Ejemplo de un maridaje de armonías moleculares: la sinergia aromática del vino en la gastronomía del disfrute pituitario

A. PALACIOS GARCÍA[1], M. DEL POZO BAYÓN[2], F. CHARTIER[3], N. ROCHÉ[3]

(1) Laboratorios Excell Ibérica S.L, Logroño, La Rioja.
(2) CIAL, Madrid
(3) Chartier World LAB

RESUMEN

En el ámbito de la restauración normalmente el maridaje se refiere a combinaciones de comida y vinos, y es el sumiller el encargado de recomendar las combinaciones a los comensales. El objetivo del maridaje es crear sensaciones nuevas, tanto en la degustación del vino como de la comida con la que lo acompañamos. En muchas culturas relacionadas con la gastronomía, el vino ha sido considerado un alimento básico en la mesa, y de alguna manera, las tradiciones culinarias de una región han evolucionado conjuntamente a lo largo de los años, así como los vinos. Todo ha cambiado y la gastronomía ha sufrido una evolución imparable, así como el vino ha dejado de presentarse como un alimento para ser el mejor acompañante de los que si lo son. Por esta razón, el arte de combinar los alimentos con los vinos es un fenómeno relativamente nuevo y moderno, dándonos la posibilidad de jugar con las moléculas que descubre la ciencia en la composición de los alimentos y del vino con las percepciones sensoriales.

Palabras clave: Gastronomía, Maridaje molecular, Pituitaria.

ABSTRACT

Example of molecular harmonies pairing: the aromatic synergy of pituitary enjoyment in wine gastronomy. In the field of catering, "pairing" typically refers to the combination of food and wine, and it is the sommelier's responsibility to recommend these pairings to diners. The goal of pairing is to create new sensory experiences, both when tasting the wine and the accompanying food. In many culinary traditions, wine has been regarded as a fundamental element on the table, and, in some ways, the culinary traditions of a region have evolved in tandem with the development of its wines. Everything has changed, and gastronomy has undergone an unstoppable evolution. Wine is no longer solely considered a food but rather its ideal companion. Consequently, the art of pairing food with wine is a relatively modern and innovative concept, offering us the opportunity to manipulate the molecules that science reveals in the composition of both food and wine to enhance our sensory perceptions.

Key words: Gastronomy, Molecular pairing, Pituitary.

La armonía molecular se basa en la premisa de que al combinar ingredientes y/o bebidas dominadas por una o varias moléculas volátiles de la misma familia, el resultado es mayor que la suma algebraica de las partes por separado. Mediante un efecto de sinergia aromática, como si 1+1=3. En otras palabras, una nueva aritmética del sabor generado por el impacto fundamental de los aromas dominantes (por encima del umbral de percepción) en boca (vía retronasal).

Como en el ejemplo del tabbouleh (ensalada de cuscús con menta y perejil), receta creada intuitivamente por mujeres libanesas que bien demuestra inconscientemente el efecto 1+1=3 en su creación. La menta y el perejil comparten las mismas moléculas dominantes de anís (¡que las mujeres libanesas desconocían hace 500 años!) creando una situación de mayor armonía entre los ingredientes de una receta a través de la técnica de "Armonías Moleculares".

Pero, la percepción de una molécula aromática también puede cambiar dependiendo del contexto en el que se encuentre. El umbral de detección frente al número de moléculas es exactamente en lo que se apoya la ciencia de "Armonías Moleculares". Es decir, el énfasis en la potencia aromática de la molécula o moléculas dominantes (umbral de detección, también conocido con las siglas en inglés OAV – *Odor Activity Values*), ejemplo de cómo trabaja el Chartier World LAB (CWL), con sede en Barcelona, siendo un laboratorio científico y gastronómico multidisciplinar basado en la técnica aromática de las

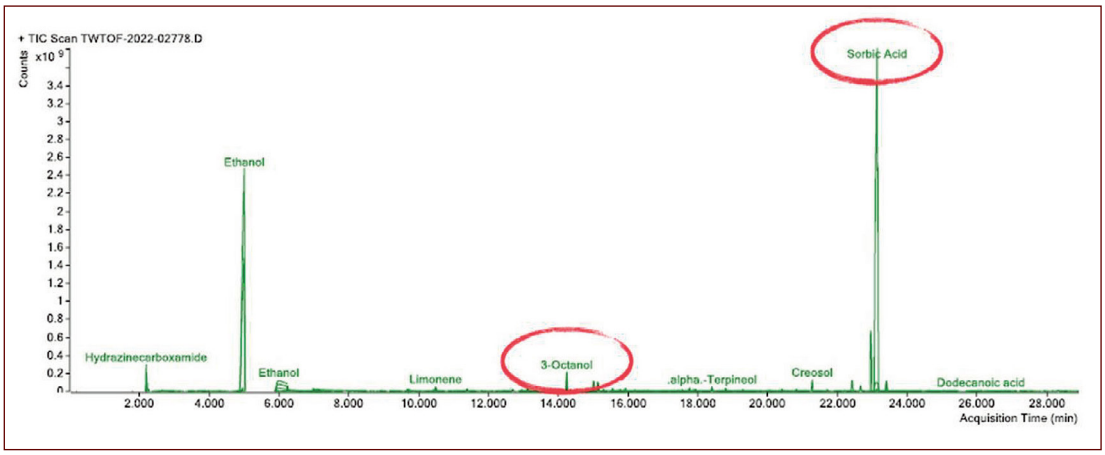

Figura 1. Cromatograma de una salsa de aceitunas verdes.

armonías moleculares, valedor de una cátedra de aromas y gastronomía en la Universidad de Barcelona.

Es decir, el énfasis en la potencia aromática de la(s) molécula(s) dominante(s) (umbral de detección), por oposición a las moléculas que son dominantes en cantidad, pero que no tienen un elevado poder aromático. Así, algunas moléculas aromáticas se perciben fácilmente cuando se inspeccionan de forma aislada, pero algunas de ellas desaparecen de nuestra percepción cuando se encuentran mezcladas.

En un análisis de CG–EM (*Figura 1*) de una salsa de aceitunas verdes realizado en el CWL, cuando nos fijamos en las moléculas dominantes en cantidad, el ácido sórbico sería la firma de esta salsa, sin embargo, este no es conocido por su fragancia. En cambio, si solo nos fijamos en las moléculas que están por encima de su umbral de detección, es decir el 3–Octanol (aroma de seta), uno de los elementos de su ADN aromático, que también se encuentra en las trufas, el café y la papaya, se convierten así en ingredientes complementarios para crear recetas de maridaje ().

Ahora... ¿Cómo funciona el efecto de la sinergia aromática de las "Armonías Aromáticas"? Cuantos más receptores olfativos implicados en la percepción de una mezcla aromática, más compleja resultará la percepción olfativa, como si de un sonido cuadrafónico se tratara, dando lugar a 1+1=3 (efecto de sinergia aromática). En el caso de los aromas que evocan sensaciones positivas, aún mejor serán sus efectos cuando la señal es más intensa y mejor definida. Creando una mayor "zona de confort" de armonías entre los vinos y los ingredientes. El mundo del maridaje está en plena revolución y mostramos aquí algunas de sus bases en reconstrucción. Sensorialmente hablando, la sensación gustativa se inicia cuando los estímulos (sustancias químicas) disueltos en la saliva contactan con los receptores presentes en los botones gustativos, repartidos y situados en las papilas de la lengua. Los botones son agregados celulares especializados capaces de detectar nutrientes y otros compuestos. Una persona promedio tiene ni más ni menos que unos 10.000 botones gustativos agrupados en las papilas.

Como resultado de la función de los receptores situados en las papilas, los animales identificamos los nutrientes que, en principio, más nos convienen, rechazando toxinas y materiales no comestibles. Cada uno de los cinco gustos básicos que reconocemos (dulce, salado, ácido, amargo y umami) puede asociarse a distintos requisitos fisiológicos o nutricionales. El cerebro obtiene información a partir del gusto de los materiales en contacto con la lengua: dulce significa fuente de energía (azúcares y carbohidratos); ácido significa una alteración del equilibrio ácido–base (por tanto, puede significar ali-

mentos estropeados); amargo genera una alerta (los venenos suelen ser amargos); salado suele implicar una alteración del equilibrio hídrico; y umami informa sobre el contenido proteico de los alimentos. Esta es la primera función de las papilas. La segunda, enviar señales al sistema digestivo y preparar el organismo para que utilice de manera óptima los nutrientes ingeridos (liberación de enzimas digestivos, movimientos peristálticos, aumento del flujo mesentérico y del ritmo cardíaco...).

Por otro lado, los alimentos y bebidas contienen compuestos volátiles. Estas moléculas químicas de bajo peso molecular y elevada volatilidad son las responsables del olor y en gran medida del sabor que experimentamos durante la ingesta de los alimentos. De hecho, más del 80% del sabor que percibimos se debe a este tipo de moléculas. Son estos compuestos los que nos permiten diferenciar el sabor de los alimentos (helado de vainilla, fresa, etc.) y reconocer su calidad (o no), y por eso tienen una especial relevancia en la aceptabilidad y preferencias de los alimentos por el consumidor. Estos compuestos son trasportados por la respiración hacia los órganos olfativos situados en el epitelio olfativo (pituitaria), cuando olemos un alimento o bebida o cuando lo ingerimos. En este último caso, los compuestos volátiles se liberan en la cavidad oral y pasan a la saliva donde son transferidos a los flujos respiratorios que los conducirán hacia los receptores olfativos, cuya información es procesada por el cerebro creando mapas olfativos que interpretamos como olor.

En nuestros días, los humanos apenas comen órganos o tejidos sin refinar. Los estudios antropológicos dictaminan que debimos disfrutar por primera vez del olor de un buen asado hace unos 1,9 millones de años. Ello coincide con la aparición de *Homo erectus*, una especie humana primitiva que aprendió el manejo del fuego, probablemente machacando carne con piedras de

excell
LA EXPERIENCIA ANALÍTICA
IBÉRICA

Presenta:

EL CONSULTORIO DEL SR. LOBO

Caso 15: ¡¿Es posible que mi vino tenga gluten?!
Caso 16: Butch se está estresando.
Caso 17: Fabienne tiene algo en el vino que no usa en su viñedo.
Caso 18: Honey Bunny dando la lata con el envase.

EL SR. LOBO OS ESPERA EN WWW.EXCELLIBERICA.COM

las que saltaban chispas. Guisar los alimentos los hace más deliciosos, los reblandece y potencia su valor energético y nutritivo al descomponer los almidones y las proteínas en moléculas más digeribles. También los materiales crudos se transforman de forma que los cambios físicos y químicos determinan la composición final del alimento, así como sus propiedades sensoriales y valor nutricional. Hoy en día no se puede concebir alimentos para el ser humano sin limpiar microbiológicamente los ingredientes y cambiar su consistencia y sabor. Este análisis conduce a una primera conclusión: las "transformaciones culinarias" hacen que los ingredientes de la comida cruda disten mucho de lo que encontramos en el plato.

El vino, desde su origen, tuvo un papel relevante en la historia y bagaje cultural de la humanidad, primero como elemento de culto bendecido en ritos religiosos y, hoy en día, venerado en torno a la gastronomía, siendo el mejor acompañante de los guisos. Las reglas del maridaje, aunque ancladas en los viejos tópicos y en las generalidades superficiales, siempre se resuelven matemáticamente con la física y la química. La cocina de vanguardia está entrando en dimensiones revolucionarias, rompiendo los esquemas preestablecidos en base a que las nuevas tecnologías permiten desestructurar y reconstruir los ingredientes de la despensa una y otra vez sin dañar la materia prima, siendo fieles a la ley que Lavoisier acuñó hace más de 200 años: "la materia ni se crea ni se destruye, solo se transforma".

Siguiendo el hilo, los maridajes se basan mucho más en indagar, conocer y descubrir catando y contrastando sin fatiga con el objetivo final de responder satisfactoriamente a las expectativas que a los comensales se les crea cuando combinan platos y vinos, donde ellos suelen elegir los primeros y el sumiller, en base a su criterio, los segundos, recayendo sobre sus hombros una responsabilidad de cuyo acierto depende el éxito de la experiencia, aunque algunos sumilleres, como Josep Roca y François Chartier, llevan mucho tiempo seleccionando los vinos primero y ajustando/creando después los platos que combinen perfectamente con ellos. No en vano son los nuevos cupidos gastronómicos, que con su intuición ejercen de "Celestinas" de platos y copas.

En los maridajes se busca la armonía aromática, gustativa y táctil. La mayoría de los maridajes son de complementariedad por semejanza en composición, sobre todo en la teoría de las armonías moleculares, pero evidentemente, también puede idearse maridajes de contraste.

He aquí, a modo de ejemplo, algunas normas clásicas en el emparejamiento comida vino, ya sobrepasadas por la falta de base, pero aún muy utilizadas:

- Alimentos ácidos / vinos ácidos, frutales y persistentes, semisecos.
- Alimentos grasos / vinos ácidos y tintos ásperos, tipo Cabernet o Merlot.
- Alimentos magros / vinos de cuerpo, golosos y glicéricos.
- Alimentos salados / blancos suaves, untuosos, dulces y tintos poco tánicos.
- Ahumados / blancos maderizados y frutales, tintos especiados.
- Alimentos especiados / tintos afrutados, ligeros y moderadamente alcohólicos; blancos con azúcar residual y acidez.
- Dulces / vinos dulces de azúcar igual o superior al alimento.
- Alimentos aliñados en vinagre / vinos secos tipo Jerez.

Pero esto ya es historia... Las convulsiones vividas en los últimos tiempos y la radicalización de los estilos de vino: ensalzando el *Terroir*, los cultivos ecológicos en plena eclosión y la aparición rompedora de la cocina molecular, apremian la necesidad de innovación en el arte del maridaje, buscando bases científicas y el pragmatismo sensorial. En este contexto global, las viejas ideas del maridaje han ido cayendo en desuso para dar paso al paladar inquieto y explorador que descubre nuevas rutas o sabe recuperar algunas de las antiguas.

François Chartier, creador de la ciencia aromática de las "Armonías Moleculares", conoce perfectamente su funcionamiento y pone algunos ejemplos: la armonía molecular entre la chirivía (hortaliza similar a la zanahoria), la albahaca (que tiene un éster aromático llamado

Vinos y tapas emparejados en el estudio.

estragol) y el estragón (especia muy anisada y rica en mentol), ingredientes nombrados en su libro *Papilas et Moléculas*. Esta familia de anisados conjuga perfectamente en maravilloso cuarteto con vino de la variedad 'Sauvignon blanc' o 'Verdejo', que comparten, en parte, el mismo perfil aromático. Es un ejemplo perfecto de maridaje aromático por sinergia molecular.

Por otra parte, Juan Cacho y Vicente Ferreira, investigadores del aroma del vino, explican que aroma final no funciona tirando los dados al azar. Ellos conocen también que los equilibrios aromáticos son muy complejos, y que la ruptura de estos por incremento en la concentración individual de alguno de los componentes sutiles o de impacto, no siempre conduce a los resultados esperados. Esto se debe a que el papel que juega un único odorante individualmente en la mezcla es mínimo, prácticamente nulo desde un punto de vista sensorial. Los fenómenos de antagonismo y sinergia no es solo álgebra, se necesitan razones que expliquen porque la coincidencia molecular de los ingredientes puede funcionar como un trampolín de increíbles sensaciones y que sirva para determinar si el éxito entre Calisto y Melibea terminará en fragante boda celebrada por todo lo alto.

El presente artículo recoge los resultados experimentales de un evento organizado por Tomeu Biurrum, (Louise Abel Corchos), con el objetivo de probar el concepto de "Armonías Moleculares", originada en 2002 por el especialista en aromas François Chartier. En este trabajo se demostró el enfoque molecular de los maridajes entre vinos y alimentos mediante la creación de recetas inspiradas "por y para" los vinos y otras bebidas.

Materiales y métodos

Muestras emparejadas de vinos y tapas

Los vinos franceses utilizados en este experimento de maridaje de armonías moleculares en Logroño fueron elegidos por Louise Abel, y las tapas fueron elaboradas por la empresa especializada en cáterin Singularis bajo las directrices marcadas por Chartier World LAB (CWL). Los resultados de los análisis de los vinos y de tapas fueron obtenidos por Excell Ibérica y CWL identificó a través de su base de datos más de 300.000 interconexiones con ingredientes complementarios que comparten las mismas moléculas aromáticas dominantes que los cuatro vinos analizados. Entonces, para crear las tapas, el chef utilizó la lista de ingredientes que comparten las mismas moléculas aromáticas de los vinos.

Proceso de creación de las tapas basado en la ciencia de armonía molecular

Con los análisis químicos obtenidos de los volátiles en su conjunto, CWL seleccionó las moléculas claves a nivel gastronómico según el método François Chartier definido en su libro, aquellas que marcan la singularidad de los vinos y, gracias a la ciencia de armonías moleculares, resultó posible relacionar moléculas de los vinos con la base de datos de CWL de la composición química de ingredientes, buscando identidades para generar el efecto 1+1=3. Esta lista de ingredientes fue compartida con el chef, quien, con su propia creatividad y sensibilidad, fue capaz de crear las tapas en una zona de "confort" aromático con los vinos.

Las parejas formadas fueron las siguientes:

Vino 1/Tapa 1: Les Terrasses de l'Agly 2021 – Danjou Banessy (Garnacha, Monastrell, Languedoc–Rousillon IGP Côtes Catalanes) / Crujiente de morcilla con piel de naranja y romero; *Molé-*

culas seleccionadas: β–Damascenona, α–Ionona, β–Citronelol, Linalol, Terpineol, Limoneno, 1–Octanol, Fenilacetaldehído, Hexanal y 2–Nonanal. *Ingredientes seleccionados:* romero, piel de naranja, manzana, limón, lavanda, citronela y comino.

Vino 2/Tapa 2: Gevrey–Chambertin 2018 – Louis Jadot (Pinot noir, Borgoña) / Taco de cordero a baja temperatura cocinado con clavo, regaliz y pimienta de cayena; *Moléculas seleccionadas*: Vainillina, trans–3–Hexen–1–ol, 1–Hexanol, Isovalerato de etilo, Ácido butírico, Anetol, Fenilacetaldehído, 1–Octanol y γ–Nonalactona. *Ingredientes seleccionados*: esparrago, apio, canela, regaliz, clavo, pimienta de cayena y grosella negra.

Vino 3/Tapa 3: Beaune Bressandes Premier Cru 2017 – Louis Jadot (Chardonnay, Borgoña) / Bikini de champiñón de Autol salteado con café y mantequilla de vainilla; *Moléculas seleccionadas*: 4–Vinilguyacol, Vainilla, Metilfurfural, 1–Heptanol y 1–Octanol, Furfural, Ácido octanoico. *Ingredientes seleccionados:* vainilla, aceite de palma, coco champiñones, café, hojas de té, clavo, cilantro, casis, piña y manzana.

Vino 4/Tapa 4: Champagne Pertois–Mosidet Brut – Gran Cru – L'Assemblage Brut (Chardonnay Pinot noir, Valle de Sézannais y Petit Morin) / Mousse de Brie y melocotón en textura con coco tostado; *Moléculas seleccionadas*: δ–Decalatona, γ–Undecalactona, γ–Undecalactona, 2–Feniletanol, Ácido octanoico. *Ingredientes seleccionados*: melocotón, queso Brie, coco, rosa, té, nectarina, ciruela, nuez moscada y albaricoque.

Método analítico de la composición volátil (CG–EM) de vinos y tapas

Es un análisis realizado mediante cromatografía de gases (CG) acoplada con espectrometría de masas (EM) mediante extracción en espacio de cabeza y micro–extracción en fase sólida (HS–SPME). La cromatografía de gases nos permite separar los componentes volátiles o semivolátiles presentes en las muestras. Una vez separados pasan por el sistema de detección que permite realizar una identificación de las moléculas. Se han analizado los siguientes compuestos químicos volátiles aromáticos considerados como muy interesantes para comprender el efecto sensorial de los vinos:

Aromas varietales: Linalool, β–Citronelol, Geraniol, α–Terpineol, α–Ionona, β–Ionona, β–Damascenona, Nerol, Limoneno y Eucaliptol.

Aromas pre–fermentativos: 1–Hexanol, 3–Hexanol, Hexanal, c–2–Hexen–1–ol, t–2–Hexen–1–ol, c–3–Hexen–1–ol, t–3–Hexen–1–ol y E–2–Hexenal.

Aromas fermentativos: Ácido propiónico, Ácido isobutírico, Ácido butírico, Ácido isovalérico, Ácido valérico, Ácido hexanoico, Ácido heptanoico, Ácido octanoico, Ácido decanoico, Ácido dodecanoico, Etilfenilacetato, Acetato de hexilo, Succinato de dietilo, Isovalerato de etilo, Beta–Feniletanol, Alcohol bencílico, Acetato de isoamilo, Butirato de etilo, γ–Butirolactona, Decanoato de etilo, Hexanoato de etilo, Lactato de etilo, Octanoato de etilo, Heptanoato de etilo, Pelargonato de etilo, Dodecanoato de etilo, Acetato de fenilo, Acetato de bencilo, Piruvato de etilo, 1–Pentanol, 1–Heptanol , 1–Octanol y Etil–2–metil–butanoato.

Aromas de maduración: 4–Vinilfenol, 4–Vinilguayacol, 4–Etilfenol, 4–Etilguayacol, Eugenol, c–Whiskylactona, t–Whiskylactona, Benzaldehído, Furfural, 5–Metilfurfural, Vainillina, γ–Nonalactona, γ–Decalactona, γ–Octalactona, γ–Undecalactona, γ–Dodecalactona, δ–Decalactona y Fenilacetaldehído.

Método cromatográfico de análisis de perfiles aromáticos por screening (CG–EM) para buscar compuestos comunes en vinos y tapas

El resultado deriva en dos cromatogramas con una serie de picos, cada uno de un volátil diferente, buscando aquellos que coinciden en tiempos de retención en los dos cromatogramas evaluados. El detector de masas empleado permite obtener de cada uno de estos picos un espectro que contiene una serie de líneas que corresponden a fragmentos característicos de cada molécula objetivo. El perfil de estos espectros puede compararse con los recogidos en bibliotecas espectrales internacionales (NIST). De este modo se obtiene una estimación de la identificación de cada molécula con un porcentaje asociado que nos indicará el grado de concordancia de los es-

pectros y así encontrar moléculas comunes entre vinos y tapas, conociendo con bastante probabilidad sus naturalezas químicas.

Método estadístico

Dada la alta contribución de los compuestos analizados mediante CG–EM en las propiedades organolépticas de los vinos, se procedió a realizar un estudio estadístico mediante técnicas multifactoriales basados en el Análisis de Componentes Principales (ACP) tratando los datos con el programa estadístico XLSTAT 2021.

Resultados de la fracción aromática de los vinos

Los resultados analíticos de los compuestos volátiles se muestran en los *Cuadros 1, 2,* y *3*, donde (n.d.) significa no detectado y se muestra en color rojo los compuestos que sobrepasan su concentración umbral olfativa en vino, por lo tanto, muy probablemente activos desde el punto de vista olfativo.

Respecto a los aromas varietales, el *Vino 1* es el que más destaca, especialmente por su composición en Linalool, β–Citronelol y Limoneno. El *Vino 2* destaca por el α–Terpineol, el *Vino 3* por la β–Citronelol y el *Vino 4* apenas tiene impacto en esta familia aromática (*Cuadro 1*).

En relación con los aromas prefermentativos, no existen muchas diferencias entre los vinos. Remarcar que el *Vino 4* es el de mayor concentración, sobre todo por el E–2–Hexanol, seguido por los *Vinos 3* y *1*, en este orden, siendo el de menor concentración el *Vino 2* (*Cuadro 1*).

Respecto a los aromas fermentativos (ver *Cuadro 2*), hay que destacar que el *Vino 1* presenta concentraciones mayores de Etilfenilacetato, β–Feniletanol y el 1–Heptanol, más propios de aromas florales y herbáceos agradables. El *Vino 2* no destaca en ningún componente. El *Vino 3* se caracteriza por la elevada presencia de Isovaleriato de etilo y Etil–2–Metilbutanoato, con aroma vinoso de aceite de fusel. El *Vino 4* está marcado por la mayor presencia del

¡DESCUBRE LA SOLUCIÓN NATURAL E INNOVADORA PARA TU VINO!

- ☑ Sin defectos
- ☑ Sin sabor a corcho
- ☑ Sin poliuretano
- ☑ Permeabilidad controlada y homogénea

Cuadro 1. Composición aromática varietal y prefermentativa.

Compuesto	Unidades	Umbral	Vino 1	Vino 2	Vino 3	Vino 4
Varietales						
Linalool	µg/L	25	10,9	1,9	0,7	1
β–Citronelol	µg/L	100	15,4	3	6,1	2
α–Terpineol	µg/L	250	9,9	6,9	5,4	5,3
Alfa–Ionona	µg/L	3	0,4	0,3	0,3	0,3
β–Ionona	µg/L	0,1	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**
β–Damascenona	µg/L	0,05	**3,6**	**0,7**	**0,6**	**25**
Limoneno	µg/L	200	0,5	0,1	0,1	0,1
1–Hexanol	mg/L	8	0,9	1,3	1,6	0,6
c–2–Hexen–1–ol	mg/L	0,4	0,3	0	0,3	**0,4**
c–3–Hexen–1–ol	mg/L	0,4	0,1	nd	0,1	0,1
t–3–Hexen–1–ol	mg/L	0,4	nd	0,1	0,1	nd
E–2–Hexenal	µg/L	17	**32,6**	11,8	**42,8**	**55,1**

Lactato de etilo, con aromas lácticos, junto a la muestra del *Vino 3*.

En el caso de los aromas de crianza o envejecimiento, destaca sobre todo la muestra del *Vino 3*, donde se concentran los aromas propios de roble gracias a las concentraciones mayores de los compuestos representados en el *Cuadro 3*: 4–Vinilfenol, 4–Vinilguayacol, Eugenol, c–Whiskylactona, Furfural, 5–Metilfurfural y Vainillina, después se encuentra en *Vino 1*, destacando la Vainillina (en segundo lugar) y la γ–Octolactona, con aromas dulces y afrutados agradables. El *Vino 2* lo hace por la γ–Nonalactona y el *Vino 4* por la γ–Undecalactona y la d–Decalactona, con aromas de ciruela y albaricoque bien maduros.

Se presentan a continuación los resultados estadísticos llevados a cabo mediante Análisis de Componentes principales (ACP) de los aromas de los vinos, teniendo en cuenta las variables (compuestos aromáticos) y las observaciones (vinos), todos representados gráficamente en los diferentes planos factoriales, según el tipo de aromas analizados.

Aromas varietales y prefermentativos

El *Vino 1* es el más terpénico y varietal, mostrando aromas florales típicos de la 'Garnacha' con toques selváticos y frescos de la 'Monastrell', además, en dicho vino se encuentran los aromas cítricos del Limoneno y de violeta de la Ionona; mientras que los *Vino 2* y *3* son los que menos contenido tienen en aromas terpénicos al ser variedades como la 'Chardonnay' (con aromas anisados, de hinojo y sabia, además de ser herbáceo y fresco, con recuerdo de raspón bien lignificado) y la 'Pinot noir' (rica en Norisoprenoides, que aportan en el vino los aromas de flores de tocador, hoja de laurel, herboristería, siendo muy mentolado con aromas de romero y lavanda). El *Vino 4* es el más diferente de todos, puesto que la autólisis de levadura típica de este estilo de vinos lo aleja de los aromas terpénicos para darle un perfil sofisticado, más cerca de la β–Damascenona, con aromas de fruta madura y melocotón, con toques más de perejil, trébol y canónigo. Más neutro en este sentido. El análisis explica un 97,86% de la varianza, lo que es un valor muy elevado (*Figura 2*).

Aromas fermentativos

El *Vino 1* destaca por los aromas de flores y pétalos de rosa (Etilfenilacetato y Feniletanol) y su carácter también amílico (Acetato de isoamilo), lo que le da un carácter frutal muy original, de gran potencia. El *Vino 2* es de carácter más láctico y mineral (Succinato de dietilo), junto al *Vino 3* con aromas lácticos y de pastelería de ensai-

Cuadro 2. Composición aromática de compuestos fermentativos.

Compuesto	Unidades	Umbral	Vino 1	Vino 2	Vino 3	Vino 4
Fermentativos						
Ácido propiónico	mg/L	8	0,5	0,6	0,4	0,4
Ácido isobutírico	mg/L	2,3	0,5	0,1	1	0,5
Ácido butírico	mg/L	0,17	**0,5**	**0,6**	**1**	**1**
Ácido isovalérico	mg/L	0,03	**0,7**	**0,6**	**0,7**	**0,4**
Ácido hexanoico	mg/L	0,4	**1,3**	**0,9**	**1,9**	**3,3**
Ácido octanoico	mg/L	0,5	**1,2**	**0,6**	**1,3**	**3,4**
Ácido decanoico	mg/L	1	0,7	0,2	0,3	0,9
Ácido dodecanoico	mg/L	1,5	0,1	0,1	0,1	0,1
Etilfenilacetato	µg/L	250	63,5	16,9	24	32,8
Succinato de dietilo	mg/L	200	1,3	14	13,8	11,6
Isovalerato de etilo	µg/L	3	**14,7**	**33,9**	**52,2**	**29**
Beta–Feniletanol	mg/L	14	**42,3**	**30,2**	**36,3**	**28,6**
Alcohol bencílico	mg/L	200	0,7	1	0,2	0,2
Acetato de isoamilo	mg/L	0,03	**0,6**	**0,2**	**0,2**	**0,2**
Butirato de etilo	mg/L	0,12	**0,3**	**0,2**	**0,3**	**0,3**
γ–Butirolactona	mg/L	35	0,8	nd	nd	0,9
Decanoato de etilo	mg/L	0,2	**0,4**	nd	nd	**0,3**
Hexanoato de etilo	mg/L	0,06	**0,6**	**0,2**	**0,8**	**0,9**
Lactato de etilo	mg/L	150	56,9	109,7	**179,6**	**195,6**
Octanoato de etilo	mg/L	0,6	0,5	nd	0,5	**0,6**
Acetato de fenilo	µg/L	100	1,7	0,5	1	nd
Piruvato de etilo	mg/L	0,2	**0,6**	**0,2**	**0,8**	**1**
1–Heptanol	µg/L	1.000	80,3	26,8	67,2	36,4
Etil–2–metil–butanoato	µg/L	19	**9,4**	**24,6**	**32,2**	**18,5**

mada y mantequilla muy agradables (Lactato de etilo y Ácido butírico), propios de la fermentación maloláctica en barrica sobre lías, siendo el más afrutado el *Vino 4*, pues hay muchos Ácidos grasos provenientes de la membrana de las levaduras en autólisis (*Figura 3*).

Aromas de crianza

La muestra con mayores aromas de madera es la del *Vino 3*, con aromas de nuez y cacahuete, junto a toques especiados y ahumados típicos del tostado. En retronasal encontramos recuerdos lácticos de yogurt de limón y pan tostado, siendo muy sedoso en boca. El *Vino 4* es el vino espumoso con más aromas de fruta madura, tipo melocotón y albaricoque en almíbar, con recuerdos de pera y fruta escarchada por su relación con las Lactonas, recubierto por aromas de madera dándoles una gran elegancia en retronasal, con recuerdos de café y pan tostado. El *Vino 2* presenta aromas de ciruela madura (propios de la variedad) y coco (típico de madera de roble), siendo en boca compacto, intenso en taninos elegantes y retronasal con perfil terciario. El *Vino 1* destaca además por sus Vinilfenoles, lo que ayuda a aportar aromas de especia típico de Garnacha, y por el Furfural, con notas de caramelo, resultando ligero y fresco en boca con taninos muy finos (*Figura 4*).

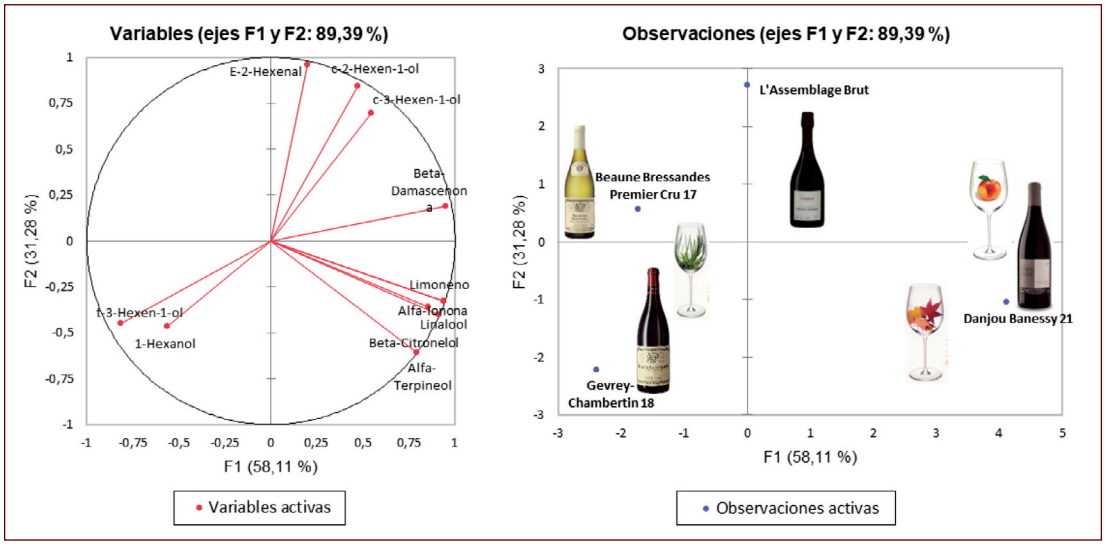

Figura 2. ACP aromas varietales y prefermentativos.

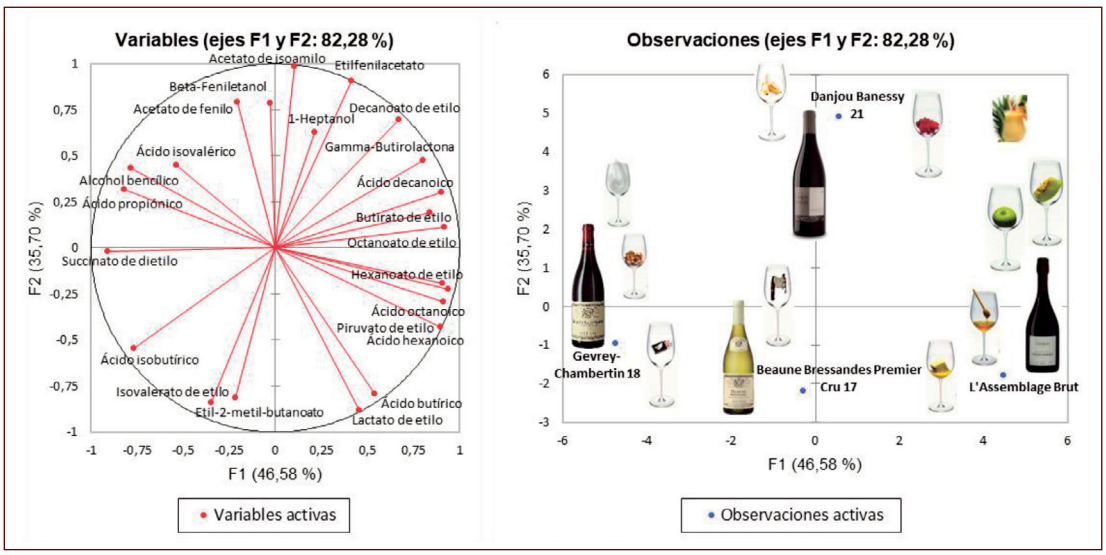

Figura 3. ACP aromas fermentativos.

Resultados de la fracción aromática de las tapas

Mediante el mismo procedimiento de CG–EM, se analizaron las tapas utilizadas en los maridajes. Las tapas fueron cocinadas siguiendo la receta oficial de la empresa Singularis, para posteriormente ser maceradas durante 1 hora en un baño de ultrasonidos realizando una potente extracción de los compuestos volátiles y así poder analizarlos cromatográficamente. Los resultados se muestran unificados en una sola tabla (*Cuadro 4*), donde se han omitido los compuestos no detectados analíticamente.

Muchos de los compuestos encontrados en vinos y como cabía esperar, se pueden encontrar en las tapas, algunos de ellos por encima del umbral sensorial. Como se ve en los resultados, la *Tapa 1* es la más aromática de todas, principalmen-

Cuadro 3. Composición aromática de compuestos de envejecimiento.

Compuesto	Unidades	Umbral	Vino 1	Vino 2	Vino 3	Vino 4
Envejecimiento						
Guayacol	µg/L	10	8,9	9,9	8,9	2,5
4–Vinilfenol	µg/L	1.500	96	84,3	113,2	94,2
4–Vinilguayacol	µg/L	380	52,9	53,6	84,8	67
Eugenol	µg/L	500	17,7	20,3	37,3	10,9
c–Whiskylactona	µg/L	67	46,7	**84,4**	**228,8**	10,1
Furfural	µg/L	14.000	277,7	243,4	3.058,6	157,9
5–Metilfurfural	µg/L	20.000	103,3	29,3	396,5	5,6
Vainillina	µg/L	500	**528,4**	284,8	**1.104,5**	172
ɣ–Nonalactona	µg/L	30	14,4	16,7	10	8,5
ɣ–Decalactona	µg/L	90	11,2	10,3	11	11
ɣ–Octalactona	µg/L	400	12,7	9,6	11,3	9,7
ɣ–Undecalactona	µg/L	5.000	27,4	10,4	11	33,8
ɣ–Dodecalactona	µg/L	5.000	9,4	9,9	11,3	9,3
ɗ–decalactona	µg/L	390	18,9	15,3	17,5	20,9
Fenilacetaldehído	µg/L	1	**31,1**	**33,7**	**35,6**	**27,3**

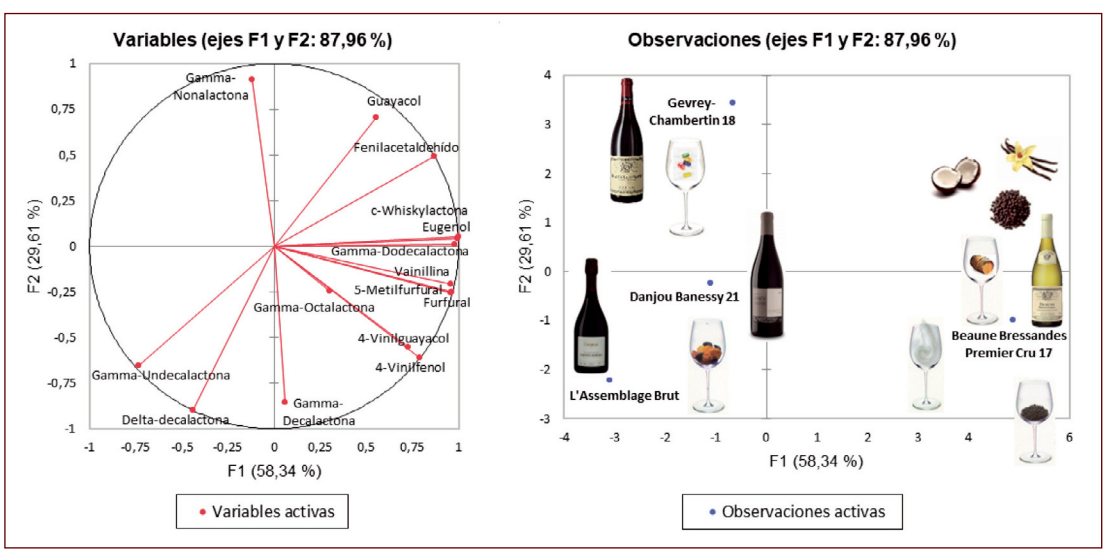

Figura 4. ACP aromas de crianza.

te por su composición en Terpenos, Ácidos grasos y particularmente en Whiskylactona, propia del envejecimiento en madera, además de poseer una concentración elevada de Fenilacetaldehído y Hexanal. La *Tapa 2*, en cambio, es la menos aromática y, por tanto, es menos compleja en cuanto a sustancias volátiles, pero sigue estando marcada por el Anetol, con su sabor anisado. La *Tapa 3* destaca especialmente por su composición en 1–Heptanol y 1–Octanol, además de presentar las concentraciones más elevadas en Vainillina, caracterizada por la presencia de aromas de enveje-

Cuadro 4. Composición aromática global de las tapas: Tapa 1: crujiente de morcilla, Tapa 2: taco de cordero a baja temperatura cocinado con clavo, regaliz y pimienta de calle, Tapa 3: bikini de champiñón y Tapa 4: mousse de Brie.

	Unidades	Umbral	Tapa 1	Tapa 2	Tapa 3	Tapa 4
Varietales						
Linalool	µg/g	25	**38,8**	nd	nd	0,3
Beta–Citronelol	µg/g	100	**15,2**	nd	nd	nd
α–Terpineol	µg/g	250	**56,7**	nd	nd	0,2
β–Ionona	µg/g	0,1	**0,3**	nd	nd	nd
β–Damascenona	µg/g	0,05	**49,2**	nd	nd	0,1
Nerol	µg/g	400	**6,1**	nd	nd	0,1
Limoneno	µg/g	200	**2.631,3**	0,3	2,7	0,9
Eucaliptol	µg/g	1	**105,1**	1,2	nd	0,2
Prefermentativos						
1–Hexanol	mg/g	8	nd	0,1	0,1	nd
Hexanal	µg/g	10.000	344,5	5,7	15,6	nd
Fermentativos						
Ácido propiónico	mg/g	0,8	**32**	nd	3,4	nd
Ácido isobutírico	mg/g	2,3	**5,3**	nd	0,9	nd
Ácido butírico	mg/g	0,17	nd	nd	nd	**0,4**
Ácido isovalérico	mg/g	0,03	**0,3**	nd	nd	nd
Ácido valérico	mg/g	0,1	**0,6**	nd	nd	nd
Ácido hexanoico	mg/g	0,4	**0,7**	0,1	0,3	**0,4**
Ácido heptanoico	mg/g	3	0,7	0,1	0,1	nd
Ácido octanoico	mg/g	0,5	**1,4**	**0,5**	**8,3**	**2,3**
Ácido decanoico	mg/g	1	0,1	**3,7**	**7,3**	**64,7**
Ácido dodecanoico	mg/g	1,5	**1,7**	**3,6**	**2,9**	**13,7**
Alcohol bencílico	mg/g	200	0,1	nd	0,3	0,1
Lactato de etilo	mg/g	150	0,5	nd	nd	nd
1–Heptanol	µg/g	1.000	11,4	11,5	41,1	1,6
1–Octanol	µg/g	120	nd	nd	7,6	nd
Envejecimiento						
Eugenol	µg/g	500	35	11,3	2,7	2,2
t–Whiskylactona	µg/g	800	344,5	5,7	15,6	nd
Benzaldehído	µg/g	2.000	86,9	16	14,5	20,3
Furfural	µg/g	14.000	801	nd	1.641	nd
5–Metilfurfural	µg/g	20.000	74,2	nd	45,4	1,4
Vainillina	µg/g	500	42,7	10,1	107,9	15,7
γ–Nonalactona	µg/g	30	4	1,5	3,4	1,5
γ–Octalactona	µg/g	400	0,8	nd	31	nd
d–Decalactona	µg/g	390	1,7	1	27,6	51
Fenilacetaldehído	µg/g	1	**54,1**	nd	nd	nd

cimiento en madera de roble. Por último, la *Tapa 4* muestra presencia variada a nivel de los Terpenos varietales, aunque en bajas concentraciones, y también de Ácidos grasos de cadena media saturados, principalmente Decanoico y Dodecanoico, de carácter céreo y afrutado. También se debe mencionar en dicha muestra la d–Decalactona, con aromas agradables de fruta sobre madura.

Según el plano factorial, las tapas quedan bien diferenciadas frente a su composición volátil, aunque los compuestos analizados son los propios del aroma del vino. El objetivo era buscar aromas comunes entre el vino y la tapa designada para su maridaje (*Figura 5*).

La tapa con mayor concordancia de aromas con la composición habitual de vinos es la *1*, donde se encuentras la gran mayoría de Terpenos con aromas de flores, junto a aromas refrescantes como el Eucaliptol, con toques amielados del Fenilacetaldehído y de caramelo propio del Furfural. La *Tapa 2* es la que menos relación guarda con los aromas del vino y solo se acerca a la d–Decalactona, con aromas de melocotón. La *Tapa 3* también muestra coincidencias interesantes, como por ejemplo con la γ–Octolactona, la Vainillina, el Viniguayacol y los alcoholes Octanol, Heptanol y Bencílico. Finalmente, la *Tapa 4* tiene cercanía con los Ácidos grasos como el Decanoico, Dodecanoico y Butírico, con aromas fermentativos y lácticos.

Resultados del análisis cromatográfico tipo *screening* de los vinos y las tapas

El análisis en screening permite analizar dos muestras en paralelo para buscar posteriormente picos en común que representan compuestos volátiles similares, buscando esas relaciones sinérgicas en el maridaje de vinos y tapas. Dentro de los compuestos coincidentes cabe destacar los siguientes para cada pareja de maridaje (*Cuadro 5*):

Vino 1 / Tapa 1: coinciden en el carácter cítrico con recuerdo a limón y piel de la naranja del 2–Nonenal, junto al aroma floral del Dodecanol, con recuerdos de coco, en el carácter balsámico del Ácido acético en vía retronasal y en el gusto amargo en boca del Ácido benzoico.

Vino 2 / Tapa 2: coinciden en el aroma de flores, miel y chocolate del Fenila-

Danjou Banessy Crujiente de morcilla	Descriptor	Origen
1–octanol	Acre (áspero y picante)	Aceites y ceras
2–Nonanal	Graso–cítrico	Cítricos (limón, naranja)
Dodecanol	Floral	Aceite de coco, grasos
Ácido Acético	Vinagre	Bacterias acéticas
Ácido benzoico	Conservante	*Botrytis*

Gevrey Chamlertin Taco de cordero	Descriptor	Origen
Ácido Acético	Ácido Acético	Vinagre (B. acéticas)
1–octanol	Acre (áspero y picante)	Aceites y ceras
Fenilacetaldehído	Miel	Flores, chocolate
Anethol	Anisado, dulce	Aceite de anís

Beaume Bressandes Bikini de Champoñón	Descriptor	Origen
Ácido octanoico	Rancio, graso	Aceite de palma y coco
octanoato de etilo	Frutal, piña–manzana	Frutas
Ácido decanoico	Rancio, graso	Aceite de coco
Dcanoato de etilo	Frutal, brandy	Frutas

L'Assemblage Mouse de brie	Descriptor	Origen
2–Feniletanol	Rosas	Aceite de rosas
Ácido hexanoico	Animal de granja, lácteo	Grasas y aceites vegetales
2–nonanona	Herbáceo afrutado, ruda, te	Aceite esencial Ruda
Undecanona	Melocotón	Melocotón

Cuadro 5. Compuestos volátiles comunes en vinos y tapas.

cetaldehído y en el carácter anisado y dulce del Anetol, siendo estas mezclas muy explosivas y sinérgicas desde el punto de vista hedónico.

Vino 3 / Tapa 3: coinciden en el aroma de aceite de palma y coco del Ácido octanoico con carácter graso en boca, en el aroma afrutado que recuerda a la piña y la manzana del Octanoato de etilo, en el aroma céreo y graso del Ácido decanoico y en el aroma afrutado y de brandi del Octanoato de etilo.

Vino 4 / Tapa 4: coinciden en el aroma de pétalos de rosas del 2–Feniletanol, el aroma lácteo de granja y de aceites vegetales con carácter herbáceo del Ácido hexanoico, en el aroma fresco y de herbolario del aceite de ruda y té, y en el aroma afrutado de melocotón de la γ–Undecalactona.

Conclusiones

Este ejercicio científico de detección de moléculas dominantes, tanto en los vinos como en las tapas, demostró una vez más que los aromas pueden tener un impacto fundamental en la sinergia que se produce en boca entre los vinos y los platos que se hacen compañía, al igual que entre los ingredientes que componen una fantástica receta gastronómica y sus maridajes.

Utilizando técnicas de detección molecular, como la CG–EM, para analizar moléculas dominantes en los vinos y, por primera vez, en tapas inspiradas en ellos, hemos puesto de manifiesto el estrecho y evidente vínculo molecular entre el perfil aromático de los vinos y las tapas elaboradas con ingredientes que comparten las mismas moléculas dominantes. Incluso cuando en algunas tapas predominan solo algunos pocos compuestos aromáticos de la misma familia que las presentes en los vinos, el resultado es mayor o igual que la suma de las partes (efecto 1+1=3). Debido a que la simple coincidencia molecular no es suficiente para conseguir el efecto armónico positivo, es necesario experimentar los maridajes a nivel

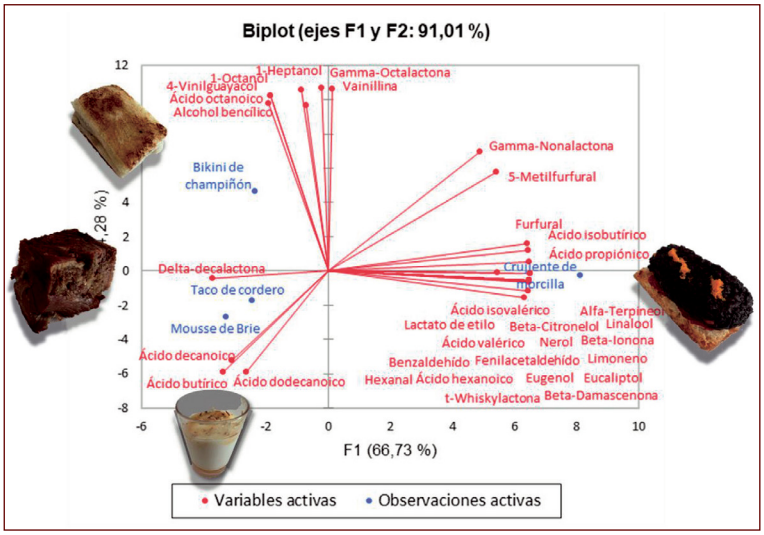

Figura 5. ACP de todos los aromas encontrados en las tapas.

práctico para corroborarlo. Es decir, dosificar a la cantidad adecuada cada uno de los ingredientes y servir los vinos a la temperatura adecuada. La ciencia de la armonía molecular de Chartier está en acción.

Durante este ejercicio, la armonía entre el vino y la tapa se diseñaron para conseguir lo que Chartier llama en su libro *Papilles et Molécules* la zona "armónica de confort", de lo que se deduce que cuando existe un equilibrio armónico molecular, las sinergias sensoriales aumentan para generar resultados experienciales muy satisfactorios a nivel de la alta cocina, magnificando las armonías entre vinos y platos. Ahora bien, sería interesante profundizar en la fisonomía de esta sinergia aromática. Una de las vías que está explorando actualmente el equipo científico y gastronómico multidisciplinar del Chartier World LAB Barcelona es el posible impacto de todo este conocimiento en el núcleo Accumbens del cerebro relacionado con las experiencias positivas o placenteras asociadas, por ejemplo, a la ingesta de alimentos. •

Bibliografía

BERTRAND, A. (1981). Formation des substances volatiles au cours de la fermentation alcoolique. Incidence sur la qualité du vin. Colloque Soc. *Français Microbiologie*. Reims. Pag. 251– 267.

CHARTIER F. (2009). Papilles et Molécules; La science des harmonies moléculaires. Éditions La Presse, Canada.

CHATONNET P. 1995. Le séchage et la maturation des bois en tonnellerie. *Rev. Fr. OEnol.*, Nº 151, pag. 33–38.

CLAUDE, F. (2003). Enología, fundamentos científicos y tecnológicos. AMV Ediciones, Mundiprensa, 2ª Edición.

ESCUDERO, A.; CAMPO, E.; FARIÑA A.; JUAN CACHO, L. AND FERREIRA, V. (2007). Analytical Characterization of the Aroma of Five Premium Red Wines. Insights into the Role of Odor Families and the Concept of Fruitiness of Wines. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. Pag. 32–37.

FERREIRA, V.; ORTÍN, N.; ESCUDERO, A.; LÓPEZ, R. Y CACHO, J. (2002). Chemical characterization of the aroma of grenache rose wines. Aroma extract dilution analysis, quantitative determination and sensory reconstitution studies», *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50. Pag. 4048–4054.

JÚDEZ, L. (1989). Técnicas de análisis de datos multidimensionales. Ed. Centro de publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

KATSUMI HASHIZUME and TAKASHI SAMUTA; (1997). Green Odorants of Grape Cluster Stem and Their Ability to Cause a Wine Stemmy Flavor. *J. Agric. Food Chem.*, Nº 45. Pag. 1333.

OIV (2013). Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts. 498 p. Paris.

PEINADO, R.A., MORENO, J.A., MUÑOZ, D., MEDINA, M. and MORENO, J. (2004). Gas Chromatographic Quantification of Major Volatile Compounds and Polyols in Wine by Direct Injection. *J. Agric. FoodChem.*, Nº 52, pag. 6389–6393.

POZO–BAYÓN M.A. & REINECCIUS, G.A. Interactions between wine matrix macro–components and aroma compounds. *Wine Chemistry and Biochemistry*. Moreno–Arribas, M.V. Polo C. (ed.), Nueva York: Springer, pp 417–435.

PUEYO, E., POLO, C. AND MARTÍN, P. J.; (2000). Changes in the amino and composition of the nitrogenous fraction during the ageing of wine with yeast. *J. Agric. Food Chem*. 46. Pag. 4042.

RIBEREAU–GAYON, J.; PEYNAUD, E.; RIBEREAU–GAYON, P. et SUDRAUD, P. (1989). Tratado de Enología. Ciencias y Técnicas del vino. Tomo II. Buenos Aires Ed. Hemisferio Sur S.A.