



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**ENTRENAMIENTO DE PANEL Y ANÁLISIS DESCRIPTIVO
CONVENCIONAL DE TOSTADAS DE MAÍZ CRIOLLO DE OAXACA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO DE ALIMENTOS**

P R E S E N T A

EDGAR ANTONIO VILLAVICENCIO CASTILLO



CDMX

AÑO 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: Patricia Severiano Pérez
VOCAL: Profesor: Armando Conca Torres
SECRETARIO: Profesor: Carlos Iván Méndez Gallardo
1er. SUPLENTE: Profesor: Adelina Escamilla Loeza
2° SUPLENTE: Profesor: Isadora Martínez Arellano

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

**LABORATORIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL. ANEXO DEL LABORATORIO 4D, EDIFICIO A,
CUARTO PISO. FACULTAD DE QUÍMICA. CIUDAD UNIVERSITARIA**

**ESTE TRABAJO SE REALIZÓ CON EL PRESUPUESTO PAL \$3000 - \$3075 DE LA FACULTAD
DE QUÍMICA, UNAM**

Dra. Patricia Severiano Pérez

Asesora

Edgar Antonio Villavicencio Castillo

Sustentante

Agradecimientos académicos

A todos los alumnos de servicio social y a los panelistas por su compromiso y su arduo trabajo llevado a cabo durante manera continua el transcurso de este y todos los demás proyectos que tuve la suerte de formar parte.

A la profesora Patricia Severiano por su continuo apoyo, paciencia, gran interés y dedicación para el laboratorio y sus alumnos, ya que siempre veló por los intereses y bienestar de los mismos.

A la Facultad de Química y el Laboratorio de Evaluación Sensorial por hacer posible este proyecto.

A Itanoni Flor del Maíz, por su aportación de las muestras utilizadas en las diferentes etapas del entrenamiento de los jueces y en la elaboración de los perfiles sensoriales de las tortillas, así como por aportar diversas muestras y estándares para poder llevar a cabo el entrenamiento de los jueces.

Agradecimientos personales

A mi familia: mi papá y a mi mamá por no solo apoyarme en todo momento y calmar mis angustias en los momentos difíciles, si no por ser un ejemplo y recordatorio de amor incondicional, trabajo arduo, integridad y apoyo, los amo mucho.

A mi hermano por ser para mí la viva imagen de lo que la disciplina y amor significan, eres mi mayor modelo a seguir, gracias.

A todos mis amigos que tuve la suerte conocer durante la carrera y que espero conservar su amistad durante mucho tiempo más, en especial a Noel y Luis que fueron mi soporte durante momentos difíciles.

A mis abuelitos por ser también un recordatorio de cariño y apoyo siempre. Gracias Mamá Chichi, abuelo Mundo, mamá Maru y papá Toño.

ÍNDICE

Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
Maíz. Datos estadísticos y estudios sensoriales específicos.....	3
Análisis Descriptivo convencional.....	6
Selección del panel.....	8
Pruebas recomendadas para la selección del panel.....	10
Prueba triangular.....	11
Pruebas de umbral.....	13
Pruebas de identificación de olores.....	15
Prueba de memoria sensorial.....	15
Condiciones generales para evaluar.....	16
Entrenamiento del panel. Notas generales.....	18
Medición del desempeño del panel.....	20
Evaluación sensorial de tostadas de maíz.....	22
Materiales y muestras.....	24
Metodología.....	27
Generación de atributos.....	33
Resultados y discusión.....	36
Selección de jueces. Cuestionarios de hábitos y descriptores.....	36
Selección de jueces. Pruebas de umbral.....	36
Selección de jueces. Pruebas olfatorias.....	39
Selección de jueces. Pruebas discriminativas de alimentos comerciales.....	40
Selección de jueces. Generación y primera verificación de atributos con estándares.....	43
Entrenamiento de jueces.....	58
Evaluación del consenso de los panelistas. Primera evaluación.....	58
Entrenamiento de panelistas. Evaluaciones posteriores.....	63
Entrenamiento de panelistas. Segunda verificación de atributos y evaluaciones finales.....	70
Entrenamiento de jueces. Entrenamiento e identificación de olores.....	95
Análisis instrumental. Color y textura.....	97
Conclusiones.....	103
Referencias.....	108
ANEXOS.....	116
Anexo 1. Pruebas de umbral de gustos básicos.....	116
Anexo 2. Pruebas olfativas.....	119
Anexo 3. Pruebas discriminativas.....	121
Anexo 4. Ejemplo de resultados de selección para participante seleccionado contra participante no seleccionado.....	122

Introducción

Al consumir algún producto alimenticio, percibir la fragancia de un perfume, utilizar algún producto de limpieza o bien, recordar y asociar momentos significativos que pasan a lo largo de la vida, están implicados los sentidos del ser humano; la evaluación sensorial propone manejar y cuantificar la información provista por dichos sentidos, para así hacer uso de ella con un enfoque riguroso de reproducibilidad y predictibilidad.

El uso de la evaluación sensorial en la actualidad es amplio y abarca múltiples áreas de la investigación y la industria, que van desde la identificación de aromas más significativos para una población en específico (Severiano-Pérez, et al., 2012) hasta la definición de atributos clave para designar el control de calidad en una empresa (De Vos, 2010).

El campo de la evaluación sensorial se ha desarrollado de gran manera en los últimos años, siendo cada vez más usado para describir productos alimenticios o materias primas en diferentes ámbitos de la sociedad (Tuorila & Monteleone, 2009).

El maíz es una de las bases económicas y de alimentación más importantes de México, reportando en el 2017 más de 27 millones de toneladas producidas con un precio anual de 5130 millones de dólares, siendo el cultivo más grande del país, ocupando México el 4º lugar como productor a nivel mundial de acuerdo con FAOSTAT, 2017. Las tortillas y las tostadas

son subproductos del maíz ampliamente consumidas tanto en México como en el mundo, creciendo anualmente un 3.7%; con una predicción de crecimiento con un valor de 12 mil 324 millones de dólares a nivel global para el año 2028 según Future market insights, 2018.

Basándose en las cifras ya mencionadas, se puede observar la importancia que tienen el maíz y sus subproductos (como tostadas fritas, horneadas, totopos, tortillas etc.); a pesar de ello, existen pocos estudios que describen el perfil sensorial de tortillas de algunas variedades de maíz y ningún estudio que hable sobre los diferentes perfiles sensoriales o los atributos más significativos en tostadas a pesar de que en el mercado existen diferentes tipos como por ejemplo tostadas de nopal, onduladas, horneadas, deshidratadas, de maíz azul, por mencionar algunas.

El presente trabajo tiene como propósito evaluar la selección, entrenamiento y validación de un grupo de jueces sensoriales en la metodología descriptiva convencional entrenados para evaluar el perfil sensorial de tostadas de maíz de diferentes variedades para conocer las características sensoriales, así como de color y textura que las hace diferentes en función del tipo de maíz del que provienen, así como analizar la variación y evolución de los resultados determinados por el panel.

Antecedentes

Maíz. Datos estadísticos y estudios sensoriales específicos

Los dos tipos de maíces más consumidos en México son el blanco y el amarillo, siendo el maíz blanco el más producido y consumido de acuerdo a cifras de la planeación agrícola nacional provista por el Grupo Consultor de Mercados Agrícolas, 2019. Para el año 2030 se espera que el consumo nacional alcance valores de 22.86 millones de toneladas para el maíz blanco y 23.28 millones de toneladas para el maíz amarillo, siguiendo un porcentaje de crecimiento promedio anual de alrededor del 8% para ambos productos.

La alimentación mexicana está basada en el consumo de tortillas que se acompaña con otros alimentos. De acuerdo a Denney, et al., 2012, en un estudio en colaboración con el centro de investigación Nestlé y el hospital de México Federico Gómez, sólo en infantes menores a 4 años, la tortilla representa hasta un 8.3% del total de la energía consumida, hasta un 6.4% de la fuente de proteína en la dieta y fue la fuente principal de fibra en su alimentación.

Las tortillas, son fuente de carbohidratos, proteína y fibra soluble principalmente, en la tabla 1 se muestran los valores proximales de la composición de la tortilla de maíz (*Zea mays*) (Rendón et al., 2015).

Tabla 1. Composición proximal de tortillas de maíz (Mashau et al., 2020)

Componente	valor (g/100 g)
lípidos	1.73
proteínas	3.14
cenizas	1.04
fibra cruda	2.09
carbohidratos	77.07
humedad	14.93

Con los datos previamente expuestos se resalta la importancia que tiene la tortilla en la dieta y economía de México, sin embargo, no se cuentan con estudios suficientes sobre las tortillas elaboradas con diferentes variedades de maíz, ni sobre el consumo de subproductos como tostadas o frituras de maíz nixtamalizado.

Existen trabajos publicados que hablan sobre las características sensoriales que puede presentar una tortilla de maíz, para conocer su perfil descriptivo, así por ejemplo los autores Reyes-Vega et al., 1998, en tortillas de marcas comerciales encontraron una relación directa entre los datos obtenidos con un panel entrenado y los datos de textura obtenidos mediante TPA (Texture profile analysis); por otro lado Barrios en 2007 encontró para tortillas de maíz rojo y azul que un atributo distintivo de estas tortillas, era la sensación de sequedad en comparación con las tortillas

de maíz blanco, y que esta sensación era producto del contenido de antocianinas en el maíz con las que fueron elaboradas (Tavera, 2016), así mismo se encontró que en textura los atributos de *rollabilidad* (facilidad para enrollarse), *dureza* fueron importantes independientemente del tipo de maíz del que provenían.

Otros trabajos se han limitado a evaluar la aceptación del producto (Rendón-Villalobos et al., 2012) o a la diferenciación entre muestras mediante pruebas discriminativas (Pappa, M.R. et al., 2010), en tortillas de maíz blanco.

Han aparecido en el mercado una serie de alternativas a las tortillas como tostadas o totopos horneados (no fritos) de maíz nixtamalizado, la ventaja principal de las tostadas sobre las tortillas es principalmente la facilidad de almacenamiento y posibilidad para el transporte o exportación debido a su baja contenido de humedad y larga vida de anaquel; las tortillas tienen un valor de actividad de agua de aproximadamente 0.98, mientras que las tostadas están alrededor de 0.3 (Delgado et al., 2014). De igual manera, al ser un producto que no contiene gran cantidad de ácidos grasos insaturados, el problema de la oxidación de lípidos es poco relevante.

Asimismo, el maíz blanco y amarillo no son las únicas variedades utilizadas para elaborar alimentos, si no que ya se ha industrializado de manera paulatina el uso del maíz azul y es cada vez más común encontrar lugares

que comercializan distintas variedades de maíz como rojo, negro u otras variedades de maíces claros como tuxpeño y cajete.

Para tostadas, la literatura se suele limitar a determinar la aceptación del producto en botanas de maíz horneado (Meullenet et al., 2003), a comparar variables en el proceso de cocción para botanas de maíz frito (Suxuan et al., 2012) o a realizar el análisis instrumental de textura, para botanas de maíz horneado (Kayacier et al., 2003). Poco se habla sobre el perfil descriptivo de dicho alimento.

Análisis descriptivo convencional

Los análisis descriptivos convencionales presentan tiempos de ejecución largos ya que requieren el entrenamiento de jueces para asegurar que el vocabulario y las escalas de evaluación sean usadas de forma consistente, se busca que los jueces presenten consenso, habilidad para discriminar muestras y repetibilidad en sus evaluaciones.

En el análisis descriptivo convencional se adaptan y/o combinan diferentes estrategias de métodos descriptivos para cumplir con los objetivos específicos del proyecto donde se utilicen. En este tipo de análisis, todas las etapas del proceso, desde la selección de los candidatos a jueces hasta el análisis de la información se debe llevar a cabo de acuerdo a recomendaciones de la literatura; ejemplos de trabajos con esta metodología, donde se definió este tipo de análisis convencional son (Dairou et al.,

2002), (Delarue et al., 2004), (Blancher et al., 2007), (Sinesio et al., 2010) y (Silva et al., 2012).

Asimismo, se tomaron como base para el análisis descriptivo convencional los pasos generales para realizar un perfil sensorial descriptivo cuantitativo están descritos en la Guía general para establecer un perfil sensorial (ISO 13299:2016) y consta de la siguiente metodología de referencia:

1. Selección de productos para el entrenamiento.
2. Selección de evaluadores. Aplicando las pruebas correspondientes para determinar agudeza sensorial y capacidad comunicativa, así mismo como información personal y sentido de la responsabilidad.
3. Elección de atributos óptimos. Haciendo uso ya sea de terminología ya existente o definiendo nueva terminología en sinergia con los panelistas.
4. Determinación del orden de evaluación de los atributos. Para esto se debe considerar en específico el tipo de muestra a evaluar, siendo el orden de evaluación más común: aspecto, olor, textura o flavour (dependiendo de la naturaleza de las muestras) y resabio.
5. Selección de una escala de respuesta adecuada.
6. Entrenamiento de los evaluadores.
7. Realización de hojas de apoyo a la evaluación (también llamadas hojas de cata). Indicando el uso de las escalas y atributos a utilizar, así como espacio para notas de los evaluadores.

8. Evaluación de las muestras. Adaptando el número de muestras al tiempo disponible por sesión.
9. Interpretación estadística. Para analizar continuamente el desarrollo del panel, así como localizar y corregir errores, eliminando valores atípicos e identificando tendencias de interés.
10. Informe del estudio.

Selección del panel

De acuerdo a la ISO 5492:2008 un panel o grupo de jueces se define como un grupo de evaluadores que participan en un ensayo sensorial. Los "evaluadores sensoriales expertos" o panelistas son evaluadores seleccionados con una sensibilidad sensorial demostrada y con un entrenamiento y experiencia considerables en pruebas sensoriales, que pueden realizar evaluaciones sensoriales coherentes y repetibles de diversos productos (ISO 5492: 2008, 1.8).

Aunque en un análisis descriptivo cuantitativo se realiza usualmente con 8-12 panelistas entrenados, lo mínimo recomendado por la ISO 11132:2012 (Guía para la supervisión del desempeño de un panel cuantitativo) es el uso de 10 panelistas, tomando en cuenta de que se debe reclutar de dos a tres veces más esta cantidad; siendo así que, si se llegasen a desear 10 personas para el análisis sensorial, es recomendable

reclutar de 20 a 30 personas en total, esto principalmente para prevenir la falta de datos al momento de realizar el análisis estadístico.

Al momento de realizar la selección de los panelistas hay una serie de factores que se tienen que considerar, mencionando los más importantes:

- Disponibilidad de horario y asistencia al laboratorio
- Vínculo con la institución (reclutamiento interno o externo)
- Edad y condición de salud, en lo que destacan:
 - Enfermedades que afecten la percepción de los sentidos (como alergias, intolerancias o daltonismo)
 - No tener dentaduras postizas
 - Alguna otra afectación que altere la evaluación como presentar disgueusia, anosmia, daltonismo o alguna otra alteración de los sentidos
- Hábitos personales y de consumo, en lo que destacan:
 - Horarios de alimentación
 - Consumo de alimentos altos en azúcares, grasas o sal
 - Consumo de alcohol o cigarro.
 - Uso frecuente de fragancias
 - Rechazo a alimentos u olores en específico
- Capacidad sensorial discriminante
- Umbrales de percepción e identificación
- Aptitud para comunicar y describir

- Capacidad para el rápido desarrollo de memoria sensorial
- Factores psicológicos:
 - Responsabilidad
 - Capacidad de diálogo
 - Interés y motivación por ser parte del panel

De acuerdo con la UNE-EN ISO 8586:2014 (Guía general para la selección, entrenamiento y control de catadores y catadores expertos) se busca que el panel seleccionado sea lo más homogéneo posible y tenga una cantidad alta de los factores deseables como son la disponibilidad de horario, edad y condición de salud, hábitos personales y de consumo, capacidad sensorial discriminante, umbrales de percepción e identificación, aptitud para comunicar y describir, capacidad de desarrollo de memoria sensorial y factores psicológicos.

Pruebas recomendadas para la selección del panel

Las pruebas recomendadas para la selección del panel tienen como propósito, además de detectar la agudeza sensorial de los participantes, familiarizarlos con las metodologías sensoriales, algunas de las pruebas realizadas con este propósito son:

- Prueba discriminatoria triangular
- Pruebas de umbral de gustos básicos
- Pruebas de umbral de olores

- Pruebas de identificación de olores
- Prueba de memoria

Es recomendable aplicar el tipo de pruebas considerando el tipo de muestras en el que se entrenará al panel, haciendo énfasis en los propósitos del proyecto, asimismo, las concentraciones a utilizar para las pruebas de umbral deben de ser congruentes con el rango de edad y hábitos alimentarios de los participantes.

Prueba triangular

La prueba triangular es una de las pruebas discriminativas más utilizadas en el área de evaluación sensorial y tiene como referencia en su metodología la ISO 4120 (Sensory analysis. Methodology. Triangle test).

Normalmente se utiliza con el propósito de saber si hay diferencia significativa entre dos muestras similares, sin embargo, en la selección del panel tiene como propósito evaluar la capacidad discriminante de cada participante.

Para esta prueba de selección se eligen dos muestras que posean perfiles sensoriales similares; en este caso es muy importante tomar en cuenta el propósito del entrenamiento de panel, por ejemplo, si se desea entrenar al panel para discernir entre atributos sensoriales de materias primas, es recomendable utilizar materias primas similares para la evaluación. Una vez elegidas las dos muestras similares, se le presentan a los jueces en

forma de triada (dos muestras iguales y una diferente presentadas en orden aleatorio) seguido se le indicará al panelista que evalúe las muestras y señale cuál percibe diferente.

Esta prueba estadísticamente es una prueba una de una cola, ya que hay una respuesta correcta y la prueba es direccionada. La probabilidad de acierto al azar en un ensayo es de 1/3 (debido a que el evaluador debe elegir una entre tres muestras codificadas).

Cuando se utilizan las pruebas triangulares para evaluar la capacidad discriminante de candidatos a jueces, se está más interesado, en saber la discriminación individual de cada participante, pero también se debe realizar el cálculo estadístico para determinar si en efecto hay diferencia significativa entre las muestras, o no. El nivel de significancia más usado es de 5% y la relación usada es para la obtención de Chi-cuadrada, mostrada en la **figura 1**.

$$CHI^2 = \frac{((|x - np|) - 0.5)^2}{(np)(1 - p)}$$

Figura 1. Cálculo de Chi-cuadrada donde: x: número de aciertos, n: número de réplicas y p: probabilidad de aciertos al azar (1/3) (Severiano-Pérez, et al., 2016).

El resultado del valor obtenido se contrasta con tablas estadísticas de Chi cuadrada al 5% de nivel de significancia, si el valor calculado es menor al de tablas, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que se infiere que no hay diferencia significativa entre las muestras.

Pruebas de umbral

El saber la concentración mínima a la cuál un participante de la selección reconoce un estímulo y contrastar el resultado respecto a la de los demás panelistas permite determinar que personas presentan un umbral semejante, ya que esto permitirá tener un grupo homogéneo para poder llevar a cabo de forma más rápida el entrenamiento, sobre todo en la detección de los gustos básicos presentes en los alimentos. Por ello, con la prueba de umbral tenemos un criterio para seleccionar a las personas que presenten un umbral igual o menor al grupal.

Una prueba de umbral consiste en brindar a los panelistas, de forma individual alguna sustancia en diferentes concentraciones, que va desde 0 (control) hasta una concentración que se considere será reconocida por la totalidad de los evaluadores. Las muestras se les otorgan a los jueces de menor a mayor concentración, indicándoles que evalúen en el orden establecido; seguido, se hace una regresión lineal graficando el porcentaje de reconocimiento del estímulo contra las concentraciones utilizadas.

Por último, se determina el umbral grupal y se evalúa el desempeño de cada participante frente a este.

Un umbral grupal se define como la concentración a la cuál es reconocido el estímulo por el 50% de la población. Un ejemplo se puede observar en la **figura 2**.

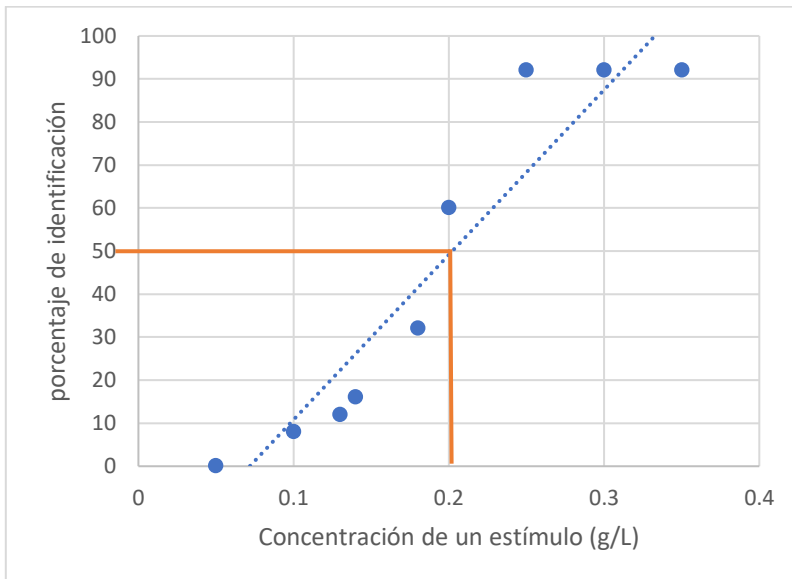


Figura 2. Ejemplo de tratamiento de datos de prueba de umbral, señalando el umbral grupal como 0.2 g/L.

Pruebas de identificación de olores

Una forma de evaluar la memoria sensorial y capacidad de asociación de los participantes es otorgarles distintas materias primas, extractos o fragancias que se asocien fácilmente a distintos olores propios del contexto social y cultural en el que se encuentran; para esto se puede recurrir a la bibliografía disponible, como por ejemplo estudios específicos de dicho tema para la población mexicana (Severiano-Pérez, et al., 2012).

En esta prueba es deseable un reconocimiento alto del 50% o más (respecto al resto del grupo de evaluadores) por parte de los participantes.

Prueba de memoria sensorial

Esta prueba sirve para evaluar la capacidad del participante de aprender un aroma o sabor en específico y se puede realizar para la selección de jueces si se cuenta con varias sesiones realizadas en un rango de tiempo no muy corto (a discreción del organizador de la prueba) para esto, se le otorga a cada participante una sustancia en específico y se le pide que la memorice, indicándole de qué sustancia se trata; seguido, en evaluaciones posteriores se le da a identificar nuevamente esa sustancia y se evalúa si la recordó o no (deseando que se recuerde el estímulo tras la primera exposición guiada, este criterio se determinó experimentalmente en

el Laboratorio de Evaluación Sensorial-Facultad de Química durante la validación de las pruebas). Esta prueba se suele hacer junto con otras pruebas de identificación (UNE-EN ISO 8586:2014).

Condiciones generales para evaluar

De acuerdo a la guía general para el diseño de las salas de cata (ISO 8589:2007) los requisitos mínimos para el diseño las instalaciones de evaluación sensorial son un área de cata donde se pueda evaluar tanto en grupo como de forma individual y un área de preparación de muestras, recomendando también que se disponga de los siguientes elementos:

- Una oficina
- Vestuario y lavabos
- Almacén de material
- Almacén de muestras
- Sala de espera para los evaluadores

Se debe prestar especial atención al diseño y los elementos del área de cata, esto con el propósito de otorgar un ambiente neutro y sin distracciones que puedan afectar las evaluaciones realizadas. La sala de cata debe contar con las siguientes características:

- Contar con una iluminación adecuada, uniforme y controlada (en especial en las cabinas de evaluación si se cuenta con ellas). Se debe evitar que se formen sombras de manera pronunciada que

afecten la percepción visual sobre las muestras. También es común el uso de filtros como luz roja para enmascarar algún atributo en evaluaciones específicas (Lawless et al., 2013) por ejemplo en una prueba triangular con muestras de aspecto diferente pero demás atributos similares.

- La decoración y color deben ser preferentemente neutros para evitar la coloración de las muestras (recomendando diferentes saturaciones de color gris o color hueso mate). Para los asientos se puede recomendar un color gris oscuro (ISO 8589:2007).
- Se debe cuidar la ventilación de forma adecuada para evitar la interferencia con sustancias volátiles en el ambiente que puedan afectar la evaluación.
- Debe de estar ubicada cerca del área de preparación de muestras, esto con el propósito de facilitar la entrega de las mismas. Cabe señalar que, aunque se recomiende que ambas áreas estén ubicadas una próxima a la otra se debe tener cuidado de que:
 - Los panelistas no necesiten pasar por el área de preparación de muestras para llegar al área de evaluación, esto con el propósito de evitar que perciban olores que puedan afectar su desempeño.
 - Ambas áreas deben de estar a la suficiente distancia y contar con suficiente ventilación para que los olores de la zona de

preparación de muestras no lleguen al área donde los panelistas evalúan.

- Las cabinas en el área deben estar numeradas para facilitar la logística en la entrega de muestras ya atención a los panelistas.

Entrenamiento del panel. Notas generales

El entrenamiento del panel para la metodología descriptiva convencional tiene como propósito otorgar a los candidatos a jueces el conocimiento básico de las pruebas sensoriales realizadas, así como mejorar significativamente su capacidad para detectar, identificar, comparar, memorizar y comunicar de manera adecuada los atributos presentes en las muestras otorgadas, proporcionando resultados estadísticos reproducibles y con poca variación.

Hay algunas indicaciones que se deben realizar a los candidatos a jueces con el propósito de llevar a cabo correctamente las evaluaciones. Se les debe indicar que no hagan uso de fragancias los días de evaluación, que eviten consumir alimentos o fumar al menos media hora antes de la hora de la sesión, así como que sean objetivos en los resultados que otorgan, ignorando lo mejor posible su gusto o disgusto personal ante las muestras. También se les debe de pedir mantener silencio y guardar compostura en la sala de cata.

Es importante realizar las pruebas correspondientes para la detección y diferenciación de diferentes estímulos. Esto se puede realizar mediante pruebas discriminativas y de umbral (Teo et al., 2018).

La realización continua de retroalimentación, especialmente seguido de las sesiones para el perfil descriptivo, ayudará al juez a mejorar su capacidad descriptiva y fortalecer su memoria sensorial al realizar asociaciones sobre las sustancias que percibe (Findlay, Castura & Lesschaeve, 2007).

También se recomienda realizar diferentes pruebas para la descripción e identificación de olores, siendo estos una mezcla de olores que se espera sea fácilmente reconocible y olores poco habituales o difíciles para discriminar; de igual manera, la realización de estas pruebas de manera individual seguida de una discusión tiene como propósito fortalecer la capacidad descriptiva y memoria sensorial del participante.

De igual manera, se recomienda poner a prueba la capacidad de los jueces para poder discriminar y reconocer muestras contaminadas, otorgando un estándar de calidad adecuado.

Las evaluaciones de perfil descriptivo se deben alternar de manera continua con las pruebas antes descritas, realizando retroalimentación cuando sea posible. Asimismo, se debe realizar el monitoreo del panel de forma individual y grupal, para esto, se pueden obtener datos válidos con los resultados obtenidos de sólo una sesión, aunque siempre será preferible

incluir dos o más evaluaciones en el análisis estadístico (Moser, Lepage, Pineau, Fillion & Rytz, 2018).

Medición del desempeño del panel

Existen diferentes formas para la medición del desempeño de un panel de jueces que se desempeñan en la metodología descriptiva convencional, siendo algunas estandarizadas (por ejemplo, lo recomendado por la norma internacional UNE-EN ISO 8586:2014) y otras específicas para la situación que se desee aplicar, recomendando de forma principal la elaboración de análisis de varianza (ANOVA) y análisis de componentes principales (ACP) (Næs, Varela & Berget, 2018) sin embargo, cabe resaltar que siempre que se tenga un grupo de jueces sensoriales, es muy deseable medir su desempeño de forma periódica, individual y grupal, para así disminuir la variabilidad y el error de los datos obtenidos, atendiendo las necesidades de cada panelista de forma específica.

Para el seguimiento en la reproducibilidad y repetibilidad del panel en el entrenamiento una de las recomendaciones principales por la UNE-EN ISO 8586:2014 es utilizar la desviación estándar y el análisis de varianza, con un α de 0.05, con el objetivo de que las evaluaciones sean repetibles, discriminatorias, homogéneas y reproducibles; para esto es necesario

realizar múltiples evaluaciones en diferentes momentos, realizando perfiles sensoriales de productos o materias primas de manera constante en un ambiente controlado.

Los análisis estadísticos y resultados mostrados pueden tomar en cuenta desde un factor (productos, ya sea para determinar capacidad discriminativa o para señalar los atributos más relevantes en muestras similares) hasta tres factores (productos, jueces y sesiones). También se menciona en la norma el uso de distintas técnicas estadísticas como el análisis de componentes principales (Principal Component Analysis, ACP).

Sin embargo, no siempre es necesario realizar un análisis estadístico para monitorear y evaluar el desempeño individual, el uso de varios gráficos puede permitir la extracción de información relevante sin el uso de estadística como análisis de varianza o análisis de componentes principales (Tomic, Nilsen, Martens & Næs, 2007). La información puede ser mostrada mediante, por ejemplo:

- Evaluaciones individuales, señalando la media grupal
- Coeficientes de variación individuales y/o grupales, para cada atributo
- Diagramas de caja (box plot), señalando máximos, mínimos y datos atípicos

Evaluación sensorial de tostadas de maíz

Hasta el momento, las investigaciones que se han realizado sobre la evaluación sensorial de tostadas de maíz se limitan a comparar las diferencias que proveen diferentes métodos de elaboración o diferentes cambios en la composición del producto, así es el ejemplo de Janve, Yang & Sims, 2015, que comparan las características sensoriales y de calidad de totopos de maíz estándar contra maíz tratado con ultrasonido durante la preparación de la masa; otro ejemplo de estudios sobre tostadas de maíz es expuesto por Saadatmandi, Elahi, Farhoosh & Karimi, 2012, en donde se miden las características químicas y sensoriales producto de la adición de fibra en la composición de totopos de maíz.

Se puede observar que no hay literatura reportada específicamente sobre la evaluación sensorial de tostadas de maíz, si no que los estudios al momento de este producto en específico se centran principalmente en el análisis de la inclusión de métodos o formulaciones nuevas. También cabe recalcar que los totopos de maíz de dichos estudios son principalmente vistos como botanas que tienen como propósito ser consumidas esporádicamente, a comparación de las tostadas de maíz, objeto del presente trabajo, que son estudiadas debido a su que forman parte de platillos tradicionales como las tostadas con diferentes guisados o acompañan a platillos tradicionales como el pozole.

Si además de las tostadas, se incluyen estudios sobre tortillas de maíz, se puede encontrar más información al respecto, sea el caso de Reyes-Vega et al. (1998), en donde se encontró similitud en los datos de textura obtenidos instrumentalmente y los datos producto de evaluación sensorial; también sea el caso de Barrios (2007), en donde se descubre que la concentración de antocianinas está relacionada con la sensación de resequeidad de diferentes tipos de tortillas y finalmente, Tavera en 2016 describió los atributos más importantes al momento de encontrar diferencias significativas entre diferentes tipos de tortillas (de acuerdo al tipo de maíz que estaban compuestas) siendo estos rollabilidad, dureza y humedad.

Para el estudio de tostadas de maíz se pueden considerar ciertos aspectos de la literatura que habla específicamente de tortillas, sin embargo, al tratarse de un producto con atributos sensoriales y fisicoquímicos diferentes, es recomendable investigar sus características por separado.

Materiales y muestras

Para el proyecto se utilizaron diferentes tostadas comerciales de maíz blanco, con el propósito tanto de generar atributos, como de servir como estándares físicos y realizar en entrenamiento del panel, las cuales se identifican como:

- Tostada SN: Harina de maíz nixtamalizado, sal yodada, tocoferoles (como antioxidante natural), hidróxido de calcio
- Tostada MSN: Harina de maíz nixtamalizada, sal, colorantes artificiales (amarillo 5, rojo 40)
- Tostada NPLIA: Harina de maíz nixtamalizada, nopal orgánico fresco y sal.
- Tostada MIRNP: Harina de maíz nixtamalizada, nopal deshidratado, sal
- Tostada MR: Harina de maíz nixtamalizado, sal, colorantes artificiales (amarillo 5, rojo 40)
- Tostada CH: Harina de maíz nixtamalizado, sal, colorantes artificiales (tartrazina y amarillo ocaso FCF).

De la misma manera, se utilizaron tostadas provenientes de Itanoni ®, un restaurante en la ciudad de Oaxaca que utiliza maíces de diferentes

variedades para realizar sus productos y que tiene identificados a los productores y el control de las variedades que emplea en sus tortillas y tostadas.

Los maíces utilizados son variedades de la especie *Zea mays*, ya que cuentan con características que las hacen reconocibles a pesar de que hibrida libremente con otras poblaciones de la misma especie, no confundirse con tipo nomenclatural que se refiere a aquel elemento al cual el nombre de un taxón está permanentemente vinculado (International code of nomenclature for algae, fungi, and plants, 2018).

Diferentes lotes de estas muestras fueron utilizados para el entrenamiento del panel, dentro de ellos tostadas elaboradas con maíz:

- Belatove
- Cajete
- Tuxpeño
- Negro
- Amarillo

Para complementar el entrenamiento del panel se hizo uso de diferentes estándares físicos, con el propósito de mejorar la repetibilidad y disminuir la variación entre los panelistas, dichos estándares fueron:

- Maíz crudo
- Tortilla maíz nixtamalizado

- Extracto de vainilla
- Sal ahumada
- Cal
- Cuitlachoche
- Masa de maíz nixtamalizado
- Sacarosa
- Cafeína
- Elote cocido
- Palomitas sin sal

Para la elaboración de las disoluciones necesarias para la selección de jueces y la preparación de estándares físicos para el entrenamiento se hizo uso de material analítico calibrado tipo A.

Es importante mencionar que, una vez entrenado el panel, las tortillas analizadas para definir su perfil sensorial, fueron las muestras de tortillas proporcionadas por Itanoni ® elaboradas con maíz Belatove, Cajete, Tuxpeño, Negro y Amarillo, todas ellas muestras elaboradas bajo los estándares de Itanoni®.

Metodología

Los pasos que se siguieron para el desarrollo de la metodología se muestran en la **figura 3**. Se inició con la selección de los candidatos a jueces necesarios para la elaboración del proyecto, una vez elegidos, se procedió a generar los atributos que fueron seleccionados y se evaluó su presencia en las muestras, posteriormente, se llevaron a cabo una serie de evaluaciones con estándares para reducir la variación entre los resultados de los jueces; una vez disminuida la variación se proseguirá a la elaboración de perfiles sensoriales. Simultáneamente se realizaron evaluaciones de textura y color instrumental.

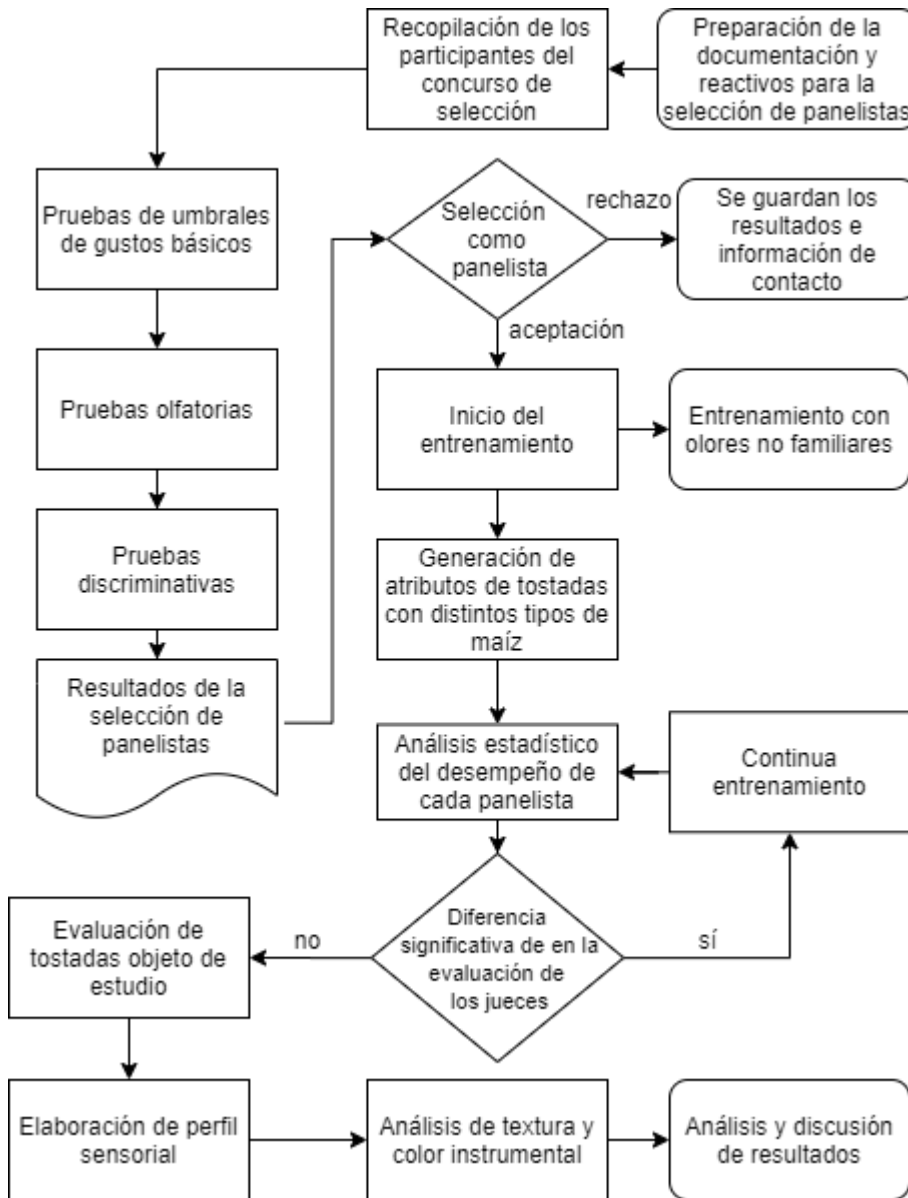


Figura 3. Diagrama de flujo de la evaluación de tostadas elaboradas con cuatro variedades de maíz

A continuación, se describe el desarrollo de la metodología. Para la selección de jueces se realizaron cuestionarios de hábitos, disposición de ho-

rarios y generación de descriptores para obtener información de los participantes, posteriormente se realizaron pruebas de umbrales de gustos básicos en donde las concentraciones propuestas se basaron en la selección del enterando para evaluar tortillas (Barrios, 2007) Las concentraciones se realizaron con material analítico calibrado tipo A y los rangos de las mismas se describen en la **tabla 1**. Para el cálculo estadístico se realizaron diferentes gráficas de porcentaje de aciertos contra concentraciones utilizadas, calculando la concentración al 50% de identificación (Lawless et al., 2013).

Tabla 1. Rangos de concentraciones (g/L) utilizados para las pruebas de umbral de la selección de jueces. Basados en la selección de jueces de Barrios, 2007.

Umbral ácido	Umbral dulce	Umbral amargo	Umbral salado	Umbral umami
[ácido cítrico] g/L	[sacarosa] g/L	[cafeína] g/L	[NaCl] g/L	[glutamato monosódico] g/L
Mínimo 0.0000	Mínimo 0.0000	Mínimo 0.0000	Mínimo 0.0000	Mínimo 0.0000
Máximo 0.3000	Máximo 10.0000	Máximo 0.4000	Máximo 2.0000	Máximo 1.0000

Tras las pruebas de umbral en la que se determinaron los valores de umbral absoluto de los candidatos a jueces (ver **tabla 5**). El grupo de selección actual determinó umbral más sensible para los gustos salados y umami respecto al panel de referencia (selección del año 2017), en los umbrales dulce, amargo y ácido, el grupo de referencia determinó umbrales menores, asimismo, los valores de R^2 para la selección actual se presentaron en un rango de 0.89 a 0.92 utilizando las concentraciones del panel pasado, por lo que se considera que las concentraciones fueron utilizadas en un rango adecuado; después, se prosiguió a realizar diferentes evaluaciones olfatorias para valorar la capacidad de los participantes de detectar y discriminar diferentes olores. En **la Tabla 2** se observan los olores aplicados para las pruebas de identificación y discriminación y en **la Tabla 3** se presenta el rango de volúmenes aplicado para las pruebas de umbral con aroma a café. En la prueba de identificación se determinó el promedio del porcentaje de la identificación para cada panelista, para la prueba de discriminación se utilizó el cálculo de CHI cuadrado con $\alpha=5$ (observando también el desempeño de cada panelista) y para la prueba de umbral se utilizó una gráfica de porcentaje de identificación contra concentración, obteniendo la concentración al 50% de identificación.

Tabla 2. Aceites esenciales aplicados a cada tubo de ensayo correspondiente para las pruebas de identificación y discriminación

Prueba de Identificación	Prueba de discriminación Triangular
Olor	Olor
naranja	Guayaba
limón	Hierbabuena
rosas	Jazmín
canela	Nardo

Tabla 3. Rango de volúmenes de aceites esenciales aplicados a cada tubo de ensayo correspondientes para las pruebas de identificación y discriminación. Basados en los datos obtenidos por García, 2007.

Prueba de umbral
Volumen de concentrado (café) aplicado (mL)
Mínimo 1×10^{-6}
Máximo 3×10^{-4}

Finalmente, para la selección de panelistas se realizó la aplicación de dos pruebas triangulares con refrescos de cola y tostadas comerciales, para el análisis se vieron los resultados juez por juez y se utilizó el cálculo de CHI cuadrado con $\alpha=5\%$.

Tomando en cuenta los resultados globales de las pruebas de selección, se seleccionaron a 28 candidatos a jueces que iniciaron el entrenamiento en el perfil descriptivo convencional para tostadas elaboradas con diferentes variedades de maíz.

Los nombres de los candidatos a jueces seleccionados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4. Nombres de los participantes seleccionados, señalando su número de juez. Los participantes firmaron un consentimiento informado para que su nombre aparezca en el presente trabajo.

# Juez	Nombre
1	Abarca Jiménez Sughey Judith
2	Aguilar Gutiérrez Mónica
3	Aurelio Villarreal Cassandra
4	Arteaga Mora Itzel Montserrat
5	Brito Morales Laura Andrea
6	Cerón Escalante Sergio Iván
7	Contreras Morales Anael
8	Esquivel Hernández Ernesto Rudyard
9	González Ruelas Andrea Fernanda
10	González Sánchez Zayret
11	González Severino María Fernanda
12	Gutiérrez Aguilar Brenda
13	Martínez López Fátima
14	Méndez Sosa Frida Divina
15	Montealegre Granados Alina María
16	Nava Gómez Karla Gabriela
17	Ocampo Jiménez Nathalie
18	Reyes Hernández Monserrat
19	Romero Moreno Itzel Karina

Tabla 4. Continuación Nombres de los participantes seleccionados, señalando su número de juez.

# Juez	Nombre
20	Sánchez Hernández Danya Jaqueline
21	Simón Zepeda Karen Itzel
22	Trejo Severiano Diego
23	Valdivia Bailón Jessica Raquel
24	Vargas García Andrea
25	Vázquez Obrajero Susana
26	Valdez García Vivian Daniela
27	Ríos Nava Víctor Alfonso
28	Estrada Frago Maritza

Generación de atributos

Una vez elegidos los candidatos a jueces del proyecto se realizó la generación de atributos para cada tipo de tostada, preguntando a panelistas cuáles fueron los atributos de aspecto, olor, textura, flavour y resabio que detectaban. Las tostadas utilizadas para estas evaluaciones se agruparon en los siguientes grupos: tostadas fritas de maíz blanco con y sin nixtamalización (comerciales); tostadas horneadas de maíz blanco con y sin nixtamalización (comerciales); tostadas de maíz rojo belatove (provenientes de Oaxaca); tostadas de maíz negro (provenientes de Oaxaca) y tostadas claras de diversos maíces: amarillo, cajete y tuxpeño (prove-

nientes de Oaxaca). Cabe recalcar que las tostadas provenientes del estado de Oaxaca son nixtamalizadas, tostadas en leña, hechas a mano y encaladas una vez cocidas.

Tras las evaluaciones de selección de atributos, se procedió a realizar una junta de consenso en donde se discutieron los atributos que se mencionaron con mayor frecuencia en las evaluaciones, así como los que se consideraban relevantes para caracterizar el perfil sensorial de las tostadas de acuerdo a la composición y proceso de las mismas.

Una vez teniendo la lista preliminar de atributos, se realizaron una serie de evaluaciones con estándares físicos correspondientes a los atributos con baja frecuencia de mención y que no todos panelistas tenían claro que estaban presentes. Para la selección de estándares se contó con el apoyo del panel entrenado que trabaja en el LES (Laboratorio de Evaluación Sensorial) desde el año 2017.

Una vez verificados los estándares, se prosiguió a iniciar el entrenamiento de los candidatos mediante una serie de evaluaciones con estándares correspondientes a cada atributo presente en las muestras. Para esto se hizo uso de tanto tostadas comerciales como tostadas provenientes de Oaxaca, ajustando a cada panelista de acuerdo a su desviación respecto al grupo tomando como parámetro estadístico el coeficiente de variación, tanto del grupo como del individuo para cada atributo.

De manera complementaria al entrenamiento se realizaron diferentes pruebas de identificación de aromas familiares y no familiares con el propósito de mejorar la capacidad descriptiva y memoria sensorial de cada juez, de igual manera se realizaron sesiones de retroalimentación tras dichas evaluaciones.

Se realizó una segunda verificación de atributos para las diferentes tostadas evaluadas con maíces provenientes de Oaxaca (negro, belatove, amarillo y tuxpeño) esto con los propósitos de mejorar el perfil sensorial realizado y evaluar la capacidad de discriminación de los jueces para diferentes tipos de muestras (tostadas provenientes de Oaxaca contra tostadas comerciales).

Seguido, se realizó un análisis estadístico más extenso para medir la eficiencia del panel, incluyendo análisis de componentes principales para evaluar la correlación entre los jueces para diferentes atributos, los atributos sensoriales con diferentes muestras y el análisis instrumental y de textura; así como análisis de varianza para evaluar principalmente la diferencia entre jueces $\alpha=0.05$.

Resultados y discusión

Selección de jueces. Cuestionarios de hábitos y descriptores

Para la selección de jueces se tomaron en cuenta los siguientes datos para cada participante, tomando como referencia los aspectos descritos por la ISO 11132:2012 (Guía para la supervisión del desempeño de un panel cuantitativo):

1. Disponibilidad de tiempo
2. Número de intolerancias alimentarias
3. Número de alimentos que les disgustan
4. Horarios habituales de desayuno, comida y cena
5. Número de descriptores que se generaron para muestras objetos o alimentos comunes: olor herbal, olor cocido, sabor amargo, olor limpio y fresco, etc. Esto con el propósito de evaluar la capacidad descriptiva de los participantes.

Selección de jueces. Pruebas de umbral

Se realizaron 5 pruebas de umbrales correspondientes a los 5 gustos básicos: Dulce, amargo, ácido, salado y umami. Para la preparación de las disoluciones se utilizó material calibrado tipo A. Los resultados de los umbrales determinados se presentan en la **tabla 5**, comparando con los resultados de las mismas pruebas (con las mismas concentraciones) del panel seleccionado en el año 2017 y el panel del año 2007 (con el cual se obtuvieron los valores de referencia de las concentraciones a utilizar). En

donde se observa que en la prueba de 2017 los umbrales fueron más sensibles en los gustos dulce, amargo y ácido, asimismo, en la selección actual se determinaron umbrales más sensibles para los gustos salado y umami.

Con el panel del año 2007 respecto al actual, se obtuvieron umbrales mas sensibles en los gustos dulce, ácido y amargo, sin embargo, el panel actual presentó un umbral salado menor. Asimismo, cabe considerar que los valores de R^2 así como el número de evaluadores es mucho menor en el panel de 2007 (n=12 vs n=57).

Tabla 5. Resultados de las pruebas de umbral para la selección de candidatos a jueces del LES

Selección actual n=57			Selección 2017 n=54			Selección Barrios, G. 2007 n=12		
Gusto básico	Concentración umbral (g/L)	R ²	Gusto básico	Concentración umbral (g/L)	R ²	Gusto básico	Concentración umbral (g/L)	R ²
Dulce	5.1	0.92	Dulce	4.6	0.98	Dulce	4.5	0.77
Amargo	0.3	0.89	Amargo	0.2	0.87	Amargo	0.15	0.81
Ácido	0.2	0.91	Ácido	0.2	0.87	Ácido	0.17	0.68
Salado	0.3	0.91	Salado	0.7	0.80	Salado	0.46	0.72
Umami	0.7	0.90	Umami	0.8	0.95	Umami	No se realizó	NA

Para poder seleccionar a los jueces, se elaboraron las gráficas con las concentraciones en la que cada participante detecto el estímulo (véase ejemplo en la **Figura 4**). Se consideraron para la selección, aquellos que presentaron umbrales iguales o menores al umbral grupal, ya que para iniciar el entrenamiento se requiere un grupo con buena sensibilidad en

la percepción de los estímulos y además es deseable que el grupo de candidatos a jueces presente características en el uso de sus sentidos lo más homogéneo posible, ya que tener un grupo de candidatos a jueces con estas características reduce el tiempo de entrenamiento. Para consultar los resultados de las pruebas de umbral de más participantes véase el **anexo 1**.

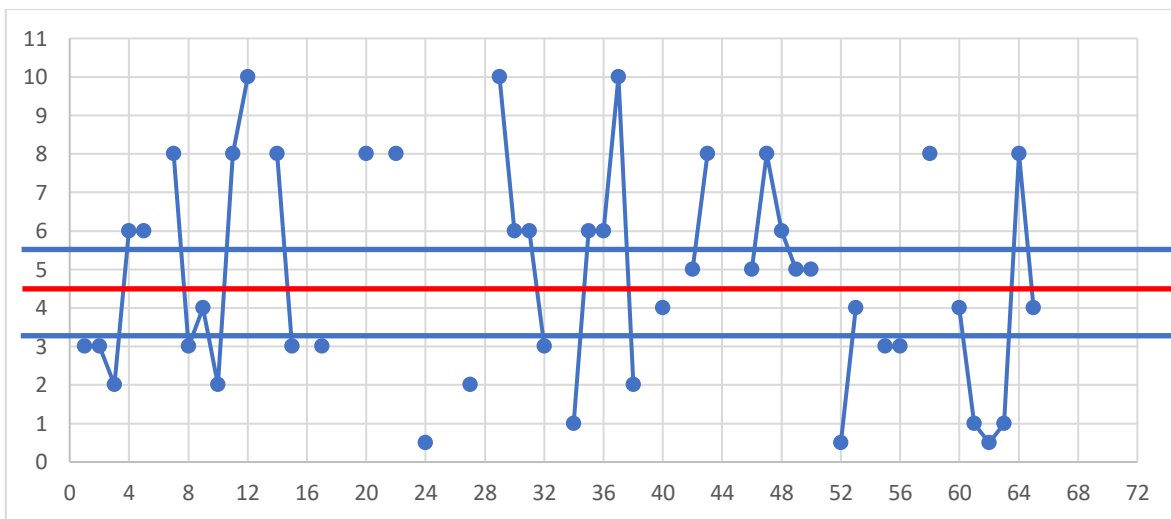


Figura 4. Mínima concentración detectada de umbral dulce (sacarosa) para cada juez donde la línea media se refiere a la concentración umbral grupal y las líneas superior e inferior a las concentraciones inmediatas, mayor y menor, en la prueba.

Selección de jueces. Pruebas olfatorias

Tras la aplicación de las pruebas de umbral se realizaron pruebas olfativas repartidas en dos días: El primer día se aplicaron las pruebas de identificación de aromas (naranja, limón, rosas y canela) y dos pruebas triangulares entre los aromas "guayaba y hierbabuena" y "nardo y jazmín". El segundo día se aplicó una prueba de umbral con olor a café.

Para ambas pruebas discriminativas se realizó el análisis estadístico mediante el cálculo de CHI cuadrado dando como resultado que a un $\alpha=5\%$, hay diferencia significativa entre las muestras para ambas pruebas triangulares. Para el caso de la prueba de umbral de café se determinó un valor de umbral de 6.9×10^{-6} mL del aroma a café y un valor de R^2 de 0.15 por lo que debido a la falta de linealidad entre los datos no se puede calcular con precisión el umbral al 50% de identificación. El promedio de identificación del grupo fue de 68.98% y el porcentaje de discriminación de 89.91%. A continuación, en la **tabla 6** se dan los resultados completos de las pruebas olfativas para 5 jueces. Para consultar los resultados de las pruebas de olor de todos los participantes véase el **anexo 2**.

Tabla 6. Resultados de pruebas olfatorias para los primeros 10 participantes de la selección.

# Juez	* IDENTIFICACIÓN NARDO	% IDENTIFICACION	% DISCRIMINACIÓN	UMBRAL CAFÉ
1	0.5	100	100	reconocieron café en subumbral
2	0	100	100	reconocieron el olor a café
3	1	25	100	reconocieron café en subumbral
4	0	75	100	reconocieron el olor a café
5	0	100	100	reconocieron café en subumbral
6	0	87.5	100	reconocieron el olor a café
7	0.5	25	100	reconocieron notas dulce y nuez
8	0	50	100	reconocieron el olor a café
9	NA	NA	NA	NA
10	0.5	75	100	reconocieron café en subumbral

*En identificación nardo 0.5=reconocieron notas florales; 1= reconocieron aroma a nardo; en umbral a café se especifica el tipo de identificación que se obtuvo para cada juez.

Selección de jueces. Pruebas discriminativas de alimentos comerciales

El promedio (n = 55) de discriminación para refrescos de cola, fueron 52.72% y para tostadas de 65.45%. Encontrándose que el 36% de candidatos identifico todas las triadas evaluadas independientemente del tipo de alimentos. Con base en la ISO 4120:2004 (Análisis Sensorial. Metodología. Prueba triangular) se recomienda que siempre que sea posible, se

deben evitar las evaluaciones repetidas por el mismo juez debido a que los resultados son función de sensibilidades individuales y no se puede establecer una declaración general de la reproducibilidad de los resultados aplicable al conjunto de jueces, y que un análisis con $n = 23$ y $\alpha = 5\%$ es suficiente para indicar una fuerte evidencia de que existen o no diferencias entre las muestras, por lo antes mencionado, se decidió que los jueces evaluaran una triada de cada alimento, ya que al tener un número de jueces mayor ($n = 55$) respecto a lo indicado por la norma ($n = 23$) teníamos la precisión requerida en la prueba.

Realizando el análisis de CHI cuadrado con $\alpha = 5\%$, considerando 55 juicios se determinó que existe diferencia significativa entre las muestras, para ambas pruebas triangulares donde se evaluaron refrescos de cola (marcas CC y RC) y tostadas de maíz fritas (marcas MR y CH).

A modo de ejemplo, se muestran los resultados obtenidos para 10 participantes de la selección (**Tabla 7**). Para consultar más resultados de los participantes véase el **Anexo 3**.

Tabla 7. Resultados de los primeros 10 participantes para las pruebas discriminativas de la selección de jueces.

# juez	acierto=1 (triangular refresco)	acierto=1 (triangular tostadas)	% Discriminación en alimentos
1	0	1	50
2	0	1	50
3	0	1	50
4	0	0	0
5	0	1	50
6	1	1	100
7	0	1	50
8	1	1	100
9	0	0	0
10	1	1	50

Tomando en cuenta los resultados globales de las pruebas de selección, se seleccionaron a 28 participantes para formar parte del panel. Todos ellos presentaron valores umbral o menor al umbral para los cuatro gustos básicos, presentaron un promedio de 74% de identificación de aromas, 93% de porcentaje de discriminación de olores y 78% de discriminación para alimentos. Asimismo, sólo el 12% presenta alguna intolerancia alimenticia y los panelistas seleccionados describieron el 51% de los atributos descritos por el total los participantes. En el **Anexo 4** se muestran a modo de ejemplo los resultados de las pruebas de un participante seleccionado contra uno no seleccionado.

Generación y primera verificación de atributos con estándares

A cada juez se le proporcionó un tipo de tostada para que generara los atributos que en ella percibía. Los tipos de tostadas fueron: tostadas fritas de maíz blanco con y sin nixtamalización (comerciales); tostadas horneadas de maíz blanco con y sin nixtamalización (comerciales); tostadas de maíz rojo belatove (provenientes de Oaxaca); tostadas de maíz negro (provenientes de Oaxaca) y tostadas claras de diversos maíces: amarillo, cajete y tuxpeño (provenientes de Oaxaca). Una vez generados los datos para todas las muestras se realizó una junta de consenso donde se revisaron los atributos, por tipo de muestra y se seleccionaron y definieron los atributos preliminares a utilizarse en el proyecto. Para realizar una primera verificación de la presencia de los atributos, se trabajó con un panel ya entrenado quienes evaluaron las muestras e indicaron la intensidad con la que percibían los atributos, de allí se observó que los atributos de resabio astringente, jabón y metal estaban en baja intensidad o no estaban presentes.

Con esta información lo que se hizo fue continuar las evaluaciones para el panel en entrenamiento con el resto de los atributos. Los atributos que se utilizaron en esta etapa del entrenamiento se muestran en las **tablas 8 a la 12.**

Cabe mencionar que no se consideraron los atributos de tostadas de maíz frito porque el entrenamiento se centró en tostadas horneadas.

Tabla 8. Atributos de aspecto de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
Puntos oscuros	Cantidad de puntos menores a 5 milímetros, negros, azules, grises o de tonalidades variantes presentes en la superficie de la tostada	Observar la tostada sobre el plato, apoyado en la mesa. Tomar en cuenta ambas caras de la tostada.	Pocos	Muchos	2, maíz negro puntos oscuros. 3 SN quemado	Se mantuvo tras verificación

Tabla 8. Continuación. Atributos de aspecto de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
color	Combinación del matiz, saturación y luminosidad referente a variaciones del color amarillo-naranja (ver escala de color)	Observar la tostada sobre el plato, apoyado en la mesa. Tomar en cuenta ambas caras de la tostada.	varía según el tipo de maíz	varía según el tipo de maíz	varía según el tipo de maíz	Se mantuvo tras verificación
puntos blancos	Marcas blancas referentes a granos de maíz o sal menores a 5 milímetros, presentes en la superficie de la tostada	Observar la tostada sobre el plato, apoyado en la mesa. Tomar en cuenta ambas caras de la tostada.	Pocos	Muchos	3 puntos blancos MSN fritas amarillas. 5 puntos blancos NPLIA	Se mantuvo tras verificación
heterogéneo	Grado de variación del color y forma, presente en la superficie de la tostada	Observar la tostada sobre el plato, apoyado en la mesa. Tomar en cuenta ambas caras de la tostada.	homogéneo	heterogéneo	7 heterogéneo maíz amarillo. 5 heterogéneo maíz cajete	Se mantuvo tras verificación

Tabla 8. Continuación. Atributos de aspecto de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
burbujas (altura)	Abombamiento de la superficie de la tostada referente a la expansión de la masa durante la cocción	Observar la tostada sobre el plato, apoyado en la mesa. Tomar en cuenta ambas caras de la tostada. Ver el tamaño de la curvatura de la burbuja respecto al resto de la muestra.	Sin burbujas	Burbujas muy altas	6 MIRNP burbujas. 1 maíz tuxpeño burbujas	Se mantuvo tras verificación
orillas quemadas	Presencia de color oscuro en las orillas de la tostada debido al sobrecalentamiento en el proceso de cocción	Observar la tostada sobre el plato, apoyado en la mesa. Tomar en cuenta ambas caras de la tostada.	Sin quemar	Muy quemadas	maíz negro 2.5 orillas quemado . SN 8 orillas quemadas	Se mantuvo tras verificación
Brillante	Referente a la luz que refleja la tostada	Observar la tostada sobre el plato, apoyado en la mesa, formando un ángulo de 45 grados entre los ojos y la muestra. Tomar en cuenta ambas caras de la tostada.	Opaco	Brillante	MSN frita amarilla 7 brillante. SN 3.5 brillante	Se mantuvo tras verificación

Tabla 9. Atributos de olor de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
intensidad general	Intensidad de olor de todos los aromas presentes en la tostada	Al cortar la tostada acercar la muestra a 3 cm de la nariz y percibir el olor	Poca intensidad	Mucha intensidad	6 intensidad de olor general es tostada belatove. Lote 2	Se mantuvo tras verificación
grasoso	Intensidad de olor referente a notas fritas o grasosas	Al cortar la tostada acercar la muestra a 3 cm de la nariz y percibir el olor	Poca intensidad	Mucha intensidad	8 MR (tostada frita)	Se mantuvo tras verificación
maíz	Intensidad de olor referente al grano de maíz sin procesar	Al cortar la tostada acercar la muestra a 3 cm de la nariz y percibir el olor	Poca intensidad	Mucha intensidad	10 maíz crudo	Se mantuvo tras verificación
tortilla	Intensidad de olor referente a la tortilla con maíz nixtamalizado	Al cortar la tostada acercar la muestra a 3 cm de la nariz y percibir el olor	Poca intensidad	Mucha intensidad	10 tortilla maíz nixtamalizado	Se mantuvo tras verificación
rancio	Intensidad de olor referente a la oxidación de ácidos grasos no saturados	Al cortar la tostada acercar la muestra a 3 cm de la nariz y percibir el olor	Poca intensidad	Mucha intensidad	3 rancio tostadas MR	Se mantuvo tras verificación

Tabla 9. Continuación. Atributos de olor de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
dulce	Intensidad de olor referente a notas dulces	Al cortar la tostada acercar la muestra a 3 cm de la nariz y percibir el olor	Poca intensidad	Mucha intensidad	8 intensidad de dulce es 1% v/v extracto de vainilla. 6 intensidad dulce 0.5% v/v es extracto de vainilla	Se mantuvo tras verificación
ahumado	Intensidad de olor referente a notas ahumadas que se deben a la formación de compuestos volátiles al utilizar ciertos combustibles (como madera o carbón)	Al cortar la tostada acercar la muestra a 3 cm de la nariz y percibir el olor	Poca intensidad	Mucha intensidad	0.3% m/v de sal ahumada es 8 en ahumado	Se mantuvo tras verificación

Tabla 9. Continuación. Atributos de olor de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
cal	Intensidad de olor característica de la nota a cal	Al cortar la tostada acercar la muestra a 3 cm de la nariz y percibir el olor	Poca intensidad	Mucha intensidad	5 es cal seca. Cal húmeda 80% es 10 en intensidad a olor a cal es posible que se salga de la escala. 5 es cal seca	Se mantuvo tras verificación
tostada	Intensidad de olor característica de la nota a tostada	Al cortar la tostada acercar la muestra a 3 cm de la nariz y percibir el olor	Poca intensidad	Mucha intensidad	7 en olor a tostada es tostada de maíz negro. Lote 2	Se añadió el atributo tras considerarse relevante por el proceso de tostado
terroso	Intensidad de olor referente a la nota del cuitlacoche	Al cortar la tostada acercar la muestra a 3 cm de la nariz y percibir el olor	Poca intensidad	Mucha intensidad	cuitlacoche	Se mantuvo tras verificación
masa	Intensidad de olor referente a la masa de maíznixtamalizado	Al cortar la tostada acercar la muestra a 3 cm de la nariz y percibir el olor	Poca intensidad	Mucha intensidad	10 en olor a masa. Maíznixtamalizado	Se mantuvo tras verificación

Tabla 10 Atributos de textura de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
rasposo	Sensación áspera o rasposa debido a irregularidades pequeñas en la superficie de la tostada	Pasar la yema del dedo índice sobre todo el largo de la superficie de la tostada que va a consumir	Lisa	Rasposa	NPLIA 8. MIR casera 6	Se mantuvo tras verificación
rugoso	Sensación de ondulación debido al abombamiento de distintas partes de la superficie de la tostada	Pasar la yema del dedo índice sobre todo el largo de la superficie de la tostada que va a consumir	Plana	Ondulada	MIRNP 8. MR 4	Se mantuvo tras verificación
Dureza	Fuerza necesaria para penetrar la muestra con los dientes incisivos	En boca, penetrar la muestra con los dientes incisivos	Suave	Dura	NPLIA 10. SN 7	Se mantuvo tras verificación
fracturabilidad	El grado en que la muestra se rompe al morder la tostada con los dientes incisivos	En boca. Morder la muestra con los dientes incisivos	Poca	Mucha	MIRNP 8. NPLIA 2	Se mantuvo tras verificación
crujiente	Relacionado con el sonido que se produce al penetrar la muestra con los dientes	En boca. Morder la muestra con los dientes incisivos	Poco	Mucho	CH 8. MIRNP 5	Se mantuvo tras verificación

Tabla 10. Continuación. Atributos de textura de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
Cohesividad	Grado de ruptura de la muestra durante la masticación	En boca. Notar el grado de unión entre las partículas de la muestra entre la 4a y 5a masticación con los dientes molares y premolares	Poco cohesiva	Muy cohesiva	NPLIA 7. MR 5	Se mantuvo tras verificación
adhesividad	Referente a la capacidad de la muestra de adherirse al paladar o dientes	En boca. Tras la 7a masticación notar el grado de adhesión de la muestra en dientes y paladar	Poca	Mucha	NPLIA 8. SN 5	Se mantuvo tras verificación
masticabilidad	Referente al trabajo necesario para procesar la muestra en boca con el fin de formar el bolo alimenticio que se va a ingerir	En boca. Notar cuánto tiempo y fuerza son necesarios para formar el bolo alimenticio que se va a consumir. Una muestra muy masticable es aquella que se requiere masticar mucho	Poco masticable	Muy masticable	NPLIA 9. MIRNP 5	Se mantuvo tras verificación

Tabla 10. Continuación. Atributos de textura de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
arenosidad (después de 7a masticación)	Sensación de pequeñas partículas de arena en la garganta al momento de deglutir la tostada	En boca. Tras la deglución notar la presencia de partículas raspadas en la parte posterior de la lengua y en la garganta	Poco arenosa	Muy arenosa	masa de maíz tuxpeño 5 arenoso	Se mantuvo tras verificación
grasoso	Referente a la capa de lípidos que quedan en boca al consumir un alimento	Percepción grasa que deja en la boca después de deglutir la tostada	No grasosa	Muy grasosa	tostada MR frita 8 en sensación grasa	Se mantuvo tras verificación
seca	Sensación de sequedad debido a los antocianos de la muestra	En boca. Durante y tras la masticación notar sensación de sequedad en toda la boca	Humedad normal de la boca	Sequedad	tostada de maíz negro seco 7. Tostada Belatove seco 9	Se mantuvo tras verificación

Tabla 11 Atributos de flavour de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
maíz nixtamalizado	Intensidad del sabor referente al maíz nixtamalizado	En boca, durante la masticación del alimento	Poca	Mucha	9 masa de maíz nixtamalizado a. Punta de cuchara de helado	Se cambio nombre por maíz nixtamalizado
dulce	Intensidad del gusto básico dulce referente a diversos compuestos químicos; como monosacáridos como glucosa, disacáridos como sacarosa	En boca, durante la masticación del alimento	Poca	Mucha	4.5g/L sacarosa es 8 en dulce; probar el estándar, pasarlo por toda la lengua y esperar 5 segundos antes de probar la muestra. Maíz enlatado es 9 en sabor dulce	Se mantuvo tras verificación
tostado	Intensidad del sabor referente a compuestos formados durante reacciones de Maillard	En boca, durante la masticación del alimento	Poca	Mucha	tostada belatove es 8 en tostado	Se mantuvo tras verificación
rancio	Intensidad del sabor referente a la percepción de compuestos formados durante la oxidación de ácidos grasos insaturados	En boca, durante la masticación del alimento	Poca	Mucha	tostada frita MR es 7 rancio	Se mantuvo tras verificación

Tabla 11. Continuación. Atributos de flavour de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
terroso	Intensidad de sabor referente a la nota del cuitlacoche	En boca, durante la masticación del alimento	Poca	Mucha	cuitlacoche es 6	Se mantuvo tras verificación
amargo	Intensidad del gusto básico amargo debido a diversos compuestos, como alcaloides o sales inorgánicas	En boca, durante la masticación del alimento	Poca	Mucha	0.3g/L cafeína es 8 de amargo	Se mantuvo tras verificación
elote	Intensidad del sabor del elote cocido (maíz sin nixtamalizar)	En boca, durante la masticación del alimento	Poca	Mucha	3 granos cocidos son 8 en elote	Se mantuvo tras verificación
palomitas	Intensidad de sabor de maíz palomero tras la cocción del mismo	En boca, durante la masticación del alimento	Poca	Mucha	palomitas sin sal ni mantequilla (2 gramos de aceite para 50 gramos de maíz palomero) es 6 en sabor a palomita	Se mantuvo tras verificación
ahumado/humo	Intensidad del sabor característico de la exposición al humo de la combustión de ciertos combustibles como madera o carbón	En boca, durante la masticación del alimento	Poca	Mucha	0.3% m/v de sal ahumada es 4 en ahumado	Se mantuvo tras verificación

Tabla 11. Continuación. Atributos de flavour de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
nixtamal	Intensidad de sabor característico a la tortilla de maíz nixtamalizado	En boca, durante la masticación del alimento	Poca	Mucha	tortilla nixtamalizada es 3 en sabor a nixtamal	Se mantuvo tras verificación
maíz nixtamalizado	Intensidad del sabor referente al maíz nixtamalizado	En boca, durante la masticación del alimento	Poca	Mucha	9 masa de maíz. Punta de cuchara de helado	Se mantuvo tras verificación

Tabla 12 Atributos de resabio de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
astringencia	Sensación de sequedad o pesadez en la lengua como cuando se come el corazón de la piña o se toma vino	En boca, durante la masticación del alimento	Poco	Mucho	Sin estándar	No se encontró el atributo tras verificación del panel 2017

Tabla 12. Continuación Atributos de resabio de tostadas horneadas de maíz, nombre, definición, formas de evaluación y límites, del Perfil convencional

Atributo	Definición	Forma de evaluar	Límite inferior de la escala	Límite superior de la escala	Estándar físico	Comentarios
amargo	Intensidad del gusto básico amargo debido a diversos compuestos, como alcaloides o sales inorgánicas	En boca, tras la masticación del alimento	Poca	Mucha	cafeína diluida 0.3g/L es 8 en amargo	Se mantuvo tras verificación
jabón	Intensidad de sabor referente a jabón neutro/perfumado	En boca, tras la masticación del alimento	Poco	Mucho	Sin estándar	No se encontró el atributo tras verificación del panel 2017
resequedad	Sensación de sequedad debido a los antocianos de la muestra	En boca. Tras la masticación notar resequedad en toda la boca	Humedad normal de la boca	Sequedad	tostada de maíz negro es 7, tostada de maíz belatove es 9	Se mantuvo tras verificación
metal	Intensidad de sabor metálico tras la masticación de la muestra	En boca. Tras la masticación notar sensación de sequedad en toda la boca	Poco	Mucho	Sin estándar	No se encontró el atributo tras verificación del panel 2017

A continuación, en la **Tabla 13**, se presentan los atributos elegidos para cada tipo de muestra. Estos fueron los atributos definitivos con los que se realiza el entrenamiento y evaluación de las tostadas de 4 tipos de maíces, propósito del presente trabajo: negro, rojo (belatove), amarillo (amarillo, tuxpeño y cajete) y blanco (comercial).

Tabla 13. Atributos utilizados tanto para el entrenamiento de jueces como para la evaluación de las tostadas de los 4 tipos de maíces evaluados, tras la primera verificación.

Tipo de maíz	Tipo de atributo	Atributos
Blanco (comercial)	Aspecto	Puntos oscuros, quemado, color, puntos blancos, heterogéneo, burbujas (altura), orillas quemadas, brillante
	Olor	Intensidad de olor general, grasoso, maíz, tortilla, rancio, mantequilla, dulce, ahumado
	Textura	Rasposo, rugoso, dureza, fracturabilidad, crujiente, cohesividad, adhesividad
	Flavour	Maíz nixtamalizado, dulce, tostado, rancio, terroso, amargo, elote
	Resabio	amargo
Rojo (belatove)	Aspecto	Color, heterogéneo, puntos oscuros, puntos blancos, orillas quemadas, brillante
	Olor	Intensidad general, maíz, masa, ahumado, cal, dulce, terroso, tostada
	Textura	Rasposo, rugoso, dureza, fracturabilidad, crujiente, cohesividad, adhesividad, masticabilidad, arenosidad, grasoso, seca
	Flavour	Maíz nixtamalizado, palomitas, humo, tostado, nixtamal, terroso, amargo
	Resabio	amargo

Tabla 13. Continuación Atributos utilizados tanto para el entrenamiento de jueces como para la evaluación de las tostadas de los 4 tipos de maíces evaluados, tras la primera verificación.

Tipo de maíz	Tipo de atributo	Atributos
Negro	Aspecto	Color, heterogéneo, puntos oscuros, puntos blancos, orillas quemadas, brillante
	Olor	Intensidad general, maíz, masa, ahumado, cal, dulce, terroso, tostada
	Textura	Rasposo, rugoso, dureza, fracturabilidad, crujiente, cohesividad, adhesividad, masticabilidad, arenosidad, grasoso, seca
	Flavour	Maíz nixtamalizado, palomitas, humo, tostado, nixtamal, terroso
	Resabio	amargo
Amarillo (tuxpeño, cajete y amarillo)	Aspecto	Color, heterogéneo, puntos oscuros, puntos blancos, orillas quemadas, brillante
	Olor	Intensidad general, maíz, masa, ahumado, cal, dulce, rancio, grasoso
	Textura	Rasposo, rugoso, dureza, fracturabilidad, crujiente, cohesividad, adhesividad, masticabilidad, arenosidad, grasoso, seca
	Flavour	Maíz nixtamalizado, palomitas, humo tostado, nixtamal, amargo, elote, terroso
	Resabio	Amargo, resequedad

Entrenamiento de jueces

Evaluación del consenso de los panelistas. Primera evaluación

Al inicio del entrenamiento se utilizaron muestras comerciales y tortillas elaboradas a mano. Al inicio de las evaluaciones se presentaron CV muy altos, con un promedio de 88.0% para todas las muestras. Se puede observar en las **figuras 3 a la 7** que los atributos de aspecto, olor y textura fueron los que presentaron menor variación en la primer evaluación, esto se puede deber a que en aspecto y textura depende menos de los hábitos

alimenticios y de los umbrales de detección y reconocimiento que los atributos de olor, flavour y resabio; además, en los atributos de textura en su metodología de evaluación se detallaron aspectos como el número de veces que se debía masticar la muestra para evaluar cada parámetro.

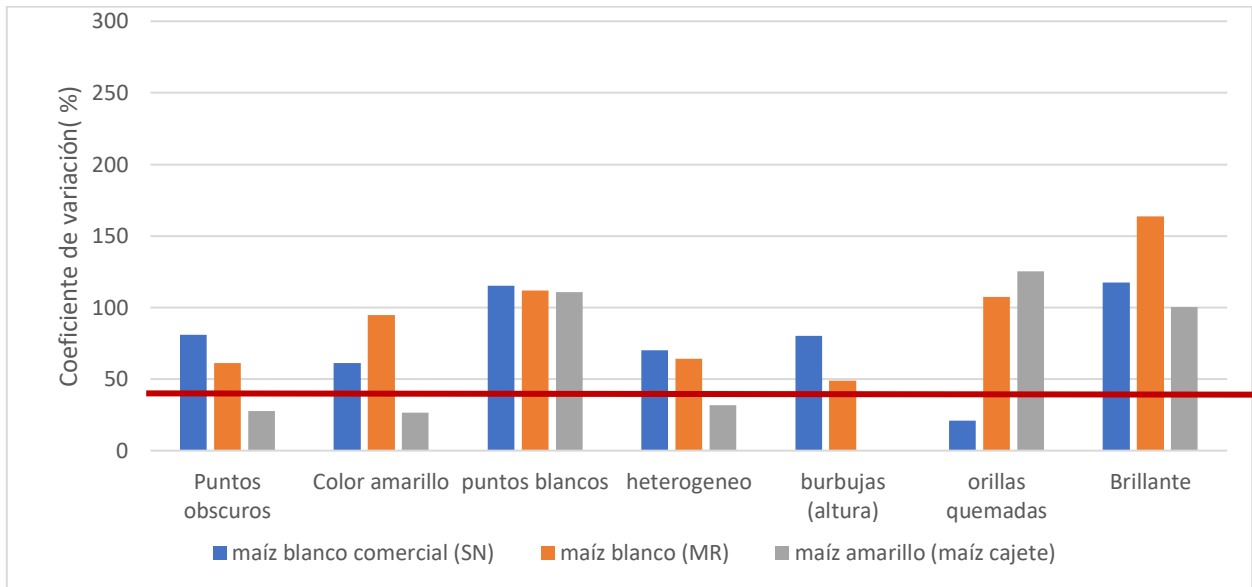


Figura 5. Coeficientes de variación de atributos de aspecto presentados en la primera evaluación del entrenamiento de jueces. El valor deseable es menor al 45% (línea roja), este criterio aplica en todos los gráficos donde se muestra en valor de coeficiente de variación.

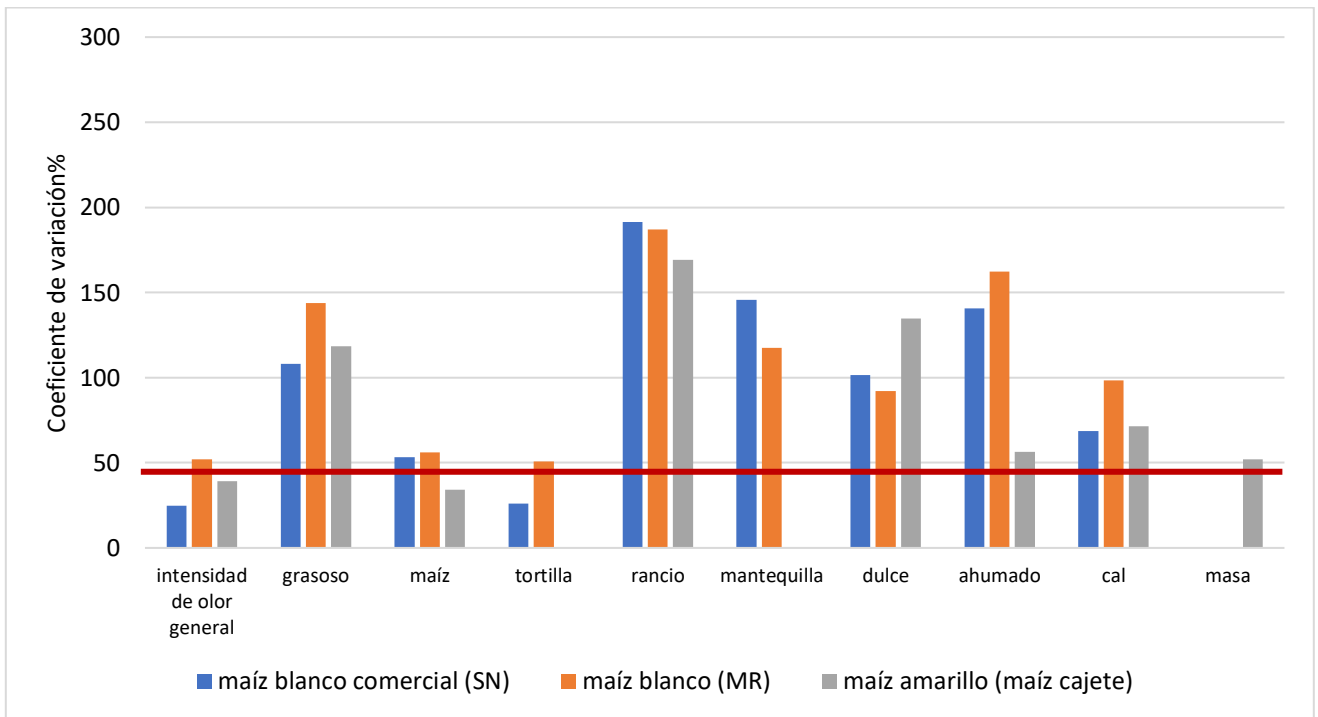


Figura 6. Coeficientes de variación de atributos de olor presentados en la primera evaluación del entrenamiento de jueces. El valor deseable es menor al 45% (línea roja).

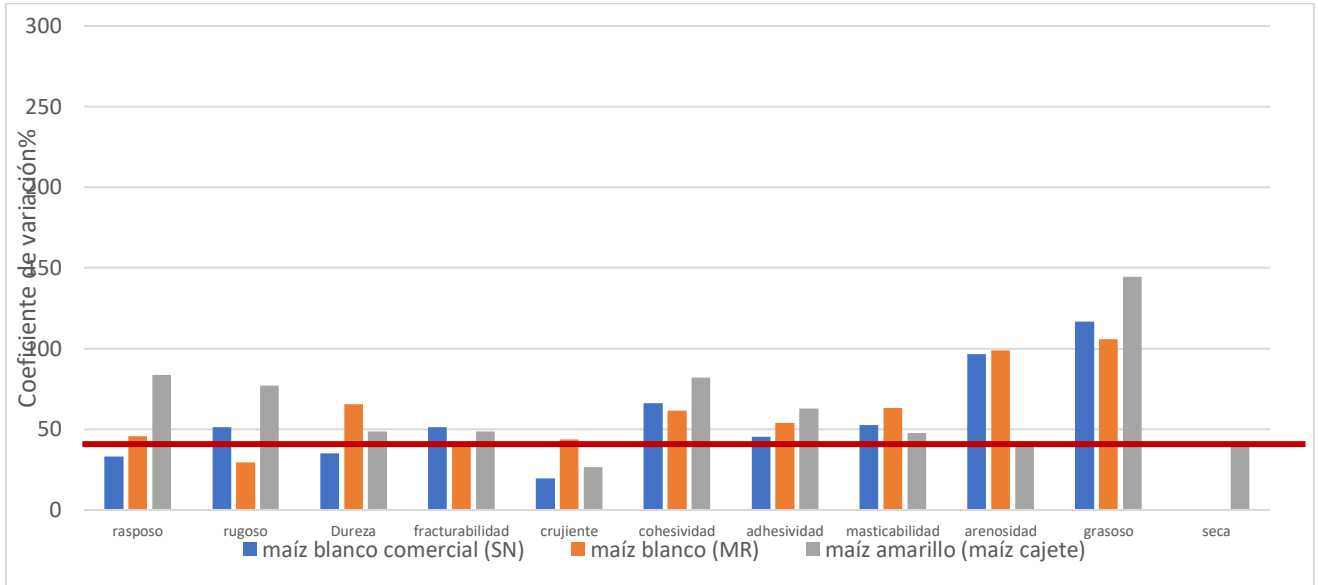


Figura 7. Coeficientes de variación de atributos de textura presentados en la primera evaluación del entrenamiento de jueces. El valor deseable es menor al 45% (línea roja).

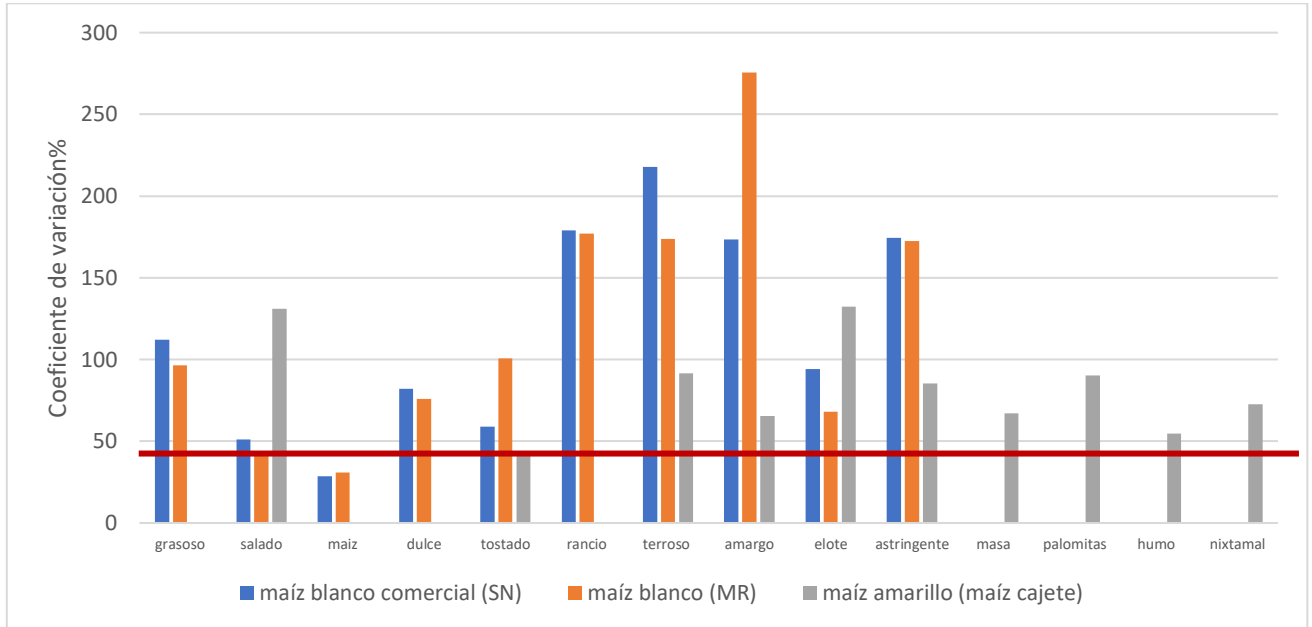


Figura 8. Coeficientes de variación de atributos de flavour presentados en la primera evaluación del entrenamiento de jueces. El valor deseable es menor al 45% (línea roja).

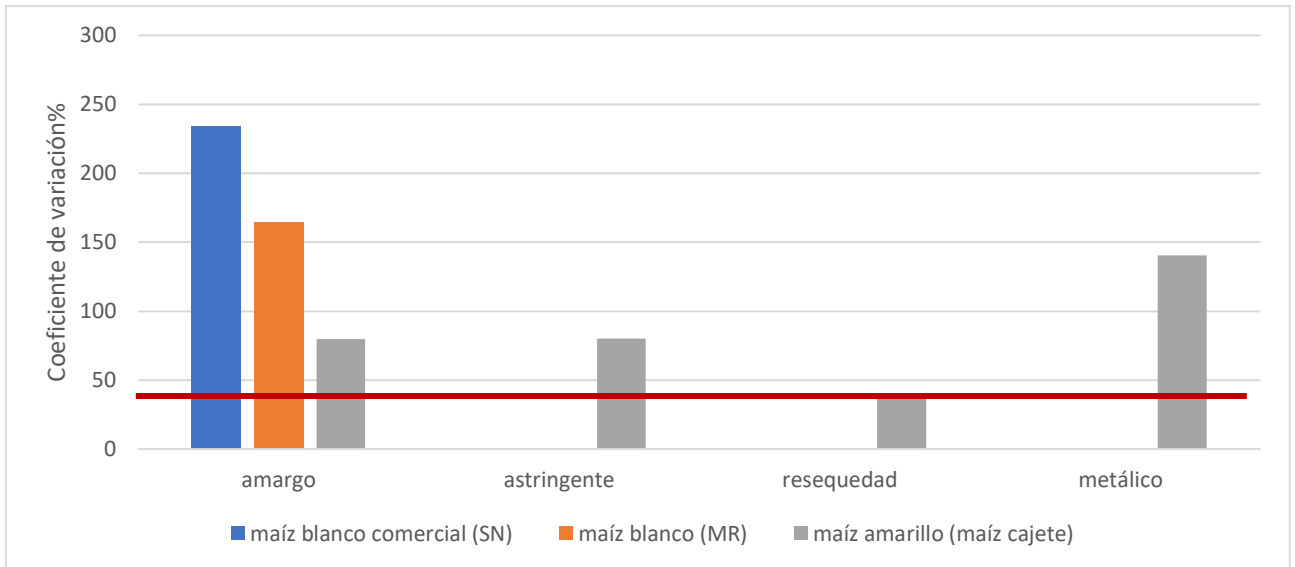


Figura 9. Coeficientes de variación de atributos de resabio presentados en la primera evaluación del entrenamiento de jueces. El valor deseable es menor al 45% (línea roja).

Entrenamiento de los candidatos a jueces. Evaluaciones posteriores

Tras mes y medio de entrenamiento y después de haber realizado evaluaciones con tostadas comerciales y elaboradas con diferentes variedades de maíz de Oaxaca, se realizaron diferentes análisis para evaluar el consenso y la forma en que cada juez evaluó considerando las muestras, las réplicas y los jueces (para cada análisis se realizaron 2 réplicas por juez, en diferente día cada evaluación): un análisis de varianza para evaluar el efecto del producto (**Figura 10**), diagramas de caja para cada atributo, con ejemplo en la **figura 11**, gráficos de componentes principales de los tributos que muestran diferencia significativa (**Figura 12**),

prueba de Friedman para probar si las sesiones dan lugar a valores diferentes en un producto (**Tabla 14**), comparación de las medias de la calificación grupal de atributos con medias de los resultados individuales de cada juez (**figura 13**). Los resultados analizados corresponden a las muestras de maíz belatove (maíz rojo) y maíz negro del estado de Oaxaca, se realizó una réplica para cada panelista en todos los análisis.

El efecto del producto con el análisis de varianza (**Figura 10**) fue significativo para los atributos heterogéneo, sabor a humo, resabio amargo, olor a cal, olor terroso, olor a tostada y textura rugosa; es importante mencionar que en color se evaluó la saturación del color (que tan oscuro era) no así la tonalidad porque eran diferentes uno era rojo y otro negro.

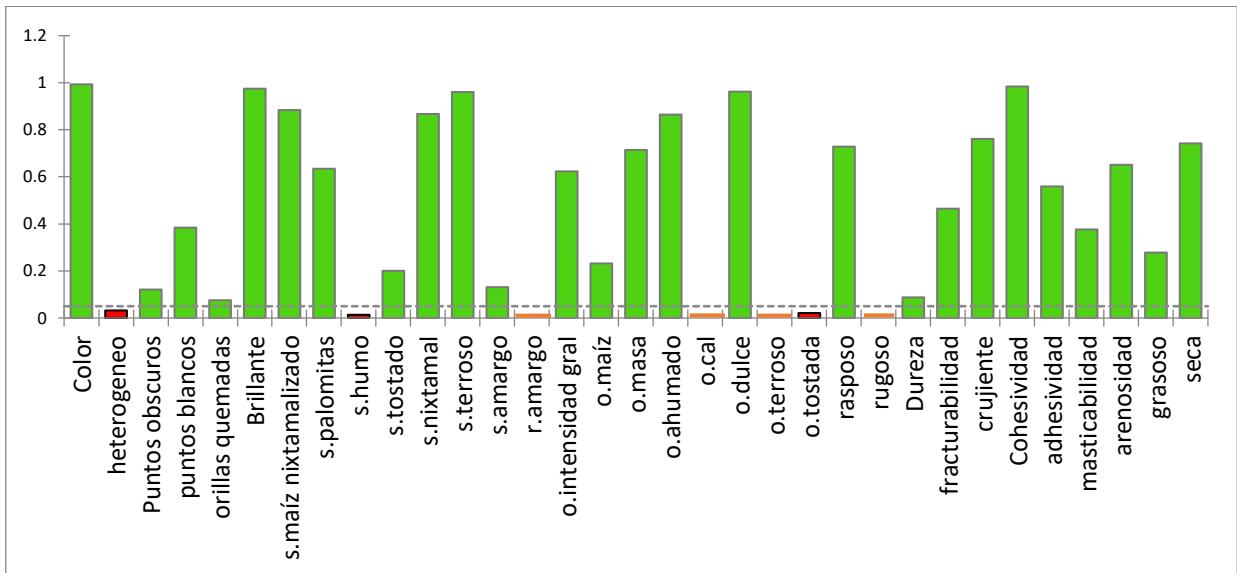


Figura 10. Efecto producto para cada descriptor (ANOVA, valores-p), con la línea punteada indicando 0.05. Con s: flavour, r: resabio y o: olor.

Al evaluar la calificación que otorgo cada juez a cada parámetro, se obtuvieron los diagramas de caja para cada atributo, a modo de ejemplo se muestran dos de ellas. La del olor a tostado en la que se pudo observar que hay algunos jueces como el 4, 5, 8 y 11 que evalúan de manera consistente mientras que los jueces 2, 6, 7, 10 y 13 evalúan con una alta dispersión. En la gráfica para el atributo de olor a cal se puede observar que todos los jueces evalúan de manera consistente entre las diferentes evaluaciones para un mismo producto (**Figura 11**).

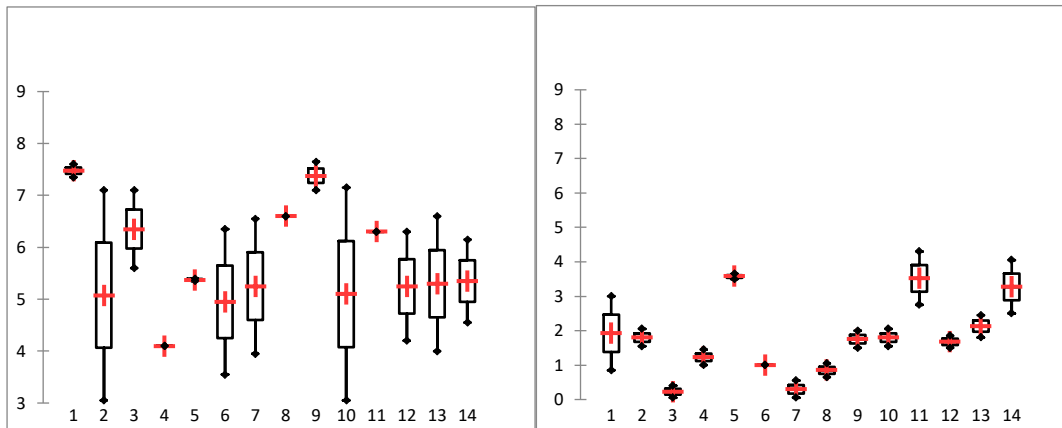


Figura 11. Diagramas de caja para los atributos de olor a tostada (izquierda) y olor a cal (derecha). Marcando con una cruz roja la media de la evaluación de cada juez.

Para evaluar la varianza en los resultados dada por los jueces, para los atributos que en los que el efecto del producto fue significativo, se elaboraron gráficas de componentes principales para los diferentes atributos (Figura 12), , en las que se puede observar que el atributo heterogéneo presenta la mayor correlación entre sus resultados, esto quiere decir que los jueces tuvieron un alto consenso, mientras que olor a cal y tostado, fueron los que menor consenso mostraron ya que la evaluación de los jueces aparecen correlacionados tanto con el componente 1 y el componente 2 y no en un solo cuadrante como se esperaría , esto coincide con los reportado en otros estudios en los que se ha observado que los atributos de olor son los que requieren de mayor tiempo para obtener un consenso que no muestre diferencias significativa entre los jueces (Reyes y Espinosa, 2014).

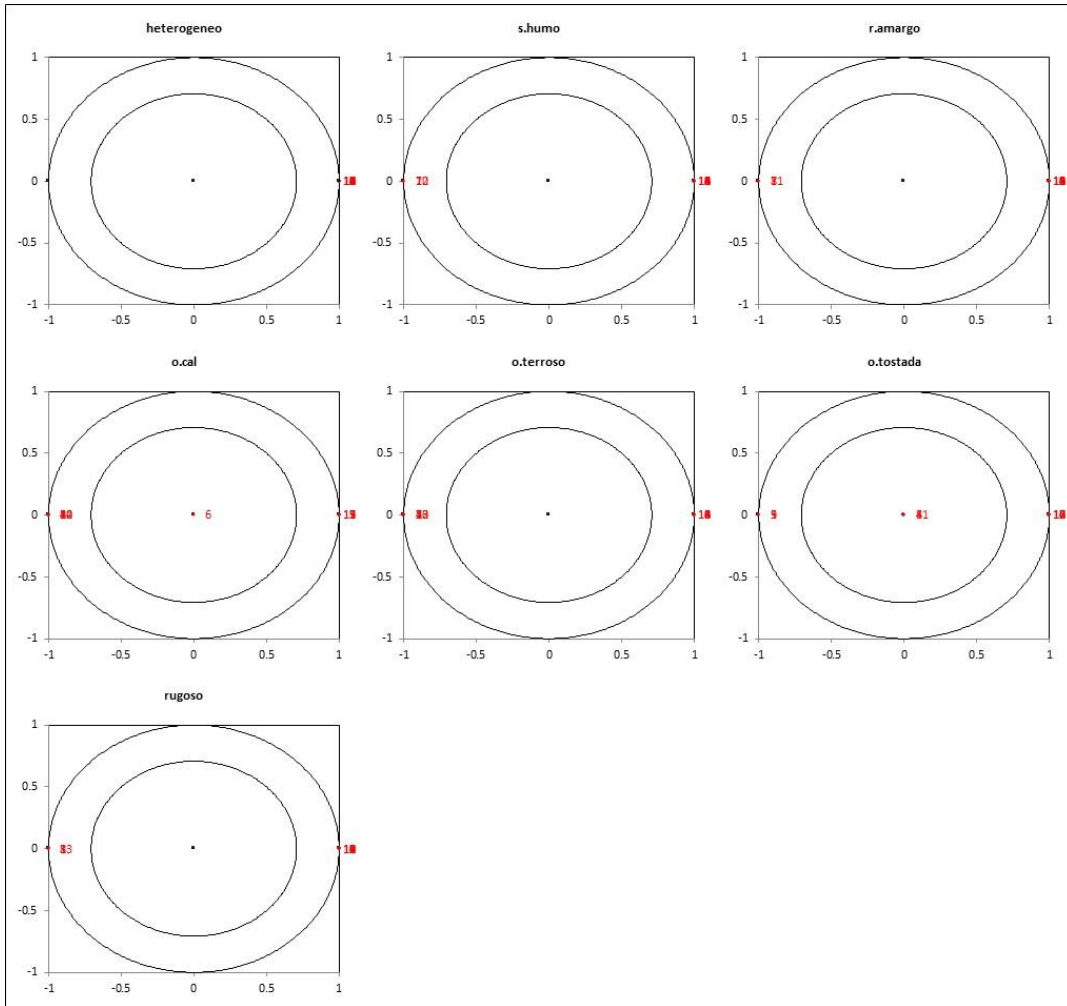


Figura 12. Gráficos de ACP de los atributos que muestran diferencia significativa entre los productos

Al evaluar si las sesiones dan lugar a valores diferentes para un mismo producto, se evaluó el par juez – descriptor con la prueba de Friedman (**Tabla 14**), observándose que los jueces dan valores reproducibles, aunque esto no quiere decir que su evaluación muestre diferencia con respecto a otros jueces.

Tabla 14. Valores-p, para probar si las sesiones dan lugar a valores diferentes en un producto.

Jueces\ Descriptorios	heterogéneo	sabor humo	resabio amargo	olor cal	olor terroso
1	0.500	1.00	1.000	1.000	1.000
2	1.000	1.00	0.500	1.000	0.500
3	0.500	0.50	1.000	1.000	1.000
4	1.000	0.50	0.500	1.000	1.000
5	0.500	1.00	1.000	1.000	1.000
6	1.000	0.50	1.000	1.000	0.500
7	0.500	1.00	1.000	1.000	0.500
8	1.000	0.50	0.500	0.500	1.000
9	0.500	1.00	0.500	0.500	1.000
10	1.000	1.00	1.000	1.000	1.000
11	0.500	0.50	1.000	0.500	1.000
12	0.500	0.50	1.000	0.500	1.000
13	1.000	0.50	1.000	0.500	0.500
14	0.500	1.00	1.000	1.000	1.000

En la **figura 13** se muestran las medias de la calificación otorgada a los jueces y se puede comparar el valor otorgado por cada uno de ellos con respecto a la media grupal. A manera de ejemplo, en la forma de evaluar del juez 3 (línea azul) respecto a la media grupal (línea roja) se puede observar que el juez presenta una evaluación semejante respecto al promedio en los atributos de olor a cal, olor terroso, olor a tostada y rugoso,

sin embargo, presentó una mayor dispersión respecto al promedio especialmente en los atributos de resabio amargo y aspecto heterogéneo. Estos resultados nos permitieron trabajar de forma personalizada los atributos en los que cada juez presentaba dispersión, utilizando diferentes estándares y muestras para que lograr anclar las escalas para todos los atributos.

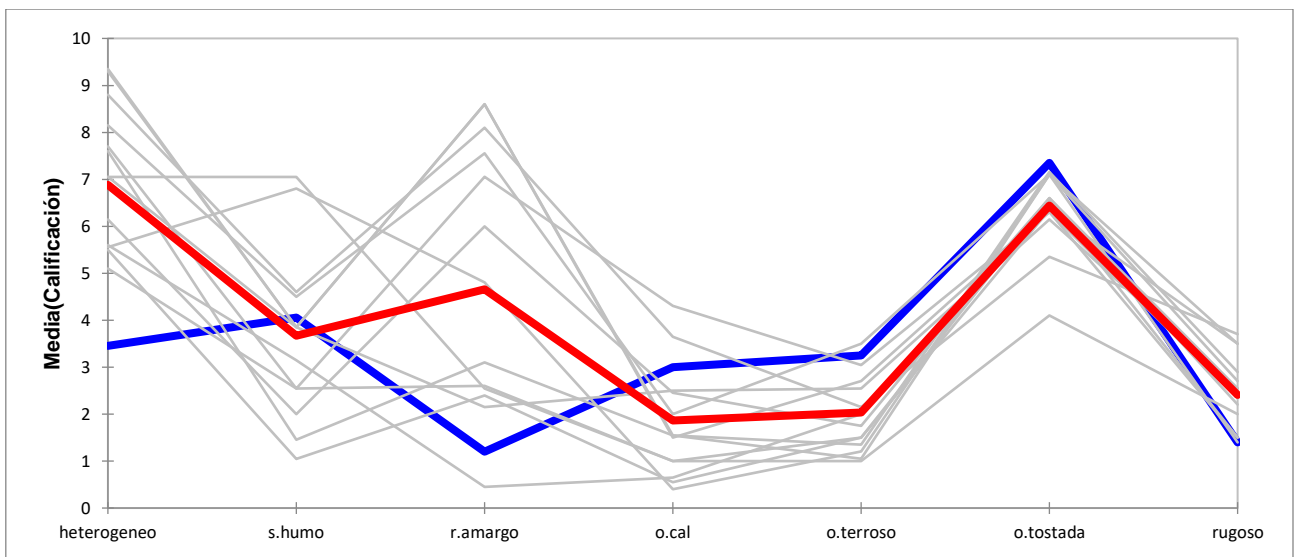


Figura 13. Variación de cada juez para los atributos que tuvieron $p < 0.05$ en el análisis estadístico. En la línea roja se muestra la media grupal y en la azul se muestra, a modo de ejemplo, la forma de evaluar del juez #3; las líneas de color gris son las evaluaciones de los demás panelistas. S (flavour), r (resabio), o (olor).

En esta etapa del entrenamiento se observó que en cada una de las tostadas ya había un grupo grande de atributos anclados es decir que ya no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los jueces; para el maíz belatove el 39% de los atributos, para el maíz negro 45% de los atributos, para maíz tuxpeño el 42%, para el maíz amarillo el 29% y para el maíz cajete el 27%.

Entrenamiento de jueces. Segunda verificación de atributos y evaluaciones finales

Con base en los resultados de la primera verificación se observó que había atributos que todavía no se habían anclado, es decir, que los jueces evaluaban otorgándoles diferente intensidad y que al realizar la prueba de análisis de varianza con un nivel de significancia de 5%, mostraban diferencia significativa entre jueces. Con base en estos resultados, se inició una etapa de entrenamiento personalizado ajustando en cada juez los atributos en los que todavía presentaban diferencia con respecto al grupo, para ello se tuvieron que emplear más estándares así por ejemplo el uso de diferentes marcas de cuitlacoche o maíz amarillo, posteriormente se volvió a realizar el análisis para evaluar el consenso y la forma en que cada juez evaluó considerando las muestras, las réplicas y los jueces. Los resultados analizados se dividieron en dos grupos: **tostadas de maíz**

claro (con maíces tuxpeño y amarillo) y **tostadas oscuras** (de maíces negro y belatove) en donde cada grupo comparte los mismos atributos sensoriales entre sí.

De la misma manera, tras un análisis más a fondo con el panel del presente proyecto, en colaboración con el panel del Laboratorio de Evaluación Sensorial del año 2017, que se utilizó como referencia debido a que ya habían sido entrenados en la metodología de perfiles convencionales y tenían al menos 2 años evaluando diferentes alimentos, entre ellos muestras de tortillas y se conocía su alto consenso al evaluar (analizado con la metodología General Procrustes Análisis), se decidió evaluar con ambos paneles las muestras, encontrándose que habían atributos en muy baja intensidad por lo que se decidió eliminarlos, los atributos se muestran a continuación en la **tabla 15**. Cabe señalar que los atributos eliminados puntos blancos, brillante, grasoso y amargo son atributos que, aunque no se presentan en tostadas provenientes de Oaxaca (negro, belatove, tuxpeño y amarillo) sí se presentan de manera significativa en tostadas comerciales, por ello, se infiere que fue más difícil verificar si estaban presentes o no en las muestras a evaluar. El que los jueces hayan podido discriminar la presencia de estos descriptores entre muestras comerciales corresponde a una mejora en el entrenamiento, ya que la percepción de los mismos atributos por un consumidor y un juez entrenado puede variar por diferentes factores, como son influencia de experiencias previas, nivel

de agrado o agudeza en la percepción sensorial (Fernandes, Ellis, Gámbaro & Barrera-Arellano, 2018).

Tabla 15. Lista de atributos sensoriales para los distintos grupos de tostadas, señalando los atributos eliminados tras una segunda verificación.

Tipo de maíz	Tipo de atributo	Atributos finales	Atributos eliminados respecto a la primera verificación
Maíces oscuros (negro y belatove)	Aspecto	Color, heterogéneo, puntos oscuros, orillas quemadas	puntos blancos, brillante
	Olor	Intensidad general, maíz, ahumado, cal, terroso, tostada	masa, dulce
	Textura	Rasposo, rugoso, dureza, fracturabilidad, crujiente, cohesividad, adhesividad, mastigabilidad, arenosidad, seca	grasoso
	Flavour	humo, tostado, terroso	Maíz nixtamalizado, palomitas, nixtamal
	Resabio	amargo	amargo
Maíces claros (tuxpeño y amarillo)	Aspecto	Color, heterogéneo, puntos oscuros, orillas quemadas	puntos blancos, brillante
	Olor	Intensidad general, maíz, ahumado, cal, terroso, tostada	masa, dulce, rancio, grasoso
	Textura	Rasposo, rugoso, dureza, fracturabilidad, crujiente, cohesividad, adhesividad, mastigabilidad, arenosidad, seca	grasoso
	Flavour	Humo, tostado, elote, terroso	Maíz nixtamalizado, palomitas, nixtamal, amargo
	Resabio	resequedad	Amargo

Como primer acercamiento para evaluar el entrenamiento de los jueces, se determinaron los coeficientes de variación para cada atributo, mostrando de manera general una disminución en los mismos respecto a las primeras evaluaciones, sin embargo, métodos estadísticos más sensibles, como el análisis de varianza, son mejores indicadores para mostrar diferencias más significativas (Lawless et al., 2013); un ejemplo se muestra

en la **figura 13** con los promedios de los coeficientes de variación para tostadas de maíz claro en donde atributos con altos coeficientes de variación (orillas quemadas y sabor a elote) no presentan diferencia significativa entre jueces al realizar el análisis de varianza correspondiente ($\alpha=0.05$).

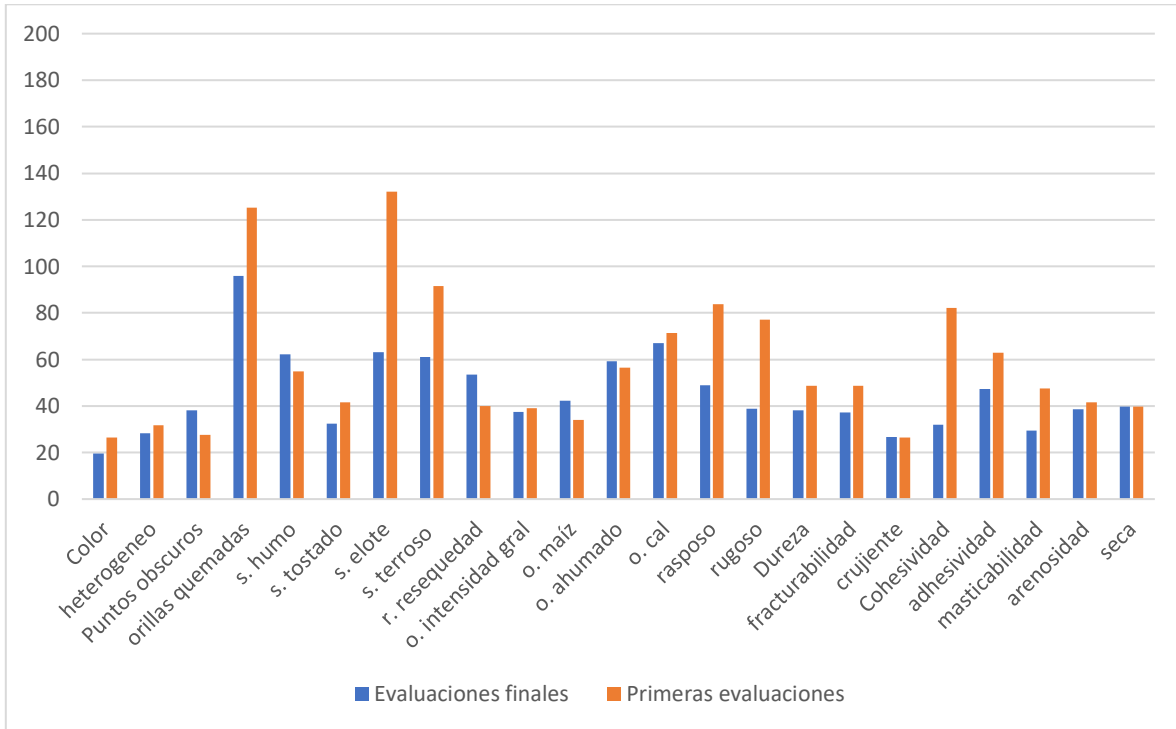


Figura 13. Coeficientes de variación promedio para diferentes atributos con tostadas de maíz claro, primeras evaluaciones vs evaluaciones finales. S: flavour, O: Olor.

De igual manera, se realizaron los perfiles descriptivos de las tostadas de maíz negro, belatove, amarillo y tuxpeño, realizando análisis de varianza para verificar el entrenamiento del panel ($\alpha=0.05$). De manera de ejemplo, se muestran los gráficos radiales para los atributos de las tostadas

de maíz belatove, con dos evaluaciones del mismo producto en diferente tiempo, con la **figura 14** mostrando los atributos de flavour y aspecto y la **figura 15** mostrando los atributos de olor y textura. En este punto del entrenamiento, ningún atributo presentó diferencia significativa para el factor de los jueces ($\alpha = 0.05$) lo que es una medida de la validación del panel de acuerdo con la UNE-EN ISO 8586:2014.

De manera particular para los atributos de textura, de acuerdo con Forde et al., 2013, el número de veces al masticar, el tiempo de masticado y el tamaño de muestra evaluado son factores claves para un correcto análisis sensorial, al estandarizar estos parámetros se logró entrenar a los jueces de tal forma que en el análisis estadístico no se presentara diferencia significativa entre ellos.

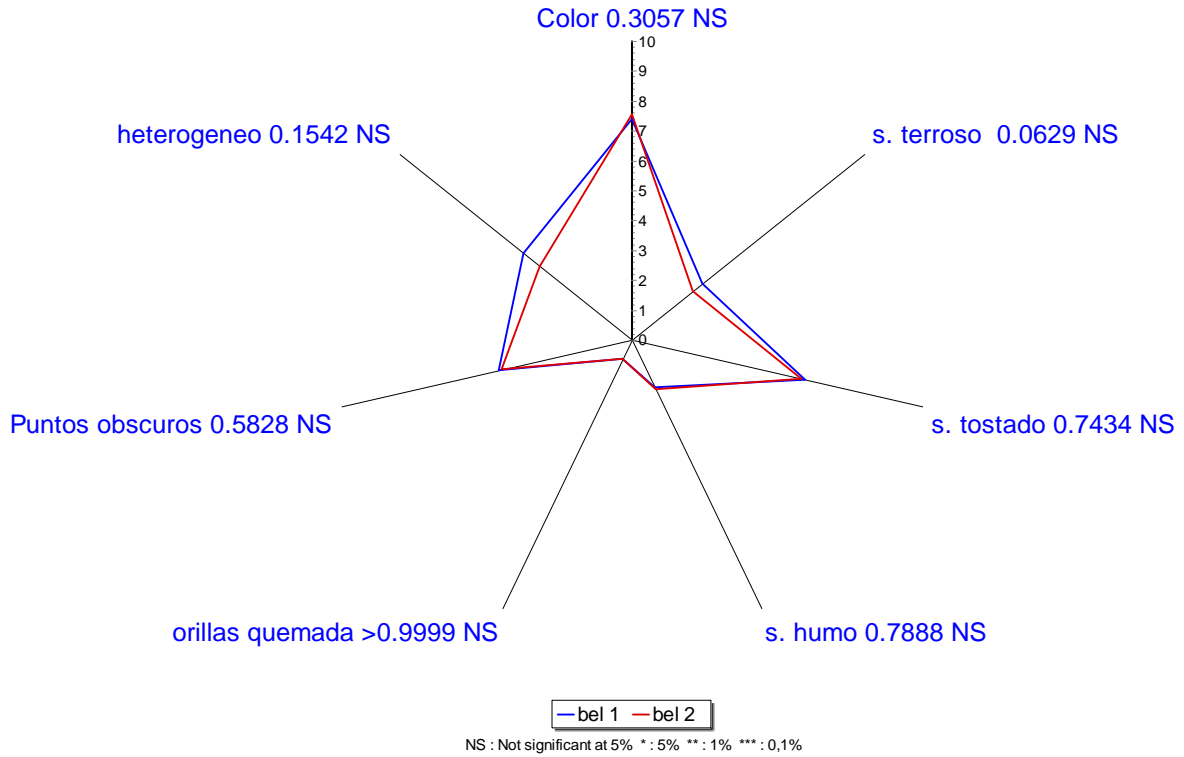


Figura 14. Gráfico radial para los atributos de flavour y aspecto para la tostada de maíz belatove (réplicas con lote 1 nombrado como “bel 1” y con el lote 2 nombrado como “bel 2”). NS: diferencia entre jueces no significativa al 5%. S: flavour.

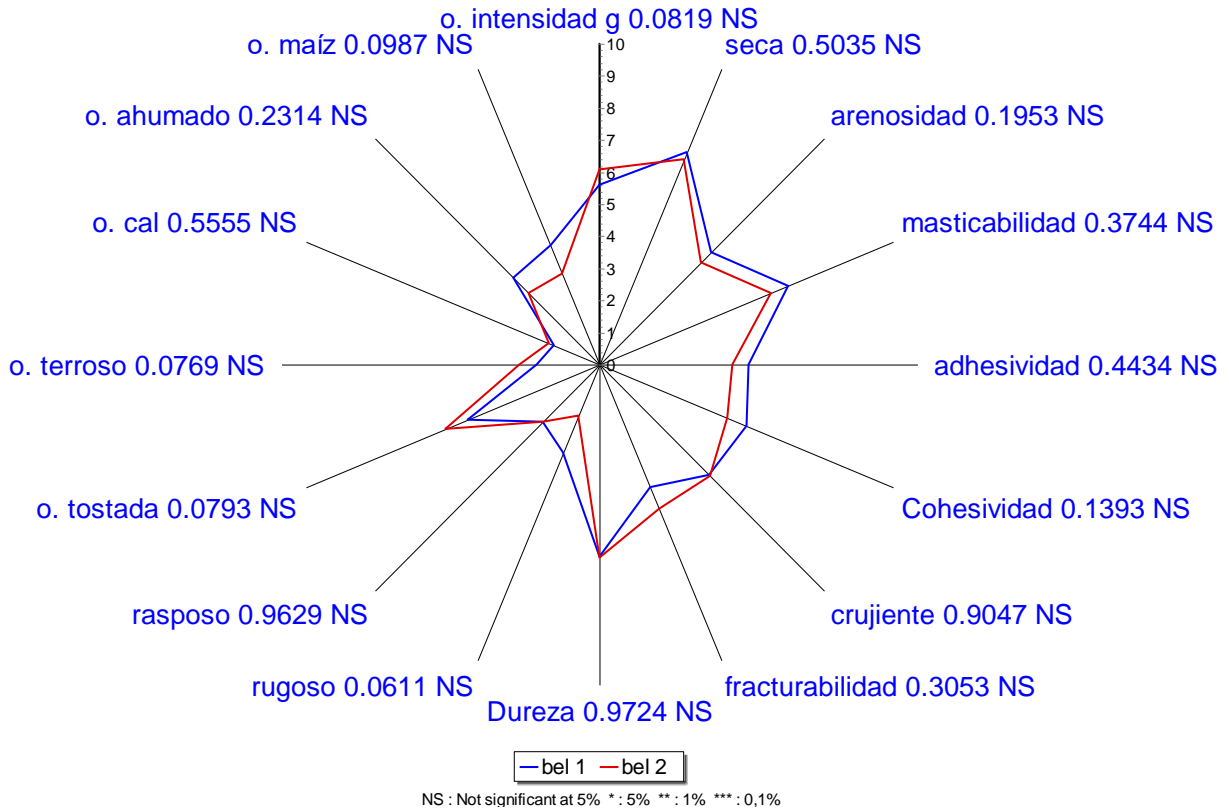


Figura 15. Gráfico radial para los atributos de olor y textura para la tostada de maíz belatove (réplicas con “bel 1” y “bel 2”). NS: diferencia entre jueces no significativa al 5%. O: olor

Los resultados del estudio de los compuestos olfativos descritos para totopos de maíz en las bases de datos del National Institute of Standards and Technology (N.I.S.T.) y el U.S. National Library of Medicine recopilados por The Good Scents Company ® 2020; señala como compuestos primarios en la caracterización del olor y flavour en los totopos de maíz a:

- Acetil piridina (CAS 1122-62-9), con los descriptores de olor: palomita, totopo de maíz, grasoso y tabaco, y los descriptores de flavour: harina de maíz con notas a pan y nueces.
- Acetil tiazol (CAS 24295-03-2), con los descriptores de olor: nuez, palomita, cacahuete tostado y avellana, y los descriptores de flavour: totopo de maíz con fondo almizclado.
- Acetil-2-tiazolina (CAS 29926-41-8), con los descriptores de olor a totopo de maíz, papa, tostado, pan y nueces, y los descriptores de flavour: totopo de maíz, nueces, palomitas y notas tostadas.
- Pirimidinas (CAS 36267-71-7), con los descriptores de olor: maíz, nueces, palomitas, tostado y rostizado, y los descriptores de flavour: maíz, nueces, palomitas, tostado y rostizado.
- 2-metil-sulfanilpirazina (CAS 21948-70-9), con los descriptores de olor a totopo de maíz, nueces y éter sulfuroso.

Como descriptores secundarios se encontraron:

- Acetil pirazina (CAS 22047-25-2), con los descriptores de olor: palomita, nueces, totopo de maíz, corteza de pan, chocolate, avellana y café, y los descriptores de flavour: Rostizado, nueces, pan, levadura, notas a palomitas y totopos de maíz.
- Pirazina (CAS 206-027-6) con olor pungente, maíz dulce, rostizado, avellana y cebada.

Como descriptor terciario a:

- 2-etil-3-metilpirazina (CAS 15707-23-0), con los descriptores de olor a nuez, cacahuete, mohoso/húmedo, con notas terrosas y a pan, y los descriptores de flavour nuez, cacahuete, mohoso/húmedo, con notas a pan.

Considerando el estudio antes mencionado, podemos observar que todos los descriptores de olor y flavour obtenidos en este estudio para las tostadas de maíz blanco, concuerdan con el perfil señalado en la literatura, pudiendo esperar que los atributos puedan estar relacionados con los compuestos encontrados con los totopos y por otros mencionados en la literatura, tomando esto como base se podría pensar que:

- Olor a maíz: podría estar caracterizado principalmente por la presencia de Acetil piridina (descrita como totopo de maíz), así como la Acetil-2-tiazolina (totopo de maíz), Pirimidinas (maíz), 2-metil-sulfanilpirazina (totopo de maíz), Acetil pirazina (totopo de maíz) y Pirazina (maíz dulce).
- Olor ahumado: podría estar caracterizado principalmente en tostadas de maíz por la presencia de Acetil piridina (olor a tabaco), también puede ocasionarse si en el proceso se utilizó algún tipo de material lignocelulósico para la cocción (Domínguez et al., 2019).

- Olor a cal: Puede asimilarse con las notas animálicas provistas por el olor a almizcle en el Acetil tiazol.
- Olor terroso: Causado principalmente por la presencia de 2-etil-3-metilpirazina, describiendo dicho compuesto como mohoso/húmedo con notas terrosas.
- Olor a tostada: Relacionándose con la presencia de Acetil tiazol (cahuate tostado), Acetil-2-tiazolina (tostado), Pirimidinas (tostado y rostizado) y Pirazina (rostizado).
- Sabor a humo: Con los compuestos volátiles relacionados al olor (Acetil piridina) y la combustión de materiales lignocelulósicos.
- Sabor tostado: Principalmente descrito por las pirimidinas presentes (sabor tostado y rostizado) y los compuestos volátiles relacionados al olor (Acetil tiazol, Acetil-2-tiazolina y Pirazina).
- Sabor a elote: Relacionado principalmente con la Pirazina, descrita como maíz dulce, también descrito por la Acetil pirazina (totopos de maíz), 2-metil-sulfanilpirazina (totopo de maíz), Pirimidinas (maíz), Acetil-2-tiazolina (totopos de maíz), Acetil tiazol (totopo de maíz con fondo almizclado) y Acetil piridina (harina de maíz).
- Sabor terroso: Descrito principalmente por la presencia de la 2-etil-3-metilpirazina, describiendo el sabor de dicho compuesto como mohoso/húmedo y el olor con notas terrosas.

Cabe mencionar que los compuestos Acetil piridina, Acetil tiazol, Acetil-2-tiazolina, Pirimidinas y Acetil pirazina presentan descriptores a palomitas en la literatura, atributo que se generó en el inicio del perfil descriptivo, pero se decidió eliminar al no encontrarse de manera significativa en las evaluaciones posteriores. Esto puede deberse a que los tipos de maíz utilizados en el perfil descriptivo no son los mismos que los utilizados en la literatura; o, que, debido al proceso de cocción y nixtamalización, cambie notoriamente la cantidad de los compuestos responsables del olor y flavour de las muestras. Sin embargo, es importante para conocer con exactitud los compuestos presentes el realizar el perfil cromatográfico de las muestras, este análisis es solo ilustrativo de los compuestos que podrían estar presentes en las tostadas.

Se realizó un análisis de componentes principales para los atributos sensoriales (ACP) basándose en las evaluaciones realizadas por el panel para las tostadas de maíz negro, belatove, amarillo y tuxpeño, con los atributos que comparten entre sí. Los resultados del análisis se muestran en la **figura 16** en la que se puede apreciar que con los componentes 1 y 2 se explica el 81.24% de la variabilidad entre las muestras: 52.58% se explica con el componente 1 y 28.66% con el componente 2.

Hasta el momento, no hay reportes que caractericen o estudien sensorialmente tostadas de diferentes tipos de maíces, debido a esto, sólo es posible comparar las muestras entre ellas mismas.

De acuerdo con el análisis de componentes principales, los cuatro tipos de tostadas muestran perfiles sensoriales distintos, siendo las de maíz negro y belatove las que presentan características de olor y flavour con mayor intensidad.

Las tostadas de maíz negro se correlacionan positivamente a los componentes 1 y 2, caracterizándose por tener un mayor olor a tostado y maíz, así como sabor tostado, terroso y a humo. Respecto a la textura, se presenta como la más adhesiva y arenosa, de aspecto heterogéneo y con orillas quemadas.

Las tostadas de maíz belatove se correlacionan positivamente al componente 1 y negativamente al componente 2, caracterizándose por tener una intensidad general de olor alta, así como olor terroso, ahumado y a cal. Respecto a la textura se presenta como rugosa y masticable.

Las tostadas de maíz amarillo se correlacionan negativamente a los componentes 1 y 2, siendo características por su cohesividad y dureza.

Las tostadas de maíz tuxpeño se correlacionan negativamente al componente 1 y positivamente al componente 2, caracterizándose de mayor manera por presentar textura rasposa, crujiente y fracturable.

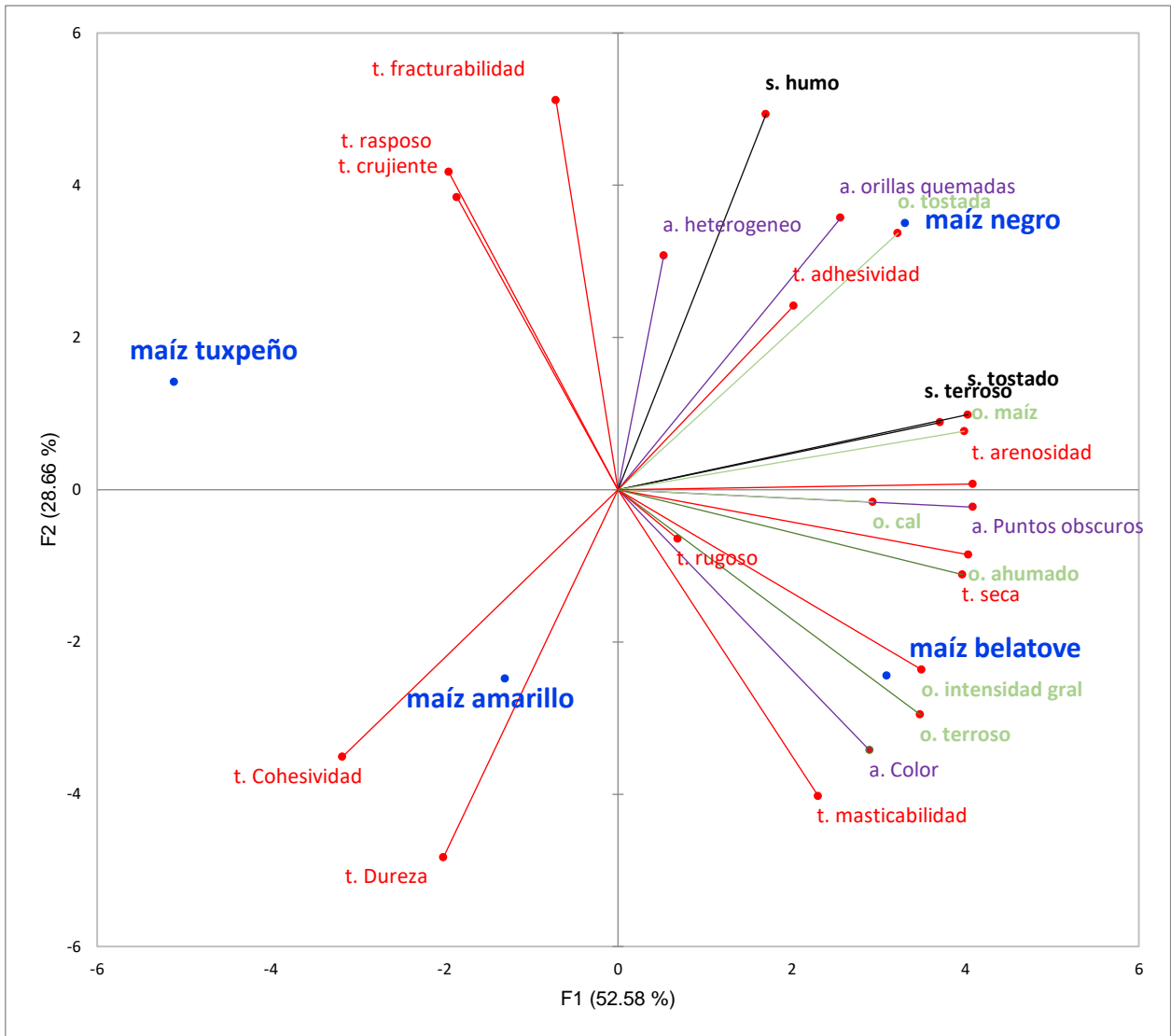


Figura 16. Análisis de componentes principales con datos de atributos sensoriales para tostadas de maíces negro, belatove, amarillo y tuxpeño. O: olor (color verde), S: flavour (color negro), T: textura (color rojo), A: aspecto (color morado).

De manera general, las tostadas que se perciben más oscuras también se perciben como las de textura más seca, esto concuerda con lo expuesto por Barrios, 2007, quien reporto que la concentración de antocianinas está relacionada con la sensación de resequedad en tortillas elaborados con maíz rojo o azul. Sin embargo, las tostadas con más contenido de antocianinas no sólo se perciben como las más secas, sino que también se perciben como las más masticables, arenosas, adhesivas y con un perfil de olor y flavour más complejo que las tostadas de maíces claros (con menor contenido de antocianinas); también las tostadas con menor pigmentación se perciben como más duras, cohesivas, crujientes, rasposas y fracturables; esto concuerda con lo expuesto por Páramo-Calderón et al., 2019 en donde tortillas adicionadas con antioxidantes presentan una disminución considerable en la cohesividad. Con lo antes mencionado se observa que podría existir una relación entre la concentración de antocianinas en tostadas y la textura de las mismas.

También se analizó el efecto del producto para determinar los atributos más significativos en el momento de realizar el perfil descriptivo. El efecto del producto para las tostadas de maíces claros (**figura 17**) fue significativo para los atributos textura: dureza, cohesividad y crujiente, lo que significa que estos son los atributos que van a caracterizar mejor las diferencias entre este tipo de maíces; esto concuerda con lo expuesto por múltiples estudios en donde se manejan alimentos a base de cereales,

como Winger et al., 2014 y Waliszewski et al., 2002 en donde se describen la dureza y cohesividad como atributos clave para la evaluación de tortillas.

De acuerdo con el análisis de componentes principales mostrado en la **figura 16**, estos atributos (dureza, cohesividad y crujiente) se correlacionan de gran manera para las tostadas de maíz claro (correlacionándose negativamente al componente 1) sin embargo, aunque las tostadas de maíz claro también se percibieron como rasposas y fracturables, estos no fueron factores claves para evaluar el efecto del producto, como se observa en la **figura 17**.

Para las tostadas oscuras, el efecto del producto (ANOVA) (**figura 18**) fue significativo para los atributos de aspecto: color y heterogéneo; también para el atributo de textura: arenosidad. Se observa en el análisis de componentes principales (**figura 16**) que estos atributos se correlacionan principalmente a las tostadas de maíz oscuro (correlacionándose positivamente al componente 1) y no a las tostadas de maíz claro.

La mayoría de los atributos antes descritos son de textura, esto es importante debido a que este tipo de atributos para las tostadas o totopos de maíz está descrito como uno de los más importantes para su aceptación y caracterización (Xu & Kerr, 2012) esto aplica tanto para totopos fritos

(34 g de aceite / 100 g totales) como para totopos con poca grasa (1.6 g de aceite / 100 g totales).

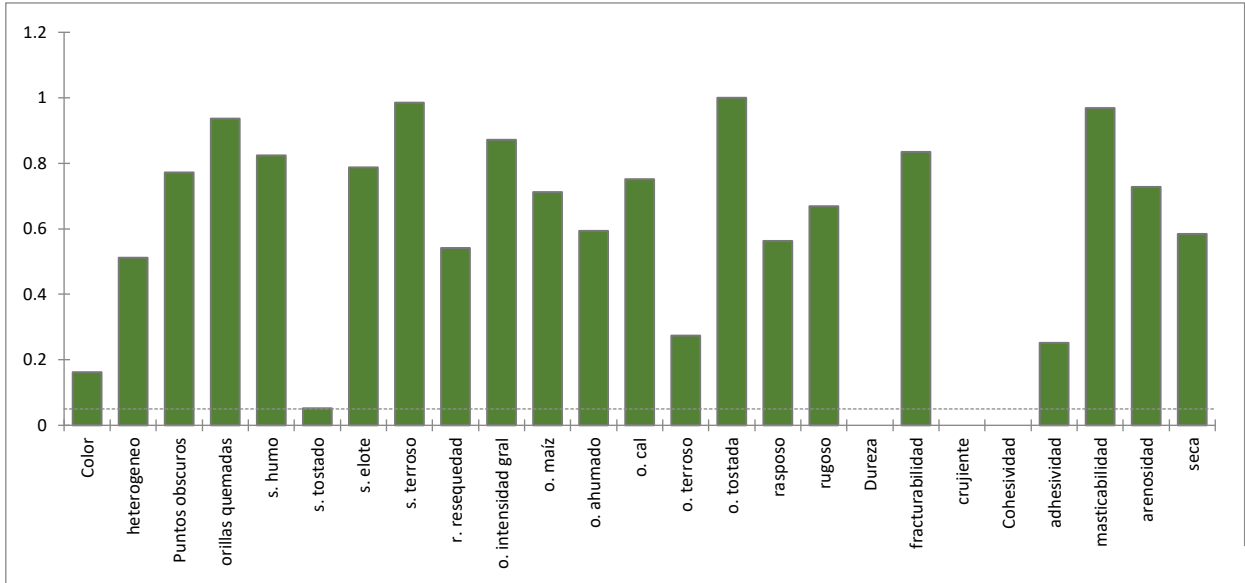


Figura 17. Efecto producto para cada descriptor para tostadas de maíz claro (valores-p), con la línea punteada indicando 0.05. Con s: flavour, r: resabio y o: olor.

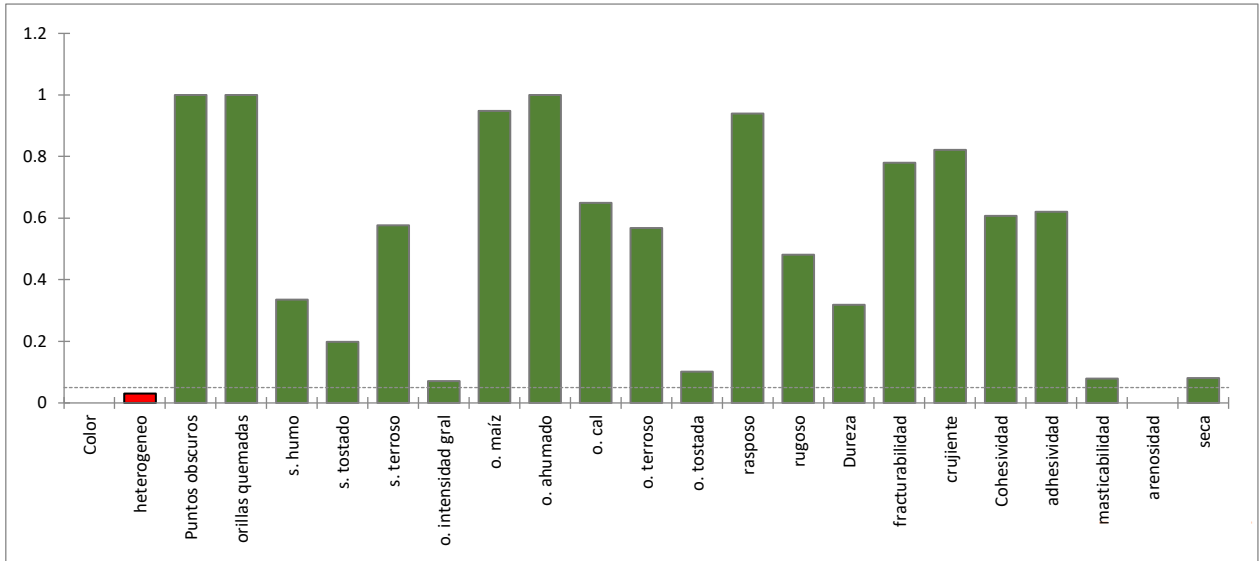


Figura 18. Efecto producto para cada descriptor para tostadas de maíz oscuro (valores-p), con la línea punteada indicando 0.05. Con s: flavour, r: resabio y o: olor.

Para evaluar la varianza en los resultados dados por los jueces para los atributos en los que el efecto del producto fue significativo, se elaboraron graficas de componentes principales para los descriptores de las tostadas claras (**figura 19**) y tostadas oscuras (**figura 20**). Todos los descriptores son de aspecto y textura, mostrando más variación el atributo de color de tostadas oscuras, esto se puede deber a que cada tipo de tostada era realizada mediante un proceso no estandarizado y la variación del color depende del tiempo de cocción de cada una de ellas.

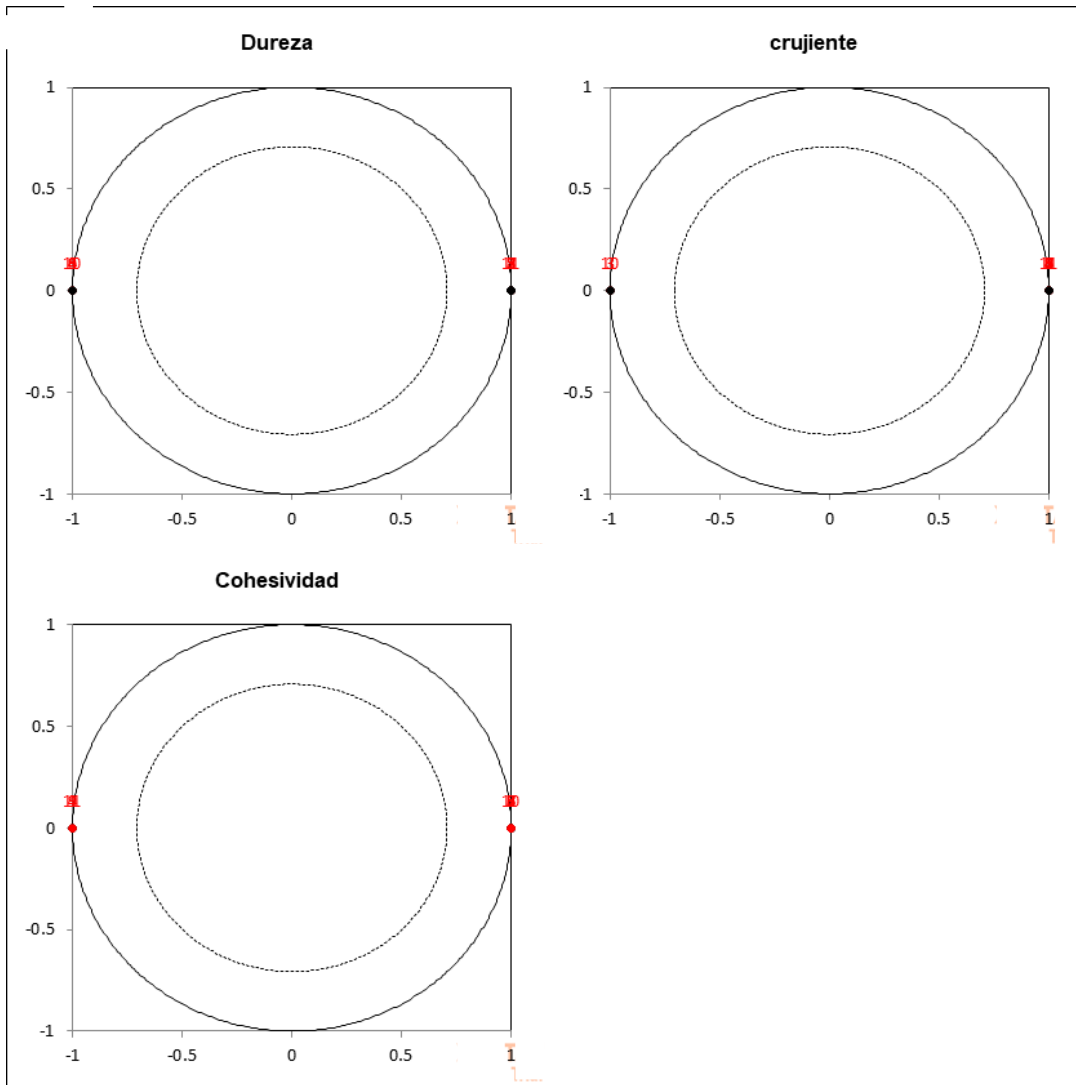


Figura 19. Gráficos de ACP del porcentaje de varianza de los atributos que muestran diferencia significativa entre los productos, para las tostadas de maíz claro

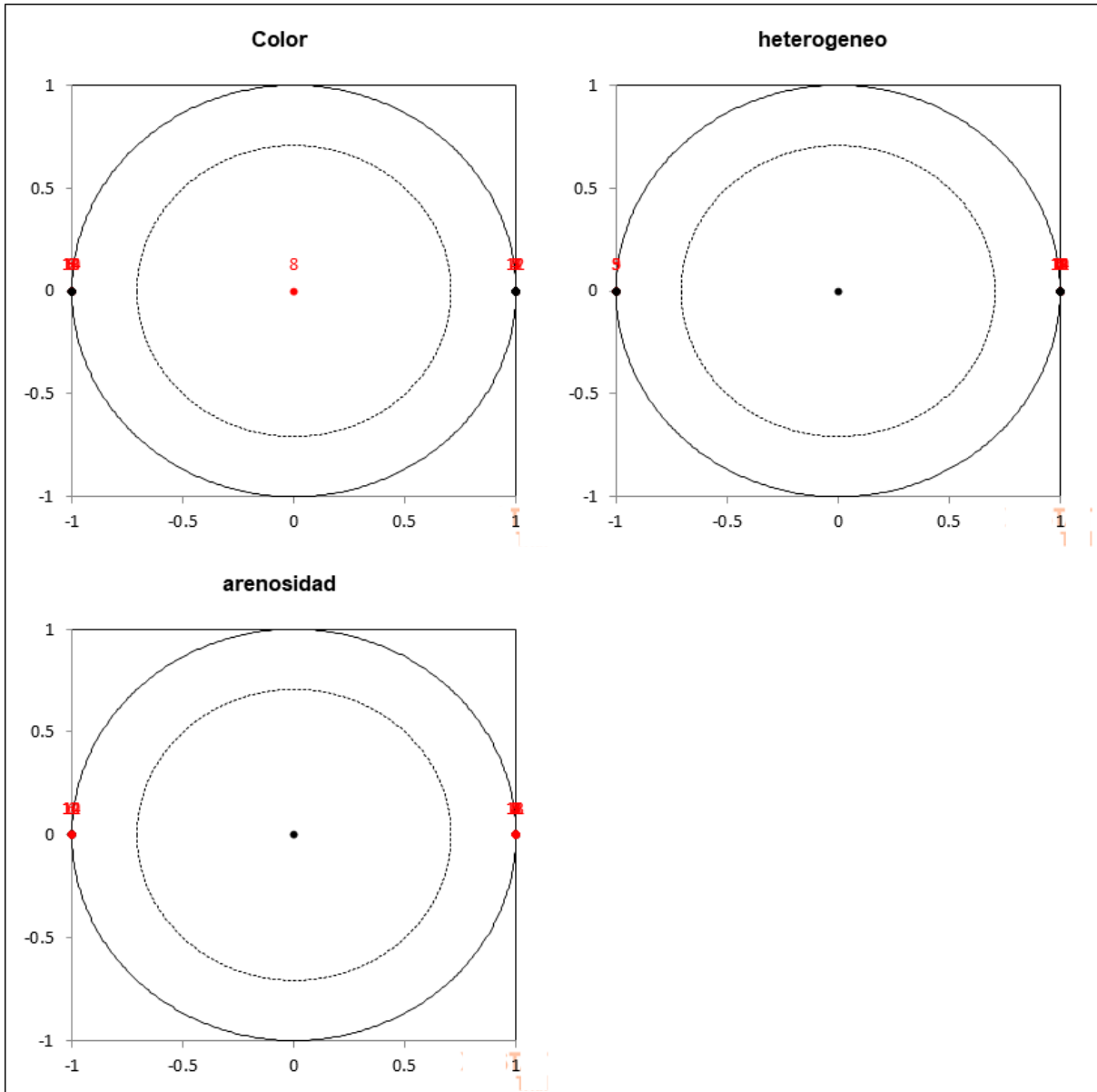


Figura 20. Gráficos de ACP del porcentaje de varianza de los atributos que muestran diferencia significativa entre los productos, para las tostadas de maíz obscuro

De igual manera, se hizo el análisis para determinar si las sesiones dan lugar a valores diferentes para un mismo producto, se evaluó el par juez – descriptor, observándose que los jueces dan valores reproducibles ($\alpha=0.05$). En la **tabla 15** se observan los valores correspondientes a las tostadas de maíz claro y en la **tabla 16** a los valores de tostadas de maíz obscuro.

Tabla 15. Valores-p, para probar si las sesiones dan lugar a valores diferentes en un producto, para maíces claros

Jueces\Descriptores	Dureza	crujiente	Cohesividad
1	1.000	0.500	1.000
2	1.000	1.000	1.000
3	0.346	1.000	0.500
4	1.000	0.500	1.000
5	1.000	1.000	0.500
6	0.500	1.000	0.500
7	1.000	0.500	1.000
8	1.000	0.500	0.500
9	0.500	0.500	0.500
10	1.000	0.500	1.000
11	0.500	1.000	1.000

Tabla 16. Valores-p, para probar si las sesiones dan lugar a valores diferentes en un producto, para maíces oscuros

Jueces\Descriptores	Color	heterogeneo	arenosidad
1	0.500	0.500	0.500
2	1.000	1.000	0.500
3	0.500	0.500	1.000
4	0.346	1.000	0.500
5	0.500	0.500	1.000
6	0.500	0.500	1.000
7	1.000	1.000	0.500
8	1.000	0.500	0.500
9	0.346	0.346	0.500
10	1.000	1.000	1.000
11	0.500	0.500	1.000
12	0.500	0.500	0.500
13	1.000	0.500	0.500
14	1.000	0.500	0.500

En las **figuras 21 y 22** se muestran las medias de la calificación otorgada a los jueces para los atributos de tostadas claras y se puede comparar el valor otorgado con cada uno de ellos con respecto a la media grupal. A manera de ejemplo, en la forma de evaluar del juez 3 (línea azul) respecto a la media grupal (línea roja) se puede observar que este juez presenta una mayor dispersión respecto al promedio especialmente en la evalua-

ción del atributo de dureza para ambos productos. Este tipo de representación de los resultados es especialmente útil para observar la desviación individual de cada juez, propósitos tanto del entrenamiento como la eliminación de datos atípicos.

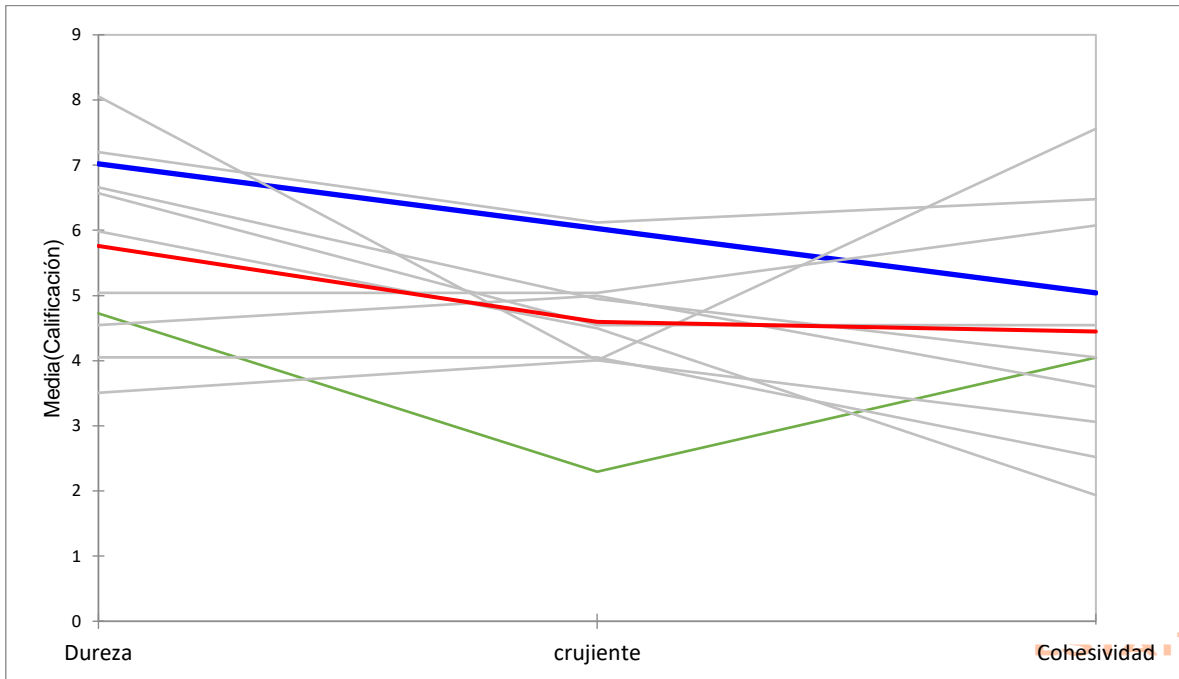


Figura 21. Variación de cada juez para los atributos que tuvieron $p < 0.05$ en el análisis estadístico para las tostadas claras de maíz amarillo. En la línea roja se muestra la media grupal y en la azul se muestra, a modo de ejemplo, la forma de evaluar del juez #3; las líneas de color gris son las evaluaciones de los demás panelistas. En color verde se hace referencia a las evaluaciones del juez 1, mostrando resultados atípicos en el atributo “crujiente”.

Cuando se observó que un juez estaba utilizando de diferente forma la escala para evaluar la intensidad de un atributo, se trabajó de forma personal con el juez para ayudarlo a corregir el uso de la escala y esto se hizo en cada uno de los atributos evaluados, hasta que el juez ya no mostrara diferencia significativa con respecto al grupo.

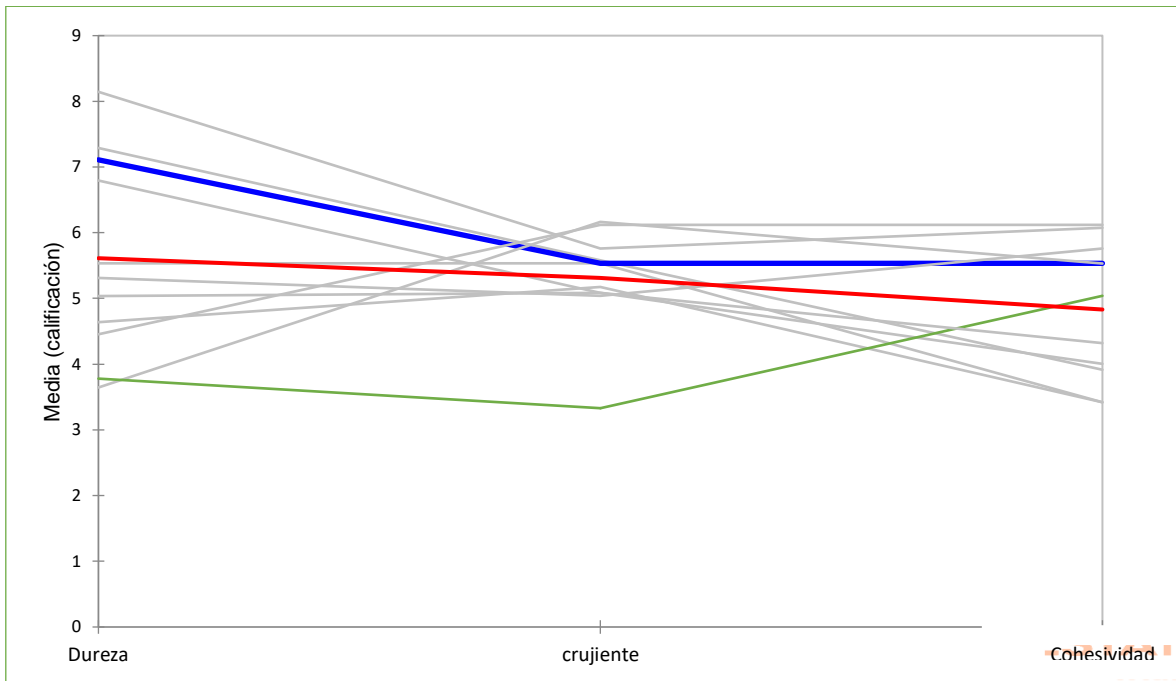


Figura 22. Variación de cada juez para los atributos que tuvieron $p < 0.05$ en el análisis estadístico para las tostadas claras de maíz tuxpeño. En la línea roja se muestra la media grupal y en la azul se muestra, a modo de ejemplo, la forma de evaluar del juez #3; las líneas de color gris son las evaluaciones de los demás panelistas. En color verde se hace referencia a las evaluaciones del juez 10, mostrando resultados atípicos en el atributo "crujiente".

Asimismo, en las **figuras 23 y 24** se muestran las medias de la calificación otorgada a los jueces para los atributos de tostadas oscuras. A manera de ejemplo, en la forma de evaluar del juez 5 (línea azul) respecto a la media grupal (línea roja) se puede observar que dicho juez presenta poca dispersión respecto al promedio para las tostadas de maíz belatove, sin embargo, en sus evaluaciones para las tostadas de maíz negro presentó una mayor variación, especialmente en el atributo de aspecto heterogéneo.

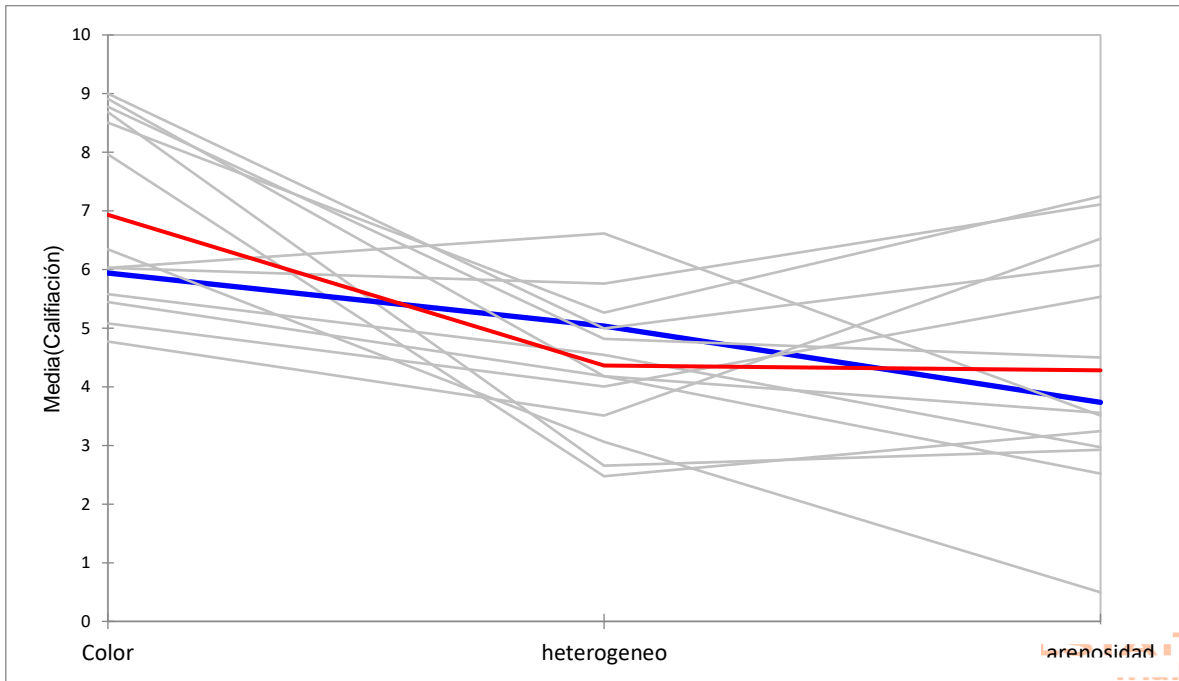


Figura 23. Variación de cada juez para los atributos que tuvieron $p < 0.05$ en el análisis estadístico para las tostadas oscuras de maíz belatove. En la línea roja se muestra la media grupal y en la azul se muestra, a modo de ejemplo, la forma de evaluar del juez #5; las líneas de color gris son las evaluaciones de los demás panelistas.

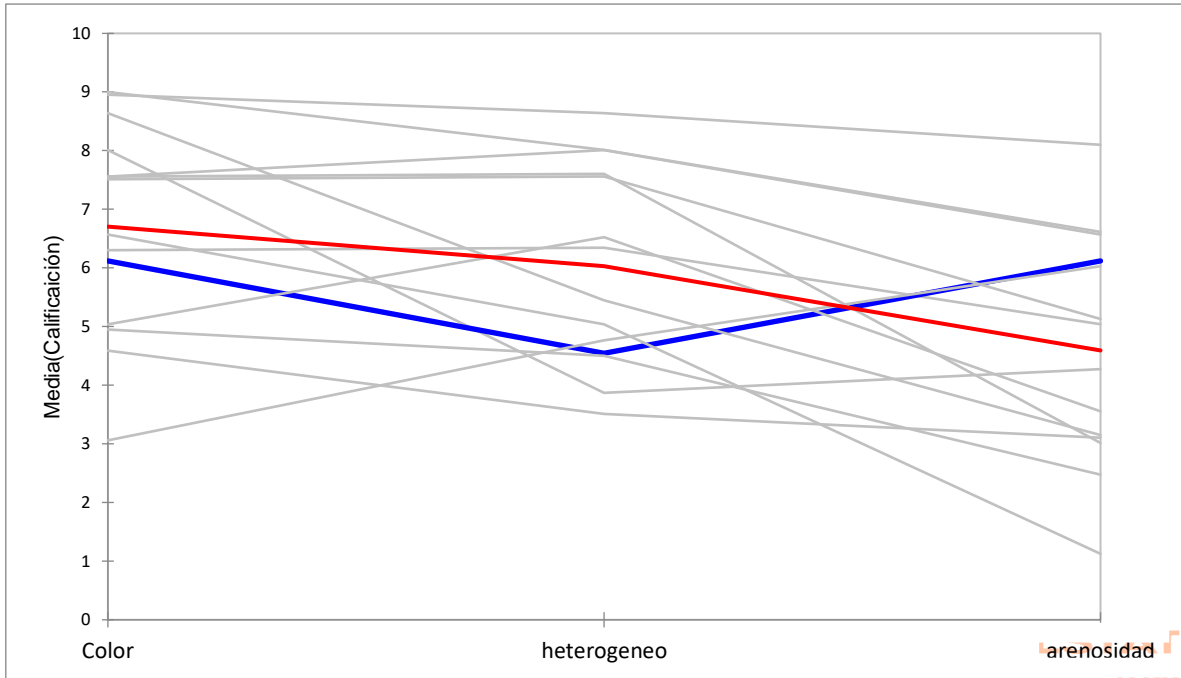


Figura 24. Variación de cada juez para los atributos que tuvieron $p < 0.05$ en el análisis estadístico para las tostadas oscuras de maíz negro. En la línea roja se muestra la media grupal y en la azul se muestra, a modo de ejemplo, la forma de evaluar del juez #5; las líneas de color gris son las evaluaciones de los demás panelistas.

Entrenamiento de jueces. Entrenamiento e identificación de olores

Debido a que el entrenamiento en la evaluación de olores, es la etapa más compleja en la generación de un perfil sensorial, para apoyar el entrenamiento de los jueces, de forma simultánea a su entrenamiento, se realizaron sesiones de identificación de aromas, con el fin de desarrollar la memoria sensorial y capacidad descriptiva de cada juez, para esto, en cada evaluación de este tipo se le otorgó a cada juez una serie de tubos de ensayo con un aroma impregnado en él, los aromas utilizados, el % identificación inicial, el final, el aumento en el porcentaje de identificación, así como el volumen de extracto que se les aplicó se puede observar en la **tabla 16**.

En la tabla se puede observar que el porcentaje de identificación grupal aumentó considerablemente tras realizar las diferentes evaluaciones, en donde todos los panelistas mostraron mejora, siendo los aromas de durazno, mango y coco aquellos que tuvieron menor identificación por parte de los jueces; esto se puede deber a que estos aromas presentaban perfiles más artificiales y menos acertados respecto a los frutos que representaban.

Tabla 16. Resultados del entrenamiento de identificación de aromas

Aroma	Volumen añadido (μL)	% ID grupal ini- cial	%ID grupal final	Aumento en el %ID
menta	5	88.0	96	8.0
chicle	5	44.0	100	56.0
nuez	5	20	96	76.0
durazno	7	0	56	56.0
fresa	5	51.9	78.6	26.7
piña	5	48.1	92.9	44.8
uva	10	59.3	78.6	19.3
mango	5	36	60.7	24.7
pollo	5	0	89.3	89.3
arándano	50	36	82.1	46.1
naranja	10	74.1	92.9	18.8
avellana	5	66.7	96.4	29.7
hierbabuena	5	52.2	96	43.8
base ave- llana	5	4.3	80	75.7
frambuesa	5	11.1	64.3	53.2
coco	7	32	53.6	21.6

*Para la preparación de las baterías de olor se añadió el volumen indicado con una jeringa de insulina a una tira de papel filtro dentro de un tubo de ensayo forrado con aluminio.

Análisis instrumental. Color y textura

Se realizó en análisis instrumental de color con el espectrofotómetro Minolta CM-3600d con las condiciones indicadas en la **tabla 17**, mismas que fueron estandarizadas y empleadas por Escamilla en 2006 para evaluar el color en tortillas de maíz blanco. Y un análisis de textura con el texturómetro TA.XT2 plus de la marca Stable Micro System para la medición de dureza y fracturabilidad con las condiciones indicadas en la **tabla 18** con base en lo reportado por Tavera, 2007.

Tabla 17. Parámetros del espectrofotómetro Minolta CM-3600d

Modo de color	L*a*b*
Detector	10°
Iluminante primario	D65
Lente o área de visión	Pequeño
Componente especular	SCE (excluido) y SCI (incluido)

Tabla 18. Parámetros del texturómetro TA.XT2

Perfil de operación	Pretzel Sticks
% de compresión	30%
Velocidad pre-ensayo (mm/s)	1.00
Velocidad ensayo (mm/s)	1.00
Velocidad post-ensayo (mm/s)	10.0
Distancia (mm)	10 mm
Sonda	HDP/CFS
Tipo de ensayo	Dureza y fracturabilidad

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) basándose en las mediciones tanto de color como de textura para las tostadas objeto de estudio (de maíces negro, belatove, amarillo, cajete y tuxpeño) y para las tostadas comerciales representativas (SN, CH y MR). Los resultados del análisis se muestran en la **figura 25**.

En la **figura 25** se observa que con los componentes 1 y 2 se explica el 89.07% de la variabilidad entre las muestras: 53.11% con el componente 1 y 35.95% con el componente 2. Asimismo, los componentes especulares excluido e incluido tienen valores muy similares en todos los casos, esto es explicado porque se utilizó un lente con área de visión pequeña, lo que permitió captar superficies lisas en todas las tostadas (aunque en general algunas muestras comerciales presentaban textura irregular).

Las tostadas provenientes de Oaxaca de maíces amarillo, tuxpeño y cajete, correlacionadas positivamente a los componentes 1 y 2, presentan un perfil de color similar (amarillo claro) que se asemeja con el color de las tostadas comerciales CH.

Las tostadas MR y SN, correlacionadas positivamente al componente 1 y negativamente al componente 2, presentan entre ellas características similares de color y textura, diferentes al resto de las muestras; dichas tostadas se caracterizan por ser fracturables y duras.

La tostada de maíz rojo (belatove) se correlaciona negativamente al componente 1 y positivamente al componente 2, caracterizándose por un aspecto más oscuro y rojizo.

La tostada de maíz negro, correlacionada negativamente a los componentes 1 y 2 presenta un perfil totalmente distinto al resto de las muestras.

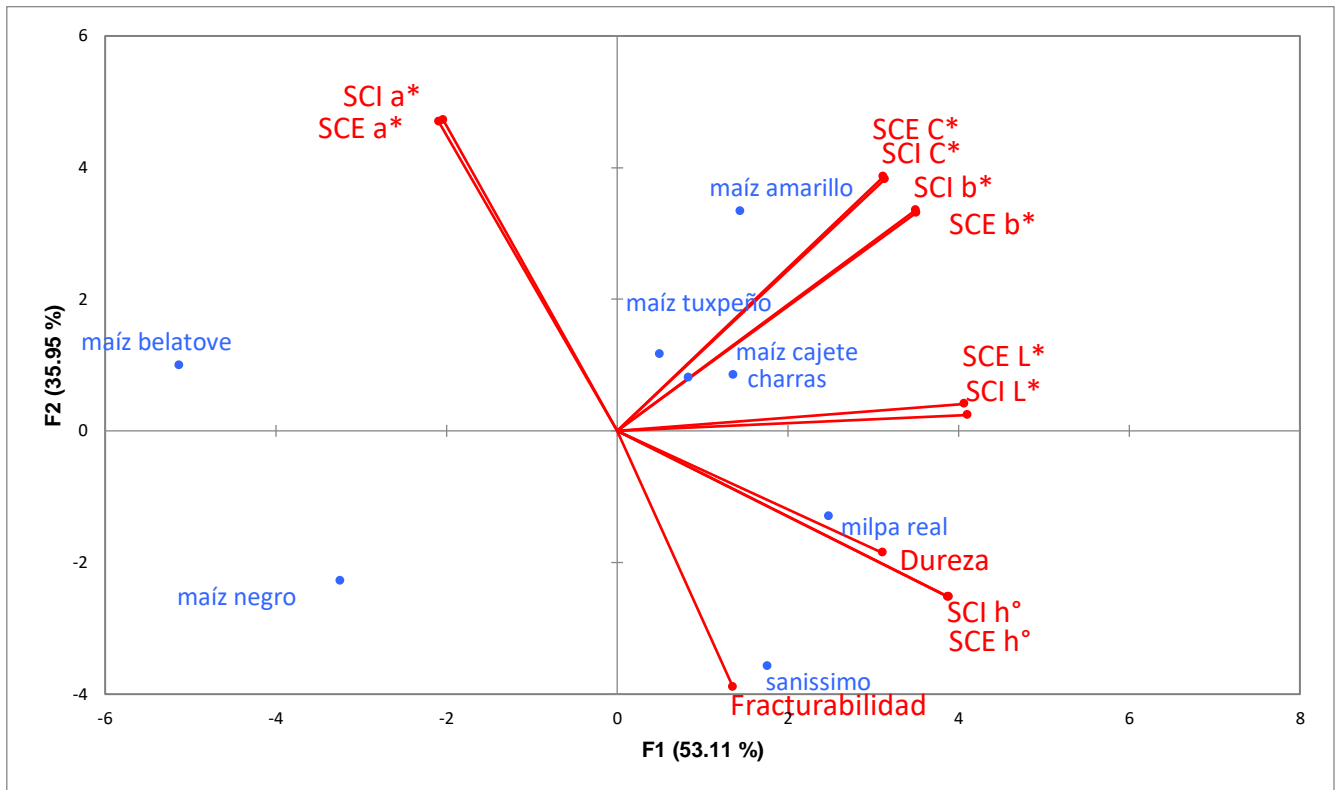


Figura 25. Análisis de componentes principales con datos instrumentales de color y textura

En la **figura 26** se muestra el gráfico del análisis de los datos sensoriales e instrumentales. Los puntos a destacar del análisis conjunto son que los resultados sensoriales concuerdan con el análisis instrumental para el co-

lor, presentando las tostadas de maíz belatove y negro un perfil completamente distinto a las tostadas de maíz amarillo y tuxpeño, siendo las primeras de un color más oscuro y rojizo (para los atributos de color las tostadas de maíz amarillo y tuxpeño se correlacionan negativamente al componente principal mientras que las tostadas belatove y negra se correlacionan positivamente para el mismo componente). Respecto al análisis de textura, tanto sensorial como instrumentalmente se percibieron las tostadas de maíz claro (amarillo y tuxpeño) como las más duras (ambas correlacionándose negativamente al componente 1), sin embargo, para el atributo de fracturabilidad se caracterizó sensorialmente a las tostadas claras como menos fracturables, mientras que instrumentalmente se les caracterizó como las más fracturables. Esto se puede deber a que el análisis instrumental de textura mide la fractura de la tostada en la primera compresión de la muestra, mientras que sensorialmente se midió en boca, evaluando el grado en el que se rompe la muestra al morderla con los dientes incisivos. Estas diferencias en la evaluación podrían estar arrojando estas diferencias en los resultados.

Se puede apreciar que con los componentes 1 y 2 se explica el 77.14% de la variabilidad entre las muestras: 51.62% se explica con el componente 1 y 28.52% con el componente 2.

De acuerdo con el análisis de componentes principales, los cuatro tipos de tostadas muestran perfiles sensoriales distintos, siendo las de maíz

negro y belatove las que presentan características de olor y flavour con mayor intensidad.

Las tostadas de maíz negro se correlacionan positivamente al componente 1 y negativamente al componente 2, caracterizándose por tener un mayor olor a tostado y maíz, así como sabor tostado, terroso y a humo. Respecto a la textura, se presenta como la más adhesiva, fracturable y con orillas quemadas.

Las tostadas de maíz belatove se correlacionan positivamente a los componentes 1 y 2, caracterizándose por tener una intensidad general de olor alta, así como olor terroso, ahumado y a cal. Respecto a la textura se presenta como rugosa y masticable.

Las tostadas de maíz amarillo se correlacionan negativamente al componente 1 y positivamente al componente 2, siendo características por su cohesividad y dureza.

Las tostadas de maíz tuxpeño se correlacionan negativamente a los componentes 1 y 2, caracterizándose de mayor manera por presentar textura rasposa, crujiente y fracturable.

Conclusiones

- De 65 personas que participaron en la prueba de selección, 57 terminaron este proceso, de ellos, se eligió un grupo de 28 panelistas sensoriales (49% respecto a los que terminaron el proceso) para ser entrenados en la metodología descriptiva convencional, para desarrollar el perfil de tostadas de diversas variedades de maíz.
- Los factores que se tomaron en cuenta para la selección fueron:
 - Disponibilidad de horario y asistencia al laboratorio
 - Vínculo con la institución (reclutamiento interno o externo)
 - Edad y condición de salud, en lo que destacan:
 - Enfermedades que afecten la percepción de los sentidos (como alergias, intolerancias o daltonismo)
 - Dentaduras postizas
 - Alguna otra afectación que altere la evaluación
 - Hábitos personales y de consumo, en lo que destacan:
 - Horarios de alimentación
 - Consumo de alimentos altos en azúcares, grasas o sal
 - Consumo de sustancias tóxicas
 - Uso frecuente de fragancias
 - Disgustos a alimentos u olores en específico
 - Capacidad sensorial discriminante
 - Umbrales de percepción e identificación

- Aptitud para comunicar y describir
- Capacidad para el rápido desarrollo de memoria sensorial
- Factores psicológicos:
 - Responsabilidad
 - Capacidad de diálogo
 - Interés y motivación por ser parte del panel
- El saber la concentración mínima a la cuál un participante de la selección reconoce un estímulo y contrastar el resultado respecto a la de los demás panelistas permite determinar que personas presentan sensibilidad semejante y con ellos poder integrar un panel más homogéneo, esto es especialmente útil, ya que la elección de dichas personas permitió descartar o elegir atributos de flavour , olor y resabio presentes en las muestras de la manera más sensible posible.
- Los umbrales para los gustos dulce, amargo, ácido, salado y umami fueron 5.1 g/L, 0.3 g/L, 0.2 g/L, 0.3 g/L y 0.7 g/L, respectivamente.
 - Al comparar el panel actual con otro entrenado previamente en el mismo Laboratorio, se observó que el panel actual fue entrenado en 27 atributos: 4 de aspecto, 6 de olor, 11 de textura, 4 de flavour y 2 de resabio. El panel de 2017 fue entrenado en 23 atributos: 5 de aspecto, 10 de textura, 2 de olor, 5 de flavour y uno de resabio (Luque, 2018).

- Al final de cada entrenamiento, tanto el panel actual (tostadas de maíz) como el panel del 2017 (entrenado en helado de vainilla, Luque 2018), no mostraron diferencia significativa en el factor juez en los análisis de varianza al 5%.
- Se realizó un entrenamiento en la metodología descriptiva convencional utilizando tanto muestras comerciales como muestras de diferentes maíces provenientes de Oaxaca. Como complemento se realizó un entrenamiento en la detección de olores familiares y no familiares para el desarrollo de la agudeza sensorial y la capacidad descriptiva y comunicativa de los panelistas, como lo recomienda la UNE-EN ISO 8586:2014.
- Se realizó el monitoreo del panel mediante diferentes métodos, tanto estadísticos como gráficos (Tomic, Nilsen, Martens & Næs, 2007) entre los que destacan el análisis de componentes principales (para evaluar la correlación entre los jueces para diferentes atributos, los atributos sensoriales con diferentes muestras y el análisis instrumental y de textura) y el análisis de varianza (para evaluar principalmente la diferencia entre jueces $\alpha=0.05$).
- Las muestras, independientemente de la variedad de maíz, presentaron atributos comunes:

ASPECTO: Color, heterogéneo, puntos oscuros, orillas quemadas.

OLOR: intensidad general, maíz, ahumado, cal, terroso y tostado.

TEXTURA: Rasposo, rugoso, dureza, fracturabilidad, crujiente, cohesividad, adhesividad, masticabilidad, arenosidad, seco.

Flavour: Humo, tostado y terroso.

- Tras cuatro meses de entrenamiento se han anclado en su totalidad los atributos descritos para tostadas de maíz nixtamalizado, probando la reproducibilidad y consenso del panel mediante diferentes análisis estadísticos, principalmente análisis de varianza considerando los factores "jueces" y muestras". Los atributos que han requerido el uso de diferentes referencias son los de olor y flavour.
- Se realizó el análisis instrumental de color y textura, que de forma conjunta con el perfil descriptivo permitió concluir que las tostadas de maíces claros (tuxpeño, amarillo y cajete) comparten un perfil similar, mientras que las tostadas más oscuras (negro y belatove) son diferentes al resto.
- Se resaltan los atributos de textura "dureza, crujiente y cohesividad" como los más importantes para diferenciar los diferentes maíces claros y los atributos de aspecto "color y heterogéneo" y de textura "adhesividad" como los más importantes para diferenciar entre los maíces oscuros.

- El presente trabajo proporciona información sobre los perfiles sensoriales de tostadas hechas a base de distintos maíces, asimismo, muestra un caso detallado sobre el entrenamiento de un panel desde su selección hasta su validación.
- Respecto a las dificultades y diferencias durante el entrenamiento cabe resaltar que las inasistencias de los jueces fueron el factor que más afectó para el análisis grupal y la elaboración de los perfiles, ya que el análisis de los datos se ve gravemente afectado por información incompleta, ocasionando que se repitieran las evaluaciones. También cabe señalar que, los jueces mostraron un efecto positivo ante la atención individual, mejorando su forma de evaluar y retroalimentación hacia el evaluador, lo que ayudó de forma general al entrenamiento.

Referencias

- Barrios, G. (2007). Perfil Sensorial de tortillas nixtamalizadas elaboradas con tres variedades de maíz (Tesis de licenciatura). Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CDMX, México.
- Blancher, G., Chollet, S., Kesteloot, R., Nguyen Hoang, D., Cuvelier, G., & Sieffermann, J.-M. (2007). French and Vietnamese: How do they describe texture characteristics of the same food? A case study with jellies. *Food Quality and Preference*, 18, 560–575.
- Campo, E., Ballester, J., Langlois, J., Dacremont, C., & Valentin, D. (2010). Comparison of conventional descriptive analysis and a citation frequency-based descriptive method for odor profiling: An application to Burgundy Pinot noir wines. *Food Quality And Preference*, 21(1), 44-55. doi: 10.1016/j.foodqual.2009.08.001
- Dairou, V., & Sieffermann, J. M. (2002). A comparison of 14 jams characterized by conventional profile and a quick original method, the Flash Profile. *Journal of Food Science*, 67, 826–834.
- Delarue, J., & Sieffermann, J. (2004). Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. *Food Quality And Preference*, 15(4), 383-392. doi: 10.1016/s0950-3293(03)00085-5
- De Vos, E. (2010). Selection and management of staff for sensory quality control. *Sensory Analysis For Food And Beverage Quality Control*, 17-36. doi: 10.1533/9781845699512.1.17
- Delgado, R., Luna-Bárceñas, G., Arámbula-Villa, G., Azuara, E., López-Peréa, P. and Salazar, R. (2019). Effect of water activity in tortilla and its relationship on the acrylamide content after frying.
- Denney, L., Afeiche, M., Eldridge, A. and Villalpando-Carrión, S. (2017). Food Sources of Energy and Nutrients in Infants, Toddlers, and

Young Children from the Mexican National Health and Nutrition Survey 2012. *Nutrients*, 9(5), p.494.

- Domínguez, R., Purriños, L., Pérez-Santaescolástica, C., Pateiro, M., Barba, F., & Tomasevic, I. (2019). Characterization of Volatile Compounds of Dry-Cured Meat Products Using HS-SPME-GC/MS Technique. *Food Analytical Methods*, 12(6), 1263-1284. doi: 10.1007/s12161-019-01491-x
- Escamilla, V. (2006). Evaluación instrumental de color en alimentos tradicionales mexicanos y de alto consumo. Tesis de licenciatura. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CDMX, México.
- Fernandes, G., Ellis, A., Gámbaro, A., & Barrera-Arellano, D. (2018). Sensory evaluation of high-quality virgin olive oil: panel analysis versus consumer perception. *Current Opinion In Food Science*, 21, 66-71. doi: 10.1016/j.cofs.2018.06.001
- Findlay, C., Castura, J., & Lesschaeve, I. (2007). Feedback calibration: A training method for descriptive panels. *Food Quality And Preference*, 18(2), 321-328. doi: 10.1016/j.foodqual.2006.02.007
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017. FAO-STAT food and agriculture data. Maize production and trade data, area harvested, production and yield. [En línea] (actualizado el 18 de enero de 2019). Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [Último acceso el 28 de febrero de 2019].
- Forde, C., van Kuijk, N., Thaler, T., de Graaf, C., & Martin, N. (2013). Oral processing characteristics of solid savoury meal components, and relationship with food composition, sensory attributes and expected satiation. *Appetite*, 60, 208-219. doi: 10.1016/j.appet.2012.09.015
- Future market insights, 2018. Tortilla Market: Unique Recipes Incorporating Different Types of Tortilla to Foster Revenue Growth: Global Industry Analysis (2013 - 2017) & Opportunity Assessment (2018 - 2028). [En línea] (Actualizado el 20 de agosto de 2018). Disponible

en: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/tortilla-market>
[Último acceso el 28 de febrero de 2019].

- García, A. (2007). Desarrollo de la metodología de evaluación de procesos olfativos (Tesis de licenciatura). Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CDMX, México.
- Gómez, A. (2019) Caracterización microbiológica, fisicoquímica y sensorial de piña deshidratada mediante energía geotérmica (Tesis de licenciatura). Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CDMX, México.
- Grupo Consultor de Mercados Agrícolas. Producción Nacional de Maíz Blanco. [En línea] (Actualizado en 2019) Disponible en: <https://gcma.com.mx/mexico-primer-productor-de-maiz-blanco/>
- Heymann, H., & Lawless, H. T. (2013). Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. Berlin, Germany: Springer Science & Business Media.
- ISO 4120:2004. Sensory analysis. Methodology. Triangle test.
- ISO 5492:2008. Sensory analysis. Vocabulary.
- ISO 8586:2014. Sensory analysis. General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors
- ISO 8589:2007. Sensory analysis -- General guidance for the design of test rooms.
- ISO 11132:2012. Sensory analysis. Methodology. Guidelines for monitoring the performance of a quantitative sensory panel.
- ISO 13299:2016. Sensory analysis. Methodology. General guidance for establishing a sensory profile.
- KOELTZ SCIENTIFIC Books. (2018). International code of nomenclature for algae, fungi, and plants (shenzhen code). KOENIGSTEIN.

- Janve, B., Yang, W., & Sims, C. (2015). Sensory and Quality Evaluation of Traditional Compared with Power Ultrasound Processed Corn (*Zea Mays*) Tortilla Chips. *Journal of Food Science*, 80(6), S1368-S1376. doi: 10.1111/1750-3841.12892
- Kayacier, A. and Singh, R. (2003). Textural properties of baked tortilla chips. *LWT - Food Science and Technology*, 36(5), pp.463-466.
- Lestringant, P., Delarue, J., & Heymann, H. (2019). 2010–2015: How have conventional descriptive analysis methods really been used? A systematic review of publications. *Food Quality and Preference*, 71, 1-7. doi: 10.1016/j.foodqual.2018.05.011
- Luque, M. (2018). Estudio del efecto de la reducción de carga calórica en el perfil sensorial y caracterización de los atributos que predominan a lo largo del tiempo de consumo en helado de vainilla (Tesis de licenciatura). Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CDMX, México.
- Meullenet, J., Xiong, R., Hankins, J., Dias, P., Zivanovic, S., Monsoor, M., Bellman-Horner, T., Liu, Z. and Fromm, H. (2003). Modeling preference of commercial toasted white corn tortilla chips using proportional odds models. *Food Quality and Preference*, 14(7), pp.603-614.
- Moser, M., Lepage, M., Pineau, N., Fillion, L., & Rytz, A. (2018). Replicates in sensory profiling: Quantification of the impact of moving from two to one assessment. *Food Quality and Preference*, 65, 185-190. doi: 10.1016/j.foodqual.2017.12.002
- Næs, T., Varela, P., & Berget, I. (2018). Individual Differences in Descriptive Sensory Data (DA). *Individual Differences in Sensory and Consumer Science*, 25-55. doi: 10.1016/b978-0-08-101000-6.00003-2
- National Institute of Standards and Technology. TGSC Information System. (2020). Última revisión: 17 marzo 2020, de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14286>

- National Library of Medicine. Results by database. (2020). Última revisión: 17 marzo 2020, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/search/all/?term=2-acetylpyrazine>
- Mashau, M., Mabodze, T., Tshiakhatho, O., Silungwe, H., & Ramashia, S. (2020). Evaluation of the Content of Polyphenols, Antioxidant Activity and Physicochemical Properties of Tortillas Added with Bambara Groundnut Flour. *Molecules*, 25(13), 3035. doi: 10.3390/molecules25133035.
- Pappa, M., de Palomo, P. and Bressani, R. (2010). Effect of Lime and Wood Ash on the Nixtamalization of Maize and Tortilla Chemical and Nutritional Characteristics. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(2), pp.130-135.
- Páramo-Calderón, D., Aparicio-Saguilán, A., Aguirre-Cruz, A., Carrillo-Ahumada, J., Hernández-Urbe, J., Acevedo-Tello, S., & Torruco-Uco, J. (2019). Tortilla added with Moringa oleífera flour: Physicochemical, texture properties and antioxidant capacity. *LWT*, 100, 409-415. doi: 10.1016/j.lwt.2018.10.078
- Severiano, P., Gómez, D., Méndez, C., Pedrero, D., Gómez, C., Ríos, S., Escamilla, A., Utrera, M., (2016). Manual de Evaluación Sensorial. Facultad de Química, UNAM. CDMX.
- Procuraduría Federal del Consumidor, 2017. Sondeo sobre el consumo de tortilla de maíz Dirección General de Estudios sobre Consumo. [En línea] (Actualizado en agosto del 2017). Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257591/Sondeo_sobre_consumo_de_tortilla__a_.pdf [Último acceso el 28 de febrero de 2019]
- Rendón-Villalobos, R., Ortíz-Sánchez, A., Solorza-Feria, J. and Trujillo-Hernández, C. (2015). Formulation, physicochemical, nutritional and

sensorial evaluation of corn tortillas supplemented with chía seed (*Salvia hispanica* L.). *Czech Journal of Food Sciences*, 30(No. 2), pp.118-125.

- Reyes, R. & Espinosa S. (2014). Desarrollo del perfil sensorial de mezcales tradicionales de dos regiones productoras: Zapotitlán de Vadillo, Sur de Jalisco y la región occidental del distrito de ejutla, Valles centrales de Oaxaca (tesis de licenciatura). Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CDMX, México.
- Reyes-vega, m., peralta-rodríguez, r., anzaldúa-morales, a., figueroa-cárdenas, j., & martínez-bustos, f. (1998). relating sensory textural attributes of corn tortillas to some instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*, 29(4), 361-361.
- Saadatmandi, A., Elahi, M., Farhoosh, R., & Karimi, M. (2012). The effect of sugar beet fiber addition on the chemical properties of tortilla chips. *Sugar Industry*, 385-388. doi: 10.36961/si13034
- SAGARPA, 2016. Planeación agrícola nacional. [En línea] (Actualizado en 2016). Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf [Último acceso el 7 de mayo de 2019]
- Sánchez-Madrigal, M., Neder-Suárez, D., Quintero-Ramos, A., Ruiz-Gutiérrez, M., Meléndez-Pizarro, C., Piñón-Castillo, H., Galicia-García, T. and Ramírez-Wong, B. (2019). Physicochemical properties of frozen tortillas from nixtamalized maize flours enriched with β -glucans.
- Severiano-pérez, p., cadena-aguilar, a., vargas-chanes, d., & guevara-guzmán, r. (2012). Questionnaire on mexicans' familiarity with odor names. *Journal Of Sensory Studies*, 27(4), 277-285. doi: 10.1111/j.1745-459x.2012.00390.x.

- Sinesio, F., Peparario, M., Moneta, E., & Comendador F.J. (2010). Perceptive maps of dishes varying in glutamate content with professional and naive subjects. *Food Quality and Preference*, 21, 1034–1041.
- Silva, R. C. S. N., Minim, V. P. R., Simiqueli, A. A., Moraes, L. E. S., Gomide, A. I., Minim, L. A. (2012). Optimized Descriptive Profile: a rapid methodology for sensory description. *Food Quality and Preference*, 24(1), 190-200.
- Tavera, R. (2007). Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas, color y textura de tortillas de tres variedades de maíz nixtamalizado (tesis de licenciatura). Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CDMX, México.
- Teo, P., van Langeveld, A., Pol, K., Siebelink, E., de Graaf, C., Martin, C., Issanchou, S., Yan, S., & Mars, M. (2018). Training of a Dutch and Malaysian sensory panel to assess intensities of basic tastes and fat sensation of commonly consumed foods. *Food Quality and Preference*, 65, 49-59. doi: 10.1016/j.foodqual.2017.11.011
- Tomic, O., Nilsen, A., Martens, M., & Næs, T. (2007). Visualization of sensory profiling data for performance monitoring. *LWT - Food Science And Technology*, 40(2), 262-269. doi: 10.1016/j.lwt.2005.09.014
- Tuorila, H., & Monteleone, E. (2009). Sensory food science in the changing society: Opportunities, needs, and challenges. *Trends In Food Science & Technology*, 20(2), 54-62. doi: 10.1016/j.tifs.2008.10.007
- Varela, P., & Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48(2), 893-908. doi: 10.1016/j.foodres.2012.06.037
- Waliszewski, K., Pardo, V., & Carreon, E. (2002). Physicochemical and Sensory Properties of Corn Tortillas Made from Nixtamalized Corn Flour

Fortified with Spent Soymilk Residue (okara). *Journal of Food Science*, 67(8), 3194-3197. doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb08881.x

- Winger, M., Khouryieh, H., Aramouni, F., & Herald, T. (2014). Sorghum Flour Characterization and Evaluation in Gluten-Free Flour Tortilla. *Journal of Food Quality*, 37(2), 95-106. doi: 10.1111/jfq.12080
- Xu, S. and Kerr, W. (2012). Comparative study of physical and sensory properties of corn chips made by continuous vacuum drying and deep fat frying. *LWT - Food Science and Technology*, 48(1), pp.96-101.
- Xu, S., & Kerr, W. (2012). Comparative study of physical and sensory properties of corn chips made by continuous vacuum drying and deep fat frying. *LWT - Food Science and Technology*, 48(1), 96-101. doi: 10.1016/j.lwt.2012.02.019

ANEXO

Anexo 1. Pruebas de umbral de gustos básicos

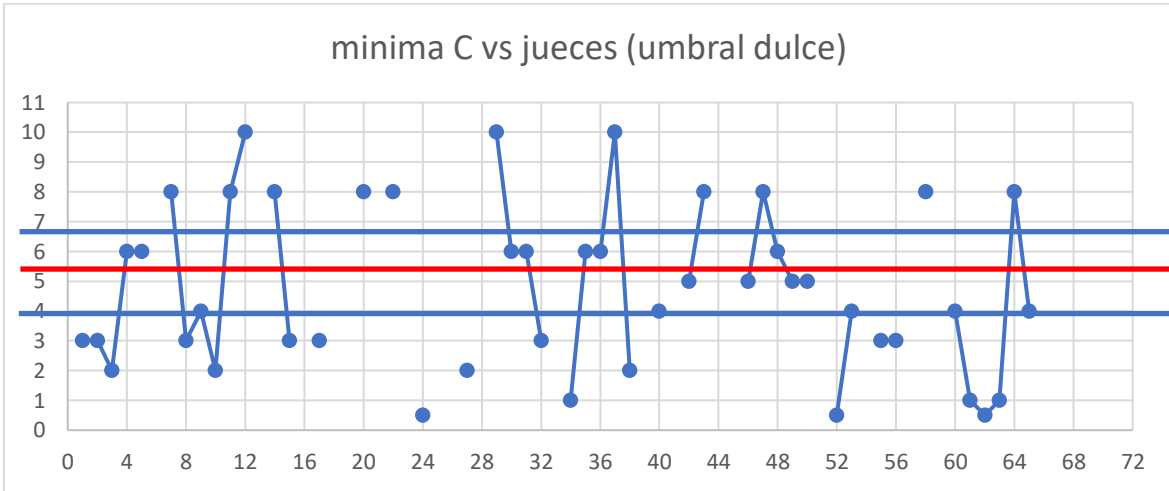


Figura 26. Mínima concentración detectada de umbral dulce (sacarosa) para cada juez donde la línea media se refiere a la concentración umbral grupal y las líneas superior e inferior a las concentraciones inmediatas, mayor y menor, en la prueba.

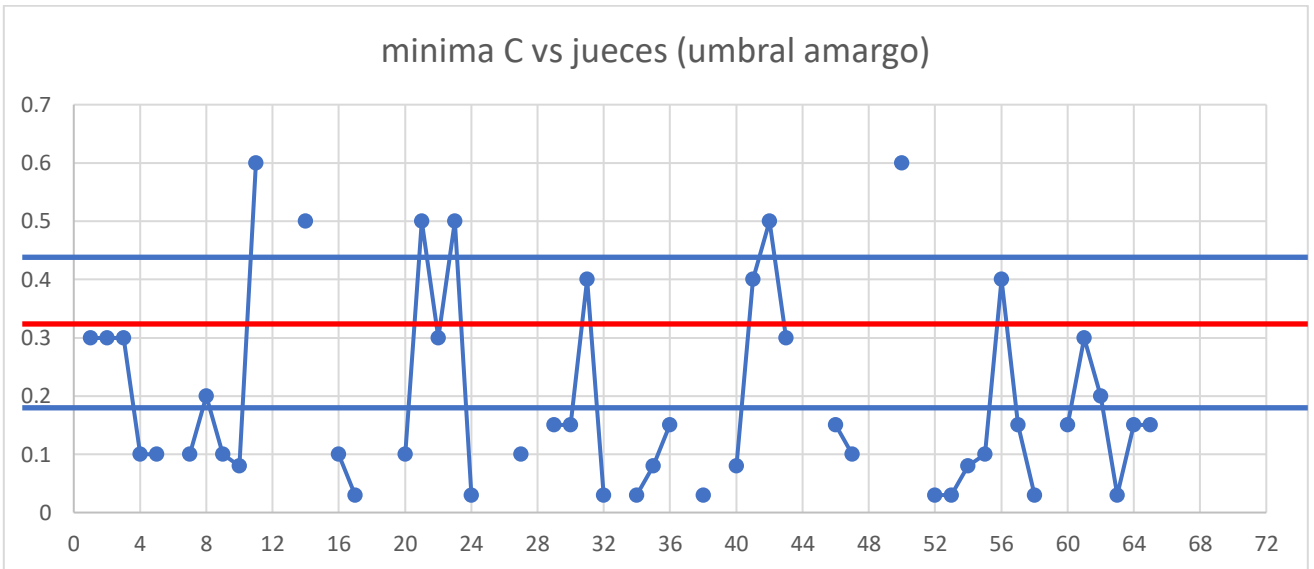


Figura 27. Mínima concentración detectada de umbral amargo (cafeína) para cada juez donde la línea media se refiere a la concentración umbral grupal y las líneas superior e inferior a las concentraciones inmediatas, mayor y menor, en la prueba.

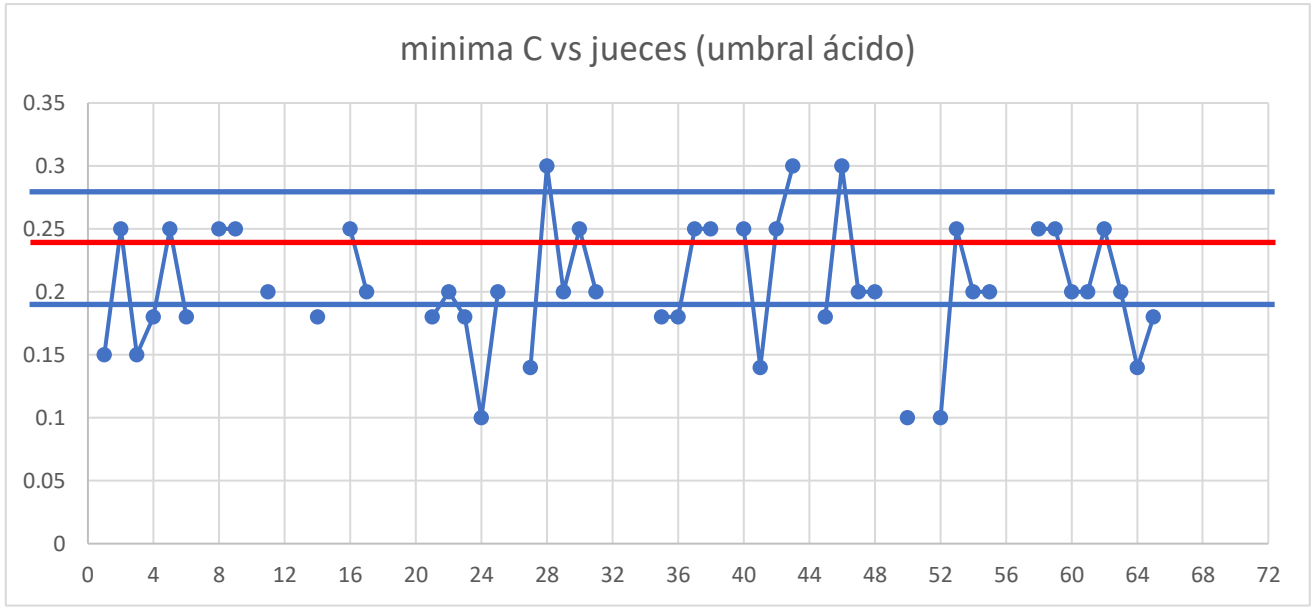


Figura 28. Mínima concentración detectada de umbral ácido (ácido cítrico) para cada juez donde la línea media se refiere a la concentración umbral grupal y las líneas superior e inferior a las concentraciones inmediatas, mayor y menor, en la prueba.

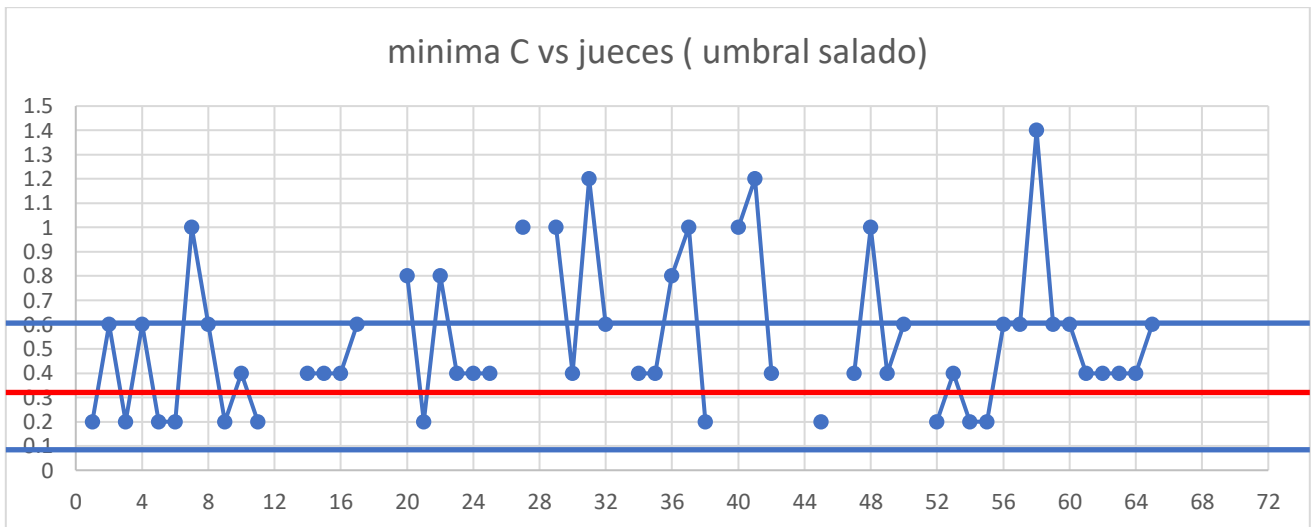


Figura 29. Mínima concentración detectada de umbral salado (NaCl) para cada juez donde la línea media se refiere a la concentración umbral grupal y las líneas superior e inferior a las concentraciones inmediatas, mayor y menor, en la prueba.

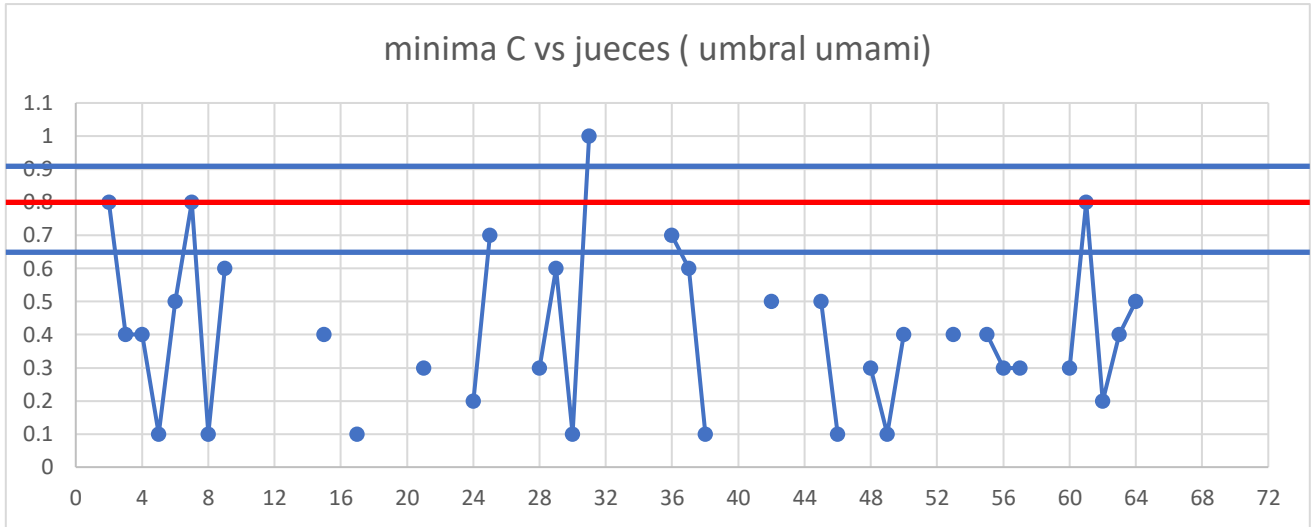


Figura 30. Mínima concentración detectada de umbral umami (glutamato monosódico) para cada juez donde la línea media se refiere a la concentración umbral grupal y las líneas superior e inferior a las concentraciones inmediatas, mayor y menor, en la prueba.

Anexo 2. Pruebas olfativas

Tabla 19. Volúmenes de aceites esenciales aplicados a cada tubo de ensayo y códigos correspondientes para las pruebas de identificación y discriminación, basados en las concentraciones utilizados por (García, 2007).

Prueba de Identificación		Prueba de discriminación Triangular	
Olor	Volumen de concentrado aplicado (mL)	Olor	Volumen de concentrado aplicado (mL)
naranja	1x10⁻²	Guayaba	1x10⁻²
limón	1x10⁻²	Hierbabuena	1x10⁻²
rosas	1x10⁻⁴	Jazmín	1x10⁻²
canela	3x10⁻⁵	Nardo	1x10⁻²

Tabla 20. Resultados de pruebas olfatorias para algunos de los participantes de la selección.

# juez	identificación nardo	% identificación	% discriminación	umbral café
1	0.5	100	100	reconocieron café en subumbral
2	0	100	100	reconocieron el olor a café
3	1	25	100	reconocieron café en subumbral
4	0	75	100	reconocieron el olor a café
5	0	100	100	reconocieron café en subumbral
6	0	87.5	100	reconocieron el olor a café
7	0.5	25	100	reconocieron notas dulce y nuez
8	0	50	100	reconocieron el olor a café
9	NA	NA	NA	
10	0.5	75	100	reconocieron café en subumbral
11	0.5	100	100	reconocieron notas relacionadas
12	0.5	75	100	reconocieron notas dulce y nuez
13	NA	NA	NA	NA
14	0	50	100	reconocieron notas relacionadas
15	0	75	100	reconocieron el olor a café
16	0	37.5	100	reconocieron el olor a café
17	0.5	100	100	reconocieron el olor a café
18	NA	NA	NA	NA
19	NA	NA	NA	NA
20	0	100	100	reconocieron café en subumbral
21	0	87.5	100	reconocieron café en subumbral
22	0	87.5	100	reconocieron café en subumbral
23	0	25	100	reconocieron notas relacionadas
24	0	87.5	100	reconocieron notas dulce y nuez
25	0	25	100	reconocieron café en subumbral
26	NA	NA	NA	NA

*En identificación nardo 0.5 = reconocieron notas florales; 1= reconocieron aroma a nardo; en umbral a café se especifica el tipo de identificación que se obtuvo para cada juez. Las filas vacías corresponden a los jueces que no realizaron las pruebas correspondientes. Los datos con "NA" corresponden a los participantes que no asistieron a la prueba.

Anexo 3. Pruebas discriminativas

Tabla 21. Resultados completos de pruebas discriminativas algunos participantes en la selección de jueces.

# juez	acierto=1 (triangular refresco)	acierto=1 (triangular tostadas)	% Discriminación en alimentos
1	0	1	50
2	0	1	50
3	0	1	50
5	0	1	50
6	1	1	100
7	NA	1	50
8	1	1	100
12	1	0	50
13	NA	NA	NA
16	0	0	0
17	1	1	100
20	1	0	50
21	0	1	50
22	0	0	0
23	0	0	0
40	1	1	100
41	1	1	100
42	0	0	0
45	1	1	100
47	1	1	100
48	0	1	50

*Los datos con "NA" corresponden a los participantes que no asistieron a la prueba.

Anexo 4. Ejemplo de resultados de selección para participante seleccionado contra participante no seleccionado.

Prueba	Participante seleccionado	Participante no seleccionado
umbral dulce	reconoció en subumbral	no reconoció el gusto básico
umbral amargo	reconoció en subumbral	reconoció en supraumbral
umbral ácido	reconoció en subumbral	reconoció en subumbral
umbral salado	reconoció en subumbral	reconoció en subumbral
umbral umami	reconoció en subumbral	no reconoció el gusto básico
prueba de memoria de olor	reconoció y nombro el olor en la segunda sesión	no reconoció en ninguna de las sesiones
% identificación olores	87.5	25
% discriminación olores	100	100
umbral café	reconoció el olor a café	reconoció el olor a café
% discriminación alimentos	50	0
disgustos	N/A	Aguacate
número de descriptores tortilla	2	3
número de descriptores olor	15	8
número de descriptores color	4	3
número de descriptores textura	11	9
número de descriptores flavour	14	10
número de descriptores total	46	33