



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**Elaboración de pan de centeno (*Secale  
cereale*) adicionado con sólidos de  
nejayote y arándano para una población  
de adultos mayores**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN ALIMENTOS**

PRESENTA:

**EDGAR OMAR JAIMES MÉNDEZ**

ASESORAS:

**Dra. María Elena Pahua Ramos**

**Dra. María del Carmen Valderrama Bravo**

Cuautitlán Izcalli, Estado De México, 2022

---



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.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias **Dios** por permitirme concluir esta gran etapa de mi vida y de mis estudios, por darme la fuerza y perseverancia para poder llegar a la meta y formarme profesionalmente , gracias por brindarme a la familia tan maravillosa que tengo que tú más que nadie sabes que sin ellos esto no hubiera sido posible, también a todas esas personas (maestros, amigos, conocidos) que pusiste en mi camino durante todo este trayecto de los cuales aprendí grandes conocimientos, vivencias y experiencias que nunca olvidare y siempre llevare conmigo para seguir aprendiendo y poder superar todos y cada uno de los retos y obstáculos que me presente la vida.

Agradezco a la **Universidad Nacional Autónoma de México** por darme la oportunidad y permitirme ser parte de esta máxima casa de estudios de la cual me siento muy orgulloso y por supuesto a la **FES Cuautitlán** que siempre la llevare en mi corazón.

A mis asesoras de tesis la **Dra. María Elena Pahua Ramos** y la **Dra. María del Carmen Valderrama Bravo** les agradezco mucho la paciencia y dedicación que me tuvieron, así como el enorme esfuerzo que hicieron para ayudarme y guiarme en el desarrollo de este trabajo en verdad mil gracias.

A mis sinodales o miembros del jurado I.B.Q **Saturnino Maya Ramírez**, Q.F.B **Jonathan Pablo Paredes Juárez**, M. en C. **Ana Elvia Sánchez Mendoza** y al I.Q. **Daniel Mauricio Vicuña Gómez**, gracias por el tiempo invertido en la revisión de este trabajo y en la contribución de conocimientos para que yo pudiera mejorar y culminarlo de la mejor manera.

A mis amigos de la carrera, otras carreras y diversos grupos con los que tuve gratas experiencias (chuchos, slytherin, IQ's, etc.) pero especialmente el grupo de los **“LOS RAYOS”**, que fueron esas personas con las que más conviví que me ayudaron a crecer profesionalmente y de los cuales nunca olvidare todas las experiencias y anécdotas que vivimos, muchas gracias por su gran apoyo hicieron de esta etapa una de las más inolvidables los quiero amigos.

---

## DEDICATORIAS

Le quiero dedicar especialmente esta tesis a mis padres: **Jorge Jaimes y María Francisca Méndez**, los cuales amo y admiro mucho son el mejor ejemplo de amor, superación y esfuerzo que la vida me ha dado, gracias por todos los sacrificios que siempre han hecho por nosotros sus hijos y que sé que nunca dudaron de mi a pesar del tiempo que me tomo.

A ti **mamá** por ser la persona más trabajadora y positiva que conozco, por esos desvelos, sustos y preocupaciones que te di, porque pase lo que pase tu siempre estás ahí para tus hijos cuidándonos y procurándonos, sin tu luz, tu cariño y tu amor esto no hubiera sido posible **te amo mamá.**

A ti **papá** por esos sabios consejos, conocimientos, vivencias y anécdotas que me contabas, del ejemplo día con día que nos ponías al siempre estar actualizándote, aprendiendo, leyendo o indagando en algo, sé que soy y somos tu mayor orgullo y tú el nuestro, me llena de tristeza el hecho de que al término de esta tesis ya no estés con nosotros, pero sé que ahora estas con dios y que desde allá nos sigues cuidando y que te sientes muy orgulloso de mi **te amo y te extraño mucho papá siempre estas y estarás en mi mente.**

A mis hermanos **Jorge y Liliana Jaimes** los mejores hermanos mayores que pude tener los admiro y respeto mucho otros dos grandes ejemplos a seguir espero llegar algún día a ser como ustedes exitosos, responsables, buenas personas y buenos profesionistas los quiero mucho, así como a sus familias mi cuñada **Yani** y a mis hermosas sobrinas **Akemi y Airi** y recientemente a mi nuevo cuñado **Jesús** muchas gracias por su gran apoyo los quiero a todos.

Y por supuesto a mi hermano y cuate **Lalo jaimes (dj lax)** mi hermano menor pero no menos fregón que nosotros, muchas gracias lax por ser mi hermano y confidente por siempre apoyarme en todo y preocuparte por mí por todas las experiencias juntos y las que vienen por esa confianza y seguridad que tienes y me transmites y claro por tus buenos gustos musicales que sé que te llevarán muy lejos te quiero LAX.

---

# Contenido

Capítulo 1. Marco Teórico .....	1
1.1 Generalidades del Centeno .....	1
1.1.1 Definición.....	1
1.1.2 Clasificación.....	2
1.1.3. Variedades de centeno.....	2
1.1.4 Fisiología.....	3
1.1.5 Morfología.....	4
1.1.6 Composición química.....	7
1.1.7 Aporte Nutricional.....	8
1.1.8 Fibra dietética en centeno.....	10
1.1.9 Producción Nacional. ....	12
1.1.10 Harina de centeno.....	13
1.1.11 Pan de Centeno.....	14
1.2 Generalidades del Pan.....	15
1.2.1 Panificación.....	15
1.2.2 Productos basados en granos enteros .....	17
1.2.3 Normas de Panificación .....	17
1.3 Generalidades del Nejayote .....	18
1.3.1 Composición química de nejayote .....	19
1.3.2 Propiedades Fisicoquímicas del nejayote.....	19
1.3.3 Aplicación en Alimentos.....	20
1.4 Alimentos funcionales .....	22
1.5 Fitoquímicos .....	23
1.6 Antioxidantes .....	26
1.6.1 Clasificación de antioxidantes alimentarios.....	27
1.7 Generalidades del arándano .....	29
1.8. Adultos mayores .....	31
1.8.1 Salud de las personas adultas mayores.....	34
1.8.2 Necesidades nutricionales de los adultos mayores.....	44
1.8.3 Necesidades dietéticas especiales para los adultos mayores .....	45
1.9 Evaluación Sensorial.....	48
1.9.1 Concepto del análisis sensorial .....	48
1.9.2 Uso del análisis sensorial .....	48

---

1.9.3 Métodos de evaluación sensorial.....	49
1.9.4 Las pruebas sensoriales .....	50
1.9.5 Los Jueces .....	51
1.10 Análisis de textura .....	52
1.10.1 Definición de textura.....	52
1.10.2 Percepción de la textura de un alimento.....	53
1.10.3 Características texturales.....	53
1.10.4 Medida instrumental de la textura.....	55
Capítulo 2. Metodología de Investigación Experimental .....	58
2.1 Objetivos .....	59
2.1.1 Objetivo General .....	59
2.1.2 Objetivos Particulares .....	59
2.2 Cuadro metodológico.....	60
2.2.1 Descripción de Cuadro metodológico.....	61
Capítulo 3. Resultados Y Discusión.....	76
3.1 Diseño de mezclas .....	76
3.2 Análisis sensorial .....	77
3.3 Análisis de textura .....	79
3.4 Composición química del pan.....	82
3.5 Análisis microbiológico del pan .....	86
3.6 Capacidad antioxidante.....	87
3.6.1 Cuantificación de polifenoles totales .....	87
Capítulo 4. Conclusiones Y Recomendaciones.....	90
Bibliografía.....	93
Anexos.....	100

---

# Índice De Figuras

Figura 1. Grano de centeno;(a) corte longitudinal, (b) corte transversal por el centro. ....	7
Figura 2. Sección longitudinal y transversal del grano de centeno. ....	7
Figura 3. Contenido de fibra dietética (g/100g sustancia) en diferente fracciones y harinas de trigo, centeno, avena.....	11
Figura 4. Efecto de los fitoquímicos en diversas actividades celulares (Farooqui, 2017). ....	24
Figura 5. Clasificación de los Antioxidantes Alimentarios (Madhavi, 1995).....	29
Figura 6. Población mexicana de 60 años y más (INAPAM, 2015) .....	32
Figura 8. Estados de la republica con mayor proporción de adultos mayores (INAPAM, 2015).....	33
Figura 7. Estados de la republica con menor proporción de personas adultas mayores (INAMPAM, 2015) .....	33
Figura 9. Estructura de la población mexicana por sexo y edad desde 1970 al estimado en 2050 (INMUJERES, 2015). ....	34
Figura 10. Factores que intervienen en la calidad sensorial de un alimento y sus interrelaciones .....	48
Figura 11. Cuadro metodológico.....	60
Figura 13. Nejayote liquido.....	62
Figura 12. Nejayote molido y seco.....	62
Figura 14. Diagrama de proceso de Pan de centeno adicionado con sólidos de nejayote y arándano. ....	64
Figura 15. Formato del cuestionario utilizado en la evaluación sensorial aplicado en las instalaciones de la UNEVE .....	67
Figura 16. Texturómetro brookfield (determinación de parámetros texturales).....	68
Figura 17. Cubos de 3x3 de pan de centeno.....	68
Figura 18. Obtención gráficos de textura .....	68
Figura 19. Preparación del medio de cultivo PDA en cajas petri.....	75
Figura 20. Material esterilizado y marcado para la preparación del medio de cultivo. ....	75
Figura 21. Cajas petri con crecimiento de bacterias 72 hrs después de haber inoculado con muestra. ....	75
Figura 22. Cajas petri con crecimiento de Levaduras. ....	75
Figura 23. Evaluación sensorial del pan de centeno en las instalaciones de la “UNEVE” ....	78
Figura 25. Gráfico masticabilidad vs tratamiento de las 9 formulaciones del pan. ....	81
Figura 24. Gráfico dureza vs tratamiento de las 9 formulaciones del pan. ....	81
Figura 26. Curva patrón acido ferúlico .....	87
Figura 27. Curva patrón Trolox.....	89

---

# Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica del centeno.....	2
Tabla 2. Composición química proximal del Centeno.....	8
Tabla 3. Composición nutricional de la harina de centeno y contenido de aminoácidos del centeno.....	9
Tabla 4. Composición química del nejayote y sus sólidos.....	19
Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas evaluadas del nejayote.....	19
Tabla 6. Disminución media de las funciones corporales.....	35
Tabla 7. Riesgo de fractura durante la vida a partir de los 50 años en porcentaje de supervivencia (intervalo de confianza del 95%) con fractura.....	36
Tabla 8. Principales enfermedades de la población adulta de 60 años y más y su incidencia.....	44
Tabla 9. Métodos Analíticos y Afectivos para la evaluación sensorial de los alimentos.....	49
Tabla 10. Clasificación de las características texturales.....	54
Tabla 11. Parámetros medidos por un Análisis de Perfil de Textura (TPA).....	56
Tabla 12. Formulación para 250g de pan de centeno.....	63
Tabla 13. Tabla de las ponderaciones utilizadas en el cuestionario de evaluación sensorial realizado a una población de adultos mayores.....	66
Tabla 14. Formulaciones arrojadas por el programa minitab con variaciones en la concentración de trigo, centeno y nejayote.....	76
Tabla 15. Código de formulación.....	77
Tabla 16. Porcentaje de preferencia de las diferentes muestras de pan tipo bolillo adicionado con Nejayote.....	78
Tabla 17. Resultados de la ANOVA realizada en minitab con los datos obtenidos del texturómetro brookfield.....	79
Tabla 18. Resultados en base seca del análisis químico proximal de los dos Panes “751” y “231”.....	82
Tabla 19. Comparación en contenido calórico del pan comercial con los panes de estudio.....	83
Tabla 20. Resultados de los análisis fisicoquímicos pan de los dos panes.....	86
Tabla 21. Resultados del análisis microbiológico para la formulación 751 (2.34g de nejayote) y 231 (1.56g de nejayote).....	86
Tabla 24. Resultados, promedio y [ ] de Ac. Ferúlico.....	88
Tabla 23. Resultados DDPH, promedio y [ ] en $\mu\text{M/g}$ de Trolox DDPH.....	89

---



## Resumen

En México, de acuerdo con la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID) 2018, residen 15.4 millones de personas de 60 años o más, cifra que representa 12.3% de la población total en nuestro país y se estima que para el 2050 esta cifra aumentara a un 21.4%. Sin embargo, esta población presenta déficits biológicos y susceptibilidad a las enfermedades y padecimientos crónico-degenerativos debido principalmente a una deficiente alimentación derivando así en una mala calidad de vida. Por ello es necesario el desarrollo de alimentos ricos en antioxidantes y proteínas; que les permita una fácil masticación y digestión, así como de fácil acceso. Debido a esto, el objetivo de este trabajo fue elaborar un pan tipo bolillo de centeno adicionado con sólidos de nejayote y arándanos, considerando sus propiedades texturales, composición química, actividad antioxidantes y microbiológicas para el consumo de la población de adultos mayores. Para cumplir con este objetivo se desarrolló un diseño de mezclas el cual arrojó 9 formulaciones de pan teniendo como variables (harina de trigo, harina de centeno y sólidos de nejayote); una vez obtenidas las formulaciones se realizó un análisis sensorial (a través de una prueba hedónica de nivel de agrado) efectuado en la Universidad Estatal del Valle de Ecatepec en el área de Gerontología, a una población de adultos mayores. Se seleccionaron 2 de las 9 formulaciones como las mejores las cuales fueron “F751” y “F231” que contienen 2.34g y 1.56g de nejayote respectivamente, consiguiendo en la mayoría de las formulaciones una buena aceptación del producto. Se realizó un análisis de perfil de textura (TPA), se determinó la composición química, propiedades fisicoquímicas, capacidad antioxidante, fenoles totales, así como su calidad sanitaria de ambos panes. El AQP de la muestra “F751” se destacó por su alto contenido en CHOS 83.3%, lípidos 2.9%, cenizas 2.3% y fibra cruda 4%, valores que están por encima de los panes comerciales (bolillo tradicional y pan de harina de centeno); excepción en proteínas, ya que el producto que se obtuvo posee un 7.3% de proteína mientras que el bolillo comercial va de entre 12.97-14%. En los resultados del perfil de textura se obtuvieron resultados similares al del análisis sensorial en cuanto al parámetro de dureza, mientras que en la masticabilidad se obtuvo  $8.20^{\text{de}} \pm 0.64$ , lo que se interpreta como fácil de masticar. Los parámetros fisicoquímicos fueron aceptables, así como su calidad sanitaria con resultados que están por debajo del límite máximo o permitido por la norma NOM-247-SSA1-2008 garantizando la seguridad de los consumidores. Finalmente, ambos panes obtuvieron resultados similares, pero se distingue una mejor proporción y aceptabilidad por parte del pan “F751” siendo este el mejor de los dos sin dejar de lado la variable del nejayote el cual se encuentra en mayor cantidad en este.

---

# Introducción

En las últimas décadas, la sociedad mexicana ha experimentado cambios demográficos notables, por lo cual han propiciado, entre otros fenómenos, el aumento de la población de personas adultos mayores. Este proceso se inició en la década de los treinta con el descenso paulatino de la mortalidad y posteriormente se acentúa como resultado de la declinación de la fecundidad, y del aumento de la esperanza de vida, las personas nacidas en la tercera o cuarta década del siglo XX tenían una esperanza de vida no mayor de 50 años, en la actualidad esta alcanza los 75 años (INEGI, 2018; Ramírez et al., 2018).

La equidad en salud es un compromiso la cual muchos de los países han adquirido como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Implica la creación de igualdad de oportunidades para la salud y el bienestar de todas las personas (Salinas et al., 2020).

Los estudios internacionales han demostrado que algunas condiciones socioeconómicas (nivel educativo e ingresos) están asociadas con múltiples resultados de salud en la población adulta mayor, como limitaciones funcionales, multimorbilidad, fragilidad, velocidad de la marcha y salud bucal. Analizando las brechas potenciales en salud y nutrición para adultos mayores en México desde una perspectiva de inequidad en salud nos proporcionaría información necesaria y útil para la promoción y gestión de la salud en este grupo de edad (Salinas et al., 2020). Actualmente la industria alimentaria emplea alternativas para combatir este tipo de problemas en pro a la salud y nutrición de la población, una de estas y objeto de mucho estudio es el empleo de los cereales de consumo básico en productos de panificación de mejor calidad.

El pan desde la antigüedad siempre se ligó a la alimentación humana sufriendo modificaciones a lo largo de la evolución, la fabricación ha sido preferentemente artesanal o como empresa familiar. El consumo per cápita es de 34 kg en México siendo el consumo de pan blanco en 70-75% con ventas anuales de 64 mil 320 millones de pesos el resto corresponde a pan dulce, galletas, pasteles, etc., En los hogares mexicanos por estrato socioeconómico en cuanto a gasto en pan blanco se distribuyen en nivel bajo (10%), nivel medio bajo (55%) y medio alto (28%) además del alto (7%), del sector alimentos se mantiene en operación un 50% de su capacidad instalada superando la media general de la industria con un 63%. El consumo de cereales secundarios ha estado creciendo rápidamente, impulsado sobre todo por el uso creciente como alimento en los países en desarrollo. En un futuro, su consumo puede crecer con mayor rapidez que los cultivos tradicionales como arroz, trigo y maíz (Lazcano et al., 2019; Córdova et al., 2018).

---

México resalta en los pronósticos globales en importaciones de cereales secundarios principalmente de centeno, es un cultivo probablemente originario del sudoeste asiático, al cual no se le prestó gran atención hasta que se le empezó a cultivar en Europa Central. La característica sobresaliente de este es su robustez. Además, desde el punto de vista nutricional las proteínas de centeno están reconocidas por ser superiores a las del trigo y otros granos de cereal, debido al mejor balance de aminoácidos esenciales y esto es por la más grande cantidad de lisina (21.2g/100 g de nitrógeno total), comparado con las de trigo el cual cuenta con una cantidad de 17.9g/100g de nitrógeno total (Vilca, 2019; Córdova et al., 2018).

Estudios científicos y desarrollos tecnológicos pretenden fomentar el consumo de alimentos que además de una nutrición básica aporten beneficios adicionales para la salud y bienestar de la población, teniendo en cuenta sus características genéticas, ambientales, sociales y culturales. De tal manera, que en el futuro los alimentos puedan no sólo permitir un crecimiento y desarrollo óptimo desde la gestación y en todas las etapas de la vida, sino potenciar las capacidades físicas y mentales del individuo, y disminuir el riesgo a padecer enfermedades (Cortés et al., 2016).

Debido a los efectos en los aditivos sintéticos sobre la salud del ser humano, se ha optado por analizar compuestos químicos de origen natural y posteriormente utilizarlos en los alimentos, como los extractos de las plantas, que contiene varios componentes con capacidad antioxidante (Martínez et al., 2019).

El aprovechamiento de los subproductos o residuos industriales ha sido un tema de suma importancia en las últimas décadas. En México se conoce como nixtamalización al proceso de cocción del grano de maíz en presencia de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), y al agua residual de este procedimiento se le denomina “nejayote”. La producción de nejayote es abundante, mayor a 50 millones de  $\text{m}^3$ /año, debido a la gran cantidad de nixtamal producido para la elaboración de tortilla de maíz, que es la base de la dieta alimenticia de la población mexicana (Téllez et al., 2018).

EL objetivo del presente trabajo es determinar los parámetros óptimos de la elaboración de un pan de centeno adicionado con sólidos de nejayote y arándano utilizando un diseño de mezclas (variando el % de harina de trigo, harina de centeno y sólidos de nejayote) que proporcione la mayor aceptabilidad general del producto y el mayor beneficio nutrimental como alimento funcional para una población de adultos mayores.

---

# Capítulo 1. Marco Teórico

## 1.1 Generalidades del Centeno

### 1.1.1 Definición:

La palabra centeno proviene del latín *Centeni*, “de ciento en ciento”, porque se cree que da cien granos por cada uno que se siembra (Manríque & Vera, 2016). El centeno es un cereal perteneciente a la familia de las gramíneas (*Gramínea*), de características botánicas bastante similares a las del trigo, aunque con algunas diferencias (Osca Llunch, 2013) .

El centeno se ha cultivado en Europa desde la antigüedad y está relacionado genéticamente con el trigo y la cebada. Comparte origen común con otras especies de la tribu Tricaceae (trigo y cebada) en el sudoeste de Asia, evolucionó a partir de su ancestro *Secale montanum*, una especie salvaje en Zonas del mar Caspio (Arendt y Zannini, 2013).

En Asia Menor, noroeste de Irán y región caucásica se encontró una gran diversidad de landraces lo que sugiere que el origen del centeno es el sudoeste asiático, el mismo del trigo, la cebada y la avena. Durante el primer milenio el centeno se transfirió hacia el norte de Europa y posteriormente se difundió por todo ese continente. La presencia de granos de centeno en sitios neolíticos, en Austria y Polonia, sugiere su cultivo en esa época, pero apenas se difundió al resto del continente europeo durante la Edad de Bronce (León, *et al.*, 2007).

En los siglos XVI y XVII los europeos lo introdujeron en América del Norte y Sur; en los siglos XIX y XX entró en Argentina, Brasil, Uruguay, Australia y África del Sur (León, *et al.*, 2007).

Se cultiva principalmente en regiones donde inviernos severos y suelos pobres dificultan el cultivo de otros cereales. Resistente a la sequía, pero altamente susceptible a exceso de agua (inundación). Amplio intervalo de adaptación donde puede crecer hasta 400m de altitud (Serna, 2013).

La resistencia al invierno de centeno es una consecuencia de sus bajos requisitos de calor. De hecho, puede sobrevivir a temperaturas de - 25 a - 35 ° C, incluso sin protección contra la nieve, debido a los cambios estructurales de ciertas proteínas durante la exposición al frío. En particular, el contenido de glucoproteína en la corona de la planta funciona como un agente

protector contra el citoplasma y las membranas plasmáticas , protegiendo así el centeno de la destrucción por congelación (Arendt y Zannini, 2013).

### 1.1.2 Clasificación

El centeno es una planta perteneciente a la familia de las gramíneas, Gramineae, y el género *S. cereale* L. (tipo diploide) es el más cultivado (tabla1). El centeno tetraploide producido artificialmente, con un doble número de cromosomas, ha sido improductivo debido a su mayor sensibilidad a la infección por ergot y climas fríos y, por lo tanto, solo se cultiva en un grado limitado en Europa. La producción de líneas endogámicas con resistencia al cornezuelo es necesaria para la reproducción exitosa de centeno híbrido (Arendt y Zannini, 2013).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del centeno

<b>Nombre científico</b>	<i>Secale cereale</i>
<b>Especie</b>	<i>S. cereale</i>
<b>Genero</b>	<i>Secale</i>
<b>Familia</b>	<i>Poaceae</i>
<b>Orden</b>	<i>Poales</i>
<b>Clase</b>	<i>Liliopsida</i>
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>

Fuente: Manríque y Vera, 2016.

### 1.1.3. Variedades de centeno

El género *Secale* consta de tres especies: *cereale* L., *strictum* Presl. y *sylvestre* Host. Aunque existe una gran diversidad genética intra e interespecífica, el número de variedades cultivadas es pequeño y la mayor parte pertenece a la especie *Secale cereale* (León, *et al.*, 2007).

Se diferencian por la resistencia a los tipos de climas, la productividad y en algunos casos, en su contenido proteico. La mayoría de Centeno se cultiva en invierno, para así cosecharse en otoño o en primavera (según la variedad) (Martínez, 2018).

**Centeno Gigantón:** Variedad tetraploide obtenida de manera experimental, de gran tamaño de grano.

**Centeno Tetra petkus:** Variedad alemana de espiga corta, también tetraploide, que a pesar de su tamaño tiene gran productividad.

**Centeno Galma:** De las primeras variedades de centeno que se registraron (España). Muchos países han dado esta variedad de baja, pues actualmente existen variedades de centeno más productivas. Entre las variedades de centeno diploides destacan la variedad *Royal* y *Varne*, con gran resistencia a las bajas temperaturas.

**Existen cientos de variedades comerciales de centeno**, de las que destacan, como las más comerciales en la Comunidad Europea: *Amilo*, *Arantes*, *Ballistic*, *Bellami*, *Beskyd*, *Bojko*, *Brasetto*, *Caroass*, *Danko*, *Evolo*, *Gonello*, *Kustro*, *Matador*, *Nikita*, *Picasso*, *Recrut*, *Schlager*, *Motto*, *Albedo*, *Oktavian*, *Visello*, *Walet*, *Wiandi*.

**“Triticale”:** No es exactamente una variedad de centeno, sino que se considera otro tipo de cereal. El triticale se obtiene mediante la hibridación del trigo y el centeno (Martínez, 2018).

#### 1.1.4 Fisiología

La inflorescencia del centeno es una espiga alargada compuesta por un eje o raquis con número variable de nudos sobre los que se insertan las espiguillas en posición alterna. Sobre cada nudo se inserta una espiguilla, compuesta por un par de glumas alargadas y puntiagudas y un par de flores con sus correspondientes glumillas (lema y palea) que más tarde darán lugar a un par de granos por espiguilla. Al existir 2 flores/espiguilla, las espiguillas son característicamente simétricas. Las lemas terminan en un diente largo que frecuentemente se transforma en arista (Osca Llunch, 2013).

El centeno es una planta resistente de crecimiento vigoroso y es tolerante a la sequía debido a su alta eficiencia en el uso del agua. De hecho, en condiciones de deficiencia de agua, las plantas de centeno exhiben algunos caracteres xeromórficos, como hojas más pequeñas y verdes y una gruesa capa de cutícula, son útiles en el uso económico del agua. Además, el sistema de raíz de centeno está bien desarrollado y es extenso, facilita el acceso a fuentes de agua y nutrientes del suelo, especialmente aquellos profundamente incrustados (Arendt y Zannini, 2013).

### 1.1.5 Morfología

El grano del centeno se parece al de trigo en su estructura, pero es ligeramente menor en tamaño y más largo en proporción a su anchura que el de trigo. El extremo apical del grano es embotado y el grano va adelgazándose hacia el extremo que posee el germen que es acusadamente puntiagudo (Manrique y Vera, 2016).

El fruto de los cereales es denominada botánicamente cariósipide y consta de tres partes anatómicas fundamentales: pericarpio, endospermo y germen. Hay granos que una vez maduros se liberan desnudos y otros permanecen revestidos con cubierta protectora constituida por las glumas (lema y palea), residuos florales que se quedan adheridos al grano después de la cosecha.

El endospermo amiláceo representa el 86.5% del grano, el salvado (pericarpio y testa) constituye el 10%, y el germen (embrión y escutelo) representa el 3.5% del grano. El endospermo almidonado del grano de centeno es más suave que el del trigo (trigo duro y trigo blando); por lo tanto, el contenido harinoso de los granos de centeno se libera fácilmente después de la molienda (Arendt y Zannini, 2013).

El pericarpio es la envoltura real del grano y contiene la mayor parte de la fracción fibrosa. El endospermo es lo más abundante y voluminoso del grano pudiendo llegar hasta 75% del peso total y está constituido por gránulos de almidón embebidos en una matriz proteica. El germen encierra el escutelum y al embrión y contiene principalmente aceite y proteína.

El centeno pertenece a la especie *Secale cereale*. Tiene un sistema radicular fasciculado parecido al del trigo, aunque más desarrollado el de este último. Esta es una de las razones de su gran rusticidad. El tallo es largo y flexible. Las hojas son estrechas. Sus espiguillas no tienen pedúnculo y van todas unidas directamente al raquis, correspondiendo una sola a cada diente de este. Las glumas son alargadas y agudas en su epice y las glumillas, vellosas por su parte dorsal, se prolongan en una larga arista. Cada espiguilla produce hasta tres flores, pero suele abortar una.

El grano de centeno es una cariósipide de 6-8 mm de longitud y 2-3 mm de anchura. Con la trilla, el grano se libera de las glumas y no tiene cáscara, su color es amarillo grisáceo. Está compuesto de pericarpio, cubiertas de la semilla, epidermis nucelar, germen y endospermo; este está rodeado por una capa simple de células de aleurona.

El centeno cariósipide está dispuesta en pares alternativamente en una forma de zigzag raquis y se cosecha libre de los alrededores lemma, palea y glumas exteriores. El grano de centeno es más delgado, puntiagudo y más largo que el del trigo y la cebada (4.5 / 10–1.5 / 3.5 m) y la superficie a menudo está arrugada. Al igual que con el trigo, un pliegue se extiende a lo largo del lado ventral del grano (Arendt y Zannini, 2013).

La anatomía de la cariopsis de centeno se ilustra en la (Fig.1). La cariopsis es similar en apariencia a los otros cereales comunes como el trigo y la cebada. La semilla consiste en un embrión unido, a través del escutelo, al endospermo amiláceo y a los tejidos de aleurona . El endospermo y la aleurona están encerrados por los restos de la epidermis nucelar y la cubierta de la semilla. Este último rodea todo el núcleo y se adhiere estrechamente a él (Arendt y Zannini, 2013).

La cariopsis de centeno se cubre con el cepillo (o protuberancias similares a pelos) ubicadas principalmente en el extremo distal del grano (Fig.2). Comenzando desde el exterior de la cariopsis, las capas de salvado, y en particular la aleurona, son ricas en vitaminas, minerales y compuestos de fitato (Arendt y Zannini, 2013).

Las capas de salvado consisten en el pericarpio , la capa de semillas, el nucelo , la capa de aleurona y una gran porción de endospermo almidonado subaleurónico (Fig.1) . El pericarpio es la pared madurada del ovario que rodea el núcleo, y justo dentro está la capa de semillas que representa una capa delgada y fuerte que se extiende entre el pericarpio y el núcleo. La capa de semillas forma una capa cerosa resistente al agua que rodea la mayor parte del grano, dejando solo una pequeña región en la base del grano susceptible a la penetración del agua (Arendt y Zannini, 2013).

El nucellus se encuentra entre el endospermo en el interior y la capa de semillas en el exterior, y está íntimamente asociado con ambos tejidos. El tejido del endospermo está rodeado por células de aleurona que forman una capa gruesa continua. Estos son morfológicamente distintos de las células de endospermo con almidón y representan el único tejido de endospermo vivo. La capa de aleurona es rica en proteínas, minerales y vitaminas, especialmente vitaminas B, y es difícil de separar del salvado. Dentro de la capa de aleurona se encuentra el endospermo almidonado que representa el organelo más predominante del grano de centeno maduro, como en todos los granos de cereales, y puede representar aproximadamente el 80% de su peso total. Se compone de tres tipos de células: tejido sub-



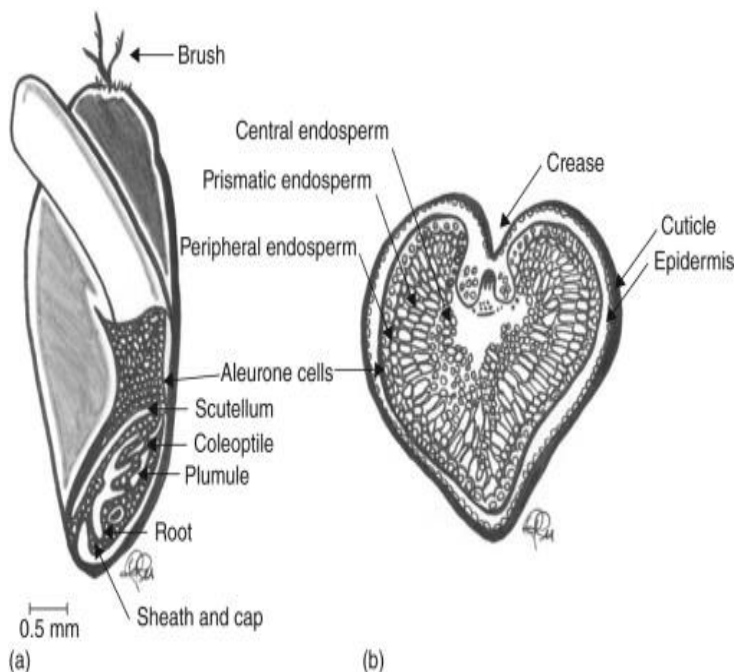
aleurona (periférico), células prismáticas y células del endospermo central (Fig.1) (Arendt y Zannini, 2013).

El tejido sub-aleurona está formado por células isodiamétricas, representa la parte más joven del endospermo almidonado, y se caracteriza típicamente por grandes cantidades de proteína de almacenamiento. Las células prismáticas representan la mayor parte del endospermo almidonado y contienen grandes cantidades de gránulos de almidón. Las células del endospermo central son de forma irregular, de tamaño variable) y representan la parte más antigua del endospermo almidonado (Arendt y Zannini, 2013).

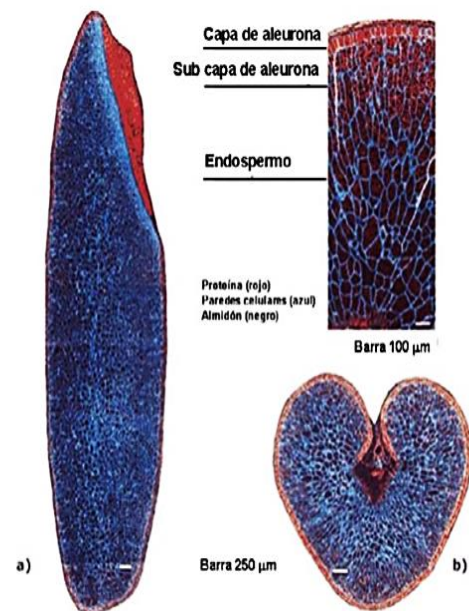
El endospermo de centeno es el sitio primario de almacenamiento de proteínas y gránulos de almidón. Los gránulos de almidón están presentes en dos clases principales de tamaño (tipos A y B). Los gránulos de tipo A tienen diámetros de hasta aproximadamente 35  $\mu\text{m}$ , mientras que los gránulos de tipo B más pequeños y esféricos tienen diámetros generalmente menores de 10  $\mu\text{m}$ . La otra reserva importante son los cuerpos de proteínas esféricas que varían en diámetro de aproximadamente 0.1 a 1  $\mu\text{m}$  y rodean los gránulos de almidón, similares al trigo y la cebada (Arendt y Zannini, 2013).

El germen de centeno, o botánicamente hablando el embrión, se encuentra en el lado dorsal inferior del núcleo. Desde un punto de vista químico, el germen de centeno contiene altos niveles de proteínas y lípidos, pero muy poco almidón. Está formado por el eje embrionario y el escutelo y representa una estructura viable capaz de actividad metabólica (Fig.2). El scutellum es una estructura en forma de escudo que separa el eje embrionario del endospermo amiláceo y funciona como una reserva alimentaria para el embrión temprano en la germinación. Como en otros cereales, el eje embrionario está compuesto por el brote, el mesocotilo y la radícula (Fig.1) (Arendt y Zannini, 2013).

El contenido mineral es particularmente alto en la capa de aleurona, debido a la presencia de gránulos de fitina que se componen principalmente de las sales de potasio y magnesio del hexafosfato de mioinositol. Como en otros cereales, el fósforo, el potasio, el calcio y el magnesio son los minerales principales (Arendt y Zannini, 2013).



**Figura 1. Grano de centeno;**(a) corte longitudinal, (b) corte transversal por el centro.



**Figura 2. Sección longitudinal y transversal del grano de centeno.**

Fuente: León, et al., 2007.

### 1.1.6 Composición química

Los granos constituyen parte fundamental de la alimentación humana, nos provee de sustancias indispensables para nuestra vida como son los carbohidratos, las grasas las vitaminas y los minerales. La cantidad y calidad de los nutrientes difieren los distintos géneros y especies de los cereales y afecta las propiedades nutritivas, culinarias y funcionales. El genotipo y condiciones ambientales durante el crecimiento y la maduración afectan la composición química de los granos de centeno, la siguiente (tabla 2) presenta los valores aproximados de los constituyentes del centeno (Manríque y Vera, 2016).

Tabla 2. Composición química proximal del Centeno

Cereal	Centeno (%)
Humedad	10
Proteína	13.4
CHOS	70.1
Lípidos	1.8
Fibra	2.6
Cenizas	2.1

Fuente: Manrique y Vera, 2016.

### 1.1.7 Aporte Nutricional

Recientes estudios también han indicado que el centeno tiene efectos nutritivos y fisiológicos beneficiosos más allá del efecto de la fibra dietética, tales como la función intestinal y el estreñimiento. Tales efectos beneficiosos nuevos son relacionados con una posible prevención del cáncer por la presencia en el centeno de fitoestrógenos (Galindo y Luz, 2017).

**Carbohidratos:** El centeno constituye una buena fuente alimentaria de carbohidratos complejos, aportando 69,76g por cada 100g, contenido poco superior al del trigo. De estos carbohidratos destacan los pentosanos, sustancias responsables de la viscosidad de la masa de harina de centeno y de su propiedad panificadora.

**Proteínas:** entre su contenido proteico se puede observar gran variedad de diferentes aminoácidos.

**Grasas:** es un grano muy pobre en grasa, y la que aporta es de alta calidad. Contiene mayoritariamente grasas de tipo poliinsaturadas y lecitina.

**Fibra:** es un cereal rico en fibra, y destaca en su cantidad de mucilago.

**Minerales:** destaca su contenido en zinc y selenio, minerales antioxidantes.

**Vitaminas:** como todos los cereales y los alimentos ricos en carbohidratos, el centeno contiene Vitaminas del grupo B que ayudan al cuerpo en la absorción de los carbohidratos, y potencian su efecto beneficioso para el sistema nervioso. Estas vitaminas predominan en los cereales integrales, y gran parte de ellas desaparecen en el proceso de refinamiento (por ejemplo, del arroz blanco). En la (tabla 3) se muestra a detalle los principales aminoácidos y componentes nutricionales aportados por 100gr de harina integral de centeno.

**Tabla 3. Composición nutricional de la harina de centeno y contenido de aminoácidos del centeno**

<b>Composición nutricional de la harina de Centeno integral por 100g y rango de contenido de aminoácidos del centeno.</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Contenido</b>	<b>Aminoácido (g / 100 g de nitrógeno total)</b>	<b>Centeno integral</b>
Energía (kcal)	324	Alanina	23.5–30.2
G. Saturadas (g)	0.31	Arginina	18.4–34.4
G. Monoinsaturadas (g)	0.33	Ácido aspártico	38.5–51.1
G. Poliinsaturadas (g)	1.2	Cisteína	8.5–15.6
Fibra (g)	22.6	Ácido glutámico	135.6–167.6
Calcio (mg)	56	Glicina	30.2–35.0
Hierro (mg)	6.45	Histidina	12.5–16.5
Fosforo (mg)	632	Isoleucina	20.0–24.2
Magnesio (mg)	248	Leucina	36.1–40.6
Potasio (mg)	730	Lisina	15.1–28.1
Zinc (mg)	5.62	Metionina	5.9-18.1
Selenio (mcg)	35.7	Fenilalanina	25.0–30.0
Vitamina C (mg)	0	Prolina	51.7–73.8
Vitamina B1 o Tiamina (mg)	0.31	Serina	25.0–30.6
Vitamina B2 o Riboflavina (mg)	0.25	Treonina	19.1–23.1
Vitamina B3 o niacina (mg)	4.27	Triptófano	3.4–8.8
Vitamina B5 o Acido Pantoténico (mg)	1.46	Tirosina	7.6–17.5
Vitamina B9 o Ácido Fólico (mcg)	60	Valina	20.6–34.3

Fuente: Martínez, 2018; Arendt y Zannini, 2013.

El gluten de centeno es suficientemente similar al del trigo desde el punto de vista de la toxicidad de la enfermedad celíaca. Sin embargo, desde un enfoque nutricional, se reconoce que las proteínas de centeno son superiores a las del trigo y otros granos de cereales debido a su mejor equilibrio de aminoácidos esenciales. Esto se debe esencialmente a la mayor cantidad de lisina (21.2 g /100 g de nitrógeno total) y al hecho de que se concentra principalmente en las fracciones de salvado y germen (Arendt y Zannini, 2013).

### **1.1.8 Fibra dietética en centeno**

La fibra dietética está constituida por polisacáridos no amiláceos, y se subdivide en soluble e insoluble. La cantidad de fibra dietética en las diferentes fracciones (salvado, harina de diferentes tazas de extracción) de algunos cereales puede variar de 8 a 41.6%. En el salvado predominan la celulosa y la hemicelulosa lignificadas y poco solubles; mientras que en las paredes celulares están las pentosanas (arabinoxilanas), los fructanos y  $\beta$ -glucanos, que son más solubles, forman geles viscosos durante el proceso digestivo y están implicados en la calidad panificable de la harina de centeno. El contenido de fibra dietética del grano integral de centeno es de 14.7 a 25.4% en sustancia seca y puede presentar cantidades similares al trigo, pero su endospermo tiene una mayor proporción de pared celular, razón por la cual, en harinas con igualdad de cenizas, la del centeno tiene mayor proporción de fibra dietética que la del trigo como se muestra en (Fig.3) (León, *et al.*, 2007).

Las pentosanas tienen gran importancia en la tecnología de panificación debido a su alta capacidad de hidratación y retención de agua, y por formar complejos con las proteínas de bajo peso molecular y dificultar las interacciones entre las proteínas que forman el gluten. El efecto de las pentosanas en la capacidad de absorción de agua de las harinas y subsiguiente viscosidad de la suspensión está determinado, además de por su contenido, por el grado de ramificación y el peso molecular, aspectos que condicionan las interacciones que se establecen con las proteínas. Un gramo de proteínas absorbe entre 1 y 3 g de agua; 1 g de almidón, 0.45 g de agua; 1 g de almidón dañado, entre 1.5 y 2 g y las pentosanas, alrededor de 10 g de agua por cada gramo de sustancia. El peso molecular de las pentosanas del centeno es superior a las del trigo, y las insolubles también difieren según los contenidos en galactosa y minerales presentes en sus cenizas (León, *et al.*, 2007).

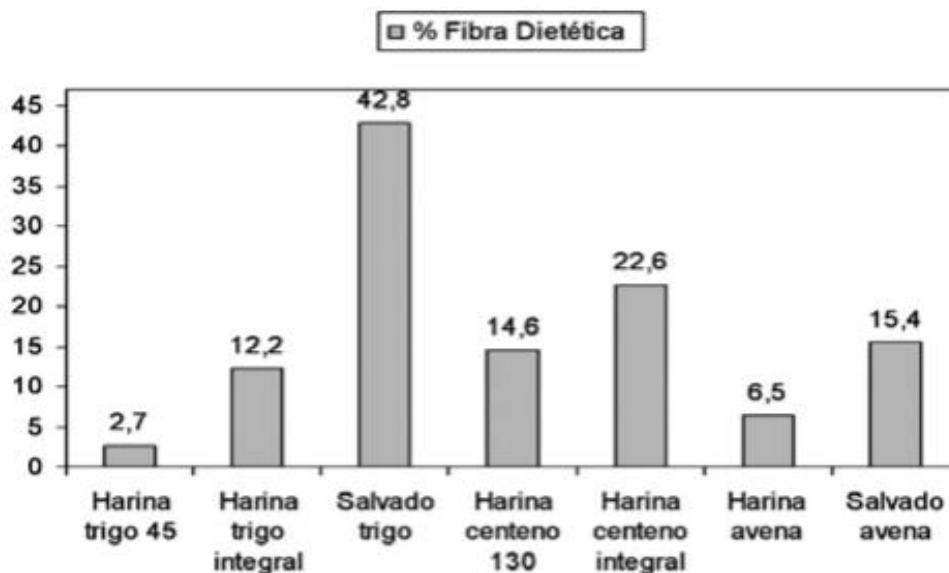


Figura 3. Contenido de fibra dietética (g/100g sustancia) en diferente fracciones y harinas de trigo, centeno, avena.

Fuente: León, *et al.*, 2007

Ambos tipos de fibras se encuentran en proporciones variables en los alimentos, aunque de forma genérica puede decirse que la insoluble predomina en los cereales enteros mientras que la soluble abunda en frutas, vegetales y tubérculos. De forma industrial numerosos productos aparecen enriquecidos con las mismas, desde panes, bollos y bebidas a otros tan variados como fiambres, patés o embutidos (Silveira, Monereo y Molina, 2003).

La fibra dietética de centeno representa aproximadamente el 17% del grano entero, de los cuales aproximadamente el 4% es fibra soluble. Los componentes de esta fracción son pentosanos,  $\beta$ -glucano, lignina, celulosa y arabinosilanos. El contenido de fibra dietética y, en particular, el contenido de pentosano, influyen en gran medida en las propiedades de absorción de agua de la harina de centeno y son funcionalmente más importantes que la proteína para determinar la calidad del pan. Los arabinosilanos y pentosanos de centeno muestran altas capacidades de retención de agua (0.47 g / g de materia seca) y forman soluciones altamente viscosas. Este comportamiento influye en las propiedades tecnológicas y de molienda del grano y sus otros componentes, como el almidón y las proteínas. La alta capacidad de retención de agua del centeno también puede contribuir

a las malas propiedades de masa del centeno, incluida la adherencia, a través de las interacciones con las proteínas del gluten (Arendt y Zannini, 2013).

Aunque los pentosanos de centeno son un componente menor del grano (entre 7 y 9%), influyen drásticamente en su rendimiento de horneado. Además, la cantidad de pentosanos extraíbles con agua debe considerarse además de su estado y condición. De hecho, representan la principal fuente de capacidad de retención de agua para la masa, debido a sus propiedades extremadamente viscosas pero de baja elasticidad que producen una película dentro de las vacuolas de la masa fermentada, lo que contribuye a la retención de gases y, por lo tanto, a la hornee el volumen del pan resultante. La capacidad de retención de agua de centeno pentosano ha sido identificado como un factor que influye positivamente en la frescura, la vida útil y la retrogradación del almidón. Sin embargo, la dureza del pan integral de centeno parece estar influenciada por el nivel de fibra y los pentosanos solubles. La disminución de la textura del pan se observa en presencia de pentosanos extraíbles con altos pesos moleculares (Arendt y Zannini, 2013).

### **1.1.9 Producción Nacional.**

México produce una gran variedad de cereales de la más alta calidad, actualmente ocupa el tercer lugar en producción de alimentos en Latinoamérica y el décimo segundo en el mundo. Los principales cereales que México produce son: trigo, maíz, avena, arroz, amaranto, soya y **centeno**. En 2014, México destinaba aproximadamente 10 millones de hectáreas para el cultivo de cereales y hasta 2019 se cultivaban aproximadamente de 12 a 22 hectáreas en el estado de tlaxcala con una producción de 14.30-21.70 toneladas al año (SAGARPA, 2015; SIAP, 2019).

México resalta en los pronósticos globales en importaciones de cereales secundarios principalmente de centeno. Sus importaciones aumentarán en 15%, lo que significa 23.8 millones de toneladas, entre 2015 y 2025. Las zonas áridas son de las áreas más importantes de producción agrícola a nivel mundial. Las características más importantes de estas áreas son la disponibilidad del recurso agua, altas y bajas temperaturas e intrusión salina, entre otras. El 60% de los alimentos a nivel mundial se producen en zonas áridas. En la República Mexicana, una de las zonas de relevancia en la producción de alimentos, es el noroeste de México, conformado por los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa

y Chihuahua. En Sonora la superficie destinada para estos cultivos es de 614 606 ha (Córdova, *et al.*, 2019).

#### **1.1.10 Harina de centeno**

Se entiende como harina de centeno al producto resultante de la molienda del grano de centeno, maduro, limpio, entero y seco, de la especie *Secale cereale*; sin envolturas celulósicas. La harina de centeno tiene una riqueza proteica de 6.7 %, 1.3% de grasa y 15% de humedad (NOM-247; 2008; Calva, 2008)

El centeno proporciona una harina menos elástica que la de trigo y retiene menos la Humedad. Esta característica hace que el pan de centeno se conserve suave por más tiempo. La estructura de la harina de centeno está compuesta por almidones y pentosas, estas proporcionan mucha viscosidad a la masa. Ello debido a que posee propiedades en parte solubles en agua, y en partes insolubles; formando un gel en la masa de agua y la harina (Martínez, 2018).

Su ausencia de gluten hace que la estructura de la masa no retenga el dióxido de carbono emitido por la fermentación. Se nota también diferencia en el sabor: la harina de centeno es más amarga, es por esta razón por la que a veces se disminuye este sabor mediante especias. La harina de centeno tiene un tipo de almidón especial: los pentosanos.

La harina de trigo y otros cereales suelen ser ricas en almidones. Los almidones suelen ser cadenas de glucosa (o sacáridos) unidas entre sí, formando un complejo llamado “polisacáridos” o hidratos de carbono complejos. Por lo tanto, el almidón es un polisacárido. Sin embargo, existen otros tipos de polisacáridos formados por la unión de otros sacáridos, como la xilosa y la arabinosa. Un ejemplo de este otro tipo de polisacáridos no almidonados son las pentosanas, presentes en la harina de centeno. (Martínez, 2018; Calva, 2008).

La variedad de centeno y trigo utilizadas en el presente proyecto fueron las más comunes en la elaboración de pan trigo “*triticum aestivum vulgare*” y centeno “*secale cereale L. royal*”, la harina utilizada estaba dentro de la clasificación de “polvo fino” y con forme a la norma del codex alimentarios (CXS152-1985) con tamaños de partícula de 51.40 µm para trigo.



### 1.1.11 Pan de Centeno

El pan de centeno se caracteriza por su color oscuro, sabor amargo y esponjosa textura. Este pan es muy apreciado en los países del norte de Europa, donde se consume tradicionalmente (Manríque y Vera, 2016).

El centeno (*Secale Cereale*) es el segundo cereal en importancia en cuanto a la fabricación de pan en Europa oriental, aunque es nutritivo y de sabor agradable para algunas personas, el pan de centeno no se puede comparar con el de trigo ni en cuanto a calidad ni en su aspecto externo, el pan de centeno es más denso que el del trigo; así conforme el nivel de vida de los países se va elevando, desciende el consumo de pan de centeno y aumenta el de trigo. Una de las características que diferencian los panes de harina de trigo de los panes de harina de centeno es la amilasa, parece ser que la amilasa del centeno es más estable a altas temperaturas que su contrapartida en el trigo (Manríque y Vera, 2016).

El centeno se caracteriza por altos niveles de lisina y hemicelulosas como los pentosanos en comparación con el trigo, lo que influye significativamente en las propiedades funcionales de la harina de centeno en la elaboración del pan. Con más detalle, las hemicelulosas evitan la agregación de proteínas en el gluten que se requiere para el desarrollo de las propiedades viscoelásticas de la masa de pan de trigo (Arendt y Zannini, 2013).

El grano de centeno tiene diferentes vías de utilización. En general, se muele en harina para producir diversas formas de pan y otros productos horneados que representan los principales productos alimenticios en los principales países consumidores de centeno: Polonia, Alemania, países escandinavos y Rusia occidental.

Existen muchos tipos de productos horneados con centeno. Estos incluyen: 'pan negro' que contiene altos niveles de harina de centeno; pan crujiente (*Knaecke-brot*), a menudo hecho con harina integral combinada de centeno y trigo, con levadura de levadura o sin levadura y caracterizada por una excelente vida útil; y pan integral de centeno originario de Westfalia, Alemania y producido a partir de harina de centeno 100% utilizando tecnología de masa madre. Se caracteriza por una fermentación extremadamente larga (18–36 h), tiene una vida útil muy larga e incluye pan de centeno y trigo, contiene al menos 50% de centeno, pan de trigo y centeno con al menos 50% de trigo y 10% de centeno pan integral de centeno y rollos de centeno. Además de los panes con levadura, el centeno también se usa ampliamente para la producción de galletas, galletas saladas y diferentes bocadillos donde el centeno se

incorpora en forma de grano partido, como hojuelas de centeno o centeno extruido. En Norteamérica y Canadá, hay disponible una amplia gama de panes de centeno: pan de centeno americano (pan de centeno ligero) con buen grano y textura más suave, generalmente hecho con una alta proporción de harina de trigo (60–80%); pan de centeno de masa fermentada con una estructura de miga gruesa hecha con varias combinaciones de harinas de trigo y centeno; Pan integral de centeno hecho en el proceso de masa madre con o sin melaza ; y pan de centeno, un pan de centeno dulce hecho con 10–40% de harina de centeno y 60–90% de harina de trigo y jarabe utilizando un proceso de masa recta (Arendt y Zannini, 2013).

En los países nórdicos, el centeno se ha utilizado en muchos otros productos alimenticios además del pan, como cereales para el desayuno, muesli y gachas (*kasha*). Estos productos generalmente están hechos de centeno integral. En el cereal para el desayuno, el centeno generalmente está en copos y precocido, y a veces incluso extruido para aumentar el crujiente y el sabor. Las gachas de centeno se hacen tradicionalmente a partir de harina de centeno, pero hoy en día también están disponibles hojuelas de centeno para obtener una buena y sabrosa avena. Curiosamente, las novedades de centeno incluyen productos de pasta que contienen centeno para influir positivamente en el color y el sabor de los productos finales. También se han realizado algunos experimentos con centeno como materia prima en la elaboración de productos de confitería y sustitutos del café (Arendt y Zannini, 2013).

## **1.2 Generalidades del Pan**

### **1.2.1 Panificación**

Se entiende como productos de panificación a los obtenidos de las mezclas de harinas de cereales o harinas integrales o leguminosas, agua potable, fermentados o no, pueden contener: sal comestible, mantequilla, margarina, aceites comestibles hidrogenados o no, leudantes, especias y otros ingredientes opcionales tales como, azúcares, mieles, frutas, jugos u otros productos comestibles similares, pueden emplear o no aditivos para alimentos; sometidos a proceso de horneado, cocción o fritura; con o sin relleno o con cobertura, pueden ser mantenidos a temperatura ambiente, en refrigeración o en congelación según el caso (NOM-247; 2008).

 Pan blanco

 Pan de harina integral

- ✚ Pan dulce
- ✚ Pasta
- ✚ Pastel o panqué
- ✚ Pay
- ✚ Pan integral
- ✚ Pan de Viena o pan francés
- ✚ Pan de molde o americano
- ✚ Pan de cereales
- ✚ Pan de huevo

**Producto a granel**, al producto que debe pesarse, medirse o contarse en presencia del consumidor por no encontrarse pre envasado al momento de su venta.

**Productos de panadería industrial**, a los obtenidos por procesos continuos de fabricación, estandarizados, con alto grado de automatización y en lotes de mayor escala. Pueden utilizar aditivos para alimentos y comercializarse tanto a granel como pre envasados.

**Productos de panadería tradicional**, a los obtenidos por un proceso artesanal, básicamente manual, de formas variadas y nombres de uso común con una vida útil corta. Utilizan ocasionalmente aditivos para alimentos de acuerdo con el producto y se venden a granel o pre envasados.

**Producto pre envasado**, a los productos que cuando son colocados en un envase de cualquier naturaleza no se encuentra presente el consumidor y la cantidad de producto en este no puede ser alterada, al menos que el envase sea abierto o modificado perceptiblemente (NOM-247; 2008; Mesas y Alegre, 2002).

El destino final de las harinas es muy variado, pero la gran mayoría se destina a la elaboración de pan en sus diferentes versiones. A las harinas destinadas a panificación se les exige una adecuada capacidad de retención de gases y una actividad amilásica adecuada.

El comportamiento de las diferentes harinas en los procesos de amasado puede estudiarse con el farinógrafo, el mixógrafo o el consistógrafo, equipos que proporcionan información sobre la capacidad de absorción de agua, el tiempo de desarrollo de la masa o la estabilidad de la masa en el punto óptimo de amasado (León, *et al.*, 2007).

### **1.2.2 Productos basados en granos enteros**

Los productos basados en granos enteros han ganado importancia, pues se les considera entre los alimentos que mejoran la salud y reducen el riesgo de enfermedades relacionadas con los hábitos alimentarios. La cáscara y el germen de los cereales contienen más vitaminas, minerales, antioxidantes naturales y fibra dietética que el endospermo, que principalmente contiene almidón y proteína. Estudios recientes indican que existen una serie de beneficios para la salud relacionados con el consumo de fibra dietética, entre los cuales se pueden mencionar la regulación de la glucosa de la sangre y del nivel de insulina, la reducción del colesterol de la sangre, la prevención del cáncer de colon y de desórdenes cardiovasculares (León, *et al.*, 2007).

**Productos de bollería**, a los que son cocidos por horneado de la masa fermentada preparada con harina de trigo, agua, sal, azúcares, grasas comestibles, leudante, aditivos para alimentos e ingredientes opcionales.

### **1.2.3 Normas de Panificación:**

- Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996, Bienes y Servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
- Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.
- NMX-F-516-1992. Alimentos. Productos de panificación. Clasificación y Definiciones. Foods. Bakery Products. Definitions and Clasification. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-406-1982. Alimentos para humanos. pan blanco bolillo y telera. Foods for Humans. White Bread Round Loafs. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

- Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-001-SAG/FITO-2013, Por la que se establecen los criterios, procedimientos y especificaciones para la elaboración de guías para la descripción varietal y reglas para determinar la calidad de las semillas para siembra.

### **1.3 Generalidades del Nejayote**

El proceso tradicional de nixtamalization implica un tratamiento termoalcalino, mediante el cual los granos de maíz se cocinan y se sumergen en una solución de hidróxido de calcio sobresaturada (Valderrama, *et al.*,2015).

La nixtamalization es la cocción del maíz en una solución de hidróxido de calcio para la producción de tortillas y otros productos relacionado. Este proceso utiliza grandes cantidades de agua y produce un agua residual llamada nejayote, se desecha como un efluente altamente alcalino rico en cal, sólidos solubles y tejido de pericarpio (Acosta, *et al.*, 2014).

Este proceso tradicional comienza remojando el maíz con agua hirviendo e hidróxido de calcio durante 12 a 14 h a temperatura ambiente. Posteriormente, el grano se lava con grandes cantidades de agua, produciendo un grano suave sin cáscara llamado nixtamal y la fracción acuosa, un producto llamado nejayote (Velasco, *et al.*, 1997).

De acuerdo con Salmeron-Alcocer et al (2003) citado en Rojas et al (2012), una planta de 600 toneladas de capacidad de maíz / día genera comúnmente entre 1,500 y 2,000 m<sup>3</sup> de nejayote. Sobre la base de estas cantidades, una estimación del nejayote generado anualmente en México es de alrededor de 14.4 millones de m<sup>3</sup>. Se utilizan aproximadamente 75 L de agua para procesar 50 kg de granos de maíz, lo que significa que se produce una cantidad similar de aguas residuales alcalinas. En consecuencia, considerando que los granos de maíz absorben 14–48% de agua durante el proceso de nixtamalization, el volumen mensual estimado de nejayote generado en México es de aproximadamente 1.2 millones de m<sup>3</sup> (Valderrama, *et al.*,2012).

Este efluente causa serios problemas de contaminación debido al alto pH y la demanda biológica de oxígeno impartida por los sólidos solubles e insolubles. Durante la nixtamalization, se produce una gran cantidad de nejayote; por lo tanto, en México es importante proponer alternativas de reutilización (Rojas, *et al.*, 2012; Valderrama, *et al.*,2015).

### 1.3.1 Composición química de nejayote

Tabla 4. Composición química del nejayote y sus sólidos

Composición	Nejayote (%)	Sólidos de nejayote (%)
Humedad	15.37	7.04
Proteína	7.42	5.11
Fibra cruda	19.3	19.29
Grasa	1.48	0.81
Carbohidratos	55.67	44.6
Cenizas	0.767	23.15

Fuente: Velasco, et al., 1997; Valderrama et al., 2012; Díaz-Montes, et al., 2016.

El nejayote contiene de 6 a 8% de sólidos secos de germen inicial, que incluyen parte de pericarpio, endospermo, pequeñas porciones de germen, y carotenoides (pigmentos), responsables de su color amarillo (tabla 4). El nejayote tiene altas concentraciones de materia orgánica en suspensión y en solución (5 y 50 g / L) debido al uso de hidróxido de calcio en el proceso. El pH se encuentra cerca del límite máximo de alcalinidad 10 a 14, la hemicelulosa, los carbohidratos, las proteínas y el calcio también están presentes en la fracción de nejayote (Velasco, *et al.*, 1997).

### 1.3.2 Propiedades Fisicoquímicas del nejayote

Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas evaluadas del nejayote

Propiedad	Parámetro
Contenido total de sólidos (g·L <sup>-1</sup> )	11.68
Sólidos solubles totales (°Brix)	1.53
Carbón orgánico total (mg·L <sup>-1</sup> )	2,984.10
Polifenoles totales (mg ácido gálico·L <sup>-1</sup> )	1,190
pH	12 – 14
Densidad (kg·m <sup>-3</sup> )	1,003.54
Viscosidad (Pa·s)	0.002301
Nitrógeno libre (ppm)	200 – 300
Calcio (mg·L <sup>-1</sup> )	1,526.21

Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> / L)	1670–21,280
Sólidos suspendidos totales (mg / L)	2540
Demanda bioquímica de oxígeno (mgO <sub>2</sub> / L)	190–7875
Alcalinidad total (mgCaCO <sub>3</sub> / L)	180–3260
Extracto no nitrogenado (%)	55.67
Calcio (%)	13.13
Fosforo	-

Fuente: Díaz-Montes, et al., 2016; Valderrama et al., 2012.

El nejayote contiene un alto grado de sólidos de maíz (tabla 5), en donde cerca del 50% de estos sólidos están suspendidos y contienen aproximadamente 64, 20 y 1,4% de polisacáridos sin almidón, almidón y proteína, respectivamente. El 50% restante consiste en proteínas, azúcares, vitaminas y fitoquímicos ricos en fenoles y carotenoides. Otros estudios revelaron que el nejayote contiene polisacáridos de arabinosa, xilosa, glucosa, galactosa y ácido D-glucurónico y aproximadamente 23% de fibra cruda (cuya fracción de fibra dietética puede estimular el crecimiento de probióticos).

Por lo tanto, los efluentes agroindustriales tales como las aguas residuales procedentes del procesamiento de cereales pueden ser una fuente abundante de compuestos prebióticos (Figuroa-González *et al.*, 2011). Además, las proporciones de Demanda biológica de oxígeno/Demanda química de oxígeno DBO/DQO del nejayote (0.6) sugieren que la materia orgánica del sustrato puede ser biodegradada.

Existe evidencia de que el tratamiento adecuado de este subproducto no sólo disminuye la contaminación, también es fuente de compuestos de valor agregado alto con potencial para aplicaciones tecnológicas (Zuñiga, 2020).

### 1.3.3 Aplicación en Alimentos

En los últimos años, ha habido una cantidad considerable de investigaciones sobre el problema de la contaminación por nejayote en las industrias del maíz (Velasco, *et al.*, 1997). Los sólidos de nejayote son adecuados para la alimentación de pollos de engorde y no afectan el rendimiento del crecimiento (Velasco, *et al.*, 1997).

Nejayote es el agua residual de la cocción alcalina del maíz y sus sólidos son ricos en fibra dietética (45.3%), calcio (5.7%) y ácido ferúlico (219 mg / 100 g) (Acosta, *et al.*, 2014). Por lo tanto, los sólidos de nejayote son prometedores como una fuente de antioxidantes que se sabe que promueven beneficios para la salud y combaten el estrés oxidativo (Gutiérrez *et al.*, 2010).

El consumo de la fibra dietética, calcio y compuestos fitoquímicos ejercen beneficios para la salud, ya que pueden prevenir la obesidad, el síndrome metabólico y enfermedades crónicas tales como cardiovascular, hipertensión, diabetes, cáncer, osteoporosis y gastrointestinal (Acosta, *et al.*, 2014).

Ciertas propiedades biológicas (actividad antioxidante) del nejayote se atribuyen a la presencia de compuestos bioactivos, tales como Arabinoxilanos (AX) y polifenoles. Los primeros son polímeros de xilosa sustituida por un arabinofuranosil, los cuales están presentes en cereales y gramíneas sin celulosa. Los segundos fungen como vínculo estructural entre el pericarpio y el endospermo del grano (Díaz, *et al.*, 2016). El ácido ferúlico, el ácido fenólico más común que se encuentra en los granos, se ha relacionado con efectos beneficiosos para la salud. Además, el ácido ferúlico ha mostrado un efecto promotor en la inhibición de óxido nítrico y otras citocinas proinflamatorias; convirtiéndolo en un importante fitoquímico para prevenir o tratar enfermedades causadas por inflamación crónica. Se libera una cantidad importante de fitoquímicos en el agua de cocción, también llamada nejayote. El ácido ferúlico y otros ácidos fenólicos pueden recuperarse de este efluente después del secado por pulverización utilizando diferentes agentes encapsulantes (Villela, *et al.*, 2017).

También la adición de compuestos fenólicos podría ser una alternativa para compensar las pérdidas de compuestos antioxidantes durante el tostado, aumentando tanto los fitoquímicos como los antioxidantes en las bebidas instantáneas a base de maíz en polvo. Las bebidas tradicionales de maíz podrían modificarse mediante la adición de polvo de nejayote (como aditivo alimentario) enriquecido en fitoquímicos para mejorar los beneficios para la salud (Buitimea, *et al.*, 2019).

El pan es el alimento básico principal a nivel mundial. Nutricionalmente, la amplia gama de panes producidos proporciona energía, proteínas, minerales y muchos otros macro y micronutrientes, pero su calidad nutricional es menor en comparación con la de trigo integral.



El pan blanco es preferido por los consumidores sobre el pan integral debido a su sabor, calidad y tradición. En consecuencia, el pan es un vehículo para introducir otros compuestos nutricionales o nutraceuticos. Por lo tanto, los sólidos de nejayote son adecuados para enriquecer las formulaciones de pan, especialmente en términos de mejorar las cantidades de fibra dietética, calcio y fitoquímicos (Acosta, *et al.*, 2014).

En México y América Central, la tortilla es la principal fuente de calcio y fósforo en la dieta. La relación Ca / P es un factor importante en la formación ósea. Muchos experimentos han demostrado que una dieta con una relación Ca / P de 0.66–1.0 conduce a síntomas patológicos y una mala salud esquelética. Para mantener la densidad mineral ósea en adultos, la proporción ideal de Ca / P en la dieta humana es de 1 a 1.5, Por esta razón, la cantidad de Ca incorporada en el grano de maíz durante el proceso de nixtamalización y por ende en el nejayote es un tema de investigación importante (Rojas, *et al.*, 2007).

Además, el nejayote tiene un alto contenido de compuestos de polisacáridos no celulósicos, que son importantes para las propiedades funcionales de los alimentos, como espesantes, estabilizadores, emulsionantes y formadores de película o gel (Valderrama, *et al.*, 2012).

#### **1.4 Alimentos funcionales**

El proceso de la alimentación ha sufrido una gran transformación en el mundo desarrollado hemos pasado de la preocupación de poder disponer de alimentos necesarios para aplacar el hambre y sobrevivir, a la preocupación por diseñar dietas elaboradas con alimentos más saludables que nos permitan, no solo cubrir las necesidades sino prevenir enfermedades y mantener el mejor estado de salud posible. Hace tiempo nos conformábamos con tener alimentos suficientes, luego que éstos fuesen seguros y de calidad y ahora buscamos que además sean saludables (Bartrina, 2010).

El concepto alimentos funcionales nace en Japón en los años ochenta cuando las autoridades japonesas tomaron conciencia de que para controlar los gastos de salud era necesario desarrollar alimentos que mejoraran la calidad de vida de la población. Desde entonces, la demanda de este tipo de alimentación ha crecido espectacularmente, siendo además un negocio interesante para la industria alimentaria (Bartrina, 2010).

Los alimentos funcionales son aquellos que han demostrado de manera científica su efecto saludable sobre una o varias funciones del organismo al margen de sus cualidades nutricionales básicas. Este grupo de alimentos ha adquirido en los últimos años una gran

presencia en las estanterías de los comercios y en la cesta de la compra a causa de la publicidad sobre sus cualidades potencialmente beneficiosas (Bartrina, 2010).

Como respuesta al gran interés por la salud y la alimentación nacen en Japón en 1984 los alimentos funcionales, que se desarrollaron específicamente para mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades (Illanes, Diaz y Álvarez, 2013).

Por estas razones, el consumo de alimentos funcionales ha proliferado en los últimos años. Según el Instituto Internacional de Ciencias de la Vida (Ashwell, 2004), los alimentos funcionales son aquellos que incluyen una variedad de componentes relevantes para mejorar el estado de salud o reducir el riesgo (no prevención) de la enfermedad. (Küster y Vidal, 2017).

### **1.5 Fitoquímicos**

En general, los fitoquímicos son metabolitos secundarios de la planta; es decir, sustancias sintetizadas por las células vegetales, pero que cumplen una función más allá de las necesidades primarias de la célula y contribuyen a la supervivencia de toda la planta como organismo funcional. Algunos fitoquímicos confieren color o aroma, otros actúan como moléculas de señalización, ya sea dentro de la propia planta o en interacciones con otros organismos, y se cree que muchos funcionan como pesticidas naturales. Algunas de estas sustancias son activas, mientras que otras son profundamente desagradables o altamente tóxicas. Aunque el término fitoquímico podría aplicarse a cualquier componente químico de las plantas, el término se usa en este capítulo para describir las sustancias orgánicas biológicamente activas que se encuentran en las plantas utilizadas por los humanos como alimento, lo que puede ser beneficioso para la salud, pero para el cual no hay deficiencia humana específica trastorno ha sido identificado. Por lo tanto, los nutrientes se excluyen de la discusión por definición, al igual que, por razones prácticas, los polímeros de carbohidratos que comprenden fibra dietética (Tiwari *et al.*, 2013).

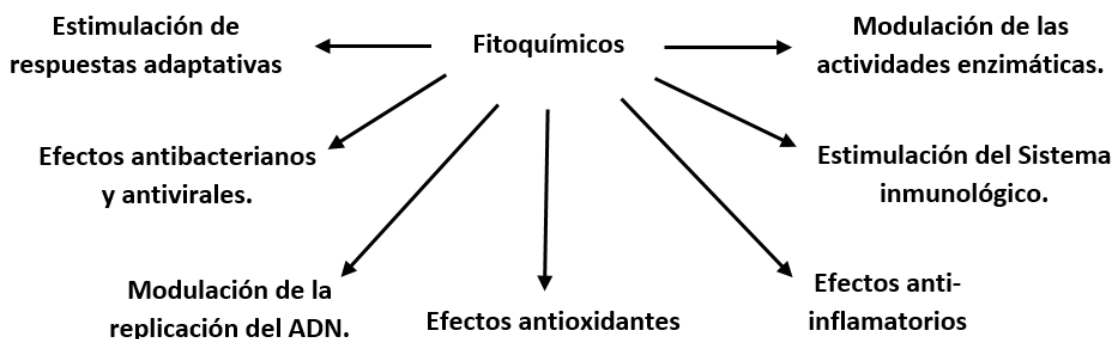
La ingesta dietética de fitoquímicos puede promover beneficios para la salud, protegiendo contra los trastornos degenerativos crónicos, como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (figura 3). La mayoría de los alimentos, como granos enteros, frijoles, frutas, verduras y hierbas, contienen fitoquímicos. Entre estos, las frutas y verduras son fuentes importantes de fitoquímicos. Estos fitoquímicos, solos o en combinación, tienen un tremendo potencial terapéutico para curar diversas dolencias. Los fitoquímicos con

propiedades nutraceuticas presentes en los alimentos son de enorme importancia debido a sus efectos beneficiosos para la salud humana, ya que ofrecen protección contra numerosas enfermedades o trastornos como el cáncer, enfermedades coronarias, diabetes, presión arterial alta, inflamación, infecciones microbianas, virales y parasitarias., enfermedades psicóticas, condiciones espasmódicas, úlceras, etc. (Prakash y Sharma,2014).

Si bien a menudo se afirma, vale la pena repetir que la evolución de la medicina moderna derivada de la aplicación de principios científicos al herbalismo y hasta el día de hoy los compuestos derivados de plantas proporcionan los esqueletos para construir moléculas con la capacidad de curar muchas enfermedades. En los últimos tiempos, las aplicaciones de fitoquímicos se han extendido a otras áreas, especialmente nutraceuticos y alimentos funcionales (Fig.4) (Tiwari *et al.*, 2013).

Los compuestos de origen natural como los fitoquímicos, que poseen propiedades anticancerígenas y otras propiedades beneficiosas, se denominan agentes quimiopreventivos, y se clasifican como agentes bloqueantes y supresores (Yahia, 2017).

Los agentes bloqueantes se basan en su actividad antioxidante y la capacidad para eliminar los radicales libres. Entre los agentes antioxidantes más investigados contra el cáncer se encuentran algunas vitaminas como C, A y E; flavonoides y ácidos fenólicos, que representan el 60% y el 30%, respectivamente, de compuestos dietéticos (poli) fenólicos (Ramos, 2007); y pigmentos como los carotenoides, clorofilas y betalaínas (Yahia, 2017).



**Figura 4. Efecto de los fitoquímicos en diversas actividades celulares (Farooqui, 2017).**

Claramente, si los fitoquímicos son beneficiosos para la salud humana, deben alcanzar sus tejidos objetivo en cantidades fisiológicamente significativas. Algunos metabolitos de plantas secundarias pueden actuar completamente dentro de la luz del tracto alimentario, tal vez al funcionar como agentes de extinción de los radicales libres, o al interactuar directamente con las células epiteliales intestinales, sin cruzar el intestino y entrar al torrente sanguíneo (Tiwari, *et al.*, 2013).

A diferencia de las vitaminas y minerales, los fitoquímicos no son necesarios para el mantenimiento de la viabilidad celular, pero juegan un papel vital en la protección de las células neurales de la neuroinflamación y el estrés oxidativo asociado con el envejecimiento y las enfermedades cerebrales. Las raíces, tallos, hojas, frutos y semillas contienen fitoquímicos como terpenoides, compuestos fenólicos, glucosinolatos, betalainas y clorofilas. Aunque muchos fitoquímicos en los alimentos vegetales se absorben poco y se excretan rápidamente, ejercen efectos antiinflamatorios, antioxidantes y anticancerígenos a dosis realistas. Los efectos de los fitoquímicos están mediados por su capacidad para contrarrestar, reducir y reparar el daño resultante del estrés oxidativo y neuroinflamación: procesos modulados por el factor de transcripción, factor nuclear kappa B (NF -  $\kappa$ B). Los fitoquímicos también estimulan la síntesis de enzimas y proteínas adaptativas que favorecen la resistencia al estrés celular (Farooqui, 2017).

Un enfoque emergente para el alivio de la neuroinflamación implica el uso de plantas y hierbas medicinales. Los estudios epidemiológicos han indicado que la incidencia de trastornos neurológicos entre las personas que viven en Asia es menor que en el mundo occidental. Esto puede deberse al consumo regular de fitoquímicos en forma de especias. Una amplia investigación en los últimos 10 años ha indicado que los fitoquímicos derivados de diversas especias, por ejemplo, cúrcuma, pimiento rojo, pimienta negra, regaliz, clavo, jengibre, ajo, cilantro, canela, atacan las vías de estrés inflamatorio y oxidativo y retrasan o retrasan la aparición de enfermedades neurológicas, se han identificado más de 7000 fitoquímicos, que poseen propiedades antiproliferativas, antiinflamatorias, antivirales e hipocolesterolemias (Farooqui, 2017).

La neuroinflamación y el estrés oxidativo están estrechamente asociados con la patogénesis de enfermedades neurotraumáticas y neurodegenerativas, como el accidente cerebrovascular y la enfermedad de Alzheimer (EA). Durante la reacción inflamatoria, la secreción de

citocinas y quimiocinas proinflamatorias amplifica y mantiene las respuestas inflamatorias. Los fitoquímicos se unen a los receptores nucleares o de la membrana celular neuronal como ligandos electivos y tienen efectos de señalización a concentraciones mucho más bajas que las requeridas para una actividad antioxidante efectiva (Farooqui, 2017).

La biodisponibilidad representa la fracción de un compuesto ingerido o administrado por vía oral en alimentos, bebidas o suplementos que alcanza la circulación sistémica. La biodisponibilidad de la mayoría de los fitoquímicos en los tejidos humanos es muy pobre. Después de la administración oral, la mayoría de los fitoquímicos se absorben y metabolizan para formar conjugados de glucurónido y sulfato, que se excretan en la orina. La biodisponibilidad de la mayoría de los fitoquímicos en los órganos periféricos es mayor que la del cerebro como resultado de la presencia del BBB. Para ingresar al cerebro, un fitoquímico debe ser altamente soluble en lípidos o estar sujeto a procesos de transporte de absorción a través de transportadores de cassette de unión a trifosfato de adenosina (ATP). Se han tomado muchos enfoques en un intento de mejorar la biodisponibilidad de los fitoquímicos, incluido el uso de adyuvantes que interfieren con la glucuronidación, la preparación de liposomas y nanopartículas fitoquímicas, el uso de conjugados fitoquímicos-fosfolípidos y el uso de análogos estructurales de fitoquímicos (Farooqui, 2017).

Las plantas y los fitoquímicos producen sus efectos beneficiosos no solo a través de la modulación de las actividades enzimáticas y la regulación de la expresión génica, sino también a través de la estimulación de vías adaptativas de respuesta al estrés celular que protegen las células contra una variedad de condiciones adversas (Farooqui, 2017).

## **1.6 Antioxidantes**

Los antioxidantes se utilizan en la industria alimentaria para prevenir diversas alteraciones causadas por la oxidación, en particular las siguientes: el enranciamiento de las materias grasas, de los aceites y de los alimentos que contienen grasa; la decoloración de las carnes y de los productos cárnicos; el oscurecimiento enzimático de las frutas y legumbres; la deterioración oxidativa de los jugos cítricos (FAO/OMS, 1972).

Los antioxidantes son un grupo de químicos efectivos para extender la vida útil de una amplia variedad de productos alimenticios. El uso de antioxidantes se remonta a la década de 1940. Las sustancias naturales como el chicle guayaco se usaron inicialmente para preservar las grasas y los aceites. Pronto fueron reemplazados por muchos compuestos sintéticos que

tenían una mejor actividad antioxidante y estaban más fácilmente disponibles. El uso de antioxidantes también se extendió a una amplia variedad de productos alimenticios, incluidos alimentos ricos en grasas, cereales e incluso productos que contienen niveles muy bajos de lípidos (Madhavi, 1995).

La mayoría de las materias primas utilizadas para la fabricación de alimentos contienen antioxidantes naturales. Sin embargo, durante el procesamiento o almacenamiento, los antioxidantes naturales se agotan, lo que requiere la adición de productos químicos antioxidantes. En los últimos años, tanto los consumidores como los fabricantes de alimentos han preferido los antioxidantes naturales, principalmente debido a la preocupación sobre la seguridad de los antioxidantes sintéticos (Madhavi, 1995).

En general, los antioxidantes funcionan reduciendo la velocidad de reacción de iniciación en las reacciones en cadena de radicales libres y son funcionales a concentraciones muy bajas, 0.01% o menos. Sin embargo, los antioxidantes no pueden revertir el proceso oxidativo o prevenir la ranciedad hidrolítica (Madhavi, 1995).

### **1.6.1 Clasificación de antioxidantes alimentarios**

Según su función, los antioxidantes alimentarios se clasifican como antioxidantes primarios o que rompen la cadena, sinérgicos y antioxidantes secundarios. Varios investigadores han revisado el mecanismo de la actividad antioxidante (Madhavi, 1995).

### **1.6.2 Antioxidantes primarios**

Los antioxidantes primarios terminan la reacción en cadena de los radicales libres al donar hidrógeno o electrones a los radicales libres y convertirlos en productos más estables. También pueden funcionar mediante la adición en reacciones con el radical lipídico, formando complejos lípido-antioxidantes. Tanto los antioxidantes fenólicos impedidos (p. Ej., BHA, BHT, TBHQ y tocoferoles) como los polihidroxifenólicos (p. Ej., Galatos) pertenecen a este grupo. Muchos de los compuestos fenólicos naturales como los flavonoides, el eugenol, la vainillina y los antioxidantes del romero también tienen propiedades rompe cadenas. Los antioxidantes primarios son efectivos a concentraciones muy bajas y a niveles más altos pueden convertirse en prooxidantes (Madhavi, 1995).

### **1.6.3 Antioxidantes Sinérgicos**

Los antioxidantes sinérgicos pueden clasificarse ampliamente como eliminadores de oxígeno y quelantes. Los sinergistas funcionan mediante diversos mecanismos. Pueden actuar como donantes de hidrógeno al radical fenoxi, regenerando así el antioxidante primario. Por lo tanto, los antioxidantes fenólicos pueden usarse en niveles más bajos si se agrega un sinergista simultáneamente al producto alimenticio. Los sinergistas también proporcionan un medio ácido que mejora la estabilidad de los antioxidantes primarios. Los eliminadores de oxígeno como el ácido ascórbico, el palmitato de ascorbilo, los sulfitos y los eritorbatos reaccionan con el oxígeno libre y lo eliminan en un sistema cerrado. El ácido ascórbico y el palmitato de ascorbilo también actúan como sinergistas con antioxidantes primarios, especialmente con tocoferoles. Los quelantes como el ácido etilendiaminotetraacético, el ácido cítrico y los fosfatos no son antioxidantes, pero son altamente eficaces como sinergistas con los antioxidantes primarios y los eliminadores de oxígeno. Un par de electrones no compartidos en su estructura molecular promueve la acción quelante. Forman complejos estables con metales prooxidantes como el hierro y el cobre, que promueven reacciones de iniciación y aumentan considerablemente la energía de activación de las reacciones de iniciación (Madhavi, 1995).

### **1.6.4 Antioxidantes Secundarios**

Los antioxidantes secundarios o preventivos, como el ácido tiodipropiónico y el dilauril tiodipropionato, funcionan descomponiendo los peróxidos lipídicos en productos finales estables. El tiodipropionato de dilaurilo también es eficaz para inactivar perácidos en sistemas modelo que contienen ácido perfórmico y nonanal, oleato de etilo o colesterol. En este sistema, el tiodipropionato de dilaurilo se oxida preferentemente al sulfóxido y evita la formación de ácido nonanoico, oleato de 9-epoxietilo y colesterol 5,6-epoxídico, respectivamente (Madhavi, 1995).

### **1.6.5 Antioxidantes diversos**

Los compuestos enumerados en varios antioxidantes, como los flavonoides y compuestos relacionados y aminoácidos, funcionan como antioxidantes primarios y sinergistas (Fig. 5). Los nitritos y nitratos, que se utilizan principalmente en el curado de la carne, probablemente funcionan como antioxidantes al convertir las proteínas heme en formas inactivas de óxido

nítrico y al quelar los iones metálicos, especialmente el hierro, el cobre y el cobalto no heme que están presentes en la carne (Madhavi, 1995).

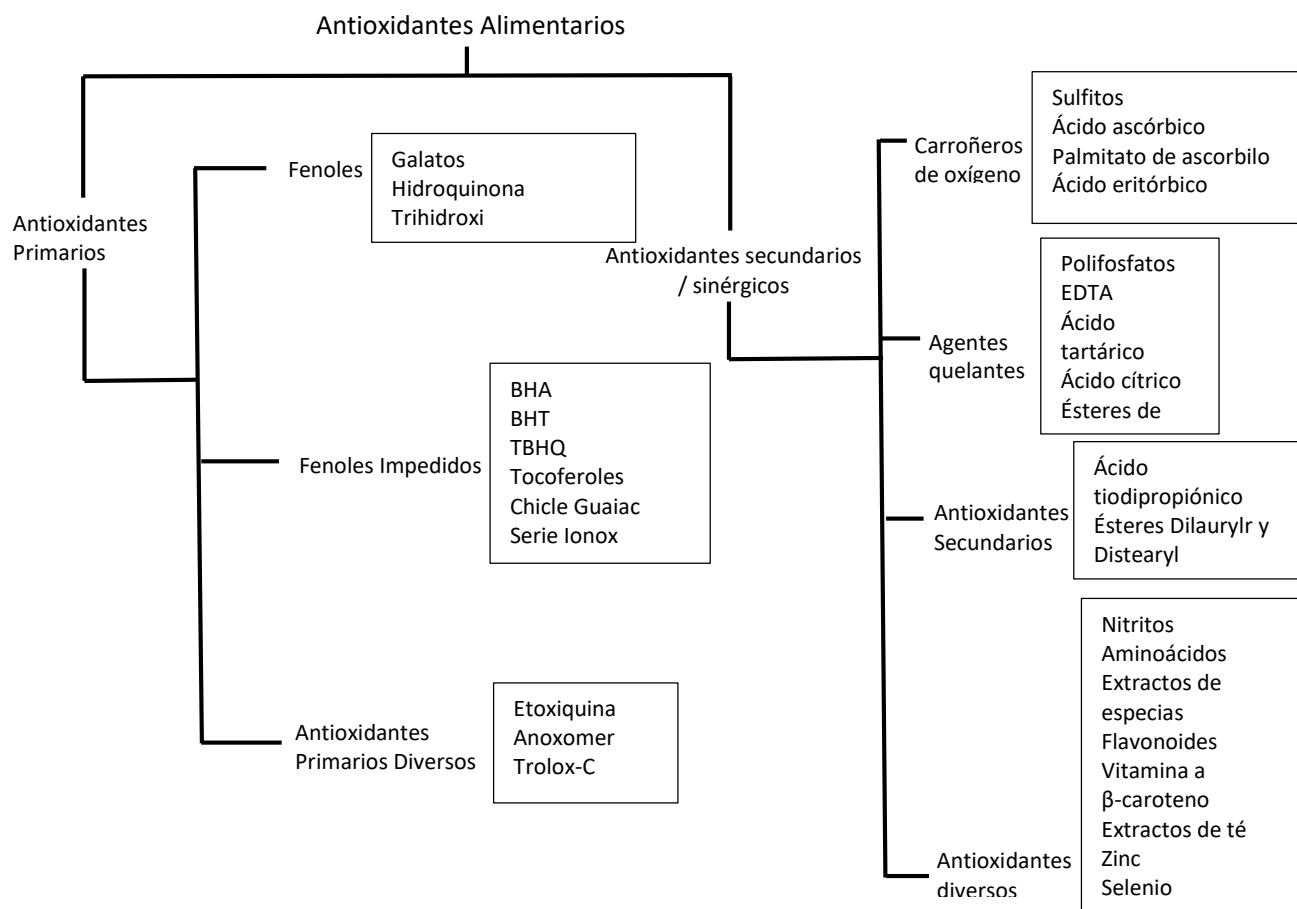


Figura 5. Clasificación de los Antioxidantes Alimentarios (Madhavi, 1995).

### 1.7 Generalidades del arándano

El arándano es un arbusto de la familia de las ericáceas del género *Vaccinium*. Sus frutos son bayas de color oscuro, azuladas o rojizas. Presenta cualidades nutricionales y antioxidantes que lo hace un fruto de alto valor medicinal y nutricional. En la alimentación humana, el arándano constituye una de las fuentes más importantes de antocianos y carotenoides, que le confieren su color característico y propiedades antioxidantes (Jiménez & Abdelnour, 2013). Los arándanos, considerados por muchos como el fruto más antiguo de la tierra, forman parte del grupo conocido como frutos del bosque, los cuales han sido utilizados desde tiempos



ancestrales para el tratamiento de distintas enfermedades como la gripe, el escorbuto y las infecciones urinarias (Vázquez, *et al.*, 2012).

El arándano se caracteriza por poseer un bajo valor calórico y un gran contenido en agua (más del 80% del peso total del fruto). Si bien su aporte en macronutrientes no es destacable, su calidad nutricional viene determinada por ser una buena fuente de fibra, vitaminas y minerales. Además, contiene diversos fitoquímicos, principalmente de naturaleza fenólica, relacionados con distintos parámetros de calidad organoléptica, nutricional y funcional (Vázquez, *et al.*, 2012).

### 1.7.1 Composición química del arándano

Tabla 6. Composición química proximal del arándano

Composición	(%)
Humedad	85
Proteína	0.9
CHOS	5.1
Lípidos	0.2
Fibra	3.1
Cenizas	5.7

Fuente: Simmonds y Preedy, 2016.

Los compuestos antioxidantes del arándano son flavonoides y ácidos fenólicos y los flavonoides se mencionan como antioxidantes particularmente poderosos. Los pigmentos naturales, junto con ácidos orgánicos como el oxálico y el málico, son los responsables de su sabor. En general, los antioxidantes pueden ayudar a proteger de enfermedades como cáncer, cardiovasculares y cerebrovasculares y arterioesclerosis (Ostrolucka *et al.*, 2008).

Estos frutos también son ricos en vitamina C, potasio, hierro y calcio, el cual es necesario en la transmisión y generación del impulso nervioso, en la actividad muscular normal e intervienen además en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula. También contienen taninos, los cuales les confieren propiedades astringentes. La principal propiedad de estos frutos son sus altos contenidos de antocianos y vitaminas, que intervienen en la formación de

colágeno, huesos, dientes, glóbulos rojos y favorecen la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones (Jiménez y Abdelnour, 2013).

El arándano pertenece a la familia Ericácea, género *Vaccinium*, el cual engloba dos especies: arándano rojo (*Vaccinium oxycoccus*) y arándano azul (*Vaccinium corymbosum*). El arándano que se consume en España procede básicamente de Australia, Chile, Holanda e Italia, pero cada vez toman mayor relevancia los que proceden de Asturias y Huelva, zonas en las que se dedican grandes extensiones de terreno al arándano azul desde hace aproximadamente dos décadas (Vázquez, *et al.*, 2012).

Una abundante evidencia indica que el efecto dañino de los radicales libres en lípidos, proteínas y ácidos nucleicos puede ser neutralizado por los antioxidantes y debido a que las frutas y vegetales contienen diferentes compuestos y niveles de antioxidantes, el interés por determinar y comparar sus niveles se ha convertido en un área de interés (Jiménez y Abdelnour, 2013).

### **1.8. Adultos mayores**

Cuando nos referimos al envejecimiento, hablamos de un proceso natural, gradual, continuo e irreversible de cambios a través del tiempo. Estos cambios se dan en el nivel biológico, psicológico y social, y están determinados por la historia, la cultura y las condiciones socioeconómicas de los grupos y las personas. Por ello, la forma de envejecer de cada persona es diferente (INMUJERES, 2015).

El envejecimiento es un fenómeno fisiológico, cuyos mecanismos y tipos de tratamiento son objeto de numerosos debates. Los cambios anatómicos y fisiológicos asociados al envejecimiento se inician varios años antes de la aparición de los signos externos. Varias de estas alteraciones comienzan a manifestarse progresivamente a partir de los 40 años y continúan hasta la muerte, es decir, hasta que el organismo no es capaz de adaptarse. En el plano fisiológico, el proceso de senescencia provoca el declive de las funciones orgánicas y, a continuación, el envejecimiento de los tejidos y del aspecto general del cuerpo.

En demografía se utiliza la edad cronológica para determinar a la población envejecida, que se ha llamado población adulta mayor; la Organización de las Naciones Unidas (ONU) establece la edad de 60 años para considerar que una persona es adulta mayor (Gobierno del Distrito Federal, 2014). Este criterio es utilizado por el Instituto Nacional de las Personas

Adultas Mayores (INAPAM) y otras instancias como la Secretaría de Salud (INMUJERES, 2015).

El envejecimiento de la población puede considerarse un éxito de las políticas de salud pública y el desarrollo socioeconómico, pero también constituye un reto para la sociedad, que debe adaptarse a ello para mejorar al máximo la salud y la capacidad funcional de las personas mayores, así como su participación social y su seguridad (INMUJERES, 2015).

El proceso de envejecimiento acelerado es un común denominador en los países de América Latina y el Caribe, así como en el mundo. El crecimiento de la población adulta mayor en México no es un problema en sí, sino más bien un logro de los avances en salud, los cuales han provocado un incremento en la esperanza de vida (Amafore, 2018).

En las siguientes (Figuras 6,7,8) obtenidas del Instituto Nacional de las Personas Adultas Mayores (INAMPAM) se observan el total de personas adultas en México y los estados con el mayor y menor porcentaje de adultos mayores.



**Figura 6. Población mexicana de 60 años y más (INAPAM, 2015)**



**Figura 7. Estados de la republica con menor proporción de personas adultas mayores (INAMPAM, 2015)**

**Figura 8. Estados de la republica con mayor proporción de adultos mayores (INAPAM, 2015)**

La transición demográfica se refiere al incremento en la población de adultos mayores con respecto a la población de jóvenes. En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el año 2002 reporto que el 10 % de la población mundial era de mayores de 60 años (629 millones), así mismo, se tiene proyectado que esta cifra se incrementara a 2000 millones para el año 2050 como se muestra en la (Fig.9) (Sánchez, 2003).



**Figura 9. Estructura de la población mexicana por sexo y edad desde 1970 al estimado en 2050 (INMUJERES, 2015).**

Harman en 1981 definió el envejecimiento como la acumulación de déficits biológicos como consecuencia de la edad avanzada, que propician una mayor susceptibilidad a la enfermedad y a la muerte (Sánchez, 2003).

Actualmente hay más personas mayores de 60 años que menores de 4 años. Para 2050 las mujeres de 60 años y más representarán 23.3% del total de población femenina y los hombres constituirán 19.5% del total de la masculina. La esperanza de vida de la población mexicana se duplicó entre 1930 y 2014 con una ganancia de 43 años en las mujeres y 39 en los hombres, lo cual significa grandes desafíos para los sistemas de pensión, jubilación y salud, principalmente (INMUJERES, 2015).

### 1.8.1 Salud de las personas adultas mayores

El objetivo de un buen envejecimiento es conseguir un envejecimiento óptimo sin discapacidad, principal motivación de la investigación y de la medicina de la longevidad. Más que la prolongación de la duración de la vida, el objetivo de las principales investigaciones es la duración de la vida sin deficiencias (de Jaeger, 2018).

## Cambios en los principales Sistemas fisiológicos en adultos mayores

Existen cambios de los sistemas fisiológicos ligados a la edad, aparte de cualquier patología, que van a alterar el funcionamiento normal de la persona, en particular la función locomotora, la siguiente (tabla 7) muestra la disminución en funcionamiento de cada uno de los órganos y sistemas del cuerpo.

Tabla 7. Disminución media de las funciones corporales.

Funciones	20 años	40 años	60 años	80 años
Velocidad de la transmisión nerviosa	100%	98%	95%	92%
Filtrado intestinal	100%	92%	86%	78%
Eficacia de los latidos cardíacos	100%	90%	80%	75%
Volumen pulmonar útil	100%	85%	78%	60%
Capacidad respiratoria máxima	100%	84%	62%	40%

Fuente: de Jaeger, 2018.

## Metabolismo basal y termorregulación

Las posibilidades de regulación térmica cambian con la edad. El metabolismo basal disminuye alrededor de un 1% por año a partir de los 30 años. Se traduce por una disminución de la termogénesis. La importancia de este deterioro varía según las personas y depende de factores como el peso, el consumo de alcohol y tabaco, etc. Este déficit de regulación se caracteriza por las dificultades del organismo para cambiar y adaptar sus respuestas fisiológicas. De esta forma, con temperaturas ambientales elevadas, la vascularización periférica aumenta menos que en el joven. Se observan fenómenos idénticos en respuesta al frío. Con la edad, los trastornos de la vascularización periférica con extremidades frías provocan un aumento importante de las pérdidas calóricas. El umbral de vasoconstricción en respuesta al frío es más bajo en los ancianos que en las personas más jóvenes, así como el umbral de aparición de escalofríos. Además, la respuesta cardiovascular al recalentamiento pasivo percutáneo es menos eficaz en los ancianos, lo que se traduce por una menor redistribución del flujo sanguíneo hacia la piel y, por lo tanto, un recalentamiento más lento.

## **Aparato locomotor**

Aunque conserven su aspecto, los huesos sufren cambios en el varón y en la mujer. El proceso de reabsorción del calcio sufre un desequilibrio y el tejido óseo se hace más poroso y frágil debido a una desmineralización constante, la osteoporosis, que puede complicarse con fracturas. El envejecimiento se acompaña por lo tanto de una reducción de la masa ósea por disminución de la formación y adelgazamiento progresivo de las trabéculas óseas y de las corticales, hasta alcanzar un umbral donde el riesgo de fracturas es muy importante (tabla 8).

**Tabla 8. Riesgo de fractura durante la vida a partir de los 50 años en porcentaje de supervivencia (intervalo de confianza del 95%) con fractura.**

<b>Fracturas</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Varones</b>
Femorales	17.5% (16.8-18.2)	6.0% (5.6-6.5)
Vertebrales	15.6% (14.8-16.3)	5.0% (4.6-5.4)
Radiales	16.0% (15.2-16.7)	2.5% (2.2-3.1)
Total	39.7% (38.7-40.6)	13.1% (12.4-13.7)

Fuente: de Jaeger, 2018.

Esta afectación ósea ligada a la edad empeora con las alteraciones del metabolismo fosfocálcico, las carencias en vitamina D (hiperparatiroidismo y alteración de la función renal) ligadas al paso de los años y por diferentes factores ambientales nefastos para el hueso (tabaco, alcohol, inactividad física, factores nutricionales).

Las articulaciones sufren también cambios: con la edad existe una reducción de la superficie cartilaginosa. Además, los ligamentos se calcifican, se osifican, empeorando los trastornos articulares. La osteoporosis constituye también uno de los factores responsables de la pérdida de los dientes, ligada a una inflamación y a una desmineralización del hueso que rodea al diente. La resorción ósea de mandíbulas y maxilares se acentúa con la pérdida de los dientes. La distancia entre la barbilla y la nariz se acorta y los dientes migran hacia atrás (alteración de la alineación de los dientes), lo que modifica a la larga la fisionomía del anciano.

## **Sistema Nervioso**

### **Sistema nervioso central**

El envejecimiento cerebral se caracteriza por la aparición progresiva de cuatro tipos de lesiones: degeneraciones neurofibrilares, placas seniles, pérdidas neuronales y sinápticas y

anomalías vasculares. En consecuencia, los principales efectos de la edad en el sistema nervioso son:

- Una disminución selectiva de las neuronas corticales, asociada a una pérdida neuronal en algunas zonas del tálamo, del locus cerúleo y de algunos ganglios de la base del cráneo, con una reducción generalizada de la densidad neuronal que provoca una pérdida global del 30% de la masa cerebral a los 80 años.
- Una depleción global de neurotransmisores (catecolaminas, dopamina, tirosina, serotonina) debida a una disminución de la síntesis y a un incremento de la degradación por las enzimas catalíticas endógenas. Origina numerosas patologías cuya frecuencia aumenta con la edad, como la enfermedad de Alzheimer o la enfermedad de Parkinson.
- Esta disminución significativa de concentración de neuromediadores del sistema nervioso central, en particular de acetilcolina y dopamina, se acompaña de una disminución importante del número y de la capacidad de los receptores.
- Un declive progresivo de la inervación periférica de los músculos esqueléticos, que provoca una amiotrofia particularmente clara a nivel de los músculos de la mano.
- en el sistema nervioso autónomo se observan los mismos cambios estructurales que en el sistema nervioso central. La concentración de catecolaminas circulantes aumenta, probablemente para compensar la menor reactividad de los órganos diana. Esta claramente admitido que algunas funciones cognitivas (la memoria y en particular la codificación) disminuyen con el paso de los años.

### **Órganos de los sentidos**

Durante el envejecimiento, la retina pierde de forma regular células fotorreceptoras, pero habitualmente sin alterar la agudeza visual, ya que el 30% de los conos y bastones son suficientes para una función normal. El envejecimiento ocular se acompaña de una reducción de la acomodación (presbicia) que altera la visión cercana. Este proceso se inicia de hecho desde la infancia, pero las consecuencias funcionales aparecen hacia los 50 años de edad. Se produce también una opacificación progresiva del cristalino que se inicia a una edad más tardía y repercute en la visión (catarata) (de Jaeger, 2018).



Los datos en relación con los cambios del gusto y/o del olfato durante el envejecimiento son más controvertidos. Existen sin embargo alteraciones moderadas que originan que el anciano perciba la comida más insípida y menos apetecible.

El envejecimiento del aparato cocleovestibular se acompaña de una pérdida progresiva de la audición (principalmente de los sonidos agudos) que origina una presbiacusia. La disminución de la audición puede también alterar el equilibrio y la movilidad del anciano.

### **Aparato cardiovascular**

El envejecimiento provoca cambios estructurales y por lo tanto funcionales del aparato cardiovascular. A estos cambios se añaden con frecuencia varias patologías (más del 50% de los pacientes mayores de 75 años presentan al menos una afección cardiovascular), a las que se suma la influencia del patrimonio genético.

Las principales alteraciones cardiovasculares son:

- Una disminución progresiva del número de cardiomiocitos, que tienen una duración de vida limitada y cuyo número es fijo desde el período neonatal. Cerca del 40% del capital celular va a ser destruido con el paso de los años, por necrosis y apoptosis.
- una disminución de la distensibilidad de los vasos y del miocardio. Esta rigidez arterial se debe en gran parte a una glicación de las proteínas. Con la edad, el tejido elástico es progresivamente sustituido por tejido conjuntivo más fibroso.
- una alteración progresiva, con la edad, del barorreflejo y una disminución de la respuesta a un estímulo beta-adrenérgico, a pesar de un aumento reactivo de la concentración plasmática de catecolaminas. De esta forma, con el esfuerzo, los ancianos no aumentan tanto su frecuencia cardíaca como los jóvenes, y su tolerabilidad a la hipovolemia es deficiente: los ancianos compensan la insuficiente respuesta al esfuerzo de la frecuencia cardíaca con una dilatación telediastólica y un aumento del volumen de eyección sistólico.
- el índice cardíaco disminuye progresivamente a partir de los 30 años. Esta disminución del índice cardíaco en el anciano varía en función de las personas y su estilo de vida. Las personas que mantienen una actividad física moderada y regular pueden conservar hasta una edad avanzada una buena función cardíaca, al menos en reposo.

- efectos sobre la pared arterial: la disminución de la distensibilidad arterial, los cambios estructurales de la elastina con endurecimiento del colágeno y la alteración de la vasomotricidad arterial conducen a un aumento de la presión arterial sistólica con la edad superior al aumento de la presión arterial diastólica, provocando un aumento de la presión arterial diferencial.
- el riesgo trombótico: el envejecimiento se acompaña de un incremento de la actividad procoagulante, genéticamente controlada y potencialmente asociada a un mayor riesgo de trombosis.

### **Función renal**

La edad provoca varios cambios renales, tanto anatómicos como fisiológicos. El envejecimiento renal se acompaña de una atrofia renal progresiva que afecta fundamentalmente a la corteza. En el plano histológico, se observa una disminución progresiva del número de nefronas funcionales, que se inicia hacia los 40 años y se acentúa con la edad. Como en los demás órganos, los riñones presentan una disminución progresiva de su masa funcional que es sustituida por grasa y tejido fibroso. El cambio más importante es la disminución progresiva del flujo sanguíneo renal, del 10% por década a partir de los 40 años: este fenómeno se acompaña de una pérdida progresiva de glomérulos funcionales. El flujo de filtrado glomerular disminuye, limitando las capacidades de eliminación renal (de Jaeger, 2018).

### **Aparato respiratorio**

Varios factores intervienen en la alteración de la función respiratoria del anciano: la movilidad de la caja torácica es menor, y en ocasiones la columna vertebral está deformada por cifosis. El diafragma y los músculos intercostales son menos eficaces. Todos estos hechos disminuyen la capacidad vital. La dilatación del árbol traqueobronquial con atrofia de las mucosas aumenta el espacio muerto respiratorio, que retiene un mayor volumen de aire inutilizado. El parénquima pulmonar sufre cambios similares a los observados en el enfisema con distensión a nivel alveolar por pérdida de elasticidad de los alvéolos. Los reflejos protectores de las vías aéreas son menos vivos, y el riesgo de aspiración y atragantamiento es mayor. Además, la disminución con la edad de la eficacia del sistema inmunitario aumenta el riesgo de complicaciones pulmonares, en particular infecciosas (de Jaeger, 2018).

### **Sistema inmunitario**

El envejecimiento en el ser humano se acompaña de un aumento de la frecuencia de las afecciones malignas, de la susceptibilidad a las infecciones, de las enfermedades autoinmunitarias y de la disminución de la respuesta a las vacunas. Estas anomalías pueden considerarse la consecuencia de una inmunosenescencia que afecta a la inmunidad tanto celular como humoral. Sin embargo, los cambios observados suelen ser indisociables de las consecuencias de factores externos (alimentación, ejercicio físico, patologías asociadas, medicamentos). Disminuye también la capacidad de secreción de anticuerpos al contacto con nuevos antígenos, sin que se haya establecido claramente la relación con una disfunción de los linfocitos B. El grado de alteración del sistema inmunitario ha sido considerado como marcador de la «edad biológica» de los pacientes y se ha relacionado con las posibilidades de supervivencia a los 2 años de pacientes muy ancianos.

### **Funciones endocrinológicas**

Como en el proceso muy bien conocido de los cambios hormonales de la menopausia en las mujeres, existen también perturbaciones hormonales sexuales en el varón: descenso de la testosterona y de los estrógenos con persistencia de la espermatogénesis. Se puede añadir el envejecimiento de la reproducción. En Francia, estadísticamente, el inicio de la hipofertilidad aparece alrededor de los 30 años, la esterilidad a partir de los 40 años, mientras que la media de edad de la menopausia es de 52 años, aparentemente estable en la evolución reciente. El descenso de la fertilidad se debe a la disminución del capital ovocítico ovárico; el número de células ovocíticas aumenta de forma importante entre el tercero y el sexto mes de la vida fetal, y disminuye progresivamente (400.000 folículos ováricos al nacimiento) durante la infancia hasta la pubertad, cuando se estabiliza, para disminuir de nuevo a partir de los 35 años.

Los ancianos presentan una menor tolerabilidad a la glucosa en comparación a personas más jóvenes y una disminución de la actividad insulínica. Sin embargo, las personas centenarias, quizá porque sólo sobreviven algunos tipos de personas, presentan la misma tolerabilidad a la glucosa que los jóvenes y mantienen una buena actividad insulínica. Los valores basales de las concentraciones plasmáticas de catecolaminas son mayores en los ancianos que en los jóvenes. Se relacionan con la menor sensibilidad de esta población al estímulo adrenérgico,

se traduce también por una menor secreción de factor natriurético auricular y por una menor respuesta hiperglucémica (de Jaeger, 2018).

### **Aparato digestivo**

El envejecimiento provoca cambios en el aparato bucodental, una disminución del flujo salivar, una disminución de la secreción ácida de las células parietales gástricas y una hipoclorhidria gástrica. Estas alteraciones favorecen un descenso de la absorción, en particular de hierro y calcio, así como de la asimilación de la vitamina B12. Por otro lado, se enlentece el tiempo de tránsito intestinal en el anciano por disminución del peristaltismo, lo que favorece la distensión abdominal y el estreñimiento, que empeoran por los cambios alimentarios y la falta de hidratación. El envejecimiento también está asociado con una disminución de la masa y del flujo hepáticos. La función pancreática exocrina sólo se altera de forma moderada (de Jaeger, 2018).

La formación del bolo alimenticio se ve afectada por la xerostomía, y en asociación con la disminución del peristaltismo esofágico puede causar incomodidad para tragar. Se segrega menos ácido clorhídrico, pepsina y el pH del intestino cambia, favoreciendo el sobrecrecimiento de la microflora intestinal, que junto a el acortamiento de las vellosidades del intestino delgado dificultan la absorción de algunos minerales, vitaminas, proteínas y de otros elementos esenciales como el hierro, calcio y ácido fólico. El páncreas sufre una disminución de segregación de bicarbonato y enzimas que dan lugar a algunas de las intolerancias y problemas digestivos. El hígado reduce de tamaño y el flujo sanguíneo también es más escaso, por tanto, disminuye su capacidad de desintoxicar el organismo, asociado el metabolismo de algunos alimentos y fármacos (Alvarado, Lamprea y Murcia, 2017).

La ingesta de alimentos y digestión también se van modificando, dependiendo de la anatomofisiología del individuo, pasando desde la succión del seno materno hasta lograr la incorporación de diferentes texturas, consistencias, temperaturas. Por cuestiones de tipo fisiopatológico, edad, alteraciones de tipo psicológico y psiquiátrico, la disminución de la sensibilidad intraoral, alteraciones neurológicas, entre otras, los ancianos pueden presentar problemas digestivos, dificultades para tragar o deglutir, lentitud en la masticación, con aumento en el tiempo de tránsito de cada una de las etapas, filtraciones o penetración laríngea con líquidos claros, atragantamiento con alimentos secos y arenosos o polvorosos, mayor

cantidad de gases, distensión abdominal con algunos alimentos, así como aumento del estreñimiento. Las dificultades digestivas de los adultos mayores se deben a que las secreciones del estómago disminuyen y por ello la acidez es menor, lo cual retrasa la digestión y es menor la absorción de las vitaminas y nutrientes. Argumentan que este grupo poblacional puede tener, alteraciones de tipo nutricional, con diversos factores que afectan como son las condiciones de vida, la salud dental, el cambio de la flora y el estado psicológico; por otra parte, se ha observado que niveles elevados de homocisteína, se corresponden con una alta incidencia de cardiopatía isquémica, trastornos cerebrovasculares y demencia (Gomez, Gonzalez y Casasbuenas, 2019).

Las alteraciones en la ingesta de alimentos pueden ocasionar no solamente la posibilidad de desnutrición, sino el aumento de alteraciones respiratorias, como neumonías por filtración o penetración, incluso causar la muerte. Las aspiraciones son otro síntoma que se cita con frecuencia a la par de la disfagia y cuyo resultado potencial es la neumonía por aspiración, la aspiración consiste en la canalización de los alimentos, líquidos, saliva, fármacos orales o contenido gástrico en una dirección errónea, hacia la laringe y vías respiratorias inferiores. La capacidad de deglutir es una función fisiológica vital para la conservación de la vida, es por ello por lo que los trastornos deglutorios tienen un impacto severo también sobre el bienestar físico y mental del individuo.

Los diferentes cambios que se presentan en esta población a causa de la edad, incluyen el sistema estomatognático, afectándose la estructura anatómica con ausencia de piezas dentarias, el tono muscular y cambios en el tejido peribucal, endobucal y del tracto digestivo, cambios posturales entre otros, afectan las diferentes etapas de la deglución dificultando la ingesta de alimentos y en muchos casos, manifestándose con disfagia, generando la necesidad de cambios a nivel de consistencia, temperatura y texturas en los alimentos, con el fin de garantizar la hidratación y la nutrición en esta población (Gómez, González y Casasbuenas, 2019).

### **Barrera cutaneomucosa**

El envejecimiento cutáneo intrínseco se caracteriza por una alteración del tejido elástico, un engrosamiento fibroso de la dermis, un aplanamiento de la unión dermoepidérmica y una disminución del número de melanocitos. Estos cambios son más pronunciados en las zonas descubiertas expuestas a los rayos ultravioletas (envejecimiento extrínseco, actínico o

heliodermia). Se enlentece la renovación de la epidermis. Este proceso, escalonado en un período de 20 días en el adulto joven, dura más de 30 días a partir de los 50 años. La dermis se adelgaza dando a la piel su aspecto característico de papel de seda, por déficit de ácido hialurónico y de su receptor, el CD44, que producen la viscoelasticidad cutánea. El envejecimiento de la piel se traduce también en una pérdida importante de elastina, que confiere a la piel su tonicidad. Se observa igualmente con la edad una disminución de la función de barrera de la piel, de la función inmunitaria, de la respuesta inflamatoria, de la capacidad de cicatrización y de la producción de vitamina D. La piel del anciano adquiere un aspecto más pálido, marcado por arrugas y líneas de expresión más intensas.

Uno de los objetivos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2012 es ofrecer información sobre las condiciones de salud de las y los mexicanos, la respuesta del sistema de salud a estas condiciones, y los resultados alcanzados. Ello representa un insumo importante para identificar los retos en materia de salud hacia los próximos años, y para formular las estrategias adecuadas para hacerles frente. Un estudio basado en datos de dicha encuesta señala que la esperanza de vida saludable para la población es de 65.8 años.

Esto significa que si la esperanza de vida de la población en general es de 74.7 años, la población que los cumpla tiene altas probabilidades de una carga de enfermedad y dependencia durante aproximadamente 9 años de su vida. El deterioro funcional debido a edad avanzada afecta la salud y la calidad de vida de las personas, con consecuencias físicas, psíquicas y sociales, y se traduce en dificultades para realizar por sí mismas algunas actividades cotidianas, lo que incrementa las posibilidades de dependencia de cuidado. El hecho de tener una expectativa de vida más larga no representa necesariamente una ventaja para ellas, por el contrario, puede significar un periodo mayor de enfermedad o discapacidad (tabla 9) (INMUJERES, 2015).

**Tabla 9. Principales enfermedades de la población adulta de 60 años y más y su incidencia.**

Padecimientos	Mujeres		Hombres	
	Casos	Incidencia*	Casos	Incidencia*
Infecciones respiratorias agudas	1,238,417	21,219	786,629	15,555
Infección de vías urinarias	429,711	7,363	221,016	4,370
Infecciones intestinales por otros organismos y las malas definidas	321,620	5,511	196,772	3,891
úlceras, gastritis y duodenitis	169,542	2,905	112,703	2,229
Hipertensión arterial	119,509	2,048	86,214	1,705
Diabetes mellitus no insulino dependiente (Tipo II)	79,736	1,366	60,619	1,199
Gingivitis y enfermedades periodontales	47,649	816	39,772	786
Conjuntivitis	25,686	440	19,802	392
Otitis media aguda	23,943	410	19,059	377
Neumonías y bronconeumonías	21,648	371	19,292	381

Fuente: INMUJERES, 2015.

### **1.8.2 Necesidades nutricionales de los adultos mayores**

El adelgazamiento es un síntoma alarmante en las personas mayores, ya que, en esta población, la pérdida de peso es un factor pronóstico independiente destacado de mortalidad la pérdida de un 5% del peso corporal se asocia a un aumento significativo del riesgo de fallecimiento. Los aportes alimentarios disminuyen de forma lineal a lo largo de la vida adulta, de forma que, por término medio, son un 10-30% menores en los ancianos que en las personas jóvenes (Raynaud, 2007).

La desnutrición afecta a alrededor del 4% de los ancianos que viven en su domicilio, al menos al 50% de los que se encuentran hospitalizados y al 20-40% de los que viven en residencias. Las causas del adelgazamiento en estas personas, de salud delicada a consecuencia del envejecimiento y de las enfermedades relacionadas con él, son psicológicas, sociales o derivan de alguna enfermedad (Raynaud, 2007).

El objetivo del tratamiento nutricional es prevenir o corregir la desnutrición y, de forma más general, mejorar la duración y/o la calidad de vida del paciente. Las necesidades energéticas mínimas son de unas 30 kcal/kg/ día (1.800 calorías para una persona de 60 kg) y los aportes proteicos mínimos, de 1 g de proteínas/kg de peso (60 g en una persona de 60 kg). Cuando un paciente está desnutrido, hay que aumentar los aportes calóricos al menos a 35 kcal/kg/día y los proteicos a 1,2 g/kg. Los aportes alimentarios deben permanecer equilibrados en lo que se refiere a los carbohidratos (50-55% de la ración calórica), las proteínas (12-15%) y los lípidos (30-35%) (Raynaud, 2007).

Se ha reportado que el estrés oxidativo es un factor de riesgo para el desarrollo de algunas enfermedades crónico-degenerativas durante la vejez (Pérez, *et al.*, 2006).

Teniendo en cuenta que el envejecimiento es uno de los principales factores que conducen a la disfunción cardíaca, es especialmente importante conocer los mecanismos que subyacen al proceso de envejecimiento con el fin de encontrar aproximaciones terapéuticas para mejorarlo. En los países en desarrollo, en torno al 2% de los adultos padecen insuficiencia cardíaca; se ha observado que la prevalencia aumenta hasta un 6-10% en personas mayores de 65 años. Los mecanismos implicados en la insuficiencia cardíaca son complejos y multifactoriales. La insuficiencia cardíaca se caracteriza por una reducción en la velocidad de relajación del miocardio, así como por una disminución de la distensibilidad miocárdica. Asimismo, se asocia con disfunción mitocondrial y con un aumento del estrés oxidativo (Pérez, *et al.*, 2006).

### **1.8.3 Necesidades dietéticas especiales para los adultos mayores**

El envejecimiento no modifica las necesidades nutricionales en la población adulta mayor, sin embargo, los cambios propios de este ocasionan que estas necesidades sean más difíciles de cumplir. Adicional a esto la evidencia afirma que una dieta incorrecta favorece el inicio de enfermedades crónicas no transmisibles, entre las que se destaca la obesidad y la desnutrición con su consecuente deterioro de la calidad de vida. En lo referido por la literatura se han podido identificar algunos de los componentes indispensables en la dieta para el adulto mayor, los cuales serán expuestos a continuación:



## **Líquidos**

La ingesta diaria recomendada para los adultos mayores es de 30 ml/kg de peso aproximadamente, es necesario un mínimo de 1,000 ml de líquidos para compensar las pérdidas insensibles exclusivamente. La hidratación es una de las necesidades de mayor importancia para el adulto mayor debido a la reducción de la sensación de sed y el consumo de ciertos medicamentos como los diuréticos que alteran este equilibrio. La enfermera debe sugerir al adulto mayor consumir pequeñas cantidades de agua, mínimo cada hora o 2 h, para poder compensar el déficit de líquidos que pueda presentar, claro está que previo a esto debe conocer la historia clínica, para determinar la necesidad y la cantidad de la misma (Alvarado, Lamprea y Murcia, 2017).

## **Fibra**

El consumo de fibra entre los adultos mayores es escaso en la mayoría de los casos, debido a una disminución de la ingesta de frutas y vegetales por distintos factores. Añadir fibra a la dieta se ha asociado con la disminución de grasa y azúcar en sangre, estimulación del peristaltismo y función gastrointestinal, y reducción de peso, ya que promueve la saciedad a niveles más bajos de calorías y lípidos. Algunos de los alimentos en los que se encuentra la fibra son verduras, frutas, legumbres, cereales, tubérculos, raíces y plátano no procesados (Alvarado, Lamprea y Murcia, 2017).

## **Reducción de sodio**

Algunas condiciones de salud relacionadas con el envejecimiento como la presión arterial alta, el riesgo de accidente cerebrovascular, la hipertrofia ventricular izquierda y la proteinuria, se ven contrarrestadas con una disminución en el consumo de sal/sodio. Para lograr dicha disminución es necesario conocer los alimentos que deben evitarse, los cuales son: enlatados, salchichas, jamón, sal de mesa, sal de ajo, queso, condimentos procesados, salsa de soya, papas fritas de paquete, galletas saladas y palomitas. Asimismo, el personal de enfermería debe enseñar otras estrategias como son el uso de condimentos naturales que le permitan dar sabor a las comidas, para disminuir la ingesta de sodio, entre estos tenemos el ajo, cebolla, hierbas aromatizantes como la albahaca, tomillo, laurel, entre otras.

### **Reducción de azúcares**

A causa de la disminución de segregación de enzimas por parte del páncreas y por la reducción de los receptores de la insulina durante el envejecimiento, los adultos mayores se hacen más propensos a la diabetes mellitus. En esta población el consumo de azúcar debe controlarse, y evitar los azúcares refinados presentes en pasteles, tortas y productos procesados; de igual forma se debe controlar el consumo de frutas dulces como el banano, la manzana, uvas, remolacha y zanahoria. Se debe favorecer el uso de endulzantes naturales como miel, panela, entre otros (Alvarado, Lamprea y Murcia, 2017).

### **Vitamina D**

Los adultos mayores se encuentran en riesgo de padecer deficiencias de vitamina D, por la exposición limitada a la luz solar y por una reducción de la capacidad de la piel para producir vitamina D; en contraste un tercio de los requerimientos de vitamina D se pueden obtener de la dieta si se incluyen los siguientes alimentos: salmón, productos de mar frescos, las sardinas o atún en aceite de oliva, el aceite de hígado de bacalao, los huevos, entre otros. Los suplementos de vitamina D son para algunos adultos la mejor fuente de obtención de esta, ya que muchos de los alimentos que la contienen no son parte de su dieta; la exposición solar no es recomendada por el ya establecido efecto carcinógeno de la radiación solar, el centro para el Control y la Prevención de Enfermedades de EE. UU., afirma que la piel sin protección expuesta a los rayos del sol por 15 min puede ser lesionada por los rayos ultravioleta. La vitamina D es indispensable para promover la absorción de calcio, puesto que favorece la salud ósea; junto al calcio son los componentes más importantes en la dieta como protectores contra la osteoporosis. También tiene un papel que ayuda al funcionamiento del sistema inmunológico, la secreción de insulina, el funcionamiento del corazón, la regulación de la presión arterial y la función cerebral.

### **Proteína, lípidos y antioxidantes**

Aunque la proteína, los lípidos y los antioxidantes deben ser incluidos en la dieta del adulto mayor, la evidencia sigue siendo débil respecto a las recomendaciones específicas y los beneficios que estos nutrientes aportan en la salud nutricional de esta población (Alvarado, Lamprea y Murcia, 2017).

## 1.9 Evaluación Sensorial

### 1.9.1 Concepto del análisis sensorial

La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria del hombre: desde su infancia y de una forma consciente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimenta al consumirlos. De esta forma, se establecen unos criterios para la selección de los alimentos, criterios que inciden sobre una de las facetas de la calidad global del alimento, la calidad sensorial (Ibáñez, 2001).

Según la División de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnólogos de los Alimentos (1975): el análisis sensorial es la rama de la ciencia utilizada para obtener, 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. Hay que señalar que, etimológicamente, la palabra sensorial proviene del latín *sensus*, que quiere decir sentido (Fig.10) (Ibáñez, 2001).

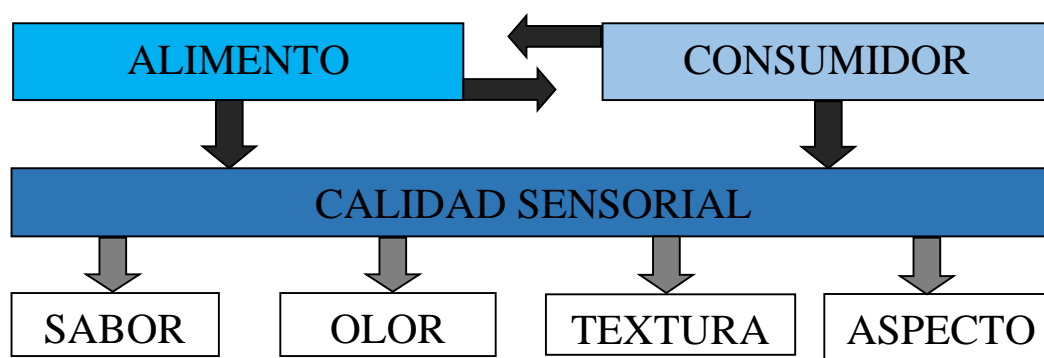


Figura 10. Factores que intervienen en la calidad sensorial de un alimento y sus interrelaciones

Fuente: Ibáñez, 2001.

### 1.9.2 Uso del análisis sensorial

El papel de la Evaluación sensorial se torna de gran importancia en prácticamente todas las etapas de producción y desarrollo de la industria alimentaria, para conocer tanto las características como la aceptabilidad de un producto. Con este fin, científicos relacionados no solo con el campo de la alimentación, sino también psicólogos, químicos, ingenieros, tecnólogos y matemáticos, unen sus esfuerzos para llegar a un mejor entendimiento del hombre como instrumento, para medir las propiedades de un producto y su relación con su aceptación y uso por parte del consumidor (tabla 10) (Ibáñez, 2001).

### 1.9.3 Métodos de evaluación sensorial

Tabla 10. Métodos Analíticos y Afectivos para la evaluación sensorial de los alimentos.

1. Métodos Analíticos (en el nivel laboratorio)		
<p><b>A. Sensitivo</b></p> <p><b>1. Umbral</b></p> <p>a) <b>Limites</b></p> <p>b) <b>Ajuste</b></p> <p>c) <b>Frecuencia</b></p>	<p><b>B. Cuantitativo</b></p> <p>1. <b>Gradiente</b></p> <p>a) <b>Ordenación</b></p> <p>b) <b>Intervalos</b></p> <p>c) <b>Estimación por magnitudes</b></p>	<p><b>C. Cualitativo</b></p> <p>1. <b>Análisis descriptivo</b></p> <p>a) <b>Perfil del sabor</b></p> <p>b) <b>Perfil por dilución</b></p> <p>c) <b>Perfil de textura</b></p> <p>d) <b>Análisis Cuantitativo</b></p> <p>e) <b>Análisis Descriptivo</b></p>
<p><b>2. Diferenciación</b></p> <p>a) <b>Comparación por pares</b></p> <p>b) <b>Dúo-trío</b></p> <p>c) <b>Doble referencia</b></p> <p>d) <b>Triangular</b></p>	<p><b>3. Duración</b></p> <p>a) <b>Tiempo-Intensidad</b></p>	
2. Métodos afectivos (en el nivel consumidor)		
<p><b>A. Aceptación</b></p> <p><b>Aceptación rechazo cuando no hay opciones</b></p>	<p><b>B. Preferencia</b></p> <p><b>Selección entre dos o más opciones</b></p>	<p><b>C. Hedónico</b></p> <p><b>Nivel de agrado</b></p>

Fuente: Pedrero, 1989.

## 1.9.4 Las pruebas sensoriales

El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo con diferentes pruebas, según sea la finalidad para la que se efectúe. Existen tres tipos principales de pruebas: **las pruebas afectivas, las discriminativas, y las descriptivas** (Anzaldúa, 1994).

### 1.9.4.1 Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Estas pruebas son las que presentan mayor variabilidad en los resultados y éstos son más difíciles de interpretar, ya que se trata de apreciaciones completamente personales, y como se dice comúnmente: “cada cabeza es un mundo”, “en gusto se rompen géneros”, “sobre gustos no hay nada escrito”, etc. (Anzaldúa, 1994).

Las pruebas afectivas pueden clasificarse en tres tipos:

- Pruebas de preferencia
- Pruebas de agrado de satisfacción
- Pruebas de aceptación.

### 1.9.4.2 Pruebas discriminativas

Las pruebas discriminativas son aquellas en las que no se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia. Estas pruebas son muy usadas en control de calidad para evaluar si las muestras de un lote están siendo producidas con una calidad uniforme, si son comparables a estándares, etc. (Anzaldúa, 1994).

Las pruebas discriminativas más comúnmente empleadas son las siguientes:

- ✚ Prueba de comparación apareada simple
- ✚ Prueba triangular
- ✚ Prueba duo- tiro
- ✚ Prueba de comparaciones apareadas de scheffe
- ✚ Prueba de comparaciones múltiples
- ✚ Prueba de ordenamiento.

### 1.9.4.3 Pruebas descriptivas

En las pruebas descriptivas se trata de definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible. Aquí no son importantes las preferencias o aversiones de los jueces, y no es tan importante saber si las diferencias entre las muestras son detectadas, sino cuál es la magnitud o intensidad de los atributos del alimento (Anzaldúa, 1994).

Tipos de pruebas descriptivas:

- ✓ Calificación con escalas no-estructuradas
- ✓ Calificación con escalas de intervalo
- ✓ Calificación con escalas estándar
- ✓ Calificación proporcional (estimación de magnitud)
- ✓ Medición de atributos sensoriales con relación al tiempo
- ✓ Determinación de perfiles sensoriales
- ✓ Relaciones psicofísicas

### 1.9.5 Los Jueces

La selección y el entrenamiento de las personas que tomaran parte en pruebas de valuación sensorial son factores de los que depende en gran parte el éxito y la validez de las pruebas. Es necesario determinar, en primer lugar, el número de jueces que deben participar, y después hay que seleccionarlos, explicarles en forma adecuada cómo han de realizar sus evaluaciones, y darles el entrenamiento adecuado (Anzaldúa, 1994).

#### 1.9.5.1 Tipos de Jueces

El número de jueces necesarios para que una prueba sensorial sea válida depende del tipo de juez que vaya a ser empleado. Existen cuatro tipos de jueces: *el juez experto*, *el juez entrenado*, *el juez semientrenado o de laboratorio*, y *el juez consumidor* (Anzaldúa, 1994).

**Juez experto:** el juez experto es, como en el caso de los catadores de vino, té, café, quesos, y otros productos, una persona que tiene gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento, posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento.

**Juez entrenado:** Un juez entrenado es una persona que posee bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial o algún sabor o textura en particular, que ha recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial, y que sabe que es

exactamente lo que se desea medir en una prueba. Además, suele realizar pruebas sensoriales con cierta periodicidad.

**El juez semientrenado o de Laboratorio:** Se trata de personas que ha recibido un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero que generalmente solamente participan en pruebas discriminativas sencillas, las cuales no requieren de una definición muy precisa de términos o escalas.

**Juez consumidor:** Se trata de personas que no tienen que ver con las pruebas, ni trabajan con alimentos como investigadores o empleados de fábricas procesadoras de alimentos, ni han efectuado evaluaciones sensoriales periódicas. Por lo general son las personas tomadas al azar, ya sea en la calle, o en una tienda, escuela, etc. (Anzaldúa, 1994).

## **1.10 Análisis de textura**

### **1.10.1 Definición de textura**

La Organización Internacional de Normalización define la textura como "todos los atributos reológicos y estructurales (geométricos y de superficie) de un producto alimenticio perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y, en su caso, visuales y auditivos" (ISO, 198 I). La definición de textura propuesta por Szczesniak en 1963 abarcaba las mismas tres características. "La textura es un compuesto de esas propiedades que surgen de los elementos estructurales de los alimentos y la forma en que se registra con los sentidos fisiológicos". Un examen de esta definición revela tres características importantes. La textura es de naturaleza física, muy diferente al sabor que se reconoce como de naturaleza química. También es evidente que la textura es realmente un grupo de varias propiedades en lugar de una sola propiedad. Describimos los alimentos como blandos, firmes, desmenuzables, crujientes, quebradizos, tiernos, masticables, duros, gruesos, delgados, pegajosos, pegajosos, aceitosos, grasientos, aireados, calcáreos, escamosos, esponjosos, granulados, arenosos, grumosos, pulposo, etc. La definición ISO también indica que la textura es una propiedad sensorial, es decir, percibida por los receptores sensoriales (Blanshard, 1987).

La palabra textura deriva del latín *textura*, que significa tejido, y originalmente se tomó en referencia la estructura, sensación y apariencia de los tejidos. No fue hasta la década de 1960

que se empezó a utilizarla para describir «la constitución, estructura o esencia de cualquier cosa en relación con sus constituyentes, elementos formativos». Evidentemente, la textura de un alimento trata de la percepción, haciéndola por encima de todas las cosas una experiencia humana. Trata de nuestra percepción de un producto alimenticio que origina en la estructura del producto y como el producto se comporta cuando es manipulado o comido (Rosenthal, 2001).

### **1.10.2 Percepción de la textura de un alimento**

La percepción humana de un alimento ha sido descrita como un proceso cíclico que comienza con una anticipación originada inicialmente de impulsos visuales pero favorecida también por nuestras experiencias anteriores (Rosenthal, 2001).

Varios aspectos de apariencia, tales como el color, tamaño y forma, así como aspectos de estructura (ej., transparencia), se adelantan a nuestra interacción física con el alimento. Aunque no siempre asociados con la percepción de la textura, los impulsos visuales proporcionan un indicador de la viscosidad y el comportamiento «tambaleante» de un semisólido, de alimentos de aspecto gelatinoso (Rosenthal, 2001).

Nuestra participación conduce a la manipulación manual bien directamente o con herramientas. Incluso antes de que el alimento este en la boca, recogemos una cantidad sustancial de conocimiento acerca de la textura del alimento a partir de estímulos visuales, táctiles e incluso auditivos (Rosenthal, 2001).

### **1.10.3 Características texturales**

Las características de textura se agruparon en tres clases: características mecánicas, que son las formas en que los alimentos reaccionan al estrés; características geométricas, que son la disposición de los componentes de los alimentos; y otras características, que son las cualidades de sensación en la boca relacionadas con la percepción de humedad y grasa en los alimentos (Tabla 11). La clasificación estaba destinada a usarse con medidas de textura tanto instrumentales como sensoriales (Blanshard, 1987).



Tabla 11. Clasificación de las características texturales.

<b>Parámetros primarios</b>	<b>Parámetros secundarios</b>	<b>Términos populares</b>
<b>Características Mecánicas</b>		
Dureza		suave, firme, duro
Cohesión	Fragilidad	desmenuzable, crujiente, frágil
	Masticabilidad	Tierna, masticable, resistente
	Gumminess	Corto, Harinoso, Pasty, Gomoso
Viscosidad		Delgado, viscoso
Elasticidad		Plástico, elástico
Adhesividad		Pegajoso
<b>Características geométricas</b>		
Tamaño de partícula y forma		Arenoso, granulado, grueso, etc.
Forma y orientación de partículas		Fibroso, Celular, Cristalino, etc.
<b>Otras características</b>		
Contenido de humedad		Seco, húmedo, mojado, acuoso
Contenido de grasa	Oleaginosidad	Aceitoso
	Grasoso	Grasiento

Fuente: Blanshard, 1987.

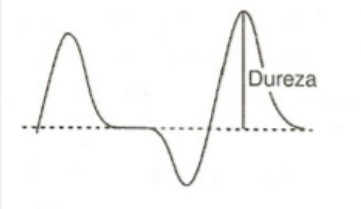
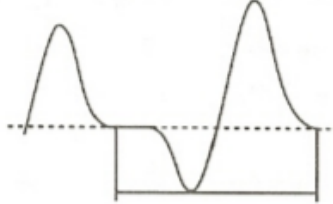
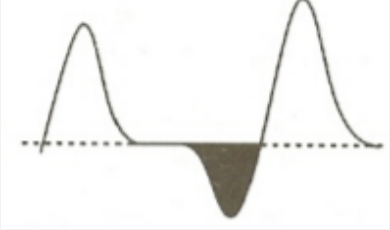
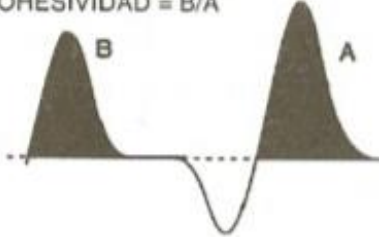
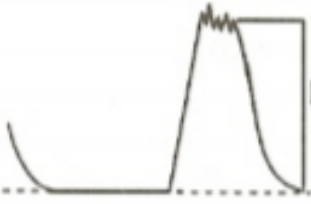
#### 1.10.4 Medida instrumental de la textura

Scott-Blair (1958) clasifico las técnicas instrumentales utilizadas para medir la textura de los alimentos en tres grupos:

1. ensayos empíricos: “que miden alguna propiedad física bajo condiciones bien definidas” Por definición, los ensayos empíricos se desarrollan por experimentación y observación, y como tales pueden carecer de una base científica rigurosa. Sin embargo, esto no descalifica su utilización, y en ciertos sectores de la industria de alimentos, los ensayos empíricos sirven como patrones que se utilizan para clasificar la calidad del alimento. (ej. **Consistómetro Adams**).
2. ensayos imitativos: “que intentan simular las condiciones alas que el material está sometido en la boca” Los ensayos imitativos intentan imitar la masticación con cierto tipo de máquina que mastica el alimento. La máquina está equipada para proporcionar medidas de esfuerzo y/o deformación durante la secuencia de ensayo. (ej., **Texturómetro y TPA “Análisis de Perfil de Textura”**).
3. ensayos fundamentales: “que miden propiedades físicas bien definidas tales como la viscosidad o el módulo elástico” Los ensayos fundamentales miden propiedades físicas innatas de los materiales tales como el **módulo de Young o la razón de Poisson**. Dichos ensayos son científicamente rigurosos, y los datos son expresados en unidades científicas bien definidas (Rosenthal, 2001).

Muchos estudios han medido la textura de los productos de bocadillos mediante análisis instrumental, pero se han utilizado diferentes pruebas y sondas. Las pruebas más frecuentemente aplicadas han sido el análisis de perfil de textura (tabla 11), pruebas de corte o corte, pruebas de compresión y pruebas de punción (Paula y Conti, 2014).

Tabla 12. Parámetros medidos por un Análisis de Perfil de Textura (TPA).

Parámetro	Definición sensorial	Definición instrumental
Dureza	Fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares	
Elasticidad	La extensión a la que un alimento comprimido retorna a su tamaño original cuando se retira la fuerza	 <p data-bbox="997 806 1455 894">Ciclo = Segundo contacto – Primer contacto</p> <p data-bbox="997 915 1455 953">Elasticidad = Ciclo para un material</p> <p data-bbox="997 974 1455 1012">Inelástico – Ciclo para el alimento</p>
Adhesividad	El trabajo requerido para retirar el alimento de la superficie	
Cohesividad	La fuerza que los enlaces internos hacen sobre el alimento	<p data-bbox="1024 1356 1268 1381">COHESIVIDAD = B/A</p> 
Fragilidad	La fuerza a la que el material se fractura. Los alimentos frágiles nunca son adhesivos	 <p data-bbox="1312 1703 1463 1745">Fragilidad</p>

Masticabilidad	La energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que está listo para ser tragado	= Dureza x Cohesividad x Elasticidad
Gomosidad	La energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado	= Dureza x Cohesividad

Fuente: Rosenthal, 2001.

La textura se puede medir mediante pruebas objetivas (instrumentales) e intrínsecas subjetivas (sensoriales). Entre los dispositivos de prueba instrumental, los texturómetro imitan las condiciones de masticación y presentan excelentes correlaciones con las evaluaciones sensoriales de textura. Por esta razón, se han utilizado ampliamente para medir la textura de diferentes tipos de alimentos (Paula y Conti, 2014).

Las correlaciones entre las mediciones sensoriales e instrumentales de la textura dan como resultado:

1. Encontrar instrumentos para medir el control de calidad de los alimentos en las industrias.
2. Predecir la respuesta del consumidor, como el grado de agrado y la aceptación general de un nuevo producto.
3. Comprender lo que se siente y se percibe en la boca durante la evaluación sensorial de la textura.
4. Mejorar u optimizar métodos instrumentales para complementar la evaluación sensorial.

## Capítulo 2. Metodología de Investigación

### Experimental

## **2.1 Objetivos**

### **2.1.1 Objetivo General**

Evaluar la composición química (proteína, lípidos, fibra, humedad), propiedades fisicoquímicas (pH, acidez), texturales (dureza, masticabilidad, elasticidad), capacidad antioxidante y contenido fenólico de un pan de centeno tipo bolillo adicionado con sólidos de nejayote y arándano, para una población de adultos mayores.

### **2.1.2 Objetivos Particulares**

#### **2.1.2.1 Objetivo Particular 1**

Elaborar un diseño de mezclas estableciendo formulaciones a diferentes proporciones de nejayote, harina de trigo y centeno, para la elaboración de un pan tipo bolillo, manteniendo su proporción de arándano.

#### **2.1.2.2 Objetivo particular 2**

A través de un análisis sensorial a una población de adultos mayores, obtener la formulación de mayor aceptación y realizar un análisis de perfil de textura (TPA) para conocer sus parámetros de dureza, masticabilidad y elasticidad.

#### **2.1.2.3 Objetivo Particular 3**

Determinar la composición química, propiedades fisicoquímicas, capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales a la formulación de mayor aceptación, para su aplicación como alimento funcional.

#### **2.1.2.4 Objetivo Particular 4**

Evaluar la calidad sanitaria conforme a la NOM-247-SSA1-2008 (hongos y levaduras, mesófilos aerobios, coliformes totales) del pan elaborado, a través de un análisis microbiológico.

## 2.2 Cuadro metodológico

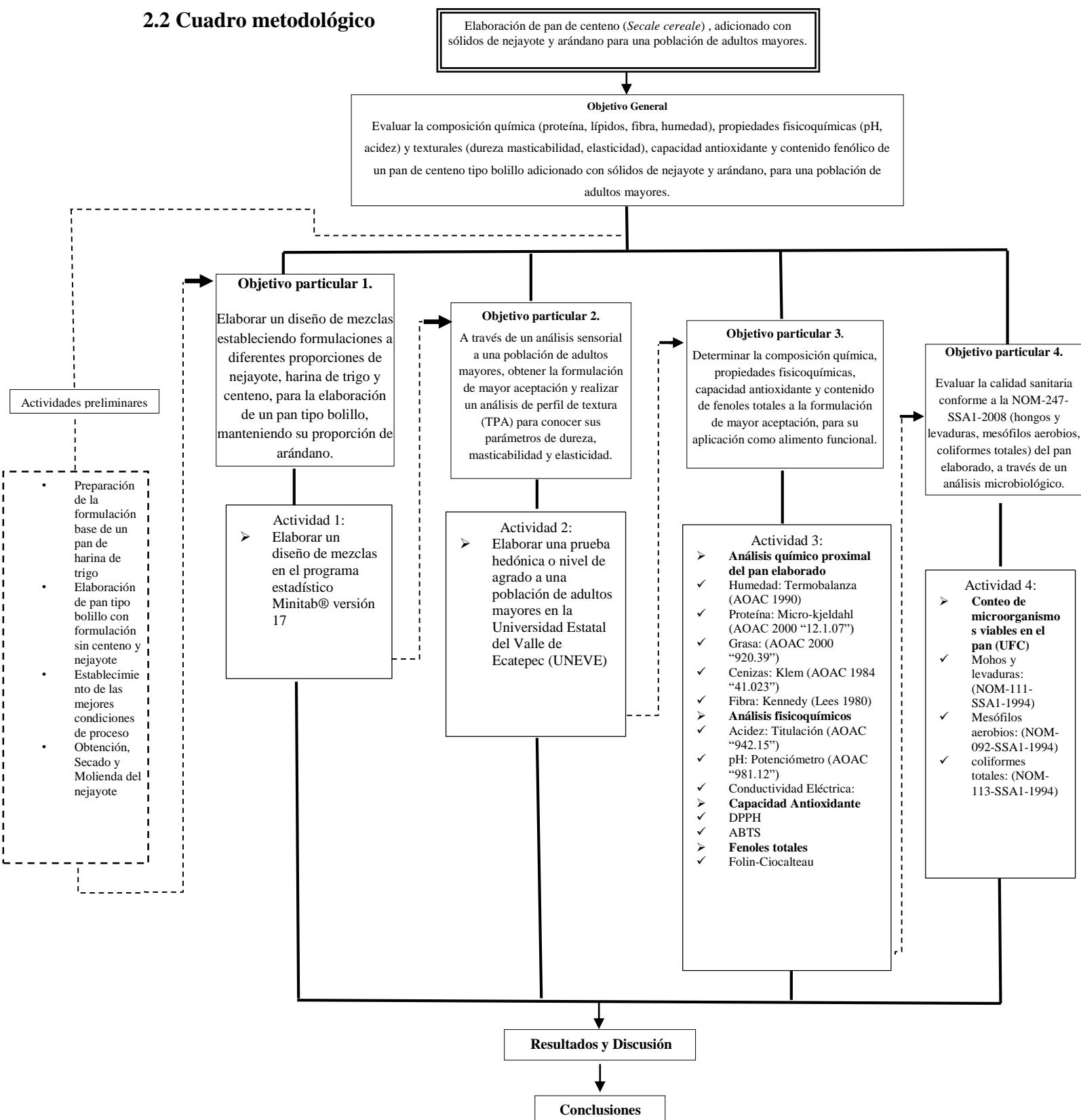


Figura 11. Cuadro metodológico

## **2.2.1 Descripción de Cuadro metodológico**

### **2.2.1.1 Actividades preliminares**

El trabajo de experimentación se realizó en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán campos 1,3 y 4.

### **2.2.1.2 Material Biológico**

Los ingredientes base para la elaboración del pan (Harina de trigo, Harina de Centeno, aceite de oliva, agua, sal, levadura, arándano) se adquirieron de los centros comerciales ubicados en Cuautitlán Izcalli, Edo. de México. Posteriormente se pesaron en Balanza Analítica cada uno de los ingredientes de acuerdo con la formulación establecida.

### **2.2.1.3 Preparación de la formulación a base de harina de trigo (formulación base)**

Se obtuvo una formulación base (sin centeno y nejayote) con harina de trigo de la receta tradicional para la elaboración de bollos o bolillos.

### **2.2.1.4 Elaboración del pan base o preliminar (sin nejayote):**

Se realizaron 4 bolillos de prueba, 3 con harina de trigo y 1 con harina de trigo y centeno (los 4 sin nejayote), variando, añadiendo y quitando ingredientes a cada uno para establecer las mejores condiciones de proceso. Estos panes determinaron la formulación final en la cual se eliminó la Estevia o endulzante.

### **2.2.1.5 Mejores condiciones del proceso**

Estas se determinaron conforme a las propiedades sensoriales obtenidas de los panes antes mencionados ajustando tiempos y temperaturas de amasado, fermentado y horneado, obteniendo un pan con las características distintivas de un bolillo: buen aspecto, color (amarillo rojizo), olor (característico agradable), forma (aproximadamente elíptica, con una ranura longitudinal al centro en la parte superior) y textura (costra regularmente gruesa y dorada, una miga suave y esponjosa, blanca ligeramente oscura por el centeno, sin manchas ni coloraciones) (NMX-F-406-1982).

### **2.2.1.6 Obtención de Sólidos de Nejayote**

El residuo alcalino (Nejayote) se obtuvo de un molino del Centro Nacional de Extracción de Nejayote en Cuautitlán Izcalli Y de manera líquida con una humedad del 77.2%, posteriormente se optó por secarlo a 60°C durante 24 hr en estufa eléctrica para



posteriormente molerlo en molino de la marca “pulvex” con malla #100, con un rendimiento de 23g/L base seca como se muestra (Fig. 11 y 12).



**Figura 12. Nejayote molido y seco**



**Figura 13. Nejayote liquido**

$$\frac{23g}{L} \text{ Equivale a } \frac{23kg \text{ sólidos}}{M^3 \text{ Nejayote}}$$

$$\text{Densidad} = 1003.54 \text{ kg/m}^3$$

$$\left( \frac{23kg \text{ solidos}}{1m^3 \text{ Nejayote}} \right) \left( \frac{1m^3 \text{ nejayote}}{1003.54kg \text{ nejayote}} \right) = \left( \frac{0.0229kg \text{ sólidos}}{1kg \text{ nejayote}} \right) (100kg \text{ nejayote}) =$$

$$\text{Es equivalente a: } \frac{2.229kg \text{ solidos}}{100kg \text{ nejayotes}} = 2.229\%$$

(Velasco, *et al.*, 1997) reporta: 9785% humedad  
2.15% Sólidos (coincide)

## 2.2.2 Actividad 1

### 2.2.2.1 Diseño de Mezclas

Para conocer la formulación del pan se optó por realizar un diseño de mezclas utilizando el programa o software estadístico Minitab versión 17, este consiste en una clase especial de experimentos de superficie de respuesta en los que el producto objeto de investigación se compone de varios componentes o ingredientes. En el experimento o diseño de mezclas más simple, la respuesta (la calidad o rendimiento del producto con base en cierto criterio) depende de las proporciones relativas de los componentes (ingredientes) más importantes o

de estudio por lo cual se varió la harina de trigo (0.8-0.7 %), centeno (0.3-0.2 %) y nejayote (0.01-0.005 %) (este último como aditivo alimentario), arrojando 9 formulaciones con diferentes concentraciones de los 3 ingredientes.

### 2.2.2.2 Formulación

En la siguiente (tabla 13), se presenta la formulación final arrojada en el diseño de mezclas para la elaboración de pan de centeno adicionado con sólidos de nejayote y arándano. Esta formulación se utilizó en la realización de las 9 formulaciones arrojadas por el diseño de mezclas con la variación en las concentraciones de la harina de trigo, harina de centeno y nejayote.

Tabla 13. Formulación para 250g de pan de centeno.

<b>INGREDIENTES</b>	<b>Formulación 751</b>	<b>Formulación 231</b>
	(%)	(%)
<b>Harina de centeno</b>	15	15
<b>Harina de Trigo</b>	35	35.5
<b>Agua</b>	40	40
<b>Levadura</b>	2	2
<b>Sal</b>	0.8	0.8
<b>Aceite de olivo</b>	2	2
<b>Arándano</b>	4.27	4.08
<b>Nejayote</b>	0.93	0.62

### 2.2.2.3 Elaboración de Pan de centeno adicionado con sólidos de Nejayote y arándano

Para la elaboración del pan se siguió el procedimiento tradicional para hacer bolillos de panadería con algunos cambios en temperaturas y tiempos de mezclado como se muestra en la (Fig. 14) diagrama de proceso:

#### 2.2.2.4 Diagrama de Proceso de pan de centeno adicionado con nejayote y arándano

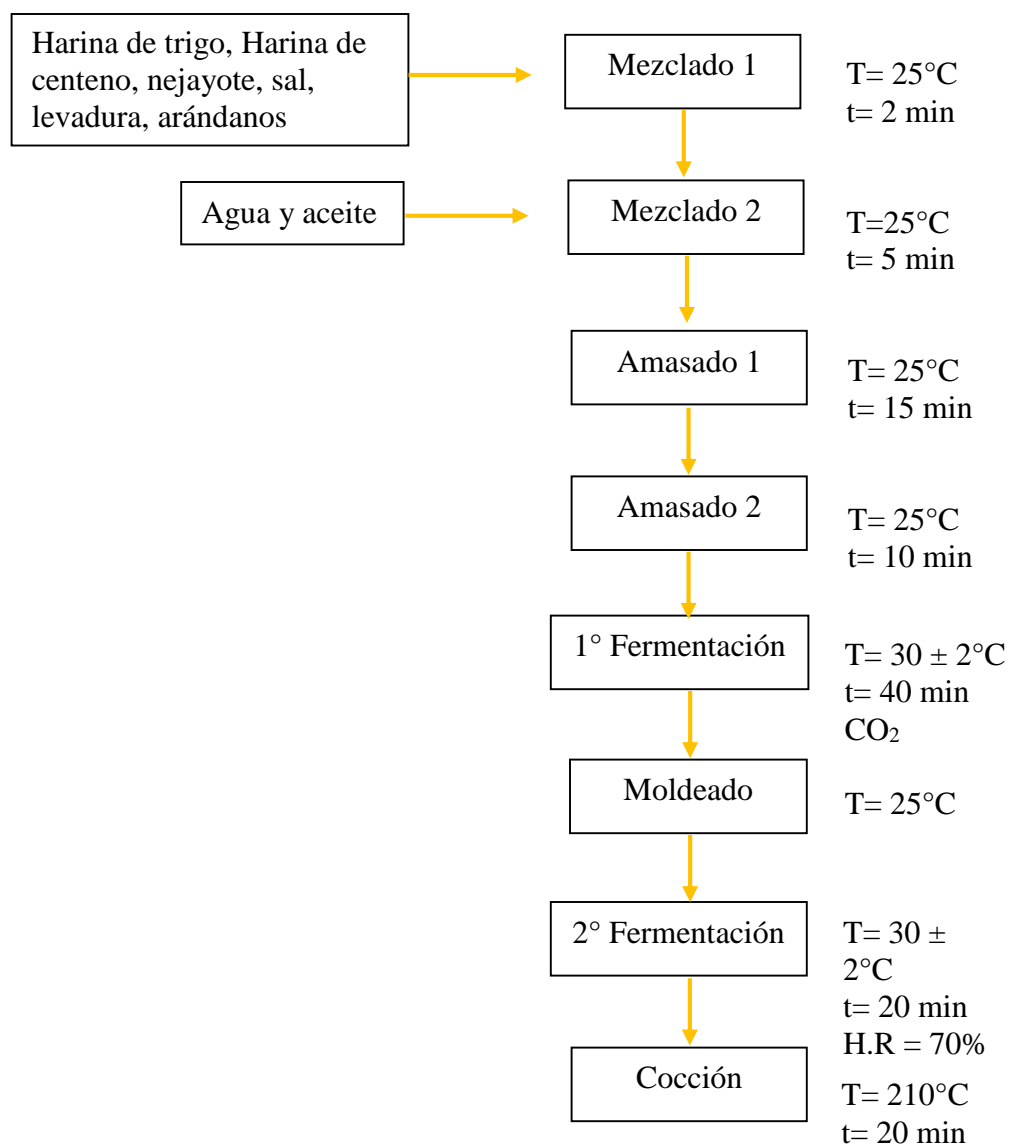


Figura 14. Diagrama de proceso de Pan de centeno adicionado con sólidos de nejayote y arándano.

### 2.2.2.5 Descripción del proceso

Para la elaboración del pan de centeno se adquirieron y seleccionaron las materias primas del centro nacional de extracción, Soriana y tiendas naturistas de Cuautitlán Izcalli, los materiales e instrumentos utilizados fueron perfectamente lavados y desinfectados, con el objetivo de tener un producto que cumpla con las especificaciones microbiológicas de la NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010. El proceso se llevó a cabo en el “CAT” (Centro de Atención Tecnológica) y consiste en varias etapas:

1. **Mezclado 1:** Se pesan los ingredientes secos (harina de trigo, harina de centeno, nejayote, levadura, sal, arándano) y se colocan en un recipiente en forma de tazón y se mezclan.
2. **Mezclado 2:** En el segundo mezclado se le añaden los ingredientes líquidos (agua y aceite a  $T=25^{\circ}\text{C}$  ) a la mezcla de ingredientes secos, de manera lenta y periódicamente para empezar a formar la masa.
3. **Amasado 1:** Una vez formada la masa se empieza amasar por un periodo de 15 minutos de manera manual, para permitir que se forme la red de gluten y desarrolle su elasticidad dejando reposar por 5 min (masa muy pegajosa).
4. **Amasado 2:** Después de los 5 minutos de reposo y que la masa dejó de estar pegajosa, se pasa la masa a una charola de plástico lisa (se pone un poco de harina para evitar que se pegue la masa) y se vuelve amasar durante 10 min, hasta que se forme una masa lisa y fina.
5. **1° Fermentación:** Se deja fermentar la masa en un recipiente hondo tapado con un papel o trapo húmedo y una bolsa de plástico, llevado a un cuarto de fermentación durante 40 min.
6. **Moldeado:** Se saca el pan fermentado el cual debió aumentar de volumen, se desgasa y moldea en forma de bolillo.
7. **2° Fermentación:** En esta etapa de igual manera se lleva al cuarto de fermentación, pero esta vez durante un periodo de 20 min y se comienza a precalentar el horno.
8. **Horneado:** En esta última etapa se sacan los bolillos fermentados con una H.R. del 70% aprox. sin desgasar solamente se les hace una ranura encima con una navaja esterilizada y se meten al horno a  $210^{\circ}\text{C}$ . durante 20 min.

Se sacan y se dejan enfriar para su posterior almacenaje y uso en pruebas químicas texturales y sensoriales.

### 2.2.2.6 Evaluación sensorial

Esta consiste en la degustación de un producto, alimento o bebida, utilizando los sentidos (vista, tacto, gusto, olfato) esta con la ayuda de un juez o jurado que pueden ser experto o inexperto con el fin de evaluar las propiedades sensoriales de un alimento o el de algún objetivo en específico (Gutiérrez y de la vara salazar, 2012). El análisis sensorial se llevó acabo en las instalaciones de la Universidad Estatal del Valle de Ecatepec (UNEVE). Esta se realizó mediante una prueba hedónica de escala de liking o nivel de agrado de 7 puntos estructurada como se muestra a continuación en la (tabla 14).

**Tabla 14. Tabla de las ponderaciones utilizadas en el cuestionario de evaluación sensorial realizado a una población de adultos mayores.**

PAN 751							
	Me Gusta Mucho	Me Gusta	Me Gusta un poco	Ni Me Gusta Ni Me Disgusta	No Me Gusta	Des-Agradable	Muy Des-Agradable
Aspecto del pan							
Dureza							
Color							
Olor							
Sabor							
Acidez							

Ponderación más baja #7

Ponderación más alta #1

En la (Fig. 15) se muestra el formato utilizado en el cuestionario para el análisis sensorial del pan de centeno, los valores se promediaron conforme a las ponderaciones que se le adjudicaron a cada uno de los parámetros evaluados que como se muestra con una escala del 1-7, siendo el # 1 la ponderación más alta (me gusta mucho) hasta el #7 (muy desagradable).

Cuestionario

PAN DE CENTENO CON ARANDANO

Buenos días, ante todo gracias por aceptar participar en esta degustación de pan, queremos pedir su ayuda para responder este pequeño cuestionario que nos ayudara a saber sobre el grado de aceptación de este pan como producto nutritivo en los consumidores. Responda brevemente lo siguiente:

Nombre y apellidos:

\_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: Hombre ( ) Mujer ( )

¿Tiene usted algún problema de salud?

Si ( ) cual? \_\_\_\_\_ No ( )

¿Padece usted de diabetes?

Si ( ) No ( )

PAN #1							
Aspecto del pan	Me Gusta Mucho	Me Gusta	Me Gusta un poco	Ni Me Gusta Ni Me Disgusta	No Me Gusta	Des-Agradable	Muy Des-Agradable
Dureza							
Color							
Olor							
Sabor							
Acidez							

¿Percibió algún sabor extraño en el pan?

Si ( ) cual? \_\_\_\_\_ No ( )

¿Compraría usted este pan?

Si ( ) No ( )

Comentarios

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Figura 15. Formato del cuestionario utilizado en la evaluación sensorial aplicado en las instalaciones de la UNEVE

### 2.2.3 Análisis de textura

Para determinar las pruebas texturales se utilizó el texturómetro Brookfield CT3. Se tomaron 3 muestras de cada una de las formulaciones (cubos de 3x3x1 cm) para determinación de dureza, masticabilidad, elasticidad y se obtendrá un valor promedio de las 3 mediciones (Fig.16 y 17).



Figura 16. Texturómetro brookfield (determinación de parámetros texturales)



Figura 17. Cubos de 3x3 de pan de centeno

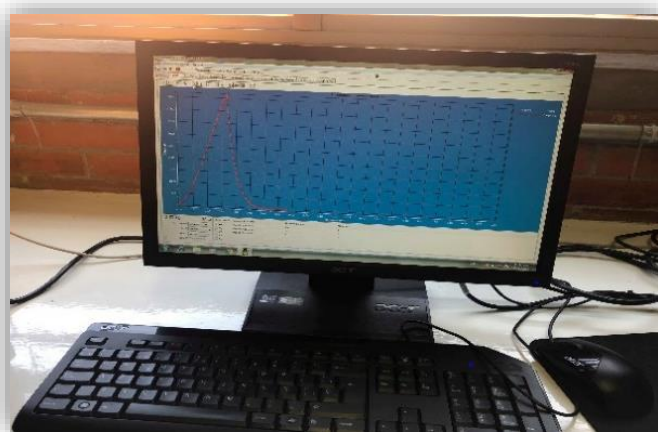


Figura 18. Obtención gráficos de textura

**Protocolo de prueba:** Se realizaron 2 ciclo de compresión ATP con 4mm de deformación, con una carga de activación de 5 g, a una velocidad de 2 mm/s utilizando la sonda o geometría TA25/1000 (Cilindro de acrílico de 5 cm de diámetro) y una celda de carga de 25000 g. El equipo trabaja de forma remota con ayuda de una computadora (Fig.18) donde construye una gráfica fuerza vs tiempo donde el pico más alto es el valor de dureza.

## 2.2.4 Actividad 2

### 2.2.4.1 Análisis Químico Proximal de Pan de Centeno

El Análisis químico proximal es el método convencional de evaluación que se usa para determinar el contenido de la composición aproximada en un AQP clásico (proteína, grasa, humedad, fibra, cenizas) de un alimento. Estas se realizaron de acuerdo con las técnicas oficiales del AOAC 2000, proteína (“12.1.07”), grasa (“920.39”), cenizas klemm (“41.023”), NMX-F-428-1928 humedad (Termobalanza), Lees 1982 fibra (Kennedy), acidez (“942.15”), pH (“981.12”), conductividad eléctrica (Técnica de medición directa por conductímetro) para conocer la composición química del pan, estas serán realizadas por triplicado:

#### 2.2.4.1.1 Humedad (Termobalanza)

##### Digital

La humedad se determinó por la técnica de Termobalanza digital OHAUS modelo MB45 en la cual el fundamento menciona que es la evaporación del agua a través de la exposición de la muestra a temperaturas cercanas al punto de ebullición, se hace por medición directa (NMX-F-428-1928).

**Procedimiento:** Se pesó 1 g de muestra y se colocó cuidadosamente en la charola de aluminio, posteriormente una vez ajustada la fuente de potencia se baja la tapa de la termobalanza y se deja trabajar hasta que pare.

##### Análoga

En el caso de la Termobalanza análoga se realizaron mediciones cada 10 min haciendo pasar la muestra por una lámpara infrarroja para secar.

**Procedimiento:** Se pesaron 20g de muestra en la balanza y se distribuyeron cuidadosa y uniformemente en la charola de aluminio, seguido se coloca la lámpara infrarroja, esta enciende y empieza trabajar al ajustar el tiempo.

#### 2.2.4.1.2 Proteína (Micro Kjeldahl)

**Fundamento:** Se basa en la descomposición de compuestos de nitrógeno orgánico a través de 3 etapas (AOAC 2000 “12.1.07”):

**Digestión:** Primero se descompone la materia a través de una digestión haciendo ebullicir una mezcla de la muestra con catalizador ( $K_2SO_4$ ) y ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), el hidrogeno y el carbón de la materia orgánica se oxidan para formar agua y bióxido de carbono, el ácido



sulfúrico se transforma en sulfato, el cual reduce el material nitrogenado a sulfato de amonio ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

**Destilación:** Posteriormente se procede a la destilación en el cual se libera el amoniaco después de la adición de hidróxido de sodio (NaOH), se destila y se recibe en una solución al 2% de ácido bórico (HBO<sub>3</sub>).

**Titulación:** Al final se titula el producto obtenido (borato de amonio) con una solución valorada de ácido clorhídrico (HCL).

$$\% \text{ proteína} = \frac{(\text{ml gastados} - \text{ml de blanco}) \cdot N_{\text{HCL}} \cdot 14.007 \cdot \text{Factor}}{m} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

#### 2.2.4.1.3 Lípidos (Soxhlet)

Fundamento: Se basa en un sistema de extracción cíclica de los componentes solubles en éter dietílico o éter de petróleo que se encuentran en el alimento para posteriormente determinar graviméricamente el extracto seco (AOAC 2000 “920.39”).

**Procedimiento:**

$$\% \text{ Lípidos} = \frac{\text{peso matraz con muestra} - \text{peso matraz sin muestra}}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

#### 2.2.4.1.4 Cenizas (Klemm)

Para la determinación de cenizas se siguió la técnica de Klemm la cual se fundamenta en la determinación en seco, que es la más común para cuantificar la totalidad de minerales en alimentos y se basa en la descomposición de la materia orgánica quedando solamente materia inorgánica en la muestra, es eficiente ya que determina tantas cenizas solubles en agua, insolubles y solubles en medio ácido (AOAC 2000 “41.023”).

$$\% \text{ cenizas} = \frac{p^1 - p^2}{p} \times 100 \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

P = Masa del crisol con las cenizas en gramos

P = Masa del crisol vacío en gramos

M = Masa de la muestra en gramos

#### 2.2.4.1.5 Fibra (Kennedy)

La fibra se determinó utilizando el método de “fibra cruda con filtro de cerámica” el fundamento menciona que la fibra cruda es perdida en la ignición del residuo seco restante después de la digestión de la muestra con las soluciones de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> del 1.25%(w/v) y NaOH del 1.25% (w/v) bajo condiciones específicas (Lees 1982).

$$\% \text{ Fibra} = \frac{(Ps - Pp) - (Pc - Pcp)}{M} \times 100 \quad (EC. 4)$$

Donde:

Ps = Masa en gramos del residuo seco

Pp = Masa en gramos de papel filtro

Pcp = Masa en gramos de las cenizas del papel

Pc = Masa en gramos de las cenizas

M = Masa de la muestra en gramos

#### 2.2.4.2 Contenido energético

El contenido calórico se refiere a la cantidad de energía que te proporciona un producto en términos de kilocalorías, las kilocalorías representan la energía térmica necesaria para elevar 1°C un litro de agua, resulta de gran importancia debido a que el contenido calórico que consumismo debería ser el mismo que gastamos que en gran parte el gasto suele ser menor favoreciendo así el aumento de peso por acumulación de calorías y en especial aquella proveniente de los carbohidratos (se acumula en forma de grasa) y alimentos con poca fibra.

$$\text{Carbohidratos} = \frac{4\text{kcal/g}}{X} \text{ — } \frac{100\%}{g}$$

$$\text{Proteínas} = \frac{4\text{kcal/g}}{X} \text{ — } \frac{100\%}{g}$$

$$\text{Lípidos} = \frac{9\text{kcal/g}}{X} \text{ — } \frac{100\%}{g}$$

##### 2.2.4.2.1 Parámetros Físicoquímico

##### 2.2.4.2.2 Medición de pH

Para la determinación de pH se utilizó un potenciómetro (HANNA HI 8014) previo a la determinación se calibro con soluciones buffer reguladoras de pH de 7 y 4. Se realizó de manera directa la medición introduciendo el electrodo a la muestra (previamente preparada),

se enjuaga el electrodo con agua destilada en todas las muestras de pan en una solución con 40 ml de agua destilada (todas las mediciones se realizaron por triplicado a 25°C) (AOAC “981.12”).

#### **2.2.4.2.3 Medición de Acidez**

La determinación de acidez en el pan se realizó en el laboratorio por medio de una “Titulación volumétrica” con Hidróxido de sodio NaOH 0.1N (AOAC 2000 ”942.15”), la titulación se llevó a cabo colocando la solución hidróxido en una bureta de 50 ml dejando caer gota a gota en un matraz Erlenmeyer con una alícuota de 25ml de la muestra y 2 gotas de indicador fenolftaleína hasta que cambiara de color, tomando la lectura de los ml gastados de NaOH. Para realizar los cálculos de acidez se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%Acidez = \frac{N * VD * Meq}{M} \quad (Ec. 5)$$

N= normalidad del reactivo

VD= volumen de reactivo descargado

Meq = miliequivalentes del ácido dominante

M= tamaño de la muestra en gramos

#### **2.2.4.2.4 Medición de la Conductividad eléctrica**

Para determinar la conductividad eléctrica se utilizó un conductímetro de la marca “HANNA modelo EC 215” esta se realizó de manera directa sumergiendo el electrodo sobre la muestra (previamente preparada) durante determinado tiempo y se lee la medición obtenida.

#### **2.2.4.3 Determinación Capacidad antioxidante**

Para la determinación de actividad antioxidante se realizará por medio de las técnicas de ABTS (Ácido 2,2'-azinobis-3etilbenzotiazolín-6-sulfónico) y DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), estos consisten en la medición de la absorbancia (color) a través de un espectrofotómetro a una longitud de onda característica (Brand-Williams *et al*, 1995).

##### **2.2.4.3.1 Método por ABTS (Ácido 2,2'-azinobis-3etilbenzotiazolín-6-sulfónico)**

El ensayo es una técnica de decoloración en la que el radical se genera directamente en una forma estable antes de la reacción con los antioxidantes putativos. La técnica mejorada para la generación de ABTS • 1 implica la producción directa del cromóforo ABTS • 1 azul / verde a través de la reacción entre ABTS y persulfato de potasio. Esto tiene máximos de absorción a longitudes de onda de 645 nm, 734 nm y 815 nm, así como el máximo más comúnmente

utilizado a 415 nm. La adición de antioxidantes al catión radical preformado lo reduce ABTS, hasta cierto punto y en una escala de tiempo dependiendo de la actividad antioxidante, la concentración del antioxidante y la duración de la reacción. Por lo tanto, el grado de decoloración como porcentaje de inhibición del catión radical ABTS • 1 se determina en función de la concentración y el tiempo y se calcula en relación con la reactividad de Trolox como estándar, en las mismas condiciones (Re, R *et al*, 1999).

#### **2.2.4.3.2 Método por DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)**

Para evaluar la actividad antioxidante de compuestos o extractos específicos, se permite que estos últimos reaccionen con un radical estable, 2,2-difenil-picrylhydrazyl (DPPH °) en una solución de metanol. La reducción de DPPH ° como se indica a continuación es seguida por el control de la disminución de su absorbancia a una longitud de onda característica durante la reacción. En su forma radical, DPPH ° absorbe a 515 nm, pero tras la reducción por un antioxidante (AH) o una especie radical (Re), la absorción desaparece (Brand-Williams *et al*, 1995).

#### **2.5.4 Determinación de Fenoles totales**

El contenido de fenoles totales se determinará por el método de Folin & Cicalteau el cual se basa en que los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin-Cicalteau, a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 765 nm. Este reactivo contiene una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico y reacciona con los compuestos fenólicos presentes en la muestra. El ácido fosfomolibdotúngstico (formado por las dos sales en el medio ácido), de color amarillo, al ser reducido por los grupos fenólicos da lugar a un complejo de color azul intenso, cuya intensidad es la que mide (García; Fernández y Fuentes, 2015).

### **2.2.5 Actividad 3**

#### **2.2.5.1 Calidad Sanitaria**

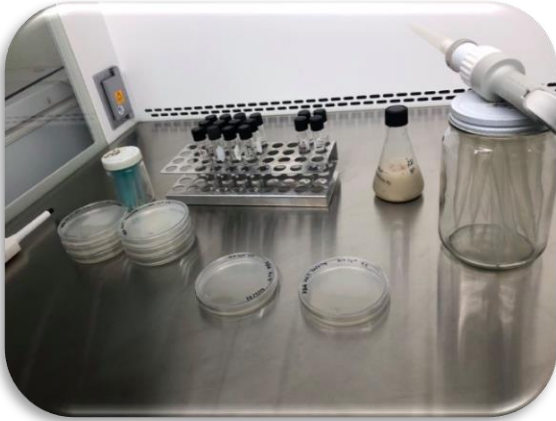
Para evaluar la calidad sanitaria del producto se llevaron a cabo las técnicas empleadas en las siguientes normas con algunas modificaciones: mohos y levaduras en alimentos método para la cuenta en placa (NOM-111-SSA1-1994), Coliformes totales método para la cuenta de microorganismos en placa (NOM-113-SSA1-1994). Mesófilos aerobios (NOM-092-SSA1-1994), estas se le realizaron a las dos formulaciones de mayor aceptación y un testigo por duplicado.

### 2..2.5.1.1 Método para la cuenta en placa Mohos y Levaduras

**Fundamento:** El método consiste en inocular una cantidad conocida de muestra, en un medio de cultivo selectivo específico, aprovechando la capacidad de este grupo microbiano de utilizar como nutrientes a los polisacáridos que contiene el medio, los resultados se reportara como UFC/ml.

Se prepararon 600 ml de agua peptonada 0.1% y 650 ml de PDA agar papa y dextrosa) con 9.1 ml de ácido tartárico como medio de cultivo acidificado para las 3 muestras (2 formulaciones y 1 testigo) y se esterilizan durante 15 min a  $121 \pm 1^\circ\text{C}$ . Posteriormente con pipetas estériles se llenaron y marcaron 24 tubos de ensayo y 24 cajas Petri esterilizados y desinfectados, los tubos con 9 ml agua peptonada y las cajas Petri con 20 ml de PDA distribuyendo uniformemente con 10 movimientos circulares de derecha a izquierda y 10 en el sentido de las manecillas del reloj (Fig. 19). Para preparar la muestra se pesaron 10 g de muestra en una caja petri estéril, se pasó la muestra a un vaso de licuadora estéril y se añadieron 90ml de agua peptonada al 0.1% y se homogenizo la muestra durante 30 seg. en licuadora, siendo esta la dilución primaria (Fig. 20).

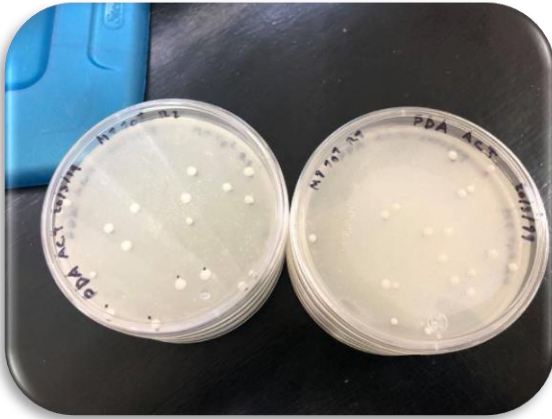
De la suspensión o dilución anterior, se tomaron 1.0 ml y se transfirieron a un tubo de ensayo con 9.0 ml de agua peptonada y se agita, de la misma manera se realizaron diluciones decimales con los demás tubos diluyendo hasta  $10^{-4}$  (Se utilizó una pipeta estéril para cada dilución). Se colocó por duplicado en las cajas petri con medio de cultivo acidificado 1.0 ml de cada una de las diluciones de la muestra con una pipeta estéril, de igual forma se distribuye la muestra con los 10 movimientos mencionados anteriormente, por último, invertimos las cajas y se colocaron en la incubadora a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . El tiempo transcurrido entre la preparación de la dilución primaria y el momento en que es vertido en el medio de cultivo no excedió los 20 min. Se contaron las colonias de cada placa después de 72 horas de incubación (Fig.21 y 22).



**Figura 19. Preparación del medio de cultivo PDA en cajas petri.**



**Figura 20. Material esterilizado y marcado para la preparación del medio de cultivo.**



**Figura 21. Cajas petri con crecimiento de bacterias 72 hrs después de haber inoculado con muestra.**



**Figura 22. Cajas petri con crecimiento de Levaduras.**

#### **2.2.5.1.2 Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa**

El método permite determinar el número de microorganismos coliformes presentes en una muestra, utilizando un medio selectivo (agar rojo violeta bilis) en el que se desarrollan bacterias a 35°C en aproximadamente 24 h, dando como resultado la producción de gas y ácidos orgánicos, los cuales viran el indicador de pH y precipitan las sales biliares.

#### **2.2.5.1.3 Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa**

El fundamento de la técnica consiste en contar las colonias, que se desarrollan en el medio de elección después de un cierto tiempo y temperatura de incubación, presuponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra bajo estudio. El método admite numerosas fuentes de variación, algunas de ellas controlables, pero sujetas a la influencia de varios factores

## Capítulo 3. Resultados Y Discusión

### 3.1 Diseño de mezclas

Una vez terminadas las actividades preliminares y haber desarrollado la formulación y estandarizar las mejores condiciones del proceso, se procedió a elaborar el diseño de mezclas el cual se efectuó en el programa minitab versión 17, con el fin de obtener las formulaciones con las cantidades precisas de los ingredientes o variables de estudio (harina de trigo, harina de centeno y nejayote).

El programa actúa de forma sistemática de acuerdo con parámetros o restricciones que se establecen en el diseño y con las variables antes mencionadas, que en este caso fueron las siguientes: 50% de la formulación (harinas) de las cuales harina de trigo, harina de centeno y solidos de nejayote, obteniéndose 9 formulaciones con diferentes concentraciones de cada uno de los 3 ingredientes los cuales se presentan en la (tabla 15).

**Tabla 15. Formulaciones arrojadas por el programa minitab con variaciones en la concentración de trigo, centeno y nejayote.**

<b>Formulación</b>	<b>Trigo %p/p</b>	<b>Centeno %p/p</b>	<b>Solidos de Nejayote %p/p</b>	<b>Trigo (g)</b>	<b>Centeno (g)</b>	<b>Solidos de nejayote (g)</b>	<b>Total de harina (g)</b>
<b>1</b>	0.7	0.3	0.01875	87.5	37.5	2.34375	125
<b>2</b>	0.8	0.2	0.000635	100	25	0.78125	125
<b>3</b>	0.7525	0.2525	0	94.0625	31.5625	0	125.625
<b>4</b>	0.71	0.3	0.00125	88.75	37.5	1.5625	126.25
<b>5</b>	0.77625	0.23125	0.025	97.03125	28.90625	3.125	125.9375
<b>6</b>	0.77625	0.22625	0	97.03125	28.28125	0	125.3125
<b>7</b>	0.72625	0.27625	0.00625	90.78125	34.53125	0.78125	125.3125
<b>8</b>	0.8	0.21	0.025	100	26.25	3.125	126.25
<b>9</b>	0.73125	0.27625	0.01875	91.40625	34.53125	2.34375	125.9375

De esta forma se puede observar que las formulaciones con mayor contenido de nejayote son las formulaciones # 5 y #8 seguido de las formulaciones #1 y #9 con 2.34g, la formulación #4 con el tercer mayor porcentaje o contenido de nejayote con 1.56g y por último las formulaciones #2 y #7 con 0.78g, las formulaciones #3 y #6 no obtuvieron nada de nejayote sin embargo no se descartaron para compararlas con las demás formulaciones.

Para su identificación y aplicación en el análisis sensorial, a estas formulaciones, se les asigno un código de 3 dígitos, quedando de la siguiente manera (tabla 16):

**Tabla 16. Código de formulación.**

<b>Formulación</b>	<b>Código</b>
<b>1</b>	751
<b>2</b>	943
<b>3</b>	520
<b>4</b>	231
<b>5</b>	311
<b>6</b>	622
<b>7</b>	830
<b>8</b>	153
<b>9</b>	405

### **3.2 Análisis sensorial**

Como se mencionó anteriormente se realizó un análisis sensorial efectuado en las instalaciones de la Universidad Estatal del Valle de Ecatepec área de Gerontología, aplicándolo a 38 personas entre 58-65 años de edad, de los cuales el 90% fueron mujeres y el 10% hombres (Figura 23).





**Figura 23. Evaluación sensorial del pan de centeno en las instalaciones de la “UNEVE”**

De acuerdo con la escala de nivel de agrado de 7 puntos se obtuvieron (tabla17) los siguientes resultados en preferencia de los panes o formulaciones.

**Tabla 17. Porcentaje de preferencia de las diferentes muestras de pan tipo bolillo adicionado con Nejayote**

Muestra	Aspecto	Dureza	Color	Olor	Sabor	Acidez
<b>153</b>	39.5	31.5	42.1	34.2	34.2	28.93
<b>231</b>	44.7	42.1	50	39.5	28.9 <sub>2,3</sub>	39.5
<b>311</b>	44.7	36.8	39.5	36.8	31.6	26.3
<b>405</b>	34.2	26.3	23.7 <sub>2,4</sub>	26.3	31.6	26.3
<b>520</b>	55.3	44.7	55.3	44.7	39.5	42.1
<b>622</b>	39.5	34.2 <sub>3</sub>	28.9 <sub>2,3</sub>	31.6	36.8	34.2
<b>751</b>	65	52.6	47.4	55.3	47.4	47.4
<b>830</b>	42.1	28.9 <sub>5</sub>	44.7	55.3	42.1	39.5
<b>943</b>	39.5	34.2 <sub>5</sub>	36.8	36.8	44.7	31.6 <sub>5</sub>

Datos obtenidos de evaluación sensorial escala hedónica considerando una escala del 1-7 donde 1 fue “Me gusta mucho” y 7 “Muy desagradable”. En la tabla el valor de mayor preferencia entre los panelistas fue 2 “Me gusta”, por lo tanto, estos valores son los que se representan y los que fueron distintos de 2 se marcan con un subíndice.

Como se puede observar en el aspecto, dureza, olor, sabor y acidez la muestra 751 obtuvo la mayor aceptación con un porcentaje de entre 47.4 a 65 % de “Me gusta” en relación al resto de las muestras analizadas. En la característica de color la muestra de mayor aceptación fue la muestra 540, 231 y 751 con un 55.3, 50 y 47.4 % respectivamente.

### 3.3 Análisis de textura

La (tabla 18) muestra los resultados obtenidos de una ANOVA realizada con los resultados obtenidos en el texturómetro brookfield para los parámetros de dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad de las 9 formulaciones de las diferentes muestras de pan de centeno.

**Tabla 18. Resultados de la ANOVA realizada en minitab con los datos obtenidos del texturómetro brookfield.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Dureza (N)</b>	<b>Elasticidad (mm)</b>	<b>Cohesividad</b>	<b>Masticabilidad (mJ)</b>
153	28.08 <sup>a</sup> ±1.18	3.48 <sup>a</sup> ±0.06	0.62 <sup>a</sup> ±0.01	76.10 <sup>a</sup> ±0.57
<b>231</b>	<b>15.52<sup>bc</sup>±0.15</b>	<b>3.76<sup>a</sup> ±0.20</b>	<b>0.79<sup>a</sup> ±0.12</b>	<b>49.15<sup>b</sup> ±7.85</b>
311	26.83 <sup>a</sup> ±2.97	4.04 <sup>a</sup> ±0.26	0.75 <sup>a</sup> ±0.06	88.20 <sup>a</sup> ±6.5
405	5.15 <sup>c</sup> ±0.68	4.03 <sup>a</sup> ±1.06	0.70 <sup>a</sup> ±0.05	16.20 <sup>e</sup> ±2.26
520	12.06 <sup>cd</sup> ±0.31	3.67 <sup>a</sup> ±0.25	0.71 <sup>a</sup> ±0.03	34.65 <sup>bcd</sup> ±1.060
622	11.63 <sup>cd</sup> ±0.47	3.52 <sup>a</sup> ±0.06	0.68 <sup>a</sup> ±0.02	32.40 <sup>cd</sup> ±0.85
<b>751</b>	<b>8.20<sup>de</sup>±0.64</b>	<b>2.73<sup>a</sup> ±0.09</b>	<b>0.80<sup>a</sup> ±0.04</b>	<b>18.85<sup>de</sup>±1.63</b>
830	18.22 <sup>b</sup> ±0.72	3.58 <sup>a</sup> ±0.16	0.66 <sup>a</sup> ±0.01	49.25 <sup>b</sup> ±4.45
943	17.17 <sup>b</sup> ±0.18	3.64 <sup>a</sup> ±0.04	0.63 <sup>a</sup> ±0.07	44.40 <sup>bc</sup> ±4.10

Medía ±desviación estándar obtenida de tres repeticiones. Letras diferentes indican diferencia significativa.

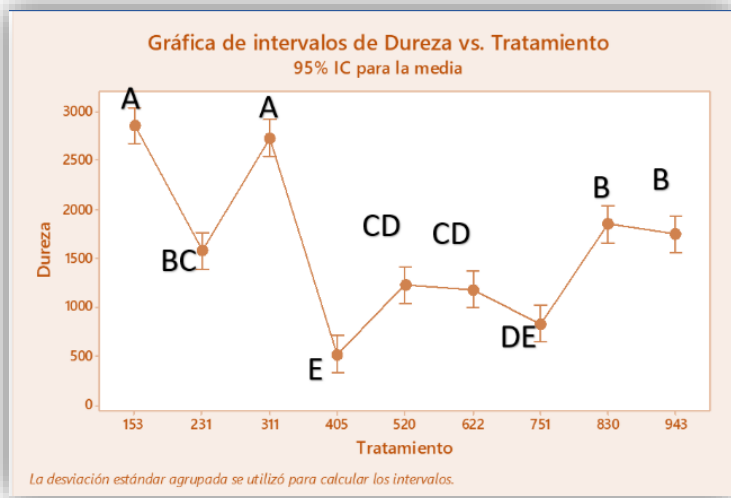
Los atributos texturales son las principales características para el consumidor de un alimento y es la manifestación de sus propiedades reológicas y estructura física (Buchar, Nedomová y Simeonovoná 2003). Estas incluyen, entre otras, a la dureza, cohesión, elasticidad y masticabilidad para el caso de alimentos sólidos. La dureza es la fuerza máxima obtenida durante el primer ciclo de compresión. Se refiere a la fuerza requerida para comprimir un producto entre los molares o entre la lengua y el paladar y está dada en Newtons, entre más

duro es el material mayor resistencia, por lo que su valor se incrementa, es decir, a mayor valor más resistencia a la compresión. Como podemos observar las muestras 405 y 751 son las que menor dureza poseen, con valores de  $5.15 \pm 0.68$  y  $8.20 \pm 0.72$  N respectivamente. Por otra parte, los de mayor dureza son 311 con  $26.83 \pm 2.97$  N y 153 con  $28.08 \pm 1.18$  N. En relación a la elasticidad que es la propiedad relativa a la rapidez de recuperación de la deformación después de la aplicación de una fuerza y al grado de dicha recuperación, se observa que las muestras 751 y 231  $2.73 \pm 0.09$  y  $3.76 \pm 0.20$  respectivamente.

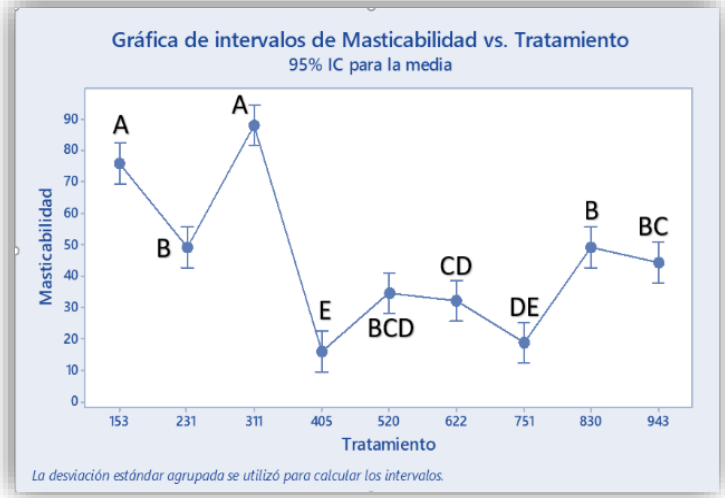
La masticabilidad que va relacionado con la cohesividad y el tiempo necesario o el número de masticaciones requeridas para dejar un producto sólido en las condiciones necesarias para su deglución observamos que las muestras 405 y 751 son las que presentan un valor más bajo ( $16.20 \pm 2.26$  y  $18.85 \pm 1.63$  mJ) lo que representa un menor esfuerzo durante el proceso de masticación. Recordemos que la masticación es una función vital en la cual intervienen diversos músculos que se encargan de dar movimiento y fuerza a esta acción ejercidas por los maxilares y los dientes alojados en ellos.

La cantidad de fuerza producida en la masticación depende del volumen de los músculos masticatorios, la coordinación de estos durante el proceso, la biomecánica funcional de la articulación temporomandibular y el estado de dientes y sus restauraciones; dicha fuerza puede incrementar o disminuir en relación con las necesidades masticatorias (Díaz Caballero *et al.*, 2018).

Para el caso de los adultos mayores, debido, en algunos casos, a la pérdida de piezas dentales, pérdida en la fuerza mandibular y disminución en la fuerza muscular maxilar, esta actividad se dificulta si se consumen alimentos duros, con alta cohesividad y masticabilidad; por ello se buscan alimentos que sean fácil de masticar y para mejorar, además el bolo alimenticio y con ello facilitar la digestión de los alimentos y por tanto mejor su absorción y asimilación.



**Figura 24. Gráfico dureza vs tratamiento de las 9 formulaciones del pan.**



**Figura 25. Gráfico masticabilidad vs tratamiento de las 9 formulaciones del pan.**

Las (Fig.24 y 25) muestran los gráficos obtenidos del programa minitab realizando una ANOVA con los datos obtenidos del texturómetro brookfield, utilizando el método tukey con un nivel de confianza del 95% o un margen de error del 0.05, es decir que cuando la probabilidad es menor a 0.05 hay diferencia significativa o los tratamientos son diferentes. Las letras están asignadas de mayor a menor valor por ejemplo en el caso de dureza (más duro y menos duro) empezando por la letra A hasta la E, los tratamientos que no comparten una letra son significativamente diferentes así los tratamientos “153-311”, “830-943” son iguales entre ellos, pero son significativamente diferentes con el resto de los tratamientos y por lo tanto los tratamientos “520”, “622”, “751”, “231” y como comparten letras en común son iguales o no hay diferencia significativa entre ellos, de la misma manera se hace el análisis para los demás parámetros texturales.

Por lo tanto, los panes con mayor dureza fueron los tratamientos “153-311” y el de textura más suave el “405”, en el parámetro de elasticidad todos los tratamientos fueron iguales ya que los valores fueron muy similares y comparten la letra A, sin embargo, los tratamientos con mayor elasticidad fueron “311” y “405”, para la cohesividad de igual manera no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, pero los valores más altos para este lo obtuvieron los dos panes de estudio “231” y “751” en el caso de la masticabilidad los mejores tratamientos fueron el “405” y el “751” ya que representan los valores más bajos por lo tanto el esfuerzo más bajo para desintegrar un alimento o en este caso el pan.

Como podemos observar, tanto para el análisis sensorial, donde los jueces fueron adultos mayores, como en las pruebas texturales, la prueba de dureza coincide, ya que la población selecciono a la muestra 751 como la de menor dureza y mayor aceptación, siendo esta la mejor evaluada también en el atributo de sabor y acidez, así como también una de las que menor esfuerzo requiere para su masticabilidad, por ello se consideró como una de las muestras para continuar con los análisis.

Por otra parte, las muestras 520 y 231 figuran dentro de las mejores características en cuanto a la dureza, elasticidad y cohesividad en los análisis texturales. En cuanto a los análisis sensoriales la población encuestada considero que la muestra 520 es más aceptable que la 231 en el parámetro de dureza, sabor y acidez; sin embargo y debido a que la muestra 520 no posee nejayote en su formulación, y es uno de los parámetros a evaluar en ese trabajo, se consideró a la muestra 231, como la segunda opción para continuar con el resto de los análisis.

### 3.4 Composición química del pan

En la (tabla 19) se observan los resultados del AQP realizado a las dos mejores formulaciones del pan comparados con los valores bibliográficos.

**Tabla 19. Resultados en base seca del análisis químico proximal de los dos Panes “751” y “231”**

Análisis	Composición del producto “751”	Desviación estándar $\sigma$	Composición del producto “231”	Desviación estándar $\sigma$	Composición de un pan de centeno comercial	Composición de un pan integral de centeno	Composición de un pan de harina de trigo tipo bolillo
<b>Grasa</b>	2.90%	0.22186	2.65%	0.3363	3.68%	3.34%	0.44%
<b>Proteína</b>	7.32%	0.5959	7.23%	0.8641	14.4%	12.85%	12.97%
<b>Cenizas</b>	2.04%	0.1174	2.30%	0.3049	1.44%	3.16%	1.41%
<b>Fibra</b>	4.08%	2.57	1.81%	0.7495	0.96%	2.64%	0.75%
<b>Carbohidratos</b>	83.66%	-	86.01%	-	79.52%	77.99%	82.82.%

Fuente: Morales, Bourges y Camacho, 2015.

**Tabla 20. Comparación en contenido calórico del pan comercial con los panes de estudio.**

<b>Pan</b>	<b>Total de contenido calórico</b>
<b>Pan 751</b>	388.8 kcal/100g
<b>Pan 231</b>	395.53 kcal/100g
<b>Pan de centeno comercial</b>	255.50 kcal/100g
<b>Pan integral de centeno</b>	223.50 kcal/100g
<b>Pan tipo bolillo</b>	304 kcal/100g

En la (tabla 19) se muestran los resultados obtenidos del AQP que se le realizó a las dos mejores formulaciones del pan de centeno adicionado con sólidos de nejayote y arándano comparados con los valores de 3 panes comerciales diferentes (un bolillo, pan de centeno y pan integral de centeno) obtenidos de Morales, Bourges y Camacho 2015, en las cuales encontramos que en el caso de las dos mejores formulaciones con nejayote los valores son similares en cada una de las propiedades, pero comparados con los panes comerciales se presentan algunas diferencias.

En el caso de los lípidos el pan 751 y 231 presentan una proporción ligeramente por debajo del pan comercial de centeno y pan integral de centeno, además de que el tipo de grasa que se utilizó para la elaboración de estas muestras fue el aceite de oliva que se sabe es bueno para salud ya que cuenta con niveles altos en ácidos grasos monoinsaturados como el ácido oleico y a una serie de compuestos que, aunque minoritarios en cuanto a su concentración, han mostrado potentes propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antiproliferativas.

La evidencia científica está convirtiendo a este aceite alimentario en uno de los elementos de primera elección en la dieta (Sánchez *et al.*, 2018). Además de que el centeno y trigo poseen grasas en su mayoría de tipo poliinsaturadas y lecitinas (Martínez, 2018). Sin embargo, tanto la muestra 751 y 231 presentan un valor por encima al del bolillo comercial, este último con 0.44 g de grasa.

Para el caso de las proteínas la proporción de los panes 751 y 231 fue menor a la de los tres panes comerciales, esto puede deberse a que los panes comerciales de centeno tienen mayor proporción de trigo, y este posee mayor contenido de proteína en relación al centeno, sin embargo, las proteínas del centeno poseen mejor calidad ya que contienen aminoácidos esenciales como lisina que se concentran en las fracciones de salvado y germen (Arendt y Zannini, 2013).

La determinación de cenizas es una de las pruebas con gran importancia ya que nos miden el total de minerales presentes en un alimento. En la tabla anterior se observó una semejante proporción de cenizas de los panes de estudio (751 y 231) con una diferencia de 30mg, en comparación con el pan tipo bolillo y un pan de centeno comercial se observa una proporción ligeramente mayor (2.30g y 2.04g de los panes 231 y 751 contra 1.41g del pan comercial tipo bolillo y 1.44 por parte del pan de centeno comercial).

Con respecto al pan comercial de centeno integral la proporción de este fue mayor en un 0.86-1.12 g respectivamente, esto puede ser por el tipo de ingredientes que se utiliza para la elaboración de ese producto, por ejemplo las harinas, que en muchas ocasiones son adicionadas con vitaminas y minerales por lo tanto su contenido es mayor, de esta manera el contenido en cenizas de los panes se encuentra en un buen rango y con un valor considerable ya que la harina de centeno contiene menor cantidad de minerales que la harina integral de centeno, pero de gran calidad entre los que destacan el zinc y el selenio (Martínez, 2018), de igual forma, aunque el contenido de nejayote es bajo (agregado como aditivo alimentario) el aporte de este en cuanto a cenizas puede también ser considerado ya que contiene 23.15% en sus sólidos entre los que destacan el calcio (5.7%) (Velasco, *et al.*, 1997; Gutiérrez *et al.*, 2010).

Así el contenido de minerales de los panes es bueno y puede contribuir a mejorar el aparato locomotor de los adultos mayores ya que el envejecimiento se acompaña de una reducción de la masa ósea debido a que el proceso de reabsorción del calcio en esta población sufre un desequilibrio y el tejido óseo se hace más poroso y frágil llevando a una desmineralización constante (osteoporosis), que puede complicarse con fracturas (Jaeger, 2018).

La fibra es uno de los principales componentes de estudio en los panes ya que es esta la que ayuda a regular y restaurar los procesos digestivos de una población adulta que sufre en su mayoría desnutrición por una mala alimentación y factores debido al envejecimiento tales como disminución de la secreción ácida de las células parietales gástricas, menor segregación de ácido clorhídrico, pepsina, el pH del intestino cambia y por último el acortamiento de las vellosidades del intestino delgado dificultando la absorción de nutrientes (Alvarado, Lamprea y Murcia, 2017), desencadenando así no solo problemas digestivos sino diversos padecimientos de salud y disfunción en casi todos los órganos del cuerpo. El pan “751” obtuvo un valor de 4.08g de fibra un poco más del doble que el pan “231” con 1.81g y este último por debajo de un pan de centeno integral con 2.64g, seguido del pan de centeno comercial y el pan tipo bolillo con los % más bajos, así el pan 751 obtuvo el valor más alto de todos, conforme a lo obtenido cabe destacar que el contenido es de gran calidad debido a las 2 fuentes de fibra dietética que contiene el pan (centeno y nejayote) de las cuales el centeno proporciona el 17 % fibra insoluble y 4 % soluble (Arendt y Zannini, 2013) más el contenido del nejayote agregado como aditivo alimentario y el cual sus sólidos contiene 23% de fibra cruda (Díaz-Montes, *et al.*, 2016; Valderrama *et al.*, 2012), obteniendo así un buen balance entre los tipos de fibra que ayudaran a mejorar el tránsito intestinal de los adultos mayores que se ve afectada por los factores ya antes mencionados y conjuntamente por una disminución del peristaltismo (de Jaeger, 2018), evitando así el estreñimiento y limpiando las paredes intestinales favorecida por la fibra insoluble como también el enlentecimiento de la digestión favoreciendo la disminución en la absorción de grasas y azúcares y el crecimiento de la flora intestinal debido a la fibra soluble.

El aporte energético obtenido por los panes 231 y 751 (tabla 19) fue 395.53-388.8 kcal/kg valores un poco altos en comparación a los aportados por los 3 panes comerciales, tomando en cuenta de que uno de los panes comerciales (tipo bolillo) se elaboró con de harina de trigo y con un aporte de 304 kcal/kg el rango de los panes 752 y 231 no es el más óptimo pero tampoco es excesivo, este aporte es bueno principalmente, ya que la necesidades energéticas mínimas es de unas 30 kcal/kg/ día (1.800 calorías para una persona de 60 kg) por lo que el contenido energético de los panes es suficiente para cumplir con los requisitos mínimos, siendo así un pan con un aporte energético balanceado.



### 3.5 Parámetros fisicoquímicos

Análisis	Valores Teóricos	Valores Obtenidos	Valores Obtenidos
	Pan de centeno	231	751
<b>pH</b>	5.31	6.06	5.70
<b>Acidez (% ácido láctico)</b>	2.7	0.0193	0.0189
<b>Conductividad Eléctrica</b>	-	2.45 $\mu\text{S/cm}$	2.4 $\mu\text{S/cm}$

En la (tabla 21), se observa los resultados obtenidos del pH de las muestras de los dos panes, las muestras obtuvieron valores cercanos a los teóricos obtenidos de Orellana, F. (2017), siendo el valor teórico ligeramente más ácido con 5.31 que las dos muestras de estudio con valores cercanos al pH neutro esto puede deberse a que el nejayote es muy alcalino con valores entre 12-14 según Valderrama (2012). Esta prueba se realizó por duplicado en el potenciómetro HANNA.

### 3.5 Análisis microbiológico del pan

Para garantizar la seguridad de los consumidores y jueces en el análisis sensorial, así como la inocuidad del producto obtenido (dos mejores formulaciones) se le realizó un análisis microbiológico (tabla 22) con las pruebas marcadas en las normas (NOM-111-SSA1-1994), (NOM-113-SSA1-1994), (NOM-092-SSA1-1994) para productos de panificación y bollería.

Tabla 22. Resultados del análisis microbiológico para la formulación 751 (2.34g de nejayote) y 231 (1.56g de nejayote).

Análisis	Dato experimental "751"	Dato experimental "231"	Límite máximo
<b>Hongos y Levaduras</b>	Ausente	Ausente	300 UFC/g
<b>Mesófilos aerobios</b>	185	520	1000 UFC/g
<b>Coliformes totales</b>	Ausente	Ausente	< 10 UFC/g

Se realizó el conteo aplicando la técnica de cuenta en placa (UFC), con el fin de conocer la concentración inicial de organismos y así evaluar la calidad microbiológica del pan. En las tablas anteriores se muestran el conteo de hongos y levaduras, mesófilos aerobios y coliformes totales obtenidos 72hrs después de su incubación. Los resultados obtenidos durante el conteo no se encontraron hongos y levaduras en ninguna de las muestras, los valores para mesófilos y coliformes están por debajo del límite máximo o permito por la norma NOM-247-SSA1-2008 por lo tanto el pan de centeno elaborado cumple con las especificaciones sanitarias establecidas para consumo humano.

### 3.6 Capacidad antioxidante

#### 3.6.1 Cuantificación de polifenoles totales

Para la cuantificación de fenoles totales en el pan se realizaron las curvas de calibración y las mediciones de cuantificación por el método de Folin-Ciocalteu, se realizaron a 765 nm longitud de onda a la cual se obtiene la máxima absorbancia. El espectro de absorción entre las muestras (pan 751 y 231) y los analitos (ácido gálico y ácido ferúlico) y el reactivo de Folin-Ciocalteu en medio básico con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (0.8M) y NaOH (1M) se realizó en el espectrofotómetro UV-Vis ubicado en el L-113 ubicado en el edificio D de la Fes Cuautitlán.

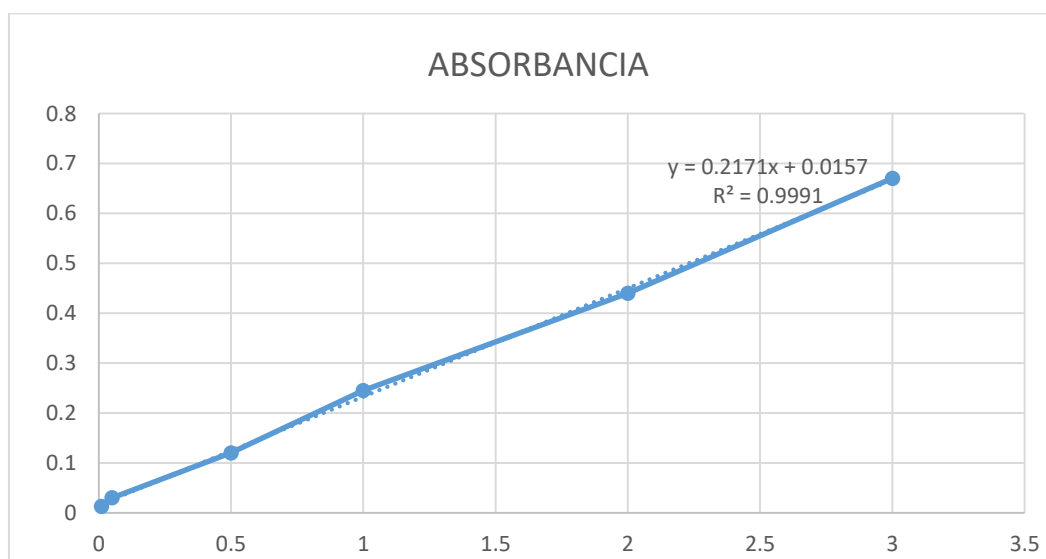


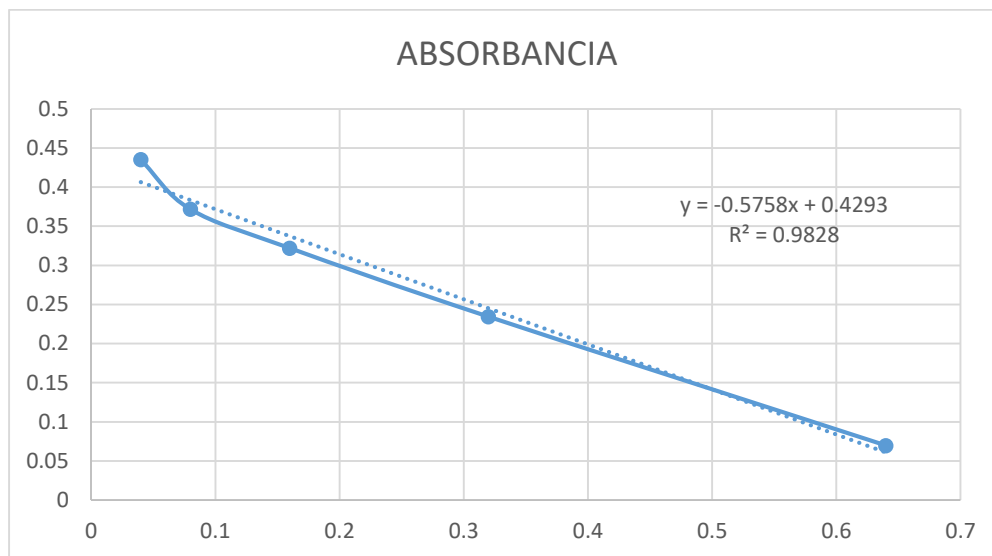
Figura 26. Curva patrón ácido ferúlico

En el grafico anterior (Fig.26) se muestra la curva patrón (absorbancia vs concentración) obtenida de los datos arrojados por el espectrofotómetro al medir las diferentes concentraciones de ácido ferúlico con 1 ml de una alícuota de reactivo Folin.

**Tabla 23. Resultados, promedio y [ ] de Ac. Ferúlico**

<b>MUESTRA</b>	<b>Absorbancia</b>	<b>Absorbancia</b>	<b>Absorbancia</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>[ ] AC. FERÚLICO µg/ml</b>
<b>METANOL 80%</b>	0	0	0	0	-0.072316905
<b>TRIGO</b>	0.258	0.282	0.331	0.290333333	1.265008445
<b>231</b>	0.272	0.31	0.348	0.31	1.355596499
<b>751</b>		0.303	0.400	0.3515	1.546752649

Los resultados obtenidos en la determinación de Fenoles totales por el método Folin se muestran en la tabla 23 en la cual se muestra el promedio de las 3 mediciones de la absorbancia de las 3 muestras comparando un pan de trigo con las muestras de estudio obteniendo así un aumento en la concentración de ácido ferúlico por parte de los panes 751 y 231 presentando así una mayor absorbancia lo que conlleva un mayor contenido fenólico por parte de los panes de centeno tipo bolillo. Demostrando de esta manera la presencia del nejayote en la formulación del pan ya que a este se le atribuyen la presencia de compuestos bioactivos como arabinosilanos y polifenoles, así como el ácido ferúlico o ácido fenólico más común dentro de estos granos (Díaz, et al.,2016; Villela, et al.,2017). Es decir, los panes obtenidos son óptimos para la alimentación de los adultos mayores ya que los antioxidantes como el ácido ferúlico ejercen beneficios para la salud debido a que previenen diversas enfermedades crónicas (obesidad, hipertensión, diabetes, cardiovasculares) así como el combatir el estrés oxidativo y tratar enfermedades causadas por inflamación crónica.



**Figura 27. Curva patrón Trolox**

En la (figura 27) que se muestra anteriormente se observa la curva patrón “Trolox” obtenida de la medición con el espectrofotómetro UV-Vis (longitud de onda de 515nm) con el reactivo DPPH, observándose así la tendencia esperada el de una disminución en la absorbancia conforme al aumento en la concentración, esto debido a la reducción ejercida sobre el reactivo (DPPH) por los antioxidantes presentes en el extracto.

**Tabla 24. Resultados DDPH, promedio y [ ] en  $\mu\text{M/g}$  de Trolox DDPH**

MUESTRA	Absorbancia	Absorbancia	Absorbancia	PROMEDIO	[ ] EN TEAC $\mu\text{M/g}$
	0	0	0	0	0.742733564
<b>PAN DE TRIGO</b>	0.012	0.023	0.021	0.01866667	0.710438293
<b>751</b>	-0.037	-0.032	-0.034	-0.03433333	0.802133795
<b>231</b>	-0.033	-0.05		-0.0415	0.814532872

En la (tabla 24) se observan los resultados obtenidos de la determinación de capacidad antioxidante por DPPH, obteniendo una mayor actividad equivalente a Trolox (TEAC) por parte de los panes 751 y 231 comparados con un pan tipo bolillo de trigo con (0.8145 y 0.8021) aunque la diferencia de absorbancia es poca, la actividad antioxidante por parte de los panes es superior debido a las propiedades que tiene los sólidos de nejayote agregado como aditivo alimentario (fitoquímicos ricos en fenoles y carotenoides) (Figueroa-González *et al.*, 2011).

# Capítulo 4. Conclusiones Y Recomendaciones

## Conclusiones

Se establece una formulación adecuada del pan de centeno adicionado con sólidos de nejayote y arándano, estandarizando los ingredientes añadidos como fue el nejayote y el arándano y sustituyendo algunos otros de la formulación base para un pan tipo bolillo.

El método de panificación utilizado fue el correcto debido a que el producto cumplió con las características establecidas en los antecedentes para un pan tipo bolillo.

Se elaboró exitosamente la evaluación sensorial a una población de adultos mayores conforme al objetivo particular #2, logrando establecer e identificar un rango en la cantidad de nejayote necesario recomendado “cantidades  $\leq$ ”, ya que cantidades mayores son detectados con olores y sabores desagradables no propios del pan.

El diseño de mezclas elaborado en el programa minitab versión 17 estableció con éxito las mejores formulaciones del pan de centeno conforme a los resultados obtenidos en la evaluación sensorial, los resultados fueron favorables en la mayoría de las formulaciones teniendo aproximadamente un 90% de aceptación en los consumidores cumpliendo con el objetivo particular 1.

Se logró seleccionar las dos mejores formulaciones las cuales fueron el pan “751” y “231” debido a su contenido de nejayote 2.34g y 1.56g respectivamente y en gran parte por los resultados obtenidos en la evaluación sensorial.

Los resultados por parte de las pruebas texturales fueron las esperadas concluyendo que el pan 751 fue el menos duro y con mejor masticabilidad que el 231, parámetros que son los más importantes dentro de esta prueba ya que el pan está dirigido a personas de edad adulta que en su mayoría tiene problemas bucales y dentales como la pérdida o carencia de estos, obteniéndose así de los valores más bajos en los dos parámetros cumpliendo con el objetivo particular #2.

La comparación entre los panes fue eficaz debido a que deja en claro que los panes fueron mucho más cercanos y de alguna forma equilibrados a los de un pan tipo bolillo y en su mayoría en todos los componentes mayor a excepto de las proteínas, de igual forma en la determinación de la composición química del pan “751” y “231”, los valores fueron semejantes destacando el alto porcentaje de CHOS en ambos panes conforme al de los demás panes comerciales sin embargo el aporte calórico estuvo dentro del rango de los demás panes, logrando con éxito un bolillo de gran calidad y valor nutricional como alimento funcional para una población de adultos mayores.

En cuanto a su calidad sanitaria, los valores obtenidos presentaron valores por debajo de los límites máximos establecido en la NOM-247-SSA1-2008 garantizando así la eficiencia de los procesos de sanitización y desinfección concretando en un producto inocuo que cumple con las especificaciones y sobre todo listo para consumir sin riesgo de “Etas” en los consumidores.

Las pruebas de fenoles totales y capacidad antioxidante se realizaron exitosamente en el caso de los métodos de Folin-Ciocalteau y DPPH, los panes mostraron mayor actividad antioxidante y mayor contenido en fenoles que el de bolillo tradicional de trigo, obteniendo absorbancias ligeramente mayores a las de dicho pan y aunque similares entre ellas el pan “751” obtuvo mayor concentración que el pan “231” en las dos pruebas. De esta manera se obtiene un producto con las características esperadas por un alimento funcional y objetivo sumamente importante en el presente proyecto, finalmente corroborando de esta manera que el mejor pan fue el 751.

## **Recomendaciones**

Se recomienda respetar el rango identificado antes mencionado en caso de futuras formulaciones con nejayote (cantidades  $\leq$  de nejayote).

Se recomienda utilizar métodos de panificación actualizados, así como equipos como hornos, mezcladoras y/o amasadoras que ayuden a agilizar y optimizar el proceso y tiempo de elaboración y obtener aún mejores resultados en textura del pan.

Para poder garantizar e identificar los beneficios aportados por los panes se recomendaría realizar pruebas de laboratorio más específicas o análisis clínicos en paciente (perfil lipídico, test de glucosa o tolerancia a la glucosa, índice glucémico, etc....)

En futuros seguimientos del proyecto o mejoras de este una opción sería optar por un cereal con mayor aporte de proteínas para mejorar aún más su calidad nutricional como podría ser el caso de la avena o mezcla de este con algún otro cereal, así como también sin dejar de lado las nuevas tendencias en el mercado como la adición de aditivos de panificación que ayuden a mejorar y contribuir a aspectos no solo nutricionales sino sensoriales y de textura, en el caso de comercialización a la vida útil del producto.

## Bibliografía

- Acosta, E. B. A., Lazo, V. M. A., Nava, V. Y., Gutiérrez, U. J. A., Y Serna, S. S. O. (2014). Improvement of dietary fiber , ferlín acid and calcium contents in bread enriched with nejayote food aditive from White maize (*Zea mays*). *Journal of Cereal Science*. 60(1), pp. 264-269.
- Alvarado-García, A., Lamprea-Reyes, L., & Murcia-Tabares, K. (2017). La nutrición en el adulto mayor: una oportunidad para el cuidado de enfermería. *Enfermería universitaria*, 14(3), 199-206.
- Amafore (2018). El panorama de la población adulta mayor en México. *El Economista* [en línea] Disponible en: <https://www.economista.com.mx/opinion/El-panorama-de-la-poblacion-adulta-mayor-en-Mexico-20180828-0078.html>
- Anzaldúa, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza: Acribia, 11-28.
- AOAC. (2000) Official methods of análisis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Maryland.
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013). Rye. *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*; Woodhead Publishing Series in Food Science, 248.
- Bartrina, J. A. (2010). Alimentos funcionales y salud en la etapa infantil y juvenil/Nutritional Value and Health in Infants and Youth Stages. Ed. Médica Panamericana.
- Blanshard, J. M. V. (1987). Elements of cereal product structure. *Food Structure: Creation and Evaluation*, 313.
- Buitimea-Cantúa, N. E., Antunes-Ricardo, M., Villela-Castrejón, J., & Gutiérrez-Urbe, J. A. (2019). Changes in cellular antioxidant and anti-inflammatory activity after 12 months storage of roasted maize-based beverages supplemented with nejayote solids. *Journal of Cereal Science*, 102807.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Calva Rodríguez K. I. (2008). Panificación: ingredientes, calidad y sus procesos; Tesis que para obtener el título de ingeniero en alimentos; Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, Edo de Mexico.,14-18.



- Chamorro, R. A. M., & Mamani, E. C. (2010). Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. *Revista de investigación en ciencia y tecnología de alimentos*, 1(1).
- Consuelo, F. M. (2010). La fibra dietética en la prevención del riesgo cardiovascular. *Nutr. clin. diet. hosp*, 30(2), 4-12.
- Cortés-Sánchez, A. D. J., León-Sánchez, J. R., Jiménez-González, F. J., Díaz-ramírez, M., & Villanueva-carvajal, A. (2016). Alimentos funcionales, alfalfa y fitoestrógenos. *Revista Mutis*, 6(1), 28-40.
- Córdova, J. P. L., Puente, E. O. R., López, J. M. V., Corral, F. J. W., & Ahumada, G. A. L. (2018). Rendimiento y Calidad de Grano en Centeno (*Secale Cereale L*) Bajo Diferentes Condiciones de Fertilización en el Estado de Sonora, México. *Biotecnia*, 20(3), 76-82.
- Córdova, J. P. L., Félix, F. R., Corral, F. W., Reyes, F. R., Puente, E. O. R., & Ahumada, G. A. L. (2019). Influencia de la fertilización en rendimiento y calidad de grano del centeno en la zona árida de Sonora, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1219-1230.
- Decker, E. A., Elias, R. J., & McClements, D. J. (EDS.). (2010). *Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications: management in different industry sectors*. Elsevier.
- De Jaeger, C. (2018). *Fisiología del envejecimiento*. EMC-Kinesiterapia-Medicina física, 39(2), 1-12.
- Díaz Caballero, A., Taron Dunoyer, A., Bustillo, J. M., Camacho Vergara, A., García Guarín, R., & Parra Castellanos, J. (2018). Evaluación de la dureza de diversos alimentos. *Revista Cubana de Estomatología*, 55(1), 34-41.
- Díaz-Montes, E., Castro-Muñoz, R., Yáñez-Fernández, J., de Jesús Hernández-Hernández, F., Buendía-González, M. O., de Jesús López-Herrera, a., & Villanueva-Arce, R. (2016). An overview of nejayote, a nixtamalization by product. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 8(2), 41-60.
- Farooqui, T., & Farooqui, A. A. (EDS.). (2017). *Neuroprotective effects of phytochemicals in neurological disorders*. John Wiley & Sons.
- García, E., Fernández, I., & Fuentes, A. (2015). *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu*. Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica.

Galindo, A., & Luz, A. (2017). Comparación fisicoquímica y reológica de harinas: trigo (*Triticum aestivum*), centeno (*Secale cereale*) y triticale (x *Triticosecale*) en elaboración de pan.

Gomez, G. S. L., González, L. A., & Casasbuenas, T. M. G. (2019). Caracterización de la ingesta de alimentos y deglución de los adultos mayores: Hospital geriátrico San Miguel. *Areté*, 19(2), 23-34.

Gutiérrez, E., Rojas-Molina, I., Pons-Hernandez, J. L., Guzmán, H., Aguas-Angel, B., Arenas, J., ... & Rodríguez, M. E. (2007). Study of calcium ion diffusion in nixtamalized quality protein maize as a function of cooking temperature. *Cereal Chemistry*, 84(2), 186-194.

Gutiérrez, H., Y de la Vara-Salazar, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. 2ª Ed., Mexico: McGraw-Hill. pp. 239-256.

Gutiérrez-Uribe, J. A., Rojas-García, C., García-Lara, S., & Serna-Saldivar, S. O. (2010). Phytochemical analysis of wastewater (nejayote) obtained after lime-cooking of different types of maize kernels processed into masa for tortillas. *Journal of Cereal Science*, 52(3), 410-416.

Hleap, J. I., & Velasco, V. A. (2010). Analysis of the properties of texture during the storage of sausage made from red tilapia (*Oreochromis sp.*). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(2), 46-56.

Hung, M. D., & Fraguera, M. G. (2014). El estrés oxidativo en las enfermedades neurológicas: ¿causa o consecuencia? *Neurología: Publicación oficial de la Sociedad Española de Neurología*, 29(8), 451-452.

Ibáñez, F. C. (2001). *Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones*. Taylor & Francis.

Illanes, L. M., Díaz, C. G., & Álvarez-Dardet, C. (2013). Los funcionales a examen: ¿alimentos al servicio de la salud o nuevo negocio para la industria alimentaria?. *Aten Primaria*, 45(6).

INAPAM, 2016. Estadísticas sobre Adultos Mayores en México. Disponible en: <https://www.gob.mx/inapam/galerias/estadisticas-sobre-adultos-mayores-en-mexico>

INMUJERES, 2015. Situación de las personas adultas mayores en México. Disponible en: [http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos\\_download/101243\\_1.pdf](http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/101243_1.pdf)

Jiménez-Bonilla, V., & Abdelnour-Esquivel, A. (2013). Identificación y valor nutricional de algunos materiales nativos de arándano (*Vaccinium* spp).

Joint, F. A. O., Who Expert Committee on Food Additives, & World Health Organization. (1972). Evaluación de los aditivos alimentarios: diversas enzimas, almidones modificados y otras sustancias, evaluación toxicológica y normas; examen de la eficacia técnica de ciertos antioxidantes, decimoquinto informe del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios, Roma, 16-24 de junio de 1971.

Küster-Boluda, I., & Vidal-Capilla, I. (2017). Consumer attitudes in the election of functional foods. *Spanish Journal of Marketing-ESIC*, 21, 65-79.

Lazcano-Hernandez, M. A., Navarro-Cruz, A. R., Sanches, R. Á. S., Hernandez-Abundez, J. A., Zeron-Alvarado, c. a., & Pereira, d. s. (2019). Incorporación de harina de polen en panificación. *Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável*, 14(1), 48-54.

León, A. E., Rosell, C. M., Gómez Pallarés, M., Brites, C., Haros, M., Trigo, M. J., ... & Collar, C. (2007). De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. ISEKI-Food.

Madhavi, D. I., Deshpande, S. S., & Salunkhe, D. K. (1995). food antioxidants: technological: toxicological and health perspectives. crc press.

Manríque, E. M., & Vera, V. J. (2016). Cereales: técnicas de análisis. Universidad Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Martínez, M. R., Bravo, M. S., Rosales, M. Á. P., Barrera, A. H., & Segura, J. S. (2019). Efecto de la temperatura sobre los antioxidantes de romero, en el proceso de panificación. *avances de investigación en inocuidad de alimentos*, 2.

Martínez, V. (2018). Centeno, cereal. Botanical [en línea] Disponible en: <https://www.botanical-online.com/centeno.htm>

Mesas, J.M., & Alegre, M. T. (2002). El pan y su proceso de elaboración the bread and its processing o pan eo seu proceso de elaboración. *cyta-journal of food*, 3(5), 307-313.

Morales de León, J. C., Bourges Rodríguez, H., & Camacho Parra, M. E. (2016). Tablas de Composición de Alimentos y Productos Alimenticios Mexicanos (Versión Condesada 2015). *Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán: México City, México*, 55-589.

NMX-f-406-1982. alimentos para humanos. pan blanco bolillo y telera. foods for humans. white bread round loafs. normas mexicanas. dirección general de normas.

NMX-f-428-1982. alimentos. determinación de humedad (método rápido de la termobalanza). foods. determination of moisture (thermobalance rapid method). normas mexicanas. dirección general de normas.

Orellana Delgado FJ, Tesis que para obtener el título de Técnico superior universitario en biotecnología. Universidad tecnológica de Tecámac, Enero 2017.

Osca Iluch, j. m. (2013). cultivos herbáceos extensivos: cereales (no. 633 633.1). e-libro, corp.

Ostrolucká, M. G., Gajdošová, A., Libiaková, G., Hrubíková, k., & Bežo, M. (2007). Protocol for micropropagation of selected vaccinium spp. in protocols for micropropagation of woody trees and fruits (pp. 445-455). springer, dordrecht.

Paula, A. M., & Conti-Silva, A. C. (2014). Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *journal of food engineering*, 121, 9-14.

Pedrero, F., Daniel, l., & Pangborn, R. M. (1989). Evaluación sensorial de los alimentos; métodos analíticos (no. 641.1 p43).

Pérez, A. S. B., Rodríguez, M. A. S., Ramos, M. R., & Núñez, V. M. M. (2006). Estrés oxidativo como factor de riesgo para el desarrollo de diabetes mellitus, osteoartritis o hipertensión arterial en adultos mayores. *bioquímica*, 31(1), 13-22.

Prakash, D., & Sharma, G. (eds.). (2014). *Phytochemicals of Nutraceutical Importance*. cabi.

Ramírez, M. D. C. F., Espinoza, J. l. l., Lira, G. R., & Ramos, M. A. G. (2018). 1. Afectación biopsicosocial en la salud de los adultos mayores en México. *avacient*, 5(2), 5-11.

Ranjbar, A., Heshmati, A., Momtaz, J. k., & Vahidinia, A. (2019). Effect of iron-enrichment on the antioxidant properties of wheat flour and bread. *journal of cereal science*.

Raynaud-Simon, A. (2007). Anorexia y adelgazamiento en el anciano. *emc-tratado de medicina*, 11(3), 1-6.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay. *free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.

Rojas-García, C., García-Lara, S., Serna-Saldivar, S. O., & Gutiérrez-Urbe, J. A. (2012). Chemopreventive effects of free and bound phenolics associated to steep waters (nejayote)

obtained after nixtamalization of different maize types. plant foods for human nutrition, 67(1), 94-99.

Rojas-Molina, I., Gutierrez-Cortez, E., Palacios-Fonseca, A., Baños, I., Pons-Hernandez, J. I., Guzmán-Maldonado, S. H., ... & Rodríguez, M. E. (2007). Study of structural and thermal changes in endosperm of quality protein maize during traditional nixtamalization process. *cereal chemistry*, 84(4), 304-312.

Rosenthal, a. (2001). Textura de los alimentos: medida y percepción, editorial acribia. zaragoza, españa.

Sagarpa S, 2015. Cereal, el alimento del mundo. disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/cereal-el-alimento-del-mundo>

Salinas-Rodríguez, A., Manrique-Espinoza, B., la Cruz-Góngora, D., & Rivera-Almaraz, A. (2020). desigualdades socioeconómicas en salud y nutrición entre adultos mayores en México. *salud pública de México*, 61(6), 898-906.

Salmerón-Alcocer, A., Rodríguez-Mendoza, N., Pineda-Santiago, V., Cristiani-Urbina, E., Juárez-Ramírez, C., Ruiz-Ordaz, N., & Galíndez-Mayer, J. (2003). Aerobic treatment of maize-processing wastewater (nejayote) in a single-stream multi-stage bioreactor. *journal of environmental engineering and science*, 2(5), 401-406.

Sánchez-Rodríguez, E., Mesa, M. D., Sanchez-Rodriguez, E., María, C., & García, D. (2018). Compuestos bioactivos del aceite de oliva virgen. *Nutrición Clínica*, 12(2-2018), 80-94.

Sánchez-Rodríguez, M. A., & Mendoza-Núñez, V. M. (2003). Envejecimiento, enfermedades crónicas y antioxidantes. México: fes zaragoza, unam, 15-7.

Sancho, J., Bota. E, y de Castro, J. P. (1999). Introducción al análisis sensorial de los alimentos. barcelona: alfaomega. pp. 140-145

Secretaria de Salud NOM-247-SSA1-2008, productos y servicios. cereales y sus productos. cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. productos de panificación. disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. métodos de prueba. norma oficial mexicana. mexico.

Serna Saldívar, S. R. O. (2013). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. México, d.f: agt editor.

- Silveira Rodríguez, M. B., Monereo Megías, S., & Molina Baena, B. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima: ¿cerca o lejos? revista española de salud pública, 77, 317-331.
- Simmonds, M., & Preedy, V. R. (Eds.). (2016). Nutritional composition of fruit cultivars. Academic Press.
- SSA, Secretaria de Salud y Asistencia. (1994). norma oficial mexicana nom-111-ssa1., 1994. método para conteo de hongos y levaduras en alimentos. dirección general de normas, ssa, méxico, d.f.
- SSA, Secretaria de Salud y Asistencia. (1994). norma oficial mexicana nom-113-ssa1., 1994. método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. dirección general de normas, ssa, méxico, d.f.
- SSA, Secretaria de Salud y Asistencia. (1994). norma oficial mexicana nom-092-ssa1., 1994. método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. dirección general de normas, ssa, méxico, d.f.
- Storino, M. A., Contreras, M. A., Rojano, J., Serrano, R., & Nouel, A. (2014). Complicaciones de la diabetes y su asociación con el estrés oxidativo: un viaje hacia el daño endotelial. revista colombiana de cardiología, 21(6), 392-398.
- Téllez-Pérez, V., López-Olguín, J. F., Aragón, A., & Zayas-Pérez, M. T. (2018). Lodos residuales de nejayote como sustratos para la germinación de semillas de maíz azul criollo. revista internacional de contaminación ambiental, 34(3), 395-404.
- Tiwari, B. K., Brunton, N. P., & Brennan, C. (eds.). (2013). Handbook of plant food phytochemicals: sources, stability and extraction. john wiley & sons.
- Valderrama-Bravo, C., Gutiérrez-Cortez, E., Contreras-Padilla, M., Rojas-Molina, I., Mosquera, JC, Rojas-Molina, A., ... y Rodríguez-García, ME (2012) Filtración a presión constante de agua de cal (nejayote) utilizada para cocinar granos en el procesamiento de maíz. revista de ingeniería de alimentos, 110 (3), 478-486.
- Valderrama-Bravo, C., López-Ramírez, y., Jiménez-Ambriz, S., Oaxaca-luna, A., Domínguez-Pacheco, A., Hernández-Aguilar, C., & Moreno-Martínez, E. (2015). Changes in chemical, viscoelastic, and textural properties of nixtamalized dough with nejayote. lwt-food science and technology, 61(2), 496-502.

- Vázquez-Castilla, S., Guillén-Bejarano, R., Jaramillo-Carmona, S., & Jiménez-Araujo, A. (2012). funcionalidad de distintas variedades de arándanos.
- Velasco-Martinez, M., Angulo, O., Vázquez-Couturier, D. I., Arroyo-Lara, A., & Monroy-Rivera, J. A. (1997). Effect of dried solids of nejayote on broiler growth. poultry science, 76(11), 1531-1534.
- Vilca Vásquez, J. R. D. (2019). Optimización de la aceptabilidad de un pan con harina de centeno (secale cereale), cebada (hordeum vulgare) y avena (avena sativa).
- Villasana, A. C. (ed.). (2014). Tablas de uso práctico de los alimentos de mayor consumo" miriam muñoz". mcgraw hill.
- Villela-Castrejón, J., Antunes-Ricardo, M., & Gutiérrez-Urbe, J. A. (2017). Bioavailability and anti-inflammatory activity of phenolic acids found in spray-dried nejayote after its in vitro digestion. journal of functional foods, 39, 37-43.
- Yahia, E. M. (ed.). (2017). Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry and human health, 2 volumes. john wiley & sons.
- Zúñiga Hernández, L. A., Ciro Velásquez, H. J., & Osorio Saraz, J. A. (2007). Estudio de la dureza del queso edam por medio de análisis de perfil de textura y penetrometría por esfera. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín.
- Zuñiga Sánchez, J. O. (2020). Evaluación del uso del nejayote para la producción de goma xantano por xanthomonas campestris y su escalamiento a nivel semi-piloto (doctoral dissertation, universidad autónoma de nuevo león).

## **Anexos**

PAN DE CENTENO CON ARANDANO

Buenos días, ante todo gracias por aceptar participar en esta degustación de pan, queremos pedir su ayuda para responder este pequeño cuestionario que nos ayudara a saber sobre el grado de aceptación de este pan como producto nutritivo en los consumidores. Responda brevemente lo siguiente:

Nombre y apellidos:

---

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: Hombre ( ) Mujer ( )

¿Tiene usted algún problema de salud?

Si ( ) cual? \_\_\_\_\_ No ( )

¿Padece usted de diabetes?

Si ( ) No ( )

PAN #1							
	Me Gusta Mucho	Me Gusta	Me Gusta un poco	Ni Me Gusta Ni Me Disgusta	No Me Gusta	Des-Agradable	Muy Des-Agradable
Aspecto del pan							
Dureza							
Color							
Olor							
Sabor							
Acidez							

¿Percibió algún sabor extraño en el pan?

Si ( ) cual? \_\_\_\_\_ No ( )

¿Compraría usted este pan?

Si ( ) No ( )

Comentarios

---



---



