



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

FACULTAD DE QUÍMICA

**DESARROLLO DEL PERFIL SENSORIAL DE  
ESCAMOLES**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**QUÍMICO DE ALIMENTOS**

P R E S E N T A

EDGAR ORTEGA OLVERA



MÉXICO, D. F.

2013



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.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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: GOMEZ ANDRADE DULCE MARIA

VOCAL: Profesor: SEVERIANO PEREZ PATRICIA

SECRETARIO: Profesor: MENDEZ GALLARDO CARLOS IVAN

1er. SUPLENTE: Profesor: ESCAMILLA LOEZA ADELINA

2° SUPLENTE: Profesor: RIOS DIAZ SANDRA TERESITA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Anexo del Laboratorio 4-D, Laboratorio de Evaluación Sensorial. Edificio A. Departamento de Alimentos y Biotecnología. Facultad de Química, UNAM

ASESORA:

Dra. Patricia Severiano Pérez

---

SUSTENTANTE:

Edgar Ortega Olvera

---

*Con Dedicatoria Especial*

*A mis padres Verónica Olvera, Víctor Ortega*

*A mi hermano Ulises*

*A mi abuelita y madre María de Jesús García*

*Esto es para ustedes los amo mucho*

*Nadie está a salvo de las derrotas. Pero es mejor perder algunos combates en la lucha por nuestros sueños, que ser derrotado sin saber siquiera por qué se está luchando.*

*Paulo Coelho*

*Dedicado:*

**A Dios:**

Por permitirme alcanzar una meta más en mi vida, por darme a la familia que tengo y por darnos las fuerzas para salir adelante ante cualquier adversidad. Por guiarme en el camino para poder alcanzar un triunfo más.

**A mi Mamá**

Por todos los buenos consejos que me has dado, por la educación que me brindaste, por enseñarme a luchar por mis sueños, por alentarme en este duro camino, por desvelarte conmigo. Gracias por estar siempre a mi lado, por tus regaños y por aguantar mi carácter. Esto también es tuyo. ERES LA MEJOR, TE AMO.

**A mi Papá**

Gracias por tu apoyo, por tu educación y por tus enseñanzas, por las desveladas y por esforzarte para sacarnos adelante. TE AMO

**A mi Hermano**

Gracias por enseñarme tantas cosas, por estar ahí para escucharme y aconsejarme, gracias por demostrarme que aún nos podemos divertir, a que siempre hay algo bueno dentro de todo lo malo, gracias por soportar mi carácter tan horrible. Lucha por tus sueños y diviértete siempre. TE AMO

### **A mi Abuelita**

Muchas gracias por todo lo que me has enseñado a lo largo de mi corta vida, por la educación que me has brindado, por siempre apoyarme y estar en los momentos buenos y malos. Gracias por tu ejemplo de vida, por enseñarme a que todo tiene solución, a no dejarme vencer ante nada, ni nadie. Gracias por hacerme el hombre que soy ahora. Esto es para ti. TE AMO

### **A mis Primos**

Jonathan y Michel por tantas tardes de juegos y diversión, por enseñarme tantas cosas y por ser como son. Los quiero mucho.

### **A mis Tíos**

Por su apoyo, por contribuir con mi formación, por preocuparse por mí y por sus consejos.

### **A mi Novia**

Por hacer más amena cada evaluación, por todo tu apoyo, por ayudarme en los trámites y por contribuir con este logro. Por escucharme y alentarme para salir adelante, por estar a mi lado en las buenas y en las no tan buenas. Gracias por tomar mi mano y caminar a mi lado. TE AMO

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A la Dra. Patricia Severiano**

Por darme la oportunidad y confianza para la realización de éste trabajo, por estar siempre que te necesité, por estar al pendiente para que éste trabajo saliera lo mejor posible, gracias por inculcarme a ser cada vez mejor y que siempre tengo que dar lo mejor de mí.

### **A Beverly Ramos**

Por proporcionarme las muestras necesarias para la realización de este proyecto y por la información que me hiciste el favor de proporcionar.

### **Al Sr. Amado (Q. E. P. D) y a la familia Velasco**

Por sus buenos consejos, por las clases que me dio y por impulsarme a siempre ver más allá y no conformarme.

### **A Adrián**

Por darme siempre palabras de aliento para superar cualquier adversidad, por los consejos y sobre todo por tu amistad.

### **A Cata, Andy y Jime**

Por ayudarnos y trabajar en equipo en el laboratorio, sobre todo para la parte de la selección del panel, por sus enseñanzas y por ayudarme a preparar mis muestras.

### **A Victor**

Gracias por tu amistad, por estar siempre para escucharme, darme consejos, por estar siempre que te necesito y por demostrarme que la verdadera amistad existe

### **A Miriam, Luz, Jaime, Yessarela, Giovany, Sarai, Ixchel, David, Norma y Guadalupe**

Sin su valioso apoyo este proyecto no hubiera sido posible.

### **A Laura**

Carnalita muchas gracias por tu amistad incondicional, por todos los momentos que compartimos en tu breve estancia en el D.F, por tu apoyo para la realización de este proyecto. Muchas gracias por ser el cupido de mi relación es un sueño maravilloso el que vivimos.



## INDICE

<b>1</b>	Introducción .....	8
<b>2</b>	Objetivo General .....	9
<b>3</b>	Objetivos Particulares .....	9
<b>4</b>	Marco Teórico .....	10
	4.1 Historia	10
	4.2 Insectos en el Mundo	16
	4.3 Insectos en México	19
	4.4 Escamoles	21
	4.4.1 Método de Obtención	25
	4.4.2 Composición Química y Valor Nutritivo	27
	4.5 Suelo	29
	4.5.1 Tipos de Suelo	30
	4.5.2 El Efecto de las Hormigas en el Suelo	33
	4.6 Congelación	34
	4.7 Evaluación Sensorial	38
	4.7.1 Análisis Descriptivo (AD)	40
	4.7.2 Análisis de Componentes Principales (ACP)	41
<b>5</b>	Hipótesis .....	42
<b>6</b>	Metodología .....	43
	6.1 Evaluación Sensorial (Selección y Entrenamiento)	44
	6.1.1 Selección de Jueces	44
	6.1.2 Umbral de Gustos Básicos	45
	6.1.3 Identificación y Reconocimiento	46
	6.1.4 Pruebas Discriminativas	46
	6.1.5 Umbral de olores	46
	6.1.6 Prueba Triangular	48
	6.2 Entrenamiento en el uso de la metodología AD	48
	6.2.1 Generación de Descriptores	48
	6.2.2 Selección de Descriptores	49
	6.2.3 Reducción de Atributos	50
	6.2.4 Uso de Escalas	51
	6.2.5 Generación del perfil sensorial	52
	6.3 Análisis Estadístico	52
<b>7</b>	Resultados y Discusión .....	53
	7.1 Pruebas para la Selección de Candidatos a Jueces	53
	7.1.1 Selección de Candidatos a Jueces	53
	7.1.2 Umbral Gustos Básicos	53
	7.1.3 Pruebas de Olores	55
	7.1.4 Pruebas Triangulares	56
	7.2 Entrenamiento en el uso de la metodología AD	57
	7.2.1 Generación de Descriptores	58
	7.2.2 Selección de Descriptores	59
	7.2.3 Reducción de Atributos	61
	7.2.4 Definición de Atributos	62

	7.2.5	Uso de Escalas	63
	7.2.6	Comprobación del Entrenamiento	70
	7.3	Perfil Sensorial de los Escamoles	72
	7.3.1	Muestras Frescas	73
	7.3.2	Muestras Congeladas	83
	7.3.3	Comparación Escamoles Frescos y Congelados	89
	7.4	Análisis de Correlación	106
	7.5	Análisis de Componentes Principales (PCA)	112
<b>8</b>		Conclusiones .....	124
<b>9</b>		Bibliografía .....	127
<b>10</b>		Anexos .....	137

## 1 INTRODUCCIÓN

Los insectos comestibles son un recurso natural renovable, que ha sido aprovechado por el hombre desde la antigüedad para distintos fines; estos insectos se usaban para el consumo diario, y se conservaban para su uso posterior, cuando sus poblaciones no eran tan abundantes (Sutton, 1988).

Diversos países del mundo se han caracterizado por el consumo de una gran variedad de alimentos; México no es la excepción, ya que son muchos los alimentos vegetales y animales que integran la cocina tradicional y contemporánea, un ejemplo de ello es la práctica de la antropofagia (consumo de insectos por el hombre), que se remonta desde épocas prehispánicas hasta la actualidad. Los insectos son consumidos por seres humanos de todas las razas, edades o sexos, para ello son preparados de diferentes maneras (Ramos-Elorduy, 2007). En el México antiguo, el origen de la entomofagia quedó plasmado en códices prehispánicos como por ejemplo en el Códice Florentino (Sahagún, 1980) y en otros documentos importantes posteriores a la llegada de los españoles (Sahagún, 1989).

Los escamoles (del náhuatl *azcatl*, hormiga, y *mol*, guiso) son larvas de la hormiga de la especie *Liometopum apiculatum*, muy apreciadas como alimento exótico en estados como Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala. Son un alimento de origen prehispánico, de un alto valor nutritivo y de sabor muy fino.

Debido a que los escamoles hasta el momento solo han sido estudiados fisicoquímicamente y que no existen estudios de sus características sensoriales, cobra mayor importancia el desarrollar el perfil sensorial de los mismos; además de que en la actualidad se intentan comercializar cuidando no alterar sus características sensoriales y nutricionales. Para todo producto sus propiedades sensoriales son el criterio más importante, ya que determina la elección y, más aun, la fidelidad de un consumidor hacia un producto o marca (Cuatzo, 2004).

El objetivo de este proyecto es entrenar un panel de jueces para desarrollar el perfil sensorial de los escamoles extraídos de las zonas más representativas del país donde se producen: Estado de México, Hidalgo y comercializados en el Mercado de San Juan ubicado en el centro del país utilizando la metodología de análisis descriptivo (AD).

## **2 OBJETIVO GENERAL**

- Elaborar el perfil sensorial de los escamoles extraídos de las zonas más representativas del país donde se producen (Estado de México e Hidalgo) y comercializan (mercado de San Juan ubicado en el centro del país).

## **3 OBJETIVOS PARTICULARES**

- Seleccionar y entrenar un panel de jueces utilizando el método de análisis descriptivo (AD) dedicado a la evaluación de escamoles.
- Determinar los atributos sensoriales característicos de los escamoles extraídos de las principales zonas de producción del país mediante la elaboración del perfil sensorial.
- Comparar las características sensoriales de los escamoles frescos y congelados de las regiones de Otumba, Teotihuacán, Tepetlaoxtoc, Ixmiquilpan y las comercializadas en el mercado de San Juan.
- Evaluar el efecto que tiene la congelación sobre las características sensoriales de los escamoles.
- Determinar las características sensoriales más importantes de cada muestra de escamoles mediante el uso de ACP (análisis de componentes principales).

## 4 MARCO TEÓRICO

### 4.1 HISTORIA

Desde hace miles de años el hombre ha consumido insectos para satisfacer sus necesidades alimenticias. En México esta costumbre se ha registrado desde la época prehispánica, con el sabio aprovechamiento que los nativos hacían de estas especies animales encontradas tanto en medios acuáticos como terrestres; con ellos se elaboraban muy variados, sabrosos y nutritivos platillos que constituían verdaderos banquetes para los gobernantes (Díaz del Castillo, 2005).

Esta práctica ha sobrevivido hasta la fecha, sobre todo en algunas zonas del país y en algunas culturas indígenas del centro y sur (Cortés, 2004) pueblos que con los ingredientes traídos de Europa han enriquecido esta gastronomía que hoy en día se considera exótica, y hasta de lujo, incluyendo platillos de una elevada exquisitez.

Desde épocas prehispánicas los insectos han estado presentes de manera muy importante en la vida diaria y religiosa de las distintas culturas. Entre los aztecas era tal la importancia que tenía la hormiga productora de escamoles, que había cantos y danzas dedicados a ellas.

La antropoentomofagia es el consumo de insectos o sus derivados por el hombre, (Ramos-Elorduy, 2006), dan origen a dicho término con el fin de diferenciar el consumo de insectos realizado por cualquier ser vivo, y el consumo de insectos realizado por el hombre. La Antropoentomofagia es una práctica ancestral que ha prevalecido hasta nuestros tiempos. Los insectos son consumidos por seres humanos de todas las razas, edades o sexos, para ello son preparados de diferentes maneras (Ramos-Elorduy, 2007).

Siguira y González (1996) reportan de forma detallada la variedad de productos que consumían los antiguos mexicanos desde épocas prehispánicas, entre ellos los insectos ya sea cocinados y asados, salados o secados como cecinas. Los indígenas consideraban las larvas y gusanos como un manjar delicioso, uno de ellos es el gusano blanco de maguey, que lo comían guisado o tostado en comal. Ramos-Elorduy y Pino (1989), hacen referencia a la diversidad de insectos consumidos en el México antiguo detallando nombres comunes, náhuatl, e inclusive ilustrando cada uno de ellos.

Los insectos comestibles son el recurso más valioso para la conservación de la biodiversidad (DeFoliart 2005). Los insectos son también potencialmente una importante fuente de proteína para los seres humanos, ya sea a través del consumo directo o como suplementos alimenticios para el ganado (cerdos, aves de corral y la acuicultura) (DeFoliart 1989).

Los insectos han desempeñado un papel importante en la historia de la nutrición humana en África, Asia y América Latina. Algunos de los grupos más importantes de los cientos de especies de insectos que se han utilizado como alimento humano son: saltamontes, escarabajos rinoceronte, orugas, termitas, abejas, avispa y crías (larvas y pupas), así como las hormigas aladas, las cigarras y una variedad de insectos acuáticos, los cuales tienen una población alta en los trópicos (Banjo, 2006).

Los insectos contribuyen de manera significativa a los medios de subsistencia en las zonas rurales y urbanas (Stack, 2003). Son el alimento popular en muchas culturas en todo el mundo como un manjar ocasional o una comida de reemplazo en tiempos de escasez como las sequías, las inundaciones o la guerra. El potencial que tienen los insectos debe ser considerado seriamente en la seguridad alimentaria y las estrategias de alivio de la pobreza en muchas regiones alrededor del mundo (DeFoliart, 1992).

Los problemas con la utilización de las proteínas de los insectos son la falta de aceptación social y poco conocimiento de su potencial nutritivo.

Los insectos constituyen una excelente fuente alimenticia, ya que poseen una gran riqueza proteínica, vitamínica, sobre todo las del complejo B, tienen buenas cantidades de minerales como sodio, potasio, fósforo y calcio, y en algunos casos son ricos en grasas. Para el caso de los escamoles el contenido proteínico es de 21-81% (Ramos-Elorduy, 1999), valor más alto que el de la carne 18-22%. La calificación química referente a la calidad de la proteína para los escamoles es de 80%, cercanos a los valores de la leche y el huevo (Ramos-Elorduy, 1982), siendo la calificación más alta recibida en comparación con otras especies de insectos comestibles. Además, en estado larvario, proporcionan calorías de gran calidad, ya que están conformadas por ácidos grasos poliinsaturados (Ambrosio, et al., 2010).

En relación al aporte de calorías que proveen, en 300 especies de insectos comestibles analizadas éste es elevado, lo cual realza su papel en el aporte energético de las personas en las zonas rurales (Ramos-Elorduy y Pino, 1990). Todos los insectos

superan el aporte del maíz, el trigo y el pollo. La mitad de ellos supera a la carne de res; el 65% supera al pescado, y sólo una especie supera a la carne de puerco. Además, algunos insectos son ricos en vitaminas del grupo B (que está ausente en los vegetales de los trópicos), vitamina C y A. Otros son ricos en algún mineral, como las moscas (calcio), las termitas (fósforo) y los chapulines (hierro) (Ramos-Elorduy, 2009)

Las propiedades de las grasas naturales dependen de la estructura química de sus ácidos grasos. Schaefer (1968) y Bukkens (1997) afirman que la composición de ácidos grasos de especies recogidas en la misma ubicación es similar. Esto sugiere que la composición de ácidos grasos está ampliamente influenciada por la planta huésped en la que se alimentan. Los lípidos son muy importantes ya que participan en la formación de muchos compuestos importantes esenciales para diferentes funciones, como en el cerebro, con la formación de los cerebrósidos, fosfolípidos, cefalinas, y esfingomielinas, así como en la elaboración de los esteroides o en el transporte y la absorción de vitaminas solubles. También son precursores de las prostaglandinas o en la formación de colesterol (Krause y Mahan, 2003).

Algunas órdenes de insectos en sus fases de larva y pupa pueden contener más cantidades de grasa que otros y proporcionar más energía. En la Tabla 1 se observa una alta variabilidad en la energía proporcionada por el contenido de grasa de insectos comestibles de cuatro estados de México. En insectos acuáticos no es muy variable. Esta variación en el contenido de energía y la grasa depende del tipo de insecto y la etapa de desarrollo del mismo, o metamorfosis, así como el ecosistema y el clima que el insecto habita. (Ramos-Elorduy, 2008). En insectos acuáticos no es muy variable.

**Tabla 1. Energía ofrecida para la nutrición humana por el contenido de grasa de los insectos comestibles de cuatro estados en México (Kcal/100g)**

Ordenes de insectos	Estados			
	Hidalgo	Oaxaca	Estado de México	Chiapas
Ephemeroptera	86-93	-----	95	-----
Odonata	-----	-----	150-206	200
Orthoptera	56-157	37-153	38-200	38-97
Isoptera	392	-----	-----	-----
Hemiptera	55-420	63-486	40-479	56-402
Homoptera	37-249	36-297	129-204	40-154
Coleoptera	43-459	163-470	457-505	50-505
Lepidoptera	61-560	66-693	172-695	61-695
Diptera	77-164	114-284	90-107	-----
Hymenoptera (escamoles)	52-552	36-561	52-379	91-554

\*Ramos-Elorduy, 2008

El valor energético de los insectos varía según la especie, cada orden de insecto se clasifica de manera diferente. Los que pertenecen al medio acuático tienen niveles más bajos, mientras que hay una variabilidad importante en los grupos terrestres, que van desde 217 hasta 777 kcal/100 g (Tabla 2).

**Tabla 2. Energía producida por varios órdenes de insectos comestibles de México (525 especies analizadas) comparadas con alimentos más consumidos (materia seca)**

Orden	Número de especies analizadas	Kcal/100g
Ephemeroptera	4	354-355
Odonata	6	431-520
Orthoptera	88	336-438
Isoptera	3	347-508
Hemiptera	90	329-629
Homoptera	38	394-469
Megaloptera	2	332-366
Coleoptera	124	283-653
Lepidoptera	45	293-777
Diptera	15	217-499
Hymenoptera (escamoles)	110	380-561
Alimentos más consumidos		
Cereales		330-370
Vegetales		308-352
Legumbres		388-421
Carne		165-705

\*Ramos-Elorduy, 2008

Los insectos comestibles continuamente han incrementado su demanda tanto a nivel nacional como internacional (Ramos-Elorduy, 2004). No solo se comercializan en México, sino también en muchas partes del mundo, entre las cuales se incluyen Tokio, Sidney, Nueva York, Houston, San Francisco, Singapur, París, Amberes y Hong Kong (Ramos-Elorduy, 2004).

Ramos menciona que los insectos son la reserva alimentaria más segura que el resto de los recursos de proteína animal. De este grupo, existen de ocho a diez millones de especies, de las cuales solo se han estudiado 751 000 y de ellas se reportan 1, 400 que son comestibles en México, de éstos sólo se conocen 504 especies con valor nutricional (Arango, 2005).

Según Sánchez y Hevia (1997), los insectos podrían resolver el problema de hambruna en el mundo por sus componentes nutritivos. Además la escasez de proteína en el mundo podría ser resuelta mediante el uso de proteína proveniente de insectos (DeFoliart, 1999). Algunos autores proponen que se podría manipular la información del



ADN de plantas y animales para conseguir especies más resistentes, de mayor tamaño, con mejor productividad e incluso más sabrosos.

El uso tradicional de los insectos como alimento sigue siendo generalizado en las zonas tropicales y los países subtropicales, proporcionando beneficios nutricionales, ecológicos y económicos a las comunidades rurales.

Los insectos constituyen cerca de dos tercios de los alimentos de nuestras aves terrestres comunes y dos quintas partes de la comida de los peces adultos de agua dulce. Pavos, cerdos y otros animales domésticos son a menudo engordados con insectos (Metcalf, 1962). La cría masiva de insectos ha sido practicada durante años. Las abejas se cultivan en grandes cantidades para su distribución en forma de colonias a los productores de miel (Kok, 1991). Los gorgojos han sido criados en masa para el control de plagas (Webb, 1981). Los gusanos de la harina se han producido a escala comercial como alimento para las aves y reptiles. Los insectos pueden, por lo tanto, ser criados para proporcionar un suministro sostenible y nutricional de la proteína para consumo humano.

El grado de ingestión así como las especies explotadas y su etapa de desarrollo, varían de región a región y de un grupo étnico a otro, dependiendo no sólo de las condiciones del lugar, sino también de las costumbres y tradiciones de la población local (Ramos-Elorduy, 1997). En algunas regiones la captura y la ingestión de insectos se cuantifica en toneladas dependiendo de la especie, y en kilogramos en otras regiones. La única investigación realizada sobre este tema es por Kitsa (1989) en Kasai Occidental, Zaire, África, donde estudió un pequeño pueblo de 2006 habitantes, observando que consumen 120 toneladas / año. Esto significa un promedio de 59,82 kg / persona / año, o alrededor de 163 g / día.

Aunque se estima que cada año México produce cerca de 30 toneladas de gusanos blancos, 30 de escamoles y 15 de gusanos rojos, se advierte que es necesario instrumentar una explotación programada para evitar desabasto y grandes fluctuaciones en el precio de los mismos (Espinosa, 2005). Porque hoy en día continúan consumiéndose y se considera que se consumen alrededor de 57 especies en todo el país (Ambrosio, et al., 2010). Lo anterior deja ver claramente que los insectos comestibles representan un recurso con enorme potencia para suministrar ingresos y empleos a la población rural que recolecta, cría, trata, transporta y comercializa en particular para las mujeres, ya que requiere una escasa inversión de

trabajo si se reúnen de manera manual, sin embargo, aquellos que lo comercializan no son los más beneficiados de la actividad dado los innumerables intermediarios entre ellos y el consumidor final.

En un mundo tal como es hoy en día, los insectos pueden contribuir a la nutrición humana. El aumento de la biomasa de insectos a partir de residuos ya se está implementado y administrado, con infraestructura mínima (Ramos-Elorduy, et al., 2002a). La cría de insectos requiere poca agua, lo cual es significativo porque la escasez de agua ya existe en todo el mundo y es probable que aumente (Ramos-Elorduy, 2008).

Aparte de Europa y América del Norte, aproximadamente 1500-2000 especies de insectos y otros invertebrados son consumidos por los 3000 grupos étnicos a través de 113 países de Asia, Australia, Central y América del Sur (MacEvilly, 2000).

Hay que buscar otras alternativas para mejorar la salud humana y la nutrición animal. Los insectos comestibles son un recurso viable. Ellos tienen muchas características intrínsecas favorables (Ramos-Elorduy, 2004) que los hacen adecuados para una mayor inclusión en la nutrición humana.

La producción en masa de insectos tiene un gran potencial para proporcionar proteínas de origen animal destinados al consumo humano, ya sea directa o indirectamente como alimento del ganado. Esto último podría reducir los requerimientos de energía en la producción ganadera.

Los insectos comestibles continuamente han incrementado su demanda tanto a nivel nacional como internacional (Ramos-Elorduy, 2004). Son varias las especies de insectos comestibles que se comercializan, su venta se efectúa desde los más olvidados, desatendidos y lejanos lugares, mediante medidas específicas (puños, cazuelas, latas de diferente volumen, litro, o incluidos en jarabes como en Yucatán) (Ramos-Elorduy, et al., 2006).

No todos los insectos son comestibles y algunos no son usados para este fin aunque sus características nutricionales si lo permitan, tal es el caso del gusano de seda que se han cultivado durante miles de años para obtener fibras de seda. Sin embargo, las pupas son una alta fuente de proteína y son comparables con el perfil dietético recomendado por la FAO / OMS (DeFoliart 1995; Mishra et al. 2003, Zhou y Han 2006).

La producción de seda se ha generalizado en Asia y Brasil (Speight 2001), por lo que hay potencial para fomentar el uso de gusanos de seda, tanto para un producto de valor (seda) y una fuente de alimento.

Por todo ello, los insectos comestibles constituyen y han constituido una fuente de proteína animal entre los diversos grupos étnicos del país, gracias a su abundancia, valor nutritivo y facilidad de obtención y preservación. Forman parte de las costumbres tradicionales de alimentación de México y de muchos países del mundo. Por ello, ameritan una mayor atención en los programas de alimentación del país (Ramos-Elorduy, 2009).

## **4.2 INSECTOS EN EL MUNDO**

De acuerdo con Costa-Neto y Ramos-Elorduy (2006) el número de insectos comestibles en el mundo está infravalorado. En China, por ejemplo, 178 especies han sido identificadas y nombradas; en Brasil cerca de 100 (Costa Neto y Ramos-Elorduy, 2006) y en Tailandia 80 (De Foliart, 1999).

Los insectos comestibles como las orugas y larvas son importantes fuentes de proteínas y deberían considerarse como una alternativa en los esfuerzos para aumentar la seguridad alimentaria en los países de África central. Las orugas son ya un alimento importante para muchos en África central, alrededor del 85% de los participantes en una encuesta en la República Centroafricana consumen orugas, el 70% en la República Democrática del Congo y el 91% en Botswana (Fasunwon, et al., 2011).

*Rhynchophorus phoenicis* normalmente invade los árboles de palma, dañando la corteza del mismo y depositando dentro sus larvas. Las etapas larvarias de estos insectos, que son grandes con cuerpos carnosos, son muy nutritivos y apreciados como manjares tradicionales de los indígenas de todas las tribus étnicas en el Delta del Níger, así como otros países como Angola, Colombia, India, Camerún y Francia (Thomas y Okwapkam, 2006). Estos insectos también conocidos como gorgojos de palma son muy apreciados como alimento por la gente de Manipur estado del noreste de India, que ven a los insectos como las fuentes más baratas de proteína (Thomas, 2003).

Otro insecto conocido como “Caterpillar” ha sido utilizado como un suplemento de proteínas en aves de corral y ganado. Contiene 38% de proteínas, 16% de grasas, 13% de carbohidratos y algo de quitina. Los lípidos se componen de C16, C18 y C18: 1, C18: 2. Se ha estimado que 100 gramos del mismo puede proporcionar el 76% de un promedio de los requerimientos humanos diarios de proteína y 100% de los requerimientos diarios de vitaminas esenciales y minerales, por lo que se puede comparar favorablemente con la carne y el pescado en términos de proteínas, grasas, vitaminas y contenido calórico (Allotey y Mpuchane, 2003).

En China, entre 20 y 30 especies de insectos son consumidos en restaurantes todo el año. En el caso de México, la fama de sus insectos comestibles ha traspasado las fronteras desde hace tiempo. Por ejemplo, en 1988 una compañía mexicana exportó escamoles enlatados a Canadá los cuales fueron vendidos a \$50 dólares canadienses por lata de 30 g. Por su parte el gusano blanco de maguey es enlatado y exportado a varios países como Estados Unidos, Canadá, Francia y Japón (DeFoliart, 1999). El Estado de México es una entidad con una amplia variedad de ecosistemas, desde climas templados sub-húmedos hasta climas cálidos sub-húmedos. (Miranda, et al., 2011).

China es uno de los primeros países para explotar los recursos de insectos en el mundo y son el principal productor durante más de mil años de muchos insectos relacionados industrialmente, como la seda y la cera. La explotación e industrialización de los insectos en China se clasifican generalmente en cuatro diferentes niveles. El primer nivel es la utilización directa de los cuerpos de los insectos y sus secreciones. Además, otros numerosos insectos se utilizan típicamente para la producción de medicinas y alimentos (Zhang, et al., 2008).

El segundo nivel es la utilización de insectos como enemigos de las plagas y patógenos de insectos para control biológico. El tercer nivel de utilización es la extracción y síntesis de materiales de insectos con diversas actividades biológicas. Algunas feromonas de insectos y hormonas extraídas o sintetizadas químicamente se han usado para el control de plagas y para la regulación de la cría de gusanos de seda. Las toxinas de las abejas y avispas se han utilizado en la medicina. Algunos materiales de insectos de las larvas de abejas, gusanos de seda y moscas domésticas se han desarrollado en productos para la salud. El cuarto nivel es el uso de los insectos como

biorreactores para producir péptidos para usos médicos y veterinarios. Cientos de genes extraños se han expresado con éxito en las células de insectos y larvas (Zhang, et al., 2008).

Varios informes han sido realizados en el consumo de dos gusanos (*Isoberlinia paniculata* y el Miombo/Mopani) en muchos países africanos. Estos dos gusanos forman parte de la dieta en Zambia (40% durante el período de Noviembre-enero y del 30% durante el resto del año, respectivamente) (Chipeleme, 1981). Estos insectos son los más consumidos y se venden tostados o deshidratados. Se añaden a los guisos ya que se prefieren sobre la carne de vacuno fresca (Ghaly, 2009). Sin embargo, estos gusanos se enfrentan a la extinción en masa debido a la sequía y la sobreexplotación. La población local no se ha familiarizado con el ciclo de vida de los gusanos viéndose afectado el aprovechamiento sostenible (Ghaly, 2009).

El valor nutricional de estos insectos (proteínas y grasas) es comparable a los alimentos tradicionales de esos países. También contienen todos los aminoácidos esenciales y minerales necesarios para el crecimiento humano (Ghaly, 2009).

Las hormigas cortadoras de hojas (*Atta* spp.), conocidas como hormigas culonas, son un manjar nacional en Colombia; Hansen (2009) menciona que las hormigas tostadas constituye el mayor logro de la cocina colombiana; estas hormigas son consumidas como botana y tienen un peculiar sabor a nuez y tocino. Un campesino, mediante la recolección y venta de las hormigas, puede ganar durante la temporada de tres meses el equivalente a un año de jornada laboral. Una libra de hormigas se vende por unos 20 dólares, el equivalente a seis días de trabajo en el salario mínimo. Además de su uso local, algunos se exportan a Japón (DeFoliart, 1999).

En Tailandia son consumidos los huevos de hormigas rojas; estas son preparadas con cebolla, mango verde, chile y jugo de limón. Son tan apreciados que las personas arriesgan atroces mordeduras de las hormigas para reunirlos (Hansen, 2009). Las hormigas son también un alimento muy popular en Australia. Las tribus nativas valoran a las hormigas mieleras como una fuente excepcional de azúcar en su dieta (Hansen, 2009).

De los insectos comestibles en América del Sur, el gorgojo de palma, *R. palmarum*, parece tener la mayor producción en masa y la comercialización potencial (DeFoliart, 1993). Este insecto ha sido durante mucho tiempo "semi-cultivado" por los indígenas en

Brasil, Colombia, Paraguay, y probablemente en otros países (DeFoliart, 1999). Algunas etnias en Venezuela manifiestan un alto precio por este insecto, y poseen un antiguo conocimiento que les permite inducir crías sobre tejidos vegetales y seleccionar las palmas hospederas para este fin, además afirman que las larvas tienen un mejor sabor cuando se alimentan de ciertas palmeras en específico. Talan plantas sanas y cortan el tallo longitudinalmente, lo que atrae y concentra un alto número de individuos sobre la fuente alimenticia, favoreciendo la ovoposición. La cosecha se realiza 25 o 40 días después, son transportadas a la comunidad, donde son cocidas a fuego lento y bajo para convertirlas en un manjar dorado y crujiente (Arango, 2005).

### **4.3 INSECTOS EN MÉXICO**

La utilización de especies animales en las diferentes regiones gastronómicas de México no se ha limitado al empleo de especies mayores, también se desarrolló una cultura gastronómica especializada en el consumo de insectos y sus derivados, la cual persiste hasta nuestros días en muchas comunidades rurales de los estados de: Chiapas (Ramos-Elorduy, 2002), Oaxaca (Ramos-Elorduy, et al., 1997), Hidalgo y Estado de México (Ramos-Elorduy y Pino, 1998), entre otras. En tales localidades, la recolección y comercialización de insectos, ya sea en forma cruda o formando parte de preparaciones gastronómicas, actualmente consideradas como gourmet, son fuente importante de recursos económicos para las familias que por generaciones han resguardado los conocimientos entorno al saber hacer de la recolección y la preparación de los insectos comestibles en México (Miranda, et al., 2011).

Los insectos comestibles son un recurso natural renovable que proporciona alimento a muchos grupos étnicos en México. Algunas de estas especies están sobreexplotadas debido a un mayor consumo, causada por el enorme crecimiento de la población humana en el área y debido a la gran demanda de estos insectos por muchos restaurantes en México y en otros países (Ramos-Elorduy, 2006).

En México, la cifra de insectos comestibles identificados varía entre 535 (Ramos-Elorduy, et al., 2006) y 504 especies (Costa-Neto y Ramos-Elorduy, 2006). De estas, el 83% es de origen terrestre, en tanto que el 17% proviene de ecosistemas acuáticos continentales. Asimismo, se menciona que el 55,8% de las especies se consumen en etapas inmaduras (huevos, larvas, pupas y ninfas), y el 44,2% restante en estado

adulto, sin embargo, algunas especies podrían consumirse en cualquier estado de desarrollo (Miranda, et al., 2011).

Ramos- Elorduy et al., (1997) registraron la existencia de 78 especies en el estado de Oaxaca las cuales además fueron analizadas desde el punto de vista nutricional. Luego en 1998 determinaron taxonómicamente 104 especies de insectos en el Estado de México. En 2001 documentaron la existencia de 99 especies comestibles en el estado de Hidalgo y en el 2002 se reportaron 178 especies en el Estado de Chiapas.

De las 504 especies de insectos comestibles registradas hasta la fecha para México (Ramos-Elorduy y Pino, 2003), son pocas las que se comercializan (95 especies) lo que corresponde al 18.84%. La comercialización de muchas especies de insectos comestibles se lleva a cabo según una calendarización, que está de acuerdo a las épocas de abundancia de cada insecto; la época de lluvias es la temporada de más abundancia de la mayor parte de los insectos comestibles. En muchos casos se efectúa una preservación de los especímenes, ésta se hace en seco y puede hacerse en salmuera o en congelación (Ramos-Elorduy, et al., 2006).

La Figura 1 (Miranda, et al., 2011) ejemplifica el ciclo anual de insectos comestibles que se recolectan y se comercializan en las zonas de Otumba y Teotihuacán, en el Estado de México. Cabe destacar que los caracoles no son considerados insectos desde el punto de vista científico, pero Miranda et al., (2011) mencionan que los pobladores de esos municipios si los consideran como tal.



**Figura 1. Ciclo anual de los insectos comestibles recolectados y comercializados en Otumba y Teotihuacán, Estado de México.**

Los insectos comestibles se venden secos, fritos, asados, vivos, hervidos, envueltos en cutícula de magueyes, por peso, por tacos, congelados, preparados, etc.

Ramos-Elorduy (2006) informó que poblaciones de algunas de las 30 especies de insectos comestibles de Tulancingo han disminuido a causa de la sobreexplotación de los trabajadores no calificados. Esto ha conducido a una llamada a regular la explotación de los insectos comestibles en México para asegurar mejor la gestión, la producción y la conservación (Ramos- Elorduy, et al. 2006).

#### **4.4 ESCAMOLES**

Los **escamoles** (del náhuatl azcatl, hormiga, y mol, guiso) conocidos también como guijes, tecates, maicitos, son larvas de la hormiga de la especie *Liometopum apiculatum*, muy apreciadas como alimento exótico en estados como Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala; se encuentran en época de cuarema, entre los meses de marzo y abril, se presentan los estados inmaduros de la casta reproductora y el hombre los busca para consumirlos (Ramos-Elorduy, et al.,



1988a). Son un alimento de origen prehispánico, de un alto valor nutritivo y de sabor muy fino, ligeramente dulce.

Los escamoles son huevecillos producidos por las llamadas hormigas escamoleras, estas son de color negro y con un olor a hierba fresca mezclada con tierra húmeda. Los huevecillos tienen el tamaño de un arroz, de color blanco opaco (Figura 2) que se localizan en nidos que contienen estructuras comúnmente llamadas guacales hechos por las propias hormigas a base de tierra, con una estructura parecida al de un panal (Figura 3). Un huevecillo es depositado en cada orificio de la estructura del guacal, lo que evita que se adhieran unos con otros para evitar su ruptura, ya que son muy frágiles. Estos se encuentran debajo de nopaleras, magueyes o árboles, con condiciones adecuadas de calor, humedad e iluminación para que los huevecillos se desarrollen (Miranda, et al., 2011).



**Figura 2. Escamoles recién recolectados (Miranda, et al., 2011)**



**Figura 3. Huacal que las hormigas elaboran como nido (Miranda, et al., 2011)**

Los escamoles formaron parte de los alimentos con los que homenajearon al emperador azteca Moctezuma (Sahagún, 1989), y su explotación se ha mantenido a través del tiempo. En la actualidad, su abundancia ha disminuido sustancialmente. Hace mucho tiempo, este recurso fue explotado en sitios específicos en México durante ciertos períodos del año, debido a su abundancia y popularidad.

El régimen alimenticio de *Liometopum apiculatum* es omnívoro, sin embargo muestra una marcada preferencia por la alimentación líquida obtenida de otros insectos por trofobiosis (Ramos- Elorduy, et. al., 1983).

Por lo tanto la conservación de *Liometopum apiculatum*, como un recurso alimenticio requiere del conocimiento biológico amplio acerca de su interacción con otros organismos, especialmente de los que obtiene su alimento (Velasco, et al., 2007).

Velasco, et al. (2007) mencionan que se encontraron 14 especies de insectos asociados a *Liometopum apiculatum*, de los cuales este insecto se alimenta. Además se observó que también se alimentan de pupas de insectos, crustáceos, anélidos, moluscos e incluso vertebrados muertos, excrementos de animales y el néctar extrafloral de *Opuntia sp.*

Cuadriello (1980) encontró interacciones trofobióticas para *Liometopum apiculatum*, encontrando 17 especies para Hidalgo, 5 para el Distrito Federal y 3 para Michoacán.

El régimen alimenticio de *Liometopum apiculatum* varía durante todo el año ya que su alimentación a base de las excreciones azucaradas de ciertas especies se interrumpe durante ciertos periodos, debido a que la presencia de ciertas especies puede estar relacionada con factores bióticos y abióticos locales, como puede ser la etapa de floración de sus hospederas, la presencia de enemigos naturales y la presencia de lluvias (Peña, 1992).

Los nidos han sido explotados sólo por los "escamoleros" grupos de hombres capacitados que saben encontrarlos y, después de la apertura de los nidos y la recuperación de los insectos, son lo suficientemente cuidadosos para no dañar el nido para que las hormigas puedan seguir produciendo escamoles y así ser explotados en las temporadas futuras (Ramos-Elorduy, et al., 1986). Sin embargo, debido a la demanda del mercado, recolectores sin conocimiento buscan y recogen a estos insectos en grandes cantidades para su venta, situación que ha provocado la disminución de la productividad de los escamoles. Algunos nidos han desaparecido

debido a la modificación extrema de las condiciones (Ramos-Elorduy, 2006). Además no sólo los "verdaderos" escamoles son explotados (la etapa inmadura de la raza reproductiva), sino también la de la casta trabajadora. Esto deja a la colonia sin suficientes trabajadores para preservar el nido. Sin la biomasa crítica, estos nidos no producen más escamoles hasta que el equilibrio se restablece o el nido se muere (Ramos-Elorduy, 2006).

Se considera que los escamoles coadyuvan a mantener al frágil equilibrio de los ecosistemas áridos, favoreciendo la aireación del suelo, la dispersión de semillas y la polinización de plantas, contribuyendo a la reproducción y regeneración vegetal (Esparza, et al., 2008). Además el contenido proteínico es de 21-81% (Ramos-Elorduy, 1999), valor más alto que el de la carne que es de 18-22%. Asimismo, se ha encontrado que algunos insectos son ricos en minerales (ej. sodio, potasio, zinc, fósforo, manganeso, magnesio, hierro, cobre y calcio) y vitaminas del grupo B (ej. tiamina (B1), riboflavina (B2) y niacina (B6)) (Costa-Neto y Ramos-Elorduy, 2006).

Los valores nutrimentales pueden variar ligeramente de acuerdo al estado de maduración del huevo o a las condiciones bióticas o abióticas del entorno de los nidos, y la cantidad de producto en cada nido varía de acuerdo con la longevidad de este. Los escamoles son una rica fuente de proteínas y aminoácidos, los cuales necesitan estar acompañados con suficientes cantidades de carbohidratos para evitar que estos se empleen como energéticos y no realicen su función plástica básica en el desarrollo humano (Juárez, et al., 2010).

Existen estudios que demuestran que 100 g de insectos podrían proporcionar más del 100% de los requerimientos diarios de vitaminas y minerales; respecto a su cantidad de grasa y colesterol. También se ha encontrado que algunos insectos podrían contener más ácidos grasos esenciales como el linoléico, en comparación con la carne (Miranda, et al., 2011).

Los escamoles tienen gran demanda, sin embargo, a pesar de que su disponibilidad en fresco se limita solo a 4 meses al año, existen técnicas de conservación que evitan la pérdida de nutrientes, lo que puede garantizar su disponibilidad durante todo el año (Juárez, et al., 2010).

#### **4.4.1 MÉTODO DE OBTENCIÓN**

Los nidos de escamoles no siempre están bajo las plantas, sino que se pueden encontrar en oquedades, hendiduras del suelo y galerías en troncos de otras plantas, por lo que el daño a las plantas es mínimo. Una vez extraídos los individuos se recomienda volver a colocar la trabécula (estructura de arena y arcilla donde se encuentran los huevos y los estados inmaduros) para facilitar su repoblación natural. Lo anterior podría permitir incluso, dependiendo de diversos factores físicos y biológicos, explotar el nido una o dos veces al año (Esparza, et al., 2008).

La función de las hormigas es un elemento central de las zonas áridas, debido principalmente a su papel como estructuradoras de las comunidades vegetales y por las diversas interacciones con otros microorganismos (Ríos, et al., 2004).

El nido se localiza siguiendo el rastro de cuatro caminos de las hormigas hasta donde estos se unen, aquí se encuentra la entrada al nido, localizado debajo de nopaleras, magueyeras, o árboles, dentro de un orificio de 2 cm de diámetro, lo que permite un correcto desarrollo de los huevecillos ya que logran buenas condiciones.

Una vez que el nido es localizado se remueve la tierra en dos etapas, en la primera se extrae la mayor parte de tierra con ayuda de una pala hasta encontrar el túnel, en la segunda, el escamolero continuara escarbando con las manos, cuidando de no romper el nido.

Cuando se logra extraer el guacal, se sacude cuidadosamente para obtener los huevecillos. Una vez terminada la extracción el nido es tapado, colocando en el interior pencas de maguey o nopal secas, pasto seco y hierba fresca cubriendo con piedras y tierra. Esto contribuye a restablecer las condiciones adecuadas para que las hormigas construyan de nuevo el nido (Figura 4) (Miranda, et al., 2011).



**Figura 4. Proceso de extracción de escamoles. (A) Ubicación del nido, (B) Fase 1 de la excavación, (C) Fase 2 de la excavación, (D) Limpieza de escamoles en penca de maguey, (E) Tapado del nido**

En términos operativos no se puede aprovechar 100% de las existencias. En términos biológicos, si se busca la estabilidad en la producción de estos insectos tampoco es viable ni aconsejable un aprovechamiento de 100%. De acuerdo con las experiencias de los ejidatarios y recolectores, para los escamoles el aprovechamiento sería de 80%. Este esquema de aprovechamiento tiene fundamentación empírica y se basa principalmente en el conocimiento de los recolectores (Esparza, et al., 2008).

No obstante, se deben considerar otros criterios físicos (temperatura, precipitación, etc.) y biológicos (duración del ciclo biológico, disponibilidad de alimento, presencia de enemigos naturales, etcétera) para fundamentar esta propuesta. Con los precios (2006) pagados al recolector por los insectos comestibles (Tabla 3), el esquema de aprovechamiento propuesto permitiría un ingreso total a la comunidad de \$3 472 000 por temporada anual (Esparza, et al., 2008).

**Tabla 3. Beneficios potenciales en la recolección secuencial y organizada de los escamoles en el ejido de Tolosa, Zacatecas.**

Insecto	Existencia (toneladas)	Porcentaje de cosecha (toneladas)	Precio (\$)⁻¹ Kg	Valor total (\$)
Escamoles	21.7	17.36	200	3 472 000

\*Esparza, et al., 2008

Según Esparza, et al., (2008) es posible plantear un aprovechamiento secuencial organizado, de manera que la recolección de escamoles permita obtener un ingreso económico adicional para los habitantes del Ejido de Tolosa, mediante la recolección sostenible y comercialización de dichos recursos. Y no solamente en ese estado, sino que si se normaliza la comercialización no solo de escamoles, sino también la de otros insectos comestibles, apoyaría a la economía de cada estado productor y de sus habitantes.

Debido a que su comercialización no está regulada, los insectos comestibles se pueden encontrar en lugares no pre-establecidos en los mercados de las diferentes capitales de los Estados, donde las personas que los venden deambulan y los ofrecen o bien en puestos fijos de diversos mercados, por ejemplo, en los mercados de San Juan, Coyoacán, Xochimilco y Milpa Alta de la Ciudad de México, en el mercado López Mateos de Cuernavaca o el mercado de Cuautla en el Estado de Morelos, los de Pachuca, Ixmiquilpan, Actopan y Mixquihuala en el Estado de Hidalgo, otros más en el Estado de Oaxaca, en el Estado de Chiapas, etc. También se comercializan directamente en restaurantes, donde se encuentran las especies más cotizadas, como son: el “gusano blanco y rojo de maguey”, los “escamoles”, los “jumiles” y los “chapulines” (Ramos-Elorduy, et al., 2006).

#### **4.4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRITIVO**

Respecto a la calidad nutricional de los insectos de México, Ramos-Elorduy, et al., (1994) citada por Miranda, et al., (2008) analizaron el valor nutricional de 78 especies provenientes del estado de Oaxaca y encontraron que éste se ubicaba entre 293 y 762 Kcal/100 g y que el tipo de proteínas presentes en éstos, era de alta calidad y presentaba una digestibilidad del 76 al 98%. Respecto al contenido de ácidos grasos, se encontró que eran similares a los presentes en pollo y pescado.

Previo a lo anterior, Ramos-Elorduy et al. (1997) habían encontrado que las proporciones de aminoácidos esenciales, es decir, aquellos que el hombre no puede sintetizar, superaban las recomendaciones de la FAO y la OMS, de ahí que los sugirieron como una alternativa para aliviar el hambre y la malnutrición.

La composición de los escamoles se muestra en las Tablas 4 y 5. Como se observa además de proteína, los escamoles presentan un alto contenido de grasa y vitaminas.

Cabe señalar que en la Tabla 4, se muestra una comparación del análisis químico proximal de escamoles comercializados en los Mercados de Cuautitlán de Romero Rubio, Estado de México y los extraídos en los municipios de Actopan y Zempoala, Estado de Hidalgo.

**Tabla 4. Valor nutritivo de escamoles comercializados en los Mercados de Cuautitlán de Romero Rubio, Estado de México, Actopan y Zempoala, Estado de Hidalgo (g/100g base seca)**

Especie	Proteínas	Grasas	Sales minerales	Fibra cruda	Extracto libre de N
<i>Liometopum apiculatum</i> Cuautitlán *	37.41	33.27	5.27	2.32	21.60
<i>Liometopum apiculatum</i> Actopan **	42.35	18.13	3.34	0.74	35.44
<i>Liometopum apiculatum</i> Zempoala **	41.78	34.26	3.26	0.41	20.29

\* Ramos-Elorduy y Pino 1990

\*\* Juárez, et al., 2010

Se puede observar que en cuanto al contenido de grasa los escamoles de Zempoala son los que mayor proporción presentan y no existe gran diferencia en comparación con los del Mercado de Cuautitlán de Romero Rubio, sin embargo, hay una diferencia mayor en comparación con los de Actopan, habrá que recordar que tanto Zempoala y Actopan se encuentran en el mismo estado, por tanto no podríamos esperar diferencia en cuanto a sus características sensoriales. No así para el contenido de proteínas ya que la muestra de Actopan es la que mayor concentración presenta, casi similar a la de Zempoala, encontrándose mayor diferencia en comparación con los escamoles de Cuautitlán de Romero Rubio.

**Tabla 5. Contenido de vitaminas A, C, D, Tiamina, Riboflavina y Niacina de escamoles de la especie *Liometopum apiculatum***

A (U.I. /100g)	C (mg/100g)	D (U.I. /100g)	Tiamina (mg/100g)	Riboflavina (mg/100g)	Niacina (mg/100g)
2.93	36.14	-----	0.15	0.34	0.67

\*Ramos-Elorduy y Pino, 2001

## 4.5 SUELO

Desde una visión geotécnica, el suelo es el material sin consolidar que se encuentra sobre el lecho rocoso. Desde el punto de vista agrícola, el suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua (Suelos, SEMARNAT 2009).

A partir de su origen y de los factores ambientales, la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (SSSA, por sus siglas en inglés), lo define como la capa superficial de material mineral y orgánico no consolidado que sirve de medio natural para el crecimiento de las plantas, y que ha sido sujeto y presenta los efectos de los factores que le dieron origen (clima, topografía, biota, material parental y tiempo) y que debido a la interacción de éstos, difiere en sus propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas del sustrato rocoso del que se originó (Suelos, SEMARNAT 2009).

El proceso de formación del suelo comienza con la desintegración de la roca madre que está expuesta en la superficie de la corteza terrestre a partir del rompimiento físico y químico ocasionado por las lluvias, el viento, la exposición al sol y la actividad mecánico-biológica de raíces de las plantas. En el caso de la actividad biológica, las cianobacterias y los líquenes son los primeros colonizadores del sustrato rocoso, ya que liberan ácidos orgánicos débiles, como el ácido carbónico, que disuelve lentamente la roca madre. Después, el efecto mecánico del crecimiento de las raíces acelera la ruptura de las rocas, además de que la presencia de las plantas permite una gran actividad de micro y meso organismos y la acumulación de materia orgánica en diferentes estados de descomposición, la cual también contribuye a la formación del suelo (Suelos, SEMARNAT 2009).

Las características de los suelos de los estados donde se extrajeron los escamoles se muestran a continuación:

Ixmiquilpan municipio del Estado de Hidalgo ubicado 20°29' latitud norte, 99°13' longitud oeste, y con una altitud de 1700 msnm, con una temperatura anual promedio de 18.5 °C y precipitación de 363.6 mm; con un clima seco semicálido y presenta tipo de suelo Luvisol (Anuario del INEGI del estado de Hidalgo, 1986).

Otumba, Teotihuacán y Tepetlaoxtoc son municipios del Estado de México, los primeros 2 localizados en la región II de Compango; se encuentran a 19°24' latitud



norte, 98°35' longitud oeste, con una altitud de 3218.55 msnm, el primer municipio con un tipo de clima templado subhúmedo y el segundo semiseco templado; Tepetlaoxtoc se encuentra en la región III de Texcoco; ubicado a 18°56' latitud norte, 98°37' longitud oeste y una altura de 2628.50 msnm, y un tipo de clima templado subhúmedo (Anuario del INEGI del Estado de México, 1993).

Tanto Otumba como Teotihuacán tienen tipo de suelo Feozem háplico; Teotihuacán también cuenta con un tipo de suelo vertisol pélico; y Tepetlaoxtoc tiene un tipo de suelo cambisol (Anuario del INEGI del Estado de México, 1993).

#### 4.5.1 TIPOS DE SUELO

El 52.4% del territorio nacional está cubierto por suelos someros y poco desarrollados: Leptosoles (54.3 millones de hectáreas), Regosoles (26.3 millones de hectáreas) y Calcisoles (20 millones de ha), lo cual dificulta su aprovechamiento agrícola y aumenta su vulnerabilidad. Los suelos con mayor fertilidad (Phaeozems, Luvisoles, y Vertisoles; 22.5, 17.3 y 16.5 millones de hectáreas, respectivamente) cubren en conjunto 29.4% del país (Figura 5). En el resto del territorio (35 millones de hectáreas) se presenta una alta diversidad edáfica, encontrándose los otros 20 grupos distribuidos en un gran número de microrelieves, microclimas y tipos de vegetación (Suelos, SEMARNAT 2009).



**Figura 5. Principales grupos de suelo en México, 2007**

Los suelos feozem se caracterizan por tener un horizonte melánico, carece de horizonte con concentraciones de polvo calcáreo suave y no presenta incremento con la profundidad en la saturación de sodio y potasio, dentro de 125 cm de profundidad

carece de horizonte cálcico. Son suelos pardos ricos en materia orgánica, con elevada fertilidad natural excepto en fósforo, ligeramente ácidos, con buena textura y estructura establecen un buen régimen de humedad proporcionado por las lluvias durante el periodo vegetativo de los cultivos. Se localizan en llanuras, lomeríos y áreas montañosas redondeadas (Anuario del INEGI del estado de Hidalgo, 1986). Los Feozems se desarrollan normalmente bajo un proceso de acumulación de humus (es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de restos orgánicos. Se caracteriza por su color negrozco debido a la gran cantidad de carbono que contiene), cuyos elementos necesarios para su acumulación son el calcio y el magnesio.

El feozem háplico tiene una capa superficial oscura rica en materia orgánica y nutrientes, contiene también gran cantidad de materiales calcáreos, es un suelo fácil de manejar por ser prácticamente plano, profundo y sin obstrucciones, condiciones que le permiten un alto grado de productividad agrícola (Anuario del INEGI del estado de Hidalgo, 1986).

Los Luvisoles (del latín *luere*, lavar) son suelos que se encuentran sobre una gran variedad de materiales no consolidados, tales como las terrazas aluviales o los depósitos glaciales, eólicos, aluviales y coluviales. Son muy comunes en climas templados y fríos o cálidos húmedos con estacionalidad de lluvia y sequía. Se encuentran dentro de los suelos más fértiles, por lo que su uso agrícola es muy elevado y cubre, por lo general, la producción de granos pequeños, forrajes y caña de azúcar. Los Luvisoles se extienden por alrededor de 500 a 600 millones de hectáreas en el mundo (FAO, 2001). En México, se distribuyen en la Sierra Madre Occidental, Guerrero, Oaxaca, Campeche y la Península de Yucatán (Suelos, SEMARNAT 2009).

Los suelos luvisoles tienen un horizonte pálido sómblico o hístico, así como un argilúvico. La moderada eluviación de arcillas ácidas con buena circulación de aire y de agua que permite su libre movimiento, sirve para almacenar reservas de agua. Se presentan en diferentes geoformas y a muy variadas altitudes, en general se asocian con vegetación de bosques de clima templado con bastante humedad bajo un medio bien drenado de material ácido (Anuario del INEGI del estado de Hidalgo, 1986).

En cuanto a su fertilidad este perfil de suelo Luvisol tiene casi un contenido medio de materia orgánica, con poco contenido o medio en fósforo asimilable y alto en potasio asimilable (Vivanco, et al., 2010).

Los suelos cambisoles tienen uno o más de los siguientes rasgos: horizontes cámbico, cálcico y gypsico dentro de los 100 cm de profundidad, textura pesada y grietas que se desarrollan a una profundidad inferior a 50 cm y características ándicas atenuadas, comúnmente son suelos someros y pedregosos con una marcada variación forestal o prático, en caso extremo de ser profundos se emplea con ciertas restricciones para explotaciones agrícolas. Se encuentran en terrenos montañosos de clima templado húmedo y subhúmedo. Los suelos cambisoles húmico y éutrico son los que más se distinguen, aunque también están el dístrico, crómico y cálcico; el húmico corresponde a suelos forestales de aéreas montañosas, no aptos para la agricultura con un horizonte sómbrico y uno cámbico cuya saturación de bases es inferior al 50% en todos los subhorizontes. El éutrico tiene un horizonte sómbrico y uno cámbico cuya saturación de bases es mayor o igual al 50%, por lo menos en algún horizonte, carece de carbonatos en el horizonte cámbico, contiene calcio en algún horizonte dentro de los 100 cm de profundidad, son suelos fértiles adecuados para cultivos frutales (Anuario del INEGI del estado de Hidalgo, 1986).

Los Vertisoles (del latín *vertere*, invertir) son suelos de climas semiáridos a subhúmedos y de tipo mediterráneo, con marcada estacionalidad de sequía y lluvias. La vegetación natural que se desarrolla en ellos incluye sabanas, pastizales, matorrales y bosques maderables. Se pueden encontrar en los lechos lacustres, en las riberas de los ríos o en sitios con inundaciones periódicas. Se caracterizan por su alto contenido de arcillas que se expanden con la humedad y se contraen con la sequía, lo que puede ocasionar grietas en esta última temporada. Esta propiedad hace que aunque son muy fértiles, también sean difíciles de trabajar debido a su dureza durante el estiaje y a que son muy pegajosos en las lluvias (Suelos, SEMARNAT 2009).

A nivel mundial ocupan alrededor de 335 millones de hectáreas, de las cuales cerca de la mitad se destinan al cultivo de maíz (FAO, 2001). En México, sus colores más comunes son el negro o gris oscuro en las zonas centro y oriente del país y el café rojizo hacia el norte. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo. Ocupan gran parte de los principales distritos de riego en Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Jalisco, Tamaulipas y Veracruz. Se utilizan para la producción de caña, cereales, hortalizas y algodón. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización (Suelos, SEMARNAT 2009).

#### **4.5.2 EL EFECTO DE LAS HORMIGAS EN EL SUELO**

Las hormigas pueden modificar las propiedades físicas del suelo ya que al construir nidos subterráneos, las hormigas transportan hacia la superficie grandes cantidades de suelo. Esto tiene dos efectos antagónicos, por un lado, su extracción contrarresta el desarrollo de horizontes discretos en el suelo, deteniendo los procesos locales de intemperización (Wiken, et. al., 1976) y por el otro, su acumulación en la superficie puede llevar a la formación de nuevos estratos del perfil edáfico en el largo plazo (Eldridge y Pickard, 1994).

Las secreciones mucosas que las hormigas agregan a las partículas del suelo y que actúan como cementantes, aumentan la consistencia de los agregados del suelo (Whitford, et. al., 1986, Eldridge y Pickard, 1994), lo que influye en la disponibilidad del agua, nutrientes, y en la actividad microbiana.

En cuanto a las propiedades químicas, las hormigas juegan un papel importante ya que los cambios químicos en el suelo de los nidos de las hormigas resultan principalmente de la acumulación de materia orgánica y de los procesos de descomposición. Los montículos de los nidos brindan condiciones físicas más favorables para la mineralización de la materia orgánica que para la humificación, debido a su estructura más porosa y más expuesta a los factores climáticos que el resto del ambiente (Petal y Kusinska, 1994), aunque esto varía en función del tamaño del nido y su ubicación en el perfil edáfico, así como de los hábitos alimenticios de las especies (Beattie y Culver, 1983).

Se ha demostrado que el suelo de los hormigueros de varias especies contiene cantidades significativamente mayores de materia orgánica y de nutrientes para las plantas, como N, Ca, Mg, P, K, Zn, Fe y Mn (Beattie y Culver, 1983). Este enriquecimiento se atribuye a la acumulación de restos de semillas, cadáveres de insectos y heces dentro del nido (Salem y Hole, 1968). Se sabe que gran parte de la materia orgánica recolectada por algunas especies se mineraliza en el nido, ya que la cantidad de alimento que consumen es 25 veces mayor a la biomasa que producen (Petal, 1998), lo que significa un aporte al suelo de 11 a 16 veces más nitrógeno y de 42 a 93 veces más de carbono (Rojas, 2001).

Diversos estudios demuestran el efecto positivo de los nidos de varias especies de hormigas en el crecimiento de las plantas, debido en gran medida al enriquecimiento

del suelo. En las plantas que crecen sobre los hormigueros, se ha encontrado mayor densidad de plántulas, mayor tamaño, crecimiento más rápido y mayor sobrevivencia (Beattie & Culver, 1983). Los factores responsables son la cantidad de fósforo y nitrógeno, así como una mayor disponibilidad de agua. De modo indirecto, las hormigas pueden incrementar significativamente la riqueza florística en algunas asociaciones vegetales, ya que especies de plantas, con requerimientos edáficos muy específicos, se benefician de las condiciones del suelo enriquecido (Lewis, et. al., 1991).

#### **4.6 CONGELACIÓN**

Entre los métodos de conservación de alimentos desempeñan importante papel los métodos basados en la acción de bajas temperaturas, es decir, la refrigeración y la conservación por congelación. Estas técnicas mejoran amplios campos de la comercialización de los alimentos cuando son aplicadas racionalmente, logrando así, un mejor abastecimiento del mercado, una calidad superior y una disminución de las pérdidas del producto (Gruda, 1986).

La congelación es aquella operación unitaria en la que la temperatura del alimento se reduce por debajo de su punto de congelación, con lo que una porción elevada del agua que contiene cambia de estado formando cristales de hielo (Fellows, 1994). En estas condiciones, se inhibe el desarrollo de microorganismos deteriorantes y patógenos, así mismo, se disminuye considerablemente la velocidad de las reacciones tanto químicas como enzimáticas que alteran las características de los alimentos a consecuencia de la transformación del agua en hielo y de la reducción de la actividad acuosa del producto, disminuyendo así la cantidad de agua disponible para esos fenómenos. De esta manera, la congelación permite que los alimentos conserven en gran proporción sus características organolépticas y valor nutricional, aunque el efecto de la congelación en las características del producto depende de la velocidad del proceso (Camacho, et al., 2005).

La misión principal de la congelación en términos económicos estriba en conservar la calidad de las materias primas y productos alimenticios durante periodos prolongados de almacenamiento (Padilla, 2010).

La disposición tisular de las materias primas vegetales y las suspensiones contenidas en el seno de las células favorecen la formación de numerosos núcleos de cristalización. Por consiguiente, en el curso de la congelación se depositan en la

superficie de los productos cristales de escarcha que también constituyen núcleos de cristalización. A partir de la cristalización de las capas superficiales, las porciones profundas del alimento comienzan a cristalizar, por lo que la congelación de alimentos, sobre todo en aquellos de gran tamaño, debe entenderse como un crecimiento de cristales que se inicia en la capa superficial y luego prosigue hacia el interior (Gruda, 1986).

Una de las consecuencias más destacables del proceso de congelación es el cambio de las propiedades de la membrana celular. Esta pierde su semipermeabilidad y, tras la descongelación, carece de turgencia. El tejido aparece laxo y se produce salida de agua (Magaña, 2010). Es muy frecuente, además, que el tejido resulte dañado mecánicamente por los cristales de hielo (Gruda, 1986).

La formación de hielo va acompañada de un incremento en el volumen ocupado en la estructura del producto congelado, que producirá daños de mayor o menor magnitud de acuerdo con las características del tejido que se esté congelando. Los materiales con un elevado contenido de agua y pocos espacios intercelulares con aire son especialmente susceptibles a este tipo de daño, ya que no podrán acomodar en sus espacios intercelulares los cristales en crecimiento, minimizando los efectos del incremento de volumen (Casp, 2003).

La congelación de los tejidos se inicia por la cristalización del agua en los espacios extracelulares puesto que la concentración de solutos es menor que en los espacios intracelulares.

El hecho de congelar un producto provoca fuertes modificaciones causadas por el cambio físico del agua. La formación de hielo en los alimentos celulares (tejidos) y en los geles alimentarios tiene dos consecuencias adversas: los componentes no acuosos se van concentrando en la fase aun no congelada (en todos los alimentos y a cualquier temperatura de almacenamiento comercial existe una fase acuosa no congelada), y toda el agua convertida en hielo incrementa un 9% el volumen (Fennema, 2000), lo que ocasiona esfuerzos que producen daños mecánicos en las celdas de los tejidos vegetales y animales (Badui, 1990).

Debido a las propiedades permeables de la membrana celular, en la congelación puede producirse la sustracción de agua de la célula. A partir de las células con jugo hipertónico se difunde el agua hasta los espacios intercelulares, donde se congela.

Este efecto conocido como crioconcentración o crioósmosis, se traduce por un desequilibrio osmótico y migración de agua hacia el exterior, como consecuencia de la diferencia de la presión de vapor de los cristales de hielo con respecto a la del interior de las células, lo que provoca la deshidratación progresiva de las células, la cual no es reversible al descongelar, debido a la semipermeabilidad de las paredes celulares (Bremnan, 2008).

Cuando la congelación es rápida la cristalización se produce casi simultáneamente en los espacios extracelulares e intracelulares. El desplazamiento del agua es pequeño, produciéndose un gran número de cristales pequeños, por lo que las afectaciones sobre el producto resultaran considerablemente menores en comparación con la congelación lenta. No obstante, las velocidades de congelación muy elevadas pueden provocar en algunos alimentos, tensiones internas que pueden causar el agrietamiento o rotura de sus tejidos (Gruda, 1986).

El congelamiento lento es más dañino que el rápido ya que afecta más la membrana celular y además establece cristales intercelulares que tienen la capacidad de unir las células e integrar grandes agregados (Badui, 1990).

Cuando el método de congelación es lento se forman cristales de hielo de gran tamaño que causan daño a los tejidos y paredes celulares que originan cambios importantes en la textura y apariencia del alimento; en cambio una congelación rápida permite retener agua dentro de las células y los cristales de hielo formados son de menor tamaño, lo que disminuye los daños mecánicos favoreciendo la calidad del producto (Camacho, et. al., 2005).

La estabilidad y las propiedades de las macromoléculas de las células de los alimentos dependen de la interacción de sus grupos reactivos con la fase acuosa que los rodea, la congelación altera dichas interacciones y los cristales de hielo modifican la textura en alimentos. La turgencia de los tejidos está determinada por la presión hidrostática de las células, y es la membrana la que retiene el agua y por lo tanto la que mantiene la frescura. Los componentes de las membranas son lipoproteínas formadas por enlaces débiles (puentes de hidrogeno y uniones hidrófobas) muy dependientes de la temperatura, lo que conlleva a su fácil disociación y a la liberación de agua durante la descongelación; esto ocasiona que los tejidos de los alimentos pierdan su rigidez y frescura y, en ocasiones se eliminan nutrientes, como vitaminas hidrosolubles, en el agua de descongelamiento (Badui, 2006).

La reducción de la temperatura de un alimento provoca la inhibición de un gran número de reacciones químicas y enzimáticas, así como la reducción del desarrollo microbiano; sin embargo en muchos casos a temperaturas de refrigeración (0 – 15 °C) o de congelación (< 0 °C), se presentan muchas de estas transformaciones que provocan una alteración indeseable. Esto se debe a que los alimentos contienen muchas sustancias disueltas de bajo peso molecular, como sales y azúcares, presentan zonas ricas en solutos cuya temperatura de congelación se abate considerablemente, esto es, cuando un alimento se congela comercialmente, no toda el agua se convierte en hielo, sino que quedan secciones líquidas ricas en solutos (Badui, 2006).

En estos microambientes, la fase congelable se vuelve diferente al resto del alimento, ya que se modifican diversos parámetros, como el pH, la concentración de reactivos, la fuerza iónica, la viscosidad, el potencial de oxidación-reducción, la solubilidad del oxígeno, la tensión superficial, etc., consecuentemente en estas condiciones, a pesar de la baja temperatura, pueden ocurrir muchas reacciones químicas tales como la desnaturalización de las proteínas, la oxidación de los lípidos, la hidrólisis de la sacarosa, el oscurecimiento no enzimático, etc. (Badui, 2006).

En el curso de la descongelación, las membranas de las células muertas se vuelven muy permeables, de manera que el contenido vacuolar se difunde (sales, azúcares, pigmentos, etc.). El exudado comienza a difundirse durante la descongelación, reduciendo el valor alimenticio. La cantidad exudada depende de la naturaleza del producto, de la rapidez de congelación y descongelación, y del estado fisiológico (Magaña, 2010).

El tiempo que los escamoles pueden permanecer almacenados en congelación, manteniendo una calidad aceptable depende de su naturaleza y composición de grasa, ya que existen escamoles de algunas regiones que contienen más grasa insaturada por lo cual el tiempo de almacenamiento recomendado debe ser menor.

La congelación criogénica, ya sea con N<sub>2</sub> líquido o CO<sub>2</sub>, es una alternativa para el procesamiento de alimentos por las ventajas que brinda sobre los sistemas mecánicos, ya que ofrece mejor calidad en términos de textura, sabor y apariencia (Nazrul y Prabhu, 2006).



## 4.7 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial se puede definir como la ciencia utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a determinadas características de los alimentos y materiales, tal y como son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Torre, 2000). Es capaz de proporcionarnos información crucial que no es posible obtener utilizando otros métodos.

Todas las pruebas sensoriales tienen en común que se usan humanos como el instrumento de medida. Existen varios tipos de pruebas sensoriales, siendo de las más usadas las pruebas discriminativas, descriptivas y afectivas. Otras pruebas estiman la magnitud de las diferencias sensoriales entre muestras, sin embargo, una deficiencia en las pruebas discriminativas es que la naturaleza de las diferencias no está definida. En la mayoría de los casos, para resolver un problema se utilizan combinaciones de diferentes pruebas y el análisis descriptivo (Escobedo, 2010).

Las técnicas de análisis sensorial se han desarrollado como poderosas herramientas para entender como los atributos de apariencia, sabor, textura y olor conducen las preferencias de los consumidores. Las técnicas sensoriales modernas pueden ayudar a los productores a desarrollar productos nuevos que son altamente atractivos para el consumidor (Escobedo, 2010). También pueden ayudar a mejorar un producto ya existente, ya sea modificando su textura, olor, apariencia y sabor; además permiten monitorear su calidad.

Los alimentos tienen una complejidad que está determinada no solo por el tipo de sustancias que los forman sino por el tipo de interacciones de éstas entre sí. Por esto resulta prácticamente imposible caracterizar un alimento tomando en cuenta solamente un aspecto específico en cuanto a composición o a sus atributos sensoriales; dichos atributos son en general, todo lo que se percibe a través de los sentidos, los cuales se dividen de acuerdo a los sentidos por los que son percibidos (Cuatzo, 2004):

- ✓ *Apariencia*: se detecta generalmente a través de la vista que comprende el color, el brillo, la forma y textura.
- ✓ *Gusto*: se detecta en la cavidad oral, específicamente en la lengua, donde se perciben los 4 gustos básicos.

- ✓ *Textura*: se detecta mediante el sentido del tacto, está localizado prácticamente en todo el cuerpo. se pueden conocer las características mecánicas, geométricas y de composición de muchos materiales, incluidos alimentos.
- ✓ *Aroma*: se percibe por medio del olfato, que se encuentra en la cavidad nasal, donde existe una membrana provista de células nerviosas que detectan los aromas producidos por compuestos volátiles.

En el momento de elegir un grupo de candidatos a jueces adecuados, se realiza una preselección considerando el interés, la disponibilidad, salud, normalidad de percepción fisiológica y habilidad discriminatoria para cada una de las personas que quieran formar parte del grupo de jueces. También se considera su capacidad para desarrollar e interpretar un vocabulario específico, la consistencia o reproducibilidad de su juicio, así como una cierta concordancia en la interpretación de los descriptores y en la evaluación de la magnitud de los atributos. El tipo de método de evaluación sensorial que se debe seguir dependerá, principalmente, del objetivo o finalidad que se persiga. Las pruebas que se llevan a cabo en la evaluación sensorial se dividen en las pruebas sensoriales de tipo analítico y las pruebas afectivas (Cuatzo, 2004).

El análisis sensorial no actúa sólo en la selección de materias primas, sino que también es de gran utilidad en el control de proceso, tanto como adaptación del producto a su perfil final, como para la realización de modificaciones o correcciones en el transcurso de su elaboración (Sancho, et. al., 2000). El análisis de datos obtenidos por un grupo de jueces (prueba descriptiva) y por un grupo de consumidores (pruebas afectivas) aportan una valiosa información ya que el análisis de los resultados muestran cual es el grado de aceptación que el consumidor tiene por el producto en estudio y cuáles son sus características sensoriales (aroma, sabor, gusto, etc.) responsables de que el producto sea aceptado en mayor o menor grado por el consumidor (Barrios, 2007).

Existen varios métodos para desarrollar un análisis descriptivo. En la Tabla 6 se presenta la clasificación de los métodos de análisis descriptivo.

**Tabla 6. Clasificación de los métodos de análisis descriptivo**

Cualitativos	Cuantitativos
Perfil de sabor (FPT)	Análisis de perfil de textura (TPA)
Perfil de libre elección (FCP)	Análisis descriptivo cuantitativo (QDA)
	Spectrum profile
	Perfil cuantitativo de sabor

#### **4.7.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO (AD)**

El análisis descriptivo es el proceso de describir las características sensoriales de un alimento. Es una descripción sensorial completa, tomando en cuenta todas las sensaciones que son percibidas: visuales, auditivas, cinestésicas, olfativas, etc. (Stone y Sidel, 1985).

El análisis descriptivo tiene como objetivo identificar y cuantificar las características sensoriales de un producto. La información generada sirve para construir un modelo multidimensional cuantitativo que perfila los parámetros que definen o describen a uno o varios productos.

Esta prueba se apoya en análisis estadísticos, por ejemplo en los análisis de varianza, de regresión y de componentes principales, para cuantificar variaciones, determinar significancia entre diferencias, estructurar arreglos dimensionales, o simplemente por coordenadas polares, para representar de manera gráfica a cada descriptor (Stone y Cols., 1980).

Es importante que en el momento del análisis sensorial definitivo esté presente el material de referencia que ejemplifica el descriptor generado por el juez. Este material apoya toda aseveración sensorial, ya que ubica al juez en dos aspectos: el parámetro (descriptor) sensorial y las diferencias dentro de la escala. El grupo de jueces seleccionados y entrenados debe constar de entre 10 y 12 individuos como mínimo para obtener resultados confiables. Estos individuos debieron haber demostrado su habilidad para percibir diferencias, reproducir sus juicios sensoriales, verbalizar experiencias sensoriales e incluso para trabajar en grupo (Pedrero y Pangborn, 1989).

El origen del lenguaje en AD no es técnico, es lenguaje cotidiano, para evitar predisponer el comportamiento de respuesta que se puede producir al proporcionar un lenguaje, lo que implica corregir respuestas no correctas. Los patrones de referencia sólo se utilizan en AD cuando un problema con un término en particular se identifica y se espera que los sujetos sólo necesiten referencias 10% del tiempo. A diferencia de muchos otros métodos, el AD supone que los jueces usan diferentes partes de la escala para evaluar los atributos del producto, por lo que es las diferencias relativas entre los productos, no las diferencias absolutas que proporciona la información. Los resultados de éxito AD indican que los jueces se calibran con respecto a las diferencias relativas entre las muestras. El diseño para el análisis descriptivo se basan en medidas

repetidas y el análisis estadístico se realiza generalmente mediante análisis de varianza. A menudo, el diagrama de tela de araña o araña se utiliza para representar gráficamente los datos (Munrray, et al., 2001).

El análisis descriptivo se puede utilizar para obtener un perfil sensorial completo de productos así como para hacer vigilancia de la competencia. También se puede utilizar en pruebas de caducidad y almacenamiento, desarrollo de nuevos productos, control de calidad, relaciones entre datos sensoriales y fisicoquímicos (Barrios, 2007).

#### **4.7.2 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)**

El análisis de componentes principales es una técnica descriptiva que permite estudiar las relaciones que existen entre las variables cuantitativas, sin considerar a priori, ninguna estructura, ni de variables, ni de individuos (Palm, 1998).

El análisis de componentes principales es un tipo de análisis multivariado que se basa en la geometría euclidiana y en el álgebra matricial, en la cual se usan mínimos cuadrados ortogonales para determinar el primer eje principal, seguido de ejes subsecuentes de soluciones sucesivas de coordenadas cartesianas de mínimos cuadrados ortogonales. Al graficar los datos sobre un eje bidimensional, el primer eje (horizontal) representa la máxima variación de la configuración de los datos. El segundo eje (vertical) representa la segunda variación más grande, y así sucesivamente para el tercero y el cuarto, siendo cada uno perpendicular y, por ende, independiente del que le precede (Pedrero y Pangborn, 1989).

Es una herramienta ampliamente utilizada. Si se aplica a los estudios de aceptabilidad, los datos de entrada se concentran en una matriz que consta de la muestra (filas) y por los consumidores (columnas), cuyo resultado se conoce como preference mapping (Greenhoff y MacFie, 1994). Cuando se aplica a análisis descriptivo, los datos de entrada en la matriz constan por muestra (filas) y por descriptor (columnas), generalmente construida a partir de los valores medios correspondientes a los evaluadores. El ACP reduce el número de variables originales (columnas) en un número menor de variables no observables (componentes principales) que son combinaciones lineales de los originales. El objetivo principal del ACP es la explicación de la mayor cantidad de la variabilidad de los datos originales como sea posible (Borgognone, et al., 2001), perdiendo la menor cantidad de información posible.

## 5 HIPÓTESIS

Debido a que las condiciones climáticas en las regiones de las cuales se extrajeron los escamoles son diferentes y que existe una diferencia en cuanto a la composición del suelo, se espera que existan diferencias entre las muestras que se van a evaluar, sobre todo para los atributos de flavor (Silva, 2007) y olor, ya que todos los factores mencionados influyen en la composición de los escamoles y estos a su vez en sus características sensoriales. Se notará una mayor diferencia entre las muestras del Estado de México con respecto a las de Ixmiquilpan. Esto se debe a factores ambientales diferentes en estos estados, como son la humedad, la temperatura y la composición del suelo.

De acuerdo a las condiciones de almacenamiento y al tipo de congelación empleado se esperan cambios en cuanto a las características sensoriales en los 4 grupos de atributos que se evaluarán, es decir, en apariencia, textura, olor y flavor, siendo los dos últimos los que más se vean afectados por el método de congelación, puesto que éste solamente retrasa la velocidad de las reacciones que se llevan a cabo en la matriz de los escamoles, sin embargo, estas no se detienen, por lo que se espera que las muestras sometidas a congelación presenten diferencias con respecto a las muestras frescas y sobre todo presentarán mayores intensidades para ciertos atributos relacionados con las reacciones de degradación de las macromoléculas presentes.

## 6 METODOLOGÍA

La metodología empleada para la evaluación sensorial de los escamoles fue el Análisis Descriptivo (AD). Se evaluaron muestras frescas y congeladas de diferentes regiones del país. El grupo de jueces generó y cuantificó los atributos característicos de los escamoles de apariencia, olor, textura y flavor. En la Figura 6 se muestra la metodología empleada en el desarrollo de la investigación, para desarrollar el perfil sensorial de los escamoles.

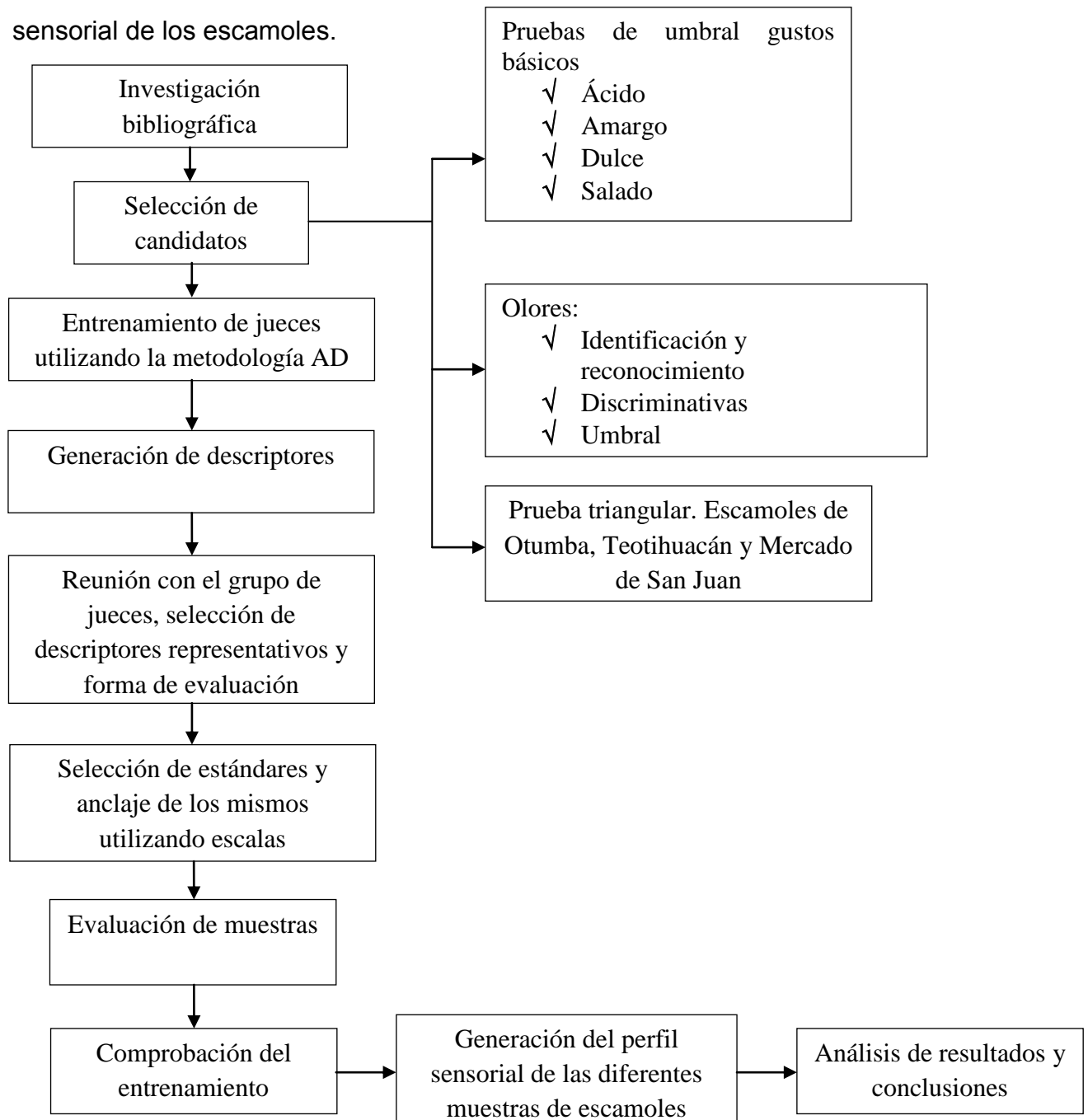


Figura 6. Diagrama metodológico empleado en el desarrollo del perfil sensorial de los escamoles

## **Muestras de escamoles**

De las muestras de escamoles empleadas en este proyecto, 3 fueron adquiridas directamente con “escamoleros” de las zonas de las cuales fueron extraídos, Otumba, Teotihuacán y Tepetlaoxtoc, Estado de México en lugares pre-establecidos; otra de las muestras fue comprada en un establecimiento en el mercado de San Juan ubicado en el centro de la ciudad, y la otra muestra fue extraída con ayuda de escamoleros de un terreno del poblado de Ixmiquilpan. Todas las muestras se evaluaron lo más frescas posible y congeladas con un tiempo de almacenamiento de 1 mes.

Las muestras se almacenaron en vasos de unicel de capacidad de 1 L, en un congelador convencional, a una temperatura de -16 °C, antes de ser utilizadas, se retiraban del congelador y se dejaban a temperatura ambiente para su descongelación.

Las muestras de escamoles tanto frescas como congeladas se prepararon en una sartenera eléctrica marca Black&Decker® a 42 °C por 10 minutos, moviéndolas para que estas no se quemaran y la cocción fuera uniforme, después de ese tiempo se apagaba la sartenera. Las muestras se les presentaban a los jueces en vasos del número 0, conteniendo 5g de muestra. Los jueces evaluaban 2 muestras por sesión; además de las muestras se les daba agua y galletas habaneras (Gamesa®) como enjuague.

### **6.1 EVALUACIÓN SENSORIAL (SELECCIÓN Y ENTRENAMIENTO)**

La evaluación sensorial de los escamoles se realizó con un grupo de jueces entrenados que sirvió para describir y cuantificar las características sensoriales de los mismos. A continuación se describe cada una de las etapas de la selección y entrenamiento en la metodología empleada en este proyecto basada en el Análisis Descriptivo.

#### **6.1.1 SELECCIÓN DE CANDIDATOS A JUECES**

Se entiende por selección a la etapa previa al entrenamiento que permite mediante un cuestionario conocer los hábitos de alimentación, alergias y gusto por las muestras a evaluar y una serie de pruebas sensoriales para evaluar el umbral, la capacidad discriminante y olfatoria de las personas interesadas en formar parte del grupo de

jueces (Carrasco, 2010). Que resultan cruciales para el éxito o no del entrenamiento, por lo que con esto se asegura realizar un buen entrenamiento en el menor tiempo posible.

Se extendió la invitación para formar parte de un grupo de jueces entrenados en la facultad de química; las personas que resultaron interesadas acudieron al laboratorio de evaluación sensorial para responder un cuestionario, el cual tuvo como objetivo conocer los hábitos alimenticios, su disposición de tiempo, el interés por participar en el proyecto, su estado de salud, si eran fumadores o no, alergias, la frecuencia de consumo de insectos comestibles, etc. Una vez concluido el cuestionario se les explicaba a los participantes el proyecto a realizar; con el fin de saber si querían participar en el proyecto y así continuar con la etapa de selección.

En las sesiones siguientes se procedió a realizar pruebas sensoriales, para conocer las habilidades de los candidatos; como su capacidad discriminante, su capacidad para reconocer e interpretar un estímulo (en este caso gustativo u olfativo), la capacidad para describir las sensaciones posteriores a un estímulo, etc.

### **6.1.2 UMBRAL GUSTOS BÁSICOS**

Se inició con las pruebas de umbral de los cuatro gustos básicos: dulce, salado, ácido y amargo. Esto con el fin de evaluar la capacidad gustativa de los jueces, y así, conocer el umbral para cada gusto básico; se elaboró una gráfica de percepción en función de las concentraciones del estímulo, se realizó una regresión lineal a cada una de las gráficas para calcular el umbral absoluto que es la concentración a la cual el 50% de los participantes reconoce el estímulo (Utrera, 2007). Se prepararon soluciones de sacarosa, cloruro de sodio, ácido cítrico y cafeína, empleando un gradiente de concentraciones para los 4 gustos básicos. Esta prueba se llevó a cabo en dos sesiones, en la primera se evaluaron los gustos dulce y ácido, y en la segunda sesión se evaluaron salado y amargo. Se les presentaba una charola a los participantes, la cual contenía dos filas, cada una con un gradiente de solución del gusto a evaluar de menor a mayor concentración, siendo estas de 0-1%, 0-0.045%, 0-0.22% y 0-0.045%; para dulce, ácido, salado y amargo respectivamente.



### **6.1.3 IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO**

Para esta prueba se les presentó a los candidatos tubos forrados de papel aluminio con una tira de papel filtro con el olor impregnado, eran olores comunes para la población mexicana (Cadena, 2007; Severiano, et al., 2012), utilizándose esencias (año de producción 2012) de naranja, limón, rosas y canela. En esta prueba los candidatos tomaban el tubo y lo colocaban a una distancia aproximadamente de 10 cm de su fosa nasal y tenían que indicar qué olor era el que reconocían. Se llevó a cabo en tres sesiones, ya que en cada una, evaluaban con la fosa izquierda, fosa derecha y por último ambas fosas, esto para asegurarnos de que no había problemas con los jueces al evaluar y que estos no tuvieran algún problema nasal, como desviación de tabique o sinusitis.

### **6.1.4 PRUEBAS DISCRIMINATIVAS**

Este tipo de prueba tiene como objetivo el determinar si existe diferencia significativa sensorialmente perceptible entre dos muestras, comparando tres muestras a la vez, de las cuales dos son iguales entre sí y la otra diferente (Escobedo, 2010).

Esta prueba se realizó en dos sesiones, en las cuales se les presentaba a los interesados dos series de tubos (3 en cada serie), con olores distintos, una serie contenía hierbabuena y guayaba, y la otra nardo y jazmín; en la primera sesión se evaluó con la fosa derecha y con la fosa izquierda (la fosa contraria con la cual evaluaban se tapaba con una torunda de algodón), y en la segunda se evaluó con ambas fosas, después de esta sesión se evaluó la capacidad discriminante por parte de los participantes y de acuerdo al porcentaje de aciertos obtenido por cada uno, saber si podía o no continuar con el proceso de selección.

### **6.1.5 UMBRAL DE OLORES**

Se realizó en dos sesiones, en una evaluaron con la fosa izquierda (fosa derecha cubierta) y fosa derecha (fosa izquierda cubierta), y en la segunda sesión con ambas fosas; en las cuales se les presentaba a los participantes una serie de 6 tubos, que contenían una tira de papel filtro impregnada con diferentes concentraciones de olor a café, estos tubos se les daban a evaluar en orden ascendente de concentración, esto

con el fin de conocer el umbral del grupo, que como se mencionó anteriormente (apartado umbral gustos básicos) es la concentración a la cual el 50% de los participantes son capaces de reconocer e identificar el estímulo presentado, en este caso del olor a café.

Una vez concluidas las sesiones anteriores se seleccionaron a los jueces considerando los siguientes criterios:

- ✓ Buen estado de salud
- ✓ Disponibilidad para asistir a las sesiones en los horarios pactados (se consideró a las personas más constantes y que no hubieran faltado desde el inicio de la etapa de selección)
- ✓ Buena capacidad gustativa (que tuvieran un umbral cercano al grupal)
- ✓ Tener capacidad discriminante más alta que el resto del grupo (resultados de las pruebas discriminativas)
- ✓ Capacidad para expresar los estímulos percibidos (este punto es crucial al momento de la etapa de generación de descriptores)
- ✓ Tener interés en participar en el proyecto, ser responsables y comprometidos
- ✓ Gusto por las muestras a evaluar

Este último punto cobra relevancia, ya que si el juez no presenta afinidad o agrado por las muestras a evaluar se puede presentar una predisposición que puede orillar al juez a dar calificaciones bajas a los atributos a evaluar o no generarán los atributos que mejor describan al producto ya que serán jueces no motivados a trabajar en el proyecto (O'Mahony, 2005).

Cabe destacar que de esta etapa se seleccionaron 20 candidatos a jueces, de los cuales se realizó una segunda selección reduciendo el grupo a 10, considerando los mismos criterios descritos anteriormente, esto debido al alto costo de las muestras a evaluar y por tanto cobró mayor importancia la asistencia, ya que no podían faltar a ninguna sesión. Por tanto, la evaluación sensorial de los escamoles se realizó con un grupo de 10 jueces, con experiencia en el desarrollo de otros perfiles como son pulque, bebidas fermentadas lácteas y de textura en geles; los cuales se entrenaron ahora en la evaluación de escamoles. Este grupo consta de 7 mujeres y 3 hombres, con un promedio de edad de 22 años, cuyos umbrales de gustos básicos fueron más bajos que el grupo original de 20 jueces, algo que es muy adecuado para la evaluación de

escamoles de diferentes regiones para reconocer e identificar las mínimas diferencias entre los atributos de las muestras.

### **6.1.6 PRUEBA TRIANGULAR**

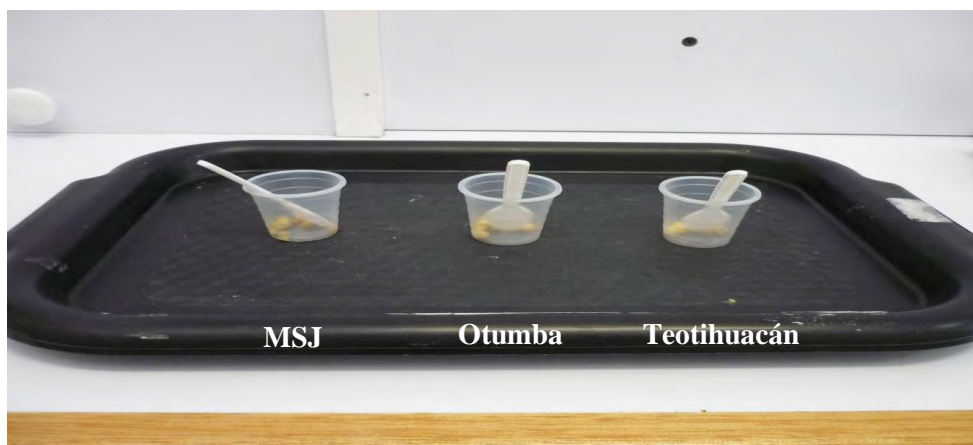
Una vez seleccionado el grupo de jueces y antes de comenzar con el desarrollo del perfil sensorial de los escamoles se realizaron 2 pruebas triangulares con 3 repeticiones en cada una, utilizando muestras provenientes de dos municipios del Estado de México (Otumba y Teotihuacán) y una comercializada en el Mercado de San Juan (ubicado en el centro de la ciudad), esto con el fin de familiarizar más a los jueces con las muestras que evaluarán durante el desarrollo del proyecto y para evaluar su experiencia adquirida en el desarrollo de otros perfiles

## **6.2 ENTRENAMIENTO EN EL USO DE LA METODOLOGIA AD**

El entrenamiento tiene como objetivo familiarizar a los jueces con la metodología que se empleará durante el proyecto, en este caso, Análisis Descriptivo (AD), mejorando las habilidades discriminantes de los jueces, generando el lenguaje a utilizar, eliminando sinónimos, antónimos, terminología ambigua, el método de evaluación apropiado para los descriptores generados, unificando el criterio de evaluación y enseñándoles el uso correcto de las escalas (Utrera, 2006), utilizando estándares que sirven de referencia para ajustar el modo de evaluación y así calibrar al grupo y lograr evaluaciones lo más homogéneas posibles (CV menor o igual a 35% y que no exista diferencia en la evaluación de los jueces, ANOVA a dos vías, jueces y muestras).

### **6.2.1 GENERACIÓN DE DESCRIPTORES**

Para la generación de descriptores se llevaron a cabo dos sesiones en las cuales se les presentaban a los jueces tres muestras de escamoles de diferentes regiones (Teotihuacán, Otumba y del mercado De San Juan) tal como se muestra en la figura 7. El objetivo de estas dos sesiones fue que los jueces generaran la mayor cantidad de descriptores posibles para apariencia, olor, textura y flavor. Las muestras se evaluaron cocidas y los jueces se enjuagaban entre cada muestra para que no influyera la muestra evaluada anteriormente.

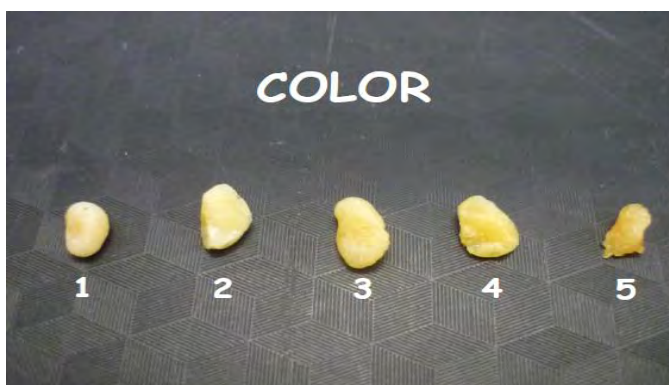


**Figura 7. Muestras presentadas a los jueces para determinar descriptores para apariencia, olor, textura y flavor**

En esta etapa se generaron todos los descriptores posibles para cada una de las muestras, las cuales tenían características claramente diferentes, y con esto, los jueces se familiarizaban más con las muestras y sus características.

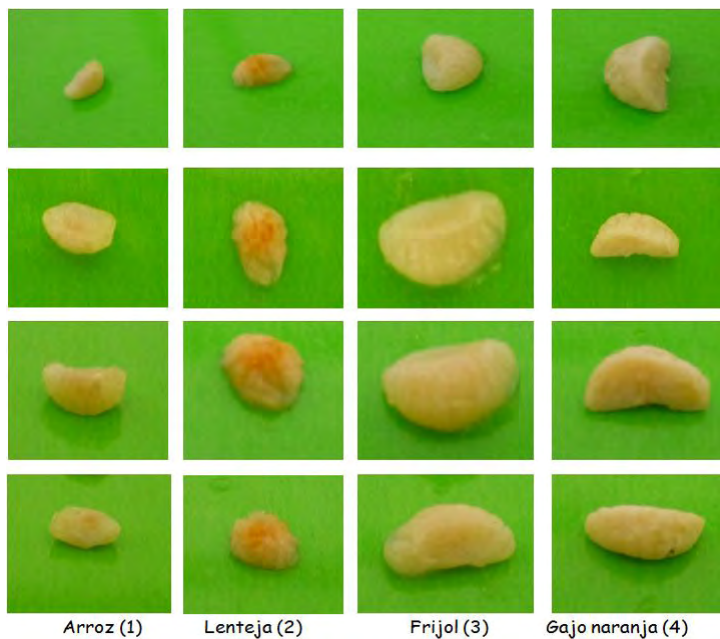
### **6.2.2 SELECCIÓN DE DESCRIPTORES**

En una sesión grupal se acordaron los atributos a evaluar, eliminando aquellos atributos que fueran antónimos o sinónimos, como húmedo y jugoso, terminología ambigua y terminología no aplicable a la muestra en estudio; además quedó definida la forma de evaluar para cada atributo, por ejemplo, para color, se acordó que se utilizara como referencia una escala de 5 puntos elaborada con escamoles que va de amarillo claro a café (Figura 8), para la forma se utilizarían imágenes de los escamoles provenientes de diferentes regiones del centro del país (Figura 9) y también se utilizó una imagen para evaluar homogéneo - heterogéneo de las muestras (Figura 10).



**Figura 8. Escala utilizada para la evaluación de color**

\*1.- amarillo claro, 2.- amarillo, 3.- café claro, 4.- café poco tostado, 5.- café tostado



**Figura 9. Imágenes utilizadas como referencia para evaluar el descriptor de forma**



**Figura 10. Imágenes utilizadas como referencia para evaluar el atributo de homogéneo**

### 6.2.3 REDUCCIÓN DE ATRIBUTOS

Para este punto del entrenamiento, se seleccionaron los atributos con los cuales se trabajaría y la forma en la cual evaluarían cada uno de ellos, se evaluaron nuevas muestras y los jueces indicaron la intensidad en la que estaba presente cada atributo. Para la evaluación se utilizó una escala de 7 puntos, donde 1 era la ausencia del atributo y 7 intensidad muy fuerte del atributo. Se eliminaron los atributos que detectaban solo una minoría de los jueces y que se encontraban en una intensidad muy baja (valor 1); los atributos eliminados fueron: atún, cereal, caramelo, grasa, ácido, queso y queso de cabra para olor, y café para flavor. Un ejemplo de los atributos descartados se muestra en el Anexo 1.

En una segunda reunión, se acordó la forma de cuantificar cada uno de los atributos a evaluar, se definieron y se seleccionó la escala adecuada para cada uno de ellos.

#### **6.2.4 USO DE ESCALAS**

Una vez definidos los atributos con los cuales se trabajaría, se seleccionaron los estándares adecuados para cada atributo a evaluar, se le dio seguimiento verificando en cada sesión si los coeficientes de variación (CV) eran iguales o menores a 35% para después poder desarrollar el perfil sensorial de los escamoles. Para todas las sesiones llevadas a cabo se utilizó el software FIZZ®, con el cual se generaron las sesiones, se crearon cuestionarios electrónicos, y se llevó a cabo el análisis estadístico de los resultados obtenidos.

Para evaluar la intensidad de cada descriptor presente en las muestras, se crearon cuestionarios electrónicos con el software antes mencionado, en los cuales se incluía una escala numérica de 9 puntos, que iba en orden ascendente, donde el punto 1 correspondía a la intensidad más baja, el 5 que era la intensidad media y 9 correspondiente al punto de mayor intensidad; anclada según el descriptor del cual se trataba. Los estándares empleados se describen en el siguiente punto (Resultados y discusión), incluyendo su valor en la escala. Para cada atributo se emplearon referencias mínimas, intermedias y máximas para que los jueces pudieran evaluar de manera óptima, teniendo muy clara la intensidad de cada escala.

En esta parte del entrenamiento se monitoreó a cada uno de los jueces que conformaban el panel con el fin de evaluar su desempeño durante las sesiones. Mediante evaluaciones de intensidad de cada descriptor generado por los jueces para cada grupo de atributos, apariencia, olor, textura y flavor.

Esta parte del entrenamiento ayudó para calibrar al grupo de jueces y así poder tener evaluaciones lo más homogéneas posibles; esto se lograba sesión tras sesión, ya que si uno de los jueces se desviaba del resto, se le proporcionaba entrenamiento adicional personal y se le ponía mayor énfasis de atención en el o los atributos en los cuales tuviera conflicto para evaluar.

### **6.2.5 GENERACIÓN DEL PERFIL SENSORIAL**

Una vez que el coeficiente de variación para todos y cada uno de los atributos que se evaluaron se encontraba por debajo del 35%, se generó el perfil sensorial de cada una de las muestras de escamoles analizadas, se tomó el promedio de cada atributo y se generó la gráfica de “araña”. Posteriormente se realizó el análisis de la diferencia mínima de cuadrados para saber entre que atributos de las 5 muestras evaluadas existe diferencia significativa.

### **6.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los resultados obtenidos sensorialmente para las muestras de escamoles se analizaron empleando el método de Análisis de Varianza de una vía (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas estadísticamente entre las muestras evaluadas con un nivel de significancia del 95%. Aplicando la prueba LSD para determinar entre que productos existe dicha diferencia.

Para el Análisis de Componentes Principales se empleará la matriz de covarianza entre los atributos generados y así determinar la correlación existente entre estos y que tanto influyen en las diferentes muestras de escamoles evaluadas.

Los cálculos se realizan empleando el FIZZ Software Solutions for Sensory Analysis and Consumer Test (BIOSYSTEMES, versión 2.30c, país de origen Francia).

## **7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las muestras de escamoles evaluadas en este estudio, fueron adquiridas de comercios pre-establecidos de las zonas de donde fueron extraídos (Otumba, Teotihuacán y Tepetlaoxtoc; Estado de México), una fue adquirida en un comercio establecido en el mercado de San Juan ubicado en el centro de la ciudad y una fue personalmente extraída de un terreno del poblado de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo.

### **7.1 PRUEBAS PARA LA SELECCIÓN DE CANDIDATOS A JUECES**

#### **7.1.1 SELECCIÓN DE CANDIDATOS A JUECES**

El número de personas interesadas en participar en la selección de candidatos a jueces fue de 34 a las que se les aplicó una serie de pruebas sensoriales con las que se logró elegir a las personas que participarían en la evaluación y desarrollo de los perfiles sensoriales de otras muestras como pulque, bebidas fermentadas lácteas y textura en geles, con el fin de que tuvieran experiencia en la metodología a emplear y en la forma de evaluar, para así monitorear su compromiso y responsabilidad durante el desarrollo de dichos proyectos, para que de ese grupo de personas se eligieran 10 para participar en la evaluación de muestras de escamoles. El motivo por el cual se redujo el número de jueces fue la cantidad limitada de muestras con las cuales se contaba, y la dificultad para conseguirlas, por tanto resultó de suma importancia considerar el compromiso y responsabilidad por parte de los jueces, esto es que no faltaran a ninguna de sus sesiones con los otros proyectos, puesto que los escamoles son muy costosos y además por la complejidad de las muestras se requería a aquellos que presentaban una sensibilidad aun mayor con la que el grupo ya existente contaba.

#### **7.1.2 UMBRAL GUSTOS BÁSICOS**

Se aplicaron pruebas de umbral para la selección de jueces. Con base a los resultados de la evaluación de cada gusto básico se calculó un umbral del grupo para conocer a aquellas personas que tuvieran una mejor capacidad gustativa, respondiendo de manera óptima ante el estímulo presentado; a estas personas se les iba dando seguimiento, puesto que aún faltaban pruebas sensoriales, pero eran las que se perfilaban para poder continuar con la siguiente etapa, el entrenamiento. Es de suma



importancia mencionar tal como se hizo en el apartado de metodología, se seleccionaron a 20 personas para formar parte del grupo de jueces, sin embargo, estas personas evaluarían otros productos (pulque, bebidas fermentadas lácteas y textura en geles), para que se familiarizaran con la metodología a emplear, la cual sería la misma en todos los proyectos y así adquirir experiencia en el desarrollo de los perfiles sensoriales de esos productos y una vez adquirida esa experiencia, el desarrollo del proyecto de la evaluación de escamoles no fuera tan compleja y se lograra obtener un mejor resultado. Se recalculó el umbral para el panel de escamoles el cual se muestra en la Tabla 7, donde además se muestra el umbral de los jueces de otros proyectos.

**Tabla 7. Comparación de umbrales de diferentes grupos de jueces**

Gusto básico	Umbral (%)			
	Jueces* Edades 20-23 años. 10 M y 3 H	Jueces ** Edades 22-26 años. 4 M y 6 H	Jueces *** Edades 20- 25 años. 9M y 5 H	Jueces escamoles Edades 23-24 años. 7 M y 3 H
Ácido	0.014	0.017	0.023	0.02
Amargo	0.008	0.015	0.0297	0.025
Dulce	0.254	0.450	0.220	0.46
Salado	0.045	0.046	0.083	0.045

\*"Queso Cotija Auténtico. Estudio de la relación de sus características sensoriales, texturales y de color". Utrera, 2006.

\*\*\*"Perfil Sensorial de Tortillas Nixtamalizadas Elaboradas con Tres Variedades de Maíz". Barrios, 2007.

\*\*\*\*"Estudio Comparativo del Perfil Sensorial del Huitlacoche (*Ustilago maydis*) y otros Hongos Comestibles". Carrasco, 2010.

En la Tabla anterior se observa que el umbral del grupo de jueces de los escamoles fue más alto para el gusto dulce, lo que puede ser indicativo de que el grupo de personas evaluado son habituales consumidores de dulce, lo que podría haber aumentado su umbral, para el resto de gustos básicos fue más bajo en comparación con el grupo utilizado en el estudio del huitlacoche, pero más alto que los jueces que evaluaron queso o tortillas, esto se puede deber a muchos factores como el que alguno de los integrantes haya ingerido algún alimento antes de realizar la evaluación, también puede que algunas personas sean consumidores habituales de café, razón por la cual el umbral del grupo de jueces del huitlacoche y de los escamoles sea más elevado en

comparación con los otros dos grupos. El que los umbrales sean más bajos en comparación con el grupo antes mencionado podría ser consecuencia de que los jueces se encuentren en edades de entre 23-24 años, lo que confirma que a mayor edad de la población el valor de umbral aumenta debido a la disminución de percepción por el desgaste físico natural de las papilas gustativas (Utrera, 2007). Además se puede observar que no hay variación con la tendencia que siguen los umbrales de los grupos reportados, ya que el valor de umbral más alto que se tiene para los 5 grupos es para el gusto dulce y el más bajo para el gusto amargo, esto tiene lógica debido a los hábitos alimenticios de la población, ya que la comida mexicana se caracteriza por tener alimentos muy dulces y muy pocas notas amargas.

### 7.1.3 PRUEBAS DE OLORES

En la Tabla 8 se observa el porcentaje de aciertos de cada juez para las pruebas de olores realizadas, identificación y reconocimiento, discriminativas y umbral de manera general, es decir, considerando el porcentaje de aciertos de la fosa izquierda, derecha y birinal.

**Tabla 8. Porcentaje de aciertos de los jueces en las pruebas de olores**

Juez	%						
	Identificación y reconocimiento				Discriminativas		Umbral
	Naranja	Limón	Rosas	Canela	Nivel 1	Nivel 2	
1	100.0	33.3	66.7	100.0	66.7	66.7	77.8
2	100.0	100.0	66.7	100.0	66.7	100.0	94.4
3	100.0	100.0	100.0	66.7	33.3	100.0	100.0
4	100.0	100.0	100.0	100.00	66.7	66.7	83.3
5	100.0	66.7	66.7	100.0	33.3	100.0	77.8
6	100.0	100.0	100.0	100.0	33.3	100.0	72.2
7	66.7	66.7	33.3	66.7	100.0	100.0	94.4
8	100.0	33.3	66.7	100.0	66.7	66.7	77.8
9	66.7	66.7	100.0	66.7	100.00	66.7	100.0
10	66.7	66.7	33.3	66.7	66.7	66.7	66.7

Como se observa en la Tabla anterior, las personas pertenecientes a este grupo presentan una buena capacidad olfatoria, ya que lograron identificar y discriminar de manera adecuada los estímulos que se les presentaron, en cuanto al umbral de olor a café se observa que todos se encuentran con un porcentaje de aciertos arriba del 67%, lo que indica que se encuentran familiarizados con este olor, lo mismo ocurrió para los olores a naranja y canela; para los olores de rosas y limón, hubo personas con porcentajes del 33%, lo que puede indicar que quizá estas personas se saturaron al hacer la prueba o su umbral es mucho mayor, por lo que requieren de un mayor estímulo para poder reconocerlo. En cuanto a las pruebas discriminativas se observa que la mayoría presentan una buena capacidad discriminante, por lo que pueden reconocer una diferencia existente entre dos muestras similares, solo se tuvo mayor problema con el nivel 1 ya que hubo porcentajes del 33%, sin embargo se considerará para la selección definitiva del grupo de jueces de escamoles.

Una vez que se tenían los resultados de todas las pruebas realizadas para esta etapa, se compararon los umbrales obtenidos para los gustos básicos, con el umbral de reconocimiento de cada candidato, se determinó la capacidad discriminativa mediante el porcentaje total de aciertos y su capacidad olfativa, se seleccionaron a aquellas personas que se encontraban por debajo del umbral del grupo y que presentaron una buena capacidad discriminante.

Las personas seleccionadas y que integrarían el panel de jueces para la evaluación de escamoles está integrado por 7 mujeres y 3 hombres con un rango de edades de 20-24 años de edad.

#### **7.1.4 PRUEBAS TRIANGULARES**

Antes de iniciar el desarrollo del perfil sensorial de los escamoles se realizaron 2 pruebas triangulares con 3 repeticiones en cada una, utilizando muestras de Otumba, Teotihuacán y del Mercado de San Juan. Los resultados se muestran en la Tabla 9, donde se puede observar que de acuerdo al porcentaje de aciertos obtenidos por los jueces, se puede decir que estos fueron capaces de discriminar entre las muestras evaluadas.

**Tabla 9. Resultados en porcentaje de las pruebas triangulares**

<b>Juez</b>	<b>Triangular 1</b>	<b>Triangular 2</b>
<b>1</b>	100.0%	100.0%
<b>2</b>	33.3%	33.3%
<b>3</b>	100.0%	66.7%
<b>4</b>	33.3%	66.7%
<b>5</b>	66.7%	66.7%
<b>6</b>	100.0%	66.7%
<b>7</b>	66.7%	33.3%
<b>8</b>	33.3%	100.0%
<b>9</b>	66.7%	100.0%
<b>10</b>	66.7%	100.0%
<b>Promedio</b>	<b>66.7%</b>	<b>73.3%</b>

De acuerdo a lo observado en la tabla anterior se puede decir que no hubo gran diferencia entre la primera y la segunda evaluación, lo que indica que los jueces evaluaron de una manera similar entre las dos sesiones; sin embargo, se puede apreciar que para la prueba triangular realizada en la segunda sesión aumentó el porcentaje de aciertos, indicando una mejora en la capacidad discriminante por parte de algunos miembros del grupo.

## **7.2 ENTRENAMIENTO EN EL USO DE LA METODOLOGIA AD**

A los jueces seleccionados se les explicó de manera muy breve en lo que consistiría esta etapa del proyecto, puesto que ya contaban con experiencia previa en el desarrollo de los perfiles sensoriales de bebidas lácteas fermentadas, pulque y textura en geles, por lo que sólo se les recordó el fundamento de la metodología a emplear, se les explicó de nueva cuenta la relevancia e importancia que tendría su participación en este proyecto.

La terminología, estándares y escalas se fijaron durante el avance de las pruebas y a lo largo del entrenamiento.

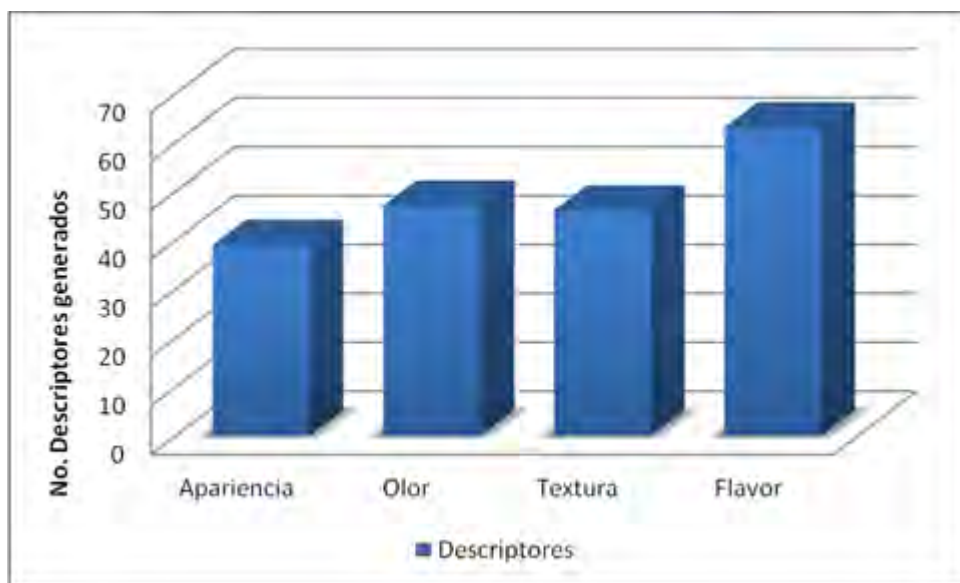
## 7.2.1 GENERACIÓN DE DESCRIPTORES

Los jueces describieron los atributos para apariencia, olor, textura y flavor de las 3 muestras presentadas (Otumba, Teotihuacán y Mercado de San Juan). Un ejemplo de los atributos obtenidos para apariencia se muestra en la Tabla 10. También se describieron los atributos para olor, textura y flavor. Los descriptores que se mencionaron para las tres muestras evaluadas están remarcados en negritas.

**Tabla 10. Descriptores generados para la apariencia de las muestras de escamoles**

<b>APARIENCIA</b>					
<b>Escamoles MSJ</b>		<b>Escamoles Otumba</b>		<b>Escamoles Teotihuacán</b>	
Atributo	Frecuencia	Atributo	Frecuencia	Atributo	Frecuencia
<b>Adhesivos</b>	<b>3</b>	<b>Adhesivos</b>	<b>2</b>	<b>Adhesivos</b>	<b>3</b>
Aguados	1	Aguado	1	<b>Amarillos</b>	<b>9</b>
<b>Amarillo</b>	<b>8</b>	<b>Amarillo</b>	<b>6</b>	Arena	1
Arena	1	Babosos	1	Arroz inflado	1
Arrugados	1	Beige	3	<b>Blancos</b>	<b>2</b>
Baboso	2	<b>Blanco</b>	<b>4</b>	Blandos	1
Beige	1	<b>Brillante</b>	<b>8</b>	<b>Brillosos</b>	<b>10</b>
<b>Blanco</b>	<b>2</b>	<b>Crema</b>	<b>3</b>	Café	1
Blando	1	Dura	2	Chalosos	1
<b>Brillante</b>	<b>7</b>	Firme	1	<b>Crema</b>	<b>1</b>
Color a arroz inflado	1	<b>Forma de frijol</b>	<b>4</b>	Firmes	1
Color Heterogéneo	4	<b>Forma ovalada</b>	<b>6</b>	Fluido viscoso	1
Consistencia Aguada	1	Frágil	1	<b>Forma de frijol</b>	<b>3</b>
<b>Crema</b>	<b>1</b>	Gelatinoso	1	Forma de gusano	1
Cuerpo terroso	1	Grande	1	<b>Forma ovalada</b>	<b>5</b>
Elástico	2	<b>Grasosa</b>	<b>3</b>	Frágil	1
Entre blanco y café claro	3	Grumosos	1	<b>Grasosos</b>	<b>5</b>
Forma de larva	1	<b>Heterogéneo</b>	<b>8</b>	Grumosos	1
<b>Forma ovalada</b>	<b>6</b>	<b>Homogéneos</b>	<b>5</b>	<b>Heterogéneos</b>	<b>8</b>
<b>Forma parecida a frijoles</b>	<b>4</b>	Húmedo	2	<b>Homogéneos</b>	<b>6</b>
Gomoso	1	<b>Jugoso</b>	<b>2</b>	Húmedos	4
Granulosos	1	Liso	2	Inflados	1
<b>Grasoso</b>	<b>6</b>	<b>Pegajosos</b>	<b>3</b>	<b>Jugosos</b>	<b>5</b>
<b>Heterogéneo</b>	<b>11</b>	<b>Rugoso</b>	<b>2</b>	Lisos	1
<b>Homogéneo en formas y colores</b>	<b>1</b>	Seco	7	Opacos	1
<b>Jugoso</b>	<b>14</b>	<b>Suaves</b>	<b>2</b>	<b>Pegajosos</b>	<b>6</b>
<b>Pegajoso</b>	<b>2</b>	<b>Viscoso</b>	<b>2</b>	Porosos	1
Porosidad	1			<b>Rugosos</b>	<b>7</b>
<b>Rugoso</b>	<b>3</b>			Secos	3
<b>Suaves</b>	<b>3</b>			<b>Suaves</b>	<b>3</b>
Suero lechoso	1			<b>Viscosos</b>	<b>5</b>
<b>Viscoso</b>	<b>4</b>				

Los atributos resaltados en negritas son aquellos que se presentaron en las 3 muestras evaluadas para esta etapa del entrenamiento, por tanto se puede decir que son los más comunes y característicos e importantes para evaluar, sin embargo, hay algunos que solo presentan una frecuencia de 1 por lo cual se evaluó si estaban presentes en las muestras. En general en esta etapa se generaron 195 descriptores, 39 para los atributos de apariencia, 47 para olor, 46 de textura y 63 los descriptores para flavor. En la Gráfica 1 se puede observar que se generaron más descriptores para flavor.



**Gráfica 1. Número de descriptores generados en escamoles**

## **7.2.2 SELECCIÓN DE DESCRIPTORES**

En una sesión grupal, se seleccionaron aquellos atributos que aparecían en las tres muestras evaluadas o en dos de ellas, dejando de lado aquellos que solo fueron encontrados en una o dos de las muestras con una intensidad que no fuera percibida por todos los jueces, también se discriminaron aquellos atributos que eran sinónimos como son jugoso, húmedo, consistencia aguada; se acordó que el atributo a evaluar sería suero lechoso y en este se mediría la cantidad de líquido depositado en el fondo del vaso y que se utilizarían imágenes como referencia (Figura 11). Para el caso del color se acordó evaluarlo con una escala elaborada con imágenes de escamoles de diferentes tonalidades, que va de amarillo claro a café, debido a que la escala Pantone (modelo 2004, 2da edición) no contiene las tonalidades de los colores observados en los escamoles, por otro lado, para la forma, se acordó utilizar imágenes de los escamoles provenientes de diferentes regiones del centro del país.

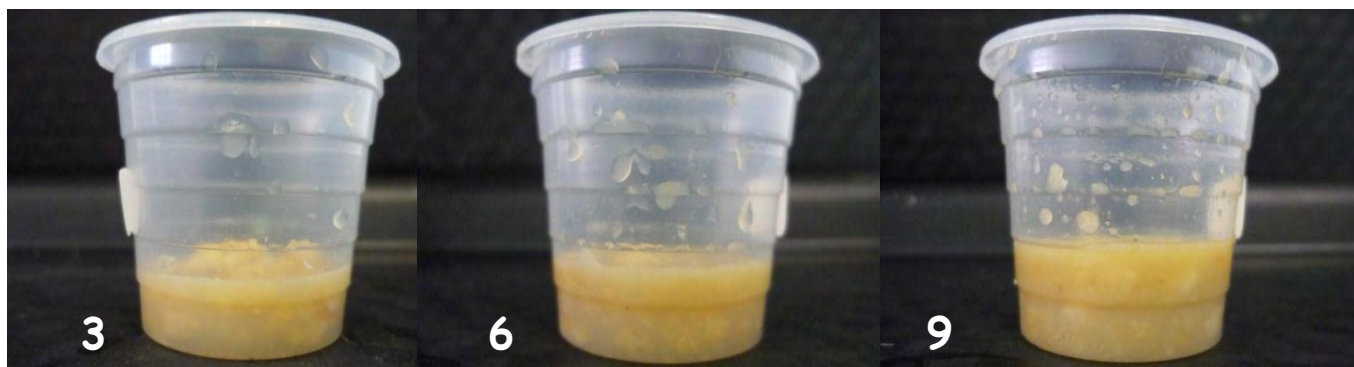


Figura 11. Escala de referencia utilizada para evaluar el descriptor de suero lechoso

Los descriptores que se acordaron evaluar se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Descriptores acordados en la sesión grupal para apariencia, olor, textura y favor

Apariencia	Olor	Textura	Flavor	Gustos básicos
Suero lechoso	Cereal	Suave	Amargo	Salado
Heterogéneo	A elotes hervidos	Jugoso	Tierra	Dulce
Homogéneo	Nota dulce a cebolla caramelizada	Rugoso	Resabio amargo	
Color	Grasa	Heterogéneo	Astringente	
Brillante	Manteca	Grasosa	Mantequilla	
Liso	Tierra	Formación de película en paladar	Grasa	
Rugoso	Pescado	Húmeda	Pasto	
Forma ovalada	Nota salada a charales	Pastosa	Leche	
Forma a frijol	Nota amarga a café soluble	Fragmentable	Manteca	
Suave	Fermentado	Adhesivo	Proteína	
Adhesivo	Cocido	Cremosa	Resabio salado	
	Quemado	Aguada	Aceitoso	
	Avena	Viscoso	Persistente	
	Aceite	Pegajosa	Percepción retronasal	
	Mantequilla	Grumoso	Garbanzo	
	Queso de cabra	Crujientes	Café	
	Queso	Masticable	Avena	
		Lisos		
		Cascaroso		

Por tanto, después de esta sesión el número de atributos en total a evaluar disminuyó considerablemente, quedando solamente 67 descriptores en total por evaluar.

### 7.2.3 REDUCCIÓN DE ATRIBUTOS

En las sesiones empleadas para la reducción de atributos se eliminaron aquellos que estaban ausentes en las muestras o que el 50% de los jueces o más no fueron capaces de detectar, el ejemplo de los descriptores que se descartaron se encuentran en el Anexo 1, Tabla 12. La lista definitiva de atributos a evaluar para la determinación del perfil sensorial de escamoles se presenta en la Tabla 13. Además se eliminaron aquellos que eran sinónimos como pegajoso y viscoso, húmeda y jugoso, el descriptor heterogéneo (para evaluar textura) se acordó que sería mejor utilizar el descriptor cascaroso, ya que para los jueces era más práctico y se determinó que es característico de las muestras evaluadas. También se eliminaron aquellos atributos que no fueran tan precisos al evaluar como por ejemplo suave para apariencia, decidiéndose evaluarlo en textura, al igual que rugoso.

**Tabla 13. Resultados de la reducción de descriptores**

<b>Apariencia</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Flavor</b>	<b>Gustos básicos</b>
Suero lechoso	Elotes	Liso	Avena	Amargo
Forma	Nota dulce a cebolla caramelizada	Cremoso	Manteca	Dulce
Homogéneo	Tierra	Formación de película en paladar	Mantequilla	Salado
Color	Nota salada a charal	Adhesividad	Garbanzo	Resabio salado
Liso	Fermentado	Pastoso	Leche	Resabio amargo
Brillante	Aceite	Grasoso	Proteína	
	Nota amarga a café soluble	Viscoso	Aceitoso	
	Avena	Masticable	Grasa	
	Manteca	Fracturable	Persistente	
	Mantequilla	Aguado	Percepción retronasal	
	Cocido	Crujiente	Pasto	
		Grumoso	Tierra	
		Cáscara	Astringente	
		Jugoso		



Una vez concluida esta sesión, cambió el número de descriptores a evaluar para cada grupo de atributos, por lo cual, el número de atributos definitivo a evaluar fue de 49, siendo para cada grupo de atributos; 6 descriptores para apariencia, 11 para olor, 14 para textura y 18 para flavor.

Durante las evaluaciones los jueces no encontraron diferencias en el tamaño entre las muestras evaluadas, por tanto no resultó ser un atributo relevante a evaluar, esto es, porque para que los escamoles puedan ser extraídos y por tanto consumidos, deben estar en una etapa de madurez óptima para este efecto, los escamoleros mencionan que para poder extraer los escamoles y que puedan “comercializarse” deben tener un tamaño parecido al del arroz.

#### 7.2.4 DEFINICIÓN DE ATRIBUTOS

Una vez reducidos los atributos se realizó una nueva junta para definir cada uno de los atributos empleados para el desarrollo del perfil sensorial de los escamoles y aclarar cualquier duda que surgiera sobre la forma en la cual se evaluaría y el uso de las escalas. Se acordó además, la definición, la escala y los estándares utilizados para ejemplificarlos a diferentes concentraciones que se emplearían para cada atributo, un ejemplo se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14. Definición, escala, nomenclatura y estándar a emplear en cada descriptor**

Atributos	Definición	Escala	Nomenclatura utilizada	Estándar
<b>APARIENCIA</b>				
Brillante	Intensidad de luz que se refleja por el cuerpo de los escamoles	De opaco a brillante	Bri 9	Gomas de manzana marca Hawaiian friut®
			Bri 7	Queso tipo americano marca Lala®
Forma	Forma física			Muestras de escamoles del centro del país presentados en imágenes como se muestra en la figura 5
Color				Imágenes de escamoles de diferentes regiones del país (figura 4)

En esa misma sesión se acordó la forma en la cual se evaluaría cada descriptor y el orden en el cual se evaluaría cada grupo de atributos evitando de esta manera que los jueces se saturaran y sesgar los datos que se obtendrían de las evaluaciones, empezando por los atributos de apariencia, textura, olor, y por último el grupo de atributos de flavor. En la Tabla 15 se muestran algunos atributos como ejemplo.

**Tabla 15. Forma y orden de evaluación**

<b>Atributos</b>	<b>Forma de Evaluación</b>
<b>Apariencia</b>	
Brillante	Se realiza comparando la muestra con el estándar poniéndola hacia la luz.
Forma	Utilizando imágenes de formas asignadas a escamoles de manera individual de las zona centro del país.
Color	Utilizando la escala elaborada con las muestras de escamoles.

### **7.2.5 USO DE ESCALAS**

Una vez definidos los atributos con los cuales se trabajaría y la forma en la cual se evaluarían se les presentó a los jueces los estándares a utilizar que mejor describían cada uno de los atributos encontrados para evaluar los escamoles (Tabla 13, pág. 58).

El número que acompaña la clave para formar la nomenclatura que se empleó durante el resto del proyecto, es el valor que se le asignó a cada estándar en su respectiva escala, por ejemplo, para evaluar el atributo de liso, se presentan 3 puntos anclados en la escala, donde el valor 1 es para el queso tipo americano Lala®, el 5 para almendras La Merced® y el 9 corresponde a las uvas pasas Aurrera®.

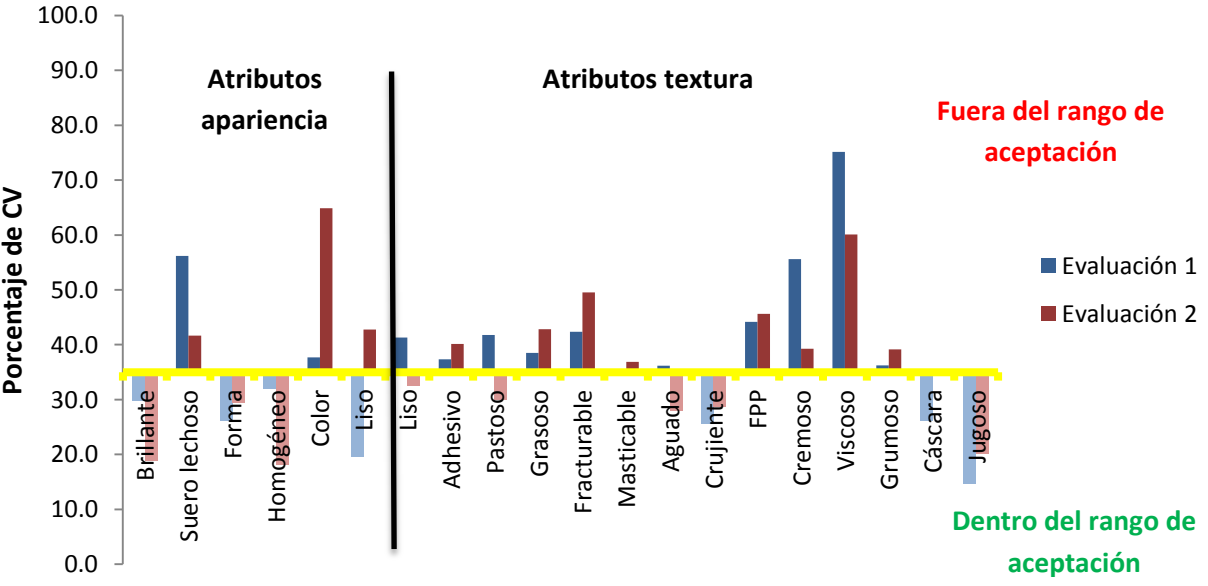
Una vez que quedó clara la forma y el orden en el cual evaluarían los grupos de atributos, los estándares y la escala a emplear, se prosiguió a evaluar las muestras de escamoles de la zona centro del país (Teotihuacán, Otumba, Mercado de San Juan, Ixmiquilpan y Tepetlaoxtoc) en 7 sesiones para los grupos de atributos de apariencia y textura, y 7 para la evaluación de los de olor y flavor; esto con el fin de que los jueces pudieran evaluar de manera óptima, evitando que se saturaran y evitando la fatiga que se pudiera presentar si evaluaran todos los atributos.

El orden en el cual se evaluó fue el siguiente: Suero lechoso, forma, homogéneo, color (estos atributos se evaluaron con imágenes), liso y brillante para los atributos de apariencia. Liso, cremoso, formación de película en paladar, adhesivo, pastoso, grasoso, viscoso, masticable, fracturable, aguado, crujiente, grumoso, cascara y jugoso para los atributos de textura.

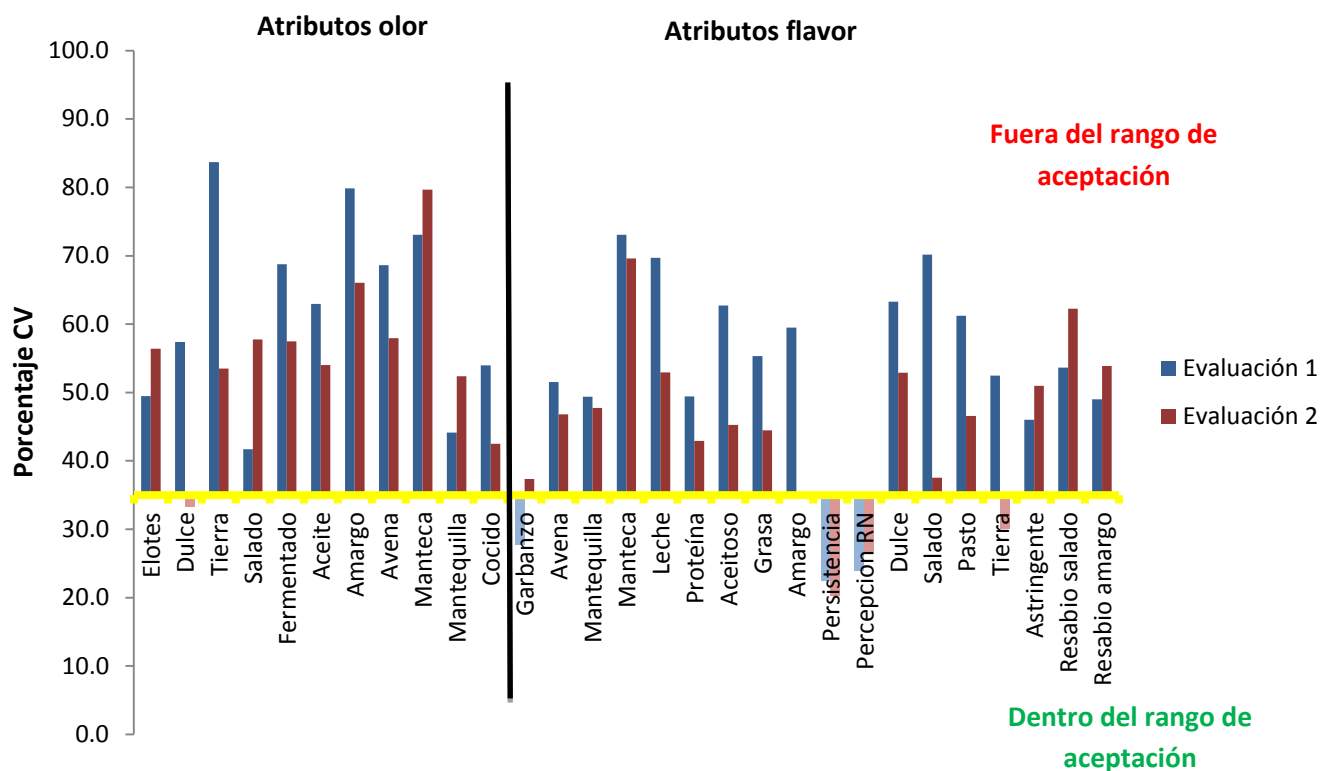
El orden en el cual evaluaron los grupos de atributos fue de la siguiente forma, elote, dulce, tierra, salado, fermentado, aceite, amargo, avena, manteca, mantequilla, cocido, para los atributos de olor. Avena, manteca, mantequilla, garbanzo, leche, proteína, aceitoso, grasa, amargo, persistencia, percepción retronasal, dulce, salado, pasto, tierra, astringente, resabio salado y resabio amargo para los atributos de flavor.

Se procedió con las evaluaciones de las diferentes muestras para comenzar a familiarizar a los jueces con el uso de las escalas a utilizar en cuestionarios electrónicos utilizando el software FIZZ, los resultados del inicio del entrenamiento se muestran en las Gráficas 2-7 donde se muestran los CV por atributo.

En las Gráficas 2 y 3 se muestran los resultados del inicio de la evaluación de los atributos, en ella se observa que la mayoría de los coeficientes de variación está por encima del 35%, en la Gráfica 3 se observa que existe una gran complejidad en la evaluación de los atributos de olor y flavor ya que solo 5 de los 29 atributos evaluados se encuentran por debajo del 35% que son dulce, para olor, garbanzo, persistencia, percepción retronasal y tierra para flavor.

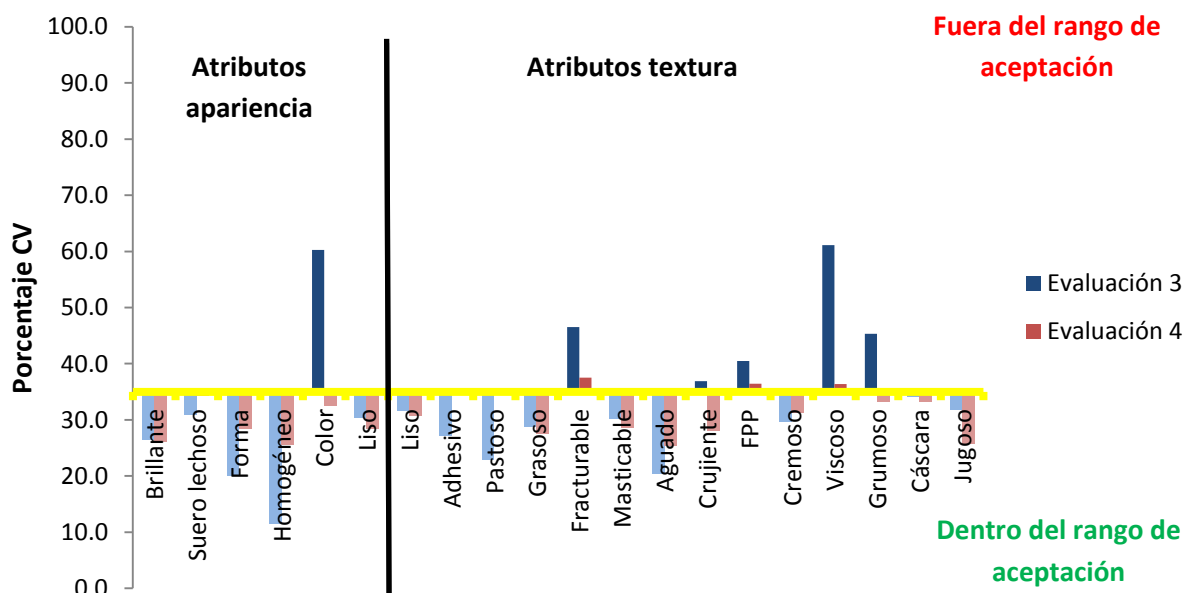


**Gráfica 2. Coeficientes de variación de las evaluaciones 1 y 2 para los atributos de apariencia y textura**



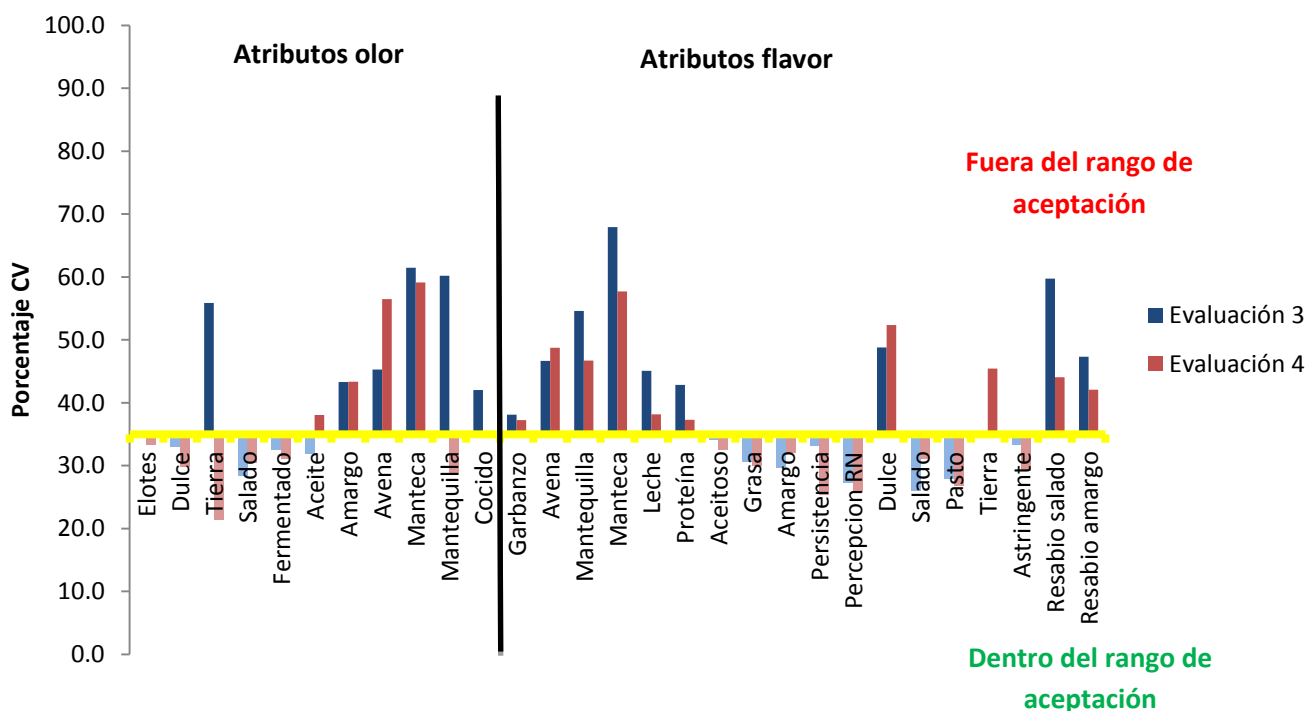
**Gráfica 3. Coeficientes de variación de las primeras 2 evaluaciones para los atributos de olor y flavor**

En la Gráfica 4, donde se observan los resultados de la 3era y 4ta evaluación para apariencia y textura, se observa que los coeficientes de variación disminuyeron, y solo 6 atributos son los que se encuentran por encima de 35%, cabe señalar que estos son de la tercera evaluación, siendo los atributos de color, fracturable, crujiente, formación de película en paladar, viscoso y grumoso. Para la evaluación 4, el número de atributos que se encuentra por arriba del 35% se reduce a la mitad, quedando solamente 3 que son fracturable, formación de película en paladar y viscoso. Sin embargo, estos ya se encuentran con un porcentaje menor en comparación de la evaluación anterior, lo que indica que la forma de evaluar se va homogenizando conforme transcurren las sesiones.



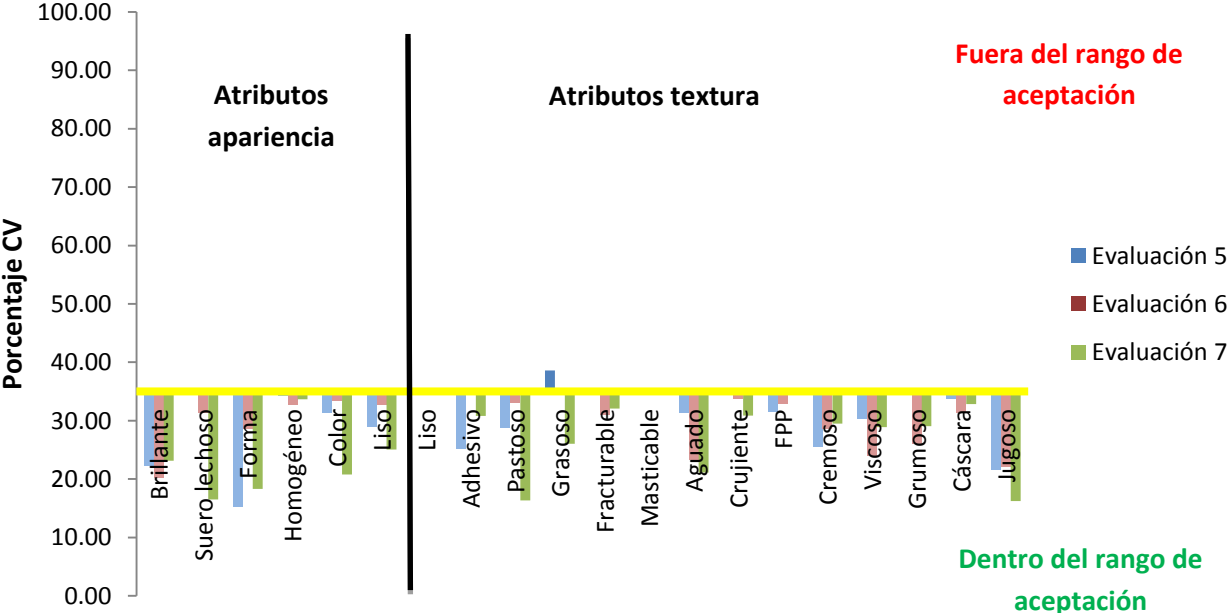
**Gráfica 4. Coeficientes de variación de las evaluaciones 3 y 4 de los atributos de apariencia y textura**

Para los atributos de olor y flavor (Gráfica 5) se observan también coeficientes de variación por arriba de 35% en al menos la mitad del total de atributos evaluados para olor y flavor.



**Gráfica 5. Coeficientes de variación de las evaluaciones 3 y 4 para los atributos de olor y flavor**

Al seguir avanzando el entrenamiento y a medida que aumentaban las sesiones de evaluación con el uso de atributos, (Gráfica 6) se observa como los coeficientes de variación disminuyeron por debajo del 35%, únicamente los atributos grasoso, masticable crujiente y grumoso se mantuvieron por arriba. Lo que indica que estos grupos de atributos fueron los que mayor dificultad presentan a los jueces para ser evaluados, esto debido a la complejidad de las muestras evaluadas, sin embargo, con el transcurso del tiempo y conforme se vayan familiarizando con las muestras y los estándares empleados, las evaluaciones se harán más uniformes y así se logró el primer objetivo que es llegar a coeficientes de variación menores a 35%, ya que algunos autores mencionan que entre menor sea el CV, esto asegurará que no exista diferencia significativa entre los jueces y así poder desarrollar el perfil sensorial de las muestras empleadas.

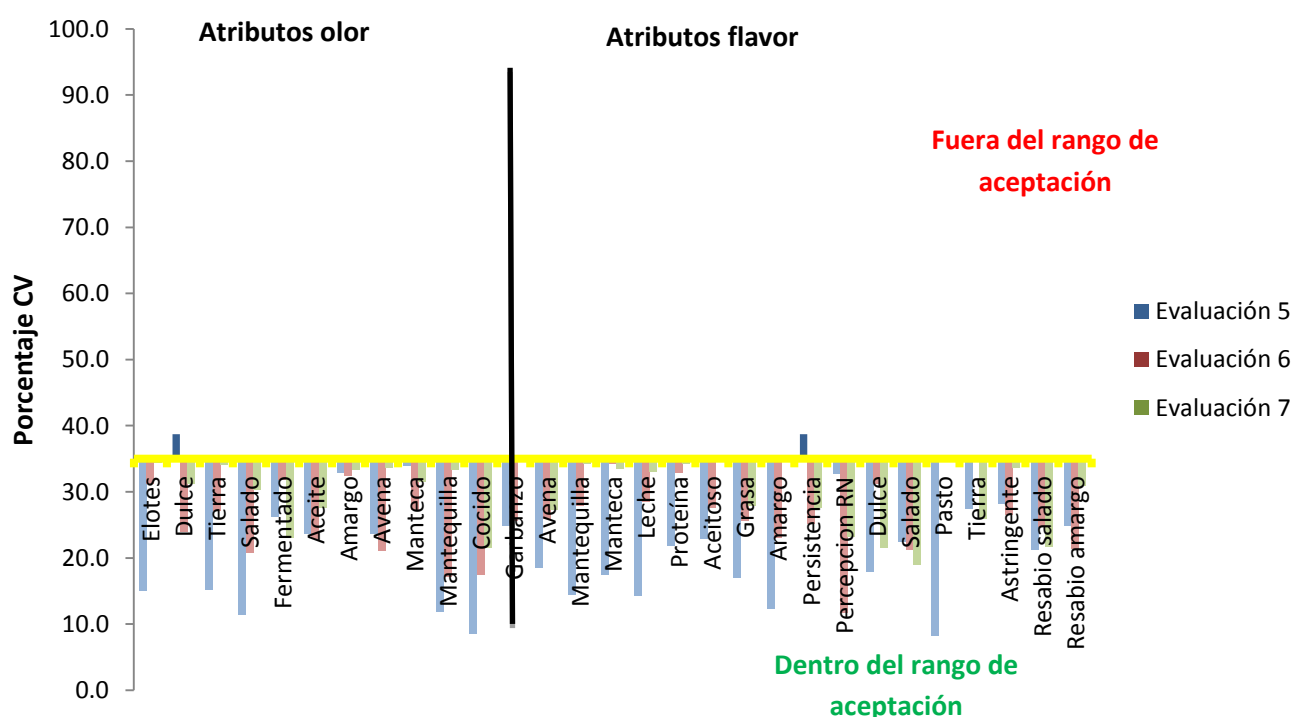


**Gráfica 6. Coeficientes de variación de los atributos de apariencia y textura de las evaluaciones 5, 6 y 7**

En la Gráfica 7, se observa que solo 2 de todos los atributos evaluados para olor y flavor están arriba de 35%, estos atributos son dulce y persistencia, de la evaluación 5, los cuales se siguieron evaluando hasta que su CV estuvo por debajo de 35%. Y como se percibe, a partir de la evaluación 6 todos los atributos evaluados se encuentran debajo del CV mencionado anteriormente, por lo que se puede decir que la evaluación se realizó de una manera más confiable y constante a partir de la evaluación 6, tanto para apariencia y textura, como para olor y flavor, lo que dice que la evaluación se ha

vuelto homogénea, pudiendo así, seguir con las próximas evaluaciones. Cabe mencionar que se trabajó de manera personal con aquellos jueces que se observó tenían problemas al evaluar ciertos atributos, para que se corrigiera y para las siguientes sesiones evaluarán de una mejor manera y en sincronía con el resto de los jueces.

Después de estas sesiones de entrenamiento con las que se logró que todos los atributos presentaran CV menores a 35%, se consideró concluido el entrenamiento, estando listos los jueces para evaluar las muestras en estudio.



**Gráfica 7. Coeficientes de variación de los atributos de olor y flavor de las evaluaciones 5, 6 y 7**

En la siguiente Tabla (16) se pueden observar los resultados de las desviaciones estándar obtenidas de las 7 evaluaciones realizadas.

**Tabla 16. Desviación estándar de las 7 evaluaciones realizadas**

		DE 1	DE 2	DE 3	DE 4	DE 5	DE 6	DE 7
<b>APARIENCIA</b>	Brillante	1.90	1.35	1.68	1.85	1.55	1.28	1.51
	Suero lechoso	1.29	1.04	1.22	1.21	0.67	0.43	0.28
	Forma	0.77	0.92	0.64	0.89	0.52	0.89	0.59
	Homogéneo	2.05	1.40	0.93	0.63	0.98	1.59	1.27
	Color	1.39	1.84	1.58	1.12	1.29	1.29	0.79
	Liso	0.85	1.76	1.47	0.94	0.97	0.82	1.06

<b>TEXTURA</b>	Liso	2.14	1.52	1.55	0.94	1.00	1.08	1.32
	Adhesivo	1.70	1.66	1.10	1.31	0.70	0.99	0.89
	Pastoso	1.98	1.71	1.38	1.64	0.78	1.18	0.53
	Grasoso	2.19	2.63	1.74	1.45	1.40	1.40	0.96
	Fracturable	1.38	1.68	1.97	1.56	1.18	1.06	0.95
	Masticable	1.67	2.05	1.64	1.40	1.52	1.20	1.45
	Aguado	1.63	1.26	0.82	0.86	1.03	0.80	0.75
	Crujiente	1.16	1.35	1.62	1.31	1.56	1.27	1.19
	FPP	2.49	2.26	1.84	1.90	1.10	1.07	1.22
	Cremoso	2.09	1.75	1.48	1.52	0.79	1.00	0.97
	Viscoso	2.13	2.32	2.20	1.15	0.68	0.54	0.70
	Grumoso	1.37	1.56	1.93	0.93	0.92	0.70	0.86
	Cáscara	1.61	1.81	1.89	1.60	1.57	1.30	1.54
Jugoso	1.00	1.17	1.73	1.57	1.25	1.13	0.92	
<b>OLOR</b>	Elotes	1.41	2.17	1.37	0.89	0.47	0.91	0.89
	Dulce	1.79	1.09	0.76	0.86	1.15	0.63	0.81
	Tierra	2.46	1.90	2.02	0.72	0.38	0.77	1.11
	Salado	1.11	1.93	0.93	0.97	0.44	0.67	0.71
	Fermentado	1.69	1.21	0.83	0.83	0.54	1.02	0.51
	Aceite	1.71	1.20	0.81	1.02	0.61	0.76	0.64
	Amargo	2.24	1.52	1.17	1.13	0.79	1.11	0.80
	Avena	2.84	2.14	1.46	1.44	0.79	0.70	0.85
	Manteca	1.91	2.07	1.96	1.56	0.75	0.88	0.61
	Mantequilla	1.65	2.21	1.90	1.12	0.64	0.77	0.86
	Cocido	2.54	2.14	2.10	1.36	0.47	0.88	0.86
<b>FLAVOR</b>	Garbanzo	0.86	1.52	1.25	1.34	0.96	0.97	1.42
	Avena	1.16	1.45	1.43	1.39	0.48	0.81	0.77
	Mantequilla	1.93	1.77	1.86	1.81	0.79	1.17	1.08
	Manteca	1.89	1.88	1.83	1.57	0.49	0.73	0.61
	Leche	2.10	1.71	1.74	1.22	0.63	1.02	0.92
	Proteína	1.97	1.59	1.45	1.36	0.94	1.36	0.93
	Aceitoso	2.34	1.72	1.40	1.29	1.02	1.14	1.14
	Grasa	1.53	1.67	1.04	0.79	0.70	0.88	0.87
	Amargo	1.94	1.16	0.88	1.16	0.38	0.85	0.93
	Persistencia	1.31	1.14	1.56	1.38	1.59	1.22	1.25
	Percepción retronasal	1.26	1.40	1.58	1.46	1.42	0.53	1.15
	Dulce	1.79	1.37	1.28	1.52	0.50	0.73	0.60
	Salado	2.43	1.48	1.03	1.12	0.58	0.61	0.49
	Pasto	1.67	1.42	0.71	0.80	0.16	0.85	1.61
	Tierra	1.68	0.92	0.95	1.37	0.90	0.92	1.03
	Astringente	0.88	1.06	0.55	0.61	0.40	0.53	0.84
	Resabio salado	1.74	2.51	1.99	1.40	0.55	0.76	0.67
	Resabio amargo	1.49	1.87	1.46	1.31	1.09	0.68	0.74

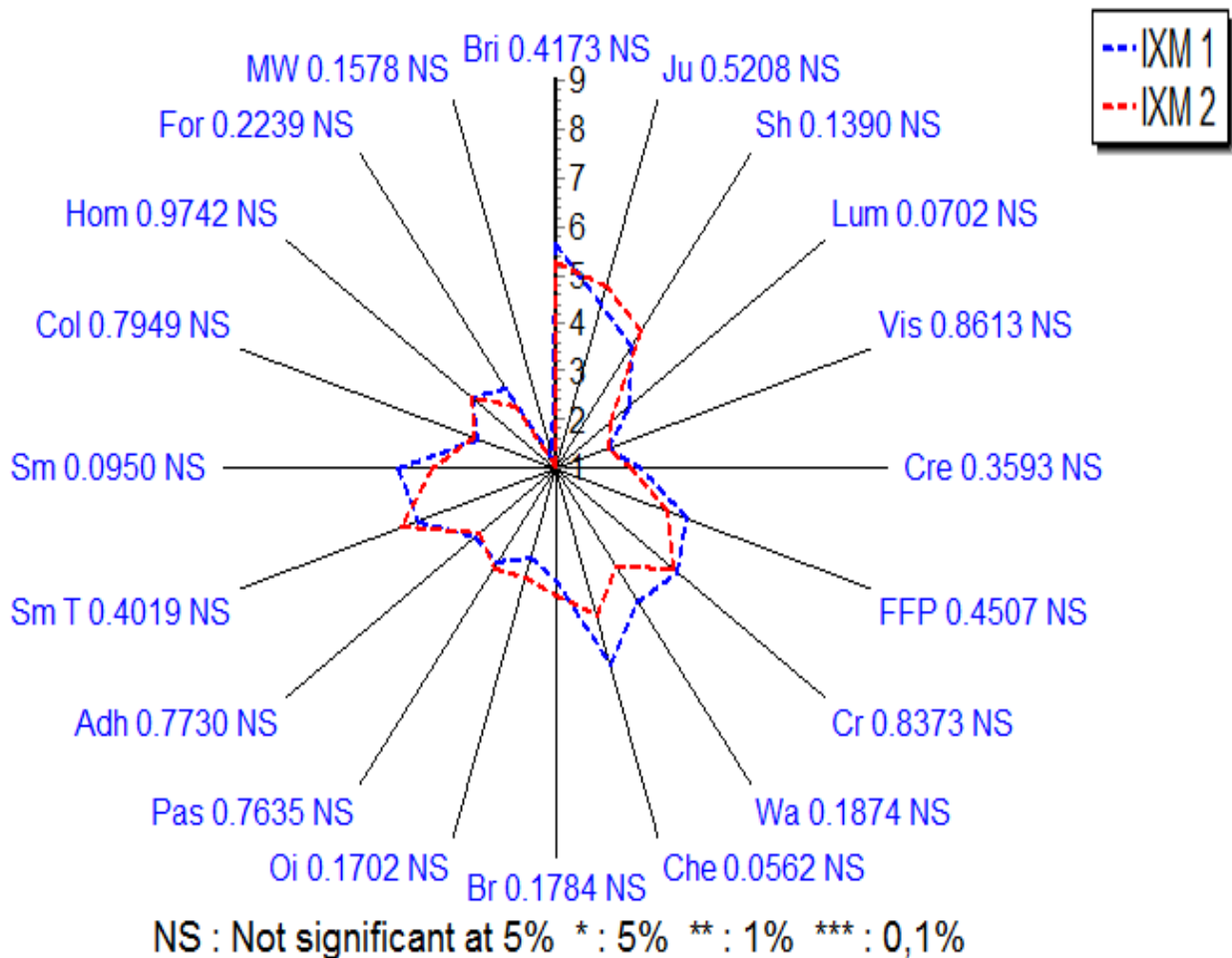
Como se puede observar en la mayoría de los atributos evaluados, la desviación estándar de los datos va disminuyendo, lo que indica que los datos obtenidos están



más cercanos a la media por lo que la incertidumbre es menor y por tanto los resultados son más confiables.

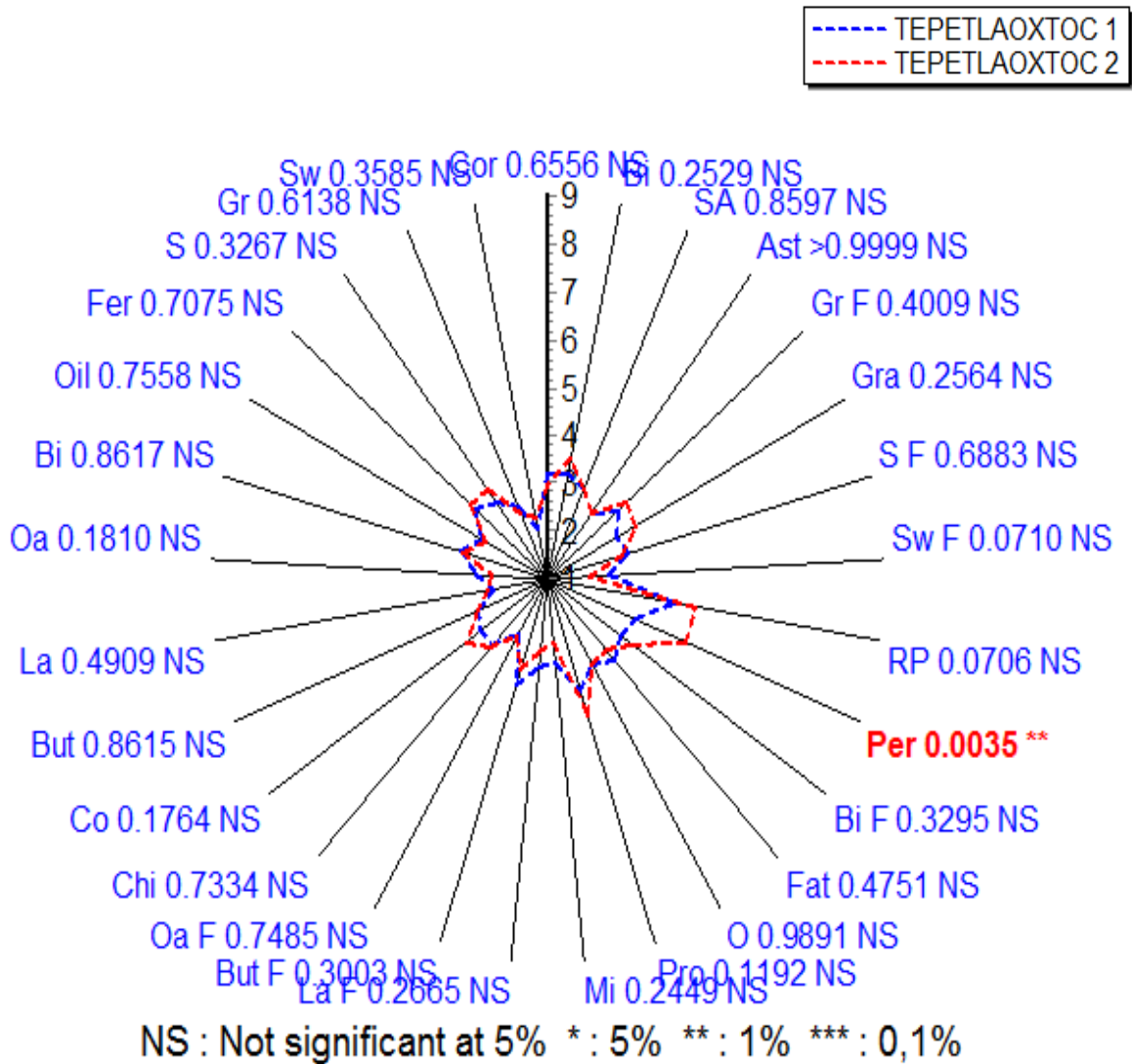
#### **7.2.6 COMPROBACION DEL ENTRENAMIENTO**

Para esta etapa, una vez que los jueces se familiarizaron con las muestras y los estándares empleados y que los coeficientes de variación fueron iguales o menores a 35% se volvieron a evaluar algunas muestras y otras nuevas con el objetivo de revisar que los jueces fueran capaces de percibir diferencias, y además que pudieran evaluar una muestra de la misma forma en sesiones diferentes. En las Gráficas 8 y 9, se observa que en diferente tiempo las muestras se evaluaron de la misma forma (evaluación homogénea), comprobando así el entrenamiento del grupo de jueces, ya que con ayuda de esta gráfica, se observa que las evaluaciones son de la misma forma no encontrando diferencia significativa entre una y otra, por tanto, después de observar esto, se dispuso a desarrollar el perfil sensorial de los escamoles.



Gráfica 8. Evaluación 1 y 2 de atributos de apariencia y textura en escamoles de Ixmiquilpan. Empleando la prueba LSD al 5%. El orden va en contra de las manecillas del reloj comenzando por el atributo Bri

\*Bri-Brillante, MW-Suero lechoso, For-Forma, Hom-Homogéneo, Col-Color, Sm-Liso (Apariencia); Sm-Liso, Adh-Adhesividad, Pas-Pastoso, Oi-Grasa, Br-Fracturable, Che-Masticable, Wa-Aguado, Cr-Crujiente, FFP-Formación de película en paladar, Cre-Cremoso, Vis-Viscoso, Lum-Grumoso, Sh-Cáscara, Ju-Jugoso (Textura)



Gráfica 9. Evaluación 1 y 2 de atributos de olor y flavor en escamoles de la región de Tepetlaoxtoc. Empleando la prueba LSD al 5%. El orden va en contra de las manecillas del reloj comenzando por Cor

\*Cor-Elote, Sw-Dulce, Gr-Tierra, S-Salado, Fer-Fermentado, Oil-Aceite, Bi-Amargo, Oa-Avena, La-Manteca, But-Mantequilla, Co-Cocido (Olor); Chi-Garbanzo, Oa-Avena, But-Mantequilla, La-Manteca, Mi-Leche, Pro-Proteína, O-Aceitoso, Fat-Grasa, Bi-Amargo, Per-Persistente, RP-Percepción retronasal, Sw-Dulce, S-Salado, Gra-Pasto, Gr-Tierra, Ast-Astringente, SA-Resabio salado, BiA-Resabio amargo (Flavor)

### 7.3 PERFIL SENSORIAL DE LOS ESCAMOLES

Como se mencionó anteriormente en este estudio se utilizaron muestras de escamoles provenientes de diferentes regiones del país; Otumba, Teotihuacán, Tepetlaoxtoc, Ixmiquilpan y comercializadas en el mercado de San Juan ubicado en el centro de la ciudad, para realizar la comparación de los perfiles sensoriales de cada muestra en dos

condiciones distintas; una se evaluó en fresco y la otra se evaluó después de almacenarla en congelación por aproximadamente 1 mes a una temperatura de -16 °C.

A continuación se discuten cada uno de los grupos de atributos evaluados para cada condición y se realizó una comparación de las dos condiciones evaluadas, cada una con su representación gráfica correspondiente.

### 7.3.1 MUESTRAS FRESCAS

#### ✓ Apariencia

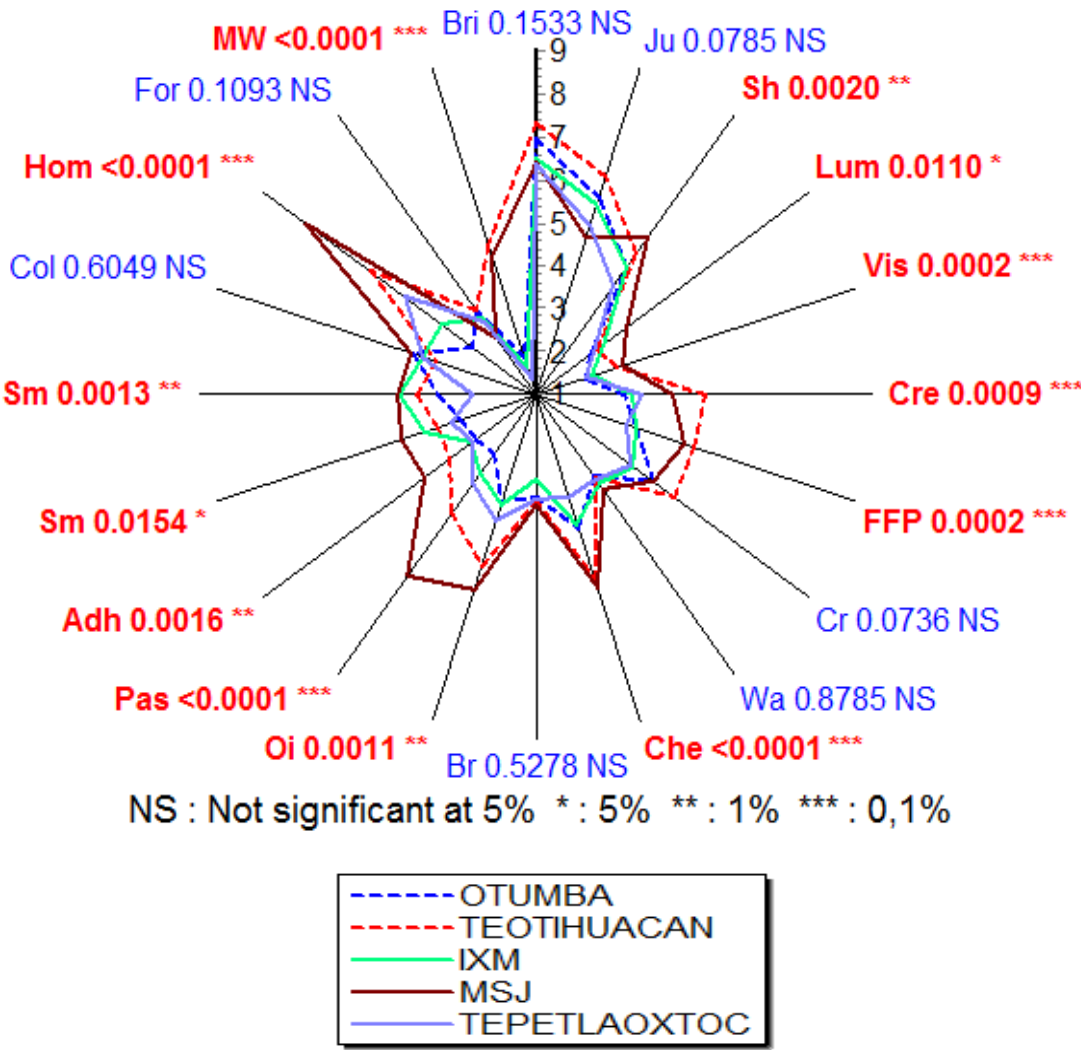
En la Gráfica 10 se observa el conjunto de atributos evaluados para apariencia y textura; se observa que la mitad de atributos de apariencia, esto es que 3 de los 6 presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las 5 muestras de escamoles evaluadas, estos atributos son: **suero lechoso**, **homogéneo** y **liso**, siendo muy similares las cinco muestras en el resto de atributos, brillante, forma y color. Para conocer que muestras eran diferentes se realizó el análisis de DMS (Tabla 17, Anexo 2) observándose que para los atributos de **brillante**, **forma** y **color**, las 5 muestras evaluadas son estadísticamente iguales entre sí, por lo que se puede decir que las muestras fueron evaluadas por los jueces como **brillantes** en una escala de opaco a brillante encontrando valores de 6.34 a 7.3 por lo que reflejaban muy bien la luz de acuerdo a la definición empleada. En cuanto a la **forma** y el **color**, con base en las escalas empleadas, se puede decir que las 5 muestras presentaban forma a frijol y un color café claro. Para el atributo **homogéneo**, la muestra más homogénea fue la de Teotihuacán y la menos homogénea o más heterogénea fue la de Otumba. El que se presentaran diferencias en este atributo se puede deber al manejo que le dan a los escamoles una vez que los han extraído de los nidos, ya que como se mencionó en el apartado del marco teórico, se extraen y se lavan en una tina y se venden en platos o en cualquier contenedor, lo que ocasiona que pierdan la forma, algunos se “fracturen” ocasionando su irregularidad. Para el atributo de **liso** la muestra más lisa fue la de Tepetlaoxtoc y la más rugosa la del MSJ, esto se puede deber a que las del MSJ fueron las más deshidratadas, posiblemente por el tiempo que permanecen expuestos para su venta. Se puede observar que la región de la cual provienen influyó para estos tres atributos.

## ✓ Textura

Para los atributos evaluados de textura (Gráfica 10), 10 de los 14 atributos evaluados presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las 5 muestras de escamoles evaluadas, los cuales fueron: **Liso**, **adhesividad**, **pastoso**, **grasa**, **masticable**, **formación de película en paladar**, **cremoso**, **viscoso**, **grumoso** y **cáscara**. En la Tabla 18 (Anexo 2) se observó que todas las muestras fueron iguales en **fracturabilidad**, **aguado**, **crujiente**, con intensidades de media - baja (valores menores a 4 en la escala empleada) y también presentaron la misma **jugosidad** con intensidades intermedias (valores de 4 - 5.5), lo que indica que para estos atributos la región de la cual provienen no afectó las características de textura de los escamoles. La muestra del MSJ fue la más grumosa, adhesiva, pastosa, grasosa, formación de película en paladar, masticable y viscosa, esto podría deberse a que fue la muestra más deshidratada lo que ocasionó que los componentes de los escamoles se concentraran; hizo más seca la cubierta por lo que se volvió más grumosa y masticable. Por otro lado, mientras que la muestra de Otumba fue la menos lisa, pastosa, adhesiva y cremosa. La muestra de Tepetlaoxtoc fue similar a la de Otumba ya que fue igual a ella en liso, adhesivo, fracturabilidad, masticabilidad, aguado, crujiente, formación de película, viscoso, grumoso y jugoso. A su vez la muestra de Ixmiquilpan presentó media – baja intensidad en el atributo grasoso, pastoso y cremoso, y en general fue similar en 11 atributos a la muestra de Otumba.

Por otro lado la muestra de Teotihuacán presentó al igual que la del MSJ intensidades media en **masticabilidad**, **aguado**, **crujiente**, **formación de película en paladar** y **viscosidad**, y fue la muestra más **cremosa** de todas las muestras evaluadas con una intensidad intermedia (5). Hay que recordar que al principio se hizo mención que los escamoles se caracterizan por su alto contenido de grasa y proteínas, por lo cual, los atributos de **adhesividad**, **grasa**, **formación de película en paladar**, **cremoso** y **viscoso** dependen del contenido de grasa existente en las muestras. El atributo de **masticabilidad** se relaciona con el atributo de **cáscara**, puesto que a mayor cantidad de cáscara, la masticabilidad fue mayor para poder deglutir la muestra. Por otro lado se esperaba que el atributo **grumoso** estuviera relacionado con el de cáscara, puesto que los jueces evaluaban para este atributo la presencia de partículas u ondulaciones en la muestra, de modo tal que se evaluó desde que se introducía a la boca y en la masticación, razón por la cual se esperaba una tendencia similar entre estos atributos.

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron para los atributos en los que se encontró diferencia, se puede decir que siguen la misma tendencia, ya que para la mayoría de los atributos las muestras de Teotihuacán y MSJ fueron similares estadísticamente, lo que nos indica que posiblemente las muestras adquiridas en el Mercado de San Juan, pudieran tener origen en la región de Teotihuacán. Para el resto de las muestras, los resultados no siguieron una tendencia, por lo cual se tendría que considerar el resto de atributos para conocer si la región de la cual provienen los escamoles modifica sus características fisicoquímicas y por tanto sensoriales.



Gráfica 10. Atributos de Apariencia y Textura en escamoles frescos. Prueba LSD al 5%. El orden va en contra de las manecillas del reloj comenzando por el atributo Bri \*Bri-Brillante, MW-Suero lechoso, For-Forma, Hom-Homogéneo, Col-Color, Sm-Liso (Apariencia); Sm-Liso, Adh-Adhesividad, Pas-Pastoso, Oi-Grasa, Br-Fracturable, Che-Masticable, Wa-Aguado, Cr-Crujiente, FFP-Formación de película en paladar, Cre-Cremoso, Vis-Viscoso, Lum-Grumoso, Sh-Cáscara, Ju-Jugoso (Textura)

## ✓ Olor

En la Gráfica 11 se puede observar el resultado de los grupos de atributos evaluados, éstos son de olor y flavor. Se encuentra que para olor 7 de 11 atributos evaluados presentaron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las 5 muestras de escamoles. En la Tabla 19 (Anexo 2) se observa que las muestras fueron iguales en el olor a **nota dulce a cebolla caramelizada**, **nota amarga a café**, **avena** y **cocido**. Para el olor a **elote** las muestras del MSJ presentaron la mayor intensidad, siendo ésta baja (2.13 – 3.45), y las provenientes de Teotihuacán las de menor intensidad para este atributo, no encontrándose una diferencia clara en el resto de las muestras. Para el olor a **tierra** la muestra más intensa fue la del MSJ y la que menor intensidad presentó fue la de Otumba; se dice que por las condiciones propias del nido se presenta este atributo, ya que se extraen de nidos que se encuentran aproximadamente a 1 metro de profundidad, además el inadecuado método de lavado al cual sometan a los escamoles para poder ser comercializados. Para la **nota salada a charal** se observa que la muestra de Otumba fue la más intensa y la de Ixquimilpan la menos intensa, mientras que las muestras del MSJ y Tepetlaoxtoc fueron similares, esto podría deberse a que las muestras provienen de distintas regiones, lo que influye en su contenido de sales, impactando en la intensidad de olor de las muestras, siendo la del Estado de México la de mayor intensidad y la del Estado de Hidalgo la que menor intensidad a olor salado presentó. Para los atributos **fermentado**, **aceite** y **manteca** se observa que la muestra de Tepetlaoxtoc fue la más intensa. Una posible explicación del olor a **fermentado** podría ser que para la muestra donde se encontró el valor más alto, probablemente se están llevando a cabo reacciones de oxidación de carbohidratos presentes en los escamoles, esto a causa de un inadecuado almacenamiento, quizá la muestra ya tenía tiempo de haber sido extraída, por lo que ya no era tan fresca, o por acción enzimática, ocasionando que esta nota fuera perceptible por los jueces. Para el olor a **mantequilla** se encuentra que la muestra de Otumba fue la más intensa seguida de la de Tepetlaoxtoc, siendo diferentes del resto de las muestras, las cuales estadísticamente fueron iguales (MSJ, Ixmiquilpan y Teotihuacán). El olor a **mantequilla** se puede deber al contenido de ácidos grasos que presentan los escamoles, puntualmente el ácido oleico, ya que este ácido graso está potencialmente relacionado con el olor y flavor a mantequilla (Goldberg, 2012), sin embargo, esto tendría que corroborarse.

## ✓ Flavor

Se observó que 16 de los 18 atributos de flavor presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) (Gráfica 11). En la Tabla 20 (Anexo 2) se observa que los atributos donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas fueron **percepción retronasal** y **dulce**. En el atributo de **garbanzo** se observa que los escamoles de Teotihuacán fueron los que presentaron una intensidad baja (2.9) y además es la que difiere del resto de muestras. Para el atributo a **manteca** se puede ver que todas las muestras presentan una intensidad baja (2.79-1.82) siendo la muestra de Ixmiquilpan la de menor intensidad. La muestra de Otumba es la que presenta el valor más alto, indicando que es la muestra que contiene una mayor concentración de lípidos; en el atributo a **mantequilla** se observa que la muestra de Otumba es diferente estadísticamente al resto de muestras lo cual coincide con el mismo atributo pero para el caso de olor, por lo que se puede confirmar que las muestras presentan diferente proporción de ácidos grasos libres (Ramos, 2010); lo que puede ocasionar que al oxidarse produzcan acetaldehído, el cual es un compuesto que está relacionado con el flavor a **mantequilla**, lo que ocasionó que los jueces detectaran el atributo con mayor intensidad, también la presencia de ácido oleico pudo influir en esta nota, siendo la muestra de Otumba la que presentó la mayor intensidad con respecto a las demás muestras. Para **aceitoso** se observan intensidades medias a bajas (4.45-3.27), siendo las muestras de Otumba e Ixmiquilpan las que representan el valor más alto y más bajo respectivamente. Este resultado se puede relacionar con los demás atributos que se ven influenciados por la cantidad presente de ácidos grasos en cada una de las muestras, tal es el caso del atributo a **grasa** en el cual la muestra de Otumba difiere estadísticamente del resto de las muestras. Cabe hacer mención que para los atributos de **mantequilla**, **manteca**, **grasa** y **aceitoso**, atributos relacionados con el contenido de ácidos grasos, la muestra de Otumba es la que presenta los valores más altos, lo que indica que es la muestra con la mayor concentración de ácidos grasos. En el atributo a **proteína** se puede observar que la muestra de Otumba es diferente al resto de las muestras, es la que presenta la mayor intensidad detectada por los jueces (4.29), por lo cual es la muestra con una mayor concentración de ácidos grasos y proteína (Ramos, 2010). La muestra proveniente de Ixmiquilpan presentó el valor más bajo asignado para la intensidad de flavor **amargo** (2.68) y la de Tepetlaoxtoc presenta el valor más alto asignado (3.66); lo que se deba a que posiblemente la proporción de aminoácidos presentes en las muestras evaluadas es diferente, esto puede ser a que

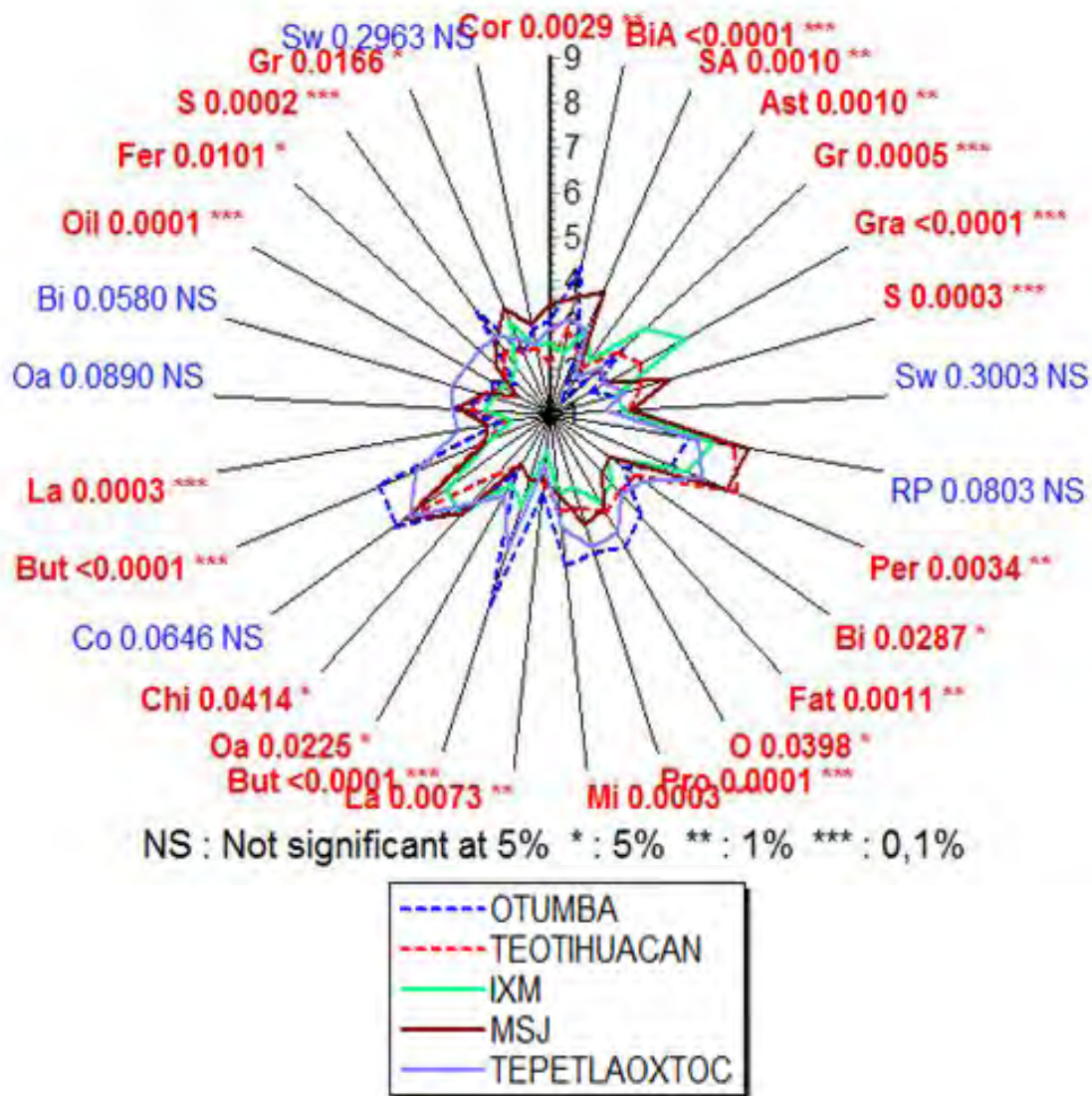


algunos aminoácidos, debido a su valor de hidrofobicidad media, proporcionan el gusto amargo a los alimentos (Fennema, 2000), sin embargo, el gusto amargo no es causado por un único agente químico, casi todas las sustancias que dan el gusto amargo son orgánicas, por ejemplo, sustancias orgánicas de cadena larga que contienen nitrógeno (Hernández, 2006); siendo los escamoles de Tepetlaoxtoc la muestra que el grupo de jueces encontró como más amarga, teniendo una intensidad media baja, lo que indica que estos escamoles poseen una mayor concentración de los aminoácidos causantes de dar el gusto amargo a los alimentos. En el atributo a **pasto** se puede ver que la muestra proveniente de Ixmiquilpan difiere estadísticamente del resto de las muestras evaluadas, posee una intensidad media de 4.63, siendo la que tiene el valor más alto, y la muestra de Otumba es la que presenta el valor más bajo (2.11). El que las muestras difieran entre sí en cuanto a la intensidad de este atributo quizá se debe a la proporción de leucina que presenten, el cual es un aminoácido que por ser de cadena ramificada es precursor de las metoxi-alquil-pirazinas volátiles, compuesto que es el responsable de dar esa nota verde (Fennema, 2000). Quizá también se debe a que la muestra de Ixmiquilpan es la más fresca evaluada, ya que al siguiente día de ser extraída, se evaluó, por lo cual la nota verde estaba presente con mayor intensidad que el resto de las muestras. Para el atributo a **tierra** se encuentra que la muestra de Ixmiquilpan es diferente al resto de las muestras. De acuerdo a la intensidad interpretada por los jueces, se puede decir que este atributo y el de **pasto** están relacionados, puesto que la muestra que presentó el valor más alto fue la de Ixmiquilpan, por lo que se trata de la muestra con mayor frescura y quizá también se vio influenciada por el nido para que diera esas notas. En cuanto al atributo de **astringente**, la muestra de Otumba es diferente estadísticamente al resto de las muestras, siendo la muestra de Ixmiquilpan la que mayor astringencia presentó, y la que menor astringencia presentó fue la de Otumba; de acuerdo con estos resultados se puede decir que los jueces fueron capaces de discriminar entre una sensación y otra, lo que indica que recibieron un buen entrenamiento, puesto que es frecuente para muchos individuos confundir o asociar la sensación astringente con el gusto amargo ya que numerosos polifenoles o taninos presentan ambas sensaciones (Hernández, 2006). En el atributo de **avena** las muestras de Tepetlaoxtoc, Otumba e Ixmiquilpan son similares entre sí, a su vez estas dos últimas son iguales a las del MSJ y Teotihuacán, siendo esta muestra la que presenta la menor intensidad percibida por los jueces para este atributo; para **leche** se encuentra que la muestra de Otumba difiere estadísticamente del resto de las muestras, además es la que mayor flavor a leche presenta ya que es la muestra con el

valor más alto con respecto a las demás muestras evaluadas; en cuanto a la **persistencia** las muestras de Teotihuacán presentan una mayor intensidad, por lo que al principio se decidió utilizarlos como referencia para este atributo, en general las 5 muestras presentan una intensidad media para este atributo, lo que indica que el sabor en la boca después de ingerir los escamoles es un tanto prolongado en comparación con otros alimentos, como por ejemplo las frutas. Para el **resabio amargo** se observa que las muestras de Otumba e Ixmiquilpan son las que presentan el valor más alto y más bajo (4.38, 2.39) respectivamente. Por lo que se puede decir que la muestra de Otumba es la que mayor resabio amargo dejaba tras su evaluación y la de Ixmiquilpan la que menor resabio dejaba. Para el **salado**, se puede ver que la muestra del MSJ es la que difiere estadísticamente del resto de las muestras, siendo además la que se evaluó con una intensidad mayor para este atributo (3.94). El que existan diferencias se puede deber a que los escamoles provienen de diferentes regiones por lo cual, el contenido de sales y minerales puede variar de acuerdo al tipo y composición del suelo del cual provienen, razón por la cual se encuentra diferencia entre una muestra y otra, encontrando que la proveniente de Otumba es la que menor intensidad de este gusto presenta y la que mayor intensidad presentó fue la del MSJ, que si bien no se conoce la zona de procedencia, se sabe que puede provenir de alguno de los estados con mayor producción de escamoles. En el **resabio salado** se encuentra que la muestra del MSJ difiere del resto y además fue la que mayor intensidad de este atributo presentó, tal y como sucedió con el atributo de salado, sin embargo, el resto de las muestras resultaron ser iguales estadísticamente entre sí, caso no similar al del salado, esto se debe a que no hay una relación directa existente entre el gusto salado y el resabio salado, ya que al ser los escamoles una matriz alimentaria compleja, todos los componentes interactúan dando como resultado la alteración de la percepción del gusto salado. Para el resto de atributos y como se mencionó anteriormente no se encontró diferencia significativa entre las muestras, por tanto esos atributos no son determinantes para caracterizar cada una de las muestras.

El que se encontrara diferencia entre los diferentes grupos de atributos evaluados, sobre todo para los de olor y flavor entre las diferentes muestras evaluadas, Otumba, Teotihuacán, Tepetlaoxtoc, Ixmiquilpan y las del MSJ, se debe a que provienen de regiones diferentes, por lo tanto poseen condiciones ambientales y climatológicas distintas, a pesar que las regiones de Otumba, Teotihuacán y Tepetlaoxtoc pertenecen al mismo estado, cada uno de esos municipios tiene un tipo de suelo diferente, ni que

decir de Ixmiquilpan, el cual se encuentra en el Estado de Hidalgo y se espera una mayor diferencia en cuanto a composición de escamoles se refiera debido a que las condiciones ambientales en este Estado son distintas al del Estado de México. Se encuentra que para algunos atributos la composición del suelo y el clima juegan un papel muy importante en el desarrollo de los escamoles, ya que afectan su composición fisicoquímica y por tanto se ven alteradas sus características sensoriales, por ejemplo, para el caso del olor y flavor **salado**, el contenido de minerales determina la intensidad de estos atributos y puede ocasionar que difieran entre sí, lo mismo para los atributos de **mantequilla**, **manteca**, **aceitoso**, **grasa**, **aceite**, que están determinados por el contenido de ácidos grasos de cada muestra y que el contenido de esos ácidos grasos depende de la alimentación de la hormiga y por tanto del lugar donde habite. Lo mismo ocurre para los atributos de proteína y amargo, ya que de estos atributos depende el contenido de aminoácidos de las muestras, ya que como fue definido por los jueces, el flavor a proteína es el sabor característico de los productos elaborados con soya, que como sabemos poseen un alto contenido de proteínas y para el caso del flavor amargo como se mencionó anteriormente, depende del contenido de aminoácidos responsables de proporcionar el gusto amargo.



Gráfica 11. Atributos de olor y flavor de escamoles frescos. Prueba LSD al 5%. El orden va en contra de las manecillas del reloj comenzando por Cor

\*Cor-Elote, Sw-Dulce, Gr-Tierra, S-Salado, Fer-Fermentado, Oil-Aceite, Bi-Amargo, Oa-Avena, La-Manteca, But-Mantequilla, Co-Cocido (Olor); Chi-Garbanzo, Oa-Avena, But-Mantequilla, La-Manteca, Mi-Leche, Pro-Proteína, O-Aceitoso, Fat-Grasa, Bi-Amargo, Per-Persistente, RP-Percepción retronasal, Sw-Dulce, S-Salado, Gra-Pasto, Gr-Tierra, Ast-Astringente, SA-Resabio salado, BiA-Resabio amargo (Flavor)

Como se puede observar en los resultados obtenidos las muestras presentaron diferencias de acuerdo a la región de la cual provenían, se encontró diferencia entre las muestras de Ixmiquilpan con respecto del resto, algo que se esperaba puesto que proviene de otro estado (Hidalgo) con un tipo de suelo distinto al resto de las muestras, este tipo de suelo es el luvisol, el cual no es un suelo que posea grandes cantidades de nutrientes ni de sales minerales, como si lo presentó la muestra proveniente de

Otumba, la cual, fue la que en la mayoría de los atributos evaluados y específicamente aquellos que están relacionados con el contenido de lípidos y proteínas obtuvo los valores en cuanto a la intensidad más alta percibida por los jueces en comparación con el resto de muestras evaluadas, el tipo de suelo de esta región se caracteriza por un elevado contenido de materia orgánica que al sedimentarse, mantiene una alta disponibilidad de nutrientes, entre ellos nitrógeno, carbono, magnesio, sodio y potasio, los cuales benefician a las plantas que se puedan encontrar o en este caso a las hormigas que habitan este tipo de suelo, además éste se caracteriza por una humedad alta permitiendo la correcta distribución de nutrientes y que estén altamente disponibles para los hospederos. Se esperaba que no se encontrara diferencia entre las muestras provenientes del Estado de México puesto que pertenecen a la misma región, sin embargo no fue así, ya que el resto de municipios (Teotihuacán y Tepetlaoxtoc) poseen tipos de suelo y condiciones climáticas diferentes, Teotihuacán tiene un tipo de suelo vertisol con un clima semiseco y Tepetlaoxtoc un clima subhúmedo y de suelo cambisol, este tipo de suelo no es muy fértil por lo que sus nutrientes no son fácilmente asimilables, son ricos en calcio y magnesio, sin embargo son los que menos nutrimentos disponibles poseen, razón por la cual las muestras de esta región fueron diferentes a las demás y no con un alto valor para ciertos atributos. En cuanto al tipo de suelo vertisol es un tipo de suelo muy susceptible a la salinización, sin embargo, las muestras evaluadas no presentaron mayor intensidad de olor ni flavor a sal, lo que sí ocurrió para la muestra del MSJ, que tanto para olor como para flavor fue la muestra que presentó la mayor intensidad para este atributo, las muestras más similares o parecidas son las de Otumba y Teotihuacán, ya que son municipios colindantes y los cuales poseen el mismo tipo de suelo feozem.

Se observa que no solamente el suelo influye en la composición fisicoquímica y por tanto en las características sensoriales de los escamoles, sino que también la fauna acompañante en los nidos de las hormigas *L. apiculatum* ya que estas se alimentan de otros insectos los cuales también son los responsables de modificar la composición de macro y micronutrientes que de acuerdo a su concentración en las hormigas y por tanto en los escamoles se van a ver o no modificados ciertos compuestos responsables de dar ciertas notas y ciertas características a los escamoles, tal es el caso para los atributos de **aceite**, **grasa**, **cremoso**, **viscoso**, **manteca**, **mantequilla**, los cuales dependen del contenido de lípidos y ácidos grasos presentes en los escamoles, o para el caso de los aminoácidos y otros compuestos responsables de producir el gusto

amargo y la nota verde, o en el caso de la presencia de sales minerales las cuales fueron detectadas por los jueces por producir el gusto salado.

### 7.3.2 MUESTRAS CONGELADAS

Las muestras que se evaluaron en fresco y de cuyos resultados aparecen las gráficas en el apartado anterior, se almacenaron en congelación en un tiempo no máximo de 1 mes para cada muestra; la temperatura a la cual se almacenaron fue de  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Si bien uno de los métodos de conservación de alimentos más utilizado es la congelación, los diferentes tipos de congelación ocasionan diversos cambios en los alimentos, tanto fisicoquímicos como sensoriales; el método de congelación que se empleó fue el de congelación lenta, por lo cual se espera que ocasione ciertos cambios en las diferentes muestras de escamoles, en donde, se espera que los grupos de atributos más afectados sean los de olor y flavor, debido a que estos grupos de atributos se ven influenciados por el contenido de ciertos compuestos que pueden irse degradando con el paso del tiempo, o que pueden sufrir reacciones químicas que produzcan otros olores o sabores indeseables, ya que la congelación retrasa o hace más lentas reacciones químicas, mas no las detiene, por lo que se esperan cambios ya sean mínimos pero determinantes para la alteración total o parcial del producto, en este caso de los escamoles.

#### ✓ Apariencia

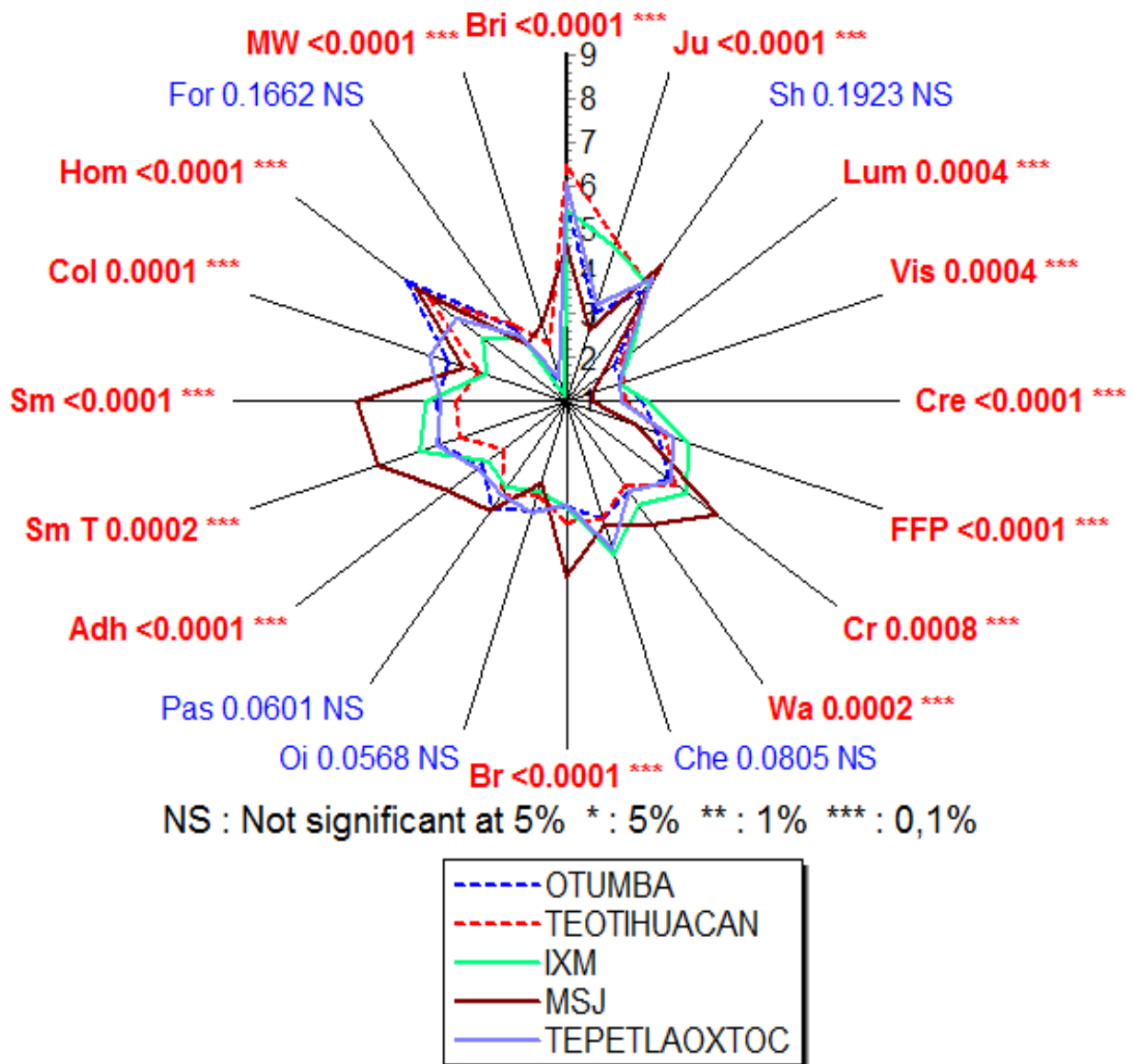
En la Gráfica 12 se observa que para los 6 atributos de apariencia evaluados, 5 presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) los mismos 3 en los que se encontró diferencia para los escamoles en fresco, con la adición de los atributos de brillante y color; para el atributo de **brillante** se puede ver que la muestra del MSJ difiere estadísticamente del resto de las muestras, siendo ésta la que presenta el valor más bajo asignado para este atributo (4.6) y la muestra que refleja una mayor intensidad de luz es la de Teotihuacán (6.46). En cuanto al **color** se observa que la muestra de Tepetlaoxtoc es diferente estadísticamente al resto de las muestras, no se encontró diferencia significativa para este atributo en las muestras evaluadas en fresco, por lo que, la congelación afecta el color de las muestras, ya que las moléculas y pigmentos responsables de impartir el color a los alimentos se ven disminuidos o alterados, ya que los alimentos, en especial las frutas, sufren daños como quemaduras por frío, ocasionando cambio en su pigmentación. De acuerdo a la escala que se elaboró para evaluar este atributo (Figura 8) y a los resultados obtenidos mostrados en la Tabla 21

(Anexo 2), se puede decir que las muestras similares en cuanto a color son las de Tepetlaoxtoc, Otumba y MSJ, las cuales tienen valores cercanos a 4 el cual corresponde a un color café poco tostado, y las muestras de Teotihuacán e Ixmiquilpan que son similares entre si y que los jueces determinaron que tenían un color café claro correspondiente al número 3 en la escala de color elaborada. El atributo de **forma** es el único que no presentó diferencia significativa, por lo que se dice que las 5 muestras evaluadas son similares estadísticamente, y de acuerdo a los valores encontrados y a la escala también elaborada (Figura 9) corresponde al valor asignado de forma a frijol, lo que concuerda y se esperaba, ya que la congelación no daña el tamaño ni la forma tan sustancial de los alimentos.

### ✓ **Textura**

En la Gráfica 12 se puede ver que 10 de los 14 atributos evaluados para este grupo presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las 5 muestras de escamoles. En la Tabla 22 (Anexo 2) se observa que para el atributo **liso** la muestra proveniente del MSJ es diferente estadísticamente del resto de las muestras, encontrando además que es la muestra que resultó ser la más rugosa, teniendo una media más alta que el valor asignado al estándar que fue la avellana; en cuanto a la **adhesividad** también se encuentra diferencia entre las muestras, siendo nuevamente la muestra del MSJ diferente al resto de las muestras evaluadas y la que mayor adhesividad presenta. Para el atributo **fracturable** se encuentra que las muestras de Teotihuacán, Ixmiquilpan, Otumba y Tepetlaoxtoc son similares entre sí estadísticamente, sin embargo difieren de la muestra del MSJ. Este es un atributo que para estas muestras evaluadas presentó diferencia, no así para los frescos, lo que indica que el método de conservación modificó las características de textura de las muestras, encontrando más dura la muestra del MSJ lo que se relacionó con la fracturabilidad presentada por la muestra; también presentó el valor más alto para el atributo de **aguado**, en una escala que fue evaluada de aguado a duro, encontrando que esta muestra es la más dura en comparación con el resto de las muestras y que bien se puede relacionar con el atributo de fracturabilidad y con el de crujiente, ya que para que un alimento sea crujiente requiere tener cierta dureza y presentar sonido al masticar, en este atributo encontramos que la muestra del MSJ posee el valor más alto y difiere estadísticamente del resto de las muestras, las cuales son similares entre sí, confirmando la relación existente entre los atributos de fracturabilidad, dureza y crujiente. Para el atributo de **jugoso** se observa que las muestras de Teotihuacán e Ixmiquilpan son similares

estadísticamente, pero difieren del resto de las muestras, las cuales son similares entre sí, la muestra del MSJ es la que tiene el valor más bajo asignado por los jueces en comparación con el resto de las muestras, indicando que esta es la muestra menos jugosa por tanto más seca del resto. Los atributos donde no se encontró diferencia significativa son **pastoso, grasa, masticable y cáscara**, por tanto estos atributos no influyen para determinar diferencias entre las muestras.



Gráfica 12. Atributos de Apariencia y Textura en escamoles congelados. El orden va en contra de las manecillas del reloj comenzando por el atributo Bri

\*Bri-Brillante, MW-Suero lechoso, For-Forma, Hom-Homogéneo, Col-Color, Sm-Liso (Apariencia); Sm-Liso, Adh-Adhesividad, Pas-Pastoso, Oi-Grasa, Br-Fracturable, Che-Masticable, Wa-Aguado, Cr-Crujiente, FFP-Formación de película en paladar, Cre-Cremoso, Vis-Viscoso, Lum-Grumoso, Sh-Cáscara, Ju-Jugoso (Textura)



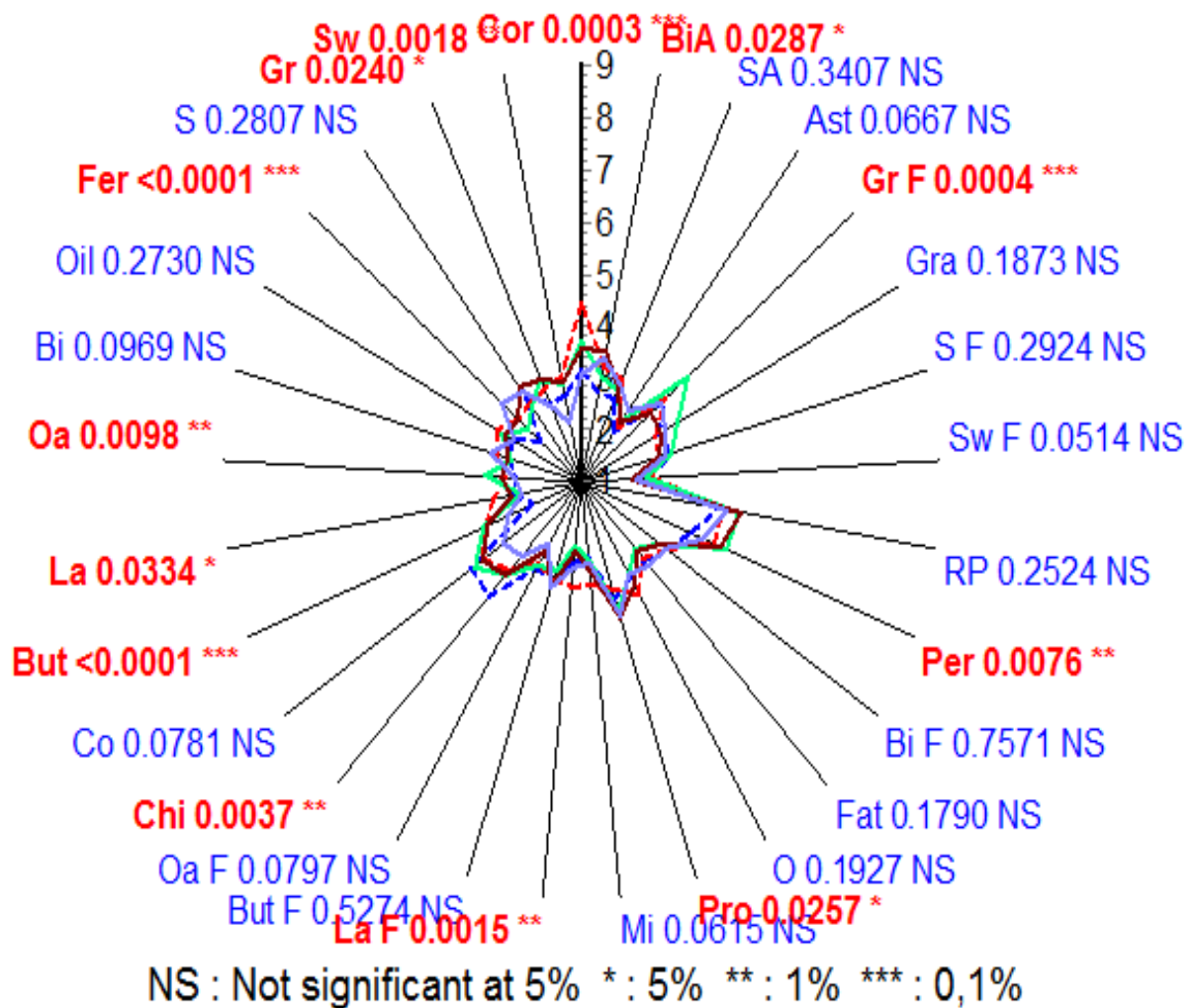
## ✓ Olor

La Gráfica 13 muestra un resumen del conjunto de atributos evaluados para olor y flavor; se observa que 7 de los 11 atributos de olor presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las 5 muestras de escamoles evaluadas, estos atributos son: **elote**, **dulce**, **tierra**, **fermentado**, **avena**, **manteca** y **mantequilla**. Para conocer que muestran eran diferentes se realizó el análisis de DMS (Tabla 23, Anexo 2) observándose que para el atributo **dulce** las muestras de Teotihuacán, MSJ, Ixmiquilpan y Otumba son iguales entre sí, pero difieren estadísticamente de la muestra de Tepetlaoxtoc, que además resultó ser la muestra que presentó la intensidad más baja para este atributo, el cual se relaciona con el de **fermentado**, ya que para este atributo la muestra que presentó el valor más alto correspondiente al de mayor intensidad es esta misma, por tanto se confirma lo mencionado anteriormente, donde el olor a fermentado se debe a que se llevaron a cabo reacciones de oxidación de carbohidratos presentes en los escamoles, por lo que disminuyó el olor a dulce procedente de estos carbohidratos, aumentando la intensidad en el atributo a fermentado; en cuanto al olor a **avena** la muestra de Ixmiquilpan es la que presenta el valor más alto de las 5 muestras evaluadas, teniendo una intensidad baja (3.15) para este olor. Para el olor a **mantequilla** se encuentra que las muestras de Ixmiquilpan, Teotihuacán y MSJ son iguales estadísticamente entre sí y difieren del resto de las muestras (Tepetlaoxtoc y Otumba), siendo la proveniente de Ixmiquilpan la que tiene el valor más alto; en el olor a **manteca** se observa que las muestras de Teotihuacán presentan una intensidad baja para este atributo (3), pero es el valor más alto. En el atributo a **tierra** se observa que las muestras de Ixmiquilpan, MSJ y Teotihuacán son similares estadísticamente, se encuentra que la muestra de Ixmiquilpan es la que presenta una intensidad mayor de este atributo con respecto a las demás indicando que se trata de la muestra a la cual no le aplicaron un buen tratamiento de lavado y se mantuvo con residuos de tierra del nido donde se extrajo. Para el resto de atributos como son: **salado**, **aceite**, **amargo** y **cocido** las muestras fueron estadísticamente similares.

## ✓ Flavor

Se observó que 6 de los 18 atributos evaluados de flavor presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). En la Tabla 24 (Anexo 2) se observa que para el atributo de **manteca** las muestras de Teotihuacán y Tepetlaoxtoc son similares entre sí, se aprecia

que la muestra con el valor más alto (Teotihuacán) es la que contiene una mayor concentración de ácidos grasos; en el flavor a **proteína** se puede ver que las muestras del MSJ y Teotihuacán son diferentes entre sí, siendo la muestra de Teotihuacán la que presenta una menor intensidad, esto debido quizá a la concentración de proteína que contengan los escamoles de esta región, probablemente mermada por el método de conservación, ya que las proteínas son los macronutrientes más susceptibles a los cambios ocasionados por diversos factores, en los que se encuentran la temperatura, el pH, la presencia de otros compuestos en el alimento con las que pudiera interactuar, etc. En el atributo **persistente** se encuentra que las muestras de Ixmiquilpan y Otumba difieren estadísticamente, dando la mayor sensación de persistencia la muestra de Ixmiquilpan, por lo cual, sea la muestra con la mayor cantidad de compuestos volátiles que influyen en la intensidad de esa sensación. Para el **resabio amargo** se observa que la muestra de Teotihuacán es similar estadísticamente al resto de las muestras, sin embargo, hay diferencia entre las muestras del MSJ y Otumba, siendo las que más y menor resabio amargo producen respectivamente. Por último para **tierra** la muestra de Ixmiquilpan es diferente estadísticamente al resto de las muestras evaluadas, además es la que mayor intensidad de este atributo presenta, confirmando lo mencionado para la parte de olor, que esta muestra fue la que menor limpieza recibió en comparación con las demás muestras, por lo que se quedó con residuos de tierra lo que propició a dar el mayor estímulo olfatorio y gustativo a los jueces, interpretándose como la muestra con la mayor intensidad de olor y flavor a tierra. El resto de atributos **avena, mantequilla, leche, aceitoso, grasa, amargo, percepción retronasal, dulce, salado, pasto, astringente y resabio salado** no presentaron diferencia significativa entre las 5 muestras evaluadas, lo que no quiere decir que no se haya modificado la estructura interna de cada muestra, si no que al estar a similares condiciones de tiempo y temperatura, se puede decir que se modificaron de igual forma todas las muestras en estos atributos.



Gráfica 13. Atributos de olor y flavor de escamoles frescos. LSD al 5%. El orden va en contra de las manecillas del reloj comenzando por Cor

\*Cor-Elote, Sw-Dulce, Gr-Tierra, S-Salado, Fer-Fermentado, Oil-Aceite, Bi-Amargo, Oa-Avena, La-Manteca, But-Mantequilla, Co-Cocido (Olor); Chi-Garbanzo, Oa-Avena, But-Mantequilla, La-Manteca, Mi-Leche, Pro-Proteína, O-Aceitoso, Fat-Grasa, Bi-Amargo, Per-Persistente, RP-Percepción retronasal, Sw-Dulce, S-Salado, Gra-Pasto, Gr-Tierra, Ast-Astringente, SA-Resabio salado, BiA-Resabio amargo (Flavor)

### 7.3.3 COMPARACIÓN ENTRE ESCAMOLES FRESCOS Y CONGELADOS

En las Gráficas 14 y 15 se observan las gráficas de araña de los 4 grupos de atributos evaluados en este proyecto, apariencia y textura, olor y flavor respectivamente, en las cuales se incluyen las 5 muestras evaluadas, tanto en fresco como almacenadas en congelación por el método de congelación lenta, esto para facilitar la comparación entre las muestras a diferente tiempo y almacenamiento; en donde se encuentra que para apariencia y textura (Gráfica 14) los 20 atributos evaluados presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) los 6 de apariencia y los 14 de textura por lo que se tratará de analizar cada atributo.

Una vez realizado el análisis de DMS (Tabla 25, Anexo 2) se observa que para el atributo de **brillante** las muestras frescas de Teotihuacán, Otumba e Ixmiquilpan son iguales estadísticamente, lo mismo para las muestras de Tepetlaoxtoc, MSJ y Teotihuacán congelada, por lo que se puede ver, para esta muestra la congelación no afectó la característica encontrada por los jueces de los escamoles de reflejar la luz, ya que el resto de muestras resultaron ser distintas a las mencionadas anteriormente y las cuales tienen valores más bajos que el resto de las muestras por lo cual tanto esas muestras resultaron ser las más afectadas por el método de congelación dañando la estructura interna, haciéndolas más opacas, siendo la muestra de Ixmiquilpan congelada la más opaca; para el **suero lechoso** se puede apreciar que solo las muestras de Teotihuacán y MSJ frescas son iguales entre sí, pero difieren del resto, teniendo además los valores más altos para este atributo, se esperaba que las muestras frescas estuvieran arriba de las muestras congeladas ya que el agua libre contenida en los mismos estaría intacta y una vez después de congelarlos esta disminuiría, ya que en la congelación existe una deshidratación progresiva de las células ocasionadas por la migración de agua hacia el exterior, como consecuencia de la diferencia de la presión de vapor de los cristales de hielo con respecto a la del interior de las células, siendo esta deshidratación irreversible al descongelar, y como el método empleado para la conservación de las muestras fue la congelación lenta, la deshidratación progresa hasta la extracción de toda el agua libre, quedando solamente el agua ligada dentro de la célula, razón por la cual todas las muestras congeladas deberían estar por debajo de las frescas, lo que no ocurrió para el caso de la muestra de Tepetlaoxtoc, ya que la muestra congelada posee un valor de 1.59 y las frescas de 1.37, sin embargo para esta muestra no se observó diferencia significativa, por lo que se dice que el método de congelación no afectó a la muestra, quizá debido a que la

muestra fresca no contenía mayor cantidad de agua libre, por lo que la extracción de esta misma en el método de congelación fue mínima, casi despreciable, por lo que en esta muestra no fue notorio ese cambio. Para el atributo de **forma**, en la Tabla 25 (Anexo 2) se observa que existe diferencia entre todas las muestras evaluadas, sin embargo, para la evaluación de este atributo se empleó una escala elaborada con los escamoles empleados, como se mencionó anteriormente (apartado de metodología), fue para facilitar la evaluación de este atributo utilizando referencias y hacerla lo más homogénea posible, por lo cual, observando la Figura 9 y basándose en los resultados de la tabla donde se encuentra que las muestras están en valores de entre 3.42 y 2.62, la forma que corresponde a estos es la de frijol, por tanto el método de conservación no afecta la forma física de los escamoles. Para el caso del atributo **homogéneo** la muestra del MSJ en fresco es la que difiere estadísticamente del resto de las muestras evaluadas, y además se observa que las únicas que resultaron ser diferentes a su contraparte congelada fueron las provenientes de Otumba y del MSJ, en este atributo se puede ver que las muestras congeladas poseen los valores más bajos, exceptuando las de Otumba, lo que quiere decir que en la escala empleada que iba de homogéneo a heterogéneo, las muestras congeladas se homogenizaron por acción de la congelación, lo que indica que superficialmente se modificaron aquellas muestras que eran lisas o con mayor contenido de agua, por lo que al transcurso del tiempo fueron equiparándose con el resto de los escamoles de esa misma muestra, por lo que si en fresco las muestras son heterogéneas es posible que al someterlas a congelación tomen similar apariencia haciéndose más homogéneas. En el atributo de **color** se observa que la única muestra que resultó ser diferente a su contraparte congelada fue la de Ixmiquilpan, sin embargo, como en este atributo también se utilizaron escamoles de diferentes colores como referencia (Figura 8) y de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede decir que las muestras de Ixmiquilpan y Teotihuacán congeladas tienen un valor cercano a 3 que en la escala empleada representa el color café claro, y el resto tienen valores cercanos a 4 correspondientes al color café poco tostado, se puede decir que las muestras a las cuales afectó el método de conservación y que fue perceptible para los jueces fueron las de Teotihuacán e Ixmiquilpan. Este atributo es de suma importancia ya que es un componente de calidad, debido a que se asocia con factores como madurez, agrado, calidad del alimento y frescura. Además de ser una consideración primaria de los consumidores al decidir sus compras (Tavera, 2007). El color aporta información por asociación sobre sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, además de modular las preferencias de los

consumidores (Escamilla, 2006). Para el atributo **liso** se encuentra que las muestras que resultaron ser diferentes por acción del método de conservación empleado son las del MSJ y Tepetlaoxtoc, se encontró para éstas que en fresco eran más lisas y después de someterlas a congelación, se hicieron más rugosas casi comparables al estándar que eran las avellanas, esto era de esperarse puesto que como se mencionó anteriormente, después de someter a las muestras a congelación lenta, sufrieron el fenómeno de deshidratación, ocasionando pérdida del agua libre, además cambio en la estructura superficial de los escamoles, similar al que sufren las uvas cuando se deshidratan para producir pasas.

#### ✓ **Textura**

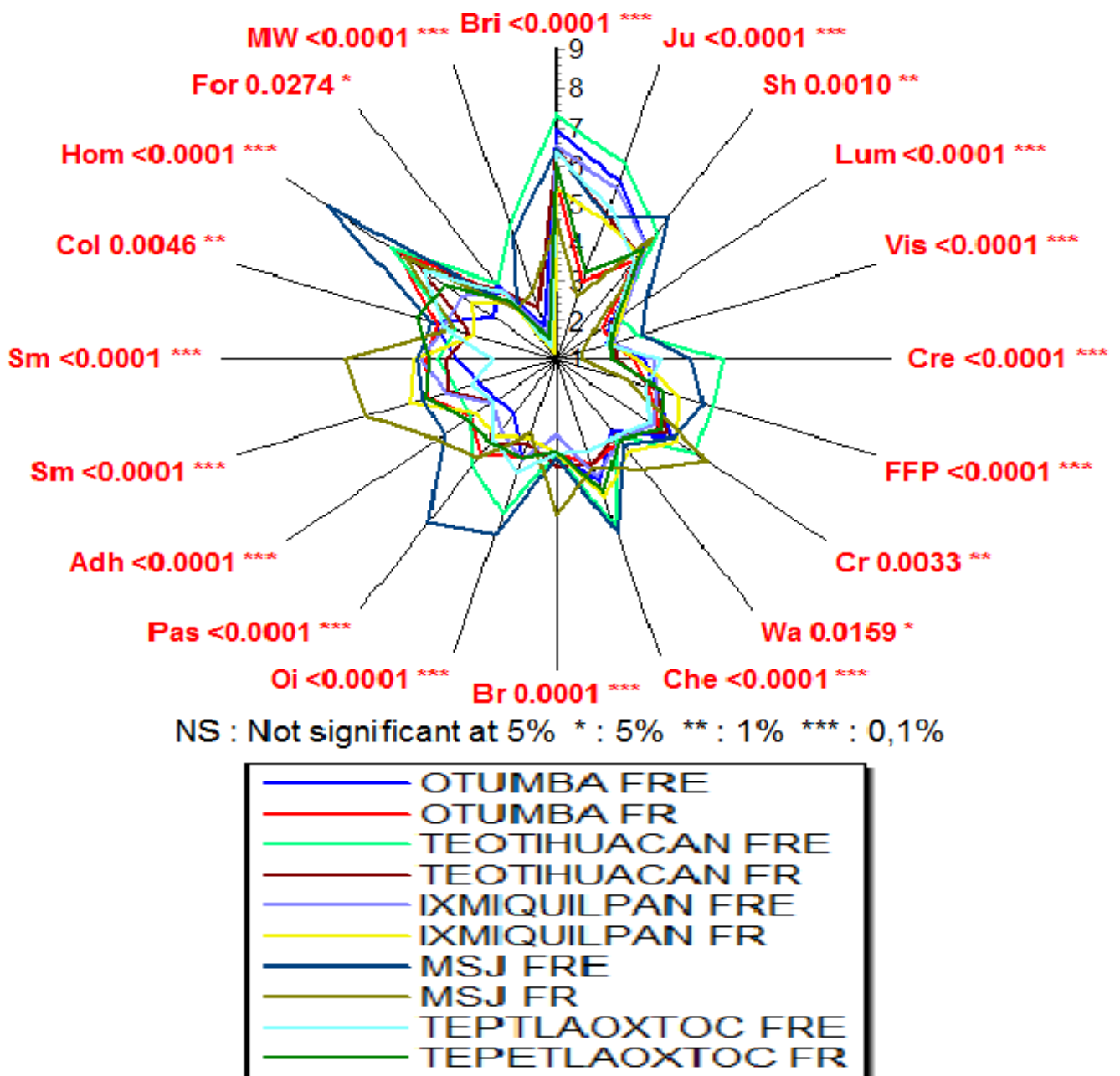
Como se mencionó en el análisis de los atributos de apariencia, todos los atributos presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) Gráfica 14, entre las 5 muestras de escamoles evaluadas tanto en fresco como congeladas. En la Tabla 26 (Anexo 2) se puede ver que para el atributo de **liso** las muestras que difieren estadísticamente entre frescas y congeladas son las de MSJ, Ixmiquilpan, Tepetlaoxtoc y Otumba, las cuales, de acuerdo a los valores obtenidos, se puede decir que son más rugosas las congeladas que las frescas, por lo tanto se puede confirmar que el método de congelación al deshidratar, ocasiona que éstas se vuelvan más rugosas existiendo cambios en la conformación estructural de los mismos por acción de la deshidratación, haciéndose visual y lingualmente perceptible. Para **adhesividad** las muestras que presentaron diferencia significativa y por tanto el método de conservación influyó, son las de Tepetlaoxtoc, las cuales se hicieron más adhesivas una vez congeladas, lo que indica que para éstas, el agua perdida fue considerable para ocasionar esa sensación, concentrándose quizá un poco más los ácidos grasos, que se ha visto son los responsables de dar esa sensación de adhesividad en la lengua; en **grasoso** se observa que las muestras que difieren estadísticamente en fresco y congelado son las del MSJ y Teotihuacán, las cuales en fresco fueron las que presentaron los valores más altos para este atributo, viéndose disminuido después de congelarlos, por lo cual recordemos que un alimento en congelación sufre descomposición de lípidos, desencadenando un conjunto de reacciones que ocasionan la transformación de ácidos grasos a otros compuestos, por lo cual esta textura percibida cuando estaban frescos ya no resultó ser similar después de congelados, este es uno de los atributos que se relacionan con el contenido de lípidos de los escamoles y como se menciona anteriormente de acuerdo a los resultados obtenidos, la composición de cada muestra

de escamoles evaluada en este proyecto es diferente por diversos motivos. En el atributo **fracturable** se encuentra que la muestra del MSJ fresca difiere estadísticamente de la misma congelada, además esta se encuentra con un valor más alto que la fresca, lo mismo ocurre para el resto de las muestras excepto la de Tepetlaoxtoc; el resto no resultó ser diferentes en fresco o congelado, sin embargo, los valores de las muestras congeladas para este atributo son más altos a los de las frescas, por lo que se puede decir que son más fracturables por acción de la congelación, que claramente ocasionó un cambio estructural en las muestras de escamoles haciéndolas más duras, ya que después de haberlas congelado, en el interior de la célula se forman cristales de hielo, los cuales pudieron no haberse descongelado, ocasionando que las muestras pudieran ser reducidas a porciones más pequeñas, haciéndose perceptiblemente más fracturables para los jueces después de congelarlas, este atributo está indirectamente relacionado con el de masticabilidad, ya que éste se refiere a la facilidad que presenta la muestra al ser masticada para poder deglutirla, es decir, se refiere al número de veces que hay que masticar para poder deglutir la muestra, por lo que si una muestra es fracturable se requerirá de menor masticabilidad para deglutirla y viceversa, si la muestra es menos fracturable, entonces se requerirá una mayor masticabilidad para poder deglutirla, por lo que en el atributo de **masticabilidad** se encuentra a las muestras frescas con los valores más altos y a las congeladas con los más bajos, por lo que se mencionó, las congeladas presentan una mayor fracturabilidad por tanto menor masticabilidad y las frescas una mayor masticabilidad y por tanto una menor fracturabilidad. Las muestras que resultaron ser diferentes estadísticamente son las del MSJ, Tepetlaoxtoc y Teotihuacán. Para el atributo **aguado** se puede apreciar que la única muestra que presentó diferencia después de haber sido congelada es la del MSJ, la cual después de congelar resultó ser la más dura en comparación con el resto, ya que presenta el valor más alto en la escala, como se esperaba, puesto que después de congelar el agua presente cambia de estado de agregación pasando al sólido y por tanto haciendo más dura la muestra, a pesar de que se descongeló y se coció para poder evaluarla, con los resultados obtenidos se puede decir que las muestras no se descongelaron completamente, puesto que la transmisión de calor externa resulta más difícil a medida que progresa la descongelación del alimento, ya que la conductividad térmica del agua en estado líquido es menor que en estado sólido (Magaña, 2010), por lo tanto las muestras congeladas están con una mayor dureza que las frescas. Lo mismo para el atributo de **crujiente**, ya que las muestras al estar más duras presentan ese sonido característico

a un alimento cuando se dice que es crujiente, aquí se observa que la muestra que presentó diferencias en fresco con respecto a la congelación es la del MSJ, siendo la congelada la que presenta mayor intensidad de este atributo estando cercano a la referencia que en este caso era el queso amarillo. En cuanto a la **formación de película en paladar** se observa que las muestras que presentaron diferencia significativa entre la misma fresca y congelada son las de Teotihuacán y del MSJ, en las cuales el método de congelación afectó la apreciación de este atributo para los jueces, por lo que se puede decir que como este atributo está relacionado con la sensación grasa que deja la muestra en el paladar, la congelación disminuyó considerablemente la concentración de grasa que pudiera tener cada una de las muestras a tal grado que cuando se realizara el análisis de la diferencia de mínimos cuadrados, las muestras fueran diferentes entre sí, a pesar que solo son dos muestras las que si presentaron diferencias después de congelarlas, la tendencia que se observa es que las muestras congeladas presentan la intensidad menor para este atributo, mientras que las frescas la mayor intensidad; en el atributo de **cremoso** se observa la misma tendencia las muestras frescas presentan la mayor intensidad mientras que las congeladas la menor, por lo que se puede decir que este atributo y la formación de película en paladar se relacionan directamente entre ellos y además en el contenido de lípidos que las muestras de escamoles puedan contener y que por esa razón son tan variables, y después de la congelación, los lípidos sufran reacciones de degradación por lo cual la concentración de los mismos disminuye; para este atributo las muestras que difieren estadísticamente son las de Teotihuacán, MSJ y Tepetlaoxtoc. En el atributo de **viscoso** se aprecia que las muestras del MSJ y Teotihuacán presentan diferencias estadísticamente entre sí y entre las mismas congeladas, viéndose modificado este atributo después de someterlas a congelación, y que de acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que puede presentar relación con los atributos de cremoso, FPP y grasoso, ya que para estos atributos estas dos muestras son las que se encuentran con los valores más altos y que se puede relacionar con el contenido lipídico de los escamoles; en el atributo **grumoso** se puede observar que la muestra que presenta diferencias estadísticas consigo mismas después de congelarlas es la del MSJ, donde se aprecia que la muestra en fresco es la que presenta el valor más alto para este atributo y la misma congelada la menor con respecto al resto de muestras, esto indica que el método de congelación afectó de una manera significativa puesto que quizá era la muestra que no se tenía una seguridad de que fuera fresca desde el principio ya que se consiguió en un establecimiento del Mercado de San Juan, no



garantizando la frescura total de los mismos, esta muestra puede ser la más afectada por la congelación ya que al ser ésta lenta, se forman grandes cristales de hielo aumentando los espacios extracelulares, mientras que las células plasmolizadas disminuyen considerablemente su volumen. Este desplazamiento de agua y la acción mecánica de los cristales de hielo sobre las paredes celulares provocan afectaciones en la textura y dan lugar a la aparición de exudados durante la descongelación (Magaña, 2010). En cuanto a **cáscara** la única muestra que presentó diferencia consigo misma fresca y congelada fue la de Teotihuacán, en este atributo se aprecia la misma tendencia que el atributo anterior (grumoso), por lo que se pueden relacionar entre sí y que las muestras frescas se encuentran con valores más altos lo que indica una mayor intensidad para este atributo, quiere decir que la congelación afecta el tejido del alimento lo que provoca que éste no se detecte al masticar como cuando estaban frescos, lo que quizá tenga que ver con la deshidratación sufrida por el alimento. Por último para el atributo **jugoso** definido por los jueces como la presencia o liberación de líquido después de masticar la muestra se observa la tendencia esperada, las muestras frescas presentan el valor más alto, es decir, la mayor intensidad para este atributo, siendo la muestra de Teotihuacán la más jugosa y la muestra del MSJ la más seca del resto, para este atributo se encuentra que todas las muestras difieren estadísticamente consigo mismas frescas y congeladas, confirmándonos la afectación causada por el método de congelación y que incide directamente con el agua presente en las muestras, causando una deshidratación significativa, tanto que fue perceptible para los jueces y para todas las muestras. Por tanto este atributo resulta determinante para aseverar que el método empleado para la conservación de las diferentes muestras de escamoles causó daños irreversibles y que impactaron en las características iniciales de las muestras.



Gráfica 14. Atributos de Apariencia y Textura de la comparación de escamoles frescos (FRE) y congelados (FR). Empleando prueba LSD al 5%. El orden va en contra de las manecillas del reloj comenzando por el atributo Bri

\*Bri-Brillante, MW-Suero lechoso, For-Forma, Hom-Homogéneo, Col-Color, Sm-Liso (Apariencia); Sm-Liso, Adh-Adhesividad, Pas-Pastoso, Oi-Grasa, Br-Fracturable, Che-Masticable, Wa-Aguado, Cr-Crujiente, FFP-Formación de película en paladar, Cre-Cremoso, Vis-Viscoso, Lum-Grumoso, Sh-Cáscara, Ju-Jugoso (Textura)

✓ Olor

En la Gráfica 15 se puede observar la representación de los resultados de los grupos de atributos evaluados, siendo éstos de olor y flavor. Se aprecia que para olor 11 de los

11 atributos evaluados presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las 5 muestras de escamoles evaluadas tanto en fresco como congeladas. En la Tabla 27 (Anexo 2) se observa que para el olor a **elote** las muestras de Teotihuacán e Ixmiquilpan difieren consigo mismas después de la congelación, siendo las congeladas las que presentaron una mayor intensidad para este atributo y sus contrapartes frescas las que menor intensidad presentan, la tendencia que se marca es que las muestras congeladas son las que presentaron la mayor intensidad a este olor mientras que las frescas las que menos olían a elote, por lo que el método de congelación afecta este atributo provocando que el olor a elote se haga más intenso con respecto a las muestras frescas. En el olor **dulce a cebolla caramelizada** se observa que solamente la muestra de Teotihuacán es la que presenta diferencia significativa consigo misma en fresco y congelado, teniendo la mayor intensidad la muestra que estuvo en congelación que en fresco, esto se puede deber a que en el almacenamiento se pudieron concentrar sustancias volátiles, por lo cual, al evaluar después del almacenamiento se percibió una mayor intensidad de los mismos. En el olor a **tierra** se observa que la muestra con la mayor intensidad de éste es la del MSJ seguida de la de Ixmiquilpan, sin embargo, el método de conservación no influyó de una manera considerable, puesto que no hay diferencia entre ninguna de las muestras en fresco y en congelado, por lo que este atributo no se ve afectado por el método de conservación empleado. En el olor **salado** se aprecia que la muestra de Otumba es la única que se vio afectada por el método de conservación, encontrando la muestra fresca con una intensidad mayor de este atributo con respecto a la misma congelada, lo que indica que al haber existido una migración de agua, también hubo una migración de compuestos minerales, ocasionando que la concentración de los mismos disminuyera, afectando el olor, esto se puede confirmar con los resultados de la evaluación de flavor. El olor a **fermentado** indica una tendencia esperada, esto es que las muestras después de haber sido almacenadas en congelación, presentarán una mayor intensidad de este olor con respecto a sus contrapartes frescas, esto por la razón de que los componentes de los alimentos sufren reacciones químicas, las cuales, pueden producir otros compuestos que pueden dar paso en este caso a olores característicos a la fermentación, o lo que es lo mismo que se llevaran a cabo reacciones de oxidación, puntualmente de carbohidratos ocasionando que esta nota fuera perceptible para los jueces, sin embargo, no existe diferencia estadística entre las muestras de escamoles evaluadas tanto en fresco como congeladas. En cuanto al olor a **aceite** se observa que las muestras de Tepetlaoxtoc, Teotihuacán, Ixmiquilpan y MSJ presentaron diferencias consigo mismas en fresco y

congelado, por lo que se puede decir que el método de conservación afectó este atributo, se logra apreciar que la tendencia es similar que para el olor a dulce y elote, donde se observa que la intensidad de cada olor es mayor para las muestras congeladas que para las frescas. **La nota amarga a café** presenta una similar tendencia que los anteriores atributos a excepción de la muestra de Tepetlaoxtoc, la cual presenta una mayor intensidad respecto a las demás muestras y respecto consigo misma después de congelarla, sin embargo, de acuerdo al DMS no existe diferencia significativa entre ésta muestra, por lo cual no se vio afectada por el método de conservación, como fue el caso para el resto de las muestras que resultaron ser similares estando frescas y congeladas. El olor a **avena** presenta una afectación por el método de conservación, además de que para éste atributo ya no se observa la misma tendencia que para los anteriores, sino que las muestras frescas presentan la más alta intensidad y las congeladas baja, siendo las muestras de Otumba, Tepetlaoxtoc e Ixmiquilpan diferentes a sus contrapartes congeladas, lo que nos podría indicar que el compuesto encargado de dar la nota a avena contenido en los escamoles se volatilizó en la congelación disminuyendo su intensidad que resultó ser apreciable para los jueces; en cuanto a los olores a **manteca** y **mantequilla** se aprecia que las muestras congeladas presentan los valores más altos con respecto a las frescas exceptuando Tepetlaoxtoc y Otumba respectivamente, ya que fueron las muestras que en fresco presentaron una intensidad mayor que las mismas congeladas, de hecho presentan la mayor intensidad con respecto al resto de las muestras, esto era lo que se esperaba, ya que como ocurrió para el olor a fermentado que se debió a la oxidación de carbohidratos, también se esperaba la oxidación de lípidos, produciendo otros compuestos, sin embargo para el olor no resulta tan determinante como para flavor, así que se comprobará en el análisis de estos atributos pero evaluados en el flavor de los escamoles. Por último para el atributo **cocido** se observa una muy marcada tendencia entre las muestras frescas con respecto de las congeladas, ya que como se aprecia en la Tabla 27 (Anexo 2) las cinco muestras frescas se encuentran con valores más altos que las congeladas, lo que indica que las muestras al estar congeladas requieren de un mayor tiempo de cocción que las frescas para que las mismas se descongelen lo más uniformemente posible, ya que cabe señalar, las muestras tanto frescas como congeladas fueron sometidas al mismo tiempo de cocción para su posterior evaluación; para éste atributo se encuentra que las muestras que presentaron diferencias estadísticas con sus respectivas contrapartes congeladas son las de Otumba, MSJ, Teotihuacán y Tepetlaoxtoc.

## ✓ Flavor

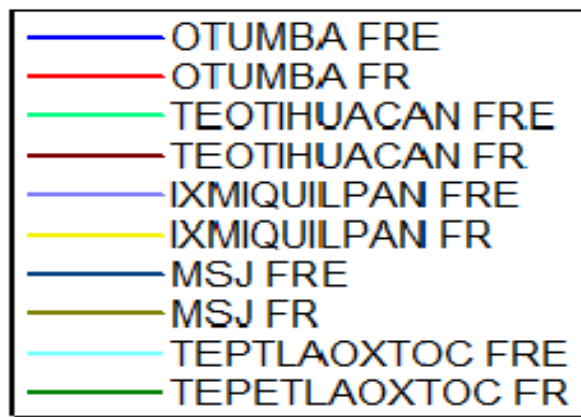
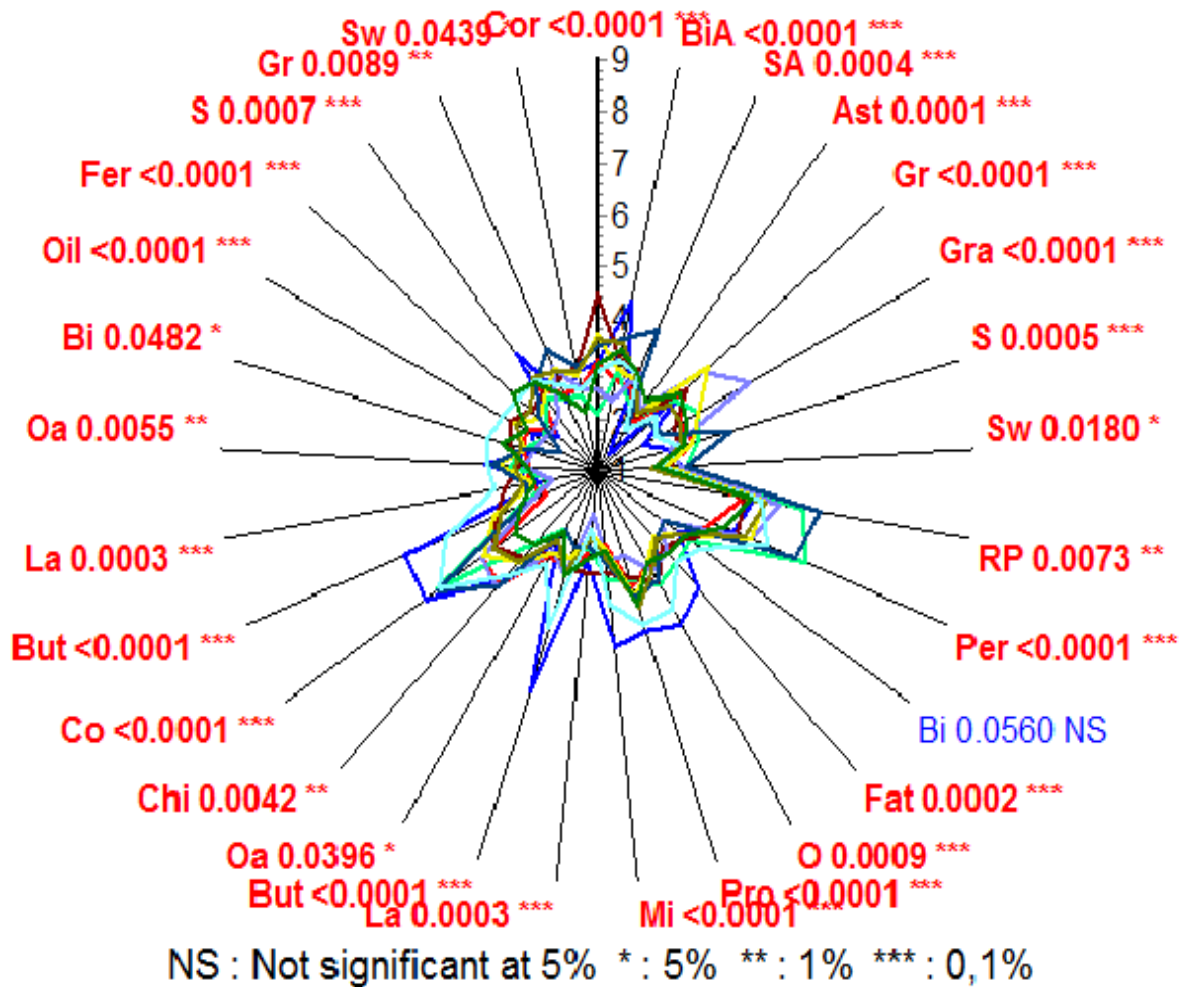
Se observa que 17 de los 18 atributos evaluados presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Después de realizar el análisis de mínimos cuadrados se conoció entre que muestras existía dicha diferencia (Tabla 28, Anexo 2) observándose que para el flavor a **garbanzo** la única muestra que presentó diferencia en fresco y congelada fue la de Tepetlaoxtoc, en fresco presenta una mayor intensidad que en congelado, que fue similar para el resto de muestras, las cuales presentaron una mayor intensidad en fresco que congeladas, sin embargo, esto no aplica para la muestra de Teotihuacán la cual congelada presentó una mayor intensidad que en fresco, pero el DMS indica que no existe diferencia significativa entre las mismas por lo que no podemos decir que influye el método de conservación en este atributo. El flavor a **avena** señala que la muestra que presentó diferencia estadística entre fresca y congelada fue la de Tepetlaoxtoc, la cual en fresco se encontró que tenía la mayor intensidad percibida por los jueces, sin embargo, para el resto de muestras no fue así, ya que las muestras en congelación presentaron los valores más altos que las frescas, lo que se puede relacionar con el olor de este mismo atributo, ya que presentan la misma tendencia, por lo que se puede decir que la congelación en el resto de muestras concentra el compuesto que da las notas características al olor y flavor a avena. Para los atributos de **mantequilla** y **manteca** se observa que para el primero las muestras que difieren consigo mismas en fresco y congelado y por tanto el método de conservación influyó, son las de Otumba y Tepetlaoxtoc, las cuales además presentan los valores más altos correspondientes a la máxima intensidad con respecto al resto de las muestras, indicando así que en la congelación hubo degradación de lípidos y ácidos grasos ocasionando una disminución de los mismos lo suficientemente significativa para poder ser percibida por los jueces, quedando de manifiesto que además cada una de las diferentes muestras de escamoles poseen intensidades diferentes de flavor a mantequilla y manteca lo que se puede traducir como que contienen cantidades distintas de lípidos y ácidos grasos, lo cual queda de manifiesto al ver estudios fisicoquímicos realizados en escamoles procedentes de diferentes regiones del país, que presentan diferentes cantidades de macro y micronutrientes, por lo que también esperaríamos cambios perceptibles en cuanto a la parte sensorial de los mismos. Y para **manteca** las muestras que difieren en cuanto a frescas y congeladas son las de Teotihuacán y Tepetlaoxtoc. En el flavor a **leche** se encuentra que las muestras que difieren consigo mismas en fresco y congelado son las de Otumba y Tepetlaoxtoc, en

las que se puede decir el método de conservación afectó la presencia de este atributo en estas muestras de manera significativa, sin embargo, al observar el resto de resultados se aprecia que existe una marcada tendencia en cuanto al método de conservación y la intensidad percibida por los jueces para este atributo, siendo las muestras frescas las que presentan los valores más altos, es decir, el flavor a **leche** es más intenso en las muestras frescas que congeladas, lo que podría atribuirse de nuevo a la oxidación de carbohidratos y por tanto a la disminución de la concentración de lactosa que pudo ser detectado por los jueces dando notas a leche y que disminuyó después de conservarlos. En el flavor a **proteína** se observa la misma tendencia, la muestra fresca de Otumba es la de mayor intensidad que el resto de las muestras y presenta diferencia estadística consigo misma congelada, por lo que se puede decir que en el tiempo que estuvo en conservación se llevaron a cabo reacciones de degradación de proteínas ocasionando que disminuyera su concentración en la muestra y por tanto se viera reducida la intensidad del flavor a proteína. Para los atributos de **aceitoso** y **grasa** se observa que las muestras frescas tienen los valores más altos con respecto al resto de las muestras congeladas, lo que indica que la intensidad de dichos atributos está ligada con la frescura del producto; se encuentra que las muestras de Otumba y Tepetlaoxtoc presentan diferencias significativas con sus respectivas muestras congeladas, para el caso de aceitoso y grasa solo la muestra de Otumba resultó ser diferente estadísticamente en fresco y congelada. En conjunto los atributos de **manteca**, **mantequilla**, **aceitoso** y **grasa** nos confirman que es variable la concentración de lípidos y ácidos grasos en cada una de las muestras evaluadas, por lo que basándonos en los resultados obtenidos y en los valores asignados a las muestras por parte del grupo de jueces entrenados se puede decir que la muestra que contiene la mayor concentración de ácidos grasos y lípidos es la proveniente de Otumba. En cuanto a la **persistencia** se puede ver que las muestras frescas son más persistentes que las congeladas, lo que nos indica claramente que el método de congelación afecta directamente este atributo ocasionando modificaciones en los compuestos de los escamoles, encontrando para las muestras de Teotihuacán, MSJ y Tepetlaoxtoc diferencia entre frescos y congelados, siendo los de Teotihuacán los más persistentes y los de Otumba congelados los que menor intensidad presentan. Donde se observa la misma tendencia es en el atributo de **percepción retronasal**, donde se observa que las muestras del MSJ y Teotihuacán son las de mayor intensidad para éste atributo, se esperaba que también existiera diferencia en la de Tepetlaoxtoc ya que éste atributo está relacionado con el anterior, sin embargo, se encontró que no era

significativamente perceptible el cambio entre la muestra en fresco y congelada, pero se puede ver que el valor en fresco supera en intensidad a la muestra congelada, encontrando más compuestos volátiles involucrados en dar esta sensación que en las muestras sometidas a congelación. En el atributo **dulce** se puede confirmar lo propuesto anteriormente en los atributos de olor, ya que se observa la marcada tendencia de las muestras frescas tener una mayor intensidad que las congeladas, lo que es un indicativo de que los carbohidratos presentes en los escamoles además de estar en diferentes proporciones, sufren reacciones de oxidación o deterioro, razón por la cual la intensidad de este atributo se ve disminuida tanto para flavor como para olor, y al mismo tiempo la intensidad del olor a **fermentado** se ve aumentada para las muestras congeladas. La muestra que resultó ser diferente en fresco y congelado son las del MSJ. Para **salado** también la muestra del MSJ es diferente en fresco y congelado, además se observa que ésta es la que mayor intensidad presenta estando frescas y ya para después de la congelación disminuye, por lo que al haber una migración de agua, con ella puede existir una migración de minerales ocasionando la reducción de este atributo después de conservarlos. El flavor a **pasto** indica que las muestras de Ixmiquilpan y Otumba son las que presentaron diferencia estadística en fresco y congelado, donde encontramos dos casos contrarios, ya que para la muestra de Ixmiquilpan la muestra en fresco es la que presenta una mayor intensidad de flavor a pasto y la de Otumba congelada es la que presenta la mayor intensidad de este atributo con respecto a sí misma fresca, por lo que se puede decir que para este atributo el método de conservación no afectó a las muestras para que este cambio se apreciara con este atributo. Para el atributo a **tierra** la única muestra que se aprecia afectó la congelación es la de Tepetlaoxtoc, siendo la congelada la que mayor intensidad de atributo presenta y la fresca la menor, y así como ésta, en el resto de muestras se aprecia que las congeladas presentan la mayor intensidad con respecto a las frescas, sin embargo, esto no es significativo, se puede decir que la congelación concentró la intensidad de éste atributo percibiéndose así por los jueces. En cuanto a la **astringencia** se observa que las muestras de Tepetlaoxtoc y Otumba difieren estadísticamente entre frescas y congeladas, en ambas las muestras congeladas son las de mayor intensidad con respecto a sí mismas frescas. Para el **resabio salado** se aprecia que la única muestra a la cual afectó la congelación fue la del MSJ, la cual en fresco es la muestra que deja un mayor resabio salado que el resto de las muestras, no se observa una tendencia clara como en el resto de atributos, por lo que no es posible determinar si realmente el método de conservación se relaciona con la percepción de

éste atributo. En el **resabio amargo** se puede observar que las muestras de Otumba e Ixmiquilpan son diferentes estadísticamente en fresco y congelado, sin embargo no se observa una tendencia clara ya que mientras la muestra de Otumba es la de mayor intensidad en fresco que en congelado, la de Ixmiquilpan presenta la mayor intensidad en congelado que en fresco, razón por la cual se puede decir que la conservación por el método de congelación empleado no afecta a este atributo. Por último el único atributo que no presentó diferencia estadística entre ninguna de las muestras evaluadas es el **amargo**; se esperaba que las muestras presentaran diferencia en fresco y congelado, ya que como se mencionó anteriormente, este atributo está relacionado con el contenido de aminoácidos causantes de dar el gusto amargo a los alimentos de acuerdo al valor de hidrofobicidad media que presenten, sin embargo, no fue significativamente perceptible por los jueces por lo que no se ve afectado por el método de conservación empleado.





Gráfica 15. Atributos de olor y flavor de escamoles frescos (FRE) y congelados (FR). El orden va en contra de las manecillas del reloj comenzando por Cor

\*Cor-Elote, Sw-Dulce, Gr-Tierra, S-Salado, Fer-Fermentado, Oil-Aceite, Bi-Amargo, Oa-Avena, La-Manteca, But-Mantequilla, Co-Cocido (Olor); Chi-Garbanzo, Oa-Avena, But-Mantequilla, La-Manteca, Mi-Leche, Pro-Proteína, O-Aceitoso, Fat-Grasa, Bi-Amargo, Per-Persistente, RP-Percepción retronasal, Sw-Dulce, S-Salado, Gra-Pasto, Gr-Tierra, Ast-Astringente, SA-Resabio salado, BiA-Resabio amargo (Flavor)

Para observar el efecto del almacenamiento en refrigeración, se realizó una t-student a un nivel de probabilidad del 5% comparando los resultados de las muestras frescas y congeladas atributo por atributo. Los resultados se muestran en las Tablas 29 (apariciencia y textura) y 30 (olor y flavor).

**Tabla 29. Resultados de la t-student realizada en cada par de muestras en fresco y congelado atributos apariciencia y textura**

	Atributos	Otumba frescos vs congelados		Teotihuacán frescos vs congelados		Ixmiquilpan frescos vs congelados		MSJ frescos vs congelados		Tepetlaoxtoc frescos vs congelados	
		Comp. T	Probabilidad	Comp. T	Probabilidad	Comp. T	Probabilidad	Comp. T	Probabilidad	Comp. T	Probabilidad
Apariencia	Bri	2.99	<b>0.0151 *</b>	3.02	<b>0.0146 *</b>	2.03	0.0724	4.51	<b>0.0015 **</b>	0.79	0.4507
	MW	3.27	<b>0.0096 **</b>	5.62	<b>0.0003***</b>	5.02	<b>0.0007***</b>	5.99	<b>0.0002***</b>	1.68	0.127
	For	1.99	0.0777	1.23	0.2485	1.42	0.1903	0.07	0.9427	0.8	0.4467
	Hom	5.02	<b>0.0007***</b>	1.13	0.2894	0.67	0.5212	4.91	<b>0.0008***</b>	0.99	0.3465
	Col	0.32	0.7562	1.01	0.3403	2.97	<b>0.0157 *</b>	1.42	0.1893	1.32	0.2194
	Sm	2.03	0.0729	0.64	0.5402	0.4	0.6964	2.4	<b>0.0399 *</b>	5.99	<b>0.0002***</b>
Textura	Sm	2.99	<b>0.0153 *</b>	0.68	0.5148	1.78	0.1082	2.25	0.0507	2.5	<b>0.0341 *</b>
	Adh	2.06	0.0699	2.51	<b>0.0336 *</b>	1.13	0.2879	0.43	0.6808	1.83	0.1009
	Pas	5.02	<b>0.0007***</b>	1.78	0.1089	0.59	0.5721	3.33	<b>0.0088 **</b>	0.23	0.8256
	Oi	0.06	0.9541	4.13	<b>0.0026 **</b>	1.34	0.2126	5.04	<b>0.0007***</b>	0.85	0.4156
	Br	0.04	0.9661	0.84	0.422	1.13	0.2869	4.19	<b>0.0023 **</b>	0.12	0.9108
	Che	1.03	0.3282	4.29	<b>0.0020 **</b>	0.91	0.3887	3.11	<b>0.0125 *</b>	1.6	0.1433
	Wa	0.83	0.4255	0.03	0.9779	1.54	0.1575	1.96	0.0818	0.44	0.6679
	Cr	1.05	0.3215	2.25	0.0508	1.44	0.1847	1.93	0.0863	1.01	0.3405
	FFP	0.54	0.6036	3.12	<b>0.0123 *</b>	1.54	0.1571	4.58	<b>0.0013 **</b>	1.56	0.1524
	Cre	0.83	0.4272	5.45	<b>0.0004***</b>	0.86	0.4136	7.45	<b>&lt;0.0001***</b>	3.96	<b>0.0033 **</b>
	Vis	0.6	0.565	2.74	<b>0.0228 *</b>	0.28	0.7871	4.77	<b>0.0010 **</b>	0.41	0.693
	Lum	0.76	0.4659	0.6	0.5621	0.16	0.8791	4.79	<b>0.0010***</b>	0.24	0.8186
	Sh	1.62	0.1393	2.15	0.0602	0.97	0.3585	1.48	0.1731	1.24	0.2464
Ju	6.98	<b>&lt;0.0001***</b>	2.29	<b>0.0477 *</b>	2.13	0.0616	4.66	<b>0.0012 **</b>	3.96	<b>0.0033 **</b>	

\*Bri-Brillante, MW-Suero lechoso, For-Forma, Hom-Homogéneo, Col-Color, Sm-Liso (Apariencia); Sm-Liso, Adh-Adhesividad, Pas-Pastoso, Oi-Grasa, Br-Fracturable, Che-Masticable, Wa-Aguado, Cr-Crujiente, FFP-Formación de película en paladar, Cre-Cremoso, Vis-Viscoso, Lum-Grumoso, Sh-Cáscara, Ju-Jugoso (Textura)

**Tabla 30. Resultados de la t-student realizada en cada par de muestras en fresco y congelado atributos olor y flavor**

	Atributos	Otumba frescos vs congelados		Teotihuacán frescos vs congelados		Ixmiquilpan frescos vs congelados		MSJ frescos vs congelados		Tepetlaoxtoc frescos vs congelados	
		Comp. T	Probabilidad	Comp. T	Probabilidad	Comp. T	Probabilidad	Comp. T	Probabilidad	Comp. T	Probabilidad
Olor	Cor	0.19	0.8528	10.29	< <b>0.0001</b> ***	3.38	<b>0.0081</b> **	0.38	0.7134	0.55	0.5935
	Sw	0.69	0.5077	1.84	0.0994	0.91	0.3841	0.24	0.8182	2.61	<b>0.0283</b> *
	Gr	0.58	0.5785	1.21	0.2571	0.23	0.8259	1.34	0.2128	0.81	0.4392
	S	4.82	<b>0.0009</b> ***	0.42	0.6816	1.39	0.1991	0.47	0.6522	0.11	0.9179
	Fer	0.71	0.4943	2.02	0.074	1.92	0.0872	0.44	0.6735	0.42	0.682
	Oil	0.44	0.6691	2.64	<b>0.0270</b> *	1.93	0.0852	4.69	<b>0.0011</b> **	2.03	0.0726
	Bi	1.19	0.2646	0.9	0.3927	0.54	0.6032	0.26	0.7997	0.74	0.478
	Oa	4.41	<b>0.0017</b> **	0.52	0.6151	1.59	0.1462	1.49	0.1708	3.94	<b>0.0034</b> **
	La	1.08	0.3082	3.26	<b>0.0098</b> **	1.57	0.1508	0.15	0.8861	2.66	<b>0.0262</b> *
	But	20.52	< <b>0.0001</b> ***	1.56	0.1533	1.89	0.0915	1.62	0.1391	6.82	< <b>0.0001</b> ***
Co	3.28	<b>0.0095</b> **	2.7	<b>0.0244</b> *	0.3	0.773	2.05	0.0704	5.21	<b>0.0006</b> ***	
Flavor	Chi	0.27	0.7923	1.36	0.2082	1.5	0.1682	1.3	0.2247	2.07	0.0679
	Oa	0.99	0.3465	1.6	0.1432	0.18	0.8605	0.78	0.4562	3.07	<b>0.0134</b> *
	But	10.12	< <b>0.0001</b> ***	2.19	0.0561	1.22	0.2523	1.76	0.113	4.79	<b>0.0010</b> ***
	La	0.98	0.3538	1.5	0.1675	5.77	<b>0.0003</b> ***	0.43	0.6803	2.14	0.061
	Mi	7.38	< <b>0.0001</b> ***	0.56	0.5914	0.76	0.4659	0.19	0.8513	3.44	<b>0.0073</b> **
	Pro	8.44	< <b>0.0001</b> ***	0.16	0.8767	2.42	<b>0.0385</b> *	0.95	0.3657	1.25	0.242
	O	3.66	<b>0.0052</b> **	0.19	0.8571	0.6	0.5663	0.45	0.664	4.75	<b>0.0010</b> **
	Fat	3.67	<b>0.0052</b> **	0.98	0.353	1.35	0.2085	0.01	0.9947	0.86	0.4141
	Bi	1.33	0.2155	0.29	0.7753	1.52	0.1624	1.22	0.2531	1	0.3414
	Per	1.07	0.3142	3.39	<b>0.0080</b> **	0.01	0.9894	3.02	<b>0.0144</b> *	2.35	<b>0.0431</b> *
	RP	0.41	0.6904	2.34	<b>0.0439</b> *	1.08	0.3067	2.13	0.0623	0.67	0.5167
	Sw	1.17	0.2713	0.92	0.3803	1.45	0.1823	3.47	<b>0.0070</b> **	0.46	0.6564
	S	1.47	0.1753	1.12	0.2907	2.52	<b>0.0325</b> *	2.96	<b>0.0159</b> *	0.27	0.7926
	Gra	4.73	<b>0.0011</b> **	2.08	0.0678	3.68	<b>0.0050</b> **	1.68	0.1275	2.7	<b>0.0243</b> *
	Gr	0.56	0.591	1.2	0.2622	0.29	0.7752	3.06	<b>0.0136</b> *	1.68	0.1274
	Ast	3.95	<b>0.0033</b> **	0.1	0.9256	0.33	0.7516	1.35	0.2103	2.54	<b>0.0316</b> *
SA	0.83	0.4254	1.7	0.123	0.82	0.4342	2.31	<b>0.0465</b> *	0.01	0.9898	
BiA	4.79	<b>0.0010</b> ***	0.86	0.4127	2.16	0.0586	0.22	0.8271	1.03	0.3303	

\*Cor-Elote, Sw-Dulce, Gr-Tierra, S-Salado, Fer-Fermentado, Oil-Aceite, Bi-Amargo, Oa-Avena, La-Manteca, But-Mantequilla, Co-Cocido (Olor); Chi-Garbanzo, Oa-Avena, But-Mantequilla, La-Manteca, Mi-Leche, Pro-Proteína, O-Aceitoso, Fat-Grasa, Bi-Amargo, Per-Persistente, RP-Percepción retronasal, Sw-Dulce, S-Salado, Gra-Pasto, Gr-Tierra, Ast-Astringente, SA-Resabio salado, BiA-Resabio amargo (Flavor)

Como se puede observar en la Tabla 29 para los atributos de apariencia y textura las muestras a las que más les afectó el almacenamiento en congelación son las de Teotihuacán y las del mercado de San Juan. Los atributos que se modificaron debido a la congelación en las muestras de Teotihuacán fueron los de brillante y suero lechoso para los de apariencia, mientras que los atributos de textura que se modificaron fueron los de adhesividad, grasa, masticabilidad, formación de película en paladar, cremoso, viscoso y jugoso. En las muestras del mercado de San Juan los atributos de apariencia afectados fueron los de brillante, suero lechoso, homogéneo y liso; los atributos de textura que se modificaron fueron pastoso, grasa, fracturable, masticabilidad, formación de película en paladar, cremoso, viscoso, grumoso y jugoso. En el atributo de jugoso se observa que 4 de las 5 muestras evaluadas presentan diferencia, lo que indica que al congelar las muestras el atributo de jugosidad cambia debido al agua de los escamoles que disminuye después de la congelación.

En la Tabla 30 se observan los resultados de los atributos de olor y flavor para las 5 muestras evaluadas, las que más se encontraron diferencias en los atributos son las muestras de Otumba y Tepetlaoxtoc, siendo para olor los atributos que presentaron diferencias después de congelar la nota salada a charal, avena, mantequilla y cocido; para los de flavor son mantequilla, leche, proteína, aceitoso, grasa, pasto, astringente y resabio amargo. Y para la muestra de Tepetlaoxtoc, los atributos de olor que presentaron diferencia son nota dulce a cebolla caramelizada, manteca, mantequilla y cocido; los atributos de flavor que presentaron diferencia son avena, mantequilla, leche, aceitoso, persistente, pasto y astringente.

## 7.4 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

En la Tabla 31 se puede observar que para las muestras evaluadas tanto en fresco como en congelado el **atributo liso** en apariencia está relacionado en un 92% con el mismo atributo liso pero en textura, es decir, que si visualmente se notan lisas así será para cuando sean evaluadas en la boca, se encuentra que el atributo de brillante tiene una relación negativa de 87% con el atributo liso en textura y con el de aguado, por lo cual la muestra al ser más brillante es menos aguada y de textura poco lisa, es decir, rugosa y viceversa, si la muestra es opaca, al mismo tiempo será lisa y aguada, además se puede apreciar que el atributo liso en textura está relacionado con el atributo de aguado un 93%, por lo cual al ser más aguado será de textura más lisa, caso contrario que si es de textura rugosa será menos aguado. El **atributo de grasa** tiene una relación del 86% con el de cremoso lo que indica que estos atributos dependen uno del otro y que la textura cremosa está dada por la cantidad de grasa que presente la muestra, así mismo este atributo está relacionado con el de viscoso en un 86% y con el de formación de película en paladar del 83%, lo que indica que como se vio anteriormente, los atributos que se relacionan y que son indicativos de la presencia del contenido de lípidos en los escamoles son grasa, cremoso, viscosidad y formación de película en paladar, lo que se puede observar en otros alimentos como por ejemplo la crema, que presenta estos atributos y que se sabe son característicos de la misma.

La Tabla 32 indica que la **nota amarga** a café tiene una relación de 87% con el olor a fermentado, el olor a mantequilla tiene una relación con los atributos de flavor de mantequilla, leche y aceite de 88, 89 y 87% respectivamente, por lo que al incrementar la intensidad del olor a mantequilla incrementa la intensidad percibida en flavor de los atributos mencionados con los cuales está relacionado el olor y que sea posible una dependencia con el contenido de ácidos grasos y lípidos presentes en cada muestra y por tanto la intensidad de los atributos sea variable dependiendo de la zona de la cual fueron extraídos los escamoles. La nota salada tiene una relación del 92% con el resabio amargo, lo que indica que uno potencia al otro, haciendo que si tiene una intensidad alta de olor a salado será mayor la sensación de resabio amargo que deje la muestra. El **flavor a mantequilla** se relaciona un 87% con el atributo de leche, un 82% con el de aceite y un 84% con el de grasa; el de leche tiene una relación de 98 y 89% con los atributos de aceite y grasa respectivamente, a su vez, estos últimos atributos presentan una relación del 83%. Los atributos de persistencia y percepción retronasal presentan una relación del 91%, lo que se observó durante la evaluación de las

muestras, ya que entre mayor percepción retronasal presentaban, la sensación de persistencia era mucho mayor, tardando más tiempo en desaparecer el flavor en la boca una vez masticada e ingerida la muestra. El flavor a pasto tiene una relación de - 81% con el flavor de resabio amargo, por lo cual, si el flavor a pasto es más intenso el resabio amargo será de menor intensidad y viceversa si el resabio que deja la muestra es mayor, la intensidad del flavor a pasto será menor. Y por último el atributo de olor a tierra tiene una relación del 81% con el resabio salado, por lo cual al ser la intensidad de olor a tierra mayor el resabio salado dejado será también mayor debido quizá al contenido de minerales de las muestras de escamoles dependiendo de la zona de procedencia, además de que el olor a tierra es como un parámetro de frescura de los escamoles, ya que entre más frescos, mayor intensidad de olor a tierra presentarán y por tanto mayor resabio salado dejarán debido a que la cantidad de sales minerales involucradas en dar esta nota no se ha degradado por el transcurso del tiempo y por el almacenamiento.

**Tabla 31. Correlación entre atributos de apariencia y textura de muestras de escamoles frescas y congeladas**

	Bri	MW	For	Hom	Col	Sm	Sm T	Adh	Pas	Oi	Br	Che	Wa	Cr
Bri	1													
MW	0.35803	1												
For	0.76558	-0.03824	1											
Hom	-0.03852	0.6933	-0.39649	1										
Col	0.16782	-0.02621	-0.03799	0.11468	1									
Sm	-0.69549	0.22815	-0.63269	0.21256	-0.16718	1								
Sm T	<b>-0.8703</b>	0.06966	<b>-0.84313</b>	0.28711	-0.18772	<b>0.91511</b>	1							
Adh	-0.54095	0.51661	-0.76802	0.65628	0.14255	0.77071	<b>0.80659</b>	1						
Pas	-0.03659	0.72495	-0.52555	<b>0.94177</b>	0.14281	0.28452	0.35197	0.72882	1					
Oi	0.55537	0.74892	0.02667	0.69567	0.31382	-0.22132	-0.25467	0.28551	0.76343	1				
Br	-0.6472	0.25234	-0.51481	0.27633	-0.24536	0.67958	0.69016	0.63895	0.19939	-0.29289	1			
Che	0.35858	0.74285	-0.13326	0.42985	0.07698	0.17321	0.07518	0.44362	0.63964	0.75156	-0.16967	1		
Wa	<b>-0.86753</b>	0.04907	-0.77483	0.16172	-0.2498	<b>0.88024</b>	<b>0.93109</b>	0.73792	0.22047	-0.31972	0.78782	-0.0406	1	
Cr	-0.28604	0.59175	-0.26075	0.24086	-0.35417	0.68492	0.54946	0.64778	0.27679	0.02752	0.74375	0.38727	0.62852	1
FFP	0.56334	0.66849	0.10376	0.39451	-0.05738	-0.14641	-0.19608	0.15754	0.54862	0.79753	-0.3937	<b>0.91954</b>	-0.31772	0.17835
Cre	0.74222	0.58252	0.40307	0.35471	0.03812	-0.429	-0.52009	-0.09683	0.41029	<b>0.85607</b>	-0.52413	0.66013	-0.511	-0.03422
Vis	0.66696	0.62013	0.19008	0.53161	0.10066	-0.318	-0.35641	0.03925	0.61609	0.88129	-0.5294	0.77715	-0.51928	-0.10643
Lum	0.45145	0.38388	-0.14868	0.34911	0.1525	-0.23032	-0.19942	0.05424	0.56469	0.7315	-0.54069	0.69912	-0.31295	-0.26806
Sh	0.23178	<b>0.87666</b>	-0.24356	0.55625	0.18203	0.39363	0.2022	0.60664	0.70866	0.69319	0.19627	0.79506	0.19589	0.52242
Ju	<b>0.86434</b>	0.30331	0.68855	-0.19778	-0.1999	-0.56747	-0.7519	-0.57358	-0.13346	0.41763	-0.56679	0.34102	-0.63758	-0.13982

**Continuación Tabla 31**

	FFP	Cre	Vis	Lum	Sh	Ju
FFP	1					
Cre	<b>0.82999</b>	1				
Vis	<b>0.91018</b>	<b>0.8579</b>	1			
Lum	0.74678	0.63919	<b>0.80969</b>	1		
Sh	0.58956	0.46082	0.52499	0.5269	1	
Ju	0.54542	0.74478	0.54035	0.46221	0.22764	1

**\*Bri-Brillante, MW-Suero lechoso, For-Forma, Hom-Homogéneo, Col-Color, Sm-Liso (Apariencia); Sm-Liso, Adh-Adhesividad, Pas-Pastoso, Oi-Grasa, Br-Fracturable, Che-Masticable, Wa-Aguado, Cr-Crujiente, FFP-Formación de película en paladar, Cre-Cremoso, Vis-Viscoso, Lum-Grumoso, Sh-Cáscara, Ju-Jugoso (Textura)**



**Tabla 32. Correlación entre atributos de olor y flavor de muestras de escamoles frescas y congeladas**

	Cor	Sw	Gr	S	Fer	Oil	Bi	Oa	La	But	Co	Chi	Oa F	But F	La F
Cor	1														
Sw	0.59962	1													
Gr	0.35907	0.38943	1												
S	0.17459	0.35924	-0.39117	1											
Fer	0.25263	-0.39267	0.05567	0.06838	1										
Oil	0.42458	-0.00819	-0.2865	0.15879	0.455	1									
Bi	0.12288	-0.4253	-0.19878	0.10256	<b>0.87405</b>	0.60116	1								
Oa	0.0204	0.48746	0.13031	0.51226	-0.01377	0.01554	0.04143	1							
La	0.58695	0.21995	0.11562	0.26017	0.59916	0.66875	0.75255	0.24618	1						
But	0.08329	0.41229	-0.30341	0.70029	0.00041	0.3738	0.11082	0.73578	0.26998	1					
Co	-0.40883	0.32993	-0.06023	0.35646	-0.37301	-0.37091	-0.16893	0.77064	-0.06122	0.50555	1				
Chi	0.03606	0.43939	0.43727	0.03282	-0.48243	-0.26121	-0.36002	0.23092	0.0812	0.09762	0.34923	1			
Oa F	0.22021	0.06994	-0.0283	-0.17738	-0.00754	0.69926	0.29159	0.01959	0.524	0.21108	-0.13087	0.36931	1		
But F	-0.08837	0.25263	-0.46209	0.71715	-0.17331	0.24712	-0.00206	0.47972	0.11652	<b>0.88265</b>	0.43325	0.29291	0.23889	1	
La F	0.46406	0.26824	-0.44873	0.52336	0.05813	0.10678	0.09818	-0.02439	0.20773	0.17966	-0.03909	-0.36206	-0.27377	0.15289	1
Mi	-0.20132	0.33837	-0.40855	0.62299	-0.22506	0.05441	-0.03375	0.6546	0.05358	<b>0.89017</b>	0.72775	0.16188	0.03661	<b>0.86787</b>	0.21066
Pro	0.09365	0.20726	-0.29715	<b>0.89801</b>	0.28555	0.32301	0.32753	0.68706	0.39007	0.7597	0.38149	-0.00057	-0.00481	0.67958	0.24648
O	-0.15999	0.3645	-0.3248	0.62199	-0.14349	0.07815	0.08295	0.709	0.2117	<b>0.86827</b>	0.78075	0.23126	0.09332	<b>0.82466</b>	0.1877
Fat	-0.45282	-0.02025	-0.70868	0.55419	-0.27305	-0.0178	-0.03887	0.36252	-0.17205	0.70343	0.5853	0.02631	-0.03162	<b>0.83531</b>	0.24722
Bi F	-0.05407	-0.3061	-0.66613	0.25774	0.42215	0.6961	0.72213	0.09074	0.5142	0.28616	0.03147	-0.50132	0.35152	0.18585	0.29941
Per	-0.36216	-0.01409	0.37933	-0.29639	0.06943	-0.45861	0.02402	0.40057	-0.11728	-0.13411	0.5448	-0.11828	-0.393	-0.40333	-0.29553
RP	-0.39328	0.03088	0.52095	-0.29061	-0.1132	-0.76128	-0.25763	0.28996	-0.3491	-0.27475	0.50511	0.09678	-0.57304	-0.41757	-0.34863
Sw F	-0.35261	0.25736	0.11825	-0.1642	-0.65808	-0.76594	-0.58564	0.25579	-0.5088	-0.0283	0.66185	0.31	-0.34556	-0.0105	0.03218
S F	0.02399	0.07616	0.46628	-0.10123	0.07321	-0.55771	-0.02563	0.22192	0.01022	-0.44432	0.27261	0.05782	-0.46671	-0.58155	0.05068
Gra	-0.34371	-0.43012	0.23705	<b>-0.87577</b>	-0.20776	-0.21843	-0.33108	-0.60114	-0.57256	-0.59642	-0.43457	-0.06335	0.04622	-0.5089	-0.60373
Gr F	0.08793	-0.07965	-0.06146	-0.47684	-0.36849	0.17478	-0.42886	-0.41553	-0.43189	-0.16947	-0.51235	-0.07311	0.32233	-0.10719	-0.15371
Ast	0.02016	-0.59219	0.19941	-0.68322	0.44354	0.08335	0.21505	-0.71327	-0.13197	-0.73685	-0.79566	-0.51411	-0.1062	-0.76745	-0.25135
SA	0.35615	0.19087	<b>0.81485</b>	-0.1697	0.34673	-0.36349	0.13046	0.12838	0.30004	-0.30018	-0.00931	0.33795	-0.21131	-0.39648	-0.13094
BiA	0.26914	0.4924	-0.17146	<b>0.92173</b>	0.06823	-0.03531	-0.03794	0.57503	0.14434	0.672	0.37576	-0.02009	-0.40683	0.59638	0.55538

**Continuación Tabla 32**

	Mi	Pro	O	Fat	Bi F	Per	RP	Sw F	S F	Gra	Gr F	Ast	SA	BiA
Mi	1													
Pro	0.5785	1												
O	<b>0.97719</b>	0.60658	1											
Fat	<b>0.89187</b>	0.46779	<b>0.82514</b>	1										
Bi F	0.21463	0.38881	0.26461	0.2924	1									
Per	0.03487	-0.14693	0.11356	-0.12626	-0.07826	1								
RP	-0.05725	-0.23308	-0.00374	-0.17667	-0.4454	<b>0.9062</b>	1							
Sw F	0.32252	-0.31139	0.30272	0.3019	-0.44065	0.50687	0.63124	1						
S F	-0.36065	-0.06399	-0.25476	-0.44327	-0.2273	0.62604	0.7046	0.3679	1					
Gra	-0.52508	<b>-0.8251</b>	-0.60766	-0.37003	-0.3985	0.0884	0.18146	0.09798	-0.17781	1				
Gr F	-0.28129	-0.48897	-0.4304	-0.14782	-0.22544	-0.4476	-0.4023	-0.0425	-0.47571	0.65278	1			
Ast	<b>-0.83444</b>	-0.59159	<b>-0.85901</b>	-0.6841	-0.04537	0.03157	0.02053	-0.4155	0.04824	0.67997	0.34473	1		
SA	-0.33527	-0.11555	-0.21164	-0.55194	-0.50542	0.36645	0.51065	0.12071	0.64356	-0.07151	-0.40589	0.13803	1	
BiA	0.60592	0.79175	0.5882	0.458	0.0138	-0.11228	-0.063	0.0132	0.03266	<b>-0.80503</b>	-0.45851	-0.62886	0.03371	1

\*Cor-Elote, Sw-Dulce, Gr-Tierra, S-Salado, Fer-Fermentado, Oil-Aceite, Bi-Amargo, Oa-Avena, La-Manteca, But-Mantequilla, Co-Cocido (Olor); Chi-Garbanzo, Oa-Avena, But-Mantequilla, La-Manteca, Mi-Leche, Pro-Proteína, O-Aceitoso, Fat-Grasa, Bi-Amargo, Per-Persistente, RP-Percepción retronasal, Sw-Dulce, S-Salado, Gra-Pasto, Gr-Tierra, Ast-Astringente, SA-Resabio salado, BiA-Resabio amargo (Flavor)

## 7.5 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

En la Figura 12 se muestra la representación gráfica del análisis de componentes principales (ACP) de las diferentes muestras de escamoles, en donde el eje horizontal representa la máxima variación de la configuración de los datos que en este caso explica el 46.2% de la misma, mientras que el eje vertical representa la segunda variación más grande y justifica el 34.5% de la información. Aquellos atributos que están situados en el mismo cuadrante tienen una correlación positiva y los que se encuentran en cuadrantes opuestos es negativa. Las muestras de escamoles que se encuentran cercanas tienen características similares entre sí, por ejemplo las de Tepetlaoxtoc e Ixmiquilpan que por la cercanía se puede decir que son las más similares, sin embargo al estar en el mismo cuadrante las muestras resultan ser similares y no presentan diferencias entre sí como es el caso para las muestras de Otumba, Teotihuacán, Tepetlaoxtoc e Ixmiquilpan frescas y Teotihuacán congeladas, por tanto se puede decir que la congelación no afectó las características de la muestra de Teotihuacán ya que fue similar consigo misma en fresco. En el otro cuadrante se encuentran las muestras de Ixmiquilpan, Tepetlaoxtoc, Otumba congeladas y las del MSJ en fresco y congeladas las cuales no presentan diferencias entre sí.

Los vectores más largos corresponden a los atributos más importantes y por tanto que caracterizan a los escamoles evaluados, en este caso el atributo de jugoso es el que caracteriza a las muestras. El vector más corto es el menos importante tal es el caso para color.

Los atributos de crujiente, aguado y fracturable son los atributos que están más relacionados y que mejor describen a la muestra de Otumba congelada, a su vez estos atributos describen mejor a las muestras de Otumba, Tepetlaoxtoc e Ixmiquilpan frescas, puesto que estas muestras se encuentran en sentido opuesto a estos vectores, por lo que las muestras se caracterizan por ser poco aguadas, menos fracturables, crujientes y adhesivas, por encontrarse diametralmente opuestos a estos atributos; se observa que los atributos de liso para apariencia y textura tienen una gran correlación entre ellos. Los atributos de formación de película en paladar, viscosidad y grumoso se relacionan entre si y se encuentran opuestos a las muestras de Ixmiquilpan, Tepetlaoxtoc y Otumba congeladas. La muestra del MSJ fresca se caracteriza por el atributo de suero lechoso, ya que se encuentra una clara relación entre la muestra y el atributo.

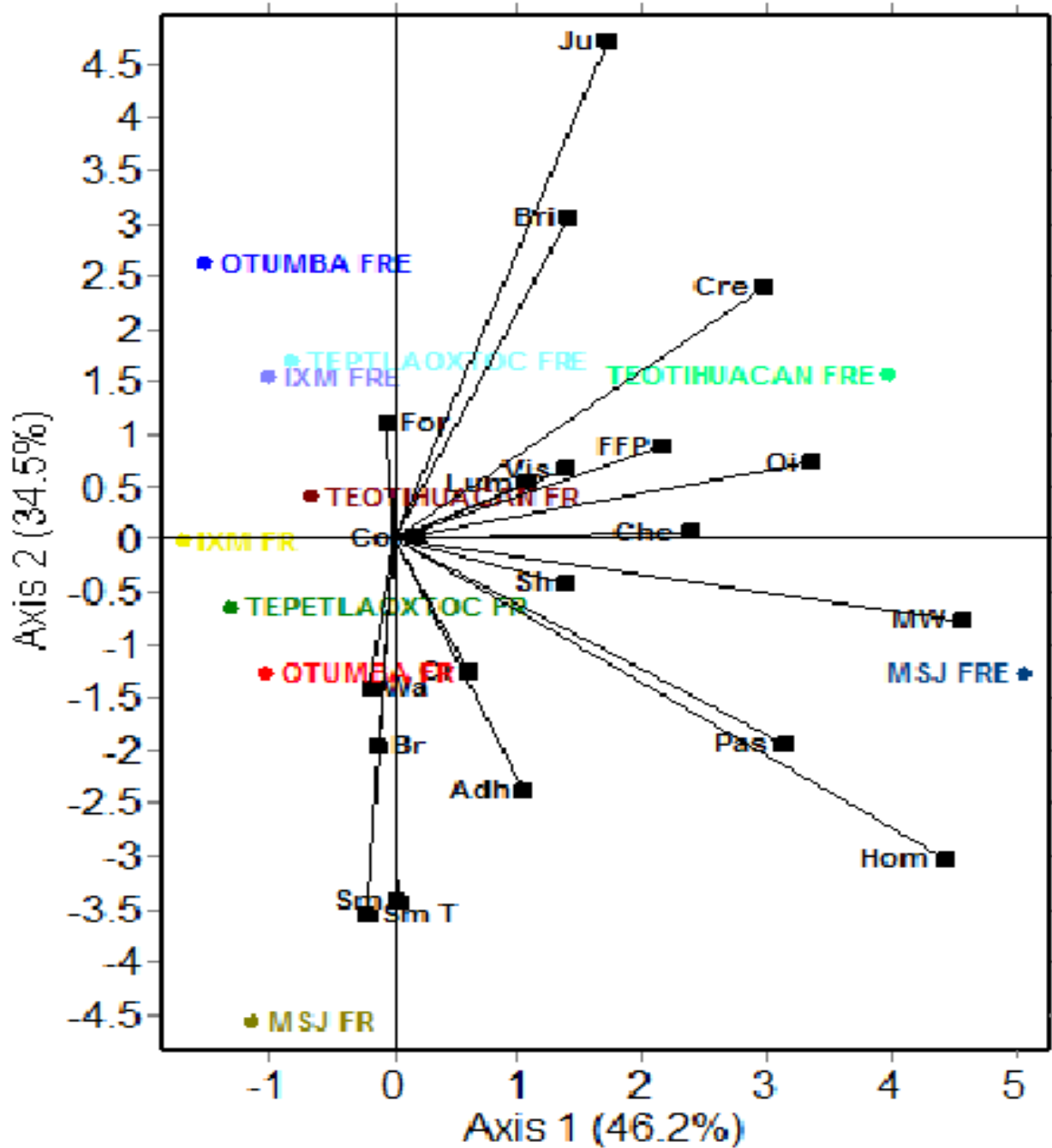


Figura 12. Proyección bidimensional del análisis de componentes principales de escamoles en fresco (FRE) y congelados (FR) para los atributos de apariencia y textura

\*Bri-Brillante, MW-Suero lechoso, For-Forma, Hom-Homogéneo, Col-Color, Sm-Liso (Apariencia); Sm-Liso, Adh-Adhesividad, Pas-Pastoso, Oi-Grasa, Br-Fracturable, Che-Masticable, Wa-Aguado, Cr-Crujiente, FFP-Formación de película en paladar, Cre-Cremoso, Vis-Viscoso, Lum-Grumoso, Sh-Cáscara, Ju-Jugoso (Textura)

La siguiente Tabla (33) muestra el peso de cada uno de los componentes, en donde se observa que los primeros dos son los que definen a las muestras por tener los porcentajes más altos.

**Tabla 33. Peso de cada uno de los componentes en 3 coordenadas**

Componentes	Eigenvalues	Contribución (%)
1	5.24276	46.14
2	3.92747	34.56
3	1.03479	9.11

En la Figura 13 se puede observar que el eje horizontal presenta como máxima variación de la configuración de los datos que justifica el 43.9% de la información, mientras que el eje vertical como la segunda variación más grande que justifica el 20.5% de la información.

De los atributos representados, los más importantes son olor a cocido y mantequilla, flavor mantequilla, persistencia y percepción retronasal, mientras que el atributo menos importante es el olor dulce.

Los atributos amargo, fermentado, manteca en olor y avena, manteca en flavor están interrelacionados y a su vez son independientes del olor a pasto y del resabio salado, mientras que el olor a grasa se correlaciona con el resabio amargo y estos a su vez son independientes del olor a pasto.

La muestra de Teotihuacán fresco presentó una mayor intensidad en los atributos de flavor salado, persistencia y percepción retronasal y la de Ixmiquilpan fresco de olor a pasto, la muestra de Tepetlaoxtoc fresca se caracteriza por olor a grasa y presentar resabio amargo. Las muestras del MSJ, Teotihuacán, Tepetlaoxtoc e Ixmiquilpan frescas resultaron ser similares entre si y diferentes a sus contrapartes después de congelarlas, puesto que se encuentran en el mismo cuadrante, la única muestra que se puede decir que no resultó afectada por el método de conservación fue la de Otumba, puesto que se encuentra en el mismo cuadrante que el resto de muestras congeladas, lo que indica que es similar a estas y sus características no fueron alteradas después de la congelación al ser similar consigo misma congelada.

En estos atributos se puede observar que las cinco muestras evaluadas después de congelarlas se correlacionan entre si y los atributos por los cuales se caracterizan son

los de olor amargo, manteca y por los flavor de avena, manteca, tierra, persistente y astringente.

Los atributos que definen a cada una de las muestras evaluadas son los siguientes: flavor salado, persistente y percepción retronasal definen mejor a las muestras frescas de Teotihuacán y del MSJ; a la muestra de Ixmiquilpan fresco el flavor a pasto; los atributos de grasa y resabio amargo son los que definen a la muestra de Tepetlaoxtoc y el atributo de mantequilla de olor y flavor definen mejor a la de Otumba.

Para las muestras congeladas los atributos que mejor las definen son: el flavor a tierra para las muestras de Tepetlaoxtoc y Teotihuacán; la astringencia que define a las muestras de Otumba e Ixmiquilpan y los atributos de flavor avena y olor fermentado los que definen a la muestra adquirida en el MSJ.

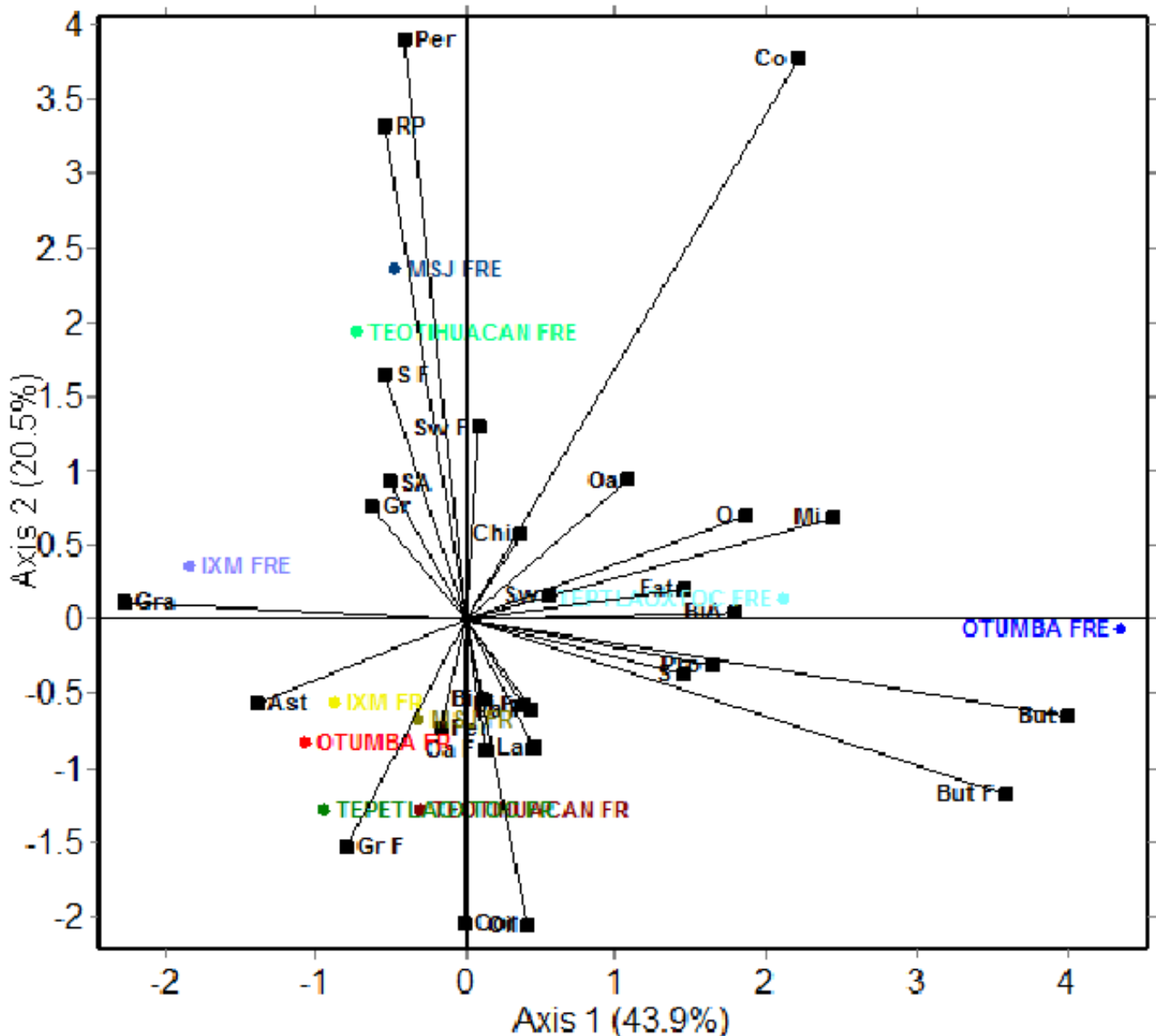


Figura 13. Proyección bidimensional del análisis de componentes principales de escamoles en fresco (FRE) y congelados (FR) para los atributos de olor y flavor

\*Cor-Elote, Sw-Dulce, Gr-Tierra, S-Salado, Fer-Fermentado, Oil-Aceite, Bi-Amargo, Oa-Avena, La-Manteca, But-Mantequilla, Co-Cocido (Olor); Chi-Garbanzo, Oa-Avena, But-Mantequilla, La-Manteca, Mi-Leche, Pro-Proteína, O-Aceitoso, Fat-Grasa, Bi-Amargo, Per-Persistente, RP-Percepción retronasal, Sw-Dulce, S-Salado, Gra-Pasto, Gr-Tierra, Ast-Astringente, SA-Resabio salado, BiA-Resabio amargo (Flavor)

En la Tabla 34 se puede ver que los 3 componentes explican la mayoría de los datos arrojados del análisis de componentes principales, siendo los dos primeros los que más definen a las muestras.

**Tabla 34. Peso de los componentes para los atributos de olor y flavor**

Componentes	Eigenvalues	Contribución (%)
1	3.02662	43.93
2	1.4199	20.61
3	0.91145	13.23

En la Figura 14 se puede ver que para los atributos de apariencia y textura las muestras de Teotihuacán y Otumba son similares, por lo cual no se vieron afectadas las características sensoriales de las mismas por el municipio del cual provienen, cabe mencionar que estos municipios son colindantes razón por la cual no se encontraran diferencias entre ellas. Estas difieren de las muestras de Ixmiquilpan, MSJ y Tepetlaoxtoc, este último pertenece al mismo Estado que las 2 primeras mencionadas, sin embargo, este no es colindante con los otros por lo que aquí el suelo y las condiciones climáticas afectaron las características de los escamoles. Además se puede ver que los atributos que mejor definen a la muestra proveniente de Teotihuacán son suero lechoso, cremoso, formación de película en paladar y masticable.



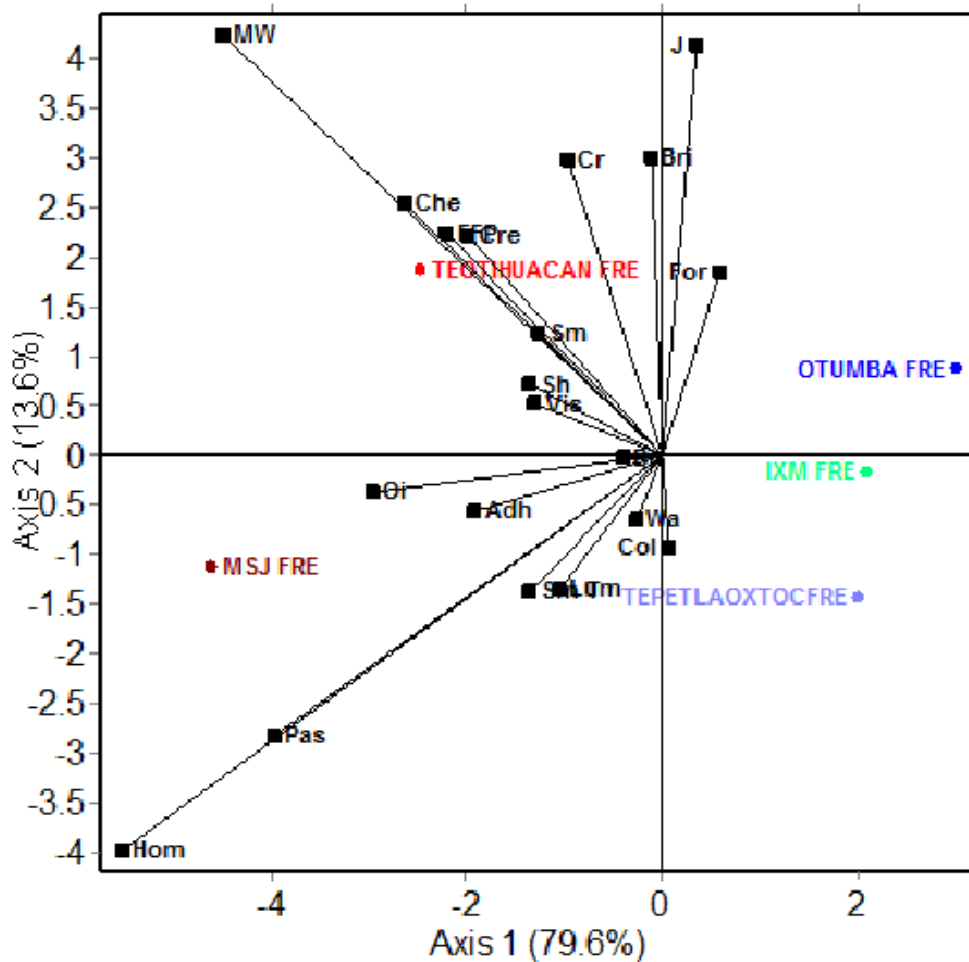


Figura 14. Proyección bidimensional del análisis de componentes principales de escamoles frescos (FRE) para los atributos de apariencia y textura

\*Bri-Brillante, MW-Suero lechoso, For-Forma, Hom-Homogéneo, Col-Color, Sm-Liso (Apariencia); Sm-Liso, Adh-Adhesividad, Pas-Pastoso, Oi-Grasa, Br-Fracturable, Che-Masticable, Wa-Aguado, Cr-Crujiente, FFP-Formación de película en paladar, Cre-Cremoso, Vis-Viscoso, Lum-Grumoso, Sh-Cáscara, Ju-Jugoso (Textura)

El peso de los componentes para las muestras de escamoles en fresco se observan en la Tabla 35. Los dos primeros componentes son los que definen mejor los datos de las muestras en fresco.

Tabla 35. Peso de los componentes de las muestras en fresco para los atributos de apariencia y textura

Componentes	Eigenvalues	Contribución (%)
1	8.91153	79.59
2	1.52026	13.58
3	0.60375	5.39



En la siguiente Tabla (36) se puede observar el peso de los componentes para los atributos de olor y flavor de las muestras frescas, los dos primeros componentes son los que definen los datos de las muestras evaluadas.

**Tabla 36. Peso de los componentes para los atributos de olor y flavor para las muestras frescas**

Componentes	Eigenvalues	Contribución (%)
1	5.40554	60.04
2	1.8698	20.77
3	0.92988	10.33

Las muestras de Tepetlaoxtoc, Otumba y Teotihuacán fueron similares entre sí una vez que se almacenaron en congelación (Figura 16), lo que puede indicar que el método de congelación afecta de tal forma a las muestras que modifica los componentes de la matriz alimentaria en este caso los escamoles, reduciendo así las diferencias existentes entre las muestras presentadas antes de ser almacenadas, ya que de acuerdo a la Figura 14 solo las muestras de Otumba y Teotihuacán fueron similares y diferían de las de Tepetlaoxtoc. El atributo de viscoso es el que mejor define a las muestras de Teotihuacán y Tepetlaoxtoc, siendo estas muestras las que más se correlacionan; para la muestra de Otumba el atributo que mejor lo define es el de textura grasosa.

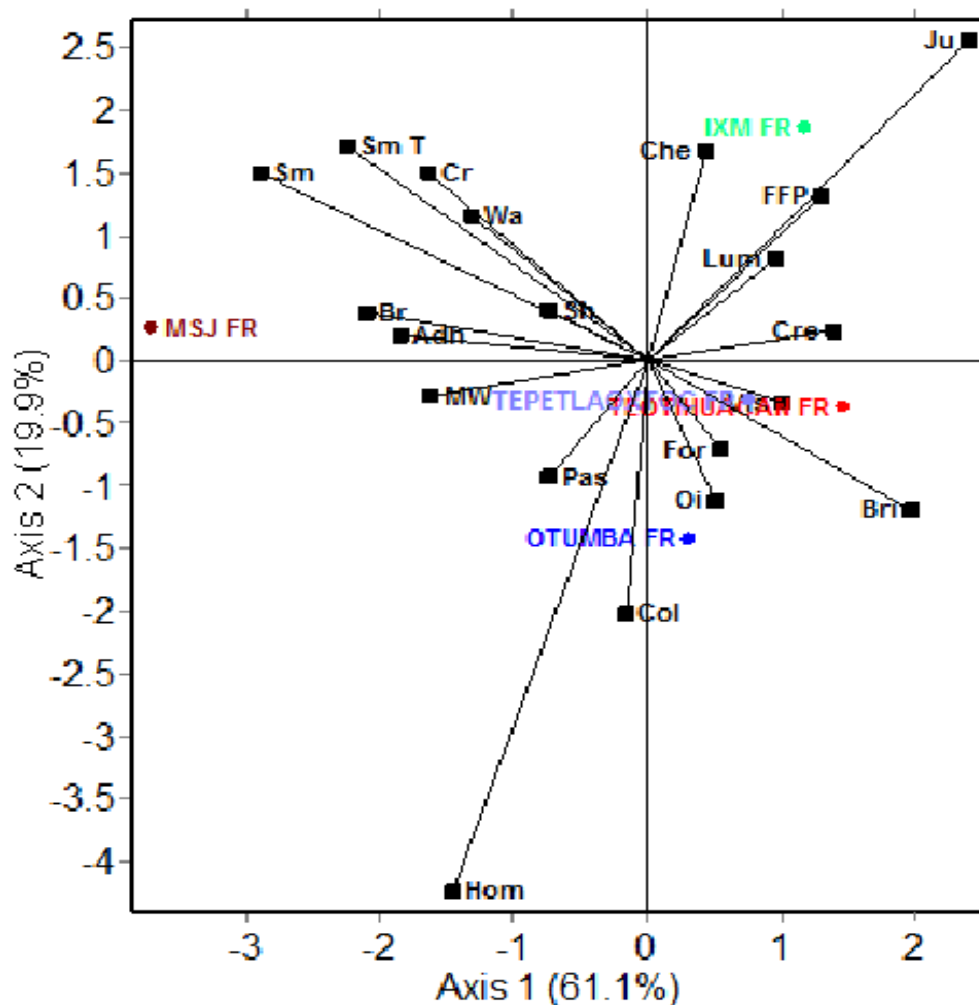


Figura 16. Proyección bidimensional del análisis de componentes principales de escamoles congelados (FR) para los atributos de apariencia y textura

\*Bri-Brillante, MW-Suero lechoso, For-Forma, Hom-Homogéneo, Col-Color, Sm-Liso (Apariencia); Sm-Liso, Adh-Adhesividad, Pas-Pastoso, Oi-Grasa, Br-Fracturable, Che-Masticable, Wa-Aguado, Cr-Crujiente, FFP-Formación de película en paladar, Cre-Cremoso, Vis-Viscoso, Lum-Grumoso, Sh-Cáscara, Ju-Jugoso (Textura)

La Tabla 37 muestra los resultados del peso que tienen los componentes del análisis de componentes realizado a las muestras congeladas a los atributos de apariencia y textura, se puede ver que los primeros dos componentes definen los datos de las muestras evaluadas.

Tabla 37. Peso de los componentes para los datos de las muestras congeladas de los atributos de apariencia y textura

Componentes	Eigenvalues	Contribución (%)
1	3.53745	61.08
2	1.15483	19.94
3	0.80837	13.96

En la Figura 17 se puede observar que las muestras de Otumba e Ixmiquilpan fueron similares entre sí, y son diferentes al resto de las muestras Tepetlaoxtoc, Teotihuacán y MSJ, siendo los atributos de aceite y aceitoso los que describen a la muestra de Teotihuacán, resabio salado y percepción retronasal a la del MSJ. Además se puede ver que el atributo más importante es el de olor a fermentado, por lo cual, en las muestras que fueron almacenadas en congelación, sufrieron reacciones de oxidación de lípidos y carbohidratos produciendo compuestos característicos de la fermentación dando como resultado el olor a fermentado.

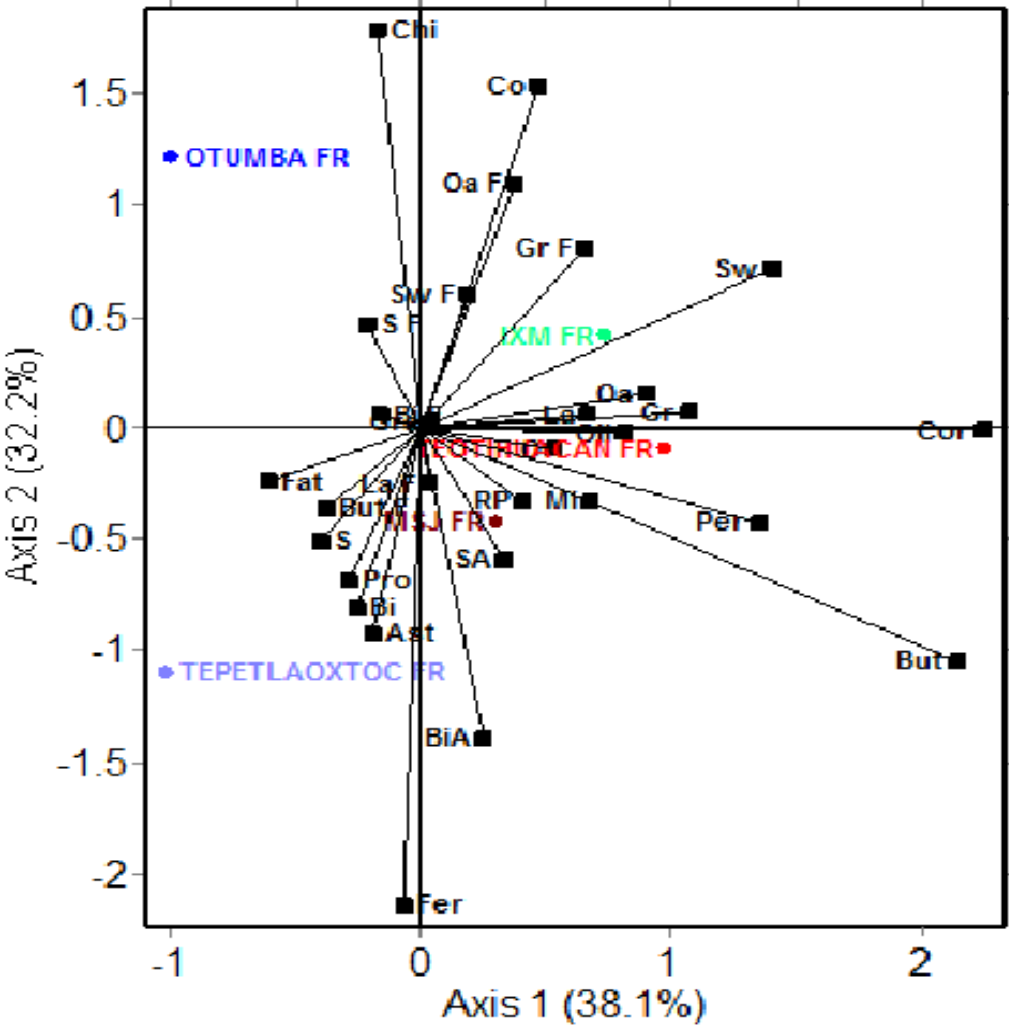


Figura 17. Proyección bidimensional del análisis de componentes principales de escamoles congelados (FR) para los atributos de olor y flavor

\*Cor-Elote, Sw-Dulce, Gr-Tierra, S-Salado, Fer-Fermentado, Oil-Aceite, Bi-Amargo, Oa-Avena, La-Manteca, But-Mantequilla, Co-Cocido (Olor); Chi-Garbanzo, Oa-Avena, But-Mantequilla, La-Manteca, Mi-Leche, Pro-Proteína, O-Aceitoso, Fat-Grasa, Bi-Amargo, Per-Persistente, RP-Percepción retronasal, Sw-Dulce, S-Salado, Gra-Pasto, Gr-Tierra, Ast-Astringente, SA-Resabio salado, BiA-Resabio amargo (Flavor)

La Tabla siguiente (38) muestra el peso de los componentes para las muestras congeladas en los atributos de olor y flavor, donde se puede ver que los datos se definen en los 3 cuadrantes, teniendo un peso importante el tercer cuadrante.

**Tabla 38. Peso de los componentes de los atributos de olor y flavor de los escamoles congelados**

Componentes	Eigenvalues	Contribución (%)
1	0.7199	38.13
2	0.60799	32.2
3	0.37843	20.04

## 8 CONCLUSIONES

- Se logró el objetivo principal de este proyecto, desarrollar el perfil sensorial de escamoles procedentes de las zonas donde hay una mayor producción de los mismos, Otumba, Teotihuacán y Tepetlaoxtoc (Estado de México), Ixmiquilpan (Hidalgo) y los comercializados en el Mercado de San Juan del centro histórico.
- Se logró determinar las características sensoriales de los escamoles, generando así 49 descriptores sensoriales. El perfil de los escamoles tiene 6 atributos de apariencia (suero lechoso, forma, homogéneo, color, liso y brillante), 14 de textura (liso, cremoso, formación de película en paladar, adhesividad, pastoso, grasoso, viscoso, masticable, fracturable, aguado, crujiente, grumoso, cascara y jugoso), 11 de olor (elotes, dulce, tierra, salado, fermentado, aceite, amargo, avena, manteca, mantequilla y cocido) y 18 de flavor (avena, manteca, mantequilla, garbanzo, leche, proteína, aceitoso, grasa, amargo, persistente, percepción retronasal, dulce, salado, pasto, tierra, astringente, resabio salado y resabio amargo).
- Las muestras de escamoles en fresco presentaron diferencias significativas en los atributos de suero lechoso, homogéneo y liso para apariencia; liso, adhesividad, pastoso, grasa, masticable, formación de película en paladar, cremoso, viscoso, grumoso y cascaroso en textura; en cuanto a los atributos de olor se encuentra diferencia significativa entre las muestras en los atributos de elote, tierra, salado, fermentado, aceite, manteca y mantequilla y para los de flavor en garbanzo, avena, manteca, mantequilla, proteína, aceitoso, grasa, amargo, persistente, salado, pasto, tierra, astringente y los resabios salado y amargo.
- En cuanto al efecto de la congelación se puede decir que hubo muestras que presentaron una pérdida de agua durante la conservación, disminuyendo así el atributo de suero lechoso, ya que a mayor pérdida de agua, el suero lechoso era más ausente en las muestras, y se hicieron más duras y rugosas, tal es el caso para las muestras del MSJ y Teotihuacán.

- Para las muestras frescas se encontró que las muestras de Otumba y Teotihuacán fueron similares lo que resulta coherente puesto que son municipios colindantes y no se esperaba diferencia entre ellos, y difieren de las muestras de Ixmiquilpan, Tepetlaoxtoc y MSJ. A pesar de que Tepetlaoxtoc es un municipio perteneciente al Estado de México no es similar a las muestras de ese mismo estado, ya que el tipo de suelo es diferente y por tanto la composición cambia.
- Los atributos que presentaron un alta correlación fueron los de manteca, mantequilla, viscosidad, cremoso, formación de película en paladar, los que además se puede decir se relacionan con el contenido de lípidos de las muestras de escamoles, siendo la muestra de Otumba la que mayor intensidad para estos atributos presentó y a la cual definen mejor estos atributos.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que se cumplió la hipótesis, ya que en la mayoría de los atributos evaluados, existe diferencia entre las muestras de Otumba, Teotihuacán y Tepetlaoxtoc con respecto a la de Ixmiquilpan y del MSJ, los grupos de atributos que se ven más afectados de acuerdo a la región de la cual provienen fueron los de olor y flavor, por lo cual se puede decir que son determinantes los compuestos volátiles y moléculas de bajo peso molecular presentes en los escamoles, para observar diferencias entre los mismos.
- Por lo que en resumen se puede decir que las muestras afectadas por la congelación lenta fueron las de Teotihuacán, MSJ, Otumba e Ixmiquilpan, presentando esta última el valor más bajo asignado por los jueces de acuerdo a los estándares y a la escala empleada, estando cerca del punto de ausencia de suero lechoso, por ejemplo.
- Los descriptores que se ven afectados por el método de conservación empleado en apariencia son: brillante, suero lechoso, homogéneo, color y liso. Para los de textura, liso, adhesividad, pastoso, grasa, fracturable, masticable, formación de película en paladar, cremoso, viscoso, liso y jugoso. Olor, elote, dulce, salado, aceite, avena, manteca, mantequilla y cocido. Flavor, avena, mantequilla, manteca, leche, proteína, aceitoso, grasa, persistente, percepción retronasal, dulce, salado, pasto, tierra, astringente, resabio salado y amargo.



## Recomendaciones

- ✓ Una vez que se logró determinar que la región de la cual son extraídos los escamoles influye en sus características sensoriales, resulta importante llevar a cabo un estudio con consumidores habituales y no habituales para conocer con base en sus características que muestras gustan más.
- ✓ La realización de las pruebas afectivas tendrían dos vertientes importantes, una sería conocer los escamoles de que región son los más preferidos por la población mexicana pero al natural, y la segunda sería realizar un sondeo para saber cuál es la forma de consumo más común o más utilizada, es decir, si los preparan con mantequilla y cebolla, o con aceite y epazote, para de esa forma conocer cuáles son los más preferidos de acuerdo a la forma más común de consumo.
- ✓ Ampliar el estudio a más regiones para correlacionar sus características nutrimentales y su nivel de agrado.
- ✓ Una vez que se conozca el modo de preparación más empleado se podría desarrollar el perfil sensorial de los escamoles tal y como lo prepara el consumidor y así conocer las características que los hacen más atractivos al paladar.
- ✓ Se podría realizar la correlación de los resultados obtenidos en este trabajo y los que se encontraron en el análisis químico proximal realizado a los escamoles provenientes de los municipios de Otumba y Teotihuacán (Ramos, 2012) y así corroborar si efectivamente el contenido de macronutrientes influye en algunos descriptores encontrados en el perfil de los escamoles.
- ✓ También se podría hacer la correlación de los resultados sensoriales y los obtenidos en la evaluación instrumental de color y textura de escamoles (Zenteno, 2012).
- ✓ Se podría utilizar una 5ta clasificación de atributos, agrupando los gustos básicos en esta 5ta clasificación y así evitar clasificarlos en el flavor como se acordó en la junta con los jueces.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Allotey, J. y Mpuchane, S. (2003). Utilization of useful insects as food source. *African journal of food, agriculture, nutrition and development*, 3:2
- Ambrosio, G., Nieto, C., Aguilar, S., Espinoza, A. (2010). Los insectos comestibles: un recurso para el desarrollo local en el centro de México. *International EAAE-SYAL Seminar-Spatial Dynamics in Agri-food Systems*
- Arango, P. (2005). Los insectos: Una materia prima alimenticia promisoría contra la hambruna. *Revista Lasallista de Investigación, Colombia* 2 (1):34-37
- Badui, S. (1990). *Química de los alimentos*. 2ª edición, Ed. Alhambra mexicana S.A. de C.V., México D.F
- Banjo, A., Lawal, O., Songonuga, A. (2006). The nutritional value of fourteen species of edible insects in Southwestern Nigeria, *Afr. J. of Biotechnology*; 5(3):298-301
- Bárcenas, P. y Pérez, E. J. (2000). "Análisis sensorial de alimentos. Selección, entrenamiento y control de los catadores". *Alimentaria* (31), Julio-Agosto.
- Bárcenas, P., Pérez, F., Albisu, M. (2000). Análisis sensorial de un alimento: Desarrollo del vocabulario descriptivo y uso de referencia específica, *Alimentaria*, 314:23-29
- Barrios, C. G. (2007). Perfil sensorial de tortillas nixtamalizadas elaboradas con tres variedades de maíz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México D.F.
- Beattie, A. y Culver, D. (1983). The nest chemistry of two seed-dispersing ant species. *Oecología*, 56:99-103
- Borgognone, M., Bussi, J., Hough, G. (2001). Principal component analysis in sensory analysis: covariance or correlation matrix? *Food Quality and Preference*, 12:323-326
- Brennan, J. (2008). *Manual de procesado de los alimentos*. España. Acribia S. A.
- Bukkens, G. (1997). The nutritional value of edible insects. *Ecology of food and nutrition* 36, 287-319
- Cadena, A. (2007). Estudio de la familiaridad de olores en población mexicana y evaluación en procesos olfativos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM. México D.F.

- Camacho, B., Ramírez, N., Moreno, J. (2005). Evaluación fisicoquímica de pulpa de coroba almacenada en condiciones de congelación. *Ciencia y tecnología alimentaria*, 5(1):25-29
- Carrasco, R. (2010). Estudio comparativo del perfil sensorial del huitlacoche (*Ustilago maydis*) y otros hongos comestibles. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM. México D.F.
- Chipeleme, A. (1981). An evaluation of some locally available worms as human protein source. Technical report. University of Zambia, Lusaka, Zambia.
- Casp, A. (2003). *Procesos de conservación de alimentos*. España. Mundi-Prensa.
- Costa-Neto, E. y Ramos-Elorduy, J. (2006). Los insectos comestibles de Brasil: etnicidad, diversidad e importancia en la alimentación. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 38:423-442
- Cortés, H. (2004). Cartas de relación, Porrúa, México
- Cuadriello, A. (1980). Consideraciones biológicas y económicas acerca de los escamoles (Hymenoptera: Formicidae). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México
- Cuatzo, L. (2004). Implementación de un plan para la evaluación sensorial de aceite de soya. Tesis, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, México, D.F
- DeFoliart, G. (1989). The human use of insects as food and as animal feed. *Bull Entomol Soc Am* 35:22-35
- DeFoliart, G. (1992). Insects as human food. *Crop Protection (II)*. 5:395-399
- DeFoliart, G. (1993). Hypothesizing about palm weevil and palm rhinoceros beetle larvae as traditional cuisine, tropical waste recycling, and pest and disease control on coconut and other palms-can they be integrated? *Principes* 37:42-47
- DeFoliart, G. (1995). Edible insects as minilivestock. *Biodiversity and conservation*, 4:306-321
- DeFoliart, G. (1999). Insects as food: Why the western attitude is important. *Annu. Rev. Entomol.* 44:21-50
- DeFoliart, G. (2005). Overview of role of edible insects in preserving biodiversity. In: Paoletti MG (ed) Ecological implications of minilivestock. *Potential of insects, rodents, frogs and snails*. Science Publishers, Inc., Enfield, pp. 123-140
- Díaz del Castillo, B. (2005). Historia verdadera de la conquista de la Nueva España, Porrúa, México.

- Eldridge, D. y Pickard, J. (1994). Effects of ants on sandy soils in semi-arid Eastern Australia: II. Relocation of nest entrances and consequences for bioturbation. *Austr. Jour. Soil Res.*, 32:323-333
- Escamilla, M. V. (2006). Evaluación instrumental de color en alimentos tradicionales mexicanos y de alto consumo. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México D.F.
- Escobedo, G. I. (2010). Percepción gustativa salina provocada por NaCl y otras sales en bebidas no alcohólicas y queso panela. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México D.F.
- Esparza-Frausto, Gastón, Macías-Rodríguez, Francisco, J., Martínez-Salvador, Martín, Jiménez-Guevara, Marco, A., Méndez-Gallegos, Santiago. (2008). Insectos comestibles asociados a las magueyeras en el ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas, México, *Agrociencia*, vol. 42, núm. 2, Colegio de Posgraduados, México, pp. 246-251
- Espinosa, E. (2005). Insectos para comer y ganar. *Diario el Universal*. Octubre 13 de 2005
- Fasunwon, B., Banjo, A., Jemine, T. (2011). Effect of *Dermestes maculatus* on the nutritional qualities of two insects (*Oryctes boas* and *Rhyncophorus phoenicis*). *African journal of food, agriculture, nutrition and development*, 11:7
- Fellows, P. (1994). *Tecnología del procesado de los alimentos: principios y prácticas*. España. Acribia S.A.
- Fennema, O. (2000). Flavores. En: R. Lindsay ed. *Química de los Alimentos*. Ed. Acribia, pp. 859-890
- Ghaly, A. (2009). The use of insects as human food in Zambia. *Journal of biological sciences*, 9 (4):93-104
- Goldberg, E., Gakhar, N., Ryland, D., Aliani, M., Gibson, R., House, J. (2012). Fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs from laying hens fed hempseed and hempseed oil. *Journal of Food Science*, 77 (4), pp. 153-160
- Greenhoff, K. y MacFie, H. 1994. Preference mapping in practice. *Measurement of food preferences*, pp. 137-166
- Gruda, Z. (1986). *Tecnología de la congelación de los alimentos*. España. Acribia S.A.
- Hansen, L. (2009). Ants on the menu. *Skipping Stones*, 21 (2):15

- Hernández, M. I. (2006). Influencia de los capsaicinoides en la percepción de los gustos básicos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química, UNAM, México, D.F.
- INEGI. (1986). Anuario estadístico del Estado de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- INEGI. (1993). Anuario estadístico del Estado de Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, Aguascalientes.
- Jones, K. y Madsen, D. (1991). Further experiments in native food procurement. *Utah Archaeology*, 81: 68-77
- Juárez, J., Melo, V., Pérez, D., Calvo, C. (2010). Contenido de proteínas y aminoácidos en escamoles (*Liometopum apiculatum*) capturados en el Estado de Hidalgo. *Revista salud pública y nutrición. Congreso internacional de QFB*, 10
- Kitsa, K. (1989). Contribution des insectes comestibles á l'amélioration de la ration alimentaire au Kasai occidentale a Zaire. *Afrique*, 239:511-519
- Kok, R., Shivhare, U., Lomaliza, K. (1991). Mass and component balances for insect production. *Can. Agric. Eng.*, 33:185-192
- Krause, M. y Mahan, L. (2003). Food nutrition and diet therapy. Philadelphia, PA: W. B. Saunders Co.
- Lewis, J., Franceschi, E., Stofella, S. (1991). Effects of ant hills on the floristic richness of plant communities of a large depression in the Great Chaco. *Rev. Biol. Trop.*, 39:31-39
- MacEvelly, C. (2000). Bugs in the system. *Nutrition bulletin*, 25:267-268
- Magaña, L. (2010). Efecto de los procesos de congelación-descongelación sobre rodajas de kiwi. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Estado de México
- Metcalf, C. y Flint, W. (1962). Destructive and useful insects. 4ª ed. McGraw Hill, Toronto, pp. 1099
- Miranda, G., Quintero, B., Ramos, B. (2011). La recolección de insectos con fines alimenticios en la zona turística de Otumba y Teotihuacán, Estado de México. *Revista de turismo y patrimonio cultural*, 9:81-98
- Miranda, R., Quintero, S., Ramos, R., Olguín-Arredondo. (2011). La recolección de insectos con fines alimenticios en la zona turística de Otumba y Teotihuacán, Estado de México, *Revista de turismo y patrimonio cultural*, vol. 9, núm. 1, pp. 87-91

- Mishra, N., Hazarika, N., Narain, K., Mahanta, J. 2003. Nutritive value of non-mulberry silkworm pupae and consumption pattern in Assam, India. *Nutrition research*, 23:1303-1311
- Munrray, J., Delahunty, C., Baxter, I. (2001). Descriptive sensory analysis: Past, present and future. *Food Research International*, 34, pp. 461-471
- Nazrul, I., Prabhu, V. (2006). Mathematical modeling and simulation of cryogenic tunnel freezers. *Journal of food Engineering*, 80:701-710
- O'Mahony, M. (2005). Apuntes del curso: Nuevas estrategias metodológicas en la evaluación sensorial de alimentos. UNAM, México D.F
- Padilla, R. (2010). Estudio de la relación de las características sensoriales y de color en cortes de bovino de alto precio y alto consumo. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México D.F
- Palm, R. (1998). L'analyse en composantes principales: principe et application. Notes de statistique et d'informatique. Gembloux, Belgique.
- Pedrero, D. y Pangborn, R. (1989). Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos analíticos, ed. Alhambra, pág. 97
- Peña, R. (1992). Biología de áfidos y su relación con la transmisión de virus. *Áfidos como vectores de virus en México*, (1):11-35
- Petal, J. y Kusinska, A. (1994). Fractional composition of organic matter in the soil of anthills and of the environment of meadows. *Pedobiologia*, 38:493-501
- Petal, J. (1998). The influence of ants on carbon and nitrogen mineralization in drained fen soils. *Appl. Soil Ecol.*, 9:271-275
- Ramos-Elorduy, J. y Pino, M. (1982). Los insectos como una fuente de proteínas en el futuro (2ª ed). Limusa, México D.F
- Ramos-Elorduy, J. y Pino, J. (1982). Valor nutritivo y calidad de la proteína de algunos insectos comestibles de México, *Folia Entomológica Mexicana*, número 53, pp. 116-117.
- Ramos-Elorduy, J., MacGregor, R., Cuadriello, J., San Pedro, G. (1983). Quelques données sur la Biologie des Fourmis *Liometopum* (Dolichoderinae) au Mexique et en particulier sur leurs rapports avec les Homoptères. *Social Insects in the Tropics*, 2:125-130
- Ramos-Elorduy, J., Darchen, B., Flores, A., Sandoval, E., Cuevas, S. (1986). Estructura del nido de *Liometopum occidentale* var. *luctuosum*, manejo y cuidado de estos en los núcleos rurales de México de las especies productoras

de "escamoles" *L. apiculatum* y de *L. occidentale* var. *luctuosum*. *Instituto de Biología, UNAM*. 57 (2):333-342

- Ramos-Elorduy, J., Delage, B., Galindo, M., Pino, J. (1988a). Observaciones biotecnológicas de *Liometopum apiculatum* M y *Liometopum occidentale* var. *Luctuosum* W (Hymenoptera Formicidae). *Anales del Instituto de Biología, UNAM*. 58 (1):341-354
- Ramos-Elorduy, J., Pino, M., (1989). Los insectos comestibles en el México antiguo. AGT editor, S.A., México D.F
- Ramos-Elorduy, J. y Pino, J. (1990). Contenido calórico de algunos insectos comestibles de *química de México*, 34 (2):56-68 Mexico. *Revista sociedad*
- Ramos-Elorduy, J. y Conconi, M. (1994). Edible insects of the world (List of species, places of consumption and ethnos that ingested) Forth Int. Cong. Ethnobiol. Abstracts, Lucknow, India, pp. 311.
- Ramos-Elorduy, J. (1997). Insects: a sustainable source of food. *Ecology of food and nutrition*, 36:247-276
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J., Escamilla, P., Alvarado, P., Lagunez, J., Ladron de Guevara, O. (1997). Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *Journal of food composition and analysis*, 10 (2):142-157
- Ramos-Elorduy, J. y Pino, J. (1998). Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo. *Anales del Instituto de Biología, UNAM*, 69:65-104
- Ramos-Elorduy, J., (1999). Insectos comestibles, *Arqueología, México*, vol. 35, año 6, pp. 68-73.
- Ramos-Elorduy, J. y Pino, J. (2001). Contenido de vitaminas de algunos insectos comestibles de México, *Journal of the Mexican Chemical Society*, vol.45, número 002, Sociedad Química de México, México, México, pp. 71
- Ramos-Elorduy, J. (2002). Edible insects of Chiapas, México. *Ecology of food and nutrition*, 41 (4):271-299
- Ramos-Elorduy, J., Ávila, E., Rocha, A., Pino, J. (2002a). Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera- Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for a broiler chickens. *Journal of economic entomology*, 95 (1), 214-220
- Ramos-Elorduy, J. y Pino, J. (2003). Necesidad de una legislación para la explotación y venta de insectos comestibles en México. *Resúmenes del V Congreso Mexicano de Etnobiología*

- Ramos-Elorduy, J. (2004). La etnoentomología en la alimentación, la medicina y el reciclaje, Biodiversidad taxonomía y biogeografía de artrópodos de México, hacia una síntesis de su conocimiento, vol. 4, pp. 331-342
- Ramos-Elorduy, J. (2006). Threatened edible insects in Hidalgo, Mexico and some measures to preserve them. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 2:51-62
- Ramos-Elorduy, J. y Pino, J. (2006). Los insectos comestibles comercializados en los mercados de Cuautitlán de Romero Rubio, Estado de México, México, Sitientibus Serie Ciencias Biológicas, vol. 6, pp. 58-64
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J., Conconi, M. (2006). Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia entomológica mexicana*, 45 (3):291-318
- Ramos-Elorduy, J., Costa, N., Ferreira dos Santos, J., Pino, J., Landero, I., Ángeles, C., García, P. (2006). Estudio comparativo del valor nutritivo de varios coleóptera comestibles de México y *Pachymerus nucleorum* (fabricius, 1792) (bruchidae) de Brasil. *Interciencia*, 31 (7):512-51
- Ramos-Elorduy, J., Costa, E., Pino, J., Moreno, M., Cuevas, M., García-Figueroa, J., Zetina, D. (2007). Conocimiento de la entomofauna útil en el poblado de La Purísima Palmar de Bravo, Estado de Puebla, México. *Biotemas* 20(2):121-134pp.
- Ramos-Elorduy, J. (2008). Energy supplied by edible insects from Mexico and their nutritional and ecological importance. *Ecology and nutrition*, 47:280-297
- Ramos-Elorduy, J. (2009). *¿Los insectos se comen?* Dirección general de divulgación de la ciencia, UNAM., México D.F.
- Ramos-Elorduy, B. (2010). Estudio sobre aspectos químico-biológico y sensoriales de tres insectos comestibles que se comercializan en Otumba y Teotihuacán, Estado de México. Protocolo registrado con el numero DETUR. 052010. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma del Estado de México
- Ríos, L., Valiente, A., Rico, V. (2004). Las hormigas del valle de Tehuacán Hymenoptera: Formicidae): una comparación con otras zonas áridas de México. *Acta Zool. Mex.* 20 (1):37-54
- Rojas, P. (2001). Las hormigas del suelo en México: Diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 1:189-238.



- Ruíz-Pérez-Cacho, M., Galán, H., León, F. (2005). Formación de catadores para un panel descriptivo de salchichón, *Alimentaria*, Enero/Febrero, 05:29 – 36.
- Sahagún, F. (1980). Códice Florentino, Ed. Facsimilar, Ed. Archivo General de la Nación. Libro XI p. 221.261
- Sahagún, F. (1989). Historia General de las cosas de la Nueva España. Ed. Consejo Nacional Para la Cultura y las Artes, Alianza Editorial Mexicana, Tomo I y II 923 p.
- Salem, M. y Hole, F. (1968). Ant (*Formica exsectoides*) pedoturbation in a forest soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 32:563-567
- Sánchez, P. y Hevia, P. (1997). Consumo de Insectos alternativa alimentaria del neotrópico, *Bolletín Entomology*. Venezuela, 12(1): 125-127
- Sancho, J., Bota, E., de Castro, J. (2002). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Editorial Alfaomega S.A. México
- Shaefer, C. (1968). The relationship of the fatty acids composition of *Heliothis zea* larvae to that of its diet. *Journal of insect physiology*, 14, 171-178
- Siguirá, Y., González, F. (1996). *Cocina mexicana a través de los siglos*. Ed. Clío, Tomo I, Fundación Hérdex.
- Speight, M. (2001) Insect diversity and livelihoods. *Living off biodiversity: Exploring livelihoods and biodiversity issues in natural resource management* pp. 231-268
- Stack, J., Dorward, A., Gondo, T., Frost, P., Taylor, F., Kurebgaseka, N. (2003). Mopane worm utilization and rural livelihoods in Sothern Africa, CIFOR Livelihood Conference, Bonn
- Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A., Singleton, R. (1974). Sensory evaluation by Quantitative Descriptive Analysis, *Food Technology*, 28(11):24-33
- Stone, H. y Sidel, J. (1985). Sensory Evaluation Practices. *Academic Press Inc.* San Diego California, 1985
- Sutton, M. (1988). Insects as food: aboriginal entomophagy in the Great Basin, Ballena Press Anthropological Papers N. 33, 115p.
- Tavera, R. (2007). Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas, color y textura de tres variedades de maíz nixtamalizado. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México D.F

- Thomas, C. (2003). Biology, utilization and rearing of *Rhynchophorus phoenicis* (Coleoptera:Curculionidae) in the Niger Delta area of Nigeria Ph.D. thesis, Rivers State University of Science and Technology, Nkpolu, Port Harcourt, Nigeria.
- Thomas, C. and Okwapkam, B. (2006). Assessment of nutrient composition of adults, pupae, larvae of *Rhynchophorus phoenicis* (Coleoptera: Curculionidae) in palms of Niger Delta. *Niger Delta Biologia*, 6 (2):48-52
- Torre, P. (2000). Bases científicas del análisis sensorial. *Alimentaria*, 37:155-164.
- Utrera, A. (2007). Queso Cotija autentico: estudio de la relación de sus características sensoriales, texturales y de color. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM. México D.F.
- Velasco, C., Corona, M., Peña, R. (2007). *Liometopum apiculatum* (Formicidae: Dolichoderinae) y su relación trofobiótica con Hemiptera Sternorrhyncha en Tlaxco, Tlaxcala, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 23 (2):31-42
- Viesca, G., Felipe, C., Romero, C., Alejandro, T. (2009). La entomofagia en México. Algunos aspectos culturales, núm. 16, Universidad Autónoma del Estado de México, México, pp. 59-61
- Villarroel, L., Álvarez, J., Maldonado, D. (2003). Aplicación del análisis de componentes principales en el desarrollo de productos. *Proyecto Centro de Estadística Aplicada- CESA*, Universidad de San Simón Cochabamba, Bolivia
- Vivanco, J., Bojórquez, J., Murray, R., Nájera, O., Hernández, A., Flores, F. (2010). Características de los principales suelos de la cuenca del río Mololoa, Tepic, Nayarit, México. *Cultivos Tropicales*, 31 (1):32-40
- Webb, J., Agee, H., Leppla, N., Calkins, C. (1981). Monitoring insect quality. *Trans. ASAE.*, 24:476-479
- Whitford, W., Schaefer, D., Wisdom, D. (1986). Soil movement by desert ants. *Southwest Nat.*, 31:273-274
- Wiken, E., Broersma, K., Lavkulich, L., Farstad, L. (1976). Biosynthetic alteration in a British Columbia soil by ants (*Formica fusca* Linne). *Soil Sci. Soc. Amer. Jour.*, 40:422-426
- Yen, A. (2009). Edible insects: Traditional knowledge or western phobia. *Entomological Research*, 39:289-298
- Zhang, C., Tang, D., Cheng, J. (2008). The utilization and industrialization of insect resources in China. *Etnomological Research*, 38:38-47

- Zhou, J. y Han, D. (2006). Proximate, amino acid and mineral composition of pupae of the silkworm *Antheraea pernyi* in China. *Journal of food composition and analysis*, 19:850-853

Referencias de internet:

- Información ambiental de México. Suelos. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

[http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Documents/pdf/cap\\_3\\_suelos.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Documents/pdf/cap_3_suelos.pdf)

## 10 ANEXOS

### Anexo 1

En la siguiente tabla se pueden observar los descriptores descartados después de la sesión de reducción de atributos. Se eliminaron pues se encontró que no estaban presentes en todas las muestras de escamoles evaluadas y porque algunos solo los detectaban uno o dos jueces y los demás no.

**Tabla 12. Descriptores descartados en la sesión de reducción de atributos**

Grupo al que pertenecen	Atributos descartados
<b>OLOR</b>	Atún
	Cereal
	Caramelo
	Grasa
	Ácido
	Queso de cabra
<b>FLAVOR</b>	Café

### Anexo 2

Tablas de los promedios obtenidos para cada grupo de atributos evaluados, para cada muestra empleada para desarrollar el perfil sensorial de los escamoles, en donde la calificación más alta se encuentra remarcada en negritas y la más baja en cursiva.

**Tabla 17. Promedio presentado en los atributos de apariencia de escamoles frescos**

	Escamoles Otumba Fre	Escamoles Teotihuacán Fre	Escamoles MSJ Fre	Escamoles Tepetlaoxtoc Fre	Escamoles Ixmiquilpan Fre
Brillante	6.95 <sup>a</sup>	<b>7.3<sup>a</sup></b>	6.4 <sup>a</sup>	6.34 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>
Suero Lechoso	1.92 <sup>b</sup>	<b>4.65<sup>a</sup></b>	4.36 <sup>a</sup>	1.37 <sup>b</sup>	1.69 <sup>b</sup>
Forma	<b>3.42<sup>a</sup></b>	<b>3.42<sup>a</sup></b>	2.64 <sup>a</sup>	3.11 <sup>a</sup>	3.21 <sup>a</sup>
Homogéneo	2.86 <sup>d</sup>	5.87 <sup>b</sup>	<b>7.76<sup>a</sup></b>	4.86 <sup>bc</sup>	3.77 <sup>cd</sup>
Color	4.1 <sup>a</sup>	3.52 <sup>a</sup>	<b>4.12<sup>a</sup></b>	3.85 <sup>a</sup>	3.82 <sup>a</sup>
Liso	3.35 <sup>bc</sup>	3.85 <sup>ab</sup>	<b>4.31<sup>a</sup></b>	2.5 <sup>c</sup>	4.24 <sup>ab</sup>

\*abcd Distinta letra indica que existe diferencia significativa entre los datos de una fila

**Tabla 18. Promedio presentado en los atributos de textura de escamoles frescos**

	Escamoles Otumba Fre	Escamoles Teotihuacán Fre	Escamoles MSJ Fre	Escamoles Tepetlaoxtoc Fre	Escamoles Ixmiquilpan Fre
Liso	2.9 <sup>b</sup>	3.47 <sup>b</sup>	<b>4.36<sup>a</sup></b>	3.1 <sup>b</sup>	3.77 <sup>ab</sup>
Adhesividad	2.78 <sup>b</sup>	3.52 <sup>ab</sup>	<b>4.28<sup>a</sup></b>	2.85 <sup>b</sup>	2.9 <sup>b</sup>
Pastoso	2.72 <sup>c</sup>	4.4 <sup>b</sup>	<b>6.2<sup>a</sup></b>	3.57 <sup>bc</sup>	3.26 <sup>c</sup>
Grasosa	3.62 <sup>c</sup>	5.18 <sup>ab</sup>	<b>5.77<sup>a</sup></b>	4.07 <sup>bc</sup>	3.7 <sup>c</sup>
Fracturable	3.39 <sup>a</sup>	3.46 <sup>a</sup>	<b>3.54<sup>a</sup></b>	3.42 <sup>a</sup>	2.96 <sup>a</sup>
Masticable	4.29 <sup>b</sup>	5.54 <sup>a</sup>	<b>5.71<sup>a</sup></b>	3.48 <sup>b</sup>	4.18 <sup>b</sup>
Aguado	3.3 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	<b>3.69<sup>a</sup></b>	3.43 <sup>a</sup>	3.56 <sup>a</sup>
Crujiente	4.42 <sup>a</sup>	<b>5.07<sup>a</sup></b>	4.46 <sup>a</sup>	3.77 <sup>a</sup>	3.85 <sup>a</sup>
Formación de película en paladar	3.48 <sup>b</sup>	<b>4.95<sup>a</sup></b>	4.69 <sup>a</sup>	3.27 <sup>b</sup>	3.5 <sup>b</sup>
Cremoso	3.11 <sup>c</sup>	<b>5<sup>a</sup></b>	4.23 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>bc</sup>	3.3 <sup>c</sup>
Viscoso	2.25 <sup>b</sup>	3.02 <sup>a</sup>	<b>3.15<sup>a</sup></b>	2.26 <sup>b</sup>	2.41 <sup>b</sup>
Grumoso	2.58 <sup>b</sup>	2.81 <sup>b</sup>	<b>3.67<sup>a</sup></b>	2.68 <sup>b</sup>	2.95 <sup>b</sup>
Cáscara	4.66 <sup>bc</sup>	5.06 <sup>ab</sup>	<b>5.52<sup>a</sup></b>	4.14 <sup>c</sup>	4.68 <sup>bc</sup>
Jugoso	5.82 <sup>a</sup>	<b>6.31<sup>a</sup></b>	4.84 <sup>a</sup>	5.11 <sup>a</sup>	5.65 <sup>a</sup>

\*abcd Distinta letra indica que existe diferencia significativa entre los datos de una fila

**Tabla 19. Promedio presentado en los atributos de olor de escamoles frescos**

	Escamoles Otumba Fre	Escamoles Teotihuacán Fre	Escamoles MSJ Fre	Escamoles Tepetlaoxtoc Fre	Escamoles Ixmiquilpan Fre
Elotes	3.09 <sup>ab</sup>	2.13 <sup>c</sup>	<b>3.45<sup>a</sup></b>	2.92 <sup>ab</sup>	2.59 <sup>ac</sup>
Dulce	2.96 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	<b>3.06<sup>a</sup></b>	2.61 <sup>a</sup>	2.61 <sup>a</sup>
Tierra	2.51 <sup>c</sup>	2.58 <sup>bc</sup>	<b>3.6<sup>a</sup></b>	2.85 <sup>bc</sup>	3.25 <sup>ab</sup>
Salado	<b>3.87<sup>a</sup></b>	2.78 <sup>bc</sup>	3.1 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	2.33 <sup>c</sup>
Fermentado	2.06 <sup>b</sup>	2.42 <sup>b</sup>	2.66 <sup>ab</sup>	<b>3.21<sup>a</sup></b>	2.22 <sup>b</sup>
Aceite	2.56 <sup>b</sup>	2.3 <sup>bc</sup>	1.87 <sup>c</sup>	<b>3.29<sup>a</sup></b>	2.31 <sup>bc</sup>
Amargo	2.4 <sup>a</sup>	2.68 <sup>a</sup>	2.63 <sup>a</sup>	<b>3.42<sup>a</sup></b>	2.41 <sup>a</sup>
Avena	<b>3.35<sup>a</sup></b>	2.87 <sup>a</sup>	3.22 <sup>a</sup>	3.33 <sup>a</sup>	2.54 <sup>a</sup>
Manteca	2.22 <sup>bc</sup>	1.96 <sup>bc</sup>	2.54 <sup>b</sup>	<b>3.24<sup>a</sup></b>	1.95 <sup>c</sup>
Mantequilla	<b>5.38<sup>a</sup></b>	2.77 <sup>c</sup>	2.67 <sup>c</sup>	4.46 <sup>b</sup>	2.59 <sup>c</sup>
Cocido	<b>5.44<sup>a</sup></b>	5.08 <sup>a</sup>	5.13 <sup>a</sup>	5.05 <sup>a</sup>	3.98 <sup>a</sup>

\*abcd Distinta letra indica que existe diferencia significativa entre los datos de una fila

**Tabla 20. Promedio presentado en los atributos de flavor de escamoles frescos**

	Escamoles Otumba Fre	Escamoles Teotihuacán Fre	Escamoles MSJ Fre	Escamoles Tepetlaoxtoc Fre	Escamoles Ixmiquilpan Fre
Garbanzo	3.88 <sup>a</sup>	2.9 <sup>b</sup>	4.08 <sup>a</sup>	3.77 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>
Avena	2.57 <sup>ab</sup>	2.32 <sup>b</sup>	2.29 <sup>b</sup>	3.11 <sup>a</sup>	2.8 <sup>ab</sup>
Mantequilla	5.48 <sup>a</sup>	2.54 <sup>c</sup>	2.55 <sup>c</sup>	4.17 <sup>b</sup>	3.15 <sup>c</sup>
Manteca	2.79 <sup>a</sup>	2.5 <sup>ab</sup>	2.46 <sup>ab</sup>	2.14 <sup>bc</sup>	1.82 <sup>c</sup>
Leche	4.4 <sup>a</sup>	3.14 <sup>bc</sup>	2.78 <sup>c</sup>	3.58 <sup>b</sup>	2.79 <sup>c</sup>
Proteína	4.29 <sup>a</sup>	3.23 <sup>cd</sup>	3.59 <sup>bc</sup>	4.14 <sup>ab</sup>	2.72 <sup>d</sup>
Aceitoso	4.45 <sup>a</sup>	3.57 <sup>bc</sup>	3.47 <sup>bc</sup>	4.12 <sup>ab</sup>	3.27 <sup>c</sup>
Grasa	4.11 <sup>a</sup>	3.42 <sup>b</sup>	2.8 <sup>c</sup>	3.44 <sup>b</sup>	3.1 <sup>bc</sup>
Amargo	3.1 <sup>abc</sup>	3.41 <sup>ab</sup>	2.72 <sup>bc</sup>	3.66 <sup>a</sup>	2.68 <sup>c</sup>
Persistencia	4.12 <sup>b</sup>	5.75 <sup>a</sup>	5.54 <sup>a</sup>	4.87 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>b</sup>
Percepción retronasal	4.34 <sup>a</sup>	5.42 <sup>a</sup>	5.79 <sup>a</sup>	4.55 <sup>a</sup>	4.94 <sup>a</sup>
Dulce	2.79 <sup>a</sup>	2.89 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	2.34 <sup>a</sup>	2.76 <sup>a</sup>
Salado	2.58 <sup>c</sup>	3.24 <sup>b</sup>	3.94 <sup>a</sup>	2.85 <sup>bc</sup>	2.61 <sup>c</sup>
Pasto	2.11 <sup>c</sup>	3.45 <sup>b</sup>	2.54 <sup>bc</sup>	2.42 <sup>c</sup>	4.63 <sup>a</sup>
Tierra	3.27 <sup>b</sup>	3.12 <sup>bc</sup>	2.49 <sup>c</sup>	2.65 <sup>bc</sup>	3.96 <sup>a</sup>
Astringente	1.42 <sup>b</sup>	2.37 <sup>a</sup>	2.07 <sup>a</sup>	2.01 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>
Resabio salado	2.56 <sup>b</sup>	2.57 <sup>b</sup>	4.02 <sup>a</sup>	3.06 <sup>b</sup>	3.1 <sup>b</sup>
Resabio amargo	4.38 <sup>a</sup>	2.97 <sup>bc</sup>	3.65 <sup>ab</sup>	3.18 <sup>b</sup>	2.39 <sup>c</sup>

\*abcd Distinta letra indica que existe diferencia significativa entre los datos de una fila

**Tabla 21. Promedio presentado en los atributos de apariencia de escamoles congelados**

	Escamoles Otumba Fr	Escamoles Teotihuacán Fr	Escamoles MSJ Fr	Escamoles Tepetlaoxtoc Fr	Escamoles Ixmiquilpan Fr
Brillante	5.58 <sup>b</sup>	6.46 <sup>a</sup>	4.6 <sup>c</sup>	6.01 <sup>ab</sup>	5.43 <sup>b</sup>
Suero Lechoso	1.22 <sup>d</sup>	2.4 <sup>b</sup>	2.87 <sup>a</sup>	1.59 <sup>c</sup>	1.16 <sup>d</sup>
Forma	3.08 <sup>a</sup>	3.18 <sup>a</sup>	2.62 <sup>a</sup>	2.87 <sup>a</sup>	2.81 <sup>a</sup>
Homogéneo	5.73 <sup>a</sup>	5.06 <sup>a</sup>	5.46 <sup>a</sup>	4.28 <sup>b</sup>	3.47 <sup>c</sup>
Color	3.98 <sup>ab</sup>	3.19 <sup>c</sup>	3.58 <sup>bc</sup>	4.46 <sup>a</sup>	3.04 <sup>c</sup>
Liso	4.09 <sup>b</sup>	3.64 <sup>b</sup>	6.02 <sup>a</sup>	4.02 <sup>b</sup>	4.39 <sup>b</sup>

\*abcd Distinta letra indica que existe diferencia significativa entre los datos de una fila

**Tabla 22. Promedio presentado en los atributos de textura de escamoles congelados**

	Escamoles Otumba Fr	Escamoles Teotihuacán Fr	Escamoles MSJ Fr	Escamoles Tepetlaoxtoc Fr	Escamoles Ixmiquilpan Fr
Liso	4.21 <sup>bc</sup>	3.7 <sup>c</sup>	<b>5.74<sup>a</sup></b>	4.26 <sup>bc</sup>	4.68 <sup>b</sup>
Adhesividad	3.48 <sup>b</sup>	2.84 <sup>c</sup>	<b>4.5<sup>a</sup></b>	3.61 <sup>b</sup>	3.33 <sup>bc</sup>
Pastoso	4.03 <sup>a</sup>	3.65 <sup>a</sup>	<b>4.13<sup>a</sup></b>	3.65 <sup>a</sup>	3.45 <sup>a</sup>
Grasosa	3.64 <sup>a</sup>	3.25 <sup>a</sup>	2.99 <sup>a</sup>	<b>3.69<sup>a</sup></b>	3.15 <sup>a</sup>
Fracturable	3.41 <sup>b</sup>	3.77 <sup>b</sup>	<b>5.02<sup>a</sup></b>	3.38 <sup>b</sup>	3.43 <sup>b</sup>
Masticable	3.85 <sup>a</sup>	3.84 <sup>a</sup>	3.96 <sup>a</sup>	4.56 <sup>a</sup>	<b>4.72<sup>a</sup></b>
Aguado	3.57 <sup>bc</sup>	3.39 <sup>c</sup>	<b>4.52<sup>a</sup></b>	3.56 <sup>bc</sup>	3.92 <sup>b</sup>
Crujiente	4.05 <sup>b</sup>	4.25 <sup>b</sup>	4.58 <sup>b</sup>	<b>5.45<sup>a</sup></b>	4.09 <sup>b</sup>
Formación de película en paladar	3.31 <sup>b</sup>	3.49 <sup>b</sup>	2.8 <sup>c</sup>	3.69 <sup>ab</sup>	<b>4.07<sup>a</sup></b>
Cremoso	2.84 <sup>ab</sup>	2.43 <sup>bc</sup>	1.64 <sup>d</sup>	2.32 <sup>c</sup>	<b>2.95<sup>a</sup></b>
Viscoso	2.4 <sup>a</sup>	<b>2.44<sup>a</sup></b>	1.68 <sup>b</sup>	2.34 <sup>a</sup>	2.34 <sup>a</sup>
Grumoso	2.4 <sup>bc</sup>	2.64 <sup>ab</sup>	2.06 <sup>c</sup>	2.75 <sup>ab</sup>	<b>2.92<sup>a</sup></b>
Cáscara	4.15 <sup>a</sup>	4.36 <sup>a</sup>	<b>4.88<sup>a</sup></b>	4.49 <sup>a</sup>	4.33 <sup>a</sup>
Jugoso	3.15 <sup>b</sup>	<b>4.91<sup>a</sup></b>	2.73 <sup>b</sup>	3.37 <sup>b</sup>	4.76 <sup>a</sup>

\*abcd Distinta letra indica que existe diferencia significativa entre los datos de una fila

**Tabla 23. Promedio presentado en los atributos de olor de escamoles congelados**

	Escamoles Otumba Fr	Escamoles Teotihuacán Fr	Escamoles MSJ Fr	Escamoles Tepetlaoxtoc Fr	Escamoles Ixmiquilpan Fr
Elotes	3.15 <sup>bc</sup>	<b>4.42<sup>a</sup></b>	3.58 <sup>bc</sup>	3.08 <sup>c</sup>	3.68 <sup>b</sup>
Dulce	2.69 <sup>a</sup>	<b>3.08<sup>a</sup></b>	2.98 <sup>a</sup>	2.18 <sup>b</sup>	2.90 <sup>a</sup>
Tierra	2.67 <sup>b</sup>	2.97 <sup>ab</sup>	3.15 <sup>a</sup>	2.60 <sup>b</sup>	<b>3.17<sup>a</sup></b>
Salado	3.02 <sup>a</sup>	2.91 <sup>a</sup>	<b>3.28<sup>a</sup></b>	3.17 <sup>a</sup>	2.82 <sup>a</sup>
Fermentado	2.17 <sup>c</sup>	2.83 <sup>b</sup>	2.84 <sup>b</sup>	<b>3.35<sup>a</sup></b>	2.57 <sup>bc</sup>
Aceite	2.71 <sup>a</sup>	<b>3.11<sup>a</sup></b>	2.93 <sup>a</sup>	2.71 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>
Amargo	2.67 <sup>a</sup>	2.94 <sup>a</sup>	2.72 <sup>a</sup>	<b>3.11<sup>a</sup></b>	2.61 <sup>a</sup>
Avena	2.49 <sup>b</sup>	2.69 <sup>b</sup>	2.77 <sup>ab</sup>	2.51 <sup>b</sup>	<b>3.15<sup>a</sup></b>
Manteca	2.52 <sup>b</sup>	<b>3.00<sup>a</sup></b>	2.60 <sup>ab</sup>	2.37 <sup>b</sup>	2.39 <sup>b</sup>
Mantequilla	2.16 <sup>c</sup>	3.32 <sup>a</sup>	3.24 <sup>a</sup>	2.76 <sup>b</sup>	<b>3.38<sup>a</sup></b>
Cocido	<b>3.97<sup>a</sup></b>	3.64 <sup>a</sup>	3.66 <sup>a</sup>	3.12 <sup>a</sup>	3.89 <sup>a</sup>

\*abcd Distinta letra indica que existe diferencia significativa entre los datos de una fila

**Tabla 24. Promedio presentado en los atributos de flavor de escamoles congelados**

	Escamoles Otumba Fr	Escamoles Teotihuacán Fr	Escamoles MSJ Fr	Escamoles Tepetlaoxtoc Fr	Escamoles Ixmiquilpan Fr
Garbanzo	<b>4.00<sup>a</sup></b>	3.34 <sup>bc</sup>	3.44 <sup>b</sup>	2.94 <sup>c</sup>	3.45 <sup>b</sup>
Avena	<b>2.93<sup>a</sup></b>	2.83 <sup>a</sup>	2.54 <sup>a</sup>	2.38 <sup>a</sup>	2.87 <sup>a</sup>
Mantequilla	3.03 <sup>a</sup>	2.99 <sup>a</sup>	3.11 <sup>a</sup>	<b>3.14<sup>a</sup></b>	2.78 <sup>a</sup>
Manteca	2.57 <sup>bc</sup>	<b>3.01<sup>a</sup></b>	2.32 <sup>bc</sup>	2.67 <sup>ab</sup>	2.26 <sup>c</sup>
Leche	2.45 <sup>a</sup>	<b>2.97<sup>a</sup></b>	2.70 <sup>a</sup>	2.54 <sup>a</sup>	2.53 <sup>a</sup>
Proteína	3.35 <sup>bc</sup>	3.18 <sup>c</sup>	<b>3.77<sup>a</sup></b>	3.72 <sup>ab</sup>	3.60 <sup>ab</sup>
Aceitoso	3.13 <sup>a</sup>	<b>3.51<sup>a</sup></b>	3.28 <sup>a</sup>	3.07 <sup>a</sup>	3.08 <sup>a</sup>
Grasa	3.05 <sup>a</sup>	2.99 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	<b>3.18<sup>a</sup></b>	2.74 <sup>a</sup>
Amargo	<b>3.30<sup>a</sup></b>	<b>3.30<sup>a</sup></b>	3.13 <sup>a</sup>	3.26 <sup>a</sup>	3.13 <sup>a</sup>
Persistencia	3.65 <sup>c</sup>	4.20 <sup>ab</sup>	4.36 <sup>ab</sup>	3.92 <sup>bc</sup>	<b>4.51<sup>a</sup></b>
Percepción retronasal	4.12 <sup>a</sup>	4.19 <sup>a</sup>	<b>4.60<sup>a</sup></b>	4.31 <sup>a</sup>	4.55 <sup>a</sup>
Dulce	2.50 <sup>a</sup>	<b>2.54<sup>a</sup></b>	2.15 <sup>a</sup>	2.24 <sup>a</sup>	2.46 <sup>a</sup>
Salado	3.08 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	2.82 <sup>a</sup>	2.93 <sup>a</sup>	<b>3.10<sup>a</sup></b>
Pasto	2.98 <sup>a</sup>	2.84 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>	3.13 <sup>a</sup>	<b>3.41<sup>a</sup></b>
Tierra	3.42 <sup>bc</sup>	3.48 <sup>b</sup>	3.02 <sup>c</sup>	3.32 <sup>bc</sup>	<b>4.10<sup>a</sup></b>
Astringente	2.19 <sup>a</sup>	2.34 <sup>a</sup>	2.46 <sup>a</sup>	<b>2.74<sup>a</sup></b>	2.42 <sup>a</sup>
Resabio salado	2.75 <sup>a</sup>	<b>3.15<sup>a</sup></b>	2.98 <sup>a</sup>	3.07 <sup>a</sup>	2.94 <sup>a</sup>
Resabio amargo	2.80 <sup>c</sup>	3.24 <sup>abc</sup>	<b>3.56<sup>a</sup></b>	3.43 <sup>ab</sup>	3.04 <sup>bc</sup>

\*abcd Distinta letra indica que existe diferencia significativa entre los datos de una fila



**Tabla 25. Promedio presentado en los atributos de apariencia en la comparación de muestras frescas y congeladas**

	Escamoles Otumba Fre	Escamoles Otumba Fr	Escamoles Teotihuacán Fre	Escamoles Teotihuacán Fr	Escamoles MSJ Fre	Escamoles MSJ Fr	Escamoles Tepetlaoxtoc Fre	Escamoles Tepetlaoxtoc Fr	Escamoles Ixmiquilpan Fre	Escamoles Ixmiquilpan Fr
Brillante	6.95 <sup>ab</sup>	5.58 <sup>de</sup>	<b>7.30<sup>a</sup></b>	6.46 <sup>bc</sup>	6.40 <sup>bcd</sup>	4.60 <sup>f</sup>	6.34 <sup>bcd</sup>	6.01 <sup>cde</sup>	6.50 <sup>abc</sup>	5.43 <sup>e</sup>
Suero Lechoso	1.92 <sup>cd</sup>	1.22 <sup>e</sup>	<b>4.65<sup>a</sup></b>	2.4 <sup>bc</sup>	4.36 <sup>a</sup>	2.87 <sup>b</sup>	1.37 <sup>de</sup>	1.59 <sup>de</sup>	1.69 <sup>de</sup>	1.16 <sup>e</sup>
Forma	3.42 <sup>ab</sup>	3.08 <sup>abcde</sup>	<b>3.42<sup>a</sup></b>	3.18 <sup>abcd</sup>	2.64 <sup>de</sup>	2.62 <sup>e</sup>	3.11 <sup>abcde</sup>	2.87 <sup>bcde</sup>	3.21 <sup>abc</sup>	2.81 <sup>cde</sup>
Homogéneo	2.86 <sup>e</sup>	5.73 <sup>b</sup>	5.87 <sup>b</sup>	5.06 <sup>bc</sup>	<b>7.76<sup>a</sup></b>	5.46 <sup>b</sup>	4.86 <sup>bc</sup>	4.28 <sup>cd</sup>	3.77 <sup>de</sup>	3.47 <sup>de</sup>
Color	4.10 <sup>ab</sup>	3.98 <sup>ab</sup>	3.52 <sup>bcd</sup>	3.19 <sup>cd</sup>	4.12 <sup>ab</sup>	3.58 <sup>bcd</sup>	3.85 <sup>abc</sup>	<b>4.46<sup>a</sup></b>	3.82 <sup>abc</sup>	3.04 <sup>d</sup>
Liso	3.35 <sup>c</sup>	4.09 <sup>bc</sup>	3.85 <sup>bc</sup>	3.64 <sup>bc</sup>	4.31 <sup>b</sup>	<b>6.02<sup>a</sup></b>	2.50 <sup>d</sup>	4.02 <sup>bc</sup>	4.24 <sup>b</sup>	4.39 <sup>b</sup>

\*abcde Distinta letra indica que existe diferencia significativa entre los datos de una fila

**Tabla 26. Promedio presentado en los atributos de textura en muestras de escamoles frescos y congelados**

	Escamoles Otumba Fre	Escamoles Otumba Fr	Escamoles Teotihuacán Fre	Escamoles Teotihuacán Fr	Escamoles MSJ Fre	Escamoles MSJ Fr	Escamoles Tepetlaoxtoc Fre	Escamoles Tepetlaoxtoc Fr	Escamoles Ixmiquilpan Fre	Escamoles Ixmiquilpan Fr
Liso	2.90 <sup>e</sup>	4.21 <sup>bcd</sup>	3.47 <sup>de</sup>	3.70 <sup>cde</sup>	4.36 <sup>bc</sup>	<b>5.74<sup>a</sup></b>	3.10 <sup>e</sup>	4.26 <sup>bcd</sup>	3.77 <sup>cde</sup>	4.68 <sup>b</sup>
Adhesividad	2.78 <sup>e</sup>	3.48 <sup>cde</sup>	3.52 <sup>cd</sup>	2.84 <sup>de</sup>	4.28 <sup>ab</sup>	<b>4.50<sup>a</sup></b>	2.85 <sup>de</sup>	3.61 <sup>bc</sup>	2.90 <sup>cde</sup>	3.33 <sup>cde</sup>
Pastoso	2.72 <sup>e</sup>	4.03 <sup>bcd</sup>	4.40 <sup>b</sup>	3.65 <sup>bcd</sup>	<b>6.20<sup>a</sup></b>	4.13 <sup>bc</sup>	3.57 <sup>cd</sup>	3.65 <sup>bcd</sup>	3.26 <sup>de</sup>	3.45 <sup>cde</sup>
Grasosa	3.62 <sup>bc</sup>	3.64 <sup>bc</sup>	5.18 <sup>a</sup>	3.25 <sup>bc</sup>	<b>5.77<sup>a</sup></b>	2.99 <sup>c</sup>	4.07 <sup>b</sup>	3.69 <sup>bc</sup>	3.70 <sup>bc</sup>	3.15 <sup>c</sup>
Fracturable	3.39 <sup>bc</sup>	3.41 <sup>bc</sup>	3.46 <sup>bc</sup>	3.77 <sup>b</sup>	3.54 <sup>bc</sup>	<b>5.02<sup>a</sup></b>	3.42 <sup>bc</sup>	3.38 <sup>bc</sup>	2.96 <sup>c</sup>	3.43 <sup>bc</sup>
Masticable	4.29 <sup>cd</sup>	3.85 <sup>cd</sup>	5.54 <sup>ab</sup>	3.84 <sup>cd</sup>	<b>5.71<sup>a</sup></b>	3.96 <sup>cd</sup>	3.48 <sup>d</sup>	4.56 <sup>c</sup>	4.18 <sup>cd</sup>	4.72 <sup>bc</sup>
Aguado	3.30 <sup>b</sup>	3.57 <sup>b</sup>	3.40 <sup>b</sup>	3.39 <sup>b</sup>	3.69 <sup>b</sup>	<b>4.52<sup>a</sup></b>	3.43 <sup>b</sup>	3.56 <sup>b</sup>	3.56 <sup>b</sup>	3.92 <sup>ab</sup>
Crujiente	4.42 <sup>bc</sup>	4.05 <sup>c</sup>	5.07 <sup>ab</sup>	4.25 <sup>bc</sup>	4.46 <sup>bc</sup>	<b>5.45<sup>a</sup></b>	3.77 <sup>c</sup>	4.09 <sup>c</sup>	3.85 <sup>c</sup>	4.58 <sup>bc</sup>
Formación de película en paladar	3.48 <sup>cde</sup>	3.31 <sup>de</sup>	<b>4.95<sup>a</sup></b>	3.49 <sup>cde</sup>	4.69 <sup>ab</sup>	2.80 <sup>e</sup>	3.27 <sup>de</sup>	3.69 <sup>cd</sup>	3.50 <sup>cde</sup>	4.07 <sup>bc</sup>
Creoso	3.11 <sup>cd</sup>	2.84 <sup>cde</sup>	<b>5.00<sup>a</sup></b>	2.43 <sup>de</sup>	4.23 <sup>b</sup>	1.64 <sup>f</sup>	3.50 <sup>c</sup>	2.32 <sup>ef</sup>	3.30 <sup>c</sup>	2.95 <sup>cde</sup>

**Continuación Tabla 26**

Viscoso	2.25 <sup>b</sup>	2.4 <sup>b</sup>	3.02 <sup>a</sup>	2.44 <sup>b</sup>	<b>3.15<sup>a</sup></b>	1.68 <sup>c</sup>	2.26 <sup>b</sup>	2.34 <sup>b</sup>	2.41 <sup>b</sup>	2.34 <sup>b</sup>
Grumoso	2.58 <sup>bcd</sup>	2.4 <sup>cd</sup>	2.81 <sup>bc</sup>	2.64 <sup>bc</sup>	<b>3.67<sup>a</sup></b>	2.06 <sup>d</sup>	2.68 <sup>bc</sup>	2.75 <sup>bc</sup>	2.95 <sup>b</sup>	2.92 <sup>bc</sup>
Cáscara	4.66 <sup>bcd</sup>	4.15 <sup>d</sup>	5.06 <sup>ab</sup>	4.36 <sup>cd</sup>	<b>5.52<sup>a</sup></b>	4.88 <sup>abc</sup>	4.14 <sup>d</sup>	4.49 <sup>bcd</sup>	4.68 <sup>bcd</sup>	4.33 <sup>cd</sup>
Jugoso	5.82 <sup>ab</sup>	3.15 <sup>e</sup>	<b>6.31<sup>a</sup></b>	4.91 <sup>cd</sup>	4.84 <sup>cd</sup>	2.73 <sup>e</sup>	5.11 <sup>bcd</sup>	3.37 <sup>e</sup>	5.65 <sup>abc</sup>	4.76 <sup>d</sup>

\*abcde Distinta letra indica que existe diferencia significativa entre los datos de una fila

**Tabla 27. Promedio presentado en los atributos de olor en muestras frescas y congeladas**

	Escamoles Otumba Fre	Escamoles Otumba Fr	Escamoles Teotihuacán Fre	Escamoles Teotihuacán Fr	Escamoles MSJ Fre	Escamoles MSJ Fr	Escamoles Tepetlaoxtoc Fre	Escamoles Tepetlaoxtoc Fr	Escamoles Ixmiquilpan Fre	Escamoles Ixmiquilpan Fr
Elotes	3.09 <sup>bcd</sup>	3.15 <sup>bcd</sup>	2.13 <sup>e</sup>	<b>4.42<sup>a</sup></b>	3.45 <sup>bc</sup>	3.58 <sup>b</sup>	2.92 <sup>cd</sup>	3.08 <sup>bcd</sup>	2.59 <sup>de</sup>	3.68 <sup>b</sup>
Dulce	2.96 <sup>ab</sup>	2.69 <sup>abc</sup>	2.5 <sup>bc</sup>	<b>3.08<sup>a</sup></b>	3.06 <sup>ab</sup>	2.98 <sup>ab</sup>	2.61 <sup>abc</sup>	2.18 <sup>c</sup>	2.61 <sup>abc</sup>	2.9 <sup>ab</sup>
Tierra	2.51 <sup>d</sup>	2.67 <sup>bcd</sup>	2.58 <sup>cd</sup>	2.97 <sup>bcd</sup>	<b>3.6<sup>a</sup></b>	3.15 <sup>abc</sup>	2.85 <sup>bcd</sup>	2.6 <sup>cd</sup>	3.25 <sup>ab</sup>	3.17 <sup>abc</sup>
Salado	<b>3.87<sup>a</sup></b>	3.02 <sup>b</sup>	2.78 <sup>bc</sup>	2.91 <sup>bc</sup>	3.1 <sup>b</sup>	3.28 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	3.17 <sup>b</sup>	2.33 <sup>c</sup>	2.82 <sup>bc</sup>
Fermentado	2.06 <sup>d</sup>	2.17 <sup>cd</sup>	2.42 <sup>bcd</sup>	2.83 <sup>ab</sup>	2.66 <sup>bc</sup>	2.84 <sup>ab</sup>	3.21 <sup>a</sup>	<b>3.35<sup>a</sup></b>	2.22 <sup>cd</sup>	2.57 <sup>bcd</sup>
Aceite	2.56 <sup>bc</sup>	2.71 <sup>bc</sup>	2.3 <sup>cd</sup>	3.11 <sup>ab</sup>	1.87 <sup>d</sup>	2.93 <sup>ab</sup>	<b>3.29<sup>a</sup></b>	2.71 <sup>bc</sup>	2.31 <sup>cd</sup>	3.00 <sup>ab</sup>
Amargo	2.4 <sup>c</sup>	2.67 <sup>bc</sup>	2.68 <sup>bc</sup>	2.94 <sup>abc</sup>	2.63 <sup>bc</sup>	2.72 <sup>bc</sup>	<b>3.42<sup>a</sup></b>	3.11 <sup>ab</sup>	2.41 <sup>c</sup>	2.61 <sup>bc</sup>
Avena	<b>3.35<sup>a</sup></b>	2.49 <sup>d</sup>	2.87 <sup>abcd</sup>	2.69 <sup>cd</sup>	3.22 <sup>abc</sup>	2.77 <sup>bcd</sup>	3.33 <sup>ab</sup>	2.51 <sup>d</sup>	2.54 <sup>d</sup>	3.15 <sup>abc</sup>
Manteca	2.22 <sup>cde</sup>	2.52 <sup>bcd</sup>	1.96 <sup>de</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	2.54 <sup>bc</sup>	2.60 <sup>bc</sup>	<b>3.24<sup>a</sup></b>	2.37 <sup>cde</sup>	1.95 <sup>e</sup>	2.39 <sup>cde</sup>
Mantequilla	<b>5.38<sup>a</sup></b>	2.16 <sup>g</sup>	2.77 <sup>def</sup>	3.32 <sup>cd</sup>	2.67 <sup>efg</sup>	3.24 <sup>cde</sup>	4.46 <sup>b</sup>	2.76 <sup>defg</sup>	2.59 <sup>fg</sup>	3.38 <sup>c</sup>
Cocido	<b>5.44<sup>a</sup></b>	3.97 <sup>b</sup>	5.08 <sup>a</sup>	3.64 <sup>b</sup>	5.13 <sup>a</sup>	3.66 <sup>b</sup>	5.05 <sup>a</sup>	3.12 <sup>b</sup>	3.98 <sup>b</sup>	3.89 <sup>b</sup>

\*abcde Distinta letra indica que existe diferencia significativa entre los datos de una fila

**Tabla 28. Promedio presentado en los atributos de flavor**

	Escamoles Otumba Fre	Escamoles Otumba Fr	Escamoles Teotihuacán Fre	Escamoles Teotihuacán Fr	Escamoles MSJ Fre	Escamoles MSJ Fr	Escamoles Tepetlaoxtoc Fre	Escamoles Tepetlaoxtoc Fr	Escamoles Ixmiquilpan Fre	Escamoles Ixmiquilpan Fr
Garbanzo	3.88 <sup>ab</sup>	4.00 <sup>ab</sup>	2.90 <sup>c</sup>	3.34 <sup>bc</sup>	4.08 <sup>a</sup>	3.44 <sup>abc</sup>	3.77 <sup>ab</sup>	2.94 <sup>c</sup>	<b>4.10<sup>a</sup></b>	3.45 <sup>abc</sup>
Avena	2.57 <sup>abcd</sup>	2.93 <sup>ab</sup>	2.32 <sup>cd</sup>	2.83 <sup>abcd</sup>	2.29 <sup>d</sup>	2.54 <sup>bcd</sup>	<b>3.11<sup>a</sup></b>	2.38 <sup>bcd</sup>	2.8 <sup>abcd</sup>	2.87 <sup>abc</sup>
Mantequilla	<b>5.48<sup>a</sup></b>	3.03 <sup>c</sup>	2.54 <sup>c</sup>	2.99 <sup>c</sup>	2.55 <sup>c</sup>	3.11 <sup>c</sup>	4.17 <sup>b</sup>	3.14 <sup>c</sup>	3.15 <sup>c</sup>	2.78 <sup>c</sup>
Manteca	2.79 <sup>ab</sup>	2.57 <sup>abcd</sup>	2.5 <sup>bcd</sup>	<b>3.01<sup>a</sup></b>	2.46 <sup>bcd</sup>	2.32 <sup>bcd</sup>	2.14 <sup>de</sup>	2.67 <sup>abc</sup>	1.82 <sup>e</sup>	2.26 <sup>cde</sup>
Leche	<b>4.4<sup>a</sup></b>	2.45 <sup>d</sup>	3.14 <sup>bc</sup>	2.97 <sup>cd</sup>	2.78 <sup>cd</sup>	2.7 <sup>cd</sup>	3.58 <sup>b</sup>	2.54 <sup>cd</sup>	2.79 <sup>cd</sup>	2.53 <sup>d</sup>
Proteína	<b>4.29<sup>a</sup></b>	3.35 <sup>cd</sup>	3.23 <sup>cde</sup>	3.18 <sup>de</sup>	3.59 <sup>cd</sup>	3.77 <sup>abc</sup>	4.14 <sup>ab</sup>	3.72 <sup>bcd</sup>	2.72 <sup>e</sup>	3.6 <sup>bcd</sup>
Aceitoso	<b>4.45<sup>a</sup></b>	3.13 <sup>c</sup>	3.57 <sup>bc</sup>	3.51 <sup>bc</sup>	3.47 <sup>bc</sup>	3.28 <sup>c</sup>	4.12 <sup>ab</sup>	3.07 <sup>c</sup>	3.27 <sup>c</sup>	3.08 <sup>c</sup>
Grasa	<b>4.11<sup>a</sup></b>	3.05 <sup>bc</sup>	3.42 <sup>b</sup>	2.99 <sup>bc</sup>	2.8 <sup>c</sup>	2.8 <sup>c</sup>	3.44 <sup>b</sup>	3.18 <sup>bc</sup>	3.1 <sup>bc</sup>	2.74 <sup>c</sup>
Amargo	3.10 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	3.41 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	2.68 <sup>cd</sup>	3.13 <sup>a</sup>	2.72 <sup>a</sup>	3.13 <sup>a</sup>	<b>3.66<sup>a</sup></b>	3.26 <sup>a</sup>
Persistencia	4.12 <sup>cde</sup>	3.65 <sup>e</sup>	<b>5.75<sup>a</sup></b>	4.2 <sup>cde</sup>	5.54 <sup>ab</sup>	4.36 <sup>cde</sup>	4.87 <sup>bc</sup>	3.92 <sup>de</sup>	4.50 <sup>cd</sup>	4.51 <sup>cd</sup>
Percepción retronasal	4.34 <sup>c</sup>	4.12 <sup>c</sup>	5.42 <sup>ab</sup>	4.19 <sup>c</sup>	<b>5.79<sup>a</sup></b>	4.6 <sup>bc</sup>	4.55 <sup>bc</sup>	4.31 <sup>c</sup>	4.94 <sup>abc</sup>	4.55 <sup>bc</sup>
Dulce	2.79 <sup>ab</sup>	2.50 <sup>abc</sup>	2.89 <sup>a</sup>	2.54 <sup>abc</sup>	<b>2.90<sup>a</sup></b>	2.15 <sup>c</sup>	2.34 <sup>bc</sup>	2.24 <sup>c</sup>	2.76 <sup>ab</sup>	2.46 <sup>abc</sup>
Salado	2.58 <sup>c</sup>	3.08 <sup>bc</sup>	3.24 <sup>b</sup>	2.80 <sup>bc</sup>	<b>3.94<sup>a</sup></b>	2.82 <sup>bc</sup>	2.85 <sup>bc</sup>	2.93 <sup>bc</sup>	2.61 <sup>c</sup>	3.10 <sup>bc</sup>
Pasto	2.11 <sup>d</sup>	2.98 <sup>bc</sup>	3.45 <sup>b</sup>	2.84 <sup>bc</sup>	2.54 <sup>cd</sup>	3.00 <sup>bc</sup>	2.42 <sup>cd</sup>	3.13 <sup>bc</sup>	<b>4.63<sup>a</sup></b>	3.41 <sup>b</sup>
Tierra	3.27 <sup>c</sup>	3.42 <sup>bc</sup>	3.12 <sup>cd</sup>	3.48 <sup>bc</sup>	2.49 <sup>e</sup>	3.02 <sup>cde</sup>	2.65 <sup>de</sup>	3.32 <sup>c</sup>	3.96 <sup>ab</sup>	<b>4.1<sup>a</sup></b>
Astringente	1.42 <sup>c</sup>	2.19 <sup>bc</sup>	2.37 <sup>abc</sup>	2.34 <sup>abc</sup>	2.07 <sup>bc</sup>	2.46 <sup>abc</sup>	2.01 <sup>c</sup>	<b>2.74<sup>a</sup></b>	2.5 <sup>ab</sup>	2.42 <sup>abc</sup>
Resabio salado	2.56 <sup>b</sup>	2.75 <sup>b</sup>	2.57 <sup>b</sup>	3.15 <sup>b</sup>	<b>4.02<sup>a</sup></b>	2.98 <sup>b</sup>	3.06 <sup>b</sup>	3.07 <sup>b</sup>	3.10 <sup>b</sup>	2.94 <sup>b</sup>
Resabio amargo	<b>4.38<sup>a</sup></b>	2.80 <sup>de</sup>	2.97 <sup>cde</sup>	3.24 <sup>bcd</sup>	3.65 <sup>b</sup>	3.56 <sup>bc</sup>	3.18 <sup>bcd</sup>	3.43 <sup>bcd</sup>	2.39 <sup>e</sup>	3.04 <sup>abcd</sup>

\*abcde Distinta letra indica que existe diferencia significativa entre los datos de una fila