

Definición de identidad y calidad de la mandarina clemenules mediante redes neuronales y análisis multivariante

Definition of identity and quality of the clemenules mandarin using neural networks and multivariate analysis

Carlos Canelo Barrado¹, Juan Ignacio Canelo Pérez¹.

ABSTRACT

This study analyzes the physical and organoleptic characteristics and nutritional potential of the clemenules mandarin, produced in the Plana Baja region of Castellón (Spain). Through tasting-tests and statistical analysis, the perception of quality by consumers was evaluated, identifying the determining factors of product quality and identity. More than 200 scientific articles from the last 30 years have been reviewed and in relation to this this study is distinguished by an innovative and objective methodology, while conventional sensory analyses are usually carried out in producing areas, this study was carried out in Ávila, a city distant from the production area and without citrus tradition, minimizing biases associated with geographical proximity to obtain more impartial assessments. In addition, qualitative and quantitative approaches have been integrated in the face of previous studies that have addressed the quality of clemenules from an agronomic, genetic or sustainability perspective. This work introduces a multimethodological analysis that combines Content Analysis, inferential methods and the use of Artificial Neural Networks (ANN). This approach allows the identification of complex patterns in sensory perception and consumer behavior, providing deeper and more predictive information. The study seeks to identify the sensory characteristics appreciated by consumers, develop a distinctive organoleptic profile and evaluate their nutritional value in relation to the acceptance of the product and its impact on healthy eating.

Keywords: Mandarin clemenules, sensory profile, consumer perception, nutritional value, healthy eating

RESUMEN

Este estudio analiza las características físicas, organolépticas y el potencial nutricional de la mandarina clemenules, producida en la comarca de la Plana Baja de Castellón (España). A través de catas-test y análisis estadísticos, se evaluó la percepción de calidad por los consumidores, identificando los factores determinantes de la calidad e identidad del producto. Se han revisado más de 200 artículos científicos de los últimos 30 años y en relación con ello este estudio se distingue por una metodología innovadora y objetiva, mientras que los análisis sensoriales convencionales suelen realizarse en zonas productoras, este estudio se llevó a cabo en Ávila, una ciudad distante de la zona de producción y sin tradición cítrica, minimizando sesgos asociados a la proximidad geográfica para obtener valoraciones más imparciales. Además se han integrado enfoques cualitativos y cuantitativos frente a estudios previos que han abordado la calidad del clemenules desde una perspectiva agronómica, genética o de sostenibilidad, este trabajo introduce un análisis multimetodológico que combina Análisis de Contenido, métodos inferenciales y el uso de Redes Neuronales Artificiales (RNA). Esta aproximación permite identificar patrones complejos en la percepción sensorial y el comportamiento del consumidor, proporcionando información más profunda y predictiva. El estudio busca identificar las características sensoriales apreciadas por los consumidores, desarrollar un perfil organoléptico distintivo y evaluar su valor nutricional en relación con la aceptación del producto y su impacto en la alimentación saludable.

Palabras clave: Mandarina clemenules, perfil sensorial, percepción del consumidor, valor nutricional, alimentación saludable

Recibido 17 de marzo de 2024 Aceptado 06 de mayo de 2025



- 1 Doctor por la Universidad de Salamanca, Licenciado en Ciencias de la Educación y ex profesor de Métodos de Investigación (jubilado).
- 2 Doctor por las Universidades de Salamanca y Vigo, Ingeniero Agrónomo, Ingeniero Técnico Industrial. Director Gerente de empresa de ingeniería.

*Autor para correspondencia: canelo@usal.es

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio profundiza en el conocimiento de la mandarina clemenules de la comarca de la Plana Baja de Castellón (España), analizando sus características físicas, organolépticas y nutricionales para definir los factores que la diferencian y justifican su alta aceptación en el mercado y en la alimentación saludable. A través de revisión de la literatura, catas-test y análisis estadísticos, se evaluó la satisfacción del consumidor y su relación con la calidad percibida del producto.

La clemenules de la Plana Baja, vinculada históricamente al municipio de Nules, representa una “denominación tradicional” cuya calidad se atribuye a métodos agrícolas sostenibles y a las condiciones ambientales favorables. Esta comarca, con una superficie de 605 km² y 20 poblaciones, es una de las principales zonas productoras de cítricos en España, aportando un producto de alto valor nutricional y organoléptico.

Se han revisado más de 200 artículos científicos de los últimos 30 años, encontrándose numerosos estudios que han abordado la calidad de la clemenules desde diversas perspectivas: aspectos agronómicos (Agustí Fonfria et al., 2008 y 2020); las propiedades beneficiosas de los cítricos, destacando su contenido en vitamina C, ácido fólico, potasio, pectina y una variedad de fitoquímicos activos (Codoñer 2008, 2010 y 2012); residuos de plaguicidas (Yfran-Elvira et al., 2019), percepción del consumidor y mejoramiento genético (Lado et al., 2021), aprovechamiento de subproductos (Navarro-Martínez et al., 2019), antioxidantes (Zacarías-García et al., 2021), cultivo in vitro (Poles et al., 2020), parámetros de calidad (Kulyan et al., 2021), té de cáscara (Yeon, 2021), bebidas probióticas (Tomova et al., 2021), percepción de calidad (Tarancón et al., 2021; Giménez-Sanchis, 2021), etc.

Si bien estos estudios han aportado información relevante sobre la clemenules, persisten interrogantes sobre su perfil organoléptico, su relación con la calidad percibida y su impacto en la dieta saludable. Este trabajo busca abordar estos aspectos empleando Análisis de Contenido, Análisis Multivariante y Redes Neuronales Artificiales, con el fin de describir, cuantificar y comprender los atributos que influyen en la aceptación del producto y su potencial para la innovación en el sector de la nutrición y dietética.

A diferencia de investigaciones centradas exclusivamente en parámetros físico-químicos o productivos, este estudio enfatiza la relación entre la composición nutricional del clemenules (vitamina C, fibra, antioxidantes y compuestos bioactivos) y su percepción sensorial y aceptación por parte del consumidor, de este modo se ofrece un enfoque integral que no solo caracteriza el producto, sino que también evalúa su potencial en patrones de alimentación saludable.

Los objetivos específicos de este estudio son identificar las características sensoriales y nutricionales apreciadas por los consumidores, desarrollar un perfil organoléptico distintivo, asociado a la aceptación del producto, evaluar la clemenules como un alimento funcional, considerando sus beneficios para la salud y su potencial en la alimentación equilibrada.

Este enfoque permite establecer estrategias para optimizar su producción y comercialización, resaltando su papel como un cítrico saludable, natural y de alta calidad sensorial y nutricional.

II. ALCANCE Y MÉTODOS

Inicialmente se revisaron más de 200 artículos científicos para disponer de una perspectiva integral de la calidad de las clemenules, sobre aspectos agronómicos, nutricionales, seguridad alimentaria, percepción del consumidor, mejoramiento genético, etc. (Referencias bibliográficas complementarias).

Se analizaron muestras de clemenules procedentes de Bétera, Benicarló, Vila-real y Tortosa, cubriendo desde el valle del Turia hasta el Bajo Ebro, con Nules como epicentro. La evaluación se realizó mediante una ficha de cata-test diseñada para examinar parámetros de calidad y satisfacción del consumidor (Tabla 1). Se utilizó una metodología sensorial cuantitativa y cualitativa con un panel de catadores entrenados, que realizaron catas en doble ronda, evaluando atributos físicos, organolépticos como tamaño, textura, color, aroma, dulzor, acidez, jugosidad y percepciones, utilizando una escala de 0 a 10. Mediante preguntas abiertas se solicitaron opiniones sobre efectos para la salud, singularidades, sensaciones y emociones que puede producir el fruto a la vista y sentir su esencia en nariz, boca y paladar.

Tabla 1. Ficha de cata-test para muestras de clemenules

Datos de la persona que participa en la cata	
Género, H/M	
Edad	
Experiencia/entrenamiento	
Variables físicas a examinar en las muestras	Valores
Calibre diámetro axial (eje), mm.	
Calibre diámetro radial, mm.	
Peso con piel, g.	
Peso sin piel, g.	
Grosor de la piel, mm.	
Contenido en zumo, %.	
Número de gajos, n.	
Presencia de semillas, n.	
Concentración de azúcares en grados Brix, (°Bx)	
Percepciones	Puntuar de 0 a 10
Textura de la piel (Percepción de las sensaciones de suavidad, rugosidad, dureza, etc., generadas mediante la vista y el tacto con la superficie del fruto)	
Satisfacción con el aspecto exterior. (Percepción de uniformidad o defectos externos sobre la piel que debe ser limpia, sin daños, manchas o golpes. Forma oblata, ligeramente achatada)	
Satisfacción con la facilidad de retirada de la piel, (Realizar pelado manual sin utilizar cuchillo y calificar el grado de dificultad/facilidad)	
Satisfacción con el color de la piel, (De matices verdes a naranja intenso)	
Satisfacción con el grosor de la piel, (Se apreciará la finura, delgadez o el grosor, evaluándose favorablemente la finura)	
Satisfacción con el tamaño del fruto, (Percepción subjetiva del consumidor, contemplando una pieza de fruta en su mano, flexionando parcialmente las primeras falanges de los dedos. Se evaluará favorablemente el agrado con el tamaño)	
Apreciación y satisfacción con la pulpa, (Se evaluará favorablemente condición	

de la pulpa tierna y jugosa, agradable, sabrosa y aromática)	
Percepción de la translucidez del gajo (La comprobación de la translucidez del gajo se realiza mediante luz blanca opuesta, con el fin de observar defectos internos, inversiones que contienen los septos o membranas, densidades aparentes del contenido líquido del gajo en las vesículas, texturas internas, la limpieza y cristalinidad, etc. Se evalúa por el observador en una escala de 0 a 10, siendo 10 máxima translucidez.)	
Aroma, (Olor a cítrico, fresco, dulce de suave a intenso)	
Sabor, (Dulce a ligeramente agrio. Se evaluará el agrado, la satisfacción)	
Dulzor, (Percepción de la intensidad del dulzor en el paladar)	
Acidez, (Percepción de la intensidad de la acidez en el paladar)	
Evaluación global de la calidad, (Apreciar todos los parámetros de la fruta, aspecto, firmeza al tacto, piel, cantidad de zumo, equilibrio dulzor y acidez, etc.)	
Preguntas abiertas	
Pregunta abierta 1. Opine sobre posibles efectos beneficiosos de clemenules para la salud.	
Pregunta abierta 2. Describa las singularidades que aprecie en las muestras de clemenules, así como las sensaciones y emociones que le produzca percibir el fruto a la vista y sentir su esencia en nariz, boca y paladar.	

Los parámetros físicos fueron analizados en laboratorio, y las catas se llevaron a cabo en un entorno controlado. Los frutos en cantidades de 20 kilos se adquirieron presencialmente en las parcelas, sin conocimiento por el productor-vendedor del fin para el que iban a ser utilizados, y en venta por internet servido en destino por transporte urgente. Las muestras fueron tres de agricultura convencional muestra A (Bétera); muestra B (Benicarló); muestra C (Vila-real) y una muestra de agricultura ecológica D (Tortosa).

Las catas de cada muestra se celebraron en Ávila. Se constituyó un panel de 27 catadores imparciales, no implicados ni emocional ni culturalmente con el producto, para asegurar alto nivel de objetividad, intentando semejar a potenciales clientes consumidores de clemenules. En todas las catas participaron personas de edades comprendidas entre 24 y 70 años, de ambos sexos y actividades y formación diversas como amas de casa, jubilados, bachilleres, técnicos ambientales, graduados, licenciados, ingenieros y doctores. Todas las catas se desarrollaron a doble turno (cada participante emitió su juicio sobre dos muestras, utilizando dos fichas distintas), sumando 54 intervenciones en cada cata.

El material incluyó refractómetro, calibrador Vernier, lámpara LED, material de mesa, ordenador con software estadístico y fichas de cata. Se aplicaron Análisis Descriptivo, t de Student, Análisis de Componentes Principales (ACP) y Redes Neuronales Artificiales (RNA) para identificar las variables clave de calidad de clemenules, utilizando un software estadístico para el tratamiento de datos. Finalmente se aplicó Análisis de Contenido de las respuestas a las preguntas abiertas del panel de catadores.

III. RESULTADOS

Resultados del análisis de calidad del cítrico clemenules cosechado en Bétera

Para evaluar la calidad de los cítricos se examinaron parámetros físicos y organolépticos en la muestra de Bétera (Tabla 2 y Tabla 3). Entre los parámetros físicos clave en la percepción de calidad destacan los diámetros axial y radial, peso, contenido de zumo, concentración de azúcares y textura de la piel. Entre los parámetros organolépticos los consumidores valoraron la calificación global de 8,60 (escala de 0 a 10), destacando en sabor, tamaño, dulzor y aroma.

Tabla 2. Valores de las variables físicas en las muestras de Bétera, Benicarló, Vila-real y Tortosa.

Caracteres físicos muestra de Bétera	Mínimo	Máximo	Media
Calibre diámetro axial (mm)	41	69	52,30
Calibre diámetro radial (mm)	49	78	60,81
Peso con piel (g)	30	150	81,26
Peso sin piel (g)	22	110	58,81
Grosor de la piel (mm)	1,0	2,1	1,176
Contenido en zumo (%)	34	60	47,00
Concentración de azúcares (°Bx)	11,50	13,00	12,2407
Número de gajos (n)	7	13	
Textura de la piel (0 a 10)	6	10	8,80
Número de semillas (n)	0	3	
Caracteres físicos muestra de Benicarló			
Calibre diámetro axial (mm)	42	67	53,11
Calibre diámetro radial (mm)	49	76	61,39
Peso con piel (g)	48	160	94,33
Peso sin piel (g)	38	130	68,50
Grosor de la piel (mm)	1,0	2,5	1,737
Contenido en zumo (%)	36	73	50,57
Concentración de azúcares (°Bx)	11,40	13,00	12,1000
Número de gajos (n)	8	14	
Textura de la piel (0 a 10)	6	10	8,81
Presencia de semillas (n)	0	4	
Caracteres físicos muestra de Vila-real			
Calibre diámetro axial (mm)	43	67	53,52
Calibre diámetro radial (mm)	49	76	61,81
Peso con piel (g)	48	165	96,89
Peso sin piel (g)	38	135	70,72
Grosor de la piel (mm)	1,0	2,5	1,846
Contenido en zumo (%)	36	73	50,96
Concentración de azúcares (°Bx)	11,00	13,00	12,0630
Número de gajos (n)	8	15	
Textura de la piel (0 a 10)	7	10	8,96
Presencia de semillas (n)	0	4	
Caracteres físicos muestra de Tortosa			
Calibre diámetro axial (mm)	42	66	52,17
Calibre diámetro radial (mm)	49	77	60,94
Peso con piel (g)	48	140	96,17
Peso sin piel (g)	38	112	69,52
Grosor de la piel (mm)	1,0	2,5	1,715
Contenido en zumo (%)	36	73	50,46
Concentración de azúcares (°Bx)	9,50	14,00	11,9944
Número de gajos (n)	8	14	
Textura de la piel (0 a 10)	6	10	8,70
Presencia de semillas (n)	0	4	

N = 54 en cada muestra

Tabla 3. Valores de las variables organolépticas en las muestras de Bétera, Benicarló, Vila-real y Tortosa

Caracteres organolépticos. Muestra de Bétera	Mínimo	Máximo	Media
Satisfacción con el aspecto exterior	3	10	8,11
Satisfacción con la facilidad de retirada de la piel	5	10	8,38
Apreciación y satisfacción con el color exterior de la corteza	4	10	7,69
Apreciación y satisfacción con el grosor de la corteza	7	10	8,13
Apreciación y satisfacción con el tamaño	4	10	8,87
Apreciación y satisfacción con la pulpa	3	10	7,64
Percepción de la translucidez del gajo	5	10	7,32
Aroma	5	10	8,54
Sabor	5	10	8,87
Dulzor	4	10	8,39
Acidez	4	9	7,25
Calificación global de la calidad	7,00	10,00	8,60
Caracteres organolépticos. Muestra de Benicarló			
Satisfacción con el aspecto exterior	7	10	8,96
Satisfacción con la facilidad de retirada de la piel	7	10	8,93
Apreciación y satisfacción con el color exterior de la corteza	8	10	9,33
Apreciación y satisfacción con el grosor de la corteza	6	10	8,74
Apreciación y satisfacción con el tamaño	8	10	9,61
Apreciación y satisfacción con la pulpa	4	10	7,89
Percepción de la translucidez del gajo	5	9	7,31
Aroma	3	10	8,25
Sabor	6	10	9,28
Dulzor	8	10	9,15
Acidez	6	10	8,07
Evaluación global de la calidad	4,00	10,00	8,6852
Caracteres organolépticos. Muestra de Vila-real			
Satisfacción con el aspecto exterior	7	10	9,02
Satisfacción con la facilidad de retirada de la piel	7	10	9,06
Apreciación y satisfacción con el color exterior de la corteza	8	10	8,96
Apreciación y satisfacción con el grosor de la corteza	6	10	8,70
Apreciación y satisfacción con el tamaño	8	10	9,43
Apreciación y satisfacción con la pulpa	6	10	8,02
Percepción de la translucidez del gajo	5	9	7,50
Aroma	5	10	8,07
Sabor	8	10	9,22
Dulzor	6	10	9,00
Acidez	6	10	8,04
Evaluación global de la calidad	7,00	10,00	9,0370
Caracteres organolépticos. Muestra de Tortosa			
Satisfacción con el aspecto exterior	7	10	8,87
Satisfacción con la facilidad de retirada de la piel	7	10	8,96
Apreciación y satisfacción con el color exterior de la corteza	8	10	8,38
Apreciación y satisfacción con el grosor de la corteza	6	10	8,76
Apreciación y satisfacción con el tamaño	8	10	9,37
Apreciación y satisfacción con la pulpa	4	10	7,94
Percepción de la translucidez del gajo	5	9	7,43
Aroma	3	10	9,22
Sabor	6	10	9,31
Dulzor	8	10	9,20
Acidez	6	10	8,11
Evaluación global de la calidad	4,00	10,00	8,8241

(P = 0 a 10)

La apreciación de la calidad de los cítricos en Bétera fue consistente entre géneros, por edad y profesión. No se encontraron diferencias significativas en la percepción de calidad entre grupos homogéneos (t de Student $> 0,05$), valoraron de forma similar la textura, el aspecto exterior, la facilidad de retirada de la piel, el color, el grosor de la corteza, el tamaño, la pulpa, la translucidez del gajo, el aroma, el sabor, el dulzor y la acidez.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) (Tabla 4) se realizó con adecuación muestral ($KMO = 0,716$) y significación en la prueba de esfericidad de Bartlett ($p < 0,001$). Se identificaron cuatro factores que explican el 70,66% de la varianza: La calidad interna (26,54% de varianza), incluyó sabor, dulzor, aroma y contenido en zumo, los cuales definen la percepción interna de calidad apreciada por el consumidor. La calidad externa (22,46%) representando la apariencia de la fruta, se manifestó a través del peso con piel, aspecto exterior, calibre y tamaño. Las características de pulpa y acidez (12,33%) agrupan acidez y satisfacción con la pulpa, siendo menos relevantes en la percepción de calidad. La facilidad de pelado (9,32%) circunscribe satisfacción indicando una percepción positiva al pelar la fruta.

Tabla 4. Matriz de componentes rotados para explicar el modelo de calidad de las muestras

Modelo de calidad de Bétera	Componentes				
	1	2	3	4	5
Sabor	0,820				
Dulzor	0,802				
Aroma	0,730				
Contenido en zumo	0,931				
Satisfacción con el aspecto exterior		0,720			
Peso con piel		0,948			
Calibre diámetro radial (centro)		0,899			
Apreciación y satisfacción con el tamaño		0,512			
Acidez			0,812		
Apreciación y satisfacción con la pulpa			0,828		
Satisfacción con la facilidad de retirada de la piel				0,500	
Modelo de calidad de Benicarló	Componentes				
	1	2	3	4	5
Contenido en zumo	0,867				
Peso con piel	0,831				
Calibre diámetro radial (centro)	0,779				
Satisfacción con la facilidad de retirada de la piel	0,631				
Sabor		0,543			
Dulzor		0,687			
Aroma		0,565			
Acidez		0,798			
Apreciación y satisfacción con la pulpa			0,566		
Apreciación y satisfacción con el tamaño			0,531		
Apreciación y satisfacción con el color exterior de la corteza			0,699		
Modelo de calidad de Vila-real	Componentes				
	1	2	3	4	5

	1	2	3	4	5
Peso con piel	0,869				
Calibre diámetro radial (centro)	0,769				
Contenido en zumo	0,765				
Satisfacción con el aspecto exterior	0,558				
Dulzor		0,605			
Acidez		0,679			
Sabor		0,675			
Aroma		0,515			
Apreciación y satisfacción con la pulpa			0,528		
Apreciación y satisfacción con el tamaño			,712		
Modelo de calidad de Tortosa	Componente				
	1	2	3	4	5
Peso con piel	0,897				
Calibre diámetro radial (centro)	0,734				
Contenido en zumo		0,842			
Número de gajos		0,705			
Percepción de la translucidez del gajo		0,504			
Concentración de azúcares (°Bx)		0,541			
Apreciación y satisfacción con el color exterior de la corteza			0,784		
Satisfacción con el aspecto exterior			0,695		
Apreciación y satisfacción con el tamaño			0,620		
Textura de la piel			0,511		
Acidez				0,768	
Aroma				0,635	
Apreciación y satisfacción con la pulpa					0,763
Satisfacción con la facilidad de retirada de la piel					0,581

Resultados del análisis de calidad de cítricos cosechados en Benicarló

El examen de parámetros físicos y organolépticos para evaluar la calidad de los cítricos sobre la muestra de Benicarló, (Tabla 2 y Tabla 3), puso de manifiesto que los parámetros clave en la percepción de calidad incluyen el tamaño estándar (diámetros axial y radial, peso), contenido de zumo y concentración de azúcares. Los parámetros organolépticos relevantes más valorados por los catadores lograron una calificación global de 8,68, destacando especialmente en tamaño, color de la corteza, sabor, dulzor y aspecto exterior.

No se encontraron diferencias significativas en la percepción de calidad entre hombres y mujeres, tampoco por edad ni profesión. El ACP reveló tres factores que explican un 58,3% de la varianza en la percepción de calidad de los cítricos en Benicarló, (Tabla 4). La calidad física y facilidad de pelado (24,37% de varianza), incluye peso con piel, calibre radial, contenido en zumo y facilidad para retirar la piel. Este factor representa el primer plano de la calidad física de la fruta, resaltando atributos clave para el consumidor en cuanto a tamaño, peso y facilidad de consumo. La calidad organoléptica (17,64%) incluye dulzor, aroma, sabor y acidez, representando la percepción sensorial interna de la fruta. Estos atributos son fundamentales en la experiencia gustativa del consumidor. La apariencia y pulpa (16,38%) agrupa satisfacción con la pulpa, tamaño del fruto y aspecto exterior, indicando una percepción de calidad externa y textura de la fruta, relevante en la valoración visual y táctil.

Resultados del análisis de calidad de cítricos cosechados en Vila-real

En la muestra de Vila-real los parámetros físicos clave en la percepción de calidad incluyen el calibre (diámetro axial y radial), peso de las piezas, contenido de zumo y concentración de azúcares, lo que define la calidad física de los cítricos en Vila-real (Tabla 2). Los parámetros organolépticos relevantes, con una calificación global más alta (9,03) de las muestras evaluadas, fueron el tamaño, sabor, aspecto exterior, facilidad de pelado y dulzor. (Tabla 3)

La apreciación de la calidad de los cítricos en Vila-real es homogénea y no muestra diferencias significativas entre grupos. El ACP identificó tres factores que explican el 78% de la varianza en la percepción de calidad. La calidad física y aspecto exterior (34,2% de varianza), incluyó el peso con piel, calibre radial, contenido en zumo y satisfacción con el aspecto exterior. Este factor representa el primer plano de la calidad física, destacando atributos visuales y de peso como determinantes clave de la percepción de calidad. La calidad organoléptica (25,5%) incluye dulzor, aroma, sabor y acidez, formando un segundo plano de caracterización sensorial de la fruta, esencial en la experiencia gustativa del consumidor. La textura y tamaño (18,38%) agrupa satisfacción con la pulpa y tamaño del fruto, constituyendo un tercer plano de percepción de calidad, donde la textura y tamaño son relevantes en la valoración sensorial y visual. (Tabla 4).

Resultados del análisis de calidad de cítricos ecológicos cosechados en Tortosa

En la muestra de Tortosa la evaluación de parámetros físicos y organolépticos para determinar la calidad de las clemenules ecológicas, en comparación con las muestras convencionales dio como resultado una concentración de azúcares ligeramente inferior a las demás muestras, aunque mantiene calibres, pesos y contenido de zumo similares. Los parámetros físicos clave que determinan la calidad incluyen el calibre, peso y contenido de zumo, (Tabla 2). Los parámetros organolépticos más destacados alcanzaron una calificación global de 8,82, con especial apreciación en sabor, aroma, dulzor, tamaño y facilidad de retirada de la piel, (Tabla 3).

Hombres y mujeres valoraron de forma similar la textura, aspecto exterior, facilidad de retirada de la piel, color, grosor de la corteza, tamaño, pulpa, translucidez del gajo, aroma, sabor, dulzor y acidez. El ACP identificó cinco factores que explican un 55,67% de la varianza, lo cual es un valor inferior al de las muestras convencionales, indicando una distribución más compleja de la percepción de calidad en las clemenules ecológicas (Tabla 4). La calidad física (16,48% de varianza) incluye en primer plano el peso con piel y calibre radial, apreciados en el primer contacto con la fruta. Este factor define la percepción inicial de tamaño y peso. Las características internas del gajo (10,40%), incluye contenido de zumo, número de gajos, translucidez del gajo y concentración de azúcares, representando elementos internos clave en la experiencia gustativa y la percepción de frescura. La apariencia exterior (10,28%) agrupa color de la corteza, aspecto exterior, tamaño y textura de la piel, destacando la imagen que ofrece el fruto como un determinante visual de calidad. La calidad organoléptica (9,62%) incluye acidez y aroma, constituyendo un plano sensorial que influye en la percepción gustativa compleja y el quinto factor determinado por la textura y facilidad de consumo

(8,87%) incluye satisfacción con la pulpa y facilidad de retirada de la piel, conformando un plano secundario de percepción de calidad relacionado con la textura interna y la comodidad de consumo.

Análisis del contenido de las respuestas del panel de catadores

El análisis de contenido de las respuestas cualitativas del panel de catadores identifica los criterios clave de satisfacción del consumidor respecto a las clemenules, resaltando las sensaciones y emociones experimentadas durante la cata. Los descriptores recopilados en la ficha de cata abarcan las percepciones sobre características físicas, organolépticas y nutricionales, así como emociones asociadas al consumo.

En las percepciones sobre características físicas y organolépticas los catadores destacaron atributos específicos que caracterizan la calidad percibida, descritos con términos repetidos y consistentes. Valoran positivamente las clemenules por su equilibrio en dulzor y acidez, su jugosidad natural y su ausencia de semillas, considerándolas ideales para todos los públicos, incluidos niños y personas mayores debido a su textura suave, facilidad de consumo y beneficios para la salud.

Con relación a las sensaciones y emociones asociadas al consumo aparece una amplia gama de emociones agradables, reflejando una experiencia sensorial positiva, destacando sensaciones como agrado, bienestar, placer, satisfacción, alegría, gusto; emociones positivas como felicidad, ánimo, gratificación, placidez; asociaciones emocionales como la mezcla dulce y levemente ácida despierta alegría y sensación de frescura, mientras que el aroma intenso evoca naturalidad y frescura; los beneficios percibidos se asocian a bienestar y salud por su contenido de vitamina C y propiedades saludables.

Las palabras más utilizadas por los catadores fueron: Excelente, agrado, bienestar, dulce, calidad, placer, satisfacción, alegría y gusto. Las emociones positivas generadas al consumir clemenules influyen en la satisfacción y preferencia del consumidor, destacando su dulzor natural, jugosidad y facilidad de consumo. La percepción de naturalidad y frescura se potencia en las muestras ecológicas.

Contraste de resultados mediante Redes Neuronales Artificiales (RNA)

Se utilizó un modelo de RNA con Perceptrón Multicapa para precisar y refinar los resultados obtenidos mediante análisis estadístico descriptivo e inferencial, con el objetivo de identificar las variables determinantes de la calidad de clemenules. Se analizaron datos de características físicas y respuestas sobre organolépticas de los paneles de catadores, considerando como variable dependiente (VD) “la calificación global de la calidad de clemenules”.

La RNA clasificó la calidad de clemenules en cuatro categorías: con los siguientes porcentajes de predicción correctos (Tabla 5): La RNA confirma los hallazgos del análisis estadístico previo, validando que las muestras analizadas tienen una alta calidad predictiva, especialmente en la

categoría BUENA (78,8%); identificó las variables más relevantes en la calificación global de calidad, organizándolas en tres niveles de impacto (Figura 1):

Tabla 5. Porcentajes de predicción de la RNA

Categoría	Entrenamiento	Prueba	Reserva (Holdout)
MUY MALA	34,6%	50,0%	50,0%
MALA	55,6%	66,5%	60,5%
REGULAR	62,5%	66,7%	75,0%
BUENA	76,7%	75,0%	78,8%
Total	59,9%	66,7%	70,0%

Primer impacto: Comercial (Percepción inicial). Estas variables influyen en la primera impresión visual y son categóricas en la decisión de compra: La percepción inicial se basa principalmente en el aspecto exterior, tamaño y peso, lo cual determina la atracción visual del consumidor.

Segundo Impacto: Variables de consumo (Experiencia sensorial). Estas variables influyen directamente en la experiencia gustativa y la satisfacción del consumidor, son dulzor, contenido de zumo y sabor son determinantes clave de la experiencia gustativa, destacándose el equilibrio dulzor-acidez como factor crítico en la calificación global de calidad.

Tercer Impacto: Variables Secundarias (Características Adicionales). Estas variables tienen un impacto menor, aunque complementan la percepción de calidad, señalando la comodidad de consumo y la presentación final, aunque su impacto en la calidad global es menor en comparación con las variables comerciales y de consumo.

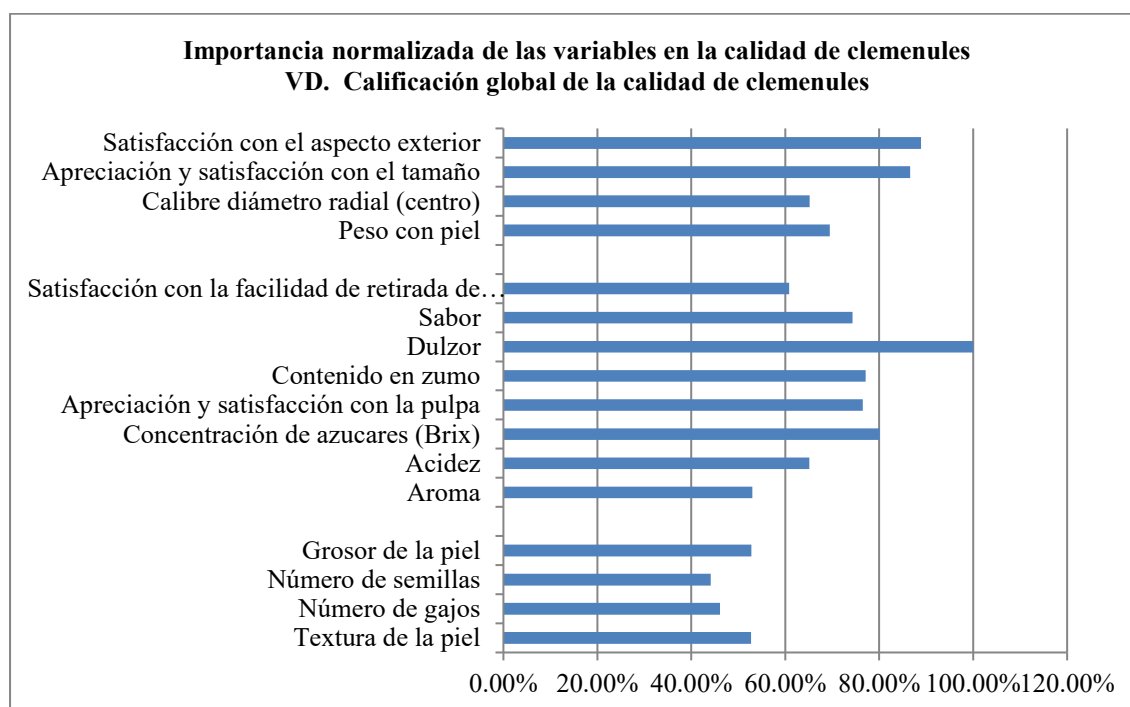


Figura 1. Gráfica de la importancia de las variables en la calidad de la fruta Según la RNA.

IV. DISCUSIÓN

El análisis de las cuatro muestras de clemenules (Bétera, Benicarló, Vila-real y Tortosa) reveló una alta percepción de calidad con una calificación global promedio de 8,78 sobre 10, destacando los atributos organolépticos de sabor (9,17), dulzor (8,93) y aroma (8,52) como determinantes clave de la satisfacción del consumidor. Los componentes físicos como calibre radial (61,23 mm), peso con piel (92,16 g), contenido de zumo (49,74%) y concentración de azúcares (12,09 °Bx) correlacionaron significativamente con la calificación global de calidad, sugiriendo que las dimensiones físicas influyen directamente en la experiencia sensorial.

Las diferencias significativas en determinados parámetros se atribuyen al grado de maduración y a factores geográficos, aunque no se evidenciaron diferencias cualitativas relevantes entre frutos de producción tradicional y ecológica. La RNA corroboró los resultados estadísticos, identificando el dulzor, el tamaño y el aspecto exterior como factores críticos en la percepción de calidad. Además, el análisis de contenido mostró que el consumo de clemenules genera emociones positivas como agrado, placer, bienestar y alegría, influenciando la intención de compra y la preferencia del consumidor.

La comparación con otros estudios revela que el sabor y el dulzor se identificaron como los principales impulsores de la intención de compra, coincidiendo con los hallazgos de Kim y Lee (2014), quienes señalaron que el dulzor está altamente correlacionado con los azúcares en los cítricos, mientras que la acidez influye en el equilibrio del sabor. Este estudio confirma que el equilibrio dulzor-acidez es crucial para la aceptación del consumidor, lo que coincide con Lado et al. (2021), quienes destacaron que dulzor, jugosidad y sabor intenso son claves de aceptabilidad en cítricos.

González-Mas et al. (2021) destacan que los aceites esenciales de la corteza contribuyen significativamente a la identidad de las clementinas y a la percepción de frescura, lo cual se observó en la alta valoración de la apariencia exterior (8,74) en este estudio.

Las dimensiones físicas de las clemenules, particularmente el calibre radial y el peso con piel, correlacionaron significativamente con el contenido de zumo y la calificación global de calidad, lo cual coincide con Sayinci et al. (2012), quienes señalaron que el tamaño, forma y peso son determinantes clave en la aceptación del consumidor.

Se observó una correlación muy intensa entre el calibre y el contenido de zumo, lo cual sugiere que frutas de mayor calibre contienen más zumo, reforzando la percepción de frescura y jugosidad, un hallazgo que respalda lo señalado por Lotong et al. (2003) sobre la importancia del contenido de zumo en la percepción de calidad de los cítricos.

Aunque no se evidenciaron diferencias cualitativas relevantes entre producción tradicional y ecológica, se destacó la percepción de frescura y naturalidad en las clemenules ecológicas. Esto concuerda con estudios de Navarro-Martínez et al. (2019), quienes sugieren que la ausencia de tratamientos postcosecha y la naturalidad del fruto aumentan la preferencia del consumidor. Los resultados también sugieren que la ausencia de semillas y la textura suave de la pulpa favorecen la aceptación en niños y ancianos, lo cual coincide con Montalt et al. (2021), quienes recomiendan ahondar en la partenocarpia para optimizar la aceptación de cítricos sin semillas.

El análisis de contenido reveló que el consumo de clemenules despierta emociones positivas como agrado, placer, bienestar y alegría, influenciando la intención de compra. Este hallazgo coincide con Peña Fernández y Reid Martínez (2015), quienes destacan que las emociones agradables motivan la conducta alimentaria y refuerzan la lealtad del consumidor. Además, estudios de Osorio Murillo y Amaya Rey (2009) y Troncoso et al. (2019) subrayan la importancia de las emociones en las preferencias alimentarias de jóvenes y personas mayores, sugiriendo que campañas promocionales adaptadas a grupos etarios podrían optimizar la comercialización de clemenules. También destacan las propiedades beneficiosas de los cítricos y los múltiples beneficios para la salud, hallazgo abundantemente documentado por Codoñer-Franch (2008), Codoñer y Valls-Bellés (2010) y Codoñer et al. (2012).

El modelo de RNA utilizado para predecir la calidad global de las clemenules mostró una predicción global del 70% y destacó el dulzor (100%), el tamaño (86,6%) y el aspecto exterior (88,9%) como variables críticas en la calificación de calidad, lo cual coincide con Kulyan et al. (2021), quienes señalaron que el dulzor y la apariencia externa son determinantes en la percepción de calidad de las mandarinas. Además, el aspecto exterior homogéneo y brillante se correlaciona con lo encontrado por Lado et al. (2021), quienes enfatizan que color y brillo son claves para la primera impresión del consumidor.

V. CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado sobre muestras de clemenules provenientes de Bétera, Benicarló, Vila-real y Tortosa, se han obtenido hallazgos novedosos que caracterizan la calidad del fruto desde una perspectiva multidimensional, integrando aspectos físicos, organolépticos y nutricionales. Estos resultados aportan una visión más profunda sobre su valor en la alimentación saludable y su potencial en la industria agroalimentaria.

Los análisis revelan que las clemenules destacan como una fuente natural de vitaminas, antioxidantes y compuestos bioactivos beneficiosos para la salud. A diferencia de otros cítricos, la percepción de calidad de este fruto está determinada no solo por atributos sensoriales como el dulzor, la jugosidad y el equilibrio entre acidez y dulzor, sino también por su facilidad de consumo (ausencia de semillas y textura suave). Estos factores tienen implicaciones directas en la adherencia a una dieta equilibrada, favoreciendo su consumo en poblaciones específicas como niños y adultos mayores.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) permitió identificar tres dimensiones clave en la percepción de calidad, cada una con implicaciones nutricionales y comerciales:

1. Calidad física (peso, calibre, contenido en zumo), que influye en la cantidad de agua y nutrientes ingeridos.
2. Calidad organoléptica (sabor, dulzor, aroma), determinante en la palatabilidad y en la predisposición al consumo frecuente.
3. Apariencia externa y textura, que afecta la percepción de frescura y naturalidad, aspectos clave en la decisión de compra.

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio es la diferenciación observada en las clemenules ecológicas de Tortosa, cuya percepción de calidad fue más compleja. Esto sugiere que los productos ecológicos pueden presentar diferencias organolépticas significativas que influyen en la preferencia del consumidor, aportando un valor añadido en términos de sostenibilidad y pureza del producto. Esta diferenciación puede potenciar su comercialización como una alternativa más natural dentro de un mercado cada vez más orientado hacia la alimentación saludable y respetuosa con el medio ambiente.

Desde una perspectiva nutricional y funcional, los resultados refuerzan el potencial de las clemenules en la promoción de hábitos de consumo saludable. Su alto contenido en vitamina C y compuestos antioxidantes contribuye a la salud inmunológica y la protección frente al estrés oxidativo. Además, su aporte de fibra soluble favorece la digestión y la salud intestinal. Su facilidad de consumo y aceptación sensorial la convierten en una opción idónea para incluir en dietas de distintos grupos de edad.

La investigación también abre nuevas oportunidades en la nutrición funcional y el desarrollo de productos innovadores. Se sugiere explorar aplicaciones como:

Bebidas funcionales y probióticas, aprovechando la matriz cítrica y sus compuestos bioactivos; Infusiones con cáscara de clemenule, rica en aceites esenciales; Snacks saludables a base de pulpa de clemenule, con alto valor nutricional; Licores sin alcohol, como alternativa en el sector de bebidas naturales.

Estos hallazgos permiten optimizar estrategias de producción y comercialización, reforzando el posicionamiento de las clemenules en el mercado como un producto de alto valor añadido. Su combinación de dulzor natural, jugosidad y riqueza en compuestos bioactivos las convierte en un referente dentro de un patrón alimentario equilibrado y sostenible. Además, la diferenciación de las clemenules ecológicas puede potenciar su demanda en mercados especializados, consolidando su papel en la transición hacia una alimentación más saludable y respetuosa con el medio ambiente.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento al panel de catadores por el tiempo y esfuerzo invertido durante las sesiones de cata-test de clemenules. Sus valiosos comentarios, evaluaciones y observaciones han sido fundamentales para desarrollar y enriquecer este artículo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agustí, M., Mesejo, C., Reig, C., Martínez-Fuentes, A., Zaragoza, S. & Primo-Millo E. (2020). El tamaño del fruto en los cítricos. *Levante Agrícola*, 451, 57-67.

Agusti M; Almela V; Juan M; Mesejo C. (2008). Desórdenes fisiológicos precosecha de los frutos cítricos y su control. *Phytoma España* (21)27 - 41.

Codoñer- Franch P. (2008). Los cítricos como fuente de ingredientes funcionales. VI Congreso Internacional de Alimentación, Nutrición y Dietética. III Simposio de alimentos funcionales. Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación.

Codoñer-Franch, P., Valls-Bellés V. Citrus as functional foods. *Current Topics in Nutraceutical Research*, Vol. 8, No. 4, 2010.

Codoñer-Franch P., Betoret E., Betoret N., López-Jaén A.B., Valls-Bellés V., Fito. P. (2012). Dried apple snack enriched with mandarin juice improves antioxidant capacity and decreases inflammation in obese children. *Plant Foods for Human Nutrition*.

Giménez-Sanchis, A.; Tarrega, A.; Besada, C. (2021). Check-All-That-Apply Questions including the Ideal Product as a Tool for Selecting Varieties in Breeding Programs. A Case Study with Mandarins. *Agronomy-Basel*. 11 (11).

Gonzalez-Mas, MD.; Rambla, JL.; Granell, A. (2021). Untargeted Metabolomics of Rind Essential Oils Allowed to Differentiate Two Closely Related Clementine Varieties. *Plants-Basel* 10 (9).

Kim, MK.; Lee, KG. (2014). Identification of key flavor compounds responsible for different orange flavor characteristics (natural- and processed-orange flavor) in orange juice. 248th National Meeting of the American-Chemical-Society (ACS). Abstracts of papers of the American Chemical Society.

Kulyan, R.V.; Abil'fazova, Yu. S. and Belous, O.O. (2021). Tangerine (*Citrus reticulata* Blanco var. unshiu Tan.) selection for fruit quality. *Horticulture and viticulture* (1) , pp.11-15.

Lado, J.; Moltini, A. I.; Ares, G. (2021). Unraveling factors affecting consumers liking of novel Uruguayan mandarins. *Agrociencia Uruguay* 25 (2) , pp.e540.

Lado, J.; Rivas, F.; Ares, G. (2021). Uruguayan consumers perception of mandarins: insights for selection and marketing of new cultivars. *Agrociencia Uruguay* 25 (2) , pp.e530.

- Lotong, V.; Chambers, E.; Chambers, DH. (2003). Categorization of commercial orange juices based on flavor characteristics. *Journal of Food Science* 68 (2) , pp.722-725.
- Montalt, R.; Vives, MC.; Aleza, P. (2021). Parthenocarpy and Self-Incompatibility in Mandarins. *Agronomy-Basel* 11 (10).
- Navarro-Martinez, P; Noguera-Artiaga, L.; Carbonell-Barrachina, AA (2019). Development and characterization of liquors prepared with an underutilized citrus by-product, the peel. *European Food Research and Technology* 245 (1) , pp.41-50.
- Osorio Murillo, O. y AMAYA REY, MCP. (2009). Overview of feeding practices in school adolescents. *Avances en Enfermería* 27 (2) , pp.43-56.
- Peña Fernández E. y Reidl Martínez L. M. (2015). Emotions and Eating Behavior. *Acta de Investigación Psicológica - Psychological Research Records*. Vol. 5. Núm. 3. páginas 2182-2193. DOI: 10.1016/S2007-4719(16)30008-4.
- Poles, L.; Licciardello, C.; La Malfa, S. (2020). Recent Advances of In Vitro Culture for the Application of New Breeding Techniques in Citrus. *PLANTS-BASEL* 9 (8).
- Sayinci, B.; Ercisli, S.; Demir, B. (2012). Determination of Size and Shape in the 'Moro' Blood Orange and 'Valencia' Sweet Orange Cultivar and its Mutants Using Image Processing. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj- napoca* 40 (1) , pp.234-242.
- Tarancon, P; Tarrega, A; Besada, C. (2021). External Quality of Mandarins: Influence of Fruit Appearance Characteristics on Consumer Choice. *Foods* 10 (9).
- Tomova, T; Petelkov, I.; Denkova, Z. (2021). Production of probiotic wort-based beverages with grapefruit (*citrus paradisi* L.) or tangerine (*citrus reticulata* L.) zest essential oil addition. *Acta Scientiarum Polonorum-Technologia Alimentaria* 20 (2) , pp.237-245.
- Troncoso-Pantoja, C; Alarcón-Riveros, M y Amaya-Placencia, A. Emotional significance of the feeding process in the elderly. *Revista de la Facultad de Medicina* 67 (1) , pp.51-55.
- Yeon, Chun JI (2021). Physicochemical Properties of Various Commercial Dried Tangerine Peel Tea Products. *Food Engineering Progress* 25 (3) , pp.221-227.
- Yfran-Elvira, María de las M.; Ruiz-Díaz, Juan José; Michellod-Muth, Martín Miguel. (2019). Analysis of pesticides and quality of citrus fruits in the internal market of Corrientes- Argentina. *Cultivos Tropicales* 40 (3) , pp.e03.
- Zacarias-Garcia, J.; Rey, F.; Zacarias, L. (2021). Antioxidant capacity in fruit of Citrus cultivars with marked differences in pulp coloration: Contribution of carotenoids and vitamin C. *Food Science and Technology International* 27 (3) , pp.210-222.

