

L.N. Yazmín
Paredes Martínez

Compuestos de aroma en leche humana
y su relación con la dieta

2024



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales

Compuestos de aroma en leche humana y
su relación con la dieta

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el grado de

Maestra en Nutrición Clínica Integral

Presenta

L.N. Yazmín Paredes Martínez

Dirigida por:

Dra. Karina de la Torre Carbot

Co-Director:

Dr. Pedro Alberto Vázquez Landaverde

Querétaro, Qro, Diciembre 2024

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma De Querétaro
Facultad De Ciencias Naturales
Maestría En Nutrición Clínica Integral

Compuestos de aroma en leche humana y su relación con la dieta

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestra en Nutrición Clínica Integral

Presenta:

L.N. Yazmín Paredes Martínez

Dirigida por:

Dra. Karina de la Torre Carbot

Co-dirigido por:

Dr. Pedro Alberto Vázquez Landaverde

SINODALES

Dra. Karina de la Torre Carbot
Presidente

Firma

Dr. Pedro Alberto Vázquez Landaverde
Codirector

Firma

Dra. María del Carmen Caamaño Pérez
Vocal

Firma

MCNH. Diana Gabriela Figueroa Piña
Suplente

Firma

Dr. Jorge Luis Chávez Servín
Suplente

Firma

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Diciembre 2024
México

RESUMEN

La leche humana se secreta aproximadamente a partir del día 15 postparto, su composición es altamente dinámica y se adapta a las necesidades del bebé. Aporta componentes nutricios e inmunológicos para la protección contra enfermedades. Promueve un adecuado desarrollo físico e intelectual. Además, proporciona información quimio-sensorial, siendo la dieta de la madre un factor importante para la variabilidad de compuestos volátiles que dan aroma a la leche humana. El presente estudio tiene como objetivo identificar los principales compuestos volátiles relacionados al aroma y sabor de la leche presentes en la leche materna madura y determinar si existe relación con la dieta de la madre. Se realizó un estudio transversal, descriptivo y de correlación, donde participaron de forma voluntaria 20 mujeres (18 a 45 años) con lactantes de 2 a 36 meses de edad. Mediante un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (g/día) y un recordatorio de alimentos (g/día) consumidos en 24 horas previos a la toma de la muestra leche materna se analizó la dieta materna. Se determinó la calidad de la dieta de las madres por medio del índice de alimentación saludable HEI-2015. Se recabaron por triplicado (100microL/vial) muestras de leche humana madura. La determinación de Compuestos Volátiles (CV) de aroma presentes en la leche humana madura se realizó por la metodología de micro extracción en fase sólida (SPME) y cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS). Los datos fueron analizados mediante el análisis de componentes principales (PCA). La relación de los CV detectados con la dieta materna se determinó se mediante el análisis de componentes principales (PCA), el índice de similitud de la dieta y el respaldo de la literatura científica. Se identificaron 105 alimentos diferentes consumidos 24 horas previas a la toma de muestra, entre los alimentos de mayor consumo se encontraron: la tortilla de maiz (95%), el azúcar refinado (71%), refresco (52%), pan dulce y galletas industrializadas (33%). Respecto a la evaluación de la calidad de la dieta de las madres, el 14% tuvieron una dieta saludable, el 57% necesitan cambios en su dieta, y el 29% tiene una dieta poco saludable. Se identificaron 115 compuestos volátiles relacionados al aroma de la leche materna, cada muestra en promedio presentó 62 compuestos volátiles agrupados en 16 grupos funcionales: acetonas (5%), ácidos carboxílicos (14%), alcoholes (5%), aldehídos (17%), aminas (1%), cetonas (1%), disulfuro (3%), ésteres (29%), fenoles (1%), furacos (2%), lactonas (4%), piranonas (1%), pirazinas(2%), compuesto fenólico (1%), trisulfuros (1%) y terpenos (14%). El análisis de muestras de leche humana de 9 participantes reveló una asociación directa con los compuestos volátiles del grupo de los ésteres, aldehídos y terpenos, a partir del consumo exclusivo por parte de las participantes de alimentos como pera, chícharo, cebolla, ajo, col, cúrcuma y jengibre. Este hallazgo fue respaldado a partir de referencias bibliográficas que reportan los perfiles aromáticos de cada alimento previamente mencionado. No se encontró una relación directa entre el puntaje de la calidad de la dieta de las madres y los perfiles aromáticos de las muestras de leche humana. Los hallazgos demuestran que, más allá de la calidad global de la dieta, los alimentos juegan un papel crucial en la composición de los perfiles aromáticos de la leche humana madura.

Palabras clave: leche materna, perfil volátil, compuestos de aroma, GC-MS, PCA.

SUMMARY

Human milk is secreted from approximately day 15 postpartum; its composition is highly dynamic and adapts to the needs of the baby. It provides nutritional and immunological components for protection against diseases. It promotes adequate physical and intellectual development. In addition, it provides chemosensory information, with the mother's diet being an important factor for the variability of volatile compounds that give aroma to human milk. The present study aims to identify the main volatile compounds related to the aroma and flavor of milk present in mature breast milk and to determine if there is a relationship with the mother's diet. A cross-sectional, descriptive and correlation study was carried out, in which 20 women (18 to 45 years) with infants from 2 to 36 months of age participated voluntarily. Using a food consumption frequency questionnaire (g/day) and a recall of foods (g/day) consumed in the 24 hours prior to taking the breast milk sample, the maternal diet was analyzed. The quality of the mothers' diet was determined by means of the HEI-2015 healthy eating index. Samples of mature human milk were collected in triplicate (100 microL/vial). The determination of Volatile Compounds (VC) of aroma present in mature human milk was carried out by the methodology of solid phase microextraction (SPME) and gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). The data were analyzed by means of principal component analysis (PCA). The relationship of the CV detected with the maternal diet was determined by means of principal component analysis (PCA), the diet similarity index and the support of the scientific literature. 105 different foods consumed 24 hours prior to sampling were identified. Among the most consumed foods were: corn tortilla (95%), refined sugar (71%), soda (52%), sweet bread and industrialized cookies (33%). Regarding the evaluation of the quality of the mothers' diet, 14% had a healthy diet, 57% needed changes in their diet, and 29% had an unhealthy diet. 115 volatile compounds related to the aroma of breast milk were identified, each sample on average presented 62 volatile compounds grouped into 16 functional groups: acetones (5%), carboxylic acids (14%), alcohols (5%), aldehydes (17%), amines (1%), ketones (1%), disulfide (3%), esters (29%), phenols (1%), furans (2%), lactones (4%), pyranones (1%), pyrazines (2%), phenolic compound (1%), trisulfides (1%) and terpenes (14%). Analysis of human milk samples from 9 participants revealed a direct association with volatile compounds from the group of esters, aldehydes and terpenes, based on the exclusive consumption by the participants of foods such as pear, pea, onion, garlic, cabbage, turmeric and ginger. This finding was supported by bibliographic references that report the aromatic profiles of each previously mentioned food. No direct relationship was found between the diet quality score of the mothers and the aromatic profiles of the human milk samples. The findings demonstrate that, beyond the overall quality of the diet, food plays a crucial role in the composition of the aroma profiles of mature human milk.

Keywords: breast milk, volatile profile, aroma compounds, GC-MS, PCA.

**A mi madre por su amor incondicional, su apoyo constante
y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Autónoma de Querétaro por brindarme dos años de experiencia, aprendizaje y crecimiento profesional.

Gracias Diana, Magda, Miriam, Ezequiel, Dr. Pedro, por su apoyo incondicional, por guiarme en todo el proceso del estudio, por compartirme cada uno de su inteligencia y experiencia, por su compañerismo y solidaridad.

A mi tutora Dra. Karina, y sínodo Dra. Mari Caamaño, por el tiempo dedicado en mi formación, así como su orientación y disposición para hacer este proyecto enriquecedor. A las instituciones y organismos que financiaron y respaldaron esta investigación, especialmente a FONDEC, FOPER y CONAHCTY, por proporcionar los recursos necesarios y por creer en la relevancia de este trabajo.

También un especial agradecimiento a la Secretaria Salud, SESEQ, por abrirnos las puertas en el área de banco de leche del Hospital de Especialidades del niño y la mujer, así mismo un destacado agradecimiento al Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional (CICATA-IPN) por brindarnos el espacio en el departamento de aromas y sabores para poder llevar acabo la parte esencial de la investigación.

A mi familia, gracias papá por brindarme tu apoyo constante, mamá gracias por creer en mí, por ser mi pilar en los momentos más difíciles y por celebrar conmigo cada pequeño logro, hermanas gracias por motivarme, ser mis inspiraciones y modelos a seguir, agradezco a mi Layna 🐾 por su amor incondicional y alegrar mis días en momentos de estrés, a mi Juanfe por creer en mí y hacerme sentir que soy capaz de lograr cualquier cosa.

Y gracias a cada una de las personas que se integraron en el trayecto de la investigación para poder llevar a cabo esta tesis. ¡Muchas gracias!

INDICE

RESUMEN.....	i
SUMMARY	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
I. INTRODUCCIÓN/ PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	12
2.1 Leche materna generalidades	12
2.2 Beneficios de lactancia	12
2.3 Panorama de la lactancia en México	14
2.4 Síntesis de la leche	15
2.5 Composición de la leche.....	17
2.6 Patrones alimentarios y calidad de la Dieta.....	19
2.7 Alimentación de la mujer lactante	21
2.8 Aroma y Sabor.....	22
2.8.1 Aroma y sabor de los alimentos.....	23
2.8.2 Aroma y sabor en las primeras etapas de vida.....	24
2.8.3 Aroma y sabor de la leche materna.....	25
2.9 Compuestos volátiles en la leche materna.....	27
2.10 Relación de los compuestos volátiles de leche humana con la dieta.....	31
III. HIPÓTESIS.....	35
3.1 Hipótesis.....	35
IV. OBJETIVOS	35
4.1 Objetivo general	35
4.2 Objetivos específicos.....	35
V. MATERIALES Y MÉTODOS	36
5.1 Tipo de estudio.	36
5.2 Población de estudio y ubicación espacio-temporal.....	36
5.3 Criterios de selección.	36
5.3.1 Criterios de inclusión.....	36
5.3.2 Criterios de exclusión	36
5.3.3 Criterios de eliminación.....	37
5.4 Variables de medición	38

5.5	Procedimientos	41
5.5.1	Reclutamiento	41
5.5.2	Aplicación de encuestas	41
5.5.3	Toma de medidas antropométricas	42
5.5.4	Recolección de muestras de la leche materna.....	43
5.6	Determinaciones Químicas. Análisis de muestras de leche materna	44
5.6.1	Extracción de compuestos volátiles relacionados al aroma y sabor de la leche materna	44
5.6.2	Caracterización del perfil volátil relacionado al aroma y sabor de la leche materna	44
5.7	Análisis de datos.....	45
5.8	Consideraciones éticas	46
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	47
6.1	Descripción de la población.	47
6.1.1	Selección de la población	47
6.1.2	Características de la Madre.....	50
6.1.3	Características del Lactante	51
6.2	Dieta de las madres participantes.	52
6.2.1	Ingesta dietética a partir R24H	52
6.2.2	Ingesta dietética a partir Cuestionario de Frecuencia de consumo de alimentos (CFA)	57
6.3	Calidad de la Dieta	61
6.4	Características de compuestos volátiles en leche humana	63
6.5	Correlación aproximada de tendencias entre el perfil de compuestos volátiles relacionados al aroma y sabor en leche humana madura y las dietas de las madres a partir de su similitud.....	73
6.6	Asociación directa de la dieta materna y los compuestos volátiles presentes en su leche humana madura, a partir de la literatura.....	81
6.7	Correlación aproximada de tendencias entre el perfil de compuestos volátiles y el puntaje de calidad de la dieta de las madres participantes.....	84
VII.	CONCLUSIONES	89
VIII.	LITERATURA CITADA.....	90

INDICE DE FIGURAS TABLAS Y ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Desarrollo morfológico de glándula mamaria	17
Figura 2.2. Mecanismo de percepción de aromas de los alimentos	24
Figura 6.1 Descripción de selección de la población	48
Figura 6.2.Descripción de análisis de muestras de Leche humana madura	49
Figura 6.3. Descripción de la calidad de la dieta de la población.....	62
Figura 6.4. Diagrama de PCA de los perfiles de compuestos volátiles presentes en las muestras leche humana madura de las madres participantes.	74
Figura 6.5. Determinación de Índice de Similitud de la dieta de madres participantes.....	76
Figura 6.6. Relación entre el perfil de compuestos volátiles relacionados al aroma y sabor en leche humana madura y la dieta de la madre a partir de su similitud.....	78
Figura 6.7.Correlación entre Índice de similitud de la dieta y la distancia de las madres participantes en el PCA (dimensión 1).....	80
Figura 6.8. Relación entre el puntaje de la calidad de la dieta de las madres con el perfil aromático.....	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Compuestos volátiles detectados en leche de prematuros	28
Tabla 6.1. Características de la madre	50
Tabla 6.2. Características del lactante.....	51
Tabla 6.3. Evaluación del Estado nutricio del lactante por tablas de la OMS	52
Tabla 6.4. Distribución de macronutrientes y aporte energético de las madres participantes	53
Tabla 6.5. Consumo (g/d) de alimentos de 24 hrs previas a la toma de muestra de leche humana madura (R24h).....	54
Tabla 6.6. Consumo (g/d) de grupos de alimentos durante la lactancia (R24H)	57
Tabla 6.7. Consumo habitual (g/d) de alimentos a partir del cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos	58
Tabla 6.8 Consumo habitual (g/d) de grupos de alimentos durante la lactancia a partir de la frecuencia de consumo de alimentos.....	61
Tabla 6.9 Características descriptivas de la calidad de la dieta de la población.....	62

Tabla 6.10. Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura ordenados de acuerdo a su clase.....	67
Tabla 6.11. Grupos de compuestos identificados.....	72
Tabla 6.12. Distancias PCA de perfiles aromáticos de leche y su relación con la similitud dietética entre madres participantes	79
Tabla 6.13. Asociación directa de alimentos consumidos por madres participantes, 24 horas previas a la toma de la muestra y los compuestos volátiles presentes en su leche humana madura, a partir de la literatura.	82

ANEXOS

Anexo 1. Tablas de compuestos volátiles adicionales	96
Anexo 2. Cartas de autorización	106
Anexo 3. Consentimiento informado	108
Anexo 4. Cuestionario sobre hábitos de.....	113
Alimentación de la madre y el lactante	113
Anexo 4. Cuestionario sobre hábitos de.....	113
Alimentación de la madre y el lactante	113
Anexo 5. Material didáctico utilizado de asesoría de las madres participante.....	122
Anexo 6. Formato de entrega de resultados de valoración del estado nutricional de los lactantes de las madres participantes.....	123
Anexo 7. Participación de XVI foro internacional de investigación y posgrado en ciencias naturales	124
Anexo 8. Constancias de participación	125

I. INTRODUCCIÓN/ PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La situación en México de acuerdo con los datos de Ensanut 2021-2022 indican a nivel nacional una mayor prevalencia de lactancia materna en zonas rurales comparado en zonas urbanas (58.4 vs. 45.6%; $p < 0.01$), sin embargo, el 95% de niños y niñas de 24 meses son amamantados alguna vez en su vida. Panorama que pone en riesgo la salud de los niños y por ende de las futuras generaciones adultas, así mismo más de la mitad de niñas y niños mayores de 24 meses (61.9%), reciben lactancia materna exclusiva en sus primeros tres días de vida, mientras que más del 30% de lactantes de 0 a 5 meses, brindan lactancia materna de forma exclusiva. Además, casi una cuarta parte de la población menor de 6 meses (24.7%), reciben lactancia materna mixta. En contraste a niños y niñas de 12 a 23 meses en donde casi la mitad de la población (45.1%) son amamantados hasta su segundo año de vida.

Por lo que en México las prácticas de lactancia materna y la alimentación complementaria no satisfacen las recomendaciones que emite la Organización Mundial de la Salud (OMS), ya que la introducción de alimentos es a temprana edad, además de ser de baja calidad nutricional (González-Castell et al., 2020).

Cabe mencionar que la variabilidad y composición de la leche materna, depende en primera instancia de las necesidades del neonato en cada etapa y en cada momento, sin embargo, puede verse alterada por factores medio-ambientales como es el entorno, la cultura y la dieta de la madre (Dehong & Loos, 2020).

En general, la leche materna está compuesta en un 87% por agua, posee un aporte energético de 670 a 700 kcal/L a partir de hidratos de carbono que administra energía al sistema nervioso central, siendo la lactosa el principal hidrato de carbono que contiene y favorece el desarrollo de la microbiota intestinal, además de ácidos grasos de cadena larga, a partir de la ingesta dietética por parte de la madre de ácidos grasos esenciales como el ácido alfa-linolénico (AAL, 18:3n-3) y el ácido linoléico (AL, 18:2n-6), que se transforman en ácido docosaheptaenoico (ADH; 22:6n-3) el cual ayuda en el desarrollo estructural y funcional de los sistemas visual-sensorial, perceptual y cognitivo del lactante; el ácido araquidónico (AA;

20:4n-6), el ácido ecosapentaenóico (EPA; 20:5n-3) que participa como sustrato en la síntesis de eicosanoides como las prostaglandinas, los leucotrienos y tromboxanos, que regulan las respuestas inflamatoria e inmune al activar la proliferación de linfocitos, células asesinas, la producción de citocinas y de inmunoglobulina E (IgE) en las células inflamatorias. Además de brindar protección contra enfermedades infecciosas, disminuye el riesgo de contraer enfermedades alérgicas y enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad; potencializa el desarrollo físico, intelectual y emocional del bebé y también disminuye el riesgo de presentar síndrome de muerte súbita, entre otros beneficios más.

Al ser la leche materna el primer alimento del bebé, se convierte en su primer contacto en el panorama de los aromas y sabores y a la vez su primer experiencia sensorial en este sentido fuera del útero; es por ello que la dieta materna contribuye de manera importante en la composición de la leche humana, ya que el cuerpo humano materno utiliza los nutrimentos que tiene disponibles, con la finalidad de garantizar los niveles adecuados de macro y micronutrimentos esenciales para el óptimo crecimiento y desarrollo del bebé; además la dieta materna también tiene un gran impacto en el aroma y sabor de la leche humana, ya que se ha encontrado en estudios una asociación directa con la dieta materna y la presencia de los terpenos en muestras de leche, siendo estos compuestos aromáticos presentes en variedad de frutas, especias, verduras y bebidas, de manera que la presencia de estos compuestos en leche humana pueden originarse a partir de la dieta de la madre.

Es por ello la importancia de la dieta y su calidad, así como el tipo de alimentos que ingiere la madre, debido a que entre más variada sea la alimentación de la madre, más amplio será los perfiles de aromas y sabores de la leche materna durante la lactancia, mejorando su aporte nutrimental.

La característica del perfil volátil de la leche materna es altamente variable. Se sabe que factores como la etapa de lactancia, la forma de alimentación, el ritmo cardíaco, y la dieta de la madre puede afectarla. Cabe mencionar que existe poca literatura que establezca la relación

en compuestos volátiles de la leche humana y la dieta materna y solo en países como Estados Unidos, Alemania, Dinamarca se han estudiado el aroma y sabor de leche humana.

El presente trabajo de tesis muestra la asociación de los compuestos volátiles que existen en la leche humana madura y la dieta de la madre. Se identifican los principales compuestos volátiles que caracterizan el aroma y sabor de muestras de leche humana de población mexicana. Se determinan los principales grupos y tipos de alimentos ingeridos por partes de las madres participantes, se analiza el patrón alimentario y la calidad de la dieta de las madres, esto con la finalidad de observar ver la relación de este perfil de componentes de aroma de la leche materna con los alimentos consumidos por la madre, y la calidad de la dieta de las participantes, lo que puede abrir el camino para contribuir al establecimiento de pautas alimentarias favorables durante el embarazo y la lactancia materna y establecer las bases a estudios que optimicen el aroma y sabor de la leche humana madura, para garantizar el desarrollo adecuado del lactante, y favorezca preferencias alimentarias más variadas y saludables a edades tempranas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Leche materna generalidades

La leche humana es el primer alimento natural que proporciona la energía y los nutrientes necesarios durante los primeros meses de vida y a su vez sigue aportando al menos la mitad de las necesidades nutricionales durante la segunda mitad del primer año y hasta un tercio durante el segundo año de vida (Chinea Jiménez & Sáenz de Pipaón Marcos, 2020). De acuerdo a las recomendaciones de la OMS y el UNICEF establecen un inicio oportuno de la lactancia materna en la primera hora de vida, lactancia exclusiva durante los primeros seis meses de vida junto con la introducción de alimentos complementarios seguros y nutricionalmente adecuados a partir de los seis meses, continuando la lactancia materna hasta los dos años o más (OMS, 2023). Así mismo se sabe que su composición es única y ha ido evolucionado a lo largo de millones de años para satisfacer las necesidades de cada bebé (Witkowska-Zimny & Kaminska-El-Hassan, 2017).

2.2 Beneficios de lactancia

La leche humana es necesaria para el sano desarrollo del sistema inmunitario de todo recién nacido. Contienen múltiples factores que modulan su buen funcionamiento, como las inmunoglobulinas, entre las que se distingue, la inmunoglobulina A Secretora (sIgA), que actúa sobre antígenos específicos, ejerciendo así su acción antiinfecciosa para la protección inmunológica del tracto gastrointestinal, respiratorio y urogenital del bebé. A su vez contiene proteínas con acciones inmunológicas como la lactoferrina (Lf) y la caseína, que poseen propiedades de acción antimicrobiana y anti-adhesiva el cual consiste en impedir que los patógenos se adhieran a las células del tracto gastrointestinal, con el objetivo de mantener un equilibrio de la microbiota del bebé. Mientras que la lisozima, enzima presente en la leche materna y saliva del bebé contribuye en la protección contra infecciones bacterianas, misma que al unirse con otras proteínas como la lactoferrina incrementa su efecto antimicrobiano.

Las citoquinas por su carácter antiinflamatorio, promueve el crecimiento de las células epiteliales, la inhibición de la función de los linfocitos, y promueve el crecimiento de los nervios.

De tal manera que la respuesta inmunológica, en mucosas, ante un estímulo provocan la sensibilización de linfocitos T y B donde a su vez se genera una de producción de anticuerpos, principalmente IgA, secretada en mucosas maternas y en la leche materna, otorgando la inmunidad de las mucosas madre-hijo (Robles-Bermeo et al., 2019; Rodríguez Aviles et al., 2020).

Entre la variedad de enfermedades que la lactancia materna brinda protección al lactante, son las infecciones del tracto respiratorio, de tracto gastrointestinal, vías urinarias, glomerulopatía inmunitario (GIT) y enterocolitis necrosante. Además, la lactancia materna disminuye la incidencia del síndrome de muerte súbita del lactante, así mismo disminuye la probabilidad de desarrollar asma, dermatitis atópica, obesidad y diabetes tipo I (Lyons et al., 2020).

Respecto a la enterocolitis necrosante se sabe que el intestino neonatal es inmaduro, por lo que los ácidos grasos poliinsaturados y los oligosacáridos no digeribles presentes en la leche materna, estimulan la proliferación de bacterias colonizantes importantes para activar el sistema inmunológico del recién nacido; así mismo los linfocitos B se transportan mediante el conducto torácico en donde llegan a los senos materno, donde se transforman en células plasmáticas, encargadas de producir inmunoglobulinas tipo A (IgAs) (Rodríguez Aviles et al., 2020).

La lactancia materna tiene efectos beneficiosos no sólo a corto plazo. También previene enfermedades a mediano y largo plazo. Por ejemplo, reduce el riesgo de obesidad infantil. Se ha demostrado una prevalencia más baja de obesidad en niños que fueron amamantados durante 6 meses en comparación con los que fueron amamantados menos de 6 meses o nunca fueron amamantados, por lo que a mayor tiempo se implemente la lactancia existe una menor probabilidad de presentar obesidad (Wang et al., 2017).

El riesgo de muerte en neonatos por diarrea y otras infecciones, incrementa al ser alimentados de manera exclusiva por fórmula láctea o si reciben lactancia materna de forma parcial, la alimentación a través de la leche materna durante los primeros 1000 días de vida, que representa el periodo desde la gestación hasta los dos años de edad, posee un papel importante en el potencial de desarrollo físico, intelectual y emocional del niño (Irala et al., 2019).

2.3 Panorama de la lactancia en México

Los resultados de la Ensanut 2018-2019 muestran una prevalencia de 28.6% en niños menores a seis meses que recibieron lactancia materna exclusiva (LME). El 44% de los niños menores de 12 meses fueron alimentados con fórmula infantil en los primeros tres días de vida y el 29% fueron lactados hasta a los dos años. Las altas prevalencias de lactancia materna mixta y de ingesta de fórmulas lácteas en menores de 12 y 24 meses que marca la Ensanut, evidencian el alto consumo de fórmula infantil y fórmula de continuación y crecimiento cuya composición, ponen en riesgo la salud de los niños (González-Castell et al., 2020).

Asimismo, datos de Ensanut 2021-2022 reportan una prevalencia a nivel nacional del 95% en niñas y niños de 24 meses los cuales fueron amamantados alguna vez en su vida, siendo las zonas rurales en donde la lactancia materna inicia tempranamente en comparación con la urbana (58.4 vs. 45.6%; $p < 0.01$).

De la misma manera a nivel nacional más de la mitad de niñas y niños mayores de 24 meses (61.9%) recibieron lactancia materna exclusiva durante los primeros tres días de vida, mientras que el 33.6% infantes con la edad de cero a cinco meses fueron alimentados exclusivamente con leche materna. En menores de seis meses de edad el 24.7% de la población recibieron lactancia materna mixta. A diferencia del 45.1% de niñas y niños de 12 a 23 meses quienes fueron amamantados hasta el segundo año de vida (González-Castell et al., 2023). Aunque México ha avanzado en promover la lactancia materna, aún sigue lejos de los objetivos de la OMS. Aún es necesario la colaboración y esfuerzo en conjunto entre el gobierno, instituciones de salud y la sociedad que fortalezca el apoyo de la lactancia materna y garantice a largo plazo un mejor futuro y bienestar nutricional de madres e hijos.

2.4 Síntesis de la leche

Desde inicio del embarazo, las glándulas mamarias se preparan para la lactancia, con el aumento en los niveles de prolactina, producida a través de la glándula pituitaria (hipófisis) ésta actúa sobre la glándula mamaria, y a la vez participa en el mantenimiento del cuerpo lúteo de los ovarios, el cual permite la producción de progesterona (P4) importante para el desarrollo de los alvéolos mamarios, así como la producción de estrógenos, como el estradiol (E2) que promueve la maduración y el crecimiento de los conductos mamarios, así como el mantenimiento de la estructura y el funcionamiento de los tejidos mamarios. Uno de los factores que regulan el parto y la lactancia es la liberación de oxitocina; mediante ésta hay un control de la absorción de calcio en el intestino delgado (duodeno y yeyuno), y la contractibilidad de las células mioepiteliales, las cuales rodean los conductos y los alveolos en las glándulas mamarias para favorecer la expulsión de la leche desde los alveolos hacia los conductos. Asimismo, la oxitocina induce la constricción mecánica de las células alveolares lumbinales, células responsables en la producción y secreción de leche en donde forman una capa que entra en contacto directo con el contenido de los alvéolos, siendo estas, estructuras en donde se genera y almacena la leche (Slepicka et al., 2021).

Cada célula glandular se comporta como una unidad de secreción, produciendo leche completa, sintetizando y recibiendo desde el plasma sanguíneo los nutrientes indispensables para formar los principales constituyentes de la leche. Las células epiteliales que cubren a las células glandulares, tanto en los alveolos como en los conductos; también son muy activas y participan en la elaboración, secreción y eyección de la leche.

Es importante señalar que la leche humana posee una variedad de componentes endógenos y exógenos que llegan desde el plasma sanguíneo y son transportados a las glándulas mamarias.

Es decir, los componentes endógenos se obtienen mediante la síntesis de diferentes órganos, tejidos y sistemas, como las inmunoglobulinas (IgA) derivadas de los linfocitos B y producidas por las células plasmáticas en respuesta a infecciones. De manera similar las citocinas mediante estímulos del sistema inmunológico, junto con las hormonas como la

prolactina y oxitocina secretadas por las glándulas endocrinas, así como los ácidos grasos y lípidos derivados de los depósitos de grasa del tejido adiposo de la madre.

Por otro lado, los componentes exógenos provienen a partir de la dieta materna, como las vitaminas y minerales, por ejemplo la vitamina C, el complejo B, calcio, hierro y zinc, también ácidos grasos esenciales principalmente el omega-3 y omega-6, al igual que los aminoácidos para la síntesis de nuevas proteínas presentes en la leche materna, así como los hidratos de carbono, siendo la lactosa el azúcar que aporta la energía necesaria al bebé y por último se encuentra el agua, cuyo papel es esencial para una adecuada producción de leche.

El desarrollo morfológico y la diferenciación de la glándula mamaria es necesario para la síntesis de la leche, la primera fase del desarrollo mamario sucede mientras ocurre la maduración del mesodermo y ectodermo embrionarios, los cuales corresponden a capas germinales media y más externa, que dan origen a los órganos sexuales sistemas músculo esquelético, cardiovascular nervioso y la piel. Si bien el ectodermo participa en la formación inicial de la organización estructural de la glándula mamaria, mientras que las redes de señalización mesenquimales, derivadas de las células del mesodermo, dirigen los cambios y la expansión ectodérmica misma que ocurre tanto en la matriz como en el seno, durante el posicionamiento de la línea mamaria o cresta mamaria para florecimiento del desarrollo de la glándula mamaria en respuesta a las señales del mesénquima y a factores hormonales (Slepicka et al., 2021).

Durante el embarazo en la hipófisis anterior se producen células lactotrofas, las cuales son liberadas y permanecen dentro de la hipófisis para la secreción de hormonas específicas como la prolactina, hormona que viaja al torrente sanguíneo para llegar a la glándula mamaria. La liberación de células lactotrofas es regulada por la dopamina hipotalámica donde a su vez es mediada por neurotransmisores y hormonas como la serotonina, la norepinefrina y el ácido gamma-aminobutírico (GABA), así como el cortisol por lo que niveles elevados de estrés inhibe la secreción de prolactina. Durante el embarazo y la lactancia los niveles de prolactina y oxitocina aumentan sustancialmente para la preparación de la mama para la eyección de

leche además de desempeñar un papel importante en la estimulación de la síntesis de proteínas de la leche y lactosa (Figura 2.1) (Tritos & Klibanski, 2019).

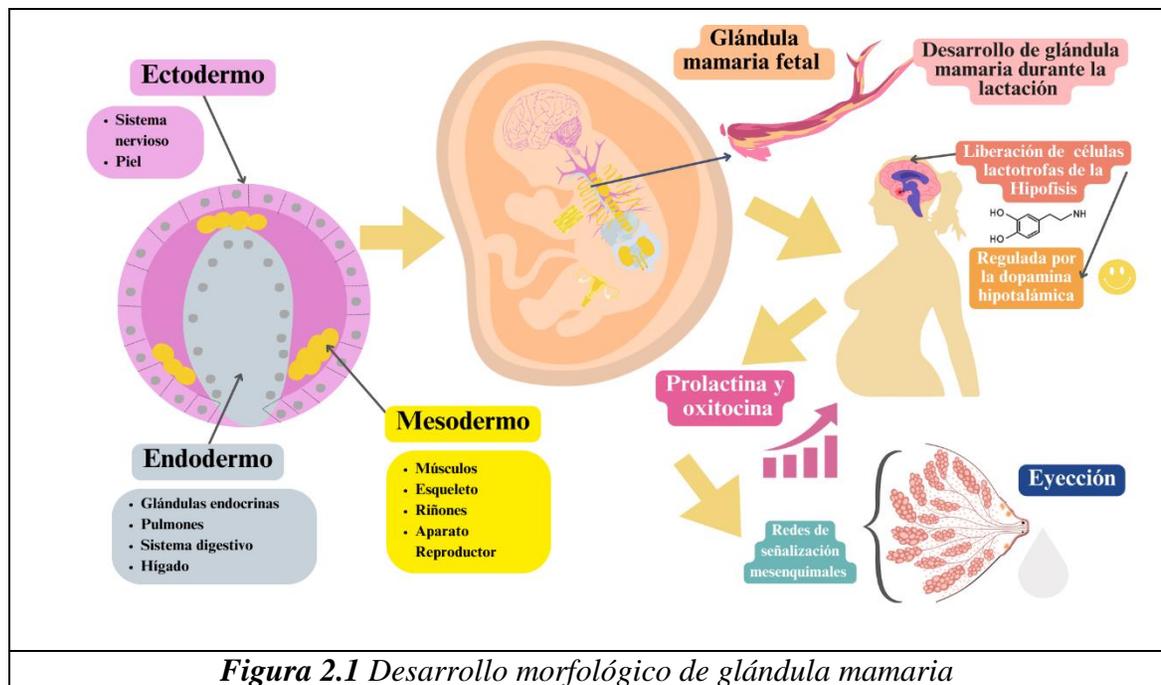


Figura 2.1 Desarrollo morfológico de glándula mamaria

2.5 Composición de la leche

La composición de la leche materna nunca es constante y presenta un extraordinario dinamismo para adaptarse a las necesidades del neonato con el objetivo de cubrir los requerimientos nutricios para su adecuado crecimiento (Lyons et al., 2020). Además, la composición de la leche materna varía dependiendo las individualidades genéticas, los hábitos dietéticos, el estado nutricional de la madre y el tiempo de gestación del bebé, es decir si las madres dieron a luz a término o pretérmino (Rodríguez Aviles et al., 2020).

De acuerdo con la literatura se han identificado más de 1000 compuestos en la leche humana, entre los que priman componentes anti-infecciosos e inmunológicos. Se tienen identificados más de 200 glicanos, 300 proteínas bioactivas, 700 péptidos endógenos, 50 ácidos grasos. Entre sus componentes se encuentran también enzimas, factores de crecimiento, hormonas, citosinas, aminoácidos, amins biógenas, nucleótidos, material genético, elementos vivos, entre los que se encuentran bacterias formadoras de microbiota, células inmunológicas,

células epiteliales e infinidad de compuestos bioactivos adicionales (Rodríguez Aviles et al., 2020).

La leche humana madura inicia su producción a partir del día 15 postparto y su producción puede continuar por varios meses o años hasta que termina la lactancia. Respondiendo a la demanda, se puede producir un volumen promedio de 750 mL/día, pero puede llegar hasta 1,200 mL/día en madres con embarazo múltiple. Está compuesta por, agua que representa el 87% del total de sus componentes. En cuanto la carga renal de solutos, la leche materna posee una osmolaridad de 287 a 293 mOsm. Tiene un aporte energético de 670 a 700 kcal/L proporcionando en su mayoría a través de los hidratos de carbono y las grasas. El alto aporte de hidratos de carbono administra energía al sistema nervioso central. La lactosa es el principal hidrato de carbono que contiene y favorece el desarrollo de la microbiota intestinal, promoviendo principalmente el desarrollo de bifidobacterias e impidiendo el crecimiento de microorganismos patógenos por ser acidificante, mejora la absorción de calcio y mantiene estable la osmolaridad de la leche porque conserva bajas concentraciones de sodio y potasio. La galactosa, es uno de los hidratos de carbono que conforman la lactosa, es esencial para la formación de galactopéptidos y galactolípidos cerebrósidos esenciales para el desarrollo y mantenimiento del sistema nervioso central. Además, la leche humana aporta ácidos grasos de cadena larga, sus precursores son el ácido alfa-linolénico (AAL, 18:3n-3) y el ácido linoléico (AL, 18:2n-6). Sin embargo, al ser estos precursores ácidos grasos esenciales va a depender su aporte a partir de la dieta de la madre. Estos ácidos grasos se van a transformar en ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, por sus siglas en inglés (LC-PUFA's) (Long-chain polyunsaturated fatty acids) como lo es ácido docosahexaenoico (ADH; 22:6n-3) de la serie n-3, que es de suma importancia para el desarrollo estructural y funcional de los sistemas visual-sensorial, perceptual y cognitivo del lactante; el ácido araquidónico (AA; 20:4n-6), de la serie n-6 y el ácido ecosapentaenoico (EPA; 20:5n-3) de la serie n-3 participa como sustrato en la síntesis de eicosanoides como las prostaglandinas, los leucotrienos y tromboxanos, que regulan las respuestas inflamatoria e inmune al activar la proliferación de linfocitos, células asesinas, la producción de citocinas y de inmunoglobulina E (IgE) en las células inflamatorias (García-López, 2011).

La proteína más abundante en la leche humana es la α -lactoalbúmina, representa el 37 % de total de las seroproteínas, esta proteína actúa como cofactor para la biosíntesis de lactosa, mientras que la lactoferrina tiene la función de unirse al hierro para mejorar su transporte y absorción y representa el 27% de total de seroproteínas, por otro lado, la caseína participa en el transporte de calcio, fósforo y aminoácidos para fines estructurales a nivel celular (García-López, 2011).

La composición de la leche además cumplir un papel esencial en el desarrollo del lactante, establece las bases para los patrones alimentarios posteriores. Durante el crecimiento del lactante, las necesidades nutricionales se modifican, permitiendo la transición natural de la leche como fuente principal de nutrientes a una dieta más variada y adaptada a los requerimientos de cada etapa de vida.

2.6 Patrones alimentarios y calidad de la Dieta

Analizar los patrones alimentarios es esencial para poder determinar la calidad de la dieta de una persona. Un patrón de alimentario está integrado por el consumo habitual de productos que en promedio se ingieren una vez a la semana o bien por alimentos que puedan ser recordados en 24 horas después de su ingesta de forma individual, es decir la forma en que se puede evaluar un patrón alimentario es mediante el uso de herramientas como el Recordatorio de 24 horas (R24H) el cual permite la estimación de la ración de alimentos mediante volúmenes o medidas caseras, para ser cuantificados mediante el uso de tabla de composición de alimentos con la finalidad de conocer el aporte de energía y los nutrimentos de la ingesta de un día. También mediante los cuestionarios de frecuencia del consumo de alimentos a través de una lista cerrada de alimentos con la que se cuestiona su consumo ya sea de manera diaria, semanal o mensual (Galán Ramírez, 2021).

El patrón alimentario se ve marcado, dependiendo el país, la región, la cultura, sus costumbres y tradiciones; en México los alimentos que caracterizan la dieta de las familias mexicanas son principalmente el maíz, los frijoles, chile, jitomate y cebolla, junto con el consumo de algunas hierbas y condimentos (Galán Ramírez, 2021).

En la literatura se han descrito diferentes metodologías que evalúan la calidad global de la dieta, una de ellas es, el índice de alimentación saludable por sus siglas en inglés HEI-2015 (Healthy Eating Index) que es una herramienta diseñada de acuerdo a las recomendaciones de las guías alimentarias americana, que permite medir la calidad de la dieta, donde se evalúa 13 componentes que engloba alimentos que deben consumirse en mayor cantidad como frutas, verduras, cereales enteros, lácteos, proteínas blancas y mariscos, oleaginosas leguminosas, ácidos grasos. Además, engloba alimentos cuyo consumo debe ser limitado como cereales refinados, grasas saturadas, azúcares añadidos, carnes rojas y bebidas azucaradas altas en sodio. A cada componente se le asigna un puntaje con una escala de 0-5 puntos para el caso de frutas y verduras y de 5-10 puntos para los demás componentes. La suma de los 13 componentes permite la clasificación de la alimentación en tres categorías: saludable si la puntuación es mayor a 80, necesita cambios si obtiene una puntuación se encuentra entre 51-80 y poco saludable si la puntuación es <50 puntos (Krebs-Smith et al., 2018).

Actualmente con base a la metodología del HEI-2015, se diseñó el Índice de Alimentación Saludable para la población española (IASSE), esta herramienta es similar al HEI-2015, con adaptaciones en sus variables de grupos de alimentos que son consumidos más frecuentes en España (Norte Navarro & Ortiz Moncada, 2011).

En un artículo del 2017, sobre un estudio epidemiológico observacional transversal realizado en las Unidades de Estrategia de Salud Familiar (ESF), ubicadas en el área urbana de la ciudad de Diamantina, en el Alto del Vale del Jequitinhonha, Minas Gerais, en Brasil, llevado a cabo en el período de agosto de 2014 hasta diciembre de 2015, con el objetivo de evaluar la calidad global de la dieta de las mujeres lactantes utilizando como instrumento el Índice de Alimentación Saludable adaptado para población de Brasil; participaron 106 mujeres, con rango de edad predominante entre 20 hasta 29 años de edad. Para la recolección de datos se les aplicó a las participantes un cuestionario de historia clínica y se aplicó de un recordatorio de 24 horas; se utilizó el software AVANUTRI® versión 3 para análisis de la composición nutricional de la dieta de cada mamá. Respecto a los resultados, el grupo de alimentos que

tuvieron menor puntuación en la dieta de las madres fueron las fruta enteras, cereal integral y leche y derivados, mientras que el grupo de los vegetales verdes oscuros y anaranjados, carne, huevos y leguminosas, aceite y grasa saturada, se observó una mayor ingesta por parte de las madres brasileñas (Ferreira Freitas et al., 2018).

En México en el 2015 se realizó un estudio de cohorte, observacional, analítico, en las instalaciones de Universidad Juárez Autónoma de Tabasco con el objetivo de evaluar la calidad de la dieta de estudiantes de nuevo ingreso en donde participaron 3,559 estudiantes (2,257 mujeres y 1,725 hombres) con un rango de edad 18 a 21 años. Como herramienta para la recolección de datos se utilizó un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos y para el análisis del consumo dietético se construyeron 10 variables con base al Índice de Alimentación Saludable de la Población Española, observando como resultados una disminución en el consumo de cereales integrales, verduras y frutas, y un incremento de alimentos con elevado aporte de azúcares, grasas saturadas, embutidos, cereales refinados y comida rápida, de manera que los puntajes del Índice de Alimentación Saludable de la población analizada fueron 80.2% en la categoría “poco saludable”, 19.7% en “necesita cambios” y 0.1% en “saludable” es decir más de la mitad de la población estudiantil presenta patrones alimentarios no adecuados ni saludables (Muñoz-Cano et al., 2015).

Así mismo también en México existe el primer estudio que adaptó la herramienta AHEI-10P por sus siglas en inglés (The Alternate Healthy Eating Index-2010 for pregnancy) para utilizarlo en mujeres mexicanas embarazadas, demostrando que un puntaje alto en su calidad de la dieta está asociada a un menor riesgo de enfermedades crónicas, y beneficios perinatales (Reyes-López et al., 2021).

2.7 Alimentación de la mujer lactante

El Proyecto de investigación de Nutrición Temprana en donde colaboran personal de investigación de 36 instituciones de la Unión Europea, los Estados Unidos y Australia, recomiendan a las mujeres lactantes llevar a cabo una dieta balanceada con ingesta necesarias de nutrimentos y a su vez promueva la reducción de peso posparto (Koletzko et al., 2019).

Es importante mencionar que la alimentación materna antes y durante el período de lactancia afecta o beneficia tanto a la madre como al suministro de nutrientes dirigidos hacia el lactante a través de la leche materna, un ejemplo claro son los resultados de los estudios en donde se demuestra una relación entre la ingesta de pescados ricos en ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) y la elevada en cantidad de DHA presente en la leche materna (Koletzko et al., 2019).

De acuerdo a las Guías Alimentarias para Americanos 2020-2025 se recomienda la cantidad diaria de cada grupo de alimentos durante el periodo de embarazo y lactancia los cuales corresponde al consumo de 2.5 a 3.5 porciones de verduras al día , de 1.5 a 2.5 porciones de frutas, cereales de 6 a 10 porciones, lácteos 3 porciones al día, proteína de origen animal y vegetal de 5 a 7 porciones, aceites y grasas un consumo no mayor de 36 gramos al día con una ingesta calórica total aproximada de 1800 a 2800 kcal diarias(Snetselaar et al., 2021).

En relación a la carga energética para los primeros 6 meses de lactancia la guía recomienda añadir 500 kcal extras al requerimiento energético estimado contemplando la energía necesaria para la producción de leche y a su vez restar 170 kcal de su requerimiento energético para la pérdida de peso de la madre, obteniendo como resultado 330 kcal adicionales en los primeros 6 meses para las madres que requieran la pérdida de peso y posterior a eso, en los segundos 6 meses se añade 400 kcal extras a su requerimiento para la producción de leche (Snetselaar et al., 2021).

2.8 Aroma y Sabor

El olfato y el gusto son dos sentidos fundamentales que permiten percibir, distinguir y disfrutar de aromas y sabores no solo en alimentos sino también en el ambiente, y/o entono que nos rodea. Ambos sentidos permiten actuar como mecanismos de defensa, al detectar el sabor amargo de un alimento en descomposición, o identificar el aroma de humo o gas de un lugar. El olfato además de captar moléculas volátiles presentes en alimentos, trabaja de manera simultánea con el sentido del gusto, ya que mediante la saliva se disuelve los compuestos hidrosolubles del alimento, liberando compuestos volátiles, desempeñando así

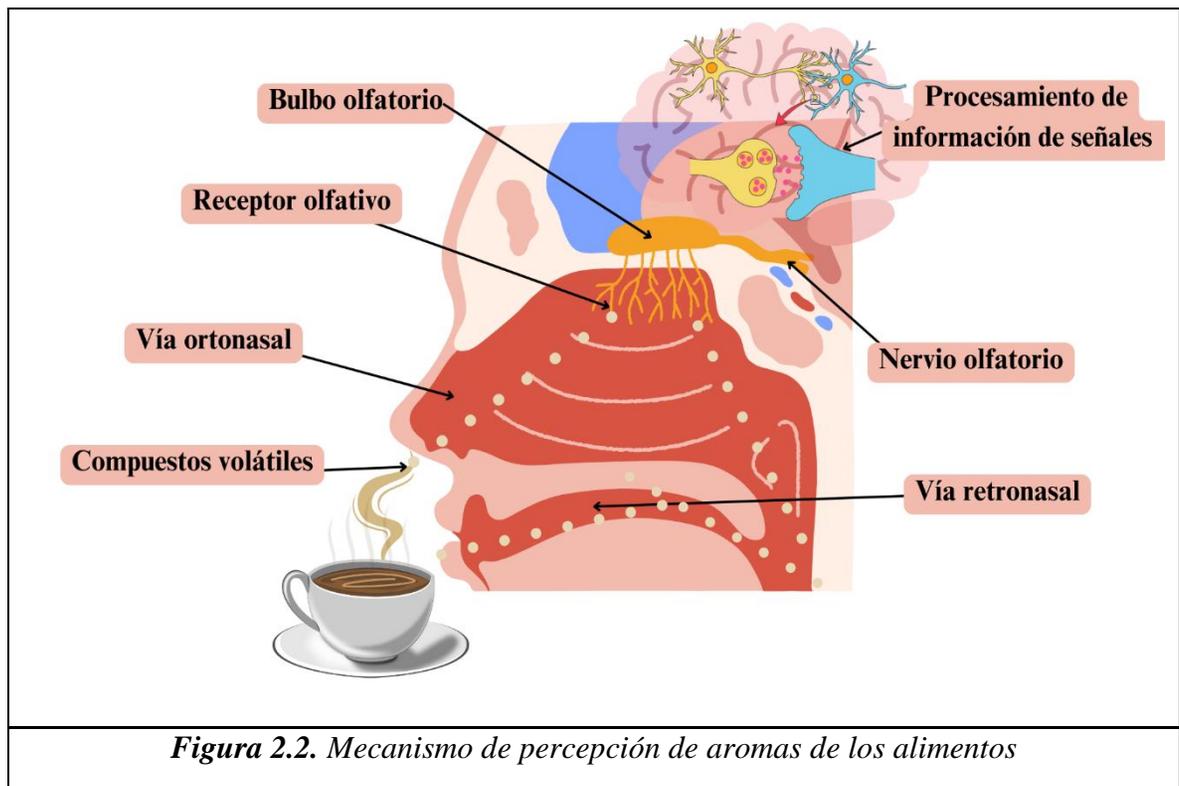
una experiencia sensorial completa mientras comemos. Entre los sabores básicos que el sentido del gusto puede detectar son: dulce, salado, ácido, amargo y umami (Fernández Andrade et al., 2021).

2.8.1 Aroma y sabor de los alimentos

El aroma y sabor de un alimento es el efecto del mecanismo multisensorial donde participan los sistemas gustativo, olfativo y somatosensorial, siendo este último el sistema responsable que permite entender el panorama que rodea a la persona, ya que actúa como un sensor a través de un estímulo (por ejemplo como tocar un objeto) que facilita al individuo sentirlo, detectar su temperatura (si se encuentra caliente o frío), y percibir el dolor (como mecanismo de protección) permitiendo identificar la parte del cuerpo que no se encuentre bien, para su cuidado. A su vez gracias a este sistema podemos saber dónde se encuentran nuestras partes del cuerpo e identificar cómo se están moviendo, incluso sin verlas, a esto se le conoce como propiocepción. Los compuestos volátiles llegan al epitelio olfatorio a través de dos rutas: oronasal mediante las fosas nasales y retronasal a través de la nasofaringe, en donde las moléculas del sabor son percibidas en la intersección entre las membranas mucosas de la cavidad oral y nasal; es decir cuando la molécula del compuesto volátil se une a un receptor olfativo, desencadena un señal eléctrica que viaja a lo largo de células nerviosas, conocidas como neuronas olfativas que se encuentran ubicadas en la mucosa olfativa, de la parte superior de la cavidad nasal, posteriormente el cerebro es el encargado de recibir las señales neuronales en el bulbo olfativo, zona donde procesa la información y envían los mensajes de sabor a otras áreas del cerebro (límbico) para generar un procesamiento emocional y de memoria de sabor (Figura 2.2) (Regueiro et al., 2017). La llegada del aroma de forma retronasal está relacionada con la captación del sabor de alimentos consumidos en ese momento, mientras que de manera oronasal está asociada a la identificación de sabores previos al consumo de alimentos (Yin et al., 2017).

Para impulsar las señales a los receptores olfativos, los aromas deben ser volátiles e hidrofóbicos, esto con la finalidad de que puedan introducirse en las capas circundantes e interactuar con las neuronas olfativas. En los alimentos la cantidad de sustancias volátiles es extremadamente baja, por lo general solo de 1 a 50 mg/kg, no obstante, puede aumentar

el número de compuestos volátiles, dependiendo si el alimento es sometido a procesos térmicos y/o de fermentación, por ejemplo, el café o el cacao, pueden llegar a contener más de 800 compuestos volátiles (Regueiro et al., 2017).



2.8.2 Aroma y sabor en las primeras etapas de vida.

La dieta de la madre transfiere las sustancias volátiles dietéticas al líquido amniótico y la leche materna, lo que permite al bebé, desde esta etapa de su vida, empezar a experimentar y familiarizarse con los primeros aromas y sabores. A lo largo de los primeros 4 meses de vida, la lactancia materna atribuye una mayor aceptación de estos alimentos, especialmente cuando son parte de la dieta de la madre, es decir mientras más variada sea la dieta de la madre durante la lactancia, más variado será el sabor de su leche; existe evidencia en donde demuestran que los niños que fueron amamantados con leche materna están más dispuestos a probar nuevos alimentos en comparación con los niños alimentados con fórmula. También se ha visto que, durante la alimentación complementaria, cuando se introducen alimentos sólidos en la dieta del bebé, la preferencia de sabor de la leche materna sigue siendo una parte

importante en su dieta, esto se debe a que la leche materna permite al bebé exponerse a variedad sabores que favorece un desarrollo más amplio y diverso de sus preferencias alimentarias. Por lo que se recomienda una exposición temprana a distintos sabores a través de la leche materna que permita a los bebés aceptar una amplia variedad de alimentos sólidos con diferentes sabores durante esta etapa (Mastorakou et al., 2019).

2.8.3 Aroma y sabor de la leche materna

De acuerdo con un estudio realizado en Países Bajos por la Universidad de Wageningen en la División de Nutrición Humana, determinaron las características sensoriales de muestras de leche humana antes y después de amamantar, buscaron establecer relaciones entre las propiedades sensoriales y la composición de las muestras de leche humana, y evaluaron la relación entre el sabor amargo de la dieta materna y la leche humana. En el estudio participaron 22 madres lactantes, las cuales recibieron capacitación sobre la clasificación de la intensidad de los atributos sensoriales para poder describir la percepción de su leche, así mismo las madres mantuvieron un diario de alimentos de 24 horas seguido de una autoevaluación sensorial de sus leches en los momentos anteriores y posteriores de amamantar.

A partir de la autoevaluación sensorial de ambas leches, las madres describieron un olor neutro, cremoso, dulce y/o amargo. Además de describir el sabor, describieron también la sensación en la boca como fina, acuosa, suave y grasosa. Así mismo mediante un analizador MIRIS (MIRIS Human Milk Analyzer, Mid-IR, Up) el cual consiste una espectroscopía de transmisión por medio de un análisis infrarrojo medio, el cual determinó la cantidad del contenido de grasas, hidratos de carbono, proteínas totales, y aporte de energía de las muestras de las leches en donde se obtuvieron los siguientes resultados; no existió diferencia significativa respecto al dulzor en ambas leches siendo equivalente a 1,53 gramos de sacarosa/100 ml. Sin embargo, se observó que la primera leche antes de amamantar fue significativamente menos cremosa, menos grasa, más delgada, más acuosa y con menos intensidad de sabor a vainilla que la leche posterior. También se encontró una correlación

positiva con el contenido de hidratos de carbono de la leche humana con el dulzor y con contenido de ácido glutámico con umami (Mastorakou et al., 2019).

En un estudio implementado por el Departamento de Enfermería e Instituto de Ciencias de la Salud Afines, de Facultad de Medicina, Universidad Nacional Cheng Kung, del sur del Taiwan se obtuvieron muestras con 150 ml de leche materna de 10 madres con bebés a término, las cuales fueron almacenadas en bolsas de leche de polietileno estériles y refrigeradas inmediatamente después de ser extraídas. Las muestras fueron transportadas al laboratorio en un enfriador aislado con paquetes de hielo a temperatura de 4°C - 6°C. Cada muestra se separó en 3 viales de vidrio con 50 ml cada una, la muestra fresca fue refrigerada por menos de 24 horas para ser analizada, la segunda muestra fue congelada por 7 días y la tercera muestra se congeló por 30 días, ambas muestras fueron congeladas y almacenadas en el área trasera de un refrigerador doméstico típico con un rango de temperatura de -15°C a -18°C, para el análisis de ambas muestras transcurrido su periodo de congelación se descongelaron completamente en el refrigerador por aproximadamente 24 horas. Después, con el fin de establecer el valor ácido de las muestras (AV) como indicador de rancidez de la leche, se extrajo la grasa de la leche a través el método de Rose Gottlieb, después se usó una mezcla de éter etílico y etanol (1:1, v/v) para disolverla, luego se agregaron dos gotas de fenolftaleína al 1 % como indicador colorimétrico. Después, la mezcla se tituló con una solución de hidróxido de potasio (KOH) en etanol, una vez que se observó un color rosado durante al menos 10 segundos, se registró el volumen de KOH usado. Posteriormente se utilizó la cromatografía de gases, para determinar y cuantificar los ácidos grasos libres totales y los ácidos grasos volátiles de cadena corta e intermedia en las muestras de leche materna. Como resultados obtenidos se encontró un valor de acidez (AV) en la leche fresca 1.43 ± 0.81 mg KOH/g de grasa, en la leche congelada por 7 días fue de 2.52 ± 0.44 mg KOH/g de grasa, y en la leche congelada por 30 días fue de 5.26 ± 1.99 mg KOH/g de grasa. En cuanto a los ácidos grasos libres (FFAs), en la leche fresca fue de 6.74 ± 3.64 mg/g de grasa, en la leche congelada por 7 días fue de 12.03 ± 1.90 mg/g de grasa, y en la leche congelada por 30 días fue de 24.41 ± 9.25 mg/g de grasa. También se detectó dos ácidos grasos libres de cadena media, los cuales fueron ácido caproico (C10:0) y ácido láurico (C12:0). Se encontró que los

niveles de ácido láurico (C12:0) en las muestras congeladas de 30 días fueron significativamente más altos que en las muestras frescas ($Z = 2,803$, $p = 0,005$) y en las muestras congeladas de 7 días ($Z = 2,293$, $p = 0,022$). Y a su vez la concentración de ácido caproico (C10:0) en la muestra congelada de 30 días fue significativamente mayor que en la muestra fresca ($Z = 2,599$, $p = 0,009$). De manera que a partir de este estudio se encontró que la lipólisis en la leche materna desencadena la liberación los ácidos grasos libres que aumentan significativamente con el tiempo de almacenamiento congelado, lo que desencadena el sabor rancio de la leche. Por lo tanto se recomienda que las madres proporcionen leche recién extraída siempre que sea posible o utilicen leche materna congelada por menos de 7 días para evitar el desarrollo del sabor rancio, al mismo tiempo es importante destacar la importancia de mantener la calidad de la leche materna para la nutrición infantil y se sugiere que futuros estudios que permitan desarrollar métodos para ralentizar la lipólisis de la leche materna que mantengan su sabor fresco y aceptable para los bebés (Hung et al., 2018).

2.9 Compuestos volátiles en la leche materna

En un estudio realizado por la Universidad de Auckland, Nueva Zelanda y con la colaboración de la Unidad Neonatal del hospital Middlemore del mismo país, se detectó la presencia de 40 compuestos volátiles en muestras de leche materna de niños prematuros, utilizando el método de microextracción en fase sólida (SPME) por cromatografía de gases y espectrometría de masas. Entre los compuestos del perfil volátil correspondía al grupo de ácidos grasos poliinsaturados, esteroides, compuestos volátiles orgánicos, aldehídos, alcoholes, cetonas, terpenoides entre otros (Tabla 2.1) (Muelbert et al., 2022).

Tabla 2.1. Compuestos volátiles detectados en leche de prematuros	
Clase	Compuesto
Alcoholes	Hidrato de amilén Alcohol terc-amílico 2-Etil-1-butanol Etanol, etil acetato
Aldehídos	Hexanal Butanal,3-metil-octanal Pentanal,3-metil Formaldehido Pentanal Ciclohexano Caboxaldehido
Ácidos grasos poliinsaturados y esterres	Ácido octanoico Ácido pentanoico 3-metilo Ácido hexanoico Ácido butanoico Ácido octanoico, éster metílico Ácido decanoico, éster metílico Ácido hexanoico, éster metílico Ácido dodecanoico, éster metílico Ácido butanoico, éster metílico
Cetonas	Acetona 1-hepteno -3-uno Ciclobutanona,2,2,3-trimetil
Compuestos volátiles orgánicos	O-Cimeno Triclorometano Tolueno Clorometano Metano Bromodicloro-metano Dicloronitro Etil benzeno Estireno Benceno
Terpenoides	Eucaliptol D-limoneno Alcanfor Fenchona P-cimeno
Otros: Alquilo Furano Sulfona	Pentano Furan, 2-metoxilo Dimetil sulfonea
<i>Tabla adaptada de Muelbert, M., Galante, L., Alexander, T., Harding, J. E., Pook, C., & Bloomfield, F. H. (2022). Odor-active volatile compounds in preterm breastmilk. Pediatric Research, 91(6). https://doi.org/10.1038/s41390-021-01556-w</i>	

Otro estudio realizado en Universidad de Copenhague, en Dinamarca, con el objetivo de llevar a cabo la caracterización de la composición Volátil de fórmulas infantiles y la leche materna, se encontró la identificación total de 54 volátiles en muestras de leches maternas donadas por parte de 10 madres voluntarias de entre 23 y 34 años. Las principales clases de fracción volátil fueron 17 tipos de aldehídos, 15 variantes de terpenos, 10 alcoholes y 7 cetonas, además la presencia de los terpenos en las muestras de leche, se asoció directamente a la dieta materna, por sus características aromáticas de hierbas, florales, pino y limón, además los terpenos son compuestos aromáticos presentes en variedad de frutas, especias, verduras y bebidas, formados través de plantas y microorganismos, por lo que los seres humanos no pueden sintetizarlos de manera endógena, de manera que la presencia de estos compuestos se originan a partir de la dieta de la madre o mediante el uso de cosméticos o productos de belleza que se absorben en la piel, transmitiéndose directamente a la leche materna (Hausner et al., 2009).

En un artículo de revisión realizado en la universidad de Pavia, Italia, se reportaron estudios en donde a partir de muestras de aliento, heces, leche materna, saliva y orina se identificaron compuestos orgánicos volátiles (COV) donde a su vez fueron utilizados como biomarcadores relacionados a enfermedades gastrointestinales, cáncer de colon y gástrico, obesidad y estado nutricional. Para la identificación y cuantificación COV se utilizó métodos analíticos como la cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) y narices electrónicas; mediante de estos estudio se logró demostrar que el análisis de COV es útil para el monitoreo de enfermedades, al diferenciar el estado activo y de remisión de enfermedades, especialmente en pacientes con cáncer colorrectal con la identificación de biomarcadores metabólicos como el Fenilmetilcarbamato, etilhexanol, y 6-t-butil-2,2,9,9-tetrametil-3,5-decadien-7-ino, y niveles significativamente más altos de 1,1,4,4-tetrametil-2, 5-dimetilen-ciclohexano (Rondanelli et al., 2019).

También a través de esta revisión se encontró la exposición a contaminantes químicos que pueden estar presentes la leche materna; resultados mencionados en el estudio realizado por la División de Ciencias de Laboratorio del Centro Nacional de Salud Ambiental, en Atlanta, en donde se evaluó la presencia de 36 compuestos orgánicos volátiles (COV) en la leche materna de 12 mujeres lactantes, recolectando 3 ml de leche materna 30 días posterior a su parto. La identificación de COV se realizó mediante la metodología de *Microextracción en Fase Sólida* (SPME) y monitorización selectiva de iones por espectrometría de masas. Los autores reportaron que 10 de los 36 COV eran detectables en la mayoría de las muestras, los cuales fueron el m/p-xileno, tolueno, 1,4-diclorobenceno, tetracloroetileno, o-xileno, etilbenceno, estireno, benceno, cloroformo y metil-terc-butil éter; compuestos que a exposiciones prolongadas pueden dañar el sistema nervioso central, riñones e hígado y desencadenar problemas respiratorios de los bebés. Sin embargo, es importante aclarar que la presencia de lípidos propia de la leche materna hace más susceptible a la contaminación de dichos COV mediante el contacto con el aire y los materiales de laboratorio utilizados para la recolección, el almacenamiento y el análisis de muestras, por lo cual son necesarios métodos precisos y adecuados para evaluar la exposición infantil a sustancias químicas. A pesar de ello el evaluar los niveles de COV en la leche ha permitido entender la exposición de los bebés a estas sustancias y conocer los posibles riesgos que representan para su salud (Blount et al., 2010).

La caracterización de un perfil volátil de la leche materna es altamente variable y puede verse afectada por distintos factores como lo es la etapa de lactancia, la forma de alimentación, la dieta de la madre, la suplementación o condición médica de la madre, así como de su estatus socioeconómico, además de contaminantes ambientales, toxinas como el alcohol, o sustancias nocivas (drogas), e inclusive el ritmo cardíaco, ya que puede afectar la circulación de estos compuestos hacia las glándulas mamaria y a su vez el ritmo cardíaco puede estar asociado factores como el estrés, debido a que libera hormonas como el cortisol y adrenalina, alterando la cantidad y calidad de nutrimentos y metabolitos disponibles en la sangre, que por ende modifica la composición de la leche humana (Muelbert et al., 2022).

2.10 Relación de los compuestos volátiles de leche humana con la dieta

En la literatura existe limitada evidencia de estudios que hayan realizado el análisis de compuestos volátiles de la leche humana su relación con la dieta y su calidad.

En revisiones han estudiado la influencia de los forrajes dietéticos en la calidad, composición de ácidos grasos y compuestos volátiles de la leche y en productos lácteos de rumiantes (Elgersma, 2015; Glasser et al., 2008; Jenkins, 1993; Moloney et al., 2014; Shingfield et al., 2013).

Se sabe que los productos lácteos proporcionan vitaminas A y E, pero se ha encontrado en estudios donde la leche de rumiantes que pastan leguminosas y otros pastos a base de hierbas suele contener fenoles, compuestos volátiles en donde la presencia en dietas humanas ha sido benéfica para la prevención de cierto tipos de cáncer (George et al., 2017).

Si bien la composición de ácidos grasos de la leche de rumiantes va a depender de diversos factores como las especies de forrajeras, su variedad, la etapa de rebrote, la relación hoja/tallo, intensidad de luz, el nivel de fertilización con nitrógeno entre otras técnicas de manejo de pastos (Elgersma, 2015), no obstante se ha visto en estudios en vacas que pastan en pastos nativos con mayor biodiversidad botánica, la leche contiene más cantidad de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), menos ácidos grasos saturados y una proporción más baja de omega 6 - omega 3 , en comparación de vacas alimentadas en establos (D'urso et al., 2008). En condiciones montañosas, se ha observado que las vacas que pastan en pastos de especie *Trifolium alpinum*, proporcionan una leche alta en ácidos grasos de cadena larga, insaturados y monoinsaturados, junto con ácidos grasos de cadena impar y ramificada (OBCFA), comparados con la especie de pastos *Festuca nigrescens*, los cuales presentaron en la leche más ácidos grasos de cadena corta y media y ácido linolénico (ALA) a probable consecuencia de los metabolitos secundarios de las plantas (PSM) mismas que podrían inhibir la biohidrogenación de PUFA en el rumiante (Falchero et al., 2010).

De manera que la ingesta de distintas especies forrajeras en rumiantes puede influir en las propiedades sensoriales de la leche, y a su vez la presencia de los ácidos grasos y los metabolitos secundarios de las plantas (PSM) en la leche permite el aumento de compuestos volátiles, desencadenando el sabor característico de los productos lácteos (Cabiddu et al., 2019).

Por otro lado, en el 2008 el departamento de Ciencias de los Alimentos, Centro de Estudios Avanzados sobre Alimentos (LMC), junto con la colaboración de Facultad de Ciencias de la Vida, de la Universidad de Copenhague, Frederiksberg, de Dinamarca, llevó a cabo un estudio en donde se evaluó la transferencia de compuestos de sabor de la dieta de la madre a la leche materna. Participaron 18 madres lactantes que durante 3 días separados fueron suplementados con cuatro cápsulas 100 mg con contenido de l-mentol, d-carvona, trans-anetol y acetato de 3-metilbulito, después de la ingesta del almuerzo. En 3 días de prueba se recolectaron 5 muestras de leche materna con volumen de 10 a 30 ml. Previo a la suplementación de capsulas de sabor se extrajo una muestra de leche de referencia, y posterior a la ingesta se tomaron muestras cada 2,4,6,8hrs. (Hausner et al., 2008).

Se evaluó la concentración de lípidos por el método de crematocrito (Lucas et al., 1978). El contenido de grasa de la leche se estimó mediante ecuaciones de regresión para muestras de leche congelada (Jensen, 1995).

Factores como el índice de masa corporal (IMC) de la madre, el contenido de grasa del almuerzo y la dosis materna de compuestos de sabor (mg/kg/día) se incluyeron en el modelo repetido para examinar posibles interacciones, debido a que el contenido de grasa de la leche se correlaciona con el IMC, así como el contenido de grasa del almuerzo ingerido inmediatamente después de tomar las cápsulas puede afectar la absorción de los compuestos de sabor, ya que la grasa actúa como portadora de terpenos. También la dosis materna de compuestos de sabor por kg de peso corporal se incluyó para ajustar las diferencias en las concentraciones relativas de sabor. Las cantidades totales de compuestos de sabor transferidos a la leche materna se determinó utilizando un ensayo enzimático para liberar los compuestos objetivo de los conjugados glucurónicos. Por lo que el análisis por cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) permitió la búsqueda de otros productos de descomposición volátiles. Entre los resultados se encontró una variación considerada en la concentración de compuestos de sabor en la leche de cada mujer respectivamente de l-mentol, d-carvona y trans-anetol en promedio de concentración en la leche de l-mentol fue de 8.0 µg/L, de d-carvona fue de 10.5 µg/L y de trans-anetol fue de 23.2 µg/L. La dosis ajustada por peso de la madre no influyó en las diferencias en las dosis relativas de compuestos de sabor.

Además, los factores IMC y contenido de grasa del almuerzo no fueron significativos (Hausner et al., 2008).

Este estudio confirmó la transmisión de sabores volátiles de la dieta de la madre a la leche materna; pero en el estudio los volátiles de la dieta se transfirieron selectivamente y en bajas cantidades, también se descubrió que la leche materna es un vehículo de sabor diverso que varía continuamente. Aún se desconoce hasta qué punto los ésteres de frutas y alimentos con sabor a fruta se transfieren a la leche materna. Sin embargo, los terpenos presentes en cítricos, y verduras como, por ejemplo, zanahorias y las especias, contribuyeron al sabor de la leche.

Además, la literatura también ha reportado que el perfil volátil de ácidos grasos de leche humana depende de la dieta materna, a partir de la oxidación enzimática de ácidos grasos insaturados como el ácido oleico, ácido linoleico que desencadenan productos secundarios como: aldehídos, ácidos carboxílicos, ésteres cetonas y alcoholes (López et al., 2020)

En el 2019 Joanne M Spahn junto con colaboradores realizaron un estudio de revisión sistemática enfocado a encontrar la relación entre la dieta materna durante el embarazo y la lactancia en el traspaso de sabores al líquido amniótico y la leche materna, así como la respuesta conductual de los niños y la ingesta dietética de los niños. Identificaron un total de 11 artículos sobre el embarazo y 15 artículos sobre la lactancia, cuyos resultados obtenidos demuestran que los sabores de la dieta materna pueden transferirse al líquido amniótico y la leche materna, lo que influye en las respuestas de los niños a los sabores y potencialmente en su ingesta dietética (Spahn et al., 2019).

En los quince artículos sobre la lactancia que correspondían a estudios casos y controles, y a ensayos controlados aleatorizados realizados en Estados Unidos, Alemania y Dinamarca, demostraron que la dieta durante la lactancia influye en el sabor de su respectiva leche materna. En cada estudio participaron más de 6 mujeres lactantes (6 a 40 participantes), con más de 8 panelistas sensoriales (8 a 13 participantes), a cada madre se les ofreció en un periodo de prueba de 1 a 3 días, alimentos como fruta, 3 gramos de ajo crudo, bebidas (500 ml jugo de zanahoria, jugos de vegetales mixtos, 0.3 gramos de etanol por kilogramo de peso

de cada madre, 950 ml de té de hinojo, anís y alcaravea, 10 mL de extracto de vainilla) y en 3 días separados, 5 cápsulas cada una con 100 mg de sabor de eucalipto, d-carvona (menta verde), l-mentol (menta), alcaravea acetato de 3-metilbutilo (plátano pera) , transanetol (alcaravea, anís, hinojo) y la suplementación de 1000 mg de aceite de atún con 0,3% de vitamina E y 0,3% de aceite de girasol, durante casi 4 meses; dependiendo el estudio la recolección de las muestras de leche fue realizada entre 30 minutos hasta 8 hrs posterior a la ingesta, posteriormente se realizó análisis sensoriales, químicos mediante pruebas enzimáticas de nicotinamida adeninucleótido-alcohol deshidrogenasa, además análisis por cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) comprobando la identificación de sabores como alcohol, ajo, zanahoria, té de hinojo-anís-comino, vainilla, aceite de pescado, alcaravea, menta, fruta, anís y eucalipto presentes en la leche materna. Asimismo, los estudios muestran que las madres que bebieron jugo de zanahoria durante la lactancia sus bebés presentaron una menor presencia de expresiones faciales de desagrado cuando se les dio a probar cereal con sabor a zanahoria en comparación a cereal sin sabor. (Denzer et al., 2015; Mennella & Beauchamp, 1991; Sandgruber et al., 2011; Scheffler et al., 2016).

A través de los estudios se ha demostrado que el sabor de la leche materna dependerá de la dieta de la madre y al mismo tiempo la lactancia materna puede beneficiar a los niños, a desarrollar preferencias alimentarias más saludables a partir de la dieta materna siento esta variable, completa y suficiente a sus necesidades.

III.HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

La caracterización del aroma y sabor de la leche humana madura, tiene relación con la dieta de la madre.

IV.OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Identificar los principales compuestos volátiles de aroma y sabor presentes en la leche humana madura y determinar su relación con la dieta de la madre.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar los principales compuestos volátiles de aroma y sabor presentes en la leche humana madura.
- Identificar las características de la dieta de la madre, a través de la realización de R24H y frecuencia de consumo de alimentos.
- Determinar la calidad de la dieta de la madre con el HEI-2015
- Determinar la relación que existe entre el perfil de compuestos volátiles de la leche humana madura con el patrón alimentario y la calidad de la dieta de la madre.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Tipo de estudio.

Se realizó un estudio transversal, descriptivo y de correlación.

5.2 Población de estudio y ubicación espacio-temporal.

Se llevó a cabo un muestreo por conveniencia no probabilístico. En el estudio participaron 21 mujeres de edad entre 18 y 45 años, con bebés lactantes de 1 a 36 meses de edad, que acudieron al Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer de Qro. en Banco de Leche, o que asistieron a la clínica de nutrición FCN, UAQ y que fueron atendidas en la sala de lactancia.

Se realizaron los procedimientos administrativos correspondientes para llevar a cabo las labores de reclutamiento en el Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer del Estado de Querétaro. (ANEXO 2 carta de autorización)

En caso de no poder asistir a ninguna de las instalaciones, se realizaron visitas domiciliarias a las mamás contactadas. A partir del mes de octubre del 2022 hasta el mes de junio 2023 se reclutaron las muestras de leche madura de cada mamá por triplicando, obteniendo 63 viales por analizar. El análisis de las muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación en Sabores y Fragancias, CICATA, IPN.

5.3 Criterios de selección.

5.3.1 Criterios de inclusión.

- Mujeres con edad entre 18 a 45 años, clínicamente sanas con niños a término lactantes a partir del mes de edad
- Que hayan aceptado participar en el estudio y que hayan firmado el consentimiento informado.

5.3.2 Criterios de exclusión

- Mujeres con alguna enfermedad crónica no transmisible como diabetes mellitus, hiperlipidemia familiar, enfermedad crónica debilitante, etc.

- Mujeres que no gocen de sus plenas facultades mentales.
- Que hayan tenido anemia al momento del estudio.
- Haber tenido terapia con medicamento en los últimos siete días anteriores al estudio.
- Que consumieran algún complemento o suplemento herbolario al momento del estudio.
- Que hayan consumido en el último mes alguna sustancia nociva como cocaína, anfetamina, marihuana y heroína
- Que no desearon participar en el estudio.
- Que hayan recibido algún tratamiento hormonal durante las últimas tres semanas.
- Que hayan presentado algún problema grave de salud o con algún padecimiento infeccioso.

5.3.3 Criterios de eliminación

- Que durante el estudio presentaron alguno de los elementos de criterios de exclusión.
- Que la madre decidió haber abandonado el estudio.
- Que no se haya contado con los datos completos de los participantes.
- Que haya proporcionado información falsa.
- Que no se haya completado la muestra de leche de la madre.

5.4 Variables de medición

Clasificación / rol	Nombre	Descripción	Unidades	Código	Tipo
<u>Variables de identificación</u>	Folio	Número de identificación			
	Currentd	Fecha			Continua
<u>Variables descriptivas de las madres</u>	Edad madre	Edad	años		Continua
	No. Gestas	Número de hijos			Discreta
	Peso	Cantidad de kg que posee un cuerpo	Kg		Continua
<u>Variables descriptivas de las madres</u>	Talla	Estatura	m		Continua
	IMC	Índice de masa corporal	Kg/m ²		Continua
	Clasificación de IMC	Evaluación de la adecuación del peso corporal		1.Bajo peso 2.Normal 3.Sobrepeso 4.Obesidad	Categórica
	Edo. Civil	Estado Civil		1-Casada 2-Soltera 3-Unión Libre	Categórica
<u>Variables descriptivas de los lactantes</u>	Sexo lactante	Sexo		1-Femenino / 0-masculino	Categórica
	Edad lactante	Edad actual	meses		Continua

Clasificación / rol	Nombre	Descripción	Unidades	Código	Tipo
Variables descriptivas de los lactantes	Talla	Talla	cm		Continua
Variables Antropométricas en el bebé (descriptivas)	Peso	Peso	kg		Continua
	Cir. Cefálica	Circunferencia cefálica	cm		Continua
	CB	Circunferencia Braquial	cm		Continua
	PCT	Pliegue tricípital	mm		Continua
	T/E	Talla para la edad	DS		Continua
	P/E	Peso para la edad	DS		Continua
	P/T	Peso para la talla	DS		Continua
Variables de identificación de compuestos volátiles	Compuestos	Compuestos volátiles identificados	ppm		Cuantitativa
	Clase	Grupo al que pertenece el compuesto	Grupo químico		Categorica
Variables de identificación de compuestos volátiles	% De presencia de muestra	Porcentaje de presencia de compuestos en las muestras	%		Continua
	TR	Tiempo de retención			Continua
	ARM	Área relativa media			Continua

Clasificación / rol	Nombre	Descripción	Unidades	Código	Tipo
Variables Dietéticas (independientes)	Tipo de alimentación	Tipo de alimentación del lactante		1-LM Exclusiva 0-LM mixta	Categórica
	Gramaje total de alimentos por grupo	Sumatoria de gramos de alimentos totales por grupo	gr		Continua
	Gramaje total de alimentos	Sumatoria total de gramos por alimentos	gr		Continua
	Distribución de macronutrientes y aporte energético	Porcentaje del consumo promedio de proteínas, lípidos e hidratos de carbono y aporte energético, promedio obtenido de de la suma de macronutrientes	% kcal		continua
	Calidad de la dieta	Tipo de calidad de la dieta a partir de frecuencia de consumo de alimentos	Puntaje 1->80 2- 79-51 3- <50	1-saludable 2-necesita cambios 3- poco saludable	Categórica

5.5 Procedimientos

5.5.1 Reclutamiento

El trabajo de reclutamiento se realizó desde octubre del 2022 hasta junio del 2023. Se invitó a 48 madres con lactantes de 6 meses de edad que previamente habían participado y donado muestras de calostro en un estudio donde se caracterizó el perfil de compuestos volátiles asociado al aroma y sabor del calostro humano y su relación con la dieta materna. Se les indicó que nuevamente acudieran las madres junto con sus bebés al Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer, en el área de banco de leche. De las 48 madres solo 7 mamás desearon volver a participar; de esas mismas mamás, solo 3 volvieron acudir al hospital, mientras que a 4 mamás se les realizó una visita a sus domicilios. Sin embargo, al no completar la muestra deseada del grupo inicial de madres, se decidió reclutar a un nuevo grupo de mamás con bebés de 1 a 24 meses de edad con la misma invitación de acudir al Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer, a la Clínica de Nutrición de la UAQ campus Juriquilla en la sala de lactancia y en caso de no pudieran asistir a ninguna de las instalaciones previamente mencionadas, se les dio la opción de poder visitarlas a su domicilio para su participación. Aquellas madres que cumplieron con los criterios de inclusión se les explico el objetivo del proyecto, así como todo el procedimiento que se iba a llevar a cabo. Toda mamá que aceptó participar se les solicitó su firma en el consentimiento informado (ANEXO 3). En este nuevo reclutamiento se obtuvo la participación 14 mamás. En la ciudad de Querétaro se realizó visitas domiciliarias a 4 madres, una mamá asistió a la clínica de nutrición FCN, UAQ donde fue atendida en la sala de lactancia y por su parte en la ciudad de Celaya, Gto se llevaron a cabo visitas a domicilio a 9 mamás. Finalmente se obtuvo la participación de 21 madre, incluidas las 7 mamás del inicio del estudio.

5.5.2 Aplicación de encuestas

Se aplicaron los siguientes cuestionarios:

Cuestionarios dietéticos. Se aplicó un Cuestionario de recordatorio de 24 horas (CR24H) que correspondió a algún día entre semana, que consiste en preguntar el tiempo de comida, hora, lugar de consumo, nombre de la preparación de alimentos/bebidas, al alimento descrito de forma específica, la categoría a la que pertenece el alimento, la cantidad y su unidad de

medida (taza, pieza, cucharada), así mismo, se llevó a cabo un cuestionario de frecuencia de consumo alimentos, el cual estuvo organizado por grupo de alimentos (Verduras y leguminosas, frutas, cereales y similares, proteína, lácteos, aceites y grasas, dulces y pasteles, especias y condimentos) se interrogó de acuerdo a cada alimento clasificado, el número de días que lo consume a la semana, y posteriormente se preguntó la porción que consume el alimento (ANEXO 4).

Así mismo a partir del cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos se evaluó la calidad de la Dieta por el Healthy Eating Index 2015 (HEI-2015), en el cual se evaluó los 13 componentes el cual se consideró alimentos que deben consumirse en mayor cantidad como frutas (≥ 1.6 tazas/2000 kcal), verduras (≥ 2.2 tazas/ 2000 kcal), cereales enteros (≥ 3 onzas/ 2000 kcal), lácteos (≥ 2.6 tazas/2000kcal), proteínas blancas y mariscos (≥ 1.7 onzas/2000 kcal), oleaginosas y ácidos grasos (relación de > 2.5 el cual corresponde la suma del gramaje de ácidos grasos mono y poli insaturados dividido entre el gramaje total de grasas saturadas), leguminosas (≥ 0.4 tazas/2000kcal). Y alimentos de consumo limitados como cereales refinados (≤ 3.6 onzas/2000 kcal), grasas saturadas ($< 7\%$ de calorías totales), azúcares añadidos ($\leq 6.5\%$ calorías totales), carnes rojas (≤ 5 onzas) y bebidas azucaradas altas en sodio ($< 10\%$ calorías totales), a cada componente se le asignó un puntaje con una escala de 0-5 puntos para el caso de frutas y verduras junto con una escala de 5-10 puntos para los demás componentes. Al final se sumaron el puntaje de cada componente y el puntaje total determinó la calidad de la dieta de las madres participantes.

5.5.3 Toma de medidas antropométricas

Se tomó peso y la talla en la madre por medición a media brazada, así como longitud, peso, pliegue tricípital, circunferencia de brazo y perímetro cefálico en el bebé utilizando cinta métrica, plicómetro, báscula digital e infantómetro como equipo antropométrico.

Para la toma de peso y talla de la madre, se pidió que subiera a la báscula digital descalza, sin zapatos ni calcetines, en posición erguida, mirada al frente y sin ningún objeto metálico que pueda interferir con la señal de la báscula. Después se midió la longitud el brazo extendido derecho de la madre desde el hueco del esternón hasta la punta del dedo medio para aproximar su talla.

Para las mediciones antropométricas del bebé, se le pidió a la madre retirar la mayor ropa posible a su bebé incluyendo el pañal. El bebé fue colocado sobre la bandeja de báscula digital especial para neonatos, cuidando que todo su cuerpo permanezca dentro y distribuido de manera uniforme sobre el centro de esta con la finalidad de obtener su peso.

La longitud fue tomada con un infantómetro, en donde el bebé permaneció en posición boca arriba con cuerpo en posición recta, brazos a los costados y cabeza alineada tocando la base fija del infantómetro, se extendió las piernas del neonato ejerciendo una leve fuerza sobre sus talones para poder formar un ángulo de 90° en sus pies y con la base móvil del equipo tomar su longitud.

El perímetro cefálico se midió considerando el punto máximo de la cabeza y el entrecejo del bebé. Para la circunferencia de brazo se colocará el brazo izquierdo en un ángulo de 90° pegado al tronco y se identificará el punto medio de su brazo para realizar la medición rodeando el contorno del brazo izquierdo sin ejercer presión, en estas dos mediciones se realizó mediante el uso de cinta métrica.

Para la toma de medición del pliegue tricípital el brazo del bebé se encontró ligeramente flexionado, se tomó con el dedo pulgar e índice un centímetro por arriba de la marca del punto medio previamente tomado y se colocó el plicómetro justo sobre la marca, se esperó unos segundos a que el plicómetro se estabilice para tomar la lectura de medición.

5.5.4 Recolección de muestras de la leche materna.

Se solicitó a la madre que recolectara una muestra de leche materna a un volumen de 5 ml (5000 µL) por extracción manual de acuerdo con los lineamientos que marca la OMS, Durante el momento de la extracción hubo una persona calificada en el tema y promotora de la lactancia materna.

Luego de recolectada, la muestra fue agitada manualmente durante 2 minutos y se envasó en tres alícuotas, cada una de 5 mL en viales de vidrio ámbar de 40 ml de capacidad de volumen (I-Chem, New Castle, DE) con la finalidad de preservarlas y protegerlas de la luz. Fueron

guardadas inmediatamente en una hielera con hielo seco para ser transportada al laboratorio de Investigación en Sabores y Fragancias CICATA, IPN donde fueron almacenadas en ultracongelador (-80°C) para su posterior análisis.

5.6 Determinaciones Químicas. Análisis de muestras de leche materna

La caracterización del perfil de compuestos volátiles relacionados al aroma y sabor de la leche se llevó a cabo empleando Cromatografía de Gases acoplada a Detección por Espectrometría de Masas (GC-MS), como a continuación se explica, llevándose a cabo este proceso en el laboratorio de Investigación en Sabores y Fragancias ubicado en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Querétaro, a cargo del Dr. Pedro Alberto Vázquez Landaverde.

5.6.1 Extracción de compuestos volátiles relacionados al aroma y sabor de la leche materna

La metodología de extracción de los compuestos volátiles relacionados al aroma y sabor presentes en la leche materna, se realizó en base a la metodología reportada por Vázquez-Landaverde y colaboradores (Vazquez-Landaverde et al., 2005), empleando la técnica de microextracción en fase sólida (SPME, solid phase microextraction). Se utilizó una fibra de divinilbenceno / carboxeno / polidimetilsiloxano de 2 cm 50/30 µm (Supelco Co., Bellefonte, PA). La fibra se acondicionó en un puerto de inyección del cromatógrafo de gases a 270°C durante 1 h antes de su uso. Se colocó los 5 mL de leche materna previamente envasados en un vial ámbar (I-Chem, New Castle, DE) con un septum de politetrafluoroetileno. Las muestras se equilibraron (5 min) en un baño de agua termostático a 270°C con agitación constante. Después del equilibrio, la fibra SPME se expuso al espacio de cabeza para la extracción de volátiles y luego se desorbió en el puerto de inyección de GC a 250°C durante 8 min. Todas las muestras se analizaron por triplicado con la misma fibra previamente limpia.

5.6.2 Caracterización del perfil volátil relacionado al aroma y sabor de la leche materna

La determinación del perfil de compuestos odorantes y sápidos se realizó de acuerdo con la metodología de Vázquez-Landaverde et al. (Vazquez-Landaverde et al., 2005). El equipo fue

un cromatógrafo de gases Agilent 6890 equipado con un detector analizador de masas cuadrupolo 5973 (Agilent Technologies, Inc., Wilmington, DE). La fibra SPME se expuso al espacio de cabeza con 5ml de leche materna en un vial de vidrio ámbar de 40 ml durante 3 h a 35°C y luego se insertó en el puerto de inyección del equipo durante 5 min en condiciones splitless. Se utilizó una columna capilar DB-5 (30 m × 0,32 mm di, 1 µm de espesor de película; J&W Scientific, Folsom, CA) para lograr la separación cromatográfica. La temperatura del horno se mantuvo a 35°C durante 8 min, se aumentó a 150°C a una velocidad de 4 ° C/min, luego se incrementó a 230°C a una velocidad de 20 ° C/min y finalmente se mantuvo a 230°C durante 20 min. Se utilizó helio como gas portador a 2,5 mL/min. Las temperaturas del inyector, la línea de transferencia del detector y la fuente de iones fue de 250, 280 y 230 C, respectivamente. Se utilizó ionización por impacto de electrones a un voltaje de 70 eV y se recogió un rango de m/z de 35 a 350 a 4,51 barridos/s. El control del instrumento y el análisis de datos se realizó utilizando el software ChemStation mejorado (Agilent Technologies, Inc.). La identificación de los compuestos volátiles en la leche materna se logró utilizando la biblioteca del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, Gaithersburgh, MD, EE. UU.) instalada como parte del equipo del Espectrómetro de masas.

5.7 Análisis de datos

Se llevó a cabo un análisis descriptivo y de relación. Los patrones alimentarios de la dieta de las madres participantes, se analizaron mediante el uso del cuestionario de R24H y frecuencia de consumo de alimentos descritos anteriormente, así mismo se evaluó su calidad de la dieta utilizando como instrumento la escala HEI-2015. Se realizó una estandarización y simplificación de los datos mediante el uso del Análisis de componentes principales (PCA) utilizando el software RStudio, tomando en cuenta los valores de la dimensión 1 y dimensión 2, con la finalidad de encontrar las asociaciones entre la dieta y su calidad de las madres con la caracterización del perfil volátil de la leche materna. Dado que no se encontraron métodos aceptados en la literatura que evalué la similitud dietética, se optó por desarrollar de un índice de similitud que toma en cuenta la proporción entre alimentos compartidos y no compartidos entre los individuos, con base a lo reportado en el cuestionario de recordatorio de 24 horas.

El índice de similitud de las dietas se determinó entre parejas de madres participantes cuyo perfil aromático fue muy semejante o muy diferente; para el cálculo se tomó en cuenta el número de alimentos que en su totalidad compartieron en común, dividido entre el número de alimentos que no coincidieron en su dieta.

5.8 Consideraciones éticas

Todos los procedimientos se llevaron a cabo en base a lineamientos éticos establecidos por el Dictamen Comité de Bioética 68FCN2021 de la Facultad de Ciencias Naturales. Este proyecto no presentó riesgos a las madres ni a terceros. Aquellas madres que cumplan con los criterios de inclusión se les invitó a participar explicando el objetivo del proyecto, así como todo el procedimiento y se les solicitó que, si desean participar, firmen el consentimiento informado. Toda la información obtenida de cada participante y cada muestra se resguardará con estricta confidencialidad y se utilizará exclusivamente para fines estadísticos y de investigación. En los reportes, no se reveló el dato de ninguna participante y los expedientes se manejaron a través de un número de folio. El manejo de los residuos para su desecho se realizó de acuerdo con la norma NOM-087-ECOL-SSA1-2002 sobre el manejo de Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos.

En paralelo al reclutamiento, se promovió e incentivó la lactancia materna de manera exclusiva durante los primeros seis meses de vida y la continuación de la lactancia hasta al menos el segundo año de vida en conjunto con la alimentación complementaria, de acuerdo con las recomendaciones de la OMS, a través de asesoría individual y apoyo visual de alimentación complementaria (ANEXO 5). Se ofreció también una valoración del estado nutricional de la madre y su bebé y se entregó los resultados de dicha evaluación. (ANEXO 6).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Descripción de la población.

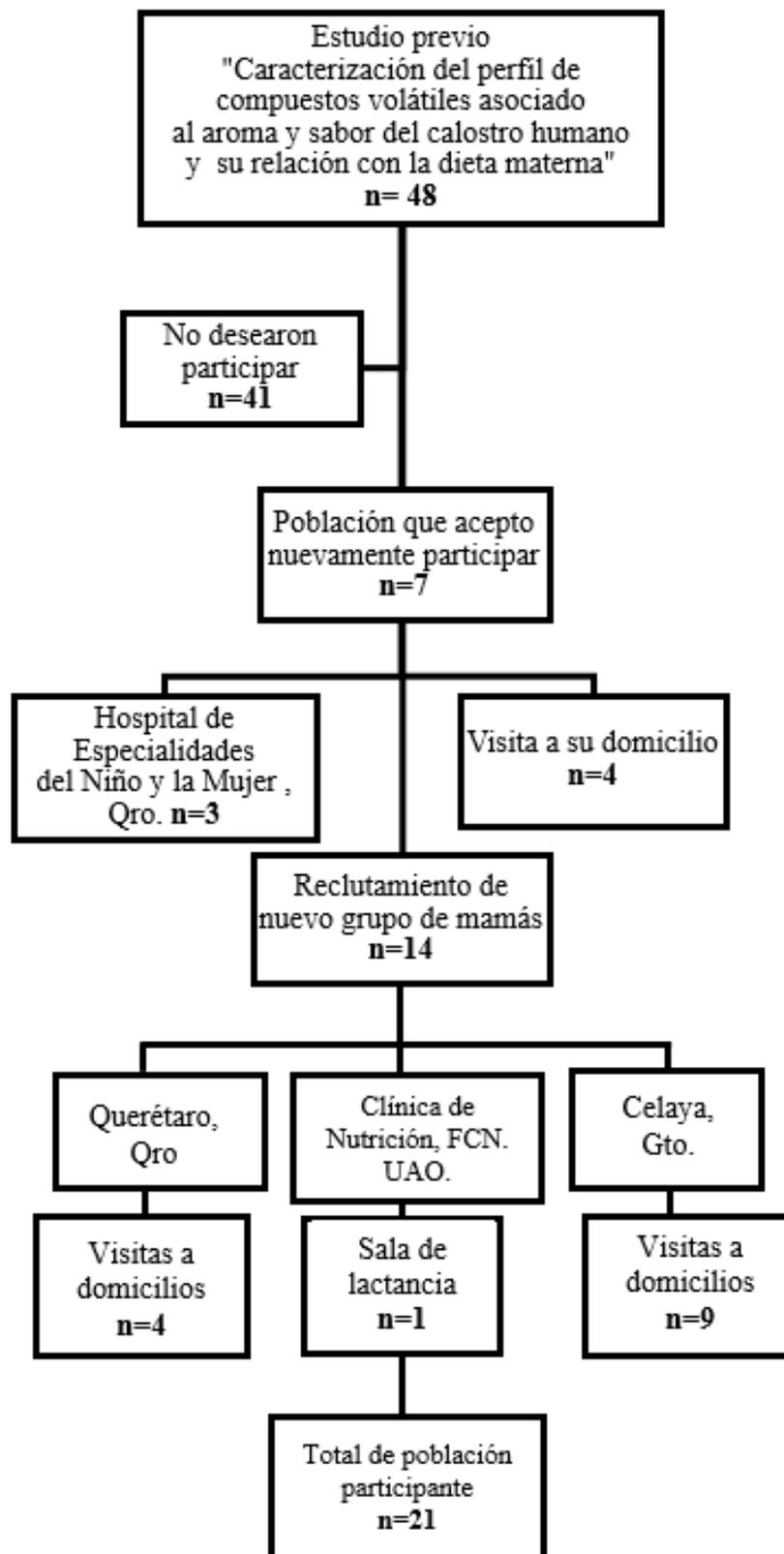
6.1.1 Selección de la población

La selección de la población se llevó cabo a partir de un estudio previo en donde se caracterizó el perfil de compuestos volátiles asociado al aroma y sabor del calostro humano y su relación con la dieta materna. En este primer estudio participaron 48 mamás de localidades del estado de Querétaro. Antes de firmar el consentimiento informado, se les especificó que nuevamente serían contactadas por teléfono para volver a participar en la segunda fase del estudio.

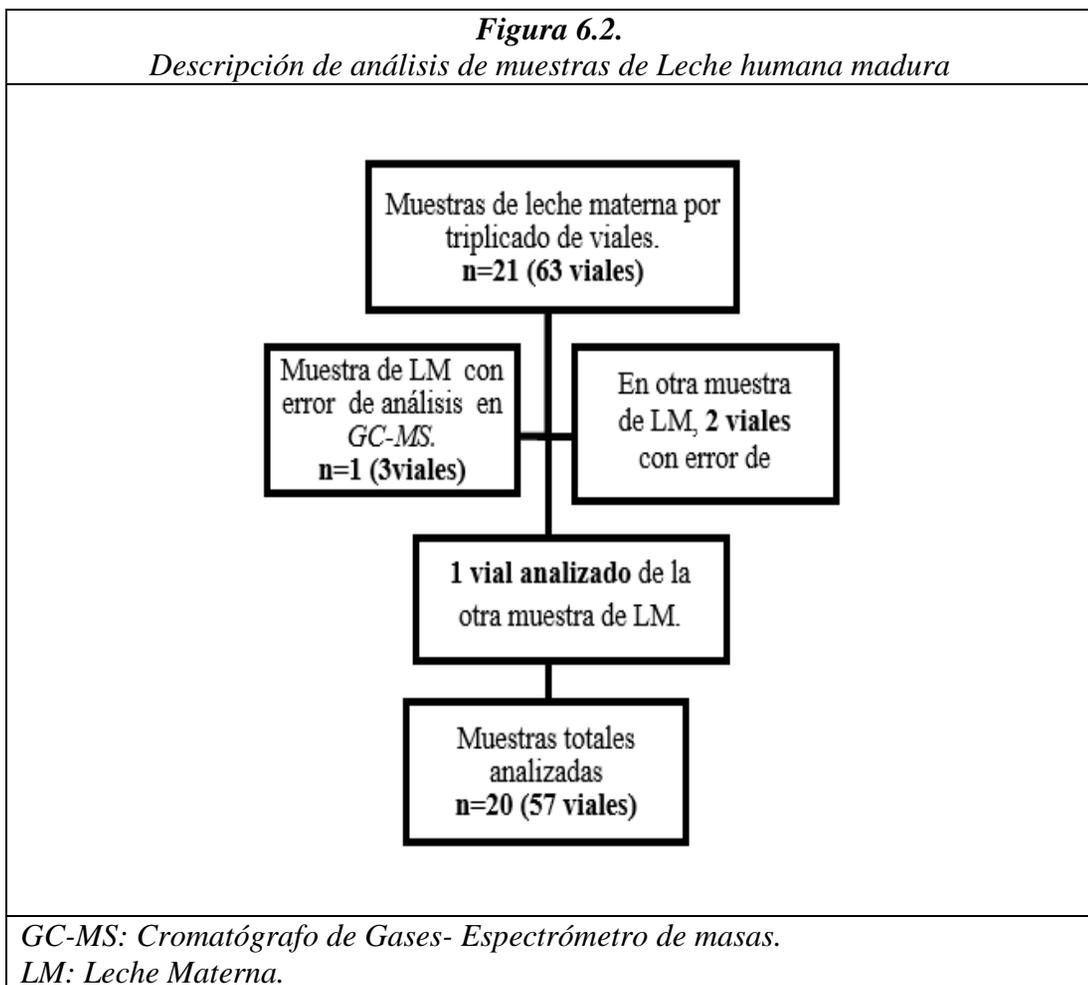
De las 48 mamás contactadas vía telefónica, 7 mamás aceptaron participar nuevamente, entre las cuales 3 de ellas acudieron al Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer de Querétaro, en el área de Banco de Leche y a las 4 mamás restantes se le realizó una visita a su domicilio en las localidades de Santa Rosa de Jáuregui y en colonia lomas del valle de Querétaro, sin embargo, al no completar la muestra necesaria, se reclutaron nuevas mamás de la ciudad de Querétaro y Celaya, Guanajuato, a través de una invitación por medio de un flyer digital, que se compartió en redes sociales, realizando difusión para invitar a madres lactantes a participar en el estudio.

De las 5 madres reclutadas en Querétaro, una madre fue atendida en la sala de lactancia de la clínica de nutrición FCN, UAQ, mientras que, 4 mamás fueron atendidas a través de visitas a su domicilio. De las 9 madres provenientes de la ciudad de Celaya, todas fueron visitadas a sus domicilios. En total participaron 21 mamás con edad de 18 a 45 años, con bebés lactantes de 1 a 36 meses (Figura 6.1).

Figura 6.1.
Descripción de selección de la población



Cada muestra obtenida de las madres se dividió para formar triplicados, se obtuvieron 63 viales de muestras de leche. De los 63 viales, el análisis de 5 viales se vio afectado debido a variaciones en el voltaje por condiciones climáticas, ya que dicha variación se dio al momento de extracción por *headspace* debido a que el análisis de las muestras se realizó por la metodología de micro extracción en fase sólida y cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas de gases en el Laboratorio de Investigación en Sabores y Fragancias, CICATA, IPN, por lo que no se pudo completar el análisis del triplicado de una muestra y dicha muestra se perdió, mientras que en otra muestra, solo se completó el análisis de 1 de los 3 viales obtenidos, por lo que no se perdió la muestra y se trabajó con los datos del análisis del único vial disponible. En total se analizaron 57 viales de muestras de leche humana madura, perdiéndose únicamente el triplicado de una muestra (Figura 6.2).



6.1.2 Características de la Madre

La edad promedio de las madres participantes fue de 29 años, con una desviación estándar de ± 7.025 . En cuanto a número de gestaciones en promedio fue de 1.90 con una desviación estándar de ± 0.944 . Respecto a mediciones antropométricas, el peso promedio fue de 64.94 kg con una variabilidad de ± 12.108 , la talla promedio fue de 1.61 metros con una variabilidad ± 0.066 . También presentaron un IMC promedio de 24.82 Kg/m² con desviación estándar de ± 3.92 , donde el 9.50% (n=2) de las madres presentó bajo peso, el 38.10% (n=8) se clasificó en peso normal, el 57.60% (n=10) presentó sobrepeso y el 4.76% (n=1) obesidad. En relación con el estado civil de las participantes el 57% (n=12) de la población estaba casada, el 38 % (n=8) se encontraba en unión libre y el 4% (n=1) soltera (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Características de la madre		
Características sujetos n=21	Media	DS
Edad (años)	29.57	(± 7.025)
No. de gestas	1.90	(± 0.944)
Peso (Kg)	64.94	(± 12.108)
Talla (m)	1.61	(± 0.066)
IMC (Kg/m ²)	24.82	(± 3.92)
Clasificación del IMC	n_i	%
Bajo peso	2	9.50
Normal	8	38.10
Sobrepeso	10	57.60
Obesidad	1	4.80
Edo. Civil		
Casada	12	57.14
Soltera	1	4.76
Unión libre	8	38.09
<i>Los datos representan la media junto con su desviación estándar, además de la frecuencia (n_i) y porcentaje (%) de los participantes.</i>		

6.1.3 Características del Lactante

Respecto a la población lactante en promedio nacieron a las 38.9 semanas de gestación (± 0.83), durante la toma de la muestra de leche materna presentaron una edad en promedio de 8.05 meses (± 7.43), un peso promedio de 7.65 kg (± 1.77). El 33.33% de la población nacieron por cesárea y el 66.7% fue vía vaginal. El 66.7% de los lactantes participantes fueron del sexo femenino y el 33.3% masculino. Al momento del estudio el 85.7 % de los lactantes fueron alimentados por leche materna exclusiva y el 14.28 % por alimentación mixta (lactancia materna y fórmula infantil) (tabla 6.2). El 95.30 % de los lactantes participantes tuvieron un peso para la edad y talla para la edad dentro de la media, mientras que 85.60 % su peso para la talla estuvo dentro de la media (Tabla 6.3).

Tabla 6.2. Características del lactante		
Características sujetos n=21	Media	DS
Semanas de gestación al nacimiento	38.90	(± 0.830)
Edad durante toma de muestra (meses)	8.05	(± 7.43)
Peso (kg)	7.6529	(± 1.77)
Longitud (cm)	67.024	(± 8.17)
Circunferencia Cefálica (cm)	43.333	(± 2.79)
Circunferencia Braquial (cm)	14.181	(± 1.42)
Pliegue Tricipital (mm)	9.333	(± 1.35)
Tipo de nacimiento	ni	%
Cesárea	7	33.33
Vaginal	14	66.7
Sexo		
Femenino	14	66.7
Masculino	7	33.3
Tipo de alimentación		
Leche materna exclusiva	18	85.7
Alimentación mixta	3	14.28
<i>Los datos representan la media junto con su desviación estándar, además de la frecuencia (ni) y porcentaje (%) de los participantes.</i>		

Tabla 6.3. Evaluación del Estado nutricio del lactante por tablas de la OMS			
Indicador n=21	Peso/Edad % (n=20, 1)	Talla/Edad % (n=20, 1)	Peso/Talla % (n=2,18,1)
Media +2 DS (Riesgo obesidad/talla alta)	0	0	9.50
Media Peso/ Talla normal	95.30	95.30	85.60
Media -2 DS (Riesgo desnutrición/talla baja)	4.8	4.8	4.8

Los datos representan el estado nutricio en porcentaje de la población lactante participante a partir los patrones de crecimiento de la OMS.

6.2 Dieta de las madres participantes.

6.2.1 Ingesta dietética a partir R24H

Se evaluó a partir del R24H, el aporte de macronutrientos y energético diario que aportaba la alimentación de las madres participantes. En promedio el aporte calórico de la dieta fue de 2745.91 Kcal/día (DE±1069.37). En cuanto a la ingesta de macronutrientos la media del consumo de hidratos de carbono fue de 350.97 g/día (DE±159.08), 108.49 g/día (DE±48.01) de proteínas y 108.23 g/día (DE±41.11) de lípidos. Con una distribución de Macronutrientos del 50.63% (DE±9.160) de la energía total de Hidratos de Carbono, 15.86% (DE±3.336) de proteínas y 35% (DE±9.204) Lípidos. En Comparación con la Ingesta Dietética de Referencia (IDR) de Committee on Nutritional Status During Pregnancy and Lactation del Institute of Medicine, el 67% de las participantes cubrieron la IDR de Hidratos de carbono, el 86% cubrieron el IDR de Proteínas, y el 80% cubrieron el IDR de lípidos y del valor energético recomendado (Tabla 6.4).

Tabla 6.4. Distribución de macronutrientos y aporte energético de las madres participantes				
n=21	HC g/d (DE)	Proteína g/d (DE)	Lípidos g/d (DE)	Energía Kcal/d (DE)
Ingesta	350.97 (±159.08)	108.49 (±48.01)	108.23 (±41.11)	2745.91 (±1069.37)
Distribución (%)	50.63 (±9.160)	15.86 (±3.336)	36.28 (±9.204)	
Estimación (IDR*)	261	71	63	1900
Individuos estudio cubren IDR (%)	67	86	80	80

Los datos representan la media y la desviación estándar (DE) de la ingesta dietética población participante calculado a partir del R24H.

**IDR Ingesta dietética de referencia. Commite on Nutritional Status During Pregnancy and Lactation, Institute of Medicine.*

Se identificaron 105 alimentos consumidos en las 24 horas previas a la toma de muestras de leche humana madura, entre los alimentos de mayor consumo corresponde la tortilla de maíz con un consumo promedio de 157.05 g/día (DE ±99.26), seguido de la azúcar refinada con 23.74g/día (DE ±39.64) y, el aceite con 14.29 g/día (DE ±15.66). A continuación, en la Tabla 6.5 se desglosa la lista de alimentos ingeridos con su respectiva media, desviación estándar, ordenados de mayor a menor de acuerdo con su porcentaje de presencia, el cual corresponde a la proporción de madres que consumieron cada alimento en relación al total de participantes:

Tabla 6.5. Consumo (g/d) de alimentos de 24 hrs previas a la toma de muestra de leche humana madura (R24h)

Alimentos : 105	Media g/d	DE (±)	% de presencia	n
Tortilla De Maíz	157.05	99.26	95%	20
Azúcar Refinada	23.74	39.64	71%	15
Aceite	14.29	15.66	67%	14
Quesos	50.95	69.02	67%	14
Café	197.19	225.25	52%	11
Leche Entera	273.81	352.71	52%	11
Refresco	305.71	423.32	52%	11
Bistec	64.76	78.91	48%	10
Arroz Cocido	55.95	79.51	43%	9
Huevo	41.90	58.17	43%	9
Papa Cocida	46.29	82.50	43%	9
Salsa De Jitomate	48.60	83.97	43%	9
Jamón	16.26	23.76	38%	8
Lechuga	16.23	29.60	38%	8
Limón	9.33	14.90	38%	8
Pollo	44.29	64.54	38%	8
Bolillo	19.24	34.40	33%	7
Galletas	11.70	19.87	33%	7
Jitomate	24.88	52.72	33%	7
Pan Blanco	9.10	20.01	33%	7
Plátano	66.67	127.33	33%	7
Zanahoria	18.29	32.90	33%	7
Agua De Sabor	332.76	741.31	29%	6
Aguacate	20.71	35.39	29%	6
Cebolla	10.62	18.18	29%	6
Chile	4.64	8.38	29%	6
Frijoles	36.19	64.43	29%	6
Manzana	46.00	79.67	29%	6
Cereal De Caja	12.24	28.14	24%	5
Chocolate En Polvo	6.79	15.35	24%	5
Crema Agria	5.00	9.87	24%	5
Pepino	28.95	88.68	24%	5
Sopa De Pasta	34.52	81.79	24%	5
Tortilla De Harina	12.00	27.39	24%	5
Yogurt Natural	50.60	121.22	24%	5
Avena	11.57	32.62	19%	4
Consomé	18.29	57.13	19%	4

Tabla 6.5. Consumo (g/d) de alimentos de 24 hrs previas a la toma de muestra de leche humana madura (R24h) (Continuación)

Alimentos : 105	Media g/d	DE (±)	% de presencia	n
Granola	5.14	14.85	19%	4
Jugo	59.05	134.05	19%	4
Mayonesa	4.29	10.76	19%	4
Nopales Cocidos	28.38	72.52	19%	4
Nueces	3.00	7.35	19%	4
Pan Molido	0.76	3.49	19%	4
Papaya	36.67	87.48	19%	4
Salchicha	8.90	23.81	19%	4
Brócoli	8.57	23.24	14%	3
Carne Molida	14.76	39.70	14%	3
Carne Al Pastor	11.90	30.60	14%	3
Chile En Polvo	0.29	0.72	14%	3
Cilantro	4.29	10.76	14%	3
Diente De Ajo	0.54	1.40	14%	3
Té	46.67	126.39	14%	3
Aderezo	2.86	9.02	10%	2
Almendras	1.49	5.06	10%	2
Atún Enlatado	9.52	30.08	10%	2
Barbacoa	14.29	58.96	10%	2
Calabaza	3.81	12.44	10%	2
Chayote Cocido	5.71	19.12	10%	2
Chorizo	7.62	24.88	10%	2
Sustituto De Crema Para Café	0.55	1.76	10%	2
Elote Cocido	49.74	218.61	10%	2
Fresas	9.71	33.43	10%	2
Leche De Oleaginosas	91.43	367.73	10%	2
Mango	27.14	90.84	10%	2
Mantequilla	0.48	1.50	10%	2
Melón	15.24	48.13	10%	2
Pastel	23.33	98.15	10%	2
Sal	1.43	4.51	10%	2
Verduras Procesadas	17.38	57.83	10%	2
Vinagre	1.43	4.51	10%	2
Agua Mineral	11.43	52.37	5%	1
Ajonjolí	1.24	5.67	5%	1
Arándanos	0.24	1.09	5%	1
Cacahuate	3.47	15.91	5%	1
Carne Asada	5.71	26.19	5%	1

Tabla 6.5. Consumo (g/d) de alimentos de 24 hrs previas a la toma de muestra de leche humana madura (R24h) (Continuación)

Alimentos : 105	Media g/d	DE (±)	% de presencia	n
Alcohol	1.00	4.58	5%	1
Ceviche	8.57	39.28	5%	1
Chícharo	1.90	8.73	5%	1
Coco Rallado	0.71	3.27	5%	1
Col	3.57	16.37	5%	1
Coliflor	1.49	6.82	5%	1
Cúrcuma	0.05	0.22	5%	1
Durazno	1.04	4.75	5%	1
Espinaca	2.14	9.82	5%	1
Helado	11.90	54.55	5%	1
Jengibre	0.05	0.22	5%	1
Jícama	2.86	13.09	5%	1
Jocoque	2.14	9.82	5%	1
Mamey	4.89	22.42	5%	1
Mandarina	4.29	19.64	5%	1
Mole	5.71	26.19	5%	1
Naranja	5.76	26.40	5%	1
Apio	0.24	1.09	5%	1
Palomitas	1.33	6.11	5%	1
Pan Dulce	31.63	58.09	5%	1
Pera	9.05	41.46	5%	1
Perejil	1.43	6.55	5%	1
Pimienta	0.10	0.44	5%	1
Piña	11.81	54.12	5%	1
Salsa Valentina	0.24	1.09	5%	1
Sandia	7.62	34.91	5%	1
Splenda	0.29	1.31	5%	1
Tomate Cocido	2.86	13.09	5%	1
Uvas	2.19	10.04	5%	1
Yakult	7.62	34.91	5%	1

Los datos representan la media y la desviación estándar (DE) de los alimentos encontrados de la ingesta dietética de la población a partir del R24H, el porcentaje y n de la población del consumo de cada alimento.

A continuación, en la tabla 6.6 se describe la ingesta habitual expresados en gramos por día (g/d) junto con su desviación estándar (DE) de los distintos grupos de alimentos consumidos durante la lactancia a partir del Recordatorio de Alimentos en 24 horas (R24H):

Tabla 6.6. Consumo (g/d) de grupos de alimentos durante la lactancia (R24H)		
Grupos de alimentos:17	Media g/d	DE(±)
Cereales y derivados (g/d)	397.60	254.73
Leche (g/d)	324.40	362.08
Frutas (g/d)	248.31	232.86
verduras (g/d)	246.17	192.76
Libres de calorías (g/d)	229.14	243.93
Carnes y embutidos (g/d)	181.02	87.87
Oleaginosas (g/d)	100.62	372.85
Alimentos base azúcar (g/d)	89.13	71.76
Cereales con azúcar (g/d)	84.05	119.18
Aceites y grasas (g/d)	56.50	48.30
Quesos (g/d)	53.10	68.05
Té (g/d)	46.67	126.39
Huevo (g/d)	41.90	58.17
Leguminosas (g/d)	36.19	64.43
Pescado(g/d)	18.10	47.71
Espicias y condimentos (g/d)	2.15	4.61
Alcohol (g/d)	1.00	4.58
<i>Los datos representan la media y la desviación estándar (DE) de los grupos de alimentos encontrados de la ingesta dietética de la población a partir del Recordatorio de Alimentos en 24 horas.</i>		

6.2.2 Ingesta dietética a partir Cuestionario de Frecuencia de consumo de alimentos (CFA)

A partir de las respuestas del cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (CFA) se evaluó el consumo habitual de 81 alimentos reportado por las madres participantes de un periodo no mayor a 7 días. En comparación al R24H, se obtuvo los siguientes resultados: el pepino fue la verdura que más se consumió por parte de todas las participantes, con una ingesta promedio de 31.66 g/día (DE ±28.01), seguido del arroz, con un consumo promedio de 78.12 g/día (DE ±54.62) siendo el cereal que también tuvo mayor consumo por parte de

todas las participantes. En promedio todas las madres reportaron un consumo de aceite de 22.18 g/día (DE \pm 13.52) y una ingesta de agua natural de 1634.29 g/día (DE \pm 757.50). El 95% de la población (n=20) indicó un consumo promedio de 101.43 g/día (DE \pm 74.15) de tortilla de maíz, mientras que el 81% de las madres (n=17) tuvieron una ingesta promedio de carne de pollo de 46.22 g/día (DE \pm 37.02) y de azúcar con 10.85 g/día (DE \pm 13.50). El 76 % de las participantes (n=16) reportaron la ingesta habitual de pan dulce en promedio de 23.57 g/día (DE \pm 28.05) y 6.87 g/día (DE \pm 6.82) de mayonesa. A continuación, en la tabla 6.7 y tabla 6.8 se describe la lista de los 81 alimentos habitualmente consumidos con su respectiva media, desviación estándar, ordenados de mayor a menor de acuerdo al porcentaje de presencia de las madres participantes que consumieron cada alimento, junto con los grupos de alimentos consumidos habitualmente obtenidos a partir de la frecuencia de consumo alimentos, cabe destacar que gracias a la información recopilada mediante del este cuestionario, se logró determinar la calidad de la dieta por el HEI-2015.

Tabla 6.7. Consumo habitual (g/d) de alimentos a partir del cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos				
Alimentos=81	Media g/d	DE (\pm)	% de presencia	n
Pepino (g/d)	31.66	28.01	100%	21
Arroz (g/d)	78.12	54.62	100%	21
Aceite (g/d)	22.18	13.52	100%	21
Agua ml/d	1634.29	757.50	100%	21
Tortilla (g/d)	101.43	74.15	95%	20
Pasta (g/d)	61.22	45.86	90%	19
Calabacita (g/d)	19.81	16.63	81%	17
Cebolla (g/d)	40.82	29.87	81%	17
Jícama (g/d)	30.10	33.93	81%	17
Pollo (g/d)	46.22	37.02	81%	17
Jamón (g/d)	10.34	8.35	81%	17
Azúcar (g/d)	10.85	13.50	81%	17
Brócoli (g/d)	45.06	58.57	76%	16
Zanahoria (g/d)	44.63	64.13	76%	16
Mango (g/d)	18.14	14.07	76%	16
Pan dulce (g/d)	23.57	28.05	76%	16
Mayonesa (g/d)	6.87	6.82	76%	16
Sal (g/d)	2.02	1.60	76%	16

Tabla 6.7. Consumo habitual (g/d) de alimentos a partir del cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (continuación).

Alimentos=81	Media g/d	DE (±)	% de presencia	n
Jitomate (g/d)	145.65	135.16	71%	15
Frijoles (g/d)	47.14	57.85	71%	15
Papa (g/d)	65.82	80.77	71%	15
Res (g/d)	72.65	57.71	71%	15
Frutos secos (g/d)	29.93	42.58	71%	15
Tomate (g/d)	10.53	10.77	67%	14
Bolillo (g/d)	16.53	17.26	67%	14
Papas fritas (g/d)	10.82	14.12	67%	14
Huevo (g/d)	28.44	30.32	67%	14
Leche (g/d)	141.63	147.51	67%	14
Refresco ml/d	239.18	258.54	67%	14
Champiñones (g/d)	7.62	9.03	62%	13
Chile (g/d)	5.46	8.48	62%	13
Nopal (g/d)	17.14	25.71	62%	13
Piña (g/d)	33.33	64.10	62%	13
Cereal de caja (g/d)	8.67	11.51	62%	13
Atún (g/d)	20.95	38.59	62%	13
Lechuga (g/d)	12.12	12.87	57%	12
Fresas (g/d)	28.57	38.08	57%	12
Pan de caja (g/d)	14.14	11.53	57%	12
Queso fresco panela (g/d)	30.27	46.34	57%	12
Chayote (g/d)	20.42	44.39	52%	11
Lenteja (g/d)	44.45	70.04	52%	11
Guayaba (g/d)	12.70	15.49	52%	11
Melón (g/d)	29.93	43.14	52%	11
Naranja (g/d)	26.97	36.66	52%	11
Plátano (g/d)	65.39	90.35	52%	11
Sandía (g/d)	25.58	36.48	52%	11
Uvas (g/d)	12.43	18.95	52%	11
Avena (g/d)	87.55	140.43	52%	11
Ajo (g/d)	1.26	1.61	52%	11
Pimiento (g/d)	4.69	7.44	48%	10
Queso manchego (g/d)	40.14	56.45	48%	10
Vainilla (g/d)	0.86	1.53	48%	10
Espinacas (g/d)	8.00	15.54	43%	9

Tabla 6.7. Consumo habitual (g/d) de alimentos a partir de cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (continuación).				
Alimentos=81	Media g/d	DE (\pm)	% de presencia	n
Papaya (g/d)	34.69	41.90	43%	9
Salchicha (g/d)	4.90	7.29	43%	9
Galletaschoco (g/d)	2.15	3.09	38%	8
Chorizo (g/d)	8.84	14.62	38%	8
Mantequilla (g/d)	0.58	0.89	38%	8
Mermeladas (g/d)	2.93	5.61	38%	8
Jugo naranja (g/d)	16.33	25.70	33%	7
Pera (g/d)	11.86	19.12	33%	7
Papas a francesa (g/d)	4.24	6.46	33%	7
Pescado (g/d)	8.98	15.92	33%	7
Yogurt (g/d)	42.65	74.56	33%	7
Manzana (g/d)	57.33	39.82	29%	6
Elote (g/d)	14.87	25.99	29%	6
Queso fresco (g/d)	19.39	46.02	29%	6
Chocolate (g/d)	1.36	3.27	29%	6
Coliflor (g/d)	7.10	15.32	24%	5
Apio (g/d)	4.90	13.32	19%	4
Cerdo (g/d)	5.71	13.64	19%	4
Camarón (g/d)	1.16	2.62	19%	4
Comino (g/d)	0.05	0.12	19%	4
Betabel (g/d)	3.10	8.73	14%	3
Atole (g/d)	1.55	4.05	14%	3
Galletas María (g/d)	0.52	1.35	14%	3
Menta (g/d)	0.12	0.40	14%	3
Jugo Zanahoria (g/d)	14.69	59.95	10%	2
Durazno (g/d)	3.64	7.19	10%	2
Garbanzo (g/d)	8.93	31.85	5%	1
Habas (g/d)	3.47	15.90	5%	1

Los datos representan la media y la desviación estándar (DE) de los alimentos encontrados de la ingesta dietética de la población a partir de la frecuencia de consumo de alimentos, el porcentaje y n de la población del consumo de cada alimento.

Tabla 6.8 Consumo habitual (g/d) de grupos de alimentos durante la lactancia a partir de la frecuencia de consumo de alimentos.		
Grupos de alimentos=10	Media g/d	DE (±)
Agua (g/d)	1634.29	757.50
Refresco (g/d)	485.71	440.05
verduras (g/d)	473.50	292.23
Frutas (g/d)	406.83	268.36
Cereales y derivados (g/d)	384.08	235.71
Lácteos (g/d)	274.08	196.22
Alimentos de origen animal (g/d)	208.20	116.49
Leguminosas (g/d)	103.99	112.31
Tubérculos (g/d)	80.88	79.87
Aceites y grasas (g/d)	29.63	13.22
Cereal con azúcar (g/d)	26.24	28.44
Azúcar (g/d)	15.14	14.10
Especias o saborizantes (g/d)	4.31	3.20

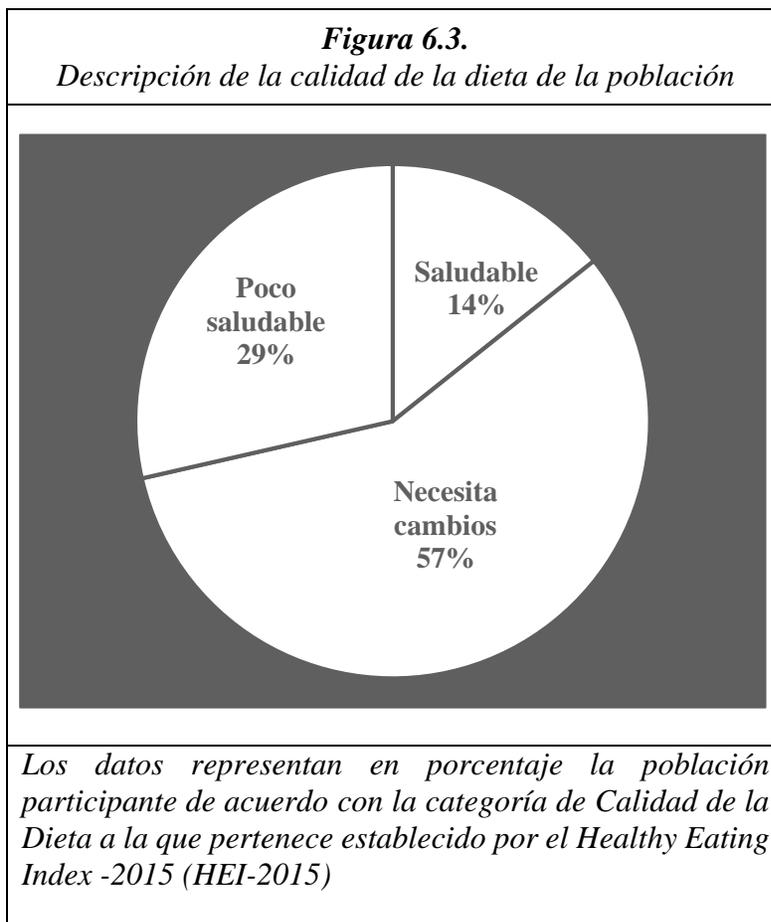
Los datos representan la media y la desviación estándar (DE) de los grupos de alimentos encontrados de la ingesta dietética de la población a partir del cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos

6.3 Calidad de la Dieta

La calidad de la dieta de las de las madres participantes se clasifico en tres categorías: necesita cambios en su dieta, dieta no saludable y saludable. En promedio, las participantes tuvieron un puntaje total de 60.71 con una desviación estándar de ± 15.9127 puntos (Tabla 6.9). El 57 % de las madres lactantes (n=12) se situaron en la categoría de necesita realizar cambios en dieta, mientras que el 29% de la población (n=6) tuvieron un dieta poco saludable, lo que indica que de las 13 categorías que se evaluaron, algunas madres presentaron puntajes menores, debido a una ingesta mayor del 10% a sus calorías totales de bebidas azucaradas (refresco), un consumo mayor del 7% de grasas saturadas, una ingesta mayor de 96.4 g/día (3.6 onzas/2000 kcal) de cereales refinados, aunado a un consumo menor de 48 g/día (1.7 onzas/2000 kcal) de carnes blancas , una ingesta menor de 48 g/día al día de leguminosas (0.4 tazas/2000 kcal), o ingesta menor de 312 g/día (2.6 tazas/2000 kcal) de lácteos, y 85 g/día de cereales enteros (3 onzas / 2000 kcal),o un consumo menor de 192 g/día de frutas (1.6 tazas/2000 kcal), y 264 g/día de verdura (2.2 tazas /2000 kcal) . Sin embargo, solo el

14% (n=3) de la población participante conservan una dieta saludable, lo que indica un consumo variado de alimentos y en cantidades apropiadas de acuerdo con categorías de alimentos a evaluar previamente mencionadas.

Tabla 6.9 Características descriptivas de la calidad de la dieta de la población		
Score HEI-2015	Media	DE (±)
Puntaje	60.71	15.91
Categorías	%	n
Necesita cambios en su dieta	57.1	12
Dieta poco saludable	28.6	6
Dieta saludable	14.3	3



6.4 Características de compuestos volátiles en leche humana

El perfil de volátiles de las muestras de leche humana se determinó por cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC-MS) mediante la técnica de microextracción en fase sólida (SPME). Se identificaron 115 compuestos volátiles relacionados al aroma de la leche materna. Cada muestra en promedio tuvo 62 compuestos volátiles diferentes con una desviación estándar de ± 7.43 . A continuación, en la Tabla 6.10 se muestran los compuestos volátiles identificados, la clase a la que pertenecen, su porcentaje de presencia en las muestras, su respectivo tiempo de retención, su área relativa media en parte por millón (ppm), establecido por el uso de estándar (ethyl hexanoate) y su desviación estándar (DE). Además, en la Tabla 6.11 se muestran el número de los compuestos volátiles agrupados en 16 clases funcionales: 33 tipos de ésteres, 20 aldehídos, 16 ácidos carboxílicos, 16 terpenos, 6 acetonas, 6 alcoholes, 5 lactonas, 3 disulfuros, 2 furanos, 2 pirazinas, 1 amina, 1 compuesto fenólico, 1 fenol, 1 pirano y 1 trisulfuro.

Los resultados de esta tabla muestran que los ésteres tuvieron el contenido relativo más alto de todas las muestras de leche materna, lo que representa aproximadamente el 29% en peso de los volátiles totales, con 33 especies, seguido de los aldehídos con 20 especies, que representaron el 17 % en peso total; los ácidos carboxílicos y terpenos cada uno representó el 14% en peso, con 16 especies de forma individual. En cambio, los grupos de aminas, compuestos fenólicos, fenoles, piranonas y trisulfuro presentaron cada uno un solo compuesto, representando apenas 1% del peso total cada grupo.

Nuestros resultados fueron diferentes al estudio de Hausner y colaboradores (Hausner et al., 2009) en donde identificaron 54 compuestos volátiles por Cromatografía de Gases acoplada a Detección por Espectrometría de Masas (GC-MS) a partir de 90 muestras de leche recolectadas en 3 días por triplicados de 10 madres lactantes diferentes; se encontraron 17 tipos de aldehídos, 15 variantes de terpenos, 10 alcoholes, 7 cetonas, no se detectó la presencia de compuestos azufrados. Comparado a nuestro estudio, sí logró identificar compuestos de azufrados los cuales fueron: disulfuro de dialilo, disulfuro-dipropilo, disulfuro-metilpropilo

y trisulfuro de dipropilo, compuestos que se caracterizan por estar presentes en plantas de la familia Allium, principalmente el ajo y la cebolla .

Así mismo se obtuvieron resultados distintos al estudio del He, Y., Chen, L., Zheng, L. et al. en donde 128 compuestos volátiles identificados en 20 muestras de calostro y de leche madura, en donde predominaron más el grupo de compuestos hidrocarbonados con 36 especies ,17 aldehídos,16 alcoholes, 13 ácidos grasos, 17 aldehídos, 11 cetonas y 13 ésteres (He et al., 2022) . Otro estudio también de He, Y., Chen, L., Liu, W. et al. los hallazgos en muestras de leche materna de diferentes en 3 regiones de China, fueron diferentes a los resultados obtenidos, debido a que se identificaron 122 volátiles detectando 36 variantes compuestos hidrocarbonados,17 aldehídos, 16 alcohol, 13 ácidos grasos,12 ésteres, 11 cetonas, 9 compuestos aromáticos, 5 compuestos heterocíclicos y 3 aminas (He et al., 2023).

De manera que, cada una de las investigaciones mencionadas permite comprender el amplio panorama de compuestos volátiles presentes en la leche materna, cuya variabilidad puede atribuirse a factores como la zona geográfica, la cultura, las tradiciones y costumbres, que influye en la dieta local, así como la etapa de lactancia en la que se encuentra la madre.

Con respecto a los compuestos volátiles, existe diversas clases de compuestos incluidos ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas, lactonas y terpenoides, que contribuyen al sabor de frutas. Se sabe que los ésteres son los compuestos que abundan y son liberados por las manzanas y fresas maduras; como el butanoato de metilo y etilo, el acetato de butilo, el hexanoato de metil y etilo. En cambio, aldehídos y alcoholes como el hexanal, el trans-2-hexenal y el cis-3-hexen-1-ol, son los responsables en brindar notas verdes e inmaduras del aroma de la fresa. Mientras que, compuestos como el limoneno, β -pineno, los terpenoides Slinalool, valenceno en algunos casos, determinan el aroma característico de la fresa (*Fragaria x ananassa*), pitahaya (*Cereus peruvianus L.*) y cítricos (*Citrus sp.*)(El Hadi et al., 2013) .

Además, se ha demostrado que el sabor de frutas y verduras derivan de la cantidad de ácidos grasos que contengan, ésta influye por factores como el grado de madurez, el lugar de cultivo

y métodos de procesamiento en los que son sometidos. La β -oxidación es la vía principal en la que se desencadenan sus compuestos de aroma, además, por medio de la enzima lipoxigenasa pueden transformar los ácidos grasos como el linoleico y linolénico en aldehídos, alcoholes, ácidos y ésteres, compuestos que también aportan sabor a frutas y verdura (Distefano et al., 2022).

Es decir, a partir de la oxidación de ácidos grasos especialmente poliinsaturados, se producen productos de oxidación primaria conocidos como hidroperóxidos, éstos a su vez desencadenan una serie de productos de oxidación secundaria como aldehídos, cetonas, alcoholes, compuestos hidrocarbonados, y ácidos orgánicos volátiles. En el caso del ácido linoleico, al contacto con el oxígeno produce 9- y 13- hidroperóxidos generando compuestos volátiles como el 2-octenal, 2,4-decadienal y hexanal. De modo similar, el ácido oleico puede generar 8-,9-,10-, y 11-hidroperóxidos dando lugar a compuestos secundarios como pentanal, octanal, hexanal y heptanal (Shahidi & Hossain, 2022). Asimismo, resulta esencial indicar que este tipo de aldehídos, en su mayoría fueron detectados en las muestras de leche de nuestro estudio.

A su vez en cuanto a los compuestos responsables en el sabor de la carne de res cocida corresponden al metional, 2-furfuriltiol, 2-metil-3-furantiol, metanotiol, 3-mercapto-2-pentanona y 4-hidroxi-2,5-dimetil-3-(2H)-furanona, octanal, 2,4-decadienal, nonanal. Estos tres últimos aldehídos, se detectaron en un 5%,10% y 100% en las muestras analizadas respectivamente que este estudio. En comparación al sabor de la carne de cerdo cocida se ha reportado un perfil similar al de la carne res, sin embargo la concentración de compuestos puede variar, debido a que una concentración más baja de 4-hidroxi-2,5-dimetil-3-(2H)-furanona, hexanal y nonanal, se asocia a un olor característico de carne de cerdo(Shahidi & Abad, 2018) .

Al igual que las frutas y verduras, el sabor de la carne se produce por la descomposición de lípidos degradados en alcoholes, cetonas, aldehídos, furanos, ésteres, hidrocarburos, ácidos carboxílicos, piranos, pirazinas, lactonas, fenoles, pirroles, piridinas, tiazoles, tiazolinas,

oxazoles, tiofenos y otros compuestos que contienen nitrógeno o azufre. Cabe señalar que además del tipo y la cantidad de ácidos grasos, otros factores que afectan el sabor de la carne son el contenido de proteínas, la temperatura, el tiempo y método de cocción, el pH, la actividad del agua, el medio de reacción u entorno, el envejecimiento y la distribución de la grasa intramuscular de la carne (Kerler et al., 2010).

A pesar de que existe diversas técnicas para el análisis de compuestos, cada una presenta desventajas específicas. Por ejemplo, el detector de ionización de llama (FID) es práctico para la cuantificación de compuestos, sin embargo, no resulta conveniente para identificación de volátiles. Por otro lado, la técnica de extracción por arrastre de vapor (SAFE) es efectiva para la extracción de componentes de mayor peso molecular mediante el uso de solventes como el nitrógeno. No obstante, este método requiere un tiempo de extracción más prologado comparado con otras técnicas, además puede conllevar la pérdida de volátiles sensibles al calor, o el arrastre de compuestos no deseados durante el proceso. En cuanto la técnica de extracción por absorción con barra agitadora (SBSE) tiene una alta capacidad de extracción de compuestos volátiles y semivolátiles en bajas concentraciones, lo que implica una alta sensibilidad de detección debido al uso de barras recubiertas de polidimetilsiloxano (PDMS), sin embargo, su eficacia disminuye con compuestos apolares. Además, en muestras con altas concentraciones de compuestos, su capacidad de retención de compuestos en la barra de PDMS es limitada. Por lo que la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), es el método más común para determinar compuestos volátiles, aunado con la integración de técnicas como microextracción en fase sólida (SPME), permite maximizar la identificación y la cuantificación de los mismos (Hübschmann, 2015)

Tabla 6.10. Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura ordenados de acuerdo con su clase

Clase	Compuesto	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
ÉSTER	N=20				
	Butanoic acid, ethyl ester	100%	15.786	0.10114029	0.138689
	Hexanoic acid, methyl ester	100%	24.177	0.15261337	0.20986841
	Octanoic acid, methyl ester	100%	35.848	0.61360432	1.40490758
	Acetic acid, phenylmethyl ester	100%	38.09	0.08083265	0.08721048
	Nonanoic acid, methyl ester	100%	40.921	0.15689765	0.37138174
	Nonanoic acid, ethyl ester	100%	44.386	0.07298895	0.07538715
	Hexanedioic acid, bis(1-methylethy l) ester	100%	54.787	0.07424859	0.1291568
	Dodecanoic acid, ethyl ester	100%	67.438	0.93188291	2.06575816
	Tetradecanoic acid, ethyl ester	100%	73.011	0.07864621	0.08934563
	Ethyl Oleate	100%	78.407	0.1265191	0.15289918
	Butanoic acid, methyl ester	95%	10.764	0.07013938	0.12542061
	Butanoic acid, 1-methylethyl ester	95%	18.673	0.01944011	0.03658343
	Decanoic acid, ethyl ester	95%	50.204	3.06729019	8.10653231
	Dodecanoic acid, methyl ester	95%	62.003	1.90862397	4.13075192
	Methyl tetradecanoate	95%	71.578	0.23091805	0.27548282
	Hexadecanoic acid, ethyl ester	95%	74.229	0.03411047	0.04826375
	Ethyl Acetate	90%	6.512	0.01672434	0.01876564
	Hexanoic acid, 1-methylethyl ester	85%	31.024	0.12550445	0.23667738
	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	85%	78.197	0.0370039	0.05090938
	Linoleic acid ethyl ester	85%	78.356	0.02756143	0.03118354
	Octanoic acid, ethyl ester	80%	39.574	2.37445703	2.16941001
Hexanoic acid, ethyl ester	20%	28.799	0.12464473	0.26213908	
Undecanoic acid, ethyl ester	20%	67.511	0.2227029	0.94471695	

Tabla 6.10. Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura ordenados de acuerdo con su clase. (Continuación)

Clase	Compuesto	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
ÉSTER	1-Butanol, 3-methyl-, acetate	15%	21.044	0.01590963	0.06655436
	Cyclopentaneacetic acid, 3-oxo-2-pentyl-, methyl ester	15%	69.56	0.00878325	0.02466081
	Formic acid, 1-methylethyl ester	5%	5.708	0.000686	0.00306788
	Pentanoic acid, ethyl ester	5%	22.576	0.00153475	0.00686362
	n-Caprylic acid isobutyl ester	5%	47.054	0.00581391	0.02600061
	Butanoic acid, phenylmethyl ester	5%	47.23	0.01776383	0.07944226
	Triacetin	5%	47.299	0.00261526	0.01169579
	Propanoic acid, 2-methyl-, 2-methylpropyl ester	5%	48.048	0.00597012	0.02669918
	Octanoic acid, 3-methylbutyl ester	5%	53.956	0.01671518	0.07475255
	Octadecanoic acid, ethyl ester	5%	75.985	0.00697059	0.03117343
ALDEHÍDO	Hexanal	100%	15.622	0.21424986	0.1918219
	Heptanal	100%	22.619	0.03251285	0.04743267
	2-Heptenal	100%	26.213	0.06913427	0.06774756
	Nonanal	100%	34.798	0.1356835	0.13255678
	2-Nonenal	100%	37.754	0.12132634	0.09564812
	Benzaldehyde	95%	26.497	0.05297535	0.04991629
	2-Hexenal	90%	19.413	0.02015358	0.02594716
	2,4-Nonadienal	75%	40.56	0.36497903	0.82747029
	Piperonal	75%	46.95	0.01658891	0.02284473
	2-Octenal	10%	32.267	0.01500557	0.04632553
	3-(4-Isopropylphenyl)-2-methylpropionaldehyde	10%	40.194	0.00281919	0.00904976
	2,4-Decadienal	10%	45.616	0.00689766	0.02370307
	Dodecanal	10%	51.099	0.01543292	0.06559805
	Octanal	5%	28.941	0.0357885	0.16005105
	Decanal	5%	40.052	0.00216026	0.00966097
	2-Decenal, (Z)-	5%	42.746	0.02542246	0.1136927

Tabla 6.10. Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura ordenados de acuerdo con su clase. (Continuación)

Clase	Compuesto	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
ALDEHÍDO	Tetradecanal	5%	68.153	0.00420162	0.01879021
	Heptanal, 2-(phenylmethylene)-	5%	70.558	0.00101067	0.00451985
	Octanal, 2-(phenylmethylene)-	5%	72.202	0.00374168	0.01673329
	Octadecanal	5%	73.403	0.00245419	0.01097545
ÁCIDO CARBOXÍLICO	Acetic acid	100%	7.954	0.01653229	0.02065034
	Hexanoic acid	100%	29.049	0.72372502	0.52162025
	Heptanoic acid	100%	34.092	0.14883542	0.09356481
	Heptanoic acid, ethyl ester	100%	34.419	0.06480167	0.06782709
	Octanoic Acid	100%	40.25	8.82199793	8.95749821
	Nonanoic acid	100%	43.74	0.57304426	0.32572422
	Decanoic acid	100%	49.58	5.68492866	6.72638846
	Dodecanoic acid	100%	66.431	1.78247369	2.91402616
	Tetradecanoic acid	100%	72.499	0.10143708	0.16142339
	Butanoic acid	85%	16.926	0.15180287	0.15934259
	Pentanoic acid	20%	16.685	0.0233817	0.07471325
	Oleic Acid	10%	78.821	0.00393496	0.01538754
	Undecanoic acid	5%	50.832	0.00155563	0.00695701
	E-11-Tetradecenoic acid	5%	72.378	0.00459733	0.0205599
	8,11,14-Eicosatrienoic acid, (Z,Z,Z)-	5%	72.275	0.00522464	0.02336531
n-Hexadecanoic acid	5%	75.679	0.00244863	0.01095062	
TERPENO	.beta.-Pinene	100%	27.431	0.05759471	0.04588186
	.beta.-Myrcene	100%	28.313	0.26661295	0.26369914
	Limonene	100%	30.692	7.2539964	6.01639537
	1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl) - (sinónimo gamma-terpinene)	100%	32.315	0.14681087	0.13638383
	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	100%	34.639	0.04802729	0.03899095

Tabla 6.10. Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura ordenados de acuerdo con su clase. (Continuación)

Clase	Compuesto	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
TERPENO	Camphor	100%	37.182	0.03258605	0.02403229
	.alpha.-Pinene	95%	24.685	0.18189693	0.70574992
	Cyclohexanone, 5-methyl-2-(1-methylethyl)	95%	37.556	0.0510975	0.03869858
	2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-	95%	42.174	0.05504571	0.11204797
	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	85%	33.989	0.14261685	0.3378086
	Eucalyptol	80%	30.83	0.1767342	0.40406589
	3-Carene	20%	24.521	0.10030651	0.43745052
	Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)	15%	34.113	0.03789007	0.1049218
	Cyclohexene, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	10%	27.409	0.02192066	0.07758512
	1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl	10%	31.583	0.00906152	0.02794542
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	10%	30.378	0.06691461	0.21309775	
ACETONA	2-Pentanone	95%	8.879	0.00859708	0.00658492
	Acetophenone	95%	32.853	0.05716746	0.08753207
	2-Undecanone	25%	44.304	0.01344451	0.02580522
	2-Tridecanone	20%	58.832	0.00758266	0.02301555
	2-Nonanone	10%	34.105	0.00978183	0.03086517
	6-Undecanone	5%	43.168	0.00416879	0.01864341
ALCOHOL	1-Hexadecanol	90%	74.75	0.07202565	0.0372804
	Ethanol	5%	4.615	0.0057474	0.02570315
	1-Butanol	5%	7.907	0.00657341	0.02939719
	1-Pentanol	5%	13.505	0.00431026	0.01927608
	Benzyl Alcohol	5%	31.308	0.0038665	0.01729149
	Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)-(./-.)-	5%	38.529	0.00274261	0.01226534
LACTONA	2(3H)-Furanone, 5-hexyldihydro	100%	56.426	0.03242637	0.04884183
	2(3H)-Furanone, 5-butyldihydro-	100%	69.792	0.04696386	0.02907659
	2(3H)-Furanone, dihydro-5-pentyl	95%	48.396	0.03509771	0.02445135

Tabla 6.10. Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura ordenados de acuerdo con su clase. (Continuación)

Clase	Compuesto	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
LACTONA	2(3H)-Furanone, 5-heptyldihydro-	10%	48.396	0.00342764	0.01120905
	2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-	5%	70.502	0.00245052	0.01095907
DISULFURO	Diallyl disulphide	100%	33.528	0.11039431	0.13431998
	Disulfide, dipropyl	100%	35.047	0.05963203	0.06294668
	Disulfide, methyl propyl	10%	24.517	0.00043597	0.00156918
FURANO	Furan, 2-methyl	15%	6.28	0.00377706	0.00943664
	Furan, 2,5-dimethyl-	5%	9.778	0.0013116	0.00586567
PIRAZINA	Pyrazine, 2,6-dimethyl	25%	23.23	0.00694233	0.01574112
	Pyrazine, 2,5-dimethyl-	10%	23.222	0.00172998	0.00546917
COMPUESTO FENOLICO	Butylated Hydroxytoluene	100%	61.044	0.02388236	0.01701898
CETONA	3-Penten-2-one	5%	11.689	0.01370029	0.06126955
AMINA	Pyridine	5%	14.03	0.00411516	0.01840355
PIRANO	2H-Pyran, 3,6-dihydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-	5%	21.475	0.00046451	0.00207735
FENOL	Phenol, p-tert-butyl	5%	44.79	0.00090878	0.00406418
TRISULFURO	Trisulfide, dipropyl	5%	46.249	0.01357878	0.06072617

**Los compuestos fueron detectados por cromatografía de gases con la metodología de microextracción en fase sólida (SPME), acoplado a espectrometro de masas, para la identificación de los compuestos volátiles en muestras de Leche Humana (LM) madura utilizando la biblioteca del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, Gaithersburgh, MD, EE.UU.) instalada en el equipo del Espectrómetro de masas.*

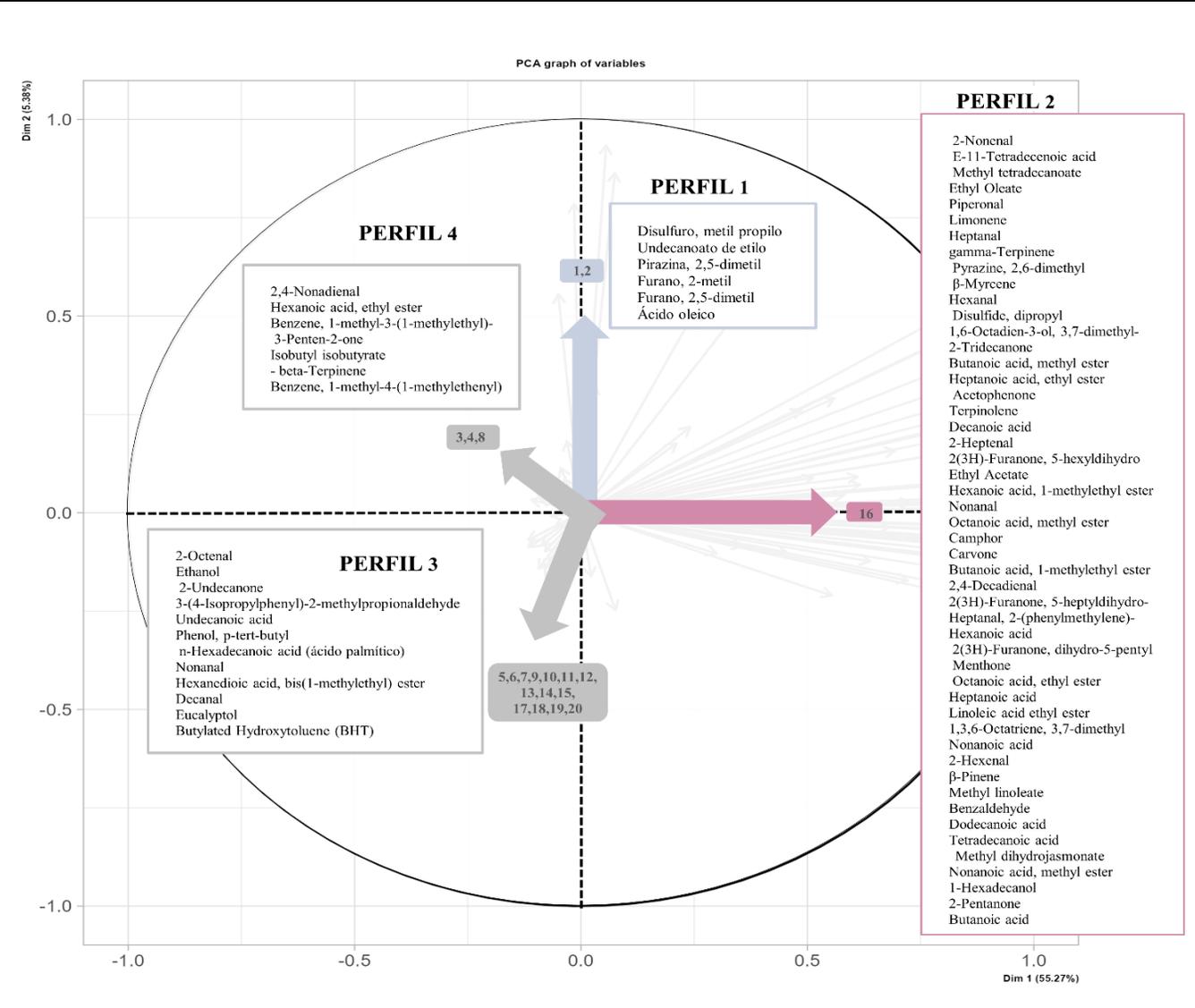
Tabla 6.11. Grupos de compuestos identificados		
n:16	%	N
Éster	29%	33
Aldehído	17%	20
Ácido carboxílico	14%	16
Terpeno	14%	16
Acetona	5%	6
Alcohol	5%	6
Lactona	4%	5
Disulfuro	3%	3
Furano	2%	2
Pirazina	2%	2
Amina	1%	1
Cetona	1%	1
Compuesto fenólico	1%	1
Fenol	1%	1
Pirano	1%	1
Trisulfuro	1%	1

Los datos representan el porcentaje de los grupos encontrados a partir de la identificación de 115 compuestos volátiles.

6.5 Correlación aproximada de tendencias entre el perfil de compuestos volátiles relacionados al aroma y sabor en leche humana madura y las dietas de las madres a partir de su similitud.

Con el objetivo de analizar los datos de los compuestos volátiles de las muestras de leche de las madres participantes, se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (PCA). En la Figura 6.4 se muestra las proyecciones de compuestos volátiles y su distribución en 4 perfiles distintos, de acuerdo con la variabilidad explicada por las dimensiones 1 y 2. Si bien el 70% de las muestras de leche humana de madres participantes (n=14) se ubicaron en el perfil 3, el perfil 4 se determinó por medio de 3 muestras de leche, el perfil 1 establecido por 2 muestras de leche, mientras que el perfil 2 se definió mediante una muestra de leche humana. No obstante, este perfil con dirección en la dimensión 1 (eje x), presentó mayor peso en el análisis, tras mostrar una variabilidad total explicada de 55.267%, lo que implica que más de la mitad de las diferencias entre los compuestos volátiles se explican por perfil 2, por esta razón este perfil presentó mayor gama de compuestos, debido a que la mayoría de estos compuestos son muy diferentes entre sí, comparado a los demás perfiles con dirección en dimensión 2 (eje y), cuyo un porcentaje de variabilidad fue del 5.383%, por lo que al no existir tanta diferencia entre sí, presentaron menos compuestos, sin embargo la variabilidad acumulada entre ambos perfiles fue de 60.65%. Es importante aclarar que, al tratarse de proyecciones, los perfiles no se definen únicamente por los compuestos identificados. Esto se debe a la superposición de los compuestos volátiles, lo que indica que, al no encontrarse exclusivamente en un solo perfil, pueden presentarse en distintos perfiles, pero en diferentes niveles de concentración.

Figura 6.4. Diagrama de PCA de los perfiles de compuestos volátiles presentes en las muestras leche humana madura de las madres participantes.



En el gráfico representan las proyecciones de compuestos volátiles que definen el perfil aromático de las muestras de leche humana de las madres participantes identificadas por números.

También a partir de Análisis de Componentes Principales (PCA) se obtuvo la agrupación de las muestras de leche humana de las madres participantes con base a sus perfiles aromáticos en eje de la dimensión 1 y 2. Con base a la distancia en unidades PCA de la dimensión 1 (eje x) se estableció 12 pares de puntos de madres participantes con distancia cercanas y lejanos entre sí. Posteriormente se determinó el índice de similitud de la dieta entre las 6 parejas de puntos con distancias cercanas y las 6 parejas de puntos con distancias lejanas, para ello se consideró la lista de alimentos sin duplicados reportados en R24H por parte de las madres participantes, después se tomó en cuenta el número de alimentos totales que compartieron en común entre cada pareja, cuyo valor fue dividido entre el número de alimentos que no coincidieron en su dieta. En la Figura 6.5, se muestra el ejemplo de dos parejas de participantes cuya distancia entre puntos de la dimensión 1 del PCA fue cercana (mamá número 5 y 9) o lejana (mamá número 8 y 9) cada una con su respectiva lista alimentos no duplicados. Los alimentos resaltados de color amarillo, representan los alimentos que coincidieron ambas madres haber consumido de acuerdo a lo reportado en el R24H, mientras que los demás alimentos sin resaltar, fueron los alimentos que no compartieron en común en su dieta. Para obtener el valor de índice de similitud, se realizó la sumatoria de todos los alimentos resaltados amarillo de cada pareja y el valor obtenido se dividió entre el total de alimentos que no compartieron entre sí.

$$\text{Índice de similitud} = \frac{\text{Número de alimentos iguales (R24H)}}{\text{Número de alimentos diferentes}}$$

Figura 6.5. Determinación de Índice de Similitud de la dieta de madres participantes.

No.5	No. 9
PLÁTANO	9.TORTILLA DE HARINA
AVENA	10.QUESO
1.LECHE ENTERA	11.JAMÓN
2.AZÚCAR REFINADA	12.LECHE ENTERA
3.PAN DULCE	CHOCOLATE EN POLVO
4.TORTILLA DE MAÍZ	MANZANA
BISTEC	POLLO
ACEITE VEGETAL	MOLE
5.REFRESCO (COCA-COLA)	LECHUGA
CONSOMÉ	13.REFRESCO (COCA-COLA)
ZANAHORIA	14.TORTILLA DE MAÍZ
PAPA COCIDA	GALLETAS
CHAYOTE COCIDO	CEREAL DE CAJA
LIMÓN	CAFÉ
CHILE	15.PAN DULCE
6.TORTILLA DE HARINA	16.AZÚCAR REFINADA
7.QUESO	COFFE MATE
8.JAMÓN	
AGUACATE	

ALIMENTOS IGUALES	16
ALIMENTOS DIFERENTES	÷ 20
ÍNDICE DE SIMILITUD	=0.8

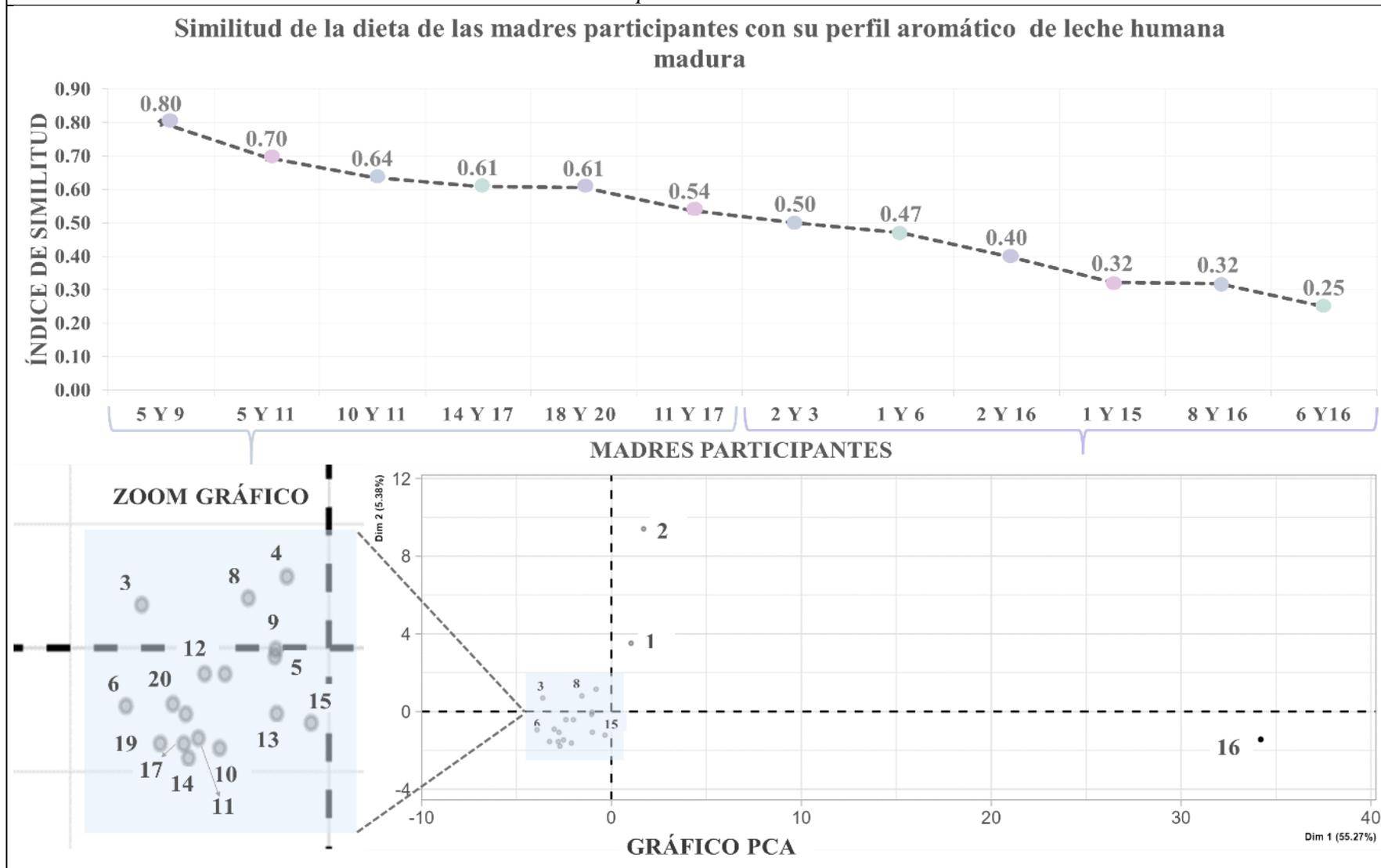
No.8	No.16
HUEVO	8.YOGURT NATURAL
1.ACEITE VEGETAL	9.TORTILLA DE MAÍZ
JAMÓN	10.QUESO
PIÑA	11.BISTEC
2.TORTILLA DE MAÍZ	12.ACEITE VEGETAL
YAKULT	COL
CAFÉ	ZANAHORIA
AZÚCAR REFINADA	CHILE
LECHE ENTERA	REFRESCO (COCA-COLA)
PASTEL	13.SOPA DE PASTA
ALMENDRAS	POLLO
GRANOLA	COLIFLOR
3.SOPA DE PASTA	14.BROCOLÍ
PEREJIL	PEPINO
CREMA AGRIA	ADEREZOS
CILANTRO	CHAYOTE COCIDO
DIENTE DE AJO	AGUA DE SABOR
MAYONESA	SALSA DE JITOMATE
MANTEQUILLA	CARNE MOLIDA
CEBOLLA	
CONSOMÉ	
PIMIENTA	ALIMENTOS IGUALES
PAN BLANCO	ALIMENTOS DIFERENTES
NUECES	ÍNDICE DE SIMILITUD
FRESAS	
4.YOGURT NATURAL	
PLÁTANO	
PAPAYA	
JUGO NARANJA	
JITOMATE	
5.QUESO	
JÍCAMA	
LIMÓN	
CHILE EN POLVO	
ARROZ COCIDO	
VERDURAS PROCESADAS	
6.BROCOLÍ	
7.BISTEC	
CHOCOLATE EN POLVO	

ALIMENTOS IGUALES	14
ALIMENTOS DIFERENTES	÷ 44
ÍNDICE DE SIMILITUD	=0.32

En la Figura 6.6 está conformada por dos gráficos principales: superior e inferior. El gráfico superior se muestra la similitud de la dieta de las madres participantes con su perfil aromático de leche humana de pares de madres participantes. En el eje vertical, se encuentran los valores de índice de similitud que varía de 0.25 a 0.80, mientras que en el eje horizontal se presentan las parejas de madres participantes con perfil aromático semejante y diferente identificadas con números. Por otro lado, en el gráfico inferior se presenta un Análisis de Componentes Principales (PCA) de la agrupación de muestras de leche humana de las madres participantes con base a sus perfiles aromáticos en eje de la dimensión 1 (eje x) y 2 (eje y). El gráfico PCA se encuentra dividido en 4 cuadrantes en donde se muestran los puntos numerados del 1 al 20 los cuales representan los perfiles de las madres participantes.

Entre la tendencia, se observa que, a medida que el valor del índice de similitud de la dieta entre madres participantes disminuye, existe menos afinidad entre sus perfiles aromáticos de sus leches humanas maduras, tal como se observa en el par 6 y 16, cuya distancia entre sí, fue de 38.116 unidades PCA, con un índice de similitud de su dieta de 0.25. En cambio, se observa un patrón directamente proporcional, en donde a mayor valor de índice de similitud, existe mayor parecido entre los perfiles de sus leches humanas, como se muestra en el par 5 y 9 que presentaron una distancia de 0.018 unidades PCA entre sí y un índice de similitud en su dieta de 0.80. En la tabla 6.12 se describen la distancia establecida en unidades PCA entre los pares de puntos de perfiles aromáticos de la leche humana de las madres participantes junto con su respectivo valor de índice de similitud de la dieta.

Figura 6.6. Relación entre el perfil de compuestos volátiles relacionados al aroma y sabor en leche humana madura y la dieta de la madre a partir de su similitud.



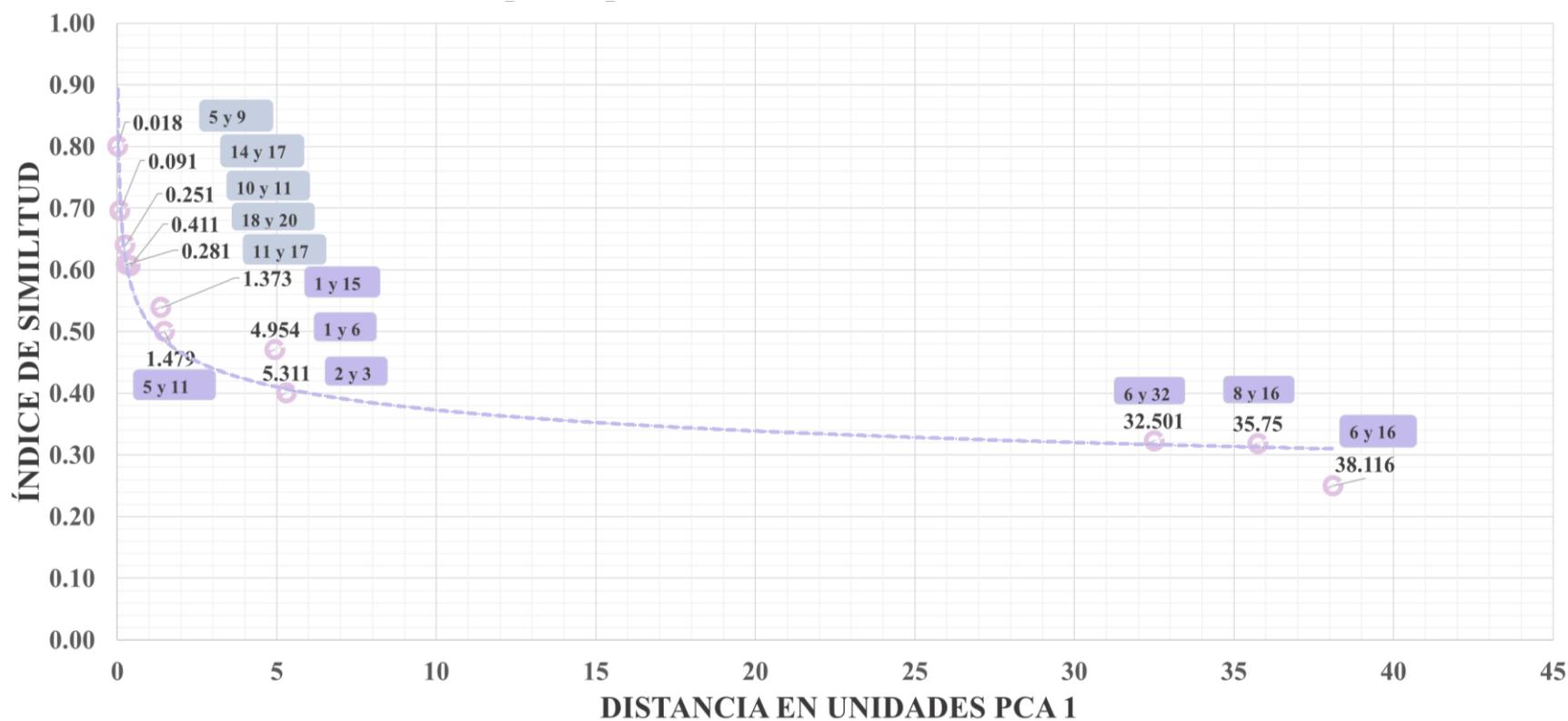
En el gráfico se muestra la agrupación de muestras de leche humana de las madres participantes con base a sus perfiles aromáticos y su asociación con el índice de similitud de la dieta de las madres participantes.

Tabla 6.12. Distancias PCA de perfiles aromáticos de leche y su relación con la similitud dietética entre madres participantes		
Pares de puntos de perfiles aromáticos de madres participantes	*Distancia entre puntos	Índice de similitud de la dieta
5 y 9	0.018	0.80
14 y 17	1.479	0.50
18 y 20	0.411	0.61
11 y 17	0.091	0.70
10 y 11	0.251	0.64
1 y 15	0.281	0.61
5 y 11	5.311	0.40
1 y 6	4.954	0.47
2 y 3	32.501	0.32
2 y 16	1.373	0.54
8 y 16	35.75	0.32
6 y 16	38.116	0.25

**La distancia entre los pares de puntos se determinó a partir de las coordenadas de la dimensión 1 (eje de la x)*

Para demostrar la tendencia mencionada anteriormente, en la Figura 6.7 se visualiza la correlación entre el valor del índice de similitud de la dieta y la distancia en unidades PCA de la dimensión 1 descrita en la Figura 6.6, que presentaron las parejas de madres participantes con perfiles aromáticos muy semejantes o distintos. De manera que las parejas de madres participantes con distancia entre ellas muy cercanas, tuvieron un índice de similitud muy alto (0.80), mientras que parejas de madres participantes con distancias muy alejadas entre ellas, obtuvieron un valor de Índice de similitud menor (0.25), lo que significa que distancias cercanas en el PCA entre pares de puntos de muestras de leche humana de madres participantes, no solo indica que comparten perfil aromático similar, sino también se revela que existe un semejanza en el consumo de alimentos de su dieta, lo que indica que dieta influyó en la composición aromática de la leche humana. Por el contraste, pares de puntos de mamás cuyas distancias en el PCA fueron muy alejadas, se vio marcada, una gran diferencia entre sus perfiles aromáticos y por ende en su ingesta dietética.

Figura 6.7. Correlación entre Índice de similitud de la dieta y la distancia de las madres participantes en el PCA (dimensión 1)



En el gráfico se comprueba la asociación entre el índice de similitud de dieta y la distancia en unidades PCA de la dimensión 1 de madres participantes ubicadas en los recuadros azules y morados, cuyas muestras de leche humana presentaron un perfil de aroma semejante y/o diferente.

6.6 Asociación directa de la dieta materna y los compuestos volátiles presentes en su leche humana madura, a partir de la literatura.

Tomando en cuenta la ingesta de alimentos consumidos en 24 horas previas de la toma de la muestra, 9 mamás presentaron el consumo exclusivo de ciertos alimentos tales como la pera, el chícharo, la col, especias como cúrcuma, jengibre, cebolla y ajo, a partir de estos alimentos se encontró una relación directa entre la ingesta dietética y la presencia de algunos componentes reportados en la literatura en el perfil volátil de las muestras de leche, como se presenta en la Tabla 6.13 . Gao et al. En 2022 (Gao et al., 2022) estudió el perfil volátil de la pera, en la cual detectaron una variedad de compuestos aromatizantes con estructura semejantes tales como el ethyl oleate, hexanal, 2-hexenal, 2-nonanal, 2,4-nonadienal, compuestos químicos del grupo aldehído y éster que estuvieron presentes en la muestra de leche humana de la primera mamá participante quién de todas las participantes fue la única en reportar su consumo. En otro estudio Trindler y colaboradores identificaron los compuestos que dan relevancia al olor en productos de chicharos, tales como hexanal, 2-octenal, nonanal y benzaldehyde (Trindler et al., 2022), los cuales también hubo presencia en muestras de leche de la madre participante número 4. En el trabajo de Janssens y colaboradores detectaron el acetato de etilo como buen marcador fermentativo y 2-hexenal con una fuerte correlación en la presencia de coles verdes y frescas (Janssens et al., 2022), compuestos que se encontraron en la muestra de leche de la madre participante número 16 tras el reporte de ingesta de dicho alimento . En cuanto especias, la madre participante número 17 reportó haber consumido moderadas cantidades jengibre y cúrcuma en su dieta, y entre los compuestos que tuvieron presencia en sus muestras fueron, el beta -pinene, alpha-Pinene y limonene, monoterpenos que fueron descritos en el estudio Kiyama y Nair Kodoth en donde se evaluó el perfil aromático del jengibre y cúrcuma (Kiyama, 2020; Nair, 2020). Abe y colaboradores en su estudio caracterizaron los compuestos aromáticos presentes en extracto de un ajo maduro (Abe et al., 2020), a partir de la literatura el compuesto diallyl disulphide se reporta como parte de su perfil aromático, disulfuro que estuvo presente en muestras de leche humana de 3 madres participantes identificadas con número 4,8,7, además sus muestras junto con las muestras de las participantes número 11,17, y 20 presentaron

también el compuesto disulfide, dipropyl en donde de acuerdo al estudio de Cecchi et al. los autores reafirmaron la presencia de dicho compuesto en su perfil de compuestos volátiles que define la cebolla, entre la variedad de compuestos que posee la cebolla. Sin importar el estado en cómo se encuentre ya sea fresca o congelada, la cebolla comparte un perfil aromático similar. En el caso de una cebolla seca o deshidratada, se observa cantidades elevadas de disulfuros y trisulfuros (Cecchi et al., 2020). Por consiguiente, la presencia de estos compuestos volátiles identificados en las muestras, con base en la literatura previamente mencionada, comprueba la relación directa que existe en el sabor y aromar de la leche humana a partir de la dieta de la madre.

Tabla 6.13. Asociación directa de alimentos consumidos por madres participantes, 24 horas previas a la toma de la muestra y los compuestos volátiles presentes en su leche humana madura, a partir de la literatura.			
No. Individuo/ participante	Alimento consumido exclusivo por Individuo/ participante	Compuestos presentes en el perfil volátil leche humana madura	Referencias que reportan el perfil aromático del alimento consumidos por las participantes
1	Pera	Ethyl Oleate	Gao G, Zhang X, Yan Z, Cheng Y, Li H, Xu G. Monitoring Volatile Organic Compounds in Different Pear Cultivars during Storage Using HS-SPME with GC-MS. Foods. 2022 Nov 23;11(23):3778. doi: 10.3390/foods11233778. PMID: 36496586; PMCID: PMC9735802.
		Hexanal	
		2-Hexenal	
		2-Nonenal	
4	Chícharo	2,4-Nonadienal	Trindler C, Annika Kopf-Bolanz K, Denkel C. Aroma of peas, its constituents and reduction strategies - Effects from breeding to processing. Food Chem. 2021 Dec 22;376:131892. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.131892. Epub ahead of print. PMID: 34971885.
		Hexanal	
		2-octenal	
		Nonanal	
16	Col	Benzaldehyde	Janssens M, Verlinden BE, Hertog MLATM, Nicolai BM. Quality Evolution and Aroma Profile of Pointed Cabbage in Different Storage Regimes. Front Plant Sci. 2022 Apr 15;13:852817. doi: 10.3389/fpls.2022.852817. PMID: 35498690; PMCID: PMC9051525.
		Ethyl Acetate	
		2-Hexenal	
		Nonanal	

Tabla 6.13. Asociación directa de alimentos consumidos por madres participantes, 24 horas previas a la toma de la muestra y los compuestos volátiles presentes en su leche humana madura, a partir de la literatura. (*Continuación*)

No. Individuo/ participante	Alimento consumido exclusivo por Individuo/ participante	Compuestos presentes en el perfil volátil leche humana madura	Referencias que reportan el perfil aromático del alimento consumidos por las participantes
17	Curcuma	.beta.-Pinene	Nair, Kodoth. (2019). Turmeric (Curcuma longa L.) and Ginger (Zingiber officinale Rosc.) - World's Invaluable Medicinal Spices: The Agronomy and Economy of Turmeric and Ginger. 10.1007/978-3-030-29189-1.
	Jengibre	.alpha.-Pinene Limonene	Kiyama R. Nutritional implications of ginger: chemistry, biological activities and signaling pathways. J Nutr Biochem. 2020 Dec;86:108486. doi: 10.1016/j.jnutbio.2020.108486. Epub 2020 Aug 19. PMID: 32827666.
4,7,8,11,17,20	Cebolla	Disulfide, dipropyl	Cecchi L, Ieri F, Vignolini P, Mulinacci N, Romani A. Characterization of Volatile and Flavonoid Composition of Different Cuts of Dried Onion (Allium cepa L.) by HS-SPME-GC-MS, HS-SPME-GC×GC-TOF and HPLC-DAD. Molecules. 2020 Jan 18;25(2):408. doi: 10.3390/molecules25020408. PMID: 31963728; PMCID: PMC7024371.
4,7,8	Ajo	Diallyl disulphide	Abe K, Hori Y, Myoda T. Characterization of key aroma compounds in aged garlic extract. Food Chem. 2020 May 15;312:126081. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.126081. Epub 2019 Dec 24. PMID: 31901831.

6.7 Correlación aproximada de tendencias entre el perfil de compuestos volátiles y el puntaje de calidad de la dieta de las madres participantes.

De acuerdo con el gráfico de Análisis de Componentes Principales (PCA), de la agrupación de muestras de leche humana de las madres participantes con base a sus perfiles aromáticos, se estableció la relación con el puntaje de calidad de la dieta establecido por HEI-2015. Si bien en la figura 6.8 se muestran los resultados en la dimensión 1 y 2 en el cual en el presente estudio no se encontró una relación entre el perfil de compuestos de aroma de la leche humana con el puntaje de la calidad de la dieta, la cual está determinada por los hábitos alimenticios de las madres y la frecuencia con la que se consume ciertos grupos de alimentos. Lo que indica que la presencia de los compuestos volátiles en las muestras analizadas, probablemente se relacione al consumo de alimentos a corto plazo que al puntaje de la calidad de la dieta en general.

Esto se debe a la alta variabilidad de presencia de compuestos volátiles en alimentos, es claro que el aroma y sabor de la mayoría de las frutas y verduras son producidos por mecanismos de biosíntesis. Estos mecanismos desencadenan metabolitos durante el crecimiento de vegetales o frutos. También pueden integrar compuestos generados por microorganismos o bien por sistemas enzimáticos endógenos y/o exógenos. Incluso los procesos metabólicos y bioquímicos como la glucólisis y ciclo de Krebs, desencadenan de igual manera una inmensidad de compuestos volátiles (Badui Dergal, 2020). Además, factores como la genética, el clima, el tipo de suelo, prácticas del cultivo, las condiciones de maduración de cada fruto o planta, puede desarrollar un metabolismo distinto, desencadenando perfiles sensoriales característicos y diversos. Por ejemplo, se sabe que el etileno, es considerado como la hormona absoluta de maduración en frutas y verduras, sin embargo, una producción elevada de etileno junto con las condiciones de almacenamiento, reduce la vida útil y provoca una producción variable de compuestos volátiles que cambian en el sabor y aroma del producto cultivado (Badui Dergal, 2020).

En general, a pesar de que la cantidad de proteínas y lípidos en verduras es escasa, estos macronutrientes son importantes para determinar los procesos biosintéticos. Su interacción conduce a diversas rutas metabólicas que da lugar a una variedad amplia de compuestos. Es decir, los lípidos metabolizados en ácidos grasos libres pueden desencadenar la formación de aldehídos, cetonas, alcoholes, furanos e hidrocarburos, al igual que los lípidos los terpenos forman hidrocarburos, alcoholes, además de compuestos carbonilos, monoterpenos y sesquiterpenos, mientras que las proteínas en su unidad mínima como aminoácidos pueden desarrollar éteres, alcoholes, ésteres, y su vez también compuestos carbonilos y ácidos fenólicos (Badui Dergal, 2020).

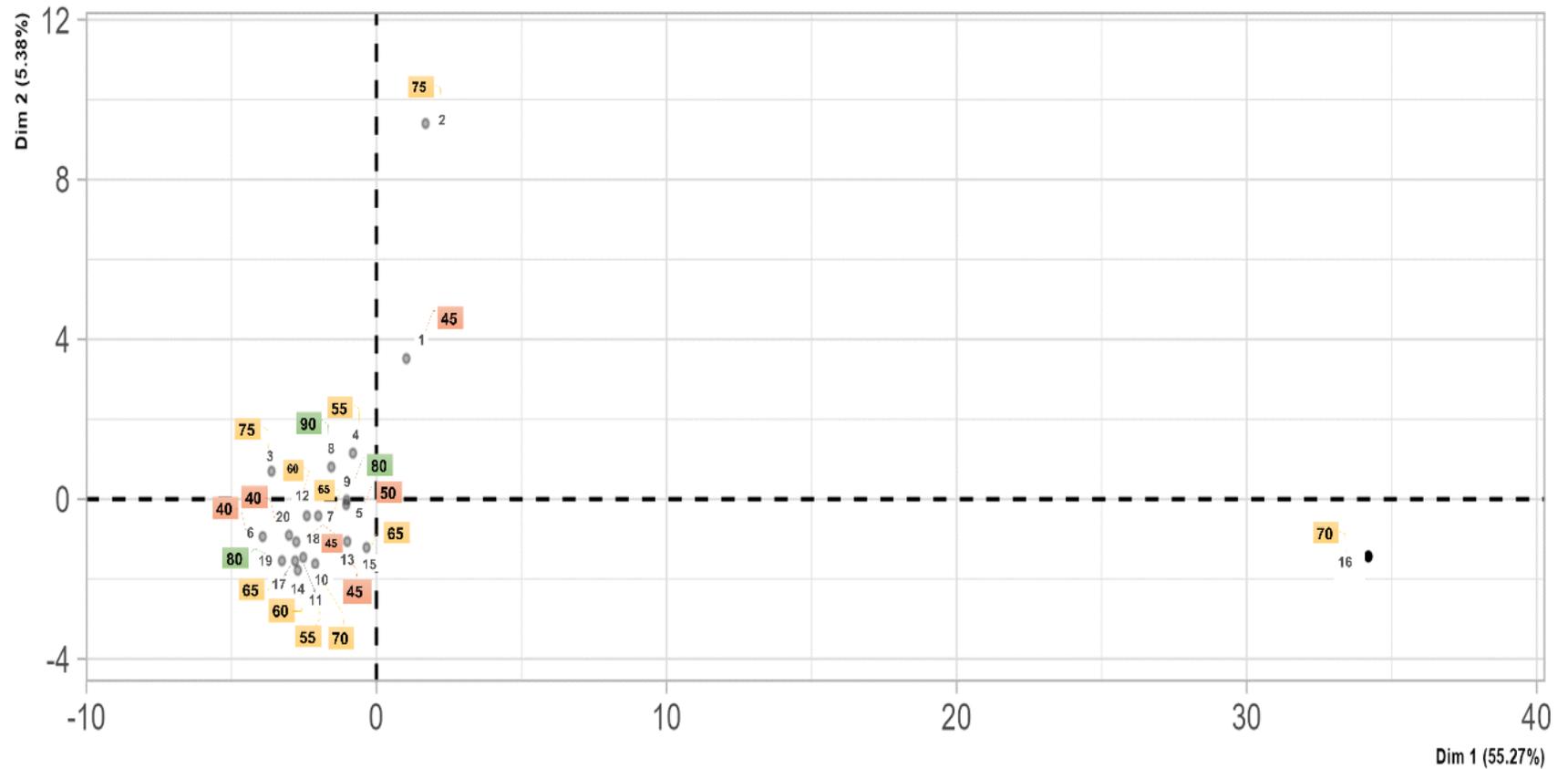
También es relevante al considerar que las frutas se caracterizan por un alto contenido de ésteres, en cambio las verduras como la cebolla, el ajo, el rábano, el berro, la col y la familia de las crucíferas destacan por sintetizar múltiples compuestos azufrados. Ciertamente, se han detectado aproximadamente 420 moléculas que contienen azufre en distintos alimentos, ya sea sintetizados mediante procesos térmicos o generados de manera natural. Asimismo, resulta importante tomar en cuenta que en la mayoría de productos derivados de origen animal (carnes, huevo, pescado leche) cereales y oleaginosas, son sometidos a tratamientos térmicos como la pirolisis, la caramelización, la reacción de Maillard y la degradación térmica de lípidos, en donde además de mejorar su textura, favorece el desarrollo un gran número de sustancias volátiles. por lo general en la reacción de Maillard originan tres grupos de compuestos : a) productos de la segmentación de azúcares: furanos, pironas, ciclopentanos, carbonilos y ácidos, b) productos de la degeneración de aminoácidos: aldehídos y compuestos azufrados, y c) generados por reacciones secundarias: pirroles, piridinas, imidazoles, oxasoles, tiazoles y compuestos de condensación aldólica el cual consiste en una reacción de cetonas o aldehídos para formar aldoles conocidos como 3-hidroxicarbonilos (Badui Dergal, 2020) .

Igualmente es fundamental considerar que la industria alimentaria además de adaptarse a las tendencias que demanda del consumidor por productos reducidos en azúcar, bajos en grasas saturadas, libre de lácteos, sin gluten, aunado al creciente interés por de dietas basadas en

plantas, ha permitido la innovación de productos que ofrezcan proteínas vegetales a base de legumbres, hongos, cereales enteros, oleaginosas, incorporando compuestos volátiles con características antimicrobianas, antifúngicas y antioxidantes que permita extender la vida útil del alimento como el eugenol, el timol, linalool y p-cimeno (Amiri et al., 2016; Del Nobile et al., 2008; Li et al., 2020; Marchese et al., 2017; Melendez-Rodriguez et al., 2019; Talón et al., 2019).

Además, tomar en cuenta que la mayoría de los alimentos procesados durante su elaboración se genera una pérdida de sustancias volátiles naturales propias de sus ingredientes iniciales. Por lo que las industrias alimentarias añaden compuestos volátiles que restauren, mejoren o realcen el aroma y sabor del producto. Asimismo, los ingredientes naturales son sustituidos por alternativas artificiales como la vainillina sintetizada químicamente con la finalidad de reducir costos. Entre los compuestos mayormente utilizados en la industria alimentaria se encuentra el limoneno utilizado en bebidas para brindar aroma cítrico, el acetato de isoamilo el cual proporciona un aroma característico a plátano, presentes en caramelos, bebidas y productos horneados, los ésteres como el acetato de etilo aporta un sabor dulce o frutal, mientras que el butirato de etilo brindan un aroma a piña; entre los aldehídos, el cinnamaldehído ofrece un aroma y sabor a canela, y hexanal comúnmente usado en aderezos y salsas, por brindar notas verdes y frescas. En cuanto cetonas, el diacetilo es frecuentemente utilizado en palomitas de maíz y margarinas además de que es utilizado también en gran variedad de productos procesados por su aroma distintivo a mantequilla, mientras que en relación al grupo de las pirazinas, el metilpirazina regularmente se aplica en productos que son sometidos a procesos térmicos como el chocolate, el café y galletas al proporcionar aromas tostados a nuez (Sanahuja & García, 2021).

Figura 6.8. Relación entre el puntaje de la calidad de la dieta de las madres con el perfil aromático



En el PCA se resalta la ubicación en la dimensión 1 y 2 de cada mamá participante con base al perfil aromático de las muestras de leche humana, cada recuadro de color representa su respectivo puntaje obtenido de calidad de la dieta determinado por HEI-2015, los recuadros de color rojo representa las participantes que presentan una dieta poco saludable, en amarillo corresponden a las madres que necesitan hacer cambios en su dieta, en verde las participantes con una dieta saludable.

A lo largo del estudio, se ha evidenciado que la alimentación materna no solo altera la composición de nutrientes, sino también en su calidad y perfil aromático. Esto implica que la dieta no solo afecta la cantidad de nutrientes disponibles para el lactante, sino además impacta en las características de aroma y sabor de la leche. Aspectos claves pueden facilitar la aceptación de una amplia gama de sabores que moldean las preferencias alimentarias de los lactantes.

Además de la dieta, otros factores que afectan la composición de la leche humana son el estado de salud y estilo de vida de la madre. Enfermedades y hábitos como el ejercicio, el consumo de alcohol y el tabaquismo, puede influir en la producción y composición de la leche. Asimismo, la etapa de lactancia es un factor importante a considerar términos de salud, nutrición, desarrollo y bienestar tanto para la madre como para el bebé, ya que desde el calostro rico en anticuerpos y nutrientes esenciales hasta la leche madura poseen un perfil aromático distinto.

Las condiciones de transporte y almacenamiento de las muestras de leche también son aspectos cruciales. Una exposición a temperaturas inadecuadas o a contaminantes ambientales durante el almacenamiento pone en riesgo las características iniciales de los compuestos volátiles presentes en la leche. Del mismo modo, la forma de recolección y el tipo de análisis que se lleve a cabo en las muestras puede introducir variabilidad en los resultados. Métodos de extracción inadecuados o técnicas analíticas poco precisas impiden capturar la gama completa de compuestos volátiles presentes, lo que podría dar lugar a resultados incompletos u erróneos.

Por lo que este contexto es fundamental para futuras investigaciones que busquen explorar cómo estos factores pueden ser controlados mediante el desarrollo de nuevas intervenciones que optimicen la calidad de la leche materna y, por ende, el desarrollo saludable de los lactantes.

VII. CONCLUSIONES

Esta investigación ha demostrado el impacto de la dieta materna en los perfiles volátiles de la leche humana, proporcionando evidencia clave sobre la relación entre el consumo de alimentos específicos y la presencia de compuestos volátiles como ésteres, aldehídos y terpenos. Estos hallazgos demuestran que, más allá de la calidad global de la dieta, los alimentos juegan un papel crucial en la composición de los perfiles aromáticos de la leche humana madura.

A pesar de las limitaciones del estudio, como el número de muestra, y el escaso control de la ingesta dietética de las participantes, los resultados obtenidos dan pauta a explorar en futuras investigaciones sobre los efectos posibles de los perfiles volátiles en la aceptación y desarrollo del lactante, así como en la interacción entre la dieta y los compuestos bioactivos en la leche humana. Asimismo, estas aportaciones generan nueva perspectiva en el desarrollo de nuevas estrategias nutricionales que mejoren la composición sensorial de la leche materna, fortaleciendo e impulsando la nutrición materno-infantil.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abe, K., Hori, Y., & Myoda, T. (2020). Characterization of key aroma compounds in aged garlic extract. *Food Chemistry*, 312. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.126081>
- Amiri, P., Shahpiri, A., Asadollahi, M. A., Momenbeik, F., & Partow, S. (2016). Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for linalool production. *Biotechnology Letters*, 38(3), 503–508. <https://doi.org/10.1007/S10529-015-2000-4>
- Badui Dergal, S. (2020). *Química de los alimentos / Salvador Badui Dergal*. 636. <https://openurl-ebsco-com.pbidi.unam.mx:2443/contentitem/cat02025a:lib.MX001002227277?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:cat02025a:lib.MX001002227277&crl=c>
- Blount, B. C., McElprang, D. O., Chambers, D. M., Waterhouse, M. G., Squibb, K. S., & Lakind, J. S. (2010). Methodology for collecting, storing, and analyzing human milk for volatile organic compounds. *Journal of Environmental Monitoring*, 12(6). <https://doi.org/10.1039/b927022a>
- Cabiddu, A., Delgadillo-Puga, C., Decandia, M., & Molle, G. (2019). Extensive ruminant production systems and milk quality with emphasis on unsaturated fatty acids, volatile compounds, antioxidant protection degree and phenol content. In *Animals* (Vol. 9, Issue 10). <https://doi.org/10.3390/ani9100771>
- Cecchi, L., Ieri, F., Vignolini, P., Mulinacci, N., & Romani, A. (2020). Characterization of Volatile and Flavonoid Composition of Different Cuts of Dried Onion (*Allium cepa* L.) by HS-SPME-GC-MS, HS-SPME-GC×GC-TOF and HPLC-DAD. *Molecules* 2020, Vol. 25, Page 408, 25(2), 408. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES25020408>
- China Jiménez, B., & Sáenz de Pipaón Marcos, M. (2020). Importancia de la leche humana y sus características nutricionales. Efectos a corto, medio y largo plazo. *Rev Enferm Neonatal*, 34(Diciembre 2020).
- Debong, M. W., & Loos, H. M. (2020). Diet-Induced Flavor Changes in Human Milk: Update and Perspectives. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 68, Issue 38). <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c00223>
- Del Nobile, M. A., Conte, A., Incoronato, A. L., & Panza, O. (2008). Antimicrobial efficacy and release kinetics of thymol from zein films. *Journal of Food Engineering*, 89(1), 57–63. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2008.04.004>
- Denzer, M. Y., Kirsch, F., & Buettner, A. (2015). Are odorant constituents of herbal tea transferred into human milk? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(1). <https://doi.org/10.1021/jf504073d>
- Distefano, M., Mauro, R. P., Page, D., Giuffrida, F., Bertin, N., & Leonardi, C. (2022). Aroma Volatiles in Tomato Fruits: The Role of Genetic, Preharvest and Postharvest Factors. *Agronomy*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy12020376>
- D'urso, S., Cutrignelli, M. I., Calabrò, S., Bovera, F., Tudisco, R., Piccolo, V., & Infascelli, F. (2008). Influence of pasture on fatty acid profile of goat milk. *Journal of Animal*

- Physiology and Animal Nutrition*, 92(3). <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2008.00824.x>
- El Hadi, M. A. M., Zhang, F. J., Wu, F. F., Zhou, C. H., & Tao, J. (2013). Advances in fruit aroma volatile research. In *Molecules* (Vol. 18, Issue 7). <https://doi.org/10.3390/molecules18078200>
- Elgersma, A. (2015). Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: A review of the contributing factors, challenges and future perspectives. In *European Journal of Lipid Science and Technology* (Vol. 117, Issue 9). <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400469>
- Falchero, L., Lombardi, G., Gorlier, A., Lonati, M., Odoardi, M., & Cavallero, A. (2010). Variation in fatty acid composition of milk and cheese from cows grazed on two alpine pastures. *Dairy Science and Technology*, 90(6). <https://doi.org/10.1051/dst/2010035>
- Fernández Andrade, F. M., Escobar Barrios, M., Hernández Rosales, P., Mandujano González, A., Valdelamar Dehesa, A., Taniyama López, O. N., Carrillo Esper, R., Fernández Andrade, F. M., Escobar Barrios, M., Hernández Rosales, P., Mandujano González, A., Valdelamar Dehesa, A., Taniyama López, O. N., & Carrillo Esper, R. (2021). Transtornos del olfato y el gusto, de las bases a la práctica clínica. *Revista de La Facultad de Medicina (México)*, 64(2), 7–21. <https://doi.org/10.22201/FM.24484865E.2021.64.2.02>
- Ferreira Freitas, R., Caetano, D. S., Lessa, A. D. C., Macedo, M. D. S., Dessimoni Pinto, N. A. V., & Teixeira, R. A. (2018). Qualidade da dieta de nutrízes utilizando o Índice de Alimentação Saudável. *Enfermería Global*, 17(3). <https://doi.org/10.6018/eglobal.17.3.285011>
- Galán Ramírez. (2021). *Patrón de alimentación en México – Alimentación y Salud*. <https://alimentacionysalud.unam.mx/patron-de-alimentacion-en-mexico/>
- Gao, G., Zhang, X., Yan, Z., Cheng, Y., Li, H., & Xu, G. (2022). Monitoring Volatile Organic Compounds in Different Pear Cultivars during Storage Using HS-SPME with GC-MS. *Foods*, 11(23), 3778. <https://doi.org/10.3390/FOODS11233778/S1>
- García-López, D. R. (2011). Composición e inmunología de la leche humana. *Acta Pediatr Mex*, 3232(44).
- George, V. C., Dellaire, G., & Rupasinghe, H. P. V. (2017). Plant flavonoids in cancer chemoprevention: role in genome stability. In *Journal of Nutritional Biochemistry* (Vol. 45). <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2016.11.007>
- Glasser, F., Ferlay, A., & Chilliard, Y. (2008). Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 91(12). <https://doi.org/10.3168/jds.2008-0987>
- González-Castell, L. D., Unar-Munguía, M., Bonvecchio-Arenas, A., Ramírez-Silva, I., & Lozada-Tequeanes, A. L. (2023). Prácticas de lactancia materna y alimentación complementaria en menores de dos años de edad en México. *Salud Pública de Mexico*, 65. <https://doi.org/10.21149/14805>
- González-Castell, L. D., Unar-Munguía, M., Quezada-Sánchez, A. D., Bonvecchio-Arenas, A., & Rivera-Dommarco, J. (2020). Situación de las prácticas de lactancia materna y alimentación complementaria en México: resultados de la Ensanut 2018-19. *Salud Pública de Mexico*, 62(6). <https://doi.org/10.21149/11567>

- Hausner, H., Bredie, W. L. P., Mølgaard, C., Petersen, M. A., & Møller, P. (2008). Differential transfer of dietary flavour compounds into human breast milk. *Physiology and Behavior*, 95(1–2). <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2008.05.007>
- Hausner, H., Philipsen, M., Skov, T. H., Petersen, M. A., & Bredie, W. L. P. (2009). Characterization of the volatile composition and variations between infant formulas and mother's milk. *Chemosensory Perception*, 2(2). <https://doi.org/10.1007/s12078-009-9044-6>
- He, Y., Chen, L., Liu, W., Deng, Z. yuan, & Li, J. (2023). Comparative analysis of the volatile components in Chinese breast milk from three regions. *Food Science and Biotechnology*, 32(7). <https://doi.org/10.1007/s10068-022-01235-4>
- He, Y., Chen, L., Zheng, L., Cheng, F., Deng, Z. Y., Luo, T., & Li, J. (2022). A comparative study of volatile compounds in breast milk and infant formula from different brands, countries of origin, and stages. *European Food Research and Technology*, 248(11). <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04077-w>
- Hübschmann, H. (2015). Handbook of GC-MS. In *Handbook of GC-MS*. <https://doi.org/10.1002/9783527674305>
- Hung, H. Y., Hsu, Y. Y., Su, P. F., & Chang, Y. J. (2018). Variations in the rancid-flavor compounds of human breastmilk under general frozen-storage conditions. *BMC Pediatrics*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12887-018-1075-1>
- Irala, P., González, V., Sánchez Bernal, S., & Acosta, J. (2019). Practicas alimentarias y factores asociados al estado nutricional de lactantes ingresados al Programa Alimentario Nutricional Integral en un servicio de salud. *Pediatría (Asunción)*, 46(2). <https://doi.org/10.31698/ped.46022019003>
- Janssens, M., Verlinden, B. E., Hertog, M. L. A. T. M., & Nicolai, B. M. (2022). Quality Evolution and Aroma Profile of Pointed Cabbage in Different Storage Regimes. *Frontiers in Plant Science*, 13, 852817. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2022.852817/BIBTEX>
- Jenkins, T. C. (1993). Lipid Metabolism in the Rumen. *Journal of Dairy Science*, 76(12). [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77727-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77727-9)
- Jensen, R. G. (1995). Handbook of Milk Composition Chapter 2. In *Handbook of Milk Composition*.
- Kerler, J., Winkel, C., Davidek, T., & Blank, I. (2010). Basic Chemistry and Process Conditions for Reaction Flavours with Particular Focus on Maillard-Type Reactions. In *Food Flavour Technology: Second Edition*. <https://doi.org/10.1002/9781444317770.ch3>
- Kiyama, R. (2020). Nutritional implications of ginger: chemistry, biological activities and signaling pathways. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 86. <https://doi.org/10.1016/J.JNUTBIO.2020.108486>
- Koletzko, B., Godfrey, K. M., Poston, L., Szajewska, H., Van Goudoever, J. B., De Waard, M., Brands, B., Grivell, R. M., Deussen, A. R., Dodd, J. M., Patro-Golab, B., & Zalewski, B. M. (2019). Nutrition during pregnancy, lactation and early childhood and its implications for maternal and long-term child health: The early nutrition project recommendations. In *Annals of Nutrition and Metabolism* (Vol. 74, Issue 2). <https://doi.org/10.1159/000496471>

- Krebs-Smith, S. M., Pannucci, T. R. E., Subar, A. F., Kirkpatrick, S. I., Lerman, J. L., Tooze, J. A., Wilson, M. M., & Reedy, J. (2018). Update of the Healthy Eating Index: HEI-2015. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, *118*(9). <https://doi.org/10.1016/j.jand.2018.05.021>
- Li, Y., Dong, Q., Chen, J., & Li, L. (2020). Effects of coaxial electrospun eugenol loaded core-sheath PVP/shellac fibrous films on postharvest quality and shelf life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, *159*, 111028. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2019.111028>
- López, B., Toro, C., Osorno, A., López, B., Toro, C., & Osorno, A. (2020). Relación entre el consumo de ácidos grasos y su contenido en la leche materna madura de mujeres lactantes de la ciudad de Medellín, Colombia. *Revista Chilena de Nutrición*, *47*(6), 889–897. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000600889>
- Lucas, A., Gibbs, J. A. H., Baum, J. D., & Lyster, R. L. J. (1978). Creamatocrit: Simple clinical technique for estimating fat concentration and energy value of human milk. *British Medical Journal*, *1*(6119). <https://doi.org/10.1136/bmj.1.6119.1018>
- Lyons, K. E., Ryan, C. A., Dempsey, E. M., Ross, R. P., & Stanton, C. (2020). Breast milk, a source of beneficial microbes and associated benefits for infant health. In *Nutrients* (Vol. 12, Issue 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu12041039>
- Marchese, A., Arciola, C. R., Barbieri, R., Silva, A. S., Nabavi, S. F., Sokeng, A. J. T., Izadi, M., Jafari, N. J., Suntar, I., Daglia, M., & Nabavi, S. M. (2017). Update on Monoterpenes as Antimicrobial Agents: A Particular Focus on p-Cymene. *Materials 2017, Vol. 10, Page 947, 10*(8), 947. <https://doi.org/10.3390/MA10080947>
- Mastorakou, D., Ruark, A., Weenen, H., Stahl, B., & Steiger, M. (2019). Sensory characteristics of human milk: Association between mothers' diet and milk for bitter taste. *Journal of Dairy Science*, *102*(2). <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15339>
- Melendez-Rodriguez, B., Figueroa-Lopez, K. J., Bernardos, A., Martínez-Máñez, R., Cabedo, L., Torres-Giner, S., & Lagaron, J. M. (2019). Electrospun Antimicrobial Films of Poly(3-hydroxybutyrate- co-3-hydroxyvalerate) Containing Eugenol Essential Oil Encapsulated in Mesoporous Silica Nanoparticles. *Nanomaterials (Basel, Switzerland)*, *9*(2). <https://doi.org/10.3390/NANO9020227>
- Mennella, J. A., & Beauchamp, G. K. (1991). The Transfer of Alcohol to Human Milk. *New England Journal of Medicine*, *325*(14). <https://doi.org/10.1056/nejm199110033251401>
- Moloney, A. P., Monahan, F., & Schmidt, O. (2014). Quality and authenticity of grassland products. *Future Europe Grassland*, *19*.
- Muelbert, M., Galante, L., Alexander, T., Harding, J. E., Pook, C., & Bloomfield, F. H. (2022). Odor-active volatile compounds in preterm breastmilk. *Pediatric Research*, *91*(6). <https://doi.org/10.1038/s41390-021-01556-w>
- Muñoz-Cano, J. M., Córdova-Hernández, J. A., & del Valle-Leveaga, D. (2015). El índice de alimentación saludable de estudiantes de nuevo ingreso a una universidad de México. *Nutricion Hospitalaria*, *31*(4). <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.4.8401>
- Nair, K. P. (2020). Turmeric (*Curcuma longa* L.) and Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) - World's Invaluable Medicinal Spices: The Agronomy and Economy of Turmeric and Ginger. *Turmeric (Curcuma Longa L.) and Ginger (Zingiber Officinale Rosc.) - World's Invaluable Medicinal Spices: The Agronomy and Economy of Turmeric and Ginger*, 1–568. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29189-1/COVER>

- Norte Navarro, A. I., & Ortiz Moncada, R. (2011). Calidad de la dieta española según el índice de alimentación saludable. *Nutricion Hospitalaria*, 26(2). <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.2.4630>
- OMS. (2023). *Alimentación del lactante y del niño pequeño*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/infant-and-young-child-feeding>
- Regueiro, J., Negreira, N., & Simal-Gándara, J. (2017). Challenges in relating concentrations of aromas and tastes with flavor features of foods. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 57, Issue 10, pp. 2112–2127). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1048775>
- Reyes-López, M. A., González-Leyva, C. P., Rodríguez-Cano, A. M., Rodríguez-Hernández, C., Colin-Ramírez, E., Estrada-Gutierrez, G., Muñoz-Manrique, C. G., & Perichart-Perera, O. (2021). Diet quality is associated with a high newborn size and reduction in the risk of low birth weight and small for gestational age in a group of mexican pregnant women: An observational study. *Nutrients*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/nu13061853>
- Robles-Bermeo, N. L., Lara-Carrillo, E., Herrera-Martínez, E., Bermeo-Escalona, J. R., Santillán-Reyes, A. M., Pontigo-Loyola, A. P., & Medina-Solís, C. E. (2019). Leche humana y su efecto sobre la mineralización del esmalte: revisión de literatura. *Pediatría (Asunción)*, 46(3). <https://doi.org/10.31698/ped.460320190010>
- Rodríguez Aviles, D. A., Barrera Rivera, M. K., Tibanquiza Arreaga, L. del P., & Montenegro Villavicencio, A. F. (2020). Beneficios inmunológicos de la leche materna. *RECIAMUC*, 4(1). [https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.\(1\).enero.2020.93-104](https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.(1).enero.2020.93-104)
- Rondanelli, M., Perdoni, F., Infantino, V., Faliva, M. A., Peroni, G., Iannello, G., Nichetti, M., Alalwan, T. A., Perna, S., & Cocuzza, C. (2019). Volatile organic compounds as biomarkers of gastrointestinal diseases and nutritional status. In *Journal of Analytical Methods in Chemistry* (Vol. 2019). <https://doi.org/10.1155/2019/7247802>
- Sanahuja, A. B., & García, A. V. (2021). New Trends in the Use of Volatile Compounds in Food Packaging. *Polymers 2021*, Vol. 13, Page 1053, 13(7), 1053. <https://doi.org/10.3390/POLYM13071053>
- Sandgruber, S., Much, D., Amann-Gassner, U., Hauner, H., & Buettner, A. (2011). Sensory and molecular characterisation of human milk odour profiles after maternal fish oil supplementation during pregnancy and breastfeeding. *Food Chemistry*, 128(2). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.058>
- Scheffler, L., Sauermann, Y., Zeh, G., Hauf, K., Heinlein, A., Sharapa, C., & Buettner, A. (2016). Detection of volatile metabolites of garlic in human breast milk. *Metabolites*, 6(2). <https://doi.org/10.3390/metabo6020018>
- Shahidi, F., & Abad, A. (2018). Lipid-derived flavours and off-flavours in food. In *Encyclopedia of Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21666-1>
- Shahidi, F., & Hossain, A. (2022). Role of Lipids in Food Flavor Generation. In *Molecules* (Vol. 27, Issue 15). <https://doi.org/10.3390/molecules27155014>
- Shingfield, K. J., Bonnet, M., & Scollan, N. D. (2013). Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Animal*, 7(SUPPL.1). <https://doi.org/10.1017/S1751731112001681>

- Slepicka, P. F., Somasundara, A. V. H., & dos Santos, C. O. (2021). The molecular basis of mammary gland development and epithelial differentiation. In *Seminars in Cell and Developmental Biology* (Vol. 114). <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2020.09.014>
- Snetselaar, L. G., De Jesus, J. M., Desilva, D. M., & Stoody, E. E. (2021). *Understanding the Scientific Process, Guidelines, and Key Recommendations*. <https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000512>
- Spahn, J. M., Callahan, E. H., Spill, M. K., Wong, Y. P., Benjamin-Neelon, S. E., Birch, L., Black, M. M., Cook, J. T., Faith, M. S., Mennella, J. A., & Casavale, K. O. (2019). Influence of maternal diet on flavor transfer to amniotic fluid and breast milk and children's responses: A systematic review. In *American Journal of Clinical Nutrition* (Vol. 109). <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy240>
- Talón, E., Vargas, M., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2019). Eugenol incorporation into thermoprocessed starch films using different encapsulating materials. *Food Packaging and Shelf Life*, 21, 100326. <https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2019.100326>
- Trindler, C., Annika Kopf-Bolanz, K., & Denkel, C. (2022). Aroma of peas, its constituents and reduction strategies – Effects from breeding to processing. *Food Chemistry*, 376, 131892. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.131892>
- Tritos, N. A., & Klibanski, A. (2019). Prolactin and Its Role in Human Reproduction. In *Yen & Jaffe's Reproductive Endocrinology: Physiology, Pathophysiology, and Clinical Management: Eighth Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-47912-7.00003-2>
- Vazquez-Landaverde, P. A., Velazquez, G., Torres, J. A., & Qian, M. C. (2005). Quantitative Determination of Thermally Derived Off-Flavor Compounds in Milk Using Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography. *Journal of Dairy Science*, 88(11), 3764–3772. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(05\)73062-9](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(05)73062-9)
- Wang, L., Collins, C., Ratliff, M., Xie, B., & Wang, Y. (2017). Breastfeeding Reduces Childhood Obesity Risks. *Childhood Obesity*, 13(3). <https://doi.org/10.1089/chi.2016.0210>
- Witkowska-Zimny, M., & Kaminska-El-Hassan, E. (2017). Cells of human breast milk. In *Cellular and Molecular Biology Letters* (Vol. 22, Issue 1). <https://doi.org/10.1186/s11658-017-0042-4>
- Yin, W., Hewson, L., Linforth, R., Taylor, M., & Fisk, I. D. (2017). Effects of aroma and taste, independently or in combination, on appetite sensation and subsequent food intake. *Appetite*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.04.005>

ANEXOS

ANEXO 1. TABLAS DE COMPUESTOS VOLÁTILES ADICIONALES

<i>Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor del Leche Humana madura</i>					
Compuesto	Clase	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
n:115 compuestos, n: 20 muestras					
Acetic acid	Ácido carboxílico	100%	7,954	0.016532293	0.02065034
Hexanal	Aldehído	100%	15,622	0.214249857	0.1918219
Butanoic acid, ethyl ester	Éster	100%	15,786	0.101140291	0.138689
Heptanal	Aldehído	100%	22,619	0.032512847	0.04743267
Hexanoic acid, methyl ester	Éster	100%	24,177	0.152613373	0.20986841
2-Heptenal	Aldehído	100%	26,213	0.069134266	0.06774756
.beta.-Pinene	Terpeno	100%	27,431	0.057594707	0.04588186
.beta.-Myrcene	Terpeno	100%	28,313	0.266612955	0.26369914
Hexanoic acid	Ácido carboxílico	100%	29,049	0.72372502	0.52162025
Limonene	Terpeno	100%	30,692	7.253996395	6.01639537
1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl) - (sinónimo gamma-terpinene)	Terpeno	100%	32,315	0.146810868	0.13638383
Diallyl disulphide	Disulfuro	100%	33,528	0.110394313	0.13431998
Heptanoic acid	Ácido carboxílico	100%	34,092	0.148835424	0.09356481
Heptanoic acid, ethyl ester	Ácido carboxílico	100%	34,419	0.064801674	0.06782709
1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	Terpeno	100%	34,639	0.048027293	0.03899095
Nonanal	Aldehído	100%	34,798	0.135683502	0.13255678
Disulfide, dipropyl	Disulfuro	100%	35,047	0.059632029	0.06294668
Octanoic acid, methyl ester	Éster	100%	35,848	0.613604317	1.40490758
Camphor	Terpeno	100%	37,182	0.032586054	0.02403229
2-Nonenal	Aldehído	100%	37,754	0.121326336	0.09564812
Acetic acid, phenylmethyl ester	Éster	100%	38,090	0.080832652	0.08721048
Octanoic Acid	Ácido carboxílico	100%	40,250	8.821997929	8.95749821

*Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura
(Continuación)*

Compuesto	Clase	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
Nonanoic acid, methyl ester	Éster	100%	40,921	0.156897645	0.37138174
Nonanoic acid	Ácido carboxílico	100%	43,740	0.573044259	0.32572422
Nonanoic acid, ethyl ester	Éster	100%	44,386	0.072988952	0.07538715
Decanoic acid	Ácido carboxílico	100%	49,580	5.684928661	6.72638846
Hexanedioic acid, bis(1-methylethyl) ester	Éster	100%	54,787	0.074248585	0.1291568
2(3H)-Furanone, 5-hexyldihydro	Lactona	100%	56,426	0.032426372	0.04884183
Butylated Hydroxytoluene	Compuesto fenólico	100%	61,044	0.023882356	0.01701898
Dodecanoic acid	Ácido carboxílico	100%	66,431	1.782473686	2.91402616
Dodecanoic acid, ethyl ester	Éster	100%	67,438	0.931882913	2.06575816
2(3H)-Furanone, 5-butyldihydro-	Lactona	100%	69,792	0.046963865	0.02907659
Tetradecanoic acid	Ácido carboxílico	100%	72,499	0.101437078	0.16142339
Tetradecanoic acid, ethyl ester	Éster	100%	73,011	0.078646207	0.08934563
Ethyl Oleate	Éster	100%	78,407	0.126519099	0.15289918
2-Pentanone	Acetona	95%	8,879	0.008597077	0.00658492
Butanoic acid, methyl ester	Éster	95%	10,764	0.070139383	0.12542061
Butanoic acid, 1-methylethyl ester	Éster	95%	18,673	0.019440109	0.03658343
.alpha.-Pinene	Terpeno	95%	24,685	0.18189693	0.70574992
Benzaldehyde	Aldehído	95%	26,497	0.052975348	0.04991629
Acetophenone	Acetona	95%	32,853	0.057167464	0.08753207
Cyclohexanone, 5-methyl-2-(1-methylethyl)	Terpeno	95%	37,556	0.051097504	0.03869858
2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-	Terpeno	95%	42,174	0.055045707	0.11204797
2(3H)-Furanone, dihydro-5-pentyl	Lactona	95%	48,396	0.035097713	0.02445135
Decanoic acid, ethyl ester	Éster	95%	50,204	3.067290186	8.10653231
Dodecanoic acid, methyl ester	Éster	95%	62,003	1.908623972	4.13075192
Methyl tetradecanoate	Éster	95%	71,578	0.230918045	0.27548282
Hexadecanoic acid, ethyl ester	Éster	95%	74,229	0.034110474	0.04826375
Ethyl Acetate	Éster	90%	6,512	0.016724342	0.01876564
2-Hexenal	Aldehído	90%	19,413	0.020153583	0.02594716

Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura (Continuación)

Compuesto	Clase	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
1-Hexadecanol	Alcohol	90%	74,750	0.072025648	0.0372804
Butanoic acid	Ácido carboxílico	85%	16,926	0.15180287	0.15934259
Hexanoic acid, 1-methylethyl ester	Éster	85%	31,024	0.125504453	0.23667738
Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	Terpeno	85%	33,989	0.142616851	0.3378086
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	Éster	85%	78,197	0.037003895	0.05090938
Linoleic acid ethyl ester	Éster	85%	78,356	0.027561428	0.03118354
Eucalyptol	Terpeno	80%	30,830	0.1767342	0.40406589
Octanoic acid, ethyl ester	Éster	80%	39,574	2.374457031	2.16941001
2,4-Nonadienal	Aldehído	75%	40,560	0.364979033	0.82747029
Piperonal	Aldehído	75%	46,950	0.016588907	0.02284473
Pyrazine, 2,6-dimethyl	Pirazina	25%	23,230	0.006942329	0.01574112
2-Undecanone	Acetona	25%	44,304	0.013444512	0.02580522
Pentanoic acid	Ácido carboxílico	20%	16,685	0.023381698	0.07471325
3-Carene	Terpeno	20%	24,521	0.100306506	0.43745052
Hexanoic acid, ethyl ester	Éster	20%	28,799	0.124644731	0.26213908
2-Tridecanone	Acetona	20%	58,832	0.007582655	0.02301555
Undecanoic acid, ethyl ester	Éster	20%	67,511	0.222702904	0.94471695
Furan, 2-methyl	Furano	15%	6,280	0.003777062	0.00943664
1-Butanol, 3-methyl-, acetate	Éster	15%	21,044	0.015909632	0.06655436
Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)	Terpeno	15%	34,113	0.037890065	0.1049218
Cyclopentaneacetic acid, 3-oxo-2-pentyl-, methyl ester	Éster	15%	69,560	0.008783248	0.02466081
Pyrazine, 2,5-dimethyl-	Pirazina	10%	23,222	0.001729975	0.00546917
Disulfide, methyl propyl	Disulfuro	10%	24,517	0.000435973	0.00156918
Cyclohexene, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	Terpeno	10%	27,409	0.021920659	0.07758512
1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl	Terpeno	10%	31,583	0.009061518	0.02794542
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	Terpeno	10%	30,378	0.066914611	0.21309775
2-Octenal	Aldehído	10%	32,267	0.015005573	0.04632553
2-Nonanone	Acetona	10%	34,105	0.009781835	0.03086517

Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura (Continuación)

Compuesto	Clase	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
3-(4-Isopropylphenyl)-2-methylpropionaldehyde	Aldehído	10%	40,194	0.002819193	0.00904976
2,4-Decadienal	Aldehído	10%	45,616	0.006897664	0.02370307
2(3H)-Furanone, 5-heptyldihydro-	Lactona	10%	48,396	0.003427645	0.01120905
Dodecanal	Aldehído	10%	51,099	0.01543292	0.06559805
Oleic Acid	Ácido carboxílico	10%	78,821	0.003934965	0.01538754
Formic acid, 1-methylethyl ester	Éster	5%	5,708	0.000685999	0.00306788
Ethanol	Alcohol	5%	4,615	0.005747398	0.02570315
1-Butanol	Alcohol	5%	7,907	0.006573412	0.02939719
Furan, 2,5-dimethyl-	Furano	5%	9,778	0.001311603	0.00586567
3-Penten-2-one	Cetona	5%	11,689	0.013700288	0.06126955
1-Pentanol	Alcohol	5%	13,505	0.004310262	0.01927608
Pyridine	Amina	5%	14,030	0.004115159	0.01840355
2H-Pyran, 3,6-dihydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-	Pirano	5%	21,475	0.00046451	0.00207735
Pentanoic acid, ethyl ester	Éster	5%	22,576	0.001534752	0.00686362
Octanal	Aldehído	5%	28,941	0.035788502	0.16005105
Benzyl Alcohol	Alcohol	5%	31,308	0.003866495	0.01729149
Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)-(./-.)-	Alcohol	5%	38,529	0.002742614	0.01226534
Decanal	Aldehído	5%	40,052	0.002160259	0.00966097
2-Decenal, (Z)-	Aldehído	5%	42,746	0.02542246	0.1136927
6-Undecanone	Acetona	5%	43,168	0.004168794	0.01864341
Phenol, p-tert-butyl	Fenol	5%	44,790	0.000908778	0.00406418
Trisulfide, dipropyl	Sulfuro	5%	46,249	0.013578785	0.06072617
n-Caprylic acid isobutyl ester	Éster	5%	47,054	0.005813914	0.02600061
Butanoic acid, phenylmethyl ester	Éster	5%	47,230	0.017763829	0.07944226
Triacetin	Éster	5%	47,299	0.002615258	0.01169579
Propanoic acid, 2-methyl-, 2-methylpropyl ester	Éster	5%	48,048	0.005970119	0.02669918
Undecanoic acid	Ácido carboxílico	5%	50,832	0.001555634	0.00695701
Octanoic acid, 3-methylbutyl ester	Éster	5%	53,956	0.016715179	0.07475255

Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura (Continuación)

Compuesto	Clase	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
Tetradecanal	Aldehído	5%	68,153	0.004201619	0.01879021
Heptanal, 2-(phenylmethylene)-	Aldehído	5%	70,558	0.001010668	0.00451985
2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-	Lactona	5%	70,502	0.002450521	0.01095907
Octanal, 2-(phenylmethylene)-	Aldehído	5%	72,202	0.003741677	0.01673329
E-11-Tetradecenoic acid	Ácido carboxílico	5%	72,378	0.004597334	0.0205599
8,11,14-Eicosatrienoic acid, (Z,Z,Z)-	Ácido carboxílico	5%	72,275	0.005224643	0.02336531
Octadecanal	Aldehído	5%	73,403	0.002454186	0.01097545
Octadecanoic acid, ethyl ester	Éster	5%	75,985	0.006970591	0.03117343
n-Hexadecanoic acid	Ácido carboxílico	5%	75,679	0.002448633	0.01095062

**Los compuestos fueron detectados por cromatografía de gases con la metodología de microextracción en fase sólida (SPME), acoplado a espectrómetro de masas, para la identificación de los compuestos volátiles en muestras de Leche Humana (LM) madura utilizando la biblioteca del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, Gaithersburgh, MD, EE.UU.) instalada en el equipo del Espectrómetro de masas.*

Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura ordenados de acuerdo con su tiempo de retención.

Compuesto	Clase	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
N: 20					
Ethanol	Alcohol	5%	4,615	0.005747398	0.02570315
Formic acid, 1-methylethyl ester	Éster	5%	5,708	0.000685999	0.00306788
Furan, 2-methyl	Furano	15%	6,280	0.003777062	0.00943664
Ethyl Acetate	Éster	90%	6,512	0.016724342	0.01876564
1-Butanol	Alcohol	5%	7,907	0.006573412	0.02939719
Acetic acid	Ácido carboxílico	100%	7,954	0.016532293	0.02065034
2-Pentanone	Acetona	95%	8,879	0.008597077	0.00658492
Furan, 2,5-dimethyl-	Furano	5%	9,778	0.001311603	0.00586567
Butanoic acid, methyl ester	Éster	95%	10,764	0.070139383	0.12542061
3-Penten-2-one	Cetona	5%	11,689	0.013700288	0.06126955
1-Pentanol	Alcohol	5%	13,505	0.004310262	0.01927608
Pyridine	Amina	5%	14,030	0.004115159	0.01840355
Hexanal	Aldehído	100%	15,622	0.214249857	0.1918219
Butanoic acid, ethyl ester	Éster	100%	15,786	0.101140291	0.138689
Pentanoic acid	Ácido carboxílico	20%	16,685	0.023381698	0.07471325
Butanoic acid	Ácido carboxílico	85%	16,926	0.15180287	0.15934259
Butanoic acid, 1-methylethyl ester	Éster	95%	18,673	0.019440109	0.03658343
2-Hexenal	Aldehído	90%	19,413	0.020153583	0.02594716
1-Butanol, 3-methyl-, acetate	Éster	15%	21,044	0.015909632	0.06655436
2H-Pyran, 3,6-dihydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-	Pirano	5%	21,475	0.00046451	0.00207735
Pentanoic acid, ethyl ester	Éster	5%	22,576	0.001534752	0.00686362
Heptanal	Aldehído	100%	22,619	0.032512847	0.04743267
Pyrazine, 2,5-dimethyl-	Pirazina	10%	23,222	0.001729975	0.00546917
Pyrazine, 2,6-dimethyl	Pirazina	25%	23,230	0.006942329	0.01574112

Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura ordenados de acuerdo con su tiempo de retención. (Continuación)

Compuesto	Clase	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
Hexanoic acid, methyl ester	Éster	100%	24,177	0.152613373	0.20986841
Disulfide, methyl propyl	Disulfuro	10%	24,517	0.000435973	0.00156918
3-Carene	Terpeno	20%	24,521	0.100306506	0.43745052
.alpha.-Pinene	Terpeno	95%	24,685	0.18189693	0.70574992
2-Heptenal	Aldehído	100%	26,213	0.069134266	0.06774756
Benzaldehyde	Aldehído	95%	26,497	0.052975348	0.04991629
Cyclohexene, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	Terpeno	10%	27,409	0.021920659	0.07758512
.beta.-Pinene	Terpeno	100%	27,431	0.057594707	0.04588186
.beta.-Myrcene	Terpeno	100%	28,313	0.266612955	0.26369914
Hexanoic acid, ethyl ester	Éster	20%	28,799	0.124644731	0.26213908
Octanal	Aldehído	5%	28,941	0.035788502	0.16005105
Hexanoic acid	Ácido carboxílico	100%	29,049	0.72372502	0.52162025
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	Terpeno	10%	30,378	0.066914611	0.21309775
Limonene	Terpeno	100%	30,692	7.253996395	6.01639537
Eucalyptol	Terpeno	80%	30,830	0.1767342	0.40406589
Hexanoic acid, 1-methylethyl ester	Éster	85%	31,024	0.125504453	0.23667738
Benzyl Alcohol	Alcohol	5%	31,308	0.003866495	0.01729149
1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl	Terpeno	10%	31,583	0.009061518	0.02794542
2-Octenal	Aldehído	10%	32,267	0.015005573	0.04632553
1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)- - (sinónimo gamma-terpinene)	Terpeno	100%	32,315	0.146810868	0.13638383
Acetophenone	Acetona	95%	32,853	0.057167464	0.08753207
Diallyl disulphide	Disulfuro	100%	33,528	0.110394313	0.13431998
Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	Terpeno	85%	33,989	0.142616851	0.3378086
Heptanoic acid	Ácido carboxílico	100%	34,092	0.148835424	0.09356481
2-Nonanone	Acetona	10%	34,105	0.009781835	0.03086517
Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)	Terpeno	15%	34,113	0.037890065	0.1049218

Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura ordenados de acuerdo con su tiempo de retención. (Continuación)

Compuesto	Clase	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
Heptanoic acid, ethyl ester	Ácido carboxílico	100%	34,419	0.064801674	0.06782709
1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-Nonanal	Terpeno	100%	34,639	0.048027293	0.03899095
Disulfide, dipropyl	Aldehído	100%	34,798	0.135683502	0.13255678
Octanoic acid, methyl ester	Disulfuro	100%	35,047	0.059632029	0.06294668
Camphor	Éster	100%	35,848	0.613604317	1.40490758
Cyclohexanone, 5-methyl-2-(1-methylethyl)	Terpeno	100%	37,182	0.032586054	0.02403229
2-Nonenal	Terpeno	95%	37,556	0.051097504	0.03869858
Acetic acid, phenylmethyl ester	Aldehído	100%	37,754	0.121326336	0.09564812
Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)-(./-.)-	Éster	100%	38,090	0.080832652	0.08721048
Octanoic acid, ethyl ester	Alcohol	5%	38,529	0.002742614	0.01226534
Decanal	Éster	80%	39,574	2.374457031	2.16941001
3-(4-Isopropylphenyl)-2-methylpropionaldehyde	Aldehído	5%	40,052	0.002160259	0.00966097
Octanoic Acid	Aldehído	10%	40,194	0.002819193	0.00904976
2,4-Nonadienal	Ácido carboxílico	100%	40,250	8.821997929	8.95749821
Nonanoic acid, methyl ester	Aldehído	75%	40,560	0.364979033	0.82747029
2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-	Éster	100%	40,921	0.156897645	0.37138174
2-Decenal, (Z)-	Terpeno	95%	42,174	0.055045707	0.11204797
6-Undecanone	Aldehído	5%	42,746	0.02542246	0.1136927
Nonanoic acid	Acetona	5%	43,168	0.004168794	0.01864341
2-Undecanone	Ácido carboxílico	100%	43,740	0.573044259	0.32572422
Nonanoic acid, ethyl ester	Acetona	25%	44,304	0.013444512	0.02580522
Phenol, p-tert-butyl	Éster	100%	44,386	0.072988952	0.07538715
2,4-Decadienal	Fenol	5%	44,790	0.000908778	0.00406418
Trisulfide, dipropyl	Aldehído	10%	45,616	0.006897664	0.02370307
Piperonal	Sulfuro	5%	46,249	0.013578785	0.06072617
	Aldehído	75%	46,950	0.016588907	0.02284473

Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura ordenados de acuerdo con su tiempo de retención. (Continuación)

Compuesto	Clase	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
n-Caprylic acid isobutyl ester	Éster	5%	47,054	0.005813914	0.02600061
Butanoic acid, phenylmethyl ester	Éster	5%	47,230	0.017763829	0.07944226
Triacetin	Éster	5%	47,299	0.002615258	0.01169579
Propanoic acid, 2-methyl-, 2-methylpropyl ester	Éster	5%	48,048	0.005970119	0.02669918
2(3H)-Furanone, dihydro-5-pentyl	Lactona	95%	48,396	0.035097713	0.02445135
2(3H)-Furanone, 5-heptyldihydro-	Lactona	10%	48,396	0.003427645	0.01120905
Decanoic acid	Ácido carboxílico	100%	49,580	5.684928661	6.72638846
Decanoic acid, ethyl ester	Éster	95%	50,204	3.067290186	8.10653231
Undecanoic acid	Ácido carboxílico	5%	50,832	0.001555634	0.00695701
Dodecanal	Aldehído	10%	51,099	0.01543292	0.06559805
Octanoic acid, 3-methylbutyl ester	Éster	5%	53,956	0.016715179	0.07475255
Hexanedioic acid, bis(1-methylethyl) ester	Éster	100%	54,787	0.074248585	0.1291568
2(3H)-Furanone, 5-hexyldihydro	Lactona	100%	56,426	0.032426372	0.04884183
2-Tridecanone	Acetona	20%	58,832	0.007582655	0.02301555
Butylated Hydroxytoluene	Compuesto fenólico	100%	61,044	0.023882356	0.01701898
Dodecanoic acid, methyl ester	Éster	95%	62,003	1.908623972	4.13075192
Dodecanoic acid	Ácido carboxílico	100%	66,431	1.782473686	2.91402616
Dodecanoic acid, ethyl ester	Éster	100%	67,438	0.931882913	2.06575816
Undecanoic acid, ethyl ester	Éster	20%	67,511	0.222702904	0.94471695
Tetradecanal	Aldehído	5%	68,153	0.004201619	0.01879021
Cyclopentaneacetic acid, 3-oxo-2-pentyl-, methyl ester	Éster	15%	69,560	0.008783248	0.02466081
2(3H)-Furanone, 5-butyldihydro-	Lactona	100%	69,792	0.046963865	0.02907659
2(3H)-Furanone, 5-ethyldihydro-	Lactona	5%	70,502	0.002450521	0.01095907
Heptanal, 2-(phenylmethylene)-	Aldehído	5%	70,558	0.001010668	0.00451985
Methyl tetradecanoate	Éster	95%	71,578	0.230918045	0.27548282

Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor de la Leche Humana madura ordenados de acuerdo con su tiempo de retención. (Continuación)

Compuesto	Clase	Presencia en las muestras	TR	Área Relativa media (ppm)	DE
Octanal, 2-(phenylmethylene)-	Aldehído	5%	72,202	0.003741677	0.01673329
8,11,14-Eicosatrienoic acid, (Z,Z,Z)-	Ácido carboxílico	5%	72,275	0.005224643	0.02336531
E-11-Tetradecenoic acid	Ácido carboxílico	5%	72,378	0.004597334	0.0205599
Tetradecanoic acid	Ácido carboxílico	100%	72,499	0.101437078	0.16142339
Tetradecanoic acid, ethyl ester	Éster	100%	73,011	0.078646207	0.08934563
Octadecanal	Aldehído	5%	73,403	0.002454186	0.01097545
Hexadecanoic acid, ethyl ester	Éster	95%	74,229	0.034110474	0.04826375
1-Hexadecanol	Alcohol	90%	74,750	0.072025648	0.0372804
n-Hexadecanoic acid	Ácido carboxílico	5%	75,679	0.002448633	0.01095062
Octadecanoic acid, ethyl ester	Éster	5%	75,985	0.006970591	0.03117343
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	Éster	85%	78,197	0.037003895	0.05090938
Linoleic acid ethyl ester	Éster	85%	78,356	0.027561428	0.03118354
Ethyl Oleate	Éster	100%	78,407	0.126519099	0.15289918
Oleic Acid	Ácido carboxílico	10%	78,821	0.003934965	0.01538754

**Los compuestos fueron detectados por cromatografía de gases con la metodología de microextracción en fase sólida (SPME), acoplado a espectrómetro de masas, para la identificación de los compuestos volátiles en muestras de Leche Humana (LM) madura utilizando la biblioteca del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, Gaithersburgh, MD, EE.UU.) instalada en el equipo del Espectrómetro de masas*

ANEXO 2. CARTAS DE AUTORIZACIÓN



SECRETARÍA DE
SALUD • SESEQ

Servicios de Salud del Estado de Querétaro
Subdirección de Enseñanza, Capacitación e Investigación

COMITÉ ESTATAL DE INVESTIGACIÓN

DICTAMEN

El H. Comité Estatal de Investigación, después de haber evaluado su Protocolo titulado:

**"COMPUESTOS AROMÁTICOS EN LECHE HUMANA: SU RELACIÓN CON LA DIETA
MATERNA Y LAS PREFERENCIAS ALIMENTARIAS DEL LACTANTE"**

INVESTIGADOR: MCNH. Diana Gabriela Figueroa Piña

No. DE REGISTRO ESTATAL:

1393 / 21-01-2022/ MCNH. DIANA GABRIELA FIGUEROA PIÑA / FCN UAQ

Ha sido-----**APROBADO**-----

Así mismo, le comunicamos que al realizar este proyecto, adquiere el compromiso ineludible de informar a este Comité los avances de su Proyecto en los 6 meses posteriores a la recepción del presente, en la publicación de éste compartir créditos con los Servicios de Salud del Estado, en caso requerido el seguimiento de los pacientes y autorizar a los Servicios de Salud del Estado de Querétaro para la publicación de los autores y título de su trabajo en la página Web de la Institución, así como la presentación del Informe Técnico Final.


Dr. Jesús Enrique Espinoza Palomo
Subdirector de Enseñanza, SESEQ


Dra. Ivette Mata Maqueda
Coordinadora Estatal de Investigación en Salud, SESEQ.

El presente Dictamen se firma en la Ciudad de Santiago de Querétaro, a 28 de febrero de 2022.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES



Asunto: Autorización de uso de la Sala de lactancia de la
Clínica de Nutrición, UAQ

L.N. Yazmín Paredes Martínez
Estudiante en la Maestría en Nutrición
Clínica Integral U.A.Q

Por medio de la presente le comunicamos que ha sido **APROBADO** el uso de la sala de lactancia de la Clínica de Nutrición de la UAQ, Campus Juriquilla para llevar a cabo su proyecto de investigación titulado "Calidad de la dieta de la madre lactante, ¿asociada a los compuestos volátiles de la leche humana madura?" de marzo a diciembre del 2023.

El presente documento se firma en la Ciudad Querétaro, Qro. a 10 de marzo de 2023.

ATENTAMENTE

Mtro. Oscar Martínez González
Coordinador de la Maestría en Nutrición Clínica Integral U.A.Q.
Coordinador de la Clínica Universitaria de Nutrición
"Dr. Carlos Alcocer Cuarón"
Tel 442 192 12 00 Ext. 5395
Correo: oscar.martinez@uaq.mx

ANEXO 3. CONSENTIMIENTO INFORMADO



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Comité de Bioética



Consentimiento informado para participar en un estudio de investigación titulado:

COMPUESTOS DE AROMA EN LA LECHE HUMANA Y SU RELACIÓN CON LA DIETA.

Investigador principal: Dra. Karina de la Torre Carbot, L.N. Yazmín Pardes Martínez
Sede donde se realizará el estudio: Facultad de Ciencias Naturales UAQ y Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer.

INTRODUCCIÓN

Se le invita a participar al presente estudio de investigación, titulado “*Compuestos volátiles relacionados al aroma de la leche humana madura y su asociación con la calidad de la dieta de la madre lactante*”, a través de este consentimiento informado usted podrá conocer el propósito y el procedimiento que se llevará a cabo. Siéntase con la libertad de preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas respecto al estudio. Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme este documento, del cual se le entregará una copia con firma y fecha.

PROPÓSITO

En este estudio se evaluarán compuestos que dan olor y sabor a la leche materna, importantes para el desarrollo sensorial del bebé con el fin de analizar la relación de dichos compuestos, con la calidad de la dieta de la madre lactante. El estudio estará dividido en 2 fases.

PROCEDIMIENTOS

1. Medidas de Seguridad Sanitaria

Las medidas de seguridad sanitaria que se seguirán son las establecidas por la Secretaría de Salud, las cuales consisten en:

- Lavado de manos antes y después de la atención de la madre y su bebé. Para el secado de manos se utilizarán toallas desechables.
- Desinfección de todo el material que va a estar en contacto con la piel del bebé, utilizando un desinfectante que no sea irritante.
- El personal de salud llevará bata blanca y cubrebocas.
- Se tendrá a simple vista alcohol desinfectante.

- En el llenado de cuestionarios se tomará una distancia mínima de 1.5 m. Para la toma de las medidas antropométricas se acercará el profesional de la salud únicamente lo necesario.

2. Toma de medidas antropométricas.

Las mediciones antropométricas serán realizadas por la estudiante de la Maestría en Nutrición Clínica Integral de la UAQ, LN. Yazmín Paredes Martínez y/o bien por pasantes de la Licenciatura de Nutrición de la UAQ previamente capacitados que decidan integrarse al proyecto de investigación.

A continuación, se mencionan las medidas antropométricas que se aplicarán:

- **Mamá:** Peso, talla por estimación de media brazada.

Para la toma de su peso y talla, es necesario que suba a la báscula digital descalza, sin zapatos ni calcetines, en posición erguida, mirada al frente y sin ningún objeto metálico que pueda interferir con la señal de la báscula. Después se medirá la longitud de su brazo derecho extendido desde el hueco del esternon hasta la punta del dedo medio para estimar su talla.

- **Bebé:** Peso, longitud, pliegue tricipital, circunferencia de brazo y perímetro cefálico.

Para las mediciones antropométricas del bebé, se le pedirá a la madre retirar la mayor ropa posible a su bebé junto con el cambio de su pañal. El bebé será colocado sobre la bandeja de báscula digital especial para neonatos, cuidando que todo su cuerpo permanezca dentro y distribuido de manera uniforme sobre el centro de la misma con la finalidad de obtener su peso.

La longitud será tomada con un infantómetro, en donde el bebé permanecerá en posición boca arriba con cuerpo en posición recta, brazos a los costados y cabeza alineada tocando la base fija del infantómetro, se extenderá las piernas del neonato ejerciendo una leve fuerza sobre sus talones para poder formar un ángulo de 90° en sus pies y tomar su longitud con la base móvil del equipo.

El perímetro cefálico se medirá considerando el punto máximo de la cabeza y el entrecejo del bebé, para la medición de la circunferencia de brazo se colocará el brazo izquierdo en un ángulo de 90° pegado al tronco y se identificará el punto medio de su brazo para realizar la medición rodeando el contorno del brazo izquierdo sin ejercer presión, en estas dos mediciones se hará uso de cinta métrica.

Para la toma de medición del pliegue tricipital, el brazo del bebé se encontrará ligeramente flexionado, con el dedo pulgar e índice se tomará un centímetro de su pliegue por arriba de la marca del punto medio previamente tomado y se colocará el plicómetro justo sobre la marca, se esperará unos segundos a que el plicómetro se estabilice para tomar la lectura de medición.

Cabe mencionar que las medidas antropométricas se llevan a cabo con la finalidad de obtener datos descriptivos de la muestra, nos permitirán conocer el estado de nutrición del bebé y

verificar que no existan signos de desnutrición, así mismo 1 semana después de su valoración se les entregarán sus resultados en formato pdf.

3. Obtención de la muestra de leche materna.

En caso de participar, para la toma de la muestra, le pediremos la extracción manual de su leche materna aplicando los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud. Una vez recolectada la muestra será almacenada en hielera para llevarla al Laboratorio de Investigación en Sabores y Fragancias, CICATA, del Instituto Politécnico Nacional donde se almacenará a -80°C hasta su análisis posterior.

Fase	Fluido	Tiempo postparto	Cantidad
I	Leche humana madura	Hasta 24 meses	Hasta 5 ml

La leche sobrante que ya no pueda ser analizada, será desechada siguiendo la recomendación realizada por el banco de leche del Hospital de Especialidades del niño y la mujer la cual, consiste en agregar cloro a las muestras de leche sobrantes y desecharlas en la tarja.

FASE I

La sesión se llevará a cabo dentro del Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer en el área de banco de leche, o en la Clínica de Nutrición de la UAQ campus Juriquilla en la sala de lactancia. De igual forma en caso de no poder asistir a ninguna de las instalaciones previamente mencionadas se realizará una visita a su domicilio en caso de aceptar participar. La participación es un único día y el tiempo estimado es de 40 min. Durante esta sesión se le entregarán los resultados por escrito de la evaluación del estado nutricional (mamá y bebé), se le brindará asesoría sobre lactancia materna y recomendaciones alimentarias individualizadas.

Durante esta fase se le aplicará lo siguiente:

- 1. Firma de consentimiento informado.**
- 2. Cuestionario que deberá contestar:** Historia clínica madre y bebé, datos sobre lactancia materna, datos antropométricos, valoración del estado nutricional, frecuencia de consumo de alimentos, cuestionario recordatorio de 24 horas de alimentos consumidos.
- 3. Toma de medidas antropométricas.**
- 4. Obtención de la muestra de leche materna.**

FASE II

Las muestras de leche materna serán analizadas en el Laboratorio de Investigación en Sabores y Fragancias, CICATA del Instituto Politécnico Nacional con sede en la ciudad de Querétaro con el fin de determinar los compuestos químicos relacionados con el aroma y sabor de la leche materna.

EVENTOS ADVERSOS Y MOLESTIAS

Siéntase con la seguridad que su participación en el estudio no generará algún riesgo o efecto adverso a su persona ya que en estudios anteriormente realizados sobre la composición de leche materna no se han observado algún daño a las madres participantes, así mismo si existen dudas durante la toma de la muestra se le proporcionara asesoría con la finalidad de que aprenda y use la técnica correcta para la obtención de su leche. De igual forma es importante aclarar que en caso de no usar la técnica correcta es probable que usted sienta alguna molestia leve, o que note inflamación o enrojecimiento pasajero de las mamas, sin embargo, esto no representa un riesgo a su salud, no obstante, en caso de ser necesario se le canalizará con su médico familiar.

La obtención de la muestra no afecta la producción de leche, ya que dicha producción depende del estímulo de succión para que de forma natural ocasione un aumento en la producción en las próximas horas, sin embargo es posible que posterior a la donación de leche, en los próximos minutos su bebé tenga la necesidad de succionar más tiempo del acostumbrado para obtener la porción habitual de leche que consume.

CONFIDENCIALIDAD

Toda información personal de los participantes quedará bajo estricta confidencialidad y se utilizarán exclusivamente con fines estadísticos generales, por lo que no se dará conocer los nombres de las madres, ni de los bebés. Así mismo las muestras y datos personales obtenidos serán únicamente usados para este estudio.

INFORMACIÓN DE CONTACTO

En el transcurso del estudio usted podrá solicitar la información actualizada sobre el mismo al investigador responsable al teléfono: 192 12 00 ext. 5361 con la Dra. Karina de la Torre Carbot.

Usted también tiene acceso al Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales de la UAQ al correo bioetica.fn@uaq.edu.mx con la MSIA. Elba Orozco Estrada en caso de que tenga dudas sobre sus derechos como participante.

EL CONSENTIMIENTO A PARTICIPAR

Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado que forma parte de este documento.

Yo, _____ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informada y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Estoy de acuerdo en participar en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

Nombre y firma del participante Fecha



Diana Figuero Piña

Testigo 1 Fecha



Yazmín Paredes Martínez

Testigo 2 Fecha

He explicado a la Sra. _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.



Dra. Karina de la Torre Karbot

Firma del investigador Fecha

16. ¿Tiene algún problema de salud actualmente? Comente cómo es y cómo ha sido su estado de salud en general

III. HISTORIA CLÍNICA LACTANTE

17. Apellido paterno, apellido materno:

18. Fecha de nacimiento (día, mes y año): ____/____/202____

19. Hora de nacimiento: _____

20. Sexo: 1. Femenino () 2. Masculino ()

21. Edad gestacional por capurro: 1. 37 () 2. 38 () 3. 39 () 4. 40 () 5. 41 ()

22. Vía de alumbramiento: 1. Vaginal () 2. Cesárea ()

23. Complicaciones o patologías al nacer: 1. Sí () 2.No ()

24. Edad actual del lactante: _____ meses

Actual	25. Peso kg	26.Talla cm	27.Circ. Cefálica cm	28.Circ. Braquial (izq) cm	29.Pliegue tricpital (izq) mm
	P/E		T/E		P/T
DE OMS	30.		31.	32.	
Esperado	33.		34.	35. kg	
Indicador	36.		37.	38.	

39. Su hijo o hija, ¿tiene algún problema de salud actualmente? Comente cómo es su estado de salud en general

IV. LACTANCIA MATERNA Y ALIMENTACIÓN

40. ¿Cómo fue alimentado su bebé durante los primeros 6 meses de vida?

Edad mes es	Tipo de alimentación **	Leche materna a libre demanda		Si su respuesta fue <u>NO</u> , mencione los horarios	Tipo de fórmula Especificaciones	Tipo de fórmula Marca
		Si	No			
1						
2						
3						

4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13-						
24						

Tipo de alimentación **
 1. **Lactancia materna exclusiva** (solamente leche materna, no jugos, no té, no fórmula)
 2. **Lactancia predominante** (el bebé fue amamantado y también recibió pequeñas cantidades de agua o té)

41. ¿Actualmente su bebé continúa recibiendo lactancia materna exclusiva? 1. Sí () 2. No ()

42. En caso de trabajar, estudiar o tener labores fuera del hogar. ¿Cómo alimenta a su bebé?

1. Fórmula infantil () 2. Extracción de leche previa ()
 3. El bebé la acompaña y le da seno materno () 5. Otro () :

43. En caso de haber suspendido la lactancia materna mencione la razón

1. Falta de información () 2. Dolor o incomodidad () 3. Falta de apoyo familiar ()
 4. Mal agarre () 5. Poca o nula producción de leche () 6. Enfermedad de mamá 7. Enfermedad del bebé 8. Ninguna () 9. Otra ()
)_____.

44. ¿Su bebé ha iniciado la alimentación complementaria (introducción de alimentos diferentes a la leche materna o fórmula infantil)? 1. Sí () 2. No ()

45. En caso de haber iniciado la AC mencione la edad de inicio.

- <3 meses () 4 meses () 5 meses () 6 meses ()

46. En caso de haber iniciado la AC mencione los alimentos que ha probado.

47. ¿Ha tenido alguna dificultad o barrera hasta el momento para amamantar a su bebé?

1. Falta de información () 2. Dolor o incomodidad () 3. Falta de apoyo familiar ()
 4. Mal agarre () 5. Poca o nula producción de leche () 6. Ninguna ()

Otra: _____
 _____.

48. ¿Por cuánto tiempo planea ofrecer lactancia materna a su bebé?

1. < 6 meses () 2. 6 a 12 meses () 3. 12 a 18 meses () 4. 18 a 24 meses () 5. > 24 meses ()

49. En caso de continuar ofreciendo lactancia Materna exclusiva ¿Cuántas veces al día ofrece lactancia materna a su bebé?

a) Número de tetadas por día: _____.

b) ¿Es a libre demanda? 1. Si () 2. No ()

c) ¿En qué horarios le ofrece a su bebé sin importar si es a libre demanda o no?

LECHE MATERNA	LECHE DE FÓRMULA

V. FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS

50. De los siguientes sabores ¿Cuál prefiere más?

1. Dulce () 2. Amargo () 3. Ácido () 4. Salado () 5. Umami (Carne) ()

ALIMENTO	1. ¿Cuántos días comió (tomó) el alimento? 0 a 7 días	2. ¿Cuántas porciones de alimento consumió (tomó) al día? 1 hasta 8 porciones
I. VERDURAS Y LEGUMINOSAS		
1. Apio crudo (1 taza)		
2. Betabel (¼ de pieza)		
3. Brócoli cocido (1 taza)		
4. Calabaza (1 pieza)		
5. Cebolla blanca rebanada (1/2 taza)		
6. Champiñones cocidos rebanados (1 taza)		
7. Chayote (1/2 pieza)		
8. Chile (1 pieza) Tipo:		

9. Coliflor cocida (1 taza)		
10. Espinacas crudas (1 taza)		
11. Jícama picada (1/2 taza)		
12. Jitomate rojo (1 pieza mediana)		
13. Jugo de Zanahoria natural (1 taza)		
14. Lechuga (1 taza)		
15. Nopal (1 pieza)		
16. Pepino rebanado (1 taza)		
17. Pimiento fresco (1 taza)		
18. Tomate verde (1 pieza)		
19. Zanahoria picada cruda (1/2 taza)		
20. Leguminosas cocinadas: lentejas (), garbanzos (), frijoles (), habas () (1 taza)		
II. FRUTAS		
21. Durazno (1 pieza)		
22. Fresas rebanadas (1 taza)		
23. Frutos secos: almendras, cacahuates, nueces (1/2 taza o bolsita pequeña)		
24. Guayaba (1 pieza)		
25. Jugo de naranja natural (1 taza)		
26. Mango (1/2 pieza)		
27. Manzana (1 pieza mediana)		
28. Melón picado (1 taza)		
29. Naranja (), toronja (), mandarina () (1 pieza)		
30. Papaya picada (1 taza)		
31. Pera (1 pieza)		
32. Piña rebanada (1 taza picada)		
33. Plátano (1 pieza)		
34. Sandía picada (1 taza)		
35. Uvas (9 piezas o 1/2 taza)		
III. PAN, CEREALES Y SIMILARES		
36. Arroz cocido (1 taza)		
37. Atole en sobre (1 sobre) rinde 4 tazas		
38. Avena cocida (1 cda sopera)		
39. Bolillo (1 pieza)		
40. Cereal de caja comercial (1 taza)		
41. Elote (1 pieza)		
42. Pan de caja 1. Blanco () 2. Integral () (1 rebanada)		
43. Papa cocida (1 pieza mediana)		
44. Papas a la francesa (1 taza)		
45. Papas fritas (Sabritas, doritos) (1 bolsa 57 g)		

46. Pasta de trigo cocida: espagueti, sopa aguada y similares (1 taza)		
47. Tortilla 1. Maíz () 2. Harina () (1 pieza)		
IV. HUEVOS, CARNES, PESCADOS		
48. Carne de ternera, res, cerdo, cordero (1 plato o pieza 120 grs)		
49. Chorizo (1 pieza)		
50. Embutidos: jamón (), salami (), salchicha () (1 rebanada, 20g)		
51. Huevo de gallina (1 pieza)		
52. Camarón cocido (5 piezas 34 g)		
53. Pescado hervido o a la plancha:(1/2 filete mediano 45g)		
54. Atún en lata (1 lata)		
55. Pollo: 1. Con piel () 2. Sin piel () (1 pieza muslo o ½ pechuga)		
V. LACTEOS		
56. Leche de vaca 1. Entera () 2. Descremada () (1 taza, 240 ml)		
57. Queso manchego (), Oaxaca (), fresco, panela () (1 trozo, 50 g)		
58. Yogurt de sabor (125 gramos) bebible (220 grs)		
VI. ACEITES Y GRASAS		
59. Aceite vegetal: (1 cucharada)		
60. Mantequilla o Margarina (1 cucharada o untada)		
61. Mayonesa (1 cucharada)		
VII. DULCES Y PASTELES		
62. Azúcar refinada (ej. en el café, postres, etc.) (1 cucharadita)		
63. Chocolate en polvo y similares (1 cucharada)		
64. Galletas con chocolate () tipo María () (1 galleta)		
65. Mermeladas, miel (1 cucharada)		
66. Pan dulce (1 pieza)		
VIII. ESPECIAS Y CONDIMENTOS		
67. Knorr Suiza o rico pollo (1 pizca) (1/2 cubo)		
68. Ajo (1 diente)		
69. Anís (1 cucharadita)		
70. Comino (una pizca)		

71. Eucalipto (1 hoja)		
72. Menta (1 hojitas)		
73. Vainilla (1 cucharadita)		
74. Agua natural (1 vaso 240 ml)		
75. Refresco (1 vaso 240 ml)		

76. ¿Qué condimentos utiliza para sazonar las comidas habitualmente?

ANEXO 5. MATERIAL DIDÁCTICO UTILIZADO DE ASESORÍA DE LAS MADRES PARTICIPANTE “fomentación de alimentación complementaria”

Mi mami cuida de mi alimentación

COMPLEMENTARIA

Elaborado por:
L.N. Yazmin Paredes Mtz



EDAD (MESES)	6-7 MESES	7-8 MESES	8-12 MESES	>12 MESES
Textura	Puré y papillas	Puré, picados finos, alimentos machacados	Picados finos, y trocitos	Incorporar a la dieta familiar en trozos (ajustado a la edad)
Alimentos	1. carne  2. cereales  3. Fruta  4. Verduras  5. H2O 	 + 6. Leguminosas 	7. Derivados de leche  8. Huevo  10. Pescado 	12. Frutas cítricas  13. Leche entera  14. Pescados y mariscos 
Frecuencia	2-3 veces al día	3 veces al día	3-4 veces al día (una colación)	3-5 veces al día (2 colaciones)
Volumen de leche/día	Libre demanda 500 ml al día		* Leche Materna * Leche de Fórmula	



Es importante continuar con la lactancia materna durante la alimentación complementaria hasta que el menor cumpla los 24 meses.

ANEXO 6. FORMATO DE ENTREGA DE RESULTADOS DE VALORACIÓN DEL ESTADO NUTRICIO DE LOS LACTANTES DE LAS MADRES PARTICIPANTES

Apellidos del Menor: Feregrino Herrera

Fecha de valoración: 16/03/2023

Sexo: Femenino

Fecha de Nacimiento: 11/06/2023

Antropométricos:

Peso: 8.59kg

Talla: 72 cm

Edad: 9 meses

RESULTADOS:

* Puntaje Z	Puntaje Z valores normales	Interpretación
P/E : 0.98	-1 a +1	Normal (peso adecuado para la edad)
L/E: 0.98	-1 a +3	Normal (Talla adecuada para la edad)
P/L: -0.28	-1 a +1	Normal

*Los datos antropométricos fueron analizados con software WHO Anthro, utilizando los valores de Puntaje Z de acuerdo a la OMS

Se recomienda continuar ofreciendo Leche Materna a libre demanda y consumir mamita 11 vasos de agua natural al día (2.490 litros)

Apellidos del Menor: Jilote Cuellas

Fecha de valoración: 09/05/2023

Sexo: Masculino

Fecha de Nacimiento: 31/05/2022

Antropométricos:

Peso: 7.62kg

Talla: 72 cm

Edad: 11 meses

RESULTADOS:

* Puntaje Z	Puntaje Z valores normales	Interpretación
P/E : -2DE	-1 a +1	Peso bajo para la edad
L/E: -1 DE	-1 a +3	Normal (Talla adecuada para la edad)
P/L: -2 DE	-1 a +1	Peso bajo para la talla

*Los datos antropométricos fueron analizados con tablas de la OMS 2015 utilizando los valores de Puntaje Z.

Se recomienda ofrecer leche materna a libre demanda, brindar alimentos ricos en proteínas y leguminosas, aumentar la ingesta de la madre de 11 vasos de agua natural al día (2.750 litros)

Apellidos del Menor: Medins Arenas

Fecha de valoración: 18/05/2023

Sexo: Masculino

Fecha de Nacimiento: 30/12/2021

Antropométricos:

Peso: 10.260kg

Talla: 78 cm

Edad: 16 meses

RESULTADOS:

* Puntaje Z	Puntaje Z valores normales	Interpretación
P/E : -0.33 DE	-1 a +1	Normal (peso adecuado para la edad)
L/E:-0.80 DE	-1 a +3	Normal (Talla adecuada para la edad)
P/L:0.06 DE	-1 a +1	Normal

*Los datos antropométricos fueron analizados con tablas de la OMS 2015 utilizando los valores de Puntaje Z.

Se recomienda ofrecer leche materna a libre demanda y aumentar la ingesta de 11 vasos de agua natural al día (2.750 litros)

Apellidos del Menor: García Jiménez

Fecha de valoración: 03/05/2023

Sexo: Femenino

Fecha de Nacimiento: 15/12/2022

Antropométricos:

Peso: 7.32kg

Talla: 63 cm

Edad: 4 meses

RESULTADOS:

* Puntaje Z	Puntaje Z valores normales	Interpretación
P/E : 0.83 DE	-1 a +1	Normal (peso adecuado para la edad)
L/E: 0.71 DE	-1 a +3	Normal (Talla adecuada para la edad)
P/L: 0.22 DE	-1 a +1	Normal

*Los datos antropométricos fueron analizados con software WHO Anthro, utilizando los valores de Puntaje Z de acuerdo a la OMS

Se recomienda continuar ofreciendo Leche Materna a libre demanda y consumir mamita 11 vasos de agua natural al día (2.750 litros)

ANEXO 7. PARTICIPACION DE XVI FORO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO EN CIENCIAS NATURALES



COMPUESTOS DE AROMA EN LECHE HUMANA Y SU RELACIÓN CON LA DIETA.

Paredes-Martínez Y¹, De la Torre-Carbot K.¹, Vázquez-Landa Verde P.A.², Caamaño-Pérez M.C.¹, Figueroa-Piña D.G.¹, Chávez-Servín J.L.¹.
¹Maestría en Nutrición Clínica Integral, Facultad de Ciencia Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, México.
²Laboratorio de sabores y fragancias, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA Querétaro), Instituto Politécnico Nacional, México
 E-mail: yparedes03@alumnos.uaq.mx

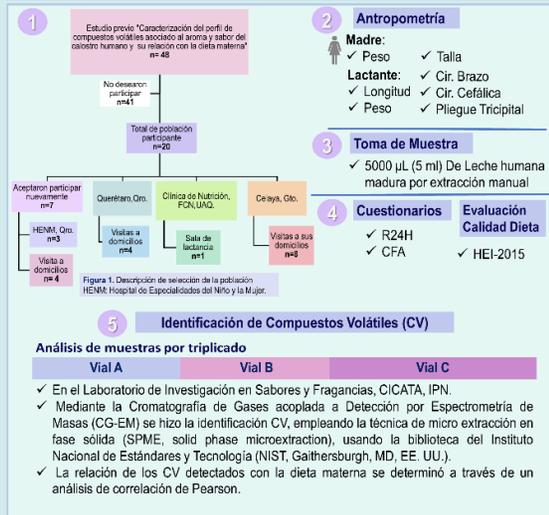
INTRODUCCIÓN

La leche humana se secreta a partir del día 15 postparto, su dinamismo permite adaptarse a las necesidades del bebé con el objetivo de cubrir los requerimientos nutricios para protección contra enfermedades y adecuado desarrollo físico e intelectual¹. Además de aportar los nutrientes principales para el lactante, proporciona información quimio-sensorial siendo la dieta de la madre un factor importante para la variabilidad de compuestos volátiles que dan aroma a la leche humana². Es importante mencionar que la caracterización de un perfil volátil de la leche materna es altamente variable, puede verse afectada por distintos factores como la etapa de lactancia, los cambios de ritmo cardíaco, la suplementación o condición médica de la madre, la forma de alimentación y la dieta de la madre, así como el estatus socioeconómico, los contaminantes ambientales y toxinas como el alcohol, o sustancias nocivas (drogas)³. Por ende la leche materna al ser el primer alimento de todo lactante, le permitirá experimentar su primer contacto en el panorama de los aromas y sabores; es por ello la importancia de la dieta y su calidad de grupos de alimentos de ingesta de la madre, debido a que entre más variada sea la alimentación de la madre, más amplio será los perfiles de aromas y sabores de la leche materna durante la lactancia, mejorando su aporte nutrimental y obteniendo los beneficios propios de leche materna⁴.

OBJETIVO

Identificar los principales compuestos volátiles presentes en la leche materna madura y determinar si existe relación con la dieta de la madre.

MATERIALES Y MÉTODOS



AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Nutrición y al Banco de Leche del Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer, al Laboratorio de aromas y fragancias de CICATA-IPN por el apoyo y asesoría para el análisis de las muestras, a todas las madres y bebés que tuvieron la disposición en participar y donaron una muestra de su leche, al equipo de trabajo de lactancia materna de la UAQ y a cada uno de los pasantes de nutrición que se fueron integrando a lo largo del estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chinea Jiménez, B., & Sáenz de Pipaón Marcos, M. (2020). Importancia de la leche humana y sus características nutricionales. Efectos a corto, medio y largo plazo. *Rev. Enferm Neonatal*, 34,33-40.
- Spahn, J. M., Callahan, E. H., Spill, M. K., Wong, Y. P., Benjamin-Neelon, S. E., Birch, L., Black, M. M., Cook, J. T., Faith, M. S., Mennella, J. A., & Casavate, K. O. (2019). Influence of maternal diet on flavor transfer to amniotic fluid and breast milk and children's responses: A systematic review. *American Journal of Clinical Nutrition* (Vol. 109), <https://doi.org/10.1093/ajcn/92/40>
- Muebert, M., Galante, L., Alexander, T., Harding, J. E., Pook, C., & Bloomfield, F. H. (2022). Odo-active volatile compounds in preterm breastmilk. *Pediatric Research*, 91(6). <https://doi.org/10.1038/s41390-021-01556-w>
- Mastorakou, D., Ruark, A., Weemen, H., Shah, B., & Slegger, M. (2019). Sensory characteristics of human milk: Association between mothers' diet and milk for bitter taste. *Journal of Dairy Science*, 102(2). <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15339>

RESULTADOS

- Se encontró la identificación 105 alimentos diferentes consumidos 24 horas previas a la toma de muestra, entre los alimentos de mayor consumo por parte de las madres fue: la tortilla (95%), la azúcar refinada (71%), refresco (52%), pan dulce y galletas (33%).
- Respecto al evaluación de la calidad de la dieta de las madres, el 15% tuvieron una dieta saludable, el 55% necesitan cambios en su dieta, y el 30% tiene una dieta poco saludable.
- Se identificaron 115 compuestos volátiles relacionados al aroma de la leche materna fueron identificados, cada muestra en promedio tuvo 62 compuestos volátiles agrupados en 16 grupos funcionales: acetonas, ácidos carboxílicos, alcoholes, aldehídos, aminas, cetonas, disulfuro, ésteres, fenoles, furanos, lactonas, piranonas, pirazinas, piridinas, sulfuros, terpenos.

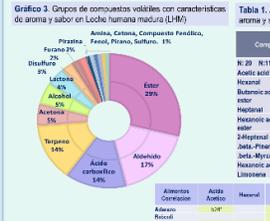
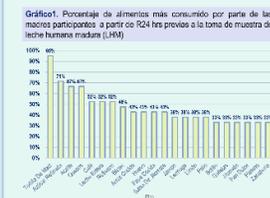


Tabla 1. Análisis descriptivo de compuestos volátiles identificados relacionados con el aroma y sabor del Leche Humano maduro (LHM).

Compuesto	Clase	Presencia en las muestras	TR	Área relativa media	DE (n)
N. 20	N.115 CV				
Acético ácido	Acido carboxílico	100%	1.954	93929.4077	1004101.59
Hexanal	Aldehído	100%	14.652	1143027.45	969729.46
Butanoico ácido, etil éster	Éster	100%	4.236	530388.917	731374.268
Hexanoal	Aldehído	100%	22.819	1691114.925	2662153.732
Hexanoico ácido, metil éster	Éster	100%	21.177	732793.012	1069101.96
2-Pentanoal	Aldehído	100%	26.215	359532.7	352304.187
Octa-1-Pirano	Terpeno	100%	21.613	2395718.812	2066697.188
Octa-1-Mirano	Terpeno	100%	28.215	13817928.23	15718979.88
Hexanoico ácido	Acido carboxílico	100%	26.649	37623048.61	27376227.7
Limoneno	Terpeno	100%	35.062	37757919.47	34292529.8

Tabla 2. Análisis de correlaciones de compuestos volátiles y alimentos consumidos en 24hrs antes de la toma de la muestra de leche humana madura.

	Almidón	Acido Acético	Hexanal	Acido Benzoico	Hexanoal	Acido Benzoico, Metil Éster	2-Pentanoal	Hex. Pirano	But. Ésteres	Acido Hexanoico	Inmersión
Almidón	1.000	0.07*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*
Acido Acético	0.07*	1.000	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*
Hexanal	0.01*	0.01*	1.000	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*
Acido Benzoico	0.01*	0.01*	0.01*	1.000	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*
Hexanoal	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	1.000	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*
Acido Benzoico, Metil Éster	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	1.000	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*
2-Pentanoal	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	1.000	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*
Hex. Pirano	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	1.000	0.01*	0.01*	0.01*
But. Ésteres	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	1.000	0.01*	0.01*
Acido Hexanoico	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	1.000	0.01*
Inmersión	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	1.000

CONCLUSIONES

En el estudio si se encontraron correlaciones entre la ingesta de alimentos de la madre y compuestos volátiles. Se sabe que el perfil volátil de ácidos grasos de leche humana depende de la dieta materna, a partir de la oxidación enzimática de ácidos grasos insaturados como el ácido oleico, ácido linoleico se desencadenan productos secundarios: aldehídos, ácidos carboxílicos, ésteres cetonas y alcoholes. De manera que la dieta materna puede generar un impacto indirecto sobre la presencia de compuestos carbonílicos en la leche humana.

ANEXO 8. CONSTANCIAS DE PARTICIPACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

Otorga la presente

CONSTANCIA

A

YAZMIN PAREDES MARTINEZ

Por su participación en el concurso de tesis en 3 minutos con **"Compuestos de aroma en leche humana y su relación con la dieta."**, en el XVI Foro Internacional de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales, realizado el día 9 de mayo del 2024

Santiago de Querétaro, Querétaro.
"SALUD, NATURALEZA Y SUSTENTABILIDAD"

 Dra. Andrea Margarita Olvera Ramírez SECRETARÍA ACADÉMICA FCN	 Dr. José Guadalupe Gómez Soto DIRECTOR FCN	 Dr. Roberto Augusto Ferriz Martínez JEFE DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO FCN
---	--	--



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
LICENCIATURA EN NUTRICIÓN

Otorga la presente

CONSTANCIA

A

L.N. Yazmín Paredes Martínez

Por su participación como evaluador de carteles de "Protocolos de Investigación" de los estudiantes de la materia Seminario de Investigación de la Licenciatura en Nutrición

Querétaro, Qro., 27 de mayo de 2024.
"SALUD, NATURALEZA Y SUSTENTABILIDAD"

 Dra. Andrea Margarita Olvera Ramírez SECRETARÍA ACADÉMICA FCN	 Dr. José Guadalupe Gómez Soto DIRECTOR FCN	 M. en C. Roserío Fátima Cervantes Iturriga COORDINADORA LICENCIATURA EN NUTRICIÓN
--	---	---

