonas de manzana.

Catador	Grosor piel	Dureza piel	Dulzor	Acidez	Amargor	Astringencia	Manzana verde	Manzana madura	Crocanticidad	Firmeza	Jugosidad	Dificultad mastic.	Harinosidad
1	6,19 <sup>bcd</sup>	7,24 <sup>bcd</sup>	6,41 <sup>bc</sup>	9,47 <sup>e</sup>	6,21 <sup>bcd</sup>	10,66 <sup>e</sup>	6,42 <sup>abcde</sup>	1,91 <sup>a</sup>	6,04	9,01 <sup>c</sup>	4,53 <sup>a</sup>	7,17 <sup>ab</sup>	8,34 <sup>ab</sup>
2	5,54 <sup>abcd</sup>	7,47 <sup>bcd</sup>	8,61 <sup>bc</sup>	7,30 <sup>abcde</sup>	5,67 <sup>abcd</sup>	6,36 <sup>cd</sup>	5,98 <sup>abcde</sup>	5,20 <sup>abc</sup>	6,54	8,86 <sup>bc</sup>	8,16 <sup>cd</sup>	6,72 <sup>ab</sup>	7,38 <sup>ab</sup>
3	2,38 <sup>a</sup>	3,89 <sup>ab</sup>	9,34 <sup>c</sup>	5,04 <sup>abcde</sup>	1,77 <sup>a</sup>	2,16 <sup>ab</sup>	5,03 <sup>abcd</sup>	6,64 <sup>bc</sup>	5,49	7,10 <sup>abc</sup>	5,53 <sup>abcd</sup>	4,06 <sup>a</sup>	5,96 <sup>ab</sup>
4	7,66 <sup>cd</sup>	6,81 <sup>abcde</sup>	5,51 <sup>abc</sup>	4,65 <sup>abcd</sup>	6,07 <sup>bcd</sup>	6,07 <sup>bcd</sup>	2,65 <sup>a</sup>	3,65 <sup>ab</sup>	6,50	6,82 <sup>abc</sup>	4,99 <sup>abc</sup>	5,71 <sup>ab</sup>	8,24 <sup>ab</sup>
5	5,93 <sup>abcd</sup>	6,64 <sup>abcde</sup>	8,31 <sup>bc</sup>	4,70 <sup>abcde</sup>	6,09 <sup>abcd</sup>	6,26 <sup>bcd</sup>	6,26 <sup>abcde</sup>	7,99 <sup>bc</sup>	6,24	7,39 <sup>abc</sup>	5,89 <sup>abcd</sup>	5,42 <sup>ab</sup>	7,11 <sup>ab</sup>
7	5,29 <sup>abcd</sup>	5,99 <sup>abcd</sup>	8,21 <sup>bc</sup>	3,60 <sup>ab</sup>	2,07 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	3,68 <sup>abc</sup>	7,35 <sup>bc</sup>	5,60	6,10 <sup>ab</sup>	7,06 <sup>abcd</sup>	6,21 <sup>ab</sup>	6,29 <sup>ab</sup>
8	2,86 <sup>ab</sup>	3,11 <sup>a</sup>	9,19 <sup>c</sup>	9,13 <sup>de</sup>	3,94 <sup>abcd</sup>	4,50 <sup>abcd</sup>	10,04 <sup>e</sup>	7,02 <sup>bc</sup>	5,74	6,03 <sup>ab</sup>	8,00 <sup>bcd</sup>	4,11 <sup>a</sup>	9,51 <sup>b</sup>
9	5,43 <sup>abcd</sup>	10,31 <sup>ef</sup>	6,85 <sup>bc</sup>	4,67 <sup>abcd</sup>	2,99 <sup>ab</sup>	4,61 <sup>abcd</sup>	5,78 <sup>abcd</sup>	7,53 <sup>bc</sup>	6,05	7,13 <sup>abc</sup>	7,64 <sup>abcd</sup>	6,54 <sup>ab</sup>	9,61 <sup>b</sup>
10	2,71 <sup>ab</sup>	9,06 <sup>cdef</sup>	9,32 <sup>c</sup>	8,06 <sup>bcd</sup>	7,37 <sup>cd</sup>	8,47 <sup>de</sup>	7,26 <sup>bcd</sup>	8,96 <sup>b</sup>	7,48	7,58 <sup>abc</sup>	7,05 <sup>abcd</sup>	6,81 <sup>ab</sup>	8,61 <sup>ab</sup>
11	4,82 <sup>abcd</sup>	9,59 <sup>cdef</sup>	6,67 <sup>abc</sup>	5,63 <sup>abcde</sup>	2,62 <sup>ab</sup>	1,89 <sup>abc</sup>	4,54 <sup>abcd</sup>	6,89 <sup>bc</sup>	7,34	7,27 <sup>abc</sup>	7,32 <sup>abcd</sup>	4,31 <sup>ab</sup>	4,73 <sup>a</sup>
12	6,06 <sup>bcd</sup>	6,75 <sup>abcde</sup>	4,77 <sup>ab</sup>	5,57 <sup>abcde</sup>	5,26 <sup>abcd</sup>	3,69 <sup>abc</sup>	4,89 <sup>abcd</sup>	5,50 <sup>abc</sup>	6,48	6,36 <sup>abc</sup>	8,77 <sup>d</sup>	6,75 <sup>ab</sup>	9,21 <sup>ab</sup>
13	7,28 <sup>cd</sup>	8,28 <sup>cdef</sup>	2,27 <sup>a</sup>	3,44 <sup>a</sup>	2,99 <sup>ab</sup>	6,26 <sup>bcd</sup>	3,06 <sup>ab</sup>	7,41 <sup>bc</sup>	5,03	5,54 <sup>a</sup>	6,12 <sup>abcd</sup>	4,19 <sup>a</sup>	6,30 <sup>ab</sup>
15	5,66 <sup>abcd</sup>	10,90 <sup>f</sup>	6,95 <sup>bc</sup>	8,87 <sup>cde</sup>	7,81 <sup>d</sup>	5,30 <sup>abcd</sup>	7,42 <sup>cde</sup>	5,51 <sup>abc</sup>	8,39	7,81 <sup>abc</sup>	7,76 <sup>abcd</sup>	7,84 <sup>b</sup>	7,50 <sup>ab</sup>
16	8,34 <sup>d</sup>	9,22 <sup>def</sup>	7,96 <sup>bc</sup>	5,80 <sup>abcde</sup>	4,28 <sup>abcd</sup>	4,36 <sup>abc</sup>	6,11 <sup>abcde</sup>	7,81 <sup>b</sup>	5,56	6,89 <sup>abc</sup>	8,17 <sup>cd</sup>	6,19 <sup>ab</sup>	7,77 <sup>ab</sup>
17	8,37 <sup>d</sup>	8,85 <sup>cdef</sup>	8,68 <sup>bc</sup>	7,17 <sup>abcde</sup>	2,91 <sup>ab</sup>	5,59 <sup>abcd</sup>	8,17 <sup>de</sup>	7,69 <sup>bc</sup>	6,77	6,71 <sup>abc</sup>	6,24 <sup>abcd</sup>	6,31 <sup>ab</sup>	7,15 <sup>ab</sup>
19	4,42 <sup>abc</sup>	5,07 <sup>abc</sup>	5,73 <sup>abc</sup>	6,64 <sup>abcde</sup>	3,68 <sup>abc</sup>	2,79 <sup>abc</sup>	6,92 <sup>bcd</sup>	6,56 <sup>bc</sup>	4,79	5,13 <sup>a</sup>	4,67 <sup>ab</sup>	5,72 <sup>ab</sup>	6,40 <sup>ab</sup>
20	9,16 <sup>d</sup>	6,68 <sup>abcde</sup>	6,79 <sup>abc</sup>	3,89 <sup>abc</sup>	2,59 <sup>ab</sup>	3,91 <sup>abcd</sup>	5,76 <sup>abcde</sup>	7,58 <sup>bc</sup>	5,61	6,54 <sup>abc</sup>	7,27 <sup>abcd</sup>	5,76 <sup>ab</sup>	7,40 <sup>ab</sup>
F	7,21	6,76	5,33	4,34	5,34	7,63	4,69	4,31	1,59	3,04	3,44	2,99	2,38
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0746	0,0001	0,0000	0,0002	0,0027

Valores medios seguidos de letras distintas indican diferencias significativas entre variedades ( $p < 0,05$ , criterio Tukey).

Al analizar los resultados de los ANOVA (catadores) se comprueba que la crocancia fue el único atributo en donde no se encontraron diferencias significativas, indicando que el panel lo evaluó de forma muy similar. Aunque para el resto de los atributos sí hubo diferencias significativas, el valor F no fue excesivamente alto (2,38-7,63). Por tanto, a menor valor F, menor fue el número de catadores que se desviaron de la evaluación media del panel. Por ejemplo, en los atributos dificultad para masticar y harinosidad, existen diferencias significativas únicamente entre tres catadores. Por el contrario, en atributos como la astringencia o el grosor de la piel se observa más diversidad de valoraciones medias.

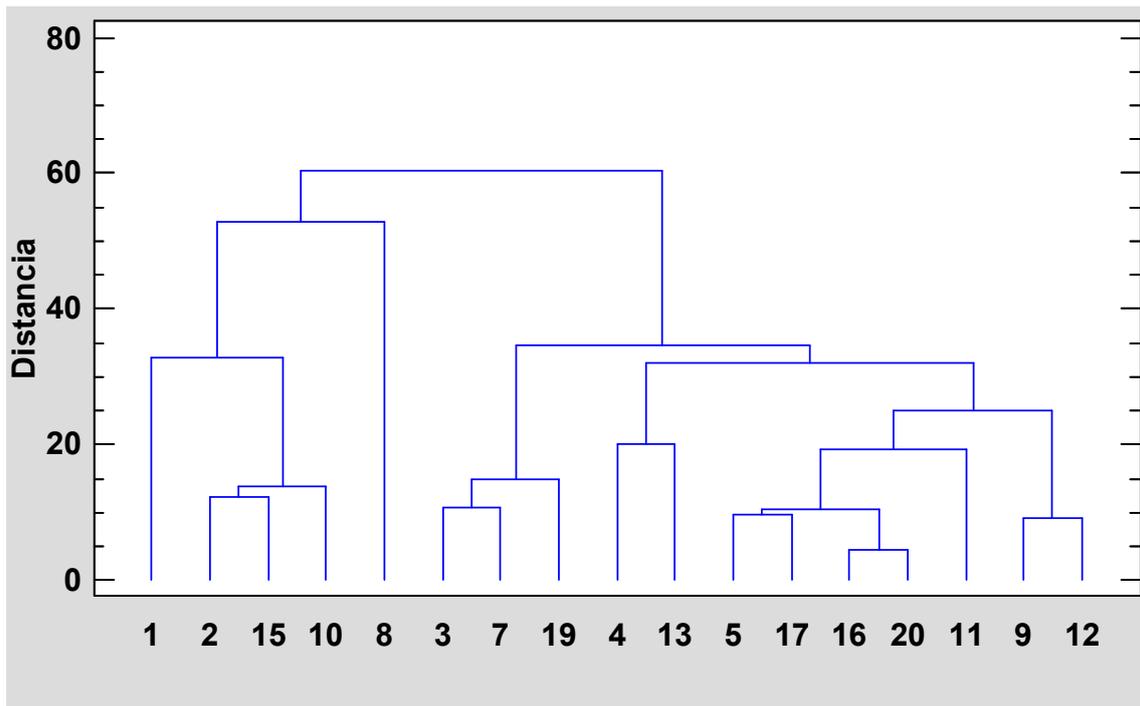


Figura 18. Dendrograma de los catadores obtenido con los datos medios de la evaluación de las manzanas autóctonas.

El análisis de conglomerados (figura 18) permitió identificar 6 grupos de catadores, representados en la tabla 19.

Tabla 19. Valoraciones medias de los seis grupos de catadores identificados con el análisis de conglomerados.

	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>	<b>Grupo 5</b>	<b>Grupo 6</b>
<b>Catadores</b>	1	2, 10, 15	3, 7, 19	4, 13	5, 9, 11, 12, 16, 17, 20	8
<b>Grosor de la piel</b>	6,2	4,6	4,0	7,5	6,9	2,9
<b>Dureza de la piel</b>	7,2	9,1	5,0	7,5	8,3	3,1
<b>Dulzor</b>	6,4	8,3	7,8	3,9	4,1	9,2
<b>Acidez</b>	9,5	8,1	5,1	4,0	5,3	9,1
<b>Amargor</b>	6,2	7,0	2,5	4,5	3,8	3,9
<b>Astringencia</b>	10,7	6,7	2,2	6,2	4,3	4,5
<b>Aroma Mz. Verde</b>	6,4	6,9	5,2	2,9	5,9	10,0
<b>Aroma Mz. madura</b>	1,9	6,6	6,9	5,5	7,3	7,0
<b>Crocancia</b>	6,0	7,5	5,3	5,8	6,3	5,7
<b>Firmeza</b>	9,0	8,1	6,1	6,2	6,9	6,0
<b>Jugosidad</b>	4,5	7,7	5,8	5,6	7,3	8,0
<b>Dificultad mastic.</b>	7,2	7,1	5,3	5,0	5,9	4,1
<b>Harinosidad</b>	8,3	7,8	6,2	7,3	7,6	9,5

Dos de los grupos son unipersonales, el grupo 1 (catador 1) que difiere del resto sobre todo por dar elevadas puntuaciones en amargor y astringencia, y muy bajas en aroma de manzana madura; y el grupo 6 (catador 8) por dar valores muy por encima del resto en aroma a manzana verde, y menores en grosor y dureza de la piel, y también bajas en astringencia y amargor. El grupo 4 está constituido por dos catadores, que valoran muy bajo el aroma a manzana verde, y también dan bajas puntuaciones en dulzor y acidez, algo que también hacen los siete catadores del grupo 5, el más amplio. Por último, los grupos 2 y 3 están formados por tres catadores cada uno. El primero da puntuaciones elevadas en amargor. El grupo 3 da puntuaciones bajas en amargor y astringencia. Los dos dan bajas puntuaciones en grosor de la piel.

En definitiva, se aprecian más diferencias entre los catadores que las observadas en las sesiones de entrenamiento. Es posible que se deba a la suma de varios factores. A que las variedades autóctonas probablemente sean menos reconocibles que las variedades comerciales que tienen unas características muy marcadas a las que los catadores están más familiarizados. Y también a que posiblemente existiera una mayor variabilidad entre las muestras de una misma variedad en el caso de las manzanas autóctonas que en las comerciales, que se venden bajo estándares de calidad homogéneos.

Finalmente, en la tabla 20 se puede comparar el comportamiento del panel en la sesión 3 de entrenamiento y en el análisis final de las manzanas. Se comprueba que en algunos casos el comportamiento de los catadores parece coincidir en ambas sesiones, sobre todo en el caso de la astringencia (catadores 1, 8, y 19) y el amargor (catadores 1 y 10), en algún caso es exactamente el contrario (catador 7 para el amargor y la astringencia), y en bastantes casos, en la evaluación final de las manzanas se detectan diferencias de comportamiento que no se detectaron en la sesión de entrenamiento.

Tabla 20. Síntesis de la información derivada del análisis de conglomerados de los catadores en la última sesión de entrenamiento y en la evaluación final de las manzanas.

Catador	Sesión 3 entrenamiento	Evaluación final de manzanas
1	Grupo 1 (alto amargor, astringencia, y grosor de la piel)	Grupo 1 (alto amargor y astringencia y bajo aroma manzana madura)
2	Grupo 2	Grupo 2 (alto amargor, bajo grosor de piel)
3	Grupo 2	Grupo 3 (bajo amargor, astringencia, y grosor de piel)
4	Grupo 2	Grupo 4 (bajo aroma manzana verde, dulzor y acidez)
5	*	Grupo 5 (bajo dulzor y acidez)
7	Grupo 1 (alto amargor, astringencia, y grosor de la piel)	Grupo 3 (bajo amargor, astringencia, y grosor de piel)
8	Grupo 3 (baja astringencia y firmeza)	Grupo 6 (alto aroma manzana verde y bajo grosor y dureza de piel, y astringencia)
9	Grupo 2	Grupo 5 (bajo dulzor y acidez)
10	Grupo 1 (alto amargor, astringencia, y grosor de la piel)	Grupo 2 (alto amargor, bajo grosor de piel)
11	*	Grupo 5 (bajo dulzor y acidez)
12	Grupo 2	Grupo 5 (bajo dulzor y acidez)
13	Grupo 2	Grupo 4 (bajo aroma manzana verde, dulzor y acidez)
15	Grupo 3 (baja astringencia y firmeza)	Grupo 2 (alto amargor, bajo grosor de piel)
16	Grupo 2	Grupo 5 (bajo dulzor y acidez)
17	Grupo 1 (alto amargor, astringencia, y grosor de la piel)	Grupo 5 (bajo dulzor y acidez)
18	Grupo 2	*
19	Grupo 3 (baja astringencia y firmeza)	Grupo 3 (bajo amargor, astringencia, y grosor de piel)
20	*	Grupo 5 (bajo dulzor y acidez)

\*Ausente.

### 5.2.2 Caracterización de las variedades de manzana

En este apartado se presentan los resultados en el mismo orden que los apartados anteriores para ANOVA y ACP y además se añaden los resultados del análisis Clúster y de los gráficos de radar pertenecientes a la caracterización de las variedades de manzana.

Tabla 21. Resultados de los ANOVAs (Variedad) correspondientes a la evaluación final de las variedades autóctonas de manzana.

Variedad	Grosor piel	Dureza piel	Dulzor	Acidez	Amargor	Astringencia	Manzana verde	Manzana madura	Crocantidad	Firmeza	Jugosidad	Dificultad mastic.	Harinosidad
Ama Birgen S.	5,52 <sup>abc</sup>	7,02 <sup>abcd</sup>	7,02 <sup>abcd</sup>	7,15 <sup>bcd</sup>	4,35 <sup>ab</sup>	3,56 <sup>abc</sup>	5,83	6,27	5,37 <sup>ab</sup>	6,99 <sup>abc</sup>	6,37 <sup>abcd</sup>	5,07 <sup>ab</sup>	7,93 <sup>cde</sup>
Arakil-02	5,65 <sup>abc</sup>	7,67 <sup>bcd</sup>	7,21 <sup>abc</sup>	7,44 <sup>cd</sup>	3,45 <sup>ab</sup>	4,94 <sup>abc</sup>	6,17	6,80	5,65 <sup>ab</sup>	5,94 <sup>a</sup>	7,95 <sup>d</sup>	4,98 <sup>ab</sup>	9,71 <sup>e</sup>
Botil S.	4,44 <sup>ab</sup>	5,91 <sup>abc</sup>	9,54 <sup>cd</sup>	2,76 <sup>a</sup>	3,12 <sup>ab</sup>	3,06 <sup>ab</sup>	3,86	8,22	4,77 <sup>a</sup>	5,79 <sup>a</sup>	4,15 <sup>ab</sup>	4,21 <sup>a</sup>	9,52 <sup>de</sup>
Goicoetxe	4,55 <sup>ab</sup>	7,07 <sup>abcd</sup>	4,04 <sup>a</sup>	7,36 <sup>cd</sup>	9,11 <sup>c</sup>	7,31 <sup>c</sup>	5,19	7,08	4,19 <sup>a</sup>	5,58 <sup>a</sup>	3,83 <sup>a</sup>	4,84 <sup>ab</sup>	10,17 <sup>c</sup>
Iturmendi-06	3,94 <sup>a</sup>	5,61 <sup>ab</sup>	7,41 <sup>abcd</sup>	7,77 <sup>cd</sup>	4,09 <sup>ab</sup>	3,91 <sup>abc</sup>	5,93	6,85	5,62 <sup>ab</sup>	7,01 <sup>abc</sup>	8,02 <sup>d</sup>	5,47 <sup>abc</sup>	7,95 <sup>cde</sup>
Mz Tomate	4,62 <sup>ab</sup>	4,65 <sup>ab</sup>	5,83 <sup>ab</sup>	7,76 <sup>cd</sup>	4,60 <sup>ab</sup>	6,29 <sup>abc</sup>	5,03	6,18	5,02 <sup>ab</sup>	5,77 <sup>a</sup>	6,66 <sup>abcd</sup>	5,08 <sup>abc</sup>	6,65 <sup>bcd</sup>
Naranjina	6,92 <sup>abc</sup>	8,97 <sup>cd</sup>	7,16 <sup>abc</sup>	5,82 <sup>abc</sup>	4,16 <sup>ab</sup>	3,98 <sup>abc</sup>	7,03	5,89	7,11 <sup>cd</sup>	7,99 <sup>bc</sup>	8,07 <sup>d</sup>	7,27 <sup>c</sup>	5,22 <sup>ab</sup>
Roja de Guipuzcoa	5,74 <sup>abc</sup>	7,96 <sup>bcd</sup>	8,47 <sup>bcd</sup>	3,32 <sup>ab</sup>	3,78 <sup>ab</sup>	4,94 <sup>abc</sup>	4,55	7,56	4,89 <sup>a</sup>	5,96 <sup>a</sup>	4,36 <sup>abc</sup>	5,28 <sup>abc</sup>	8,75 <sup>de</sup>
Uharte Arakil-01	4,02 <sup>a</sup>	3,66 <sup>a</sup>	10,56 <sup>d</sup>	3,19 <sup>a</sup>	2,21 <sup>a</sup>	2,36 <sup>a</sup>	5,28	7,92	5,73 <sup>ab</sup>	6,66 <sup>abc</sup>	7,92 <sup>d</sup>	4,66 <sup>ab</sup>	8,91 <sup>de</sup>
Urdiain-01	5,29 <sup>abc</sup>	8,36 <sup>bcd</sup>	6,14 <sup>abc</sup>	7,59 <sup>cd</sup>	5,96 <sup>bc</sup>	7,25 <sup>c</sup>	7,83	5,73	8,78 <sup>cd</sup>	8,85 <sup>cd</sup>	7,83 <sup>d</sup>	7,11 <sup>bc</sup>	5,21 <sup>abc</sup>
Vitoria-03	8,61 <sup>c</sup>	9,88 <sup>d</sup>	7,04 <sup>abcd</sup>	4,64 <sup>abc</sup>	4,08 <sup>ab</sup>	7,09 <sup>c</sup>	6,11	4,48	10,38 <sup>d</sup>	10,34 <sup>d</sup>	6,99 <sup>cd</sup>	9,89 <sup>d</sup>	3,54 <sup>a</sup>
Ziordia-02	7,87 <sup>bc</sup>	9,72 <sup>d</sup>	4,78 <sup>a</sup>	9,63 <sup>d</sup>	5,37 <sup>ab</sup>	6,97 <sup>bc</sup>	6,81	4,91	6,25 <sup>abc</sup>	6,17 <sup>ab</sup>	6,99 <sup>bcd</sup>	6,41 <sup>abc</sup>	7,89 <sup>cde</sup>
F	4,33	6,18	5,51	7,35	5,20	4,33	1,80	1,94	11,12	10,08	7,83	10,12	13,24
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0554	0,0357	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Valores medios seguidos de letras distintas indican diferencias significativas entre variedades ( $p < 0,05$ , criterio Tukey).

A pesar de que el comportamiento del panel no fue tan bueno como se deseaba, se pudo conseguir una buena caracterización de las manzanas autóctonas. En la mayoría de los atributos existieron diferencias entre variedades ( $p < 0,05$ ), salvo en los dos atributos relativos al aroma. Por otro lado, las diferencias entre variedades fueron mayores en los atributos de textura crocancia, firmeza, dificultad para masticar y harinosidad. A partir de esta tabla, se pudo obtener una idea inicial acerca de en qué atributos destacaba cada variedad de manzana.

Los valores medios obtenidos para cada variedad (diferenciando en este caso las repeticiones de las variedades Naranjina y Arakil-02) se emplearon para completar la caracterización a través de análisis de componentes principales y análisis de conglomerados.

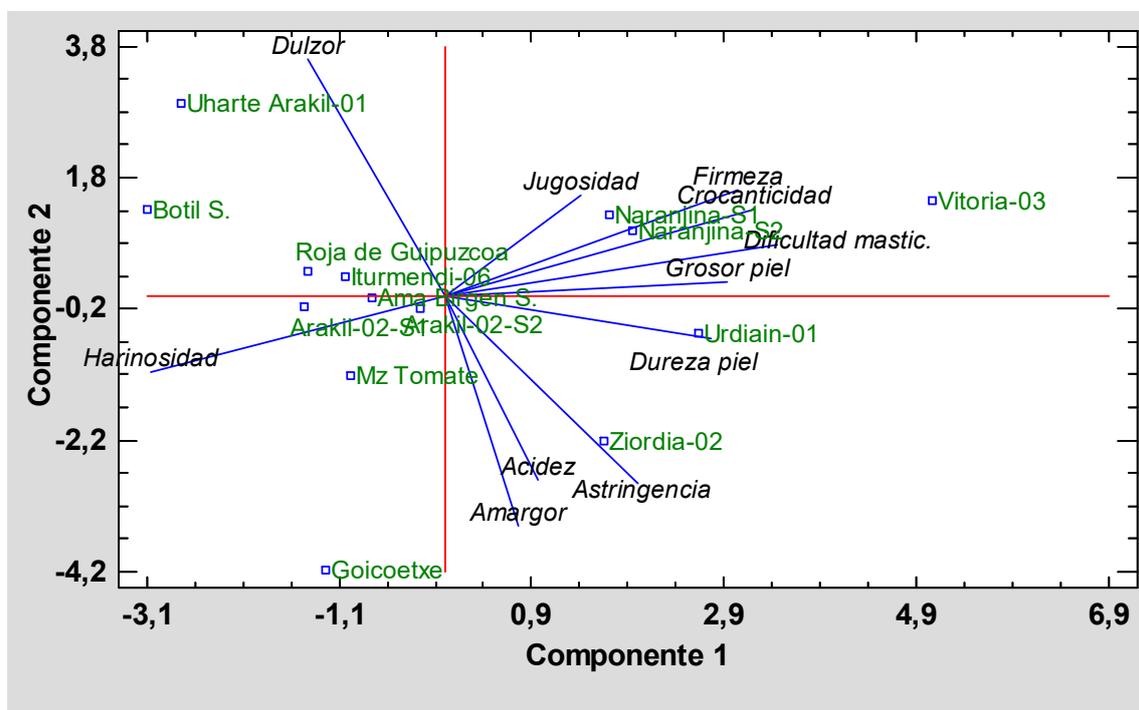


Figura 19. Bigráfico (atributos y variedades) del ACP obtenido con las medias de cada variedad autóctona.

En la figura 19 se presentan las variables y variedades en función de los 2 primeros componentes principales obtenidos, que recogieron el 74,70% de la información. En primer lugar, destaca el hecho de que las observaciones correspondientes a las dos variedades que se evaluaron dos veces se sitúan muy próximas entre sí (sobre todo Naranjina) lo que indicaría que, pese a las deficiencias encontradas en el análisis del comportamiento del panel, este ha sido lo suficientemente fiable como para describir de forma muy similar las repeticiones.

En cuanto a la caracterización de las variedades, el grupo formado por las variedades Roja de Guipúzcoa, Iturmendi, Ama Birgen, Arakil y Manzana Tomate se encontraron en el centro del gráfico, por lo que no tuvieron pesos sobre los componentes 1 y 2. Estas variedades fueron muy similares entre sí y no destacaron en ningún atributo concreto (se encontraban sobre la media).

El resto de las variedades si se situaron repartidas a lo largo de los componentes 1 y 2. La variedad Vitoria-03 se caracterizó por ser la más jugosa, firme, crocante, difícil de masticar y con mayor grosor de piel. La variedad Naranja también se situó relativamente cerca de Vitoria-03 destacando también en esos mismos atributos, pero en menor medida. Urdiain-01 destacó por su piel dura y gruesa. Ziordia-02 fue la más astringente y también algo ácida y amarga. Estos dos últimos atributos, en particular el amargor, se atribuyeron más a la variedad Goicoetxe, que cuenta también con una importante harinosidad. Botil S. fue la más harinosa y la segunda más dulce de todas. En este último atributo (dulzor) destacó más la variedad Uharte Arakil-01, también harinosa.

En la figura 19 se observa también la relación entre los atributos, la harinosidad parece contraponerse a la firmeza, crocancia, y dificultad de masticar, lo mismo que la acidez y el dulzor. Amargor, astringencia y acidez parecen correlacionados positivamente entre sí, y algo similar se observa entre el grosor y la dureza de la piel. Todo esto viene corroborado en el dendograma presentado en la figura 20, donde se agrupan los atributos en función de su afinidad.

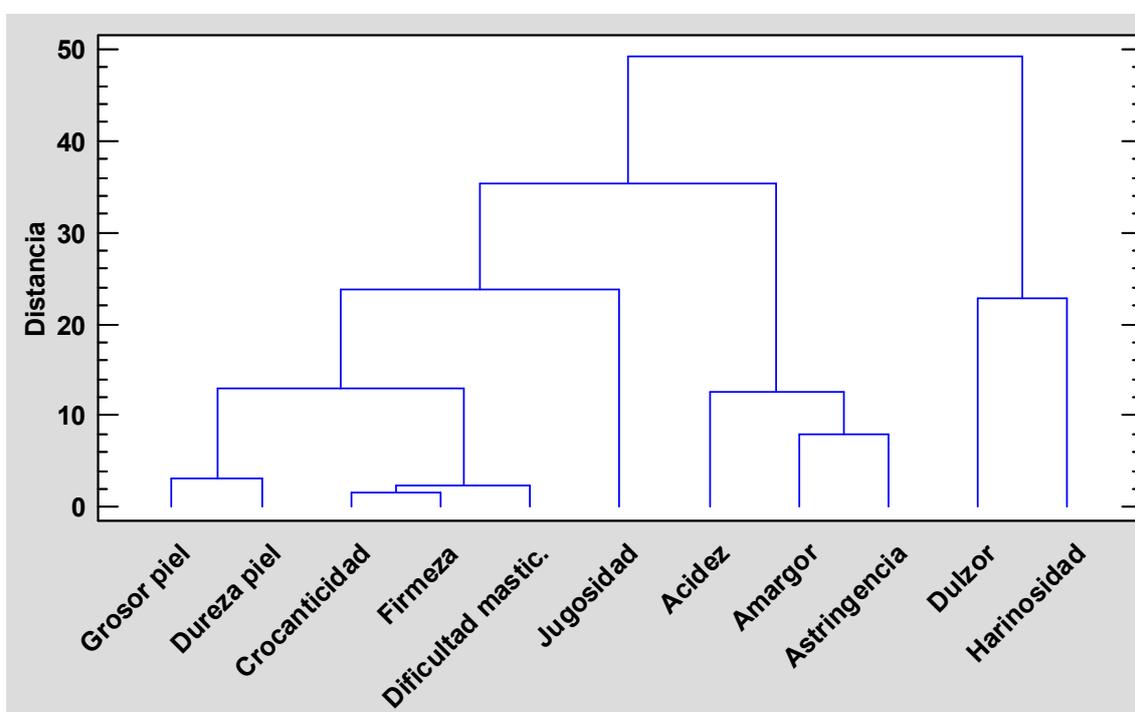


Figura 20. Dendrograma de los atributos obtenido con los datos medios de cada variedad autóctona.

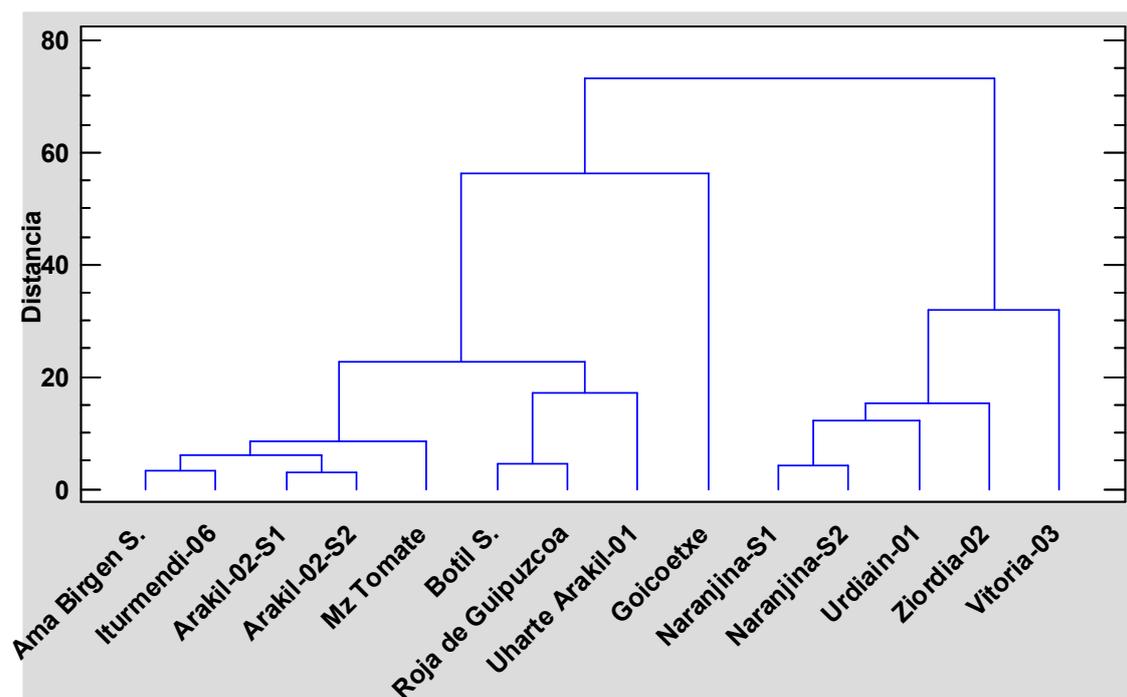


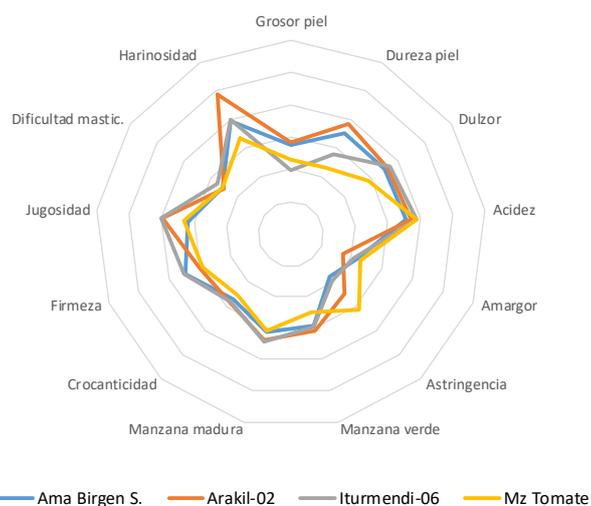
Figura 21. Dendrograma de las variedades obtenido con los datos medios de cada variedad autóctona.

El agrupamiento y diferenciación de las variedades observado a través del análisis de componentes principales queda reforzado al aplicar el análisis de conglomerados (figura 21). Se vuelve a observar primero que las dos repeticiones de Naranjina y de Arakil-S2 se unen de una forma inmediata, lo que habla bien de la fiabilidad del conjunto del panel. El dendrograma permite distinguir 5 grupos de variedades, cuyas principales características se describen en la tabla 22, y se pueden observar en los gráficos de estrella que aparecen a continuación (figura 22).

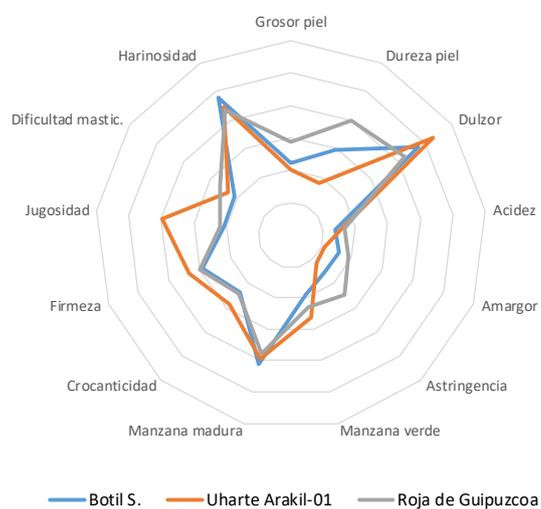
Tabla 22. Grupos de variedades identificados con análisis de conglomerados y sus principales características.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
Ama Birgen S, Iturmendi. Arakil-02 y Mz tomate	Botil S, Roja de Guipuzcoa y Uharte Arakil.	Goicoetxe	Naranjina, Urdiain y Ziordia.	Vitoria
Equilibradas. Valoración similar de dulzor y acidez, sin características destacadas	Muy dulces, maduras, con muy poca acidez, harinosas	Amargor destacado. Es también muy harinosa	Destaca la dureza de la piel. Son poco harinosas, firmes y crocantes, sobre todo Naranjina y Urdiain	También tiene la piel dura. Es muy firme, crocante y difícil de masticar

**Grupo 1 - equilibradas**



**Grupo 2 - muy dulces y poco ácidas, maduras y harinosas**



**Grupo 3 - muy amarga y harinosa**

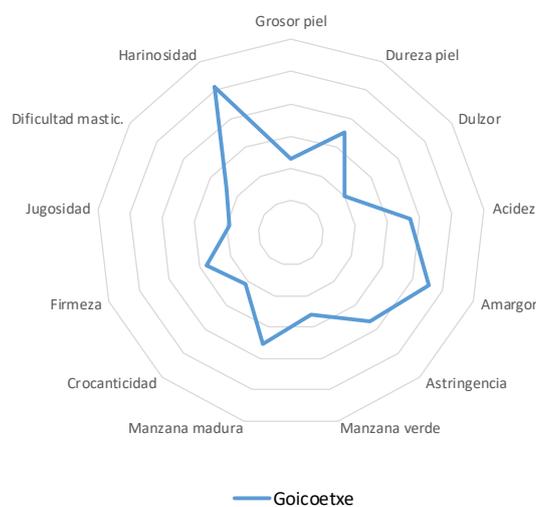
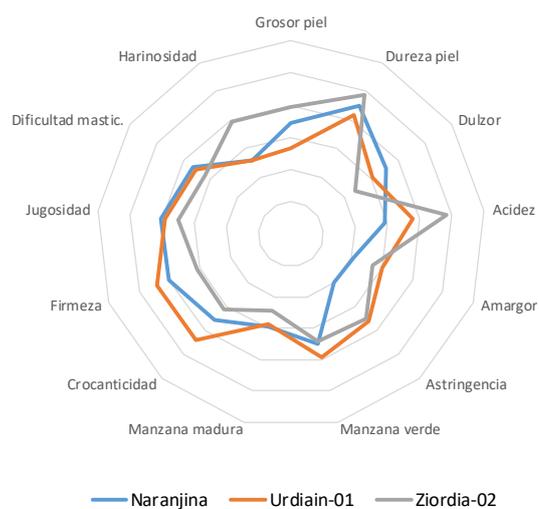


Figura 22. Perfil sensorial de las variedades autóctonas.

Grupo 4 - piel dura, crocantes, firmes, poco harinosas



Grupo 5 - muy crocante, firme, difícil de masticar

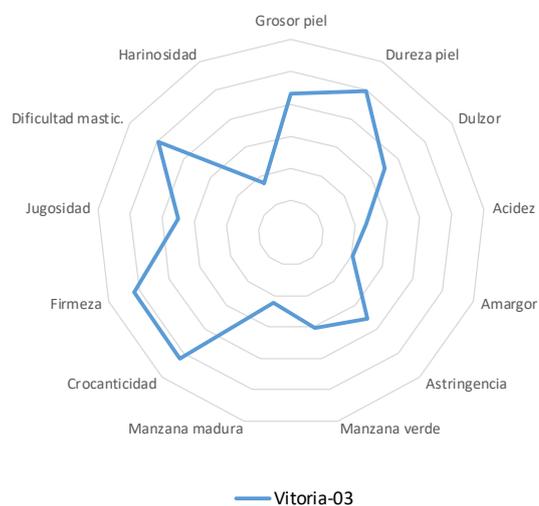


Figura 22. Perfil sensorial de las variedades autóctonas (continuación).

El amargor y la astringencia de la piel se analizaron a través de una escala discreta en la que cada catador seleccionaba alguna de estas opciones para cada atributo: 0-No significativo, 1-Presente y 2-Muy marcado. Los resultados se obtuvieron al sumar los valores asignados por todos los catadores a cada variedad de manzana (figura 23).

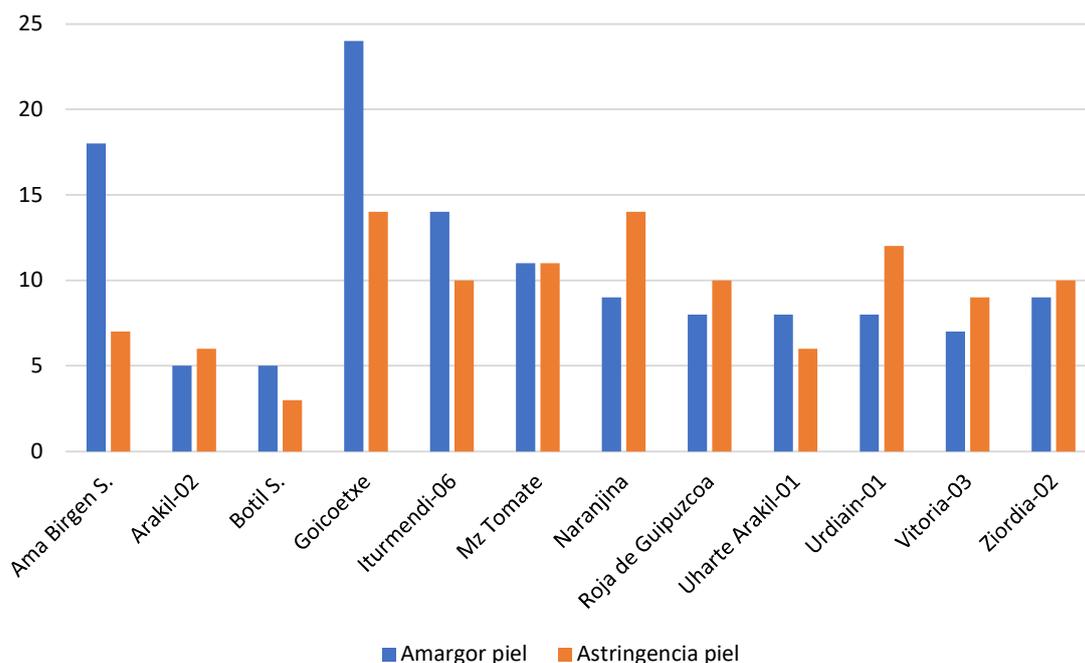


Figura 23. Astringencia y amargor de la piel de las variedades de manzana autóctona.

La variedad Goicoetxe presentó un amargor muy marcado en su piel (al igual que en su pulpa), siendo notable la diferencia entre ella y las demás variedades. También tuvo la mayor astringencia en su piel, pero compartida con Naranjina. Además, Ama Birgen Sagarra fue la segunda con la piel más amarga y Urdiain-01 estuvo muy cerca de Goicoetxe y Naranjina en la astringencia. Las variedades en las que se detectó en menor medida ambos atributos fueron Arakil-02 y Botil Sagarra. El resto de las variedades tuvieron presente estos atributos, pero en valores intermedios y de forma equilibrada.

Por último, para completar la caracterización de las manzanas en la tabla 23 se presentan las correlaciones lineales obtenidas entre los atributos sensoriales dulzor, acidez, su ratio, y los parámetros fisicoquímicos sólidos solubles (<sup>a</sup>Brix), acidez titulable y su ratio (datos no presentados).

Tabla 23. Correlaciones lineales entre varios parámetros sensoriales y fisicoquímicos.

	Dulzor	Acidez	Dulzor/acidez
Acidez	-0,847		
Dulzor/acidez	0,910	-0,948	
Solidos solubles (S.S.)	-0,093	0,078	-0,158
Acidez Titulable (Ac.T.)	-0,642	0,803	-0,768
S.S./Ac.T.	0,748	-0,910	0,863

Se observa que hay una relación inversa entre las valoraciones sensoriales de dulzor y de acidez. Las manzanas valoradas como dulces se han valorado como poco ácidas, y viceversa. Se comprueba también que, mientras el parámetro de sólidos solubles no se correlaciona con ninguno de los atributos sensoriales, la acidez titulable sí lo hace, en

particular con la acidez sensorial (correlación positiva), y en menor medida con el dulzor (correlación de signo negativo).

No obstante, la medida de sólidos solubles es útil, puesto que se puede ver que el ratio sólidos solubles/acidez titulable podría tener un valor predictivo de las sensaciones sensoriales de dulzor y acidez (y de su ratio) aún mayor que la acidez titulable de forma individual. Estas correlaciones, por otro lado, se pueden interpretar como un indicador de que, pese a todo, el panel de catadores en su conjunto realizó una evaluación acertada de estos atributos sensoriales.

## 6. Conclusiones

En este trabajo se ha llevado a cabo el entrenamiento y desarrollo de un panel de catadores con la idea de que estos fuesen capaces de evaluar de forma objetiva y con una buena repetibilidad los diferentes atributos presentes en las manzanas. Por ello, se ha evaluado el empeño del panel a lo largo de las sesiones que conforman el trabajo.

Antes de llevar a cabo todas las sesiones, el panel superó satisfactoriamente las pruebas de percepción de los sabores dulce y ácido. El porcentaje de aciertos fue alto, tanto en las pruebas triangulares de ambos sabores (73,7-78,9% y 94,7%) como en las de ordenación (94,7% y 89,5%). A pesar de que hubo un número de personas que fallaron estas pruebas, se decidió seguir contando con ellas e incluirlas en el panel de catadores.

En la sesión de aproximación a la evaluación sensorial (Flash Profile), realizado exclusivamente con variedades comerciales de manzana la repetibilidad del panel fue buena.

En las sesiones de entrenamiento, en el que los catadores analizaron tanto variedades comerciales como autóctonas, y se ayudaron para ello de productos de referencia, el análisis de la varianza indicó que no hubo diferencias significativas entre los valores medios aportados por los catadores en la mayor parte de los atributos sensoriales, salvo en los atributos astringencia, amargor, y fibrosidad. El uso de análisis cluster (o de conglomerados) permitió no obstante observar la existencia de catadores o grupos de catadores diferentes.

En el análisis sensorial descriptivo de las 12 variedades autóctonas, realizado en ausencia de los productos de referencia, el consenso del panel empeoró en comparación a las sesiones de entrenamiento. El análisis de la varianza determinó la existencia de diferencias significativas entre catadores para todos los atributos, a excepción de crocancia. Aun así, los valores F fueron bajos, en particular en los atributos ligados a la textura, indicando que estas diferencias significativas no fueron muy grandes. El análisis de conglomerados permitió la identificación de seis grupos de catadores.

El hecho de que se observaran mayores diferencias en el análisis descriptivo final en comparación a las sesiones de entrenamiento puede deberse a ciertos factores: a que los catadores no contaban en las sesiones de evaluación de referencias de intensidad, a que las variedades comerciales utilizadas en el entrenamiento cuentan con características más distintivas y reconocibles que las variedades autóctonas, y a que la variabilidad intrínseca de éstas últimas posiblemente fuera mayor que en las variedades comerciales.

A pesar de que el comportamiento del panel no fue tan bueno como se esperaba, se pudo lograr una adecuada caracterización de las variedades autóctonas. Se identificaron cinco grupos de manzanas en función de sus valoraciones promedio en los distintos atributos. El grupo 1 estaba formado por las variedades Ama Birgen Sagarra, Iturmendi, Arakil-02 y Manzana tomate, que mostraron un perfil sensorial equilibrado, sin estridencias. El grupo 2 lo formaron Botil Sagarra, Roja de Gipuzcoa y Uharte Arakil, variedades dulces, maduras, con poca acidez y harinosas. En el grupo 3 solo se incluyó a la variedad Goicoetxe, que destacó por su amargor en piel y en pulpa. El grupo 4 lo formaron las variedades Naranjina, Urdiain y Ziordia, caracterizadas por su dureza de piel, por ser firmes y crocantes y poco harinosas. El último grupo (5) también estuvo formado por una sola variedad, Vitoria, que destacó por su piel dura, firmeza, crocancia y dificultad para masticar.

Por último, el trabajo desarrollado ha permitido poner en marcha un panel de catadores para la evaluación sensorial descriptiva de manzanas. No obstante, de los resultados obtenidos se desprende que se debe mejorar el comportamiento del panel para que los catadores evalúen de una forma más homogénea cada uno de los atributos. De cara a la siguiente campaña, será necesario intensificar el entrenamiento para lograr una caracterización de las manzanas autóctonas más precisa. Para ello, convendrá emplear en mayor medida dichas manzanas en las sesiones de entrenamiento. Y también se podría valorar incluir las referencias de intensidad, al menos para los atributos que revisten más dificultad, tanto en las sesiones de entrenamiento, como en las propias sesiones de evaluación.

## 7. Bibliografía

Alonso, M. (2011). Caracterización Sensorial y Físico-Química de manzanas Reineta y pera Conferencia, figuras de Calidad de Castilla y León (Doctorado). Universidad de León. Facultad de veterinaria. Departamento de higiene y tecnología de los alimentos.

Agroinformación (2021). Variedades autóctonas de manzano para preservar la diversidad de cultivos y favorecer los productos locales. From: <https://agroinformacion.com/variedades-autoctonas-de-manzano-para-preservar-la-diversidad-de-cultivos-y-favorecer-productos-locales/>.

Amyotte, B., Bowen, A.J., Banks, T., Rajcan, I., Somers, D.J., (2017). Mapping the sensory perception of apple using descriptive sensory evaluation in a genome wide association study. PLoS One 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171710>.

Anderson, N. H. (1970). Functional measurement and psychological judgment. *Psychological Review*, 77, 153-170.

Brezmes, J. (2001). Diseño de una nariz electrónica para la determinación no destructiva del grado de maduración de la fruta (Doctorado). Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de teoria del senyal. Comunicacions.

Cliff, M.A., Stanich, K., Lu, R., Hampson, C.R., (2016). Use of descriptive analysis and preference mapping for early-stage assessment of new and established apples. *Journal Science of Food and Agriculture*, 96, 2170–2183. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7334>.

Cliff MA, Toivonen PMA. (2017). Sensory and quality characteristics of ‘Ambrosia’ apples in relation to harvest maturity for fruit stored up to eight months. *Postharvest Biology and Technology*, 132 (2017) 145–153.

Corollaro ML, Endrizzia I, Bertolini A, Apreaa E, Demattè ML, Costa F, Biasioli F, Gasperi F. (2013). Sensory profiling of apple: Methodological aspects, cultivar characterisation and postharvest changes. *Postharvest Biology and Technology*, 77, 111–120.

Costell, E. & Durán, L. (1981). El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, (ISSN 0034-7698, Vol. 21, Nº. 2), 149-166.

Daillant-Spinnler, B., MacFie, H. J. H., Beyts, P. K., & Hedderley, D. (1996). Relationship between perceived sensory properties and major preference directions of 12 varieties of apples from southern hemisphere. *Food Quality and Preference*, 7, 113-126.

Delhom, J. M. (1985). La calidad de las manzanas. Autorizado por el Ministerio de Agricultura. Pesca y Alimentación. Número 6/85 HD.

Dever, M.C., Cliff, M.A., Hall, J.W., (1995). Analysis of variation and multivariate relationships among analytical and sensory characteristics in whole apple evaluation. *Journal Science of Food and Agriculture*, 69, 329–338.

Echeverría, G., Graell, J., Lara, I., Lòpez, M.L., Puy, J., (2008). Panel consonance in the sensory evaluation of apple attributes: influence of mealiness on sweetness perception. *Journal of Sensory Studies* 23, 656–670.

Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. FAOSTAT database. (2020).

Gacula, M. and S. Rutenbeck. 2006. Sample size in consumer test and descriptive analysis. *Journal of Sensory Studies*, 21(2), 129–145.

- Hampson, C.R., Quamme, H.A., Hall, J.W., MacDonald, R.A., King, M.C., Cliff, M.A. (2000). Sensory evaluation as a selection tool in apple breeding. *Euphytica*, 111, 79–90.
- Harker FR, Gunson FA and Jaeger SR, The case for fruit quality: an interpretive review of consumer attitudes, and preferences for apples. *Postharvest Biology & Technology*, 28, 333–347 (2003).
- Harker, F.R., Amos, R.L., Echeverria, G., Gunson, A., (2006). Influence of texture on taste: insights gained during studies of hardness, juiciness, and sweetness of apple fruit. *Journal of Food Science*, 71, S77–S82.
- Harker, F. R., Kupferman, E. M., Marin, A. B., Gunson, F. A., & Triggs, C. M. (2008). Eating quality standards for apples based on consumer preferences. *Postharvest Biology & Technology*, 50, 70-78.
- Iaccarino, N., Varming, C., Petersen, M. A., Viereck, N., Schütz, B., Toldam-Andersen, T. B., Randazzo, A., & Engelsens, S. B. (2019). Ancient danish apple cultivars—A comprehensive metabolite and sensory profiling of apple juices. *Metabolites*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/metabo9070139>.
- International Standards Organisation (ISO). (1998). *Fresh fruits and vegetables-Vocabulary*, ISO 7563:1998 Genève, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Jaeger, S. R., Andani, Z., Wakeling, I. N., & MacFie, H. J. H. (1998). Consumer preferences for fresh and aged apples: a cross-cultural comparison. *Food Quality and Preference*, 9, 355-366.
- Jankowski, P., Tomala, K., Szpadzik, E., Barylko-Pikielna, N., Wasiak-Zys, G., (2016). Sensory typology of apples used to evaluate scab-resistant cultivars as compared to known commercial apples. *Horticultural Science*, 43, 51–58. <https://doi.org/10.17221/40/2015-HORTSCI>.
- Karlsen, A. M., Aaby, K., Sivertsen, H., Baardseth, P., & Ellekjær, M. R. (1999). Instrumental and sensory analysis of fresh Norwegian and imported apples. *Food Quality and Preference*, 10, 305-314.
- King, B.M., P. Arents, and N. Moreau. 1995. Cost/efficiency evaluation of descriptive analysis panels—I. Panel size. *Food Quality and Preference*, 6, 245–261.
- Kühn, B. F., & Thybo, A. K. (2001a). The influence of sensory and physiochemical quality on Danish children's preferences for apples. *Food Quality and Preference*, 12, 543-550.
- Kühn, B. F., & Thybo, A. K. (2001b). Sensory quality of scab-resistant apple cultivars. *Postharvest Biology & Technology*, 23, 41-50.
- Mammasse, N. and P. Schlich. 2010. Number of assessors in descriptive sensory panels: A database approach. Paper read at 11e Congrès Agrostat, February 23–28, 2010, Benevento, Italy.
- Peck G, Andrews P, Reganold J, Fellman J. (2006). Apple orchard productivity and fruit quality under organic, conventional, and integrated management. *HortScience*, 41, 99–107.
- Péneau, S., Hoehn, E., Roth, H.R., Escher, F., Nuessli, J., (2006). Importance and consumer perception of freshness of apples. *Food Quality and Preference*, 17, 9–19.
- Pickup W, Bremer P, Peng M (2018) Comparing conventional Descriptive Analysis and Napping®-UFP against physiochemical measurements: a case study using apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 1476–1484.

- Sancho, J., Bota E., De Castro J.J., (1999). “Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos”. Edición Universidad de Barcelona.
- Seppä L, Railio J, Mononen R, Tahvonen R, Tuorila H (2012). From profiles to practice: Communicating the sensory characteristics of apples to the wider audience through simplified descriptive profiles. *LWT - Food Science and Technology*, 47, 46-55.
- Seppä L, Tahvonen R, Tuorila H (2016). Annual variation in sensory characteristics of seventeen apple cultivars. *Agricultural and food science*, 25, 202-215
- Stone H, Sidel J.L. (2004). *Sensory Evaluation Practices*. A volume in *Food Science and Technologys*. Academic Press, (ISBN 978-0-12-672690-9), 201-245.
- Swahn, J., Öström, Å., Larsson, U., Gustafsson, I.B., 2010. Sensory and semantic language model for red apples. *Journal Sensory Studies*, 25, 591–615.
- Tanaka F, Miyazawa T, Okazaki K, Tatsuki M, Ito T (2015) Sensory and metabolic profiles of “Fuji” apples (*Malus domestica* Borkh.) grown without synthetic agrochemicals: the role of ethylene production. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 79, 12, 2034-2043.
- Thybo, A.K.; Sørensen, L.; Christensen, L.P.; Kühn, B.F. Quality of apples grown in a Scandinavian high-density orchard and chemical composition in relation to sensory quality. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2005, 80, 727–735.
- Tomala, K., Barylko-Pikielna, N., Jankowski, P., Jeziorek, K., & Wasiak-Zys, G. (2009). Acceptability of scab-resistant versus conventional apple cultivars by Polish adult and young consumers. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 89, 1035-1045.
- UNE-EN ISO 4120:2008 Análisis sensorial. Metodología Prueba Triangular. (ISO 4120:2008).
- UNE-EN ISO 8587:2010 Análisis sensorial. Metodología Prueba de Ordenación. (ISO 8587:2010).
- UNE-EN ISO 8586:2014 Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y control de catadores y catadores expertos. (ISO 8586:2012).
- Varela, P., & Ares, G. (Eds.). (2014). *Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling*. ProQuest Ebook Central: <https://ebookcentral.proquest.com>.
- Watada, A.E., Abbott, J.A., Hardenburg, R.E., 1980. Sensory characteristics of applefruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105, 371–375.
- Williams AA and Carter CS, A language and procedure for the sensory assessment of Cox’s Orange Pippin apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28:1090–1104 (1977).
- Williams, A.A. and S.P. Langron. 1984. The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35. 558–568.

## ANEXO 1: VARIEDADES DE MANZANA AUTÓCTONAS

En orden de izquierda-derecha y de arriba-abajo: Iturmendi-06, Ama Birgen Sagarra, Ziordia-02, Arakil-02, Manzana Tomate, Urdiain-01, Goicoetxe, Naranjina, Uharte Arakil-01, Botil Sagarra, Vitoria-03 y Roja de Guipúzcoa.



## ANEXO 2: FICHA Y ENCUESTA DE LOS CATADORES DEL PANEL

### Ficha de catadores del panel

Apellidos: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_

Año de nacimiento: \_\_\_\_\_

Tfno. de contacto: \_\_\_\_\_

Dirección de correo electrónico: \_\_\_\_\_

Si trabaja/estudia en la UPNA:

Estudiante

Titulación: \_\_\_\_\_

Curso en el que estoy actualmente: \_\_\_\_\_

Personal de administración y servicios

Personal docente e investigador

Si no trabaja/estudia en la UPNA:

Jubilado/a

Trabajador por cuenta propia

Trabajador por cuenta ajena (sector privado)

Trabajador por cuenta ajena (sector público)

En paro

Otra situación

Experiencia previa en análisis sensorial (se puede marcar más de una opción)

No tengo experiencia previa

He recibido formación en análisis sensorial (asignaturas, cursos, etc.)

He realizado evaluaciones sensoriales como consumidor

He participado en análisis sensoriales descriptivos como catador entrenado

### Encuesta sobre su consumo de manzanas

En relación al consumo de manzanas, diría que:

- No consume manzanas
- Apenas come fruta, pocas veces consume manzanas
- Suele comer fruta, pero pocas veces consume manzanas, le gustan más otras frutas
- Le gustan las manzanas, las consume con cierta regularidad
- Le gustan mucho las manzanas, las consume habitualmente
- Le gustan muchísimo las manzanas, son su fruta preferida, las consume habitualmente

Si consume manzanas, indique con qué frecuencia en cada época del año:

Frecuencia \ Época	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Prácticamente todos los días				
3 a 5 veces por semana				
1 o 2 veces por semana				
1 a 3 veces por mes				
No consumo en esta época				

Podría indicar qué variedades comerciales de manzana recuerda en este momento:

- |          |           |
|----------|-----------|
| 1. _____ | 6. _____  |
| 2. _____ | 7. _____  |
| 3. _____ | 8. _____  |
| 4. _____ | 9. _____  |
| 5. _____ | 10. _____ |

¿Tiene una o varias variedades de manzana preferidas? ¿Cuáles son?

## ANEXO 3: FICHAS DE LAS PRUEBAS TRIANGULARES Y DE ORDENACIÓN

### Prueba triangular sabor dulce

Nombre y apellidos: .....

Fecha: .....

Cabina: .....

#### Instrucciones:

1. Escriba el código de las muestras en el orden que se les presenta.
2. Pruebe las muestras empezando de izquierda a derecha.
3. Dos de las tres muestras son iguales, indica la que considere que es distinta.

Muestra 1

Muestra 2

Muestra 3

La muestra diferente es: .....

Observaciones:

## Prueba triangular sabor ácido

Nombre y apellidos: .....

Fecha: .....

Cabina: .....

### Instrucciones:

1. Escriba el código de las muestras en el orden que se les presenta.
2. Pruebe las muestras empezando de izquierda a derecha.
3. Dos de las tres muestras son iguales, indica la que considere que es distinta.

Muestra 1

Muestra 2

Muestra 3

La muestra diferente es: .....

Observaciones:

**Prueba ordenación sabor dulce**

**Nombre y apellidos:** .....

**Fecha:** .....

**Cabina:** .....

**Instrucciones:**

1. Pruebe las muestras de izquierda a derecha.
2. Escribe los códigos en orden creciente de sabor dulce en el cuadro inferior
3. Realice una primera ordenación provisional y verifique posteriormente con una segunda evaluación.

**MENOS DULCE**

**MÁS DULCE**

--	--	--	--

**Observaciones:**

## Prueba ordenación sabor ácido

Nombre y apellidos: .....

Fecha: .....

Cabina: .....

### Instrucciones:

1. Pruebe las muestras de izquierda a derecha.
2. Escribe los códigos en orden creciente de sabor ácido en el cuadro inferior
3. Realice una primera ordenación provisional y verifique posteriormente con una segunda evaluación.

**MENOS ÁCIDO**

**MÁS ÁCIDO**

--	--	--	--

Observaciones:

## ANEXO 4: FICHA DEL DESARROLLO DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DESCRIPTIVO (FLASH PROFILE)

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

### Identificación de atributos sensoriales de las manzanas

Tiene una serie de muestras de manzanas distintas. Analícelas en el orden y las veces que quiera.

A continuación, escriba los atributos que a su juicio pueden describir las características sensoriales de las muestras, considerando su olor, sabor, aroma y textura.

Y trate de colocar los códigos de las muestras en las escalas en función de las diferencias de intensidad que encuentre entre las muestras. Si considera que hay dos o más muestras con la misma intensidad, puede colocar sus códigos en la misma posición.

Atributo 1: \_\_\_\_\_



Atributo 2: \_\_\_\_\_



Atributo 3: \_\_\_\_\_





### Atributo 7: Amargor



### Atributo 8: Astringencia



### Atributo 9: Aroma a manzana verde



### Atributo 10: Aroma a manzana madura



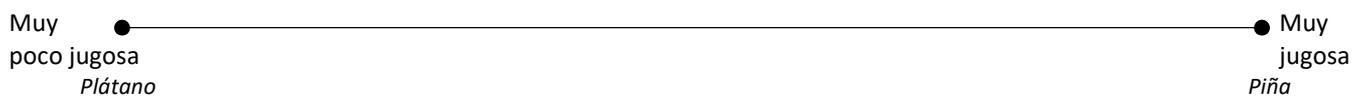
### Atributo 11: Crocancia



### Atributo 12: Firmeza



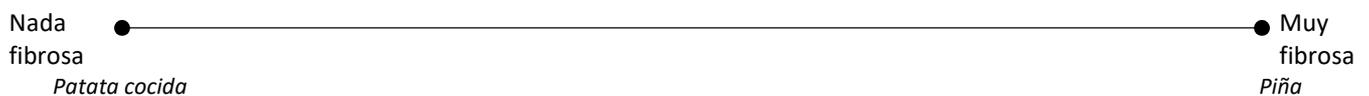
### Atributo 13: Jugosidad



### Atributo 14: Dificultad para masticar



### Atributo 15: Fibrosidad



**Atributo 16: Harinosidad**

Nada  
harinosa  
*Zanahoria*

Muy  
harinosa  
*Garbanzos cocidos*



### Atributo 7: Astringencia



### Atributo 8: Aroma a manzana verde



### Atributo 9: Aroma a manzana madura



### Atributo 10: Crocancia



### Atributo 11: Firmeza



### Atributo 12: Jugosidad



### Atributo 13: Dificultad para masticar



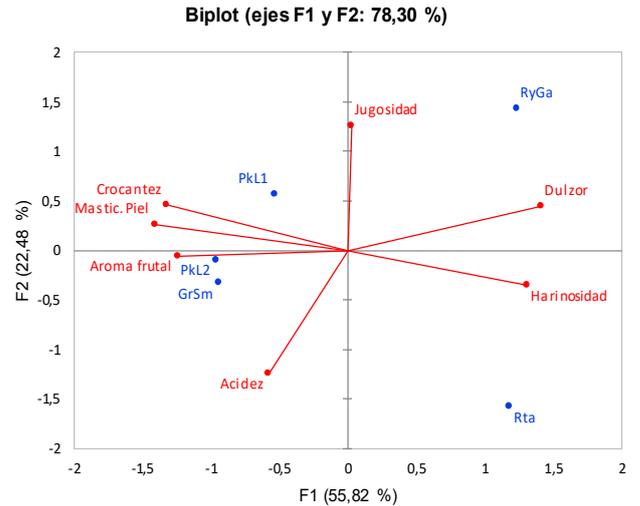
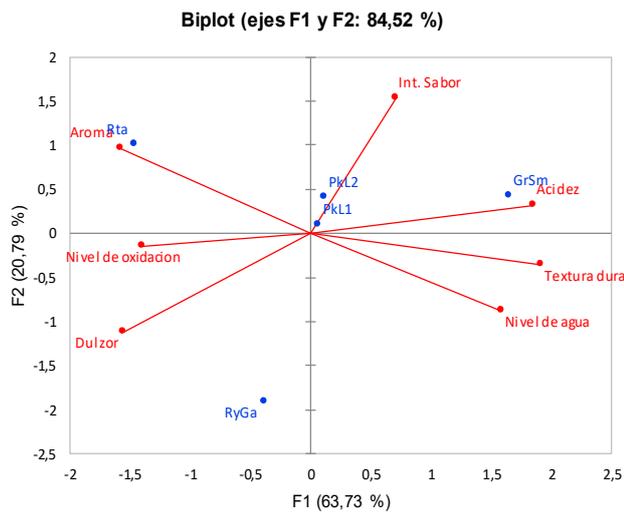
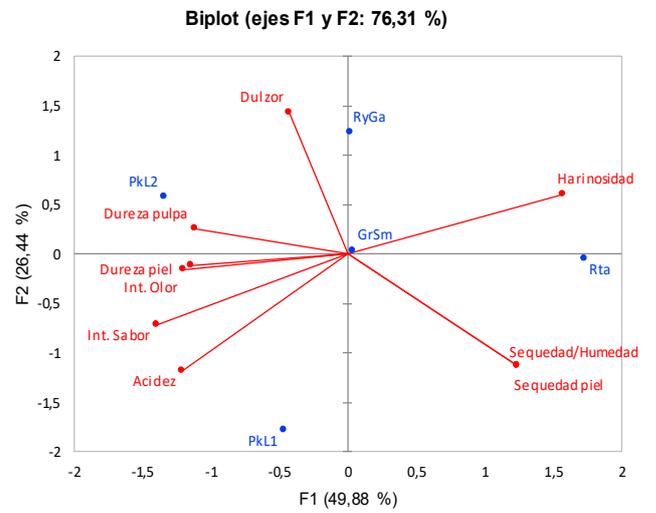
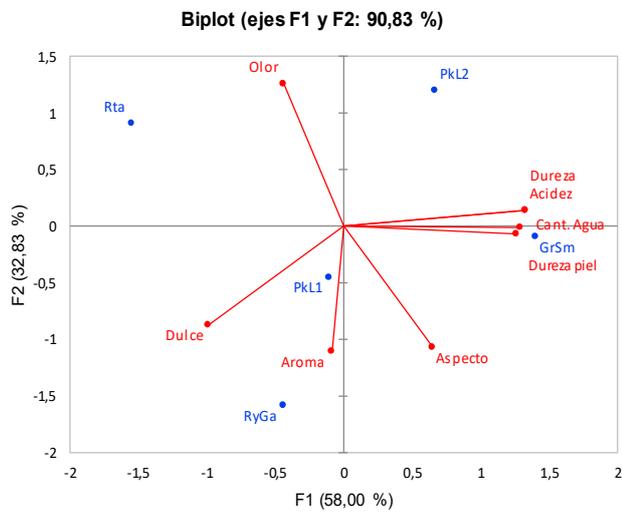
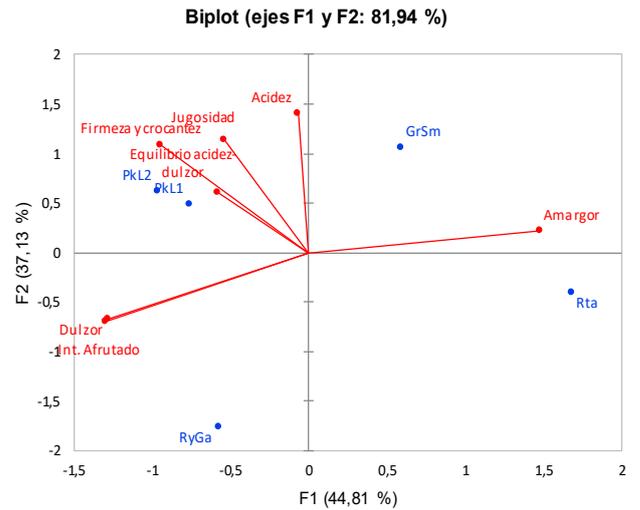
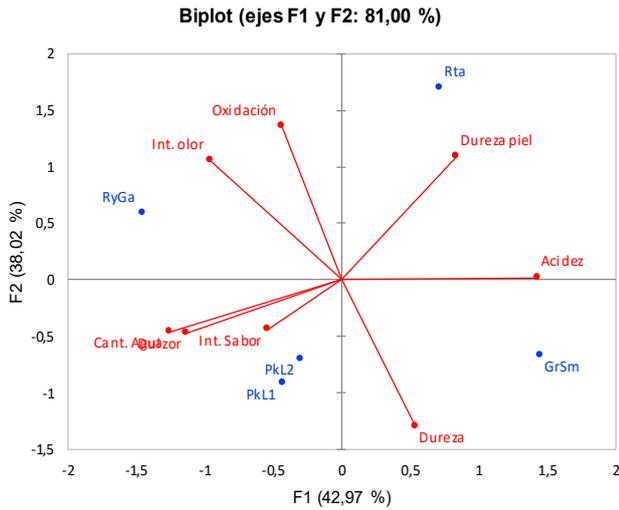
**Atributo 14: Harinosidad**

Nada  
harinosa  
*Zanahoria*

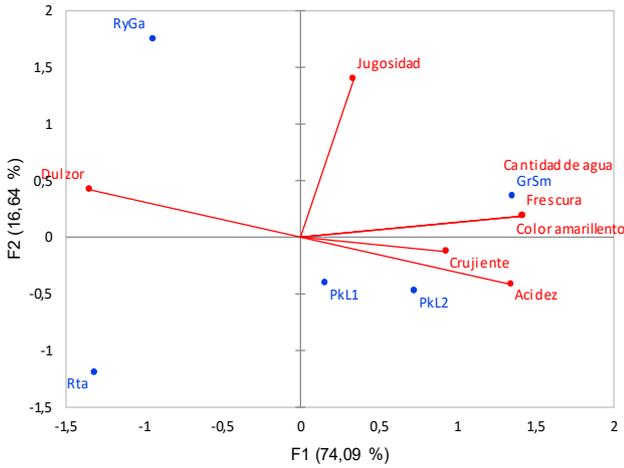
Muy  
harinosa  
*Garbanzos cocidos*

## ANEXO 7: BIGRÁFICOS ACP (FLASH PROFILE)

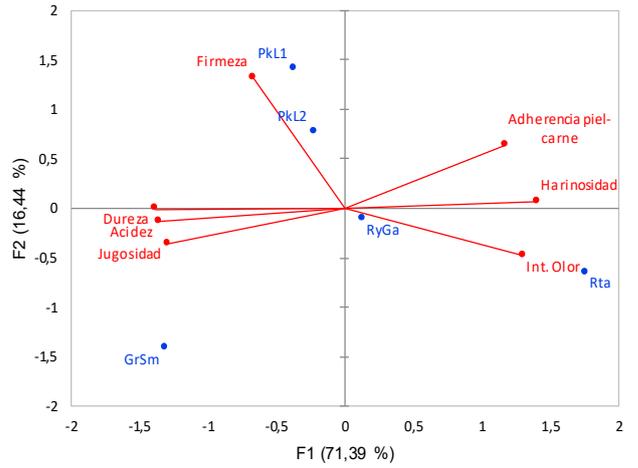
En orden de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: Catadores 1-20, menos el 17.



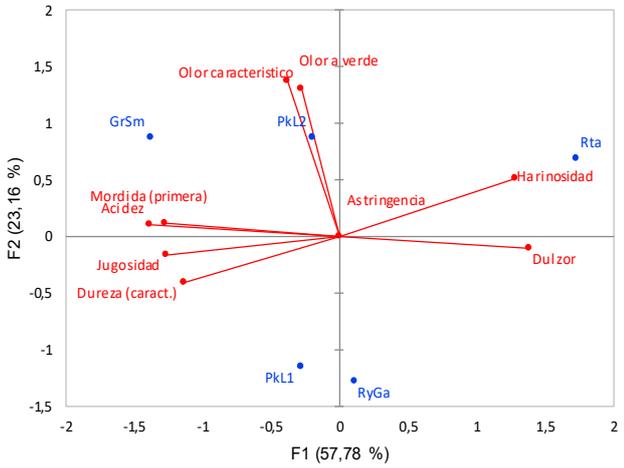
**Biplot (ejes F1 y F2: 90,74 %)**



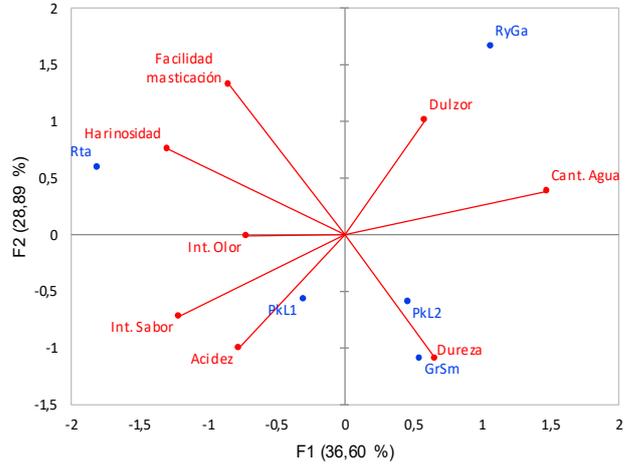
**Biplot (ejes F1 y F2: 87,83 %)**



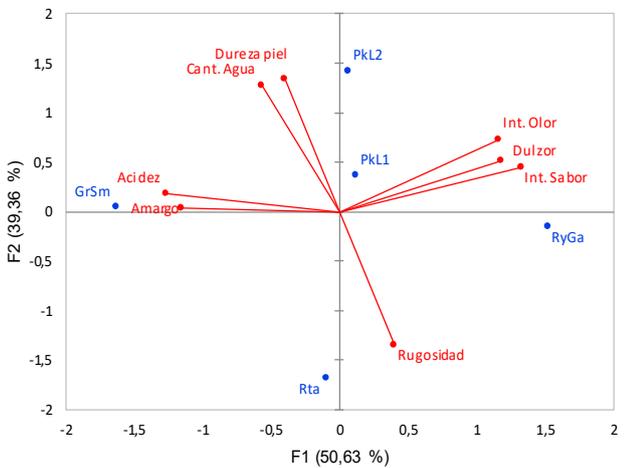
**Biplot (ejes F1 y F2: 80,95 %)**



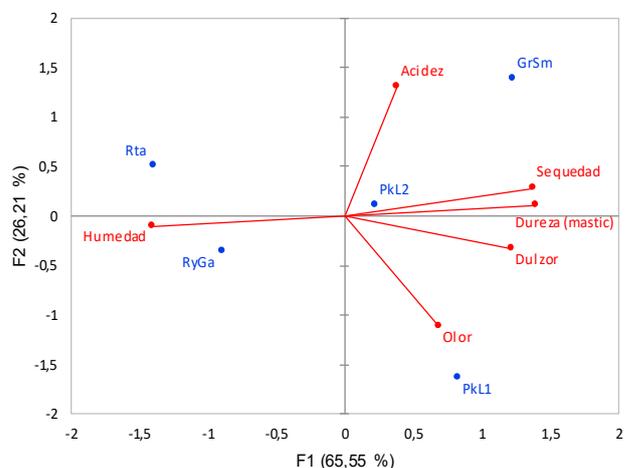
**Biplot (ejes F1 y F2: 65,49 %)**



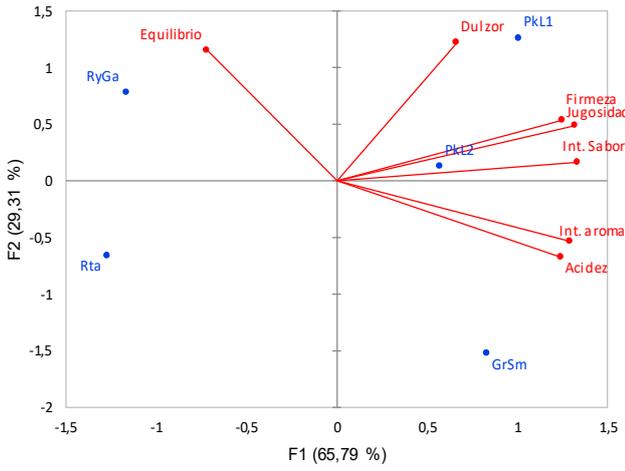
**Biplot (ejes F1 y F2: 89,98 %)**



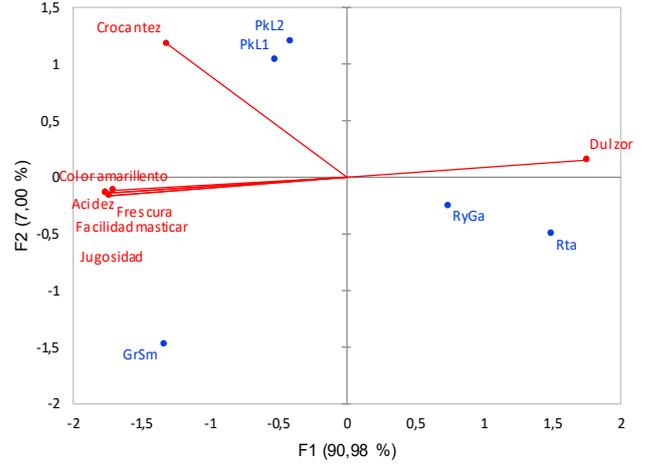
**Biplot (ejes F1 y F2: 91,76 %)**



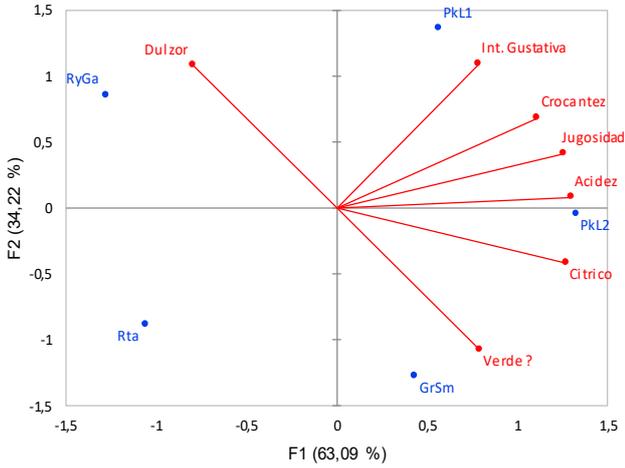
**Biplot (ejes F1 y F2: 95,10 %)**



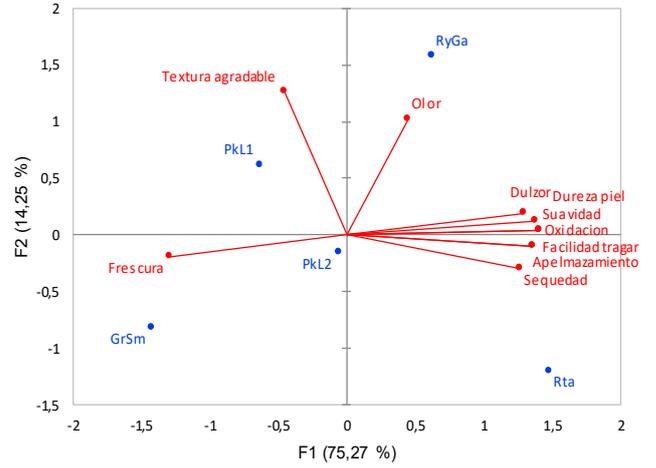
**Biplot (ejes F1 y F2: 97,98 %)**



**Biplot (ejes F1 y F2: 97,31 %)**



**Biplot (ejes F1 y F2: 89,52 %)**



**Biplot (ejes F1 y F2: 91,31 %)**

