

DOI: 10.26820/recimundo/8.(3).julio.2024.90-99

URL: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2390>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIMUNDO

ISSN: 2588-073X

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de investigación

CÓDIGO UNESCO: 32 Ciencias Médicas

PAGINAS: 90-99



Desarrollo de una base de datos de imágenes estandarizada para la evaluación objetiva de la eficiencia masticatoria utilizando pruebas de chicle bicolor

Development of a standardized image database for objective assessment of masticatory efficiency using two-color chewing gum tests

Desenvolvimento de uma base de dados de imagens padronizada para avaliação objetiva da eficiência mastigatória utilizando testes de goma de mascar de duas cores

Gustavo Fabián Vaccaro Witt¹; Estefanía del Rocío Ocampo Poma²; María Christel Zambrano Bonilla³

RECIBIDO: 20/04/2024 **ACEPTADO:** 11/05/2024 **PUBLICADO:** 14/10/2024

1. Magister en Gerencia Educativa; Doctor en Medicina Clínica y Salud Pública; Máster Universitario en Investigación Odontológica; Odontólogo; Instituto de Investigación Biomédica de Málaga; Universidad de Málaga; Málaga, España; fabianvaccaro@uma.es;  <https://orcid.org/0000-0002-2097-2291>
2. Especialista en Prótesis Dentaria; Máster en Investigación Odontológica; Odontóloga; Facultad de Odontología de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; estefania.ocampo@cu.ucsg.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-0893-6984>
3. Especialista en Rehabilitación Oral; Odontóloga; Facultad de Odontología de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador; maria.zambrano51@cu.ucsg.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0003-1874-5580>

CORRESPONDENCIA

Gustavo Fabián Vaccaro Witt

fabianvaccaro@uma.es

Málaga, España

RESUMEN

La evaluación objetiva de la eficiencia masticatoria es crucial para evaluar la función oral, particularmente en poblaciones de ancianos y discapacitados. Aunque las pruebas de chicle bicolor ofrecen un método simple, la falta de bases de datos de imágenes estandarizadas limita la comparabilidad entre estudios. Este artículo presenta el desarrollo de una base de datos integral de imágenes de muestras de chicle bicolor masticado para facilitar evaluaciones objetivas y comparables de la eficiencia masticatoria. **Objetivo:** Desarrollar una base de datos integral de imágenes de muestras de chicle bicolor masticado para facilitar evaluaciones objetivas y comparables de la eficiencia masticatoria. **Metodología:** Se reclutaron 145 participantes (95 mujeres, 50 hombres; edad media $34 \pm 6,3$ años) de la Facultad de Odontología de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Los participantes masticaron muestras de chicle bicolor (Five® rojo y verde) durante 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 35 ciclos. Las muestras masticadas se aplanaron y escanearon a 600 ppp. **Resultados:** Se recolectaron y procesaron 1160 muestras, resultando en 2320 imágenes (ambos lados). La base de datos incluye 4000 imágenes de alimentos de prueba sometidos a distintos niveles de masticación, metadatos asociados y puntuaciones de grado de mezcla evaluadas por expertos para un subconjunto de muestras. El análisis preliminar muestra una clara progresión en la mezcla de colores a medida que aumenta el número de ciclos de masticación. **Conclusiones:** La base de datos de imágenes desarrollada proporciona un recurso estandarizado para la evaluación de la eficiencia masticatoria. Esta herramienta tiene el potencial de mejorar la comparabilidad entre estudios, facilitar el desarrollo de técnicas de análisis más robustas y mejorar la evaluación clínica de la función masticatoria. Futuras investigaciones deberían expandir la base de datos para incluir un rango más amplio de edades y condiciones clínicas.

Palabras clave: Eficiencia masticatoria, Base de datos de imágenes, Masticación humana, Procesamiento de imágenes digitales, Alimentos de prueba.

ABSTRACT

Objective assessment of masticatory efficiency is crucial for evaluating oral function, particularly in elderly and disabled populations. Although two-color chewing gum tests offer a simple method, the lack of standardized image databases limits comparability between studies. This article presents the development of a comprehensive image database of masticated two-color chewing gum samples to facilitate objective and comparable assessments of masticatory efficiency. **Objective:** To develop a comprehensive image database of masticated two-color chewing gum samples to facilitate objective and comparable assessments of masticatory efficiency. **Methodology:** 145 participants (95 women, 50 men; mean age 34 ± 6.3 years) were recruited from the Faculty of Dentistry at the Catholic University of Santiago de Guayaquil. Participants chewed two-color chewing gum samples (Five® red and green) for 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, and 35 cycles. The masticated samples were flattened and scanned at 600 dpi. **Results:** 1160 samples were collected and processed, resulting in 2320 images (both sides). The database includes 4000 images of test foods subjected to different levels of mastication, associated metadata, and expert-assessed mixing degree scores for a subset of samples. Preliminary analysis shows a clear progression in color mixing as the number of chewing cycles increases. **Conclusions:** The developed image database provides a standardized resource for assessing masticatory efficiency. This tool has the potential to improve comparability between studies, facilitate the development of more robust analysis techniques, and enhance clinical evaluation of masticatory function. Future research should expand the database to include a wider range of ages and clinical conditions.

Keywords: Masticatory efficiency, Image database, Human mastication, Digital image processing, Test foods.

RESUMO

A avaliação objetiva da eficiência mastigatória é crucial para avaliar a função oral, particularmente em populações idosas e deficientes. Embora os testes de goma de mascar de duas cores ofereçam um método simples, a falta de bases de dados de imagens padronizadas limita a comparabilidade entre estudos. Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma base de dados de imagens abrangente de amostras de goma de mascar bicolor mastigadas para facilitar avaliações objetivas e comparáveis da eficiência mastigatória. **Objetivo:** Desenvolver uma base de dados de imagens abrangente de amostras de goma de mascar bicolor mastigada para facilitar avaliações objetivas e comparáveis da eficiência mastigatória. **Metodologia:** 145 participantes (95 mulheres, 50 homens; idade média de $34 \pm 6,3$ anos) foram recrutados na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade Católica de Santiago de Guayaquil. Os participantes mastigaram amostras de pastilhas elásticas de duas cores (Five® vermelha e verde) durante 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 ciclos. As amostras mastigadas foram achatadas e digitalizadas a 600 dpi. **Resultados:** Foram recolhidas e processadas 1160 amostras, resultando em 2320 imagens (ambos os lados). A base de dados inclui 4000 imagens de alimentos de teste sujeitos a diferentes níveis de mastigação, metadatos associados e pontuações de grau de mistura avaliadas por especialistas para um subconjunto de amostras. A análise preliminar mostra uma clara progressão na mistura de cores à medida que o número de ciclos de mastigação aumenta. **Conclusões:** A base de dados de imagens desenvolvida fornece um recurso padronizado para avaliar a eficiência mastigatória. Esta ferramenta tem o potencial de melhorar a comparabilidade entre estudos, facilitar o desenvolvimento de técnicas de análise mais robustas e melhorar a avaliação clínica da função mastigatória. Pesquisas futuras devem expandir o banco de dados para incluir uma gama maior de idades e condições clínicas.

Palavras-chave: Eficiência mastigatória, Base de dados de imagens, Mastigação humana, Processamento digital de imagens, Alimentos de teste.

Introducción

La masticación es una función oral fundamental que juega un papel crucial en la nutrición, la salud general y la calidad de vida de las personas. La eficiencia masticatoria, definida como la capacidad de triturar y mezclar los alimentos bajo condiciones estandarizadas, es un indicador clave de la función oral. Una eficiencia masticatoria deteriorada puede tener consecuencias significativas, especialmente en poblaciones vulnerables como los ancianos o personas con discapacidades motoras (Fan et al., 2023).

La evaluación objetiva de la eficiencia masticatoria es esencial para diversos propósitos clínicos y de investigación. Se utiliza para evaluar el impacto de tratamientos dentales, determinar niveles de discapacidad, guiar decisiones terapéuticas y monitorear la progresión de trastornos que afectan la función oral. A lo largo de los años, se han desarrollado varios métodos para cuantificar la eficiencia masticatoria, desde el análisis de la fragmentación de alimentos duros hasta técnicas más modernas basadas en la mezcla de colores (Schimmel et al., 2022).

Entre estos métodos, las pruebas de chicle bicolor han ganado popularidad debido a su simplicidad, naturaleza no invasiva y facilidad de uso en diversos entornos clínicos. Estas pruebas implican que el sujeto mastique una muestra de chicle compuesta por dos colores distintos durante un número específico de ciclos masticatorios. El grado de mezcla de los colores en la muestra resultante se utiliza como indicador de la eficiencia masticatoria (Vaccaro et al., 2018).

El análisis de las muestras de chicle masticado ha evolucionado desde la evaluación visual subjetiva hasta métodos más objetivos basados en el procesamiento digital de imágenes. Estos métodos computarizados ofrecen la promesa de una cuantificación más precisa y reproducible de la eficiencia masticatoria. Sin embargo, la falta de estandarización en la adquisición de imágenes y en los algoritmos de procesamiento ha limi-

tado la comparabilidad entre estudios y la aplicabilidad clínica generalizada de estas técnicas (Imamura et al., 2023).

Además, factores como las propiedades específicas del alimento de prueba, las condiciones de iluminación durante la captura de imágenes y las variaciones en los protocolos de masticación pueden influir significativamente en los resultados obtenidos. Esto ha llevado a una situación en la que diferentes grupos de investigación utilizan sus propios métodos y parámetros, dificultando la comparación directa de resultados y al establecimiento de normas clínicas.

En este contexto, se hace evidente la necesidad de una base de datos estandarizada de imágenes de muestras de chicle bicolor masticado. Tal recurso podría proporcionar un punto de referencia común para la calibración de diferentes métodos de análisis, facilitar el desarrollo de algoritmos de procesamiento de imágenes más robustos y universales, y permitir comparaciones más significativas entre estudios.

El objetivo de este estudio es desarrollar y validar una base de datos integral de imágenes de muestras de chicle bicolor masticado, que abarque un amplio espectro de grados de mezcla correspondientes a diferentes niveles de eficiencia masticatoria. Esta base de datos se propone como un recurso valioso para investigadores y clínicos, con el potencial de avanzar significativamente en la estandarización y objetividad de las evaluaciones de eficiencia masticatoria.

Antecedentes

A lo largo de los años, se han desarrollado diversas Técnicas de Evaluación de Rendimiento y Eficiencia Masticatoria (MEPATs, por sus siglas en inglés). Estas técnicas se basan generalmente en la cuantificación de la degradación de un alimento de prueba cuando se somete a un número determinado de ciclos masticatorios (Manly & Braley, 1950). Los métodos tradicionales incluyen el análisis de la fragmentación de

alimentos duros y la medición del tamaño medio de las partículas resultantes (Olthoff et al., 1984).

Sin embargo, estos métodos presentan limitaciones significativas para su aplicación clínica rutinaria. Requieren equipamiento especializado, tiempos de ejecución prolongados y, en muchos casos, están restringidos al ámbito de la investigación científica (Halazonetis et al., 2013). Además, la falta de estandarización en los procedimientos y la escasez de alimentos de prueba validados dificultan la comparación de resultados entre estudios (Schimmel et al., 2007).

En respuesta a estas limitaciones, se han propuesto métodos más recientes basados en el análisis de la mezcla de colores en alimentos de prueba cohesivos, como gomas de mascar bicolors (Imamura et al., 2023). Estos métodos ofrecen ventajas en términos de simplicidad y aplicabilidad en pacientes con capacidad masticatoria reducida. El análisis de imágenes digitales de estas muestras masticadas ha emergido como una técnica prometedora para cuantificar objetivamente el grado de mezcla (Halazonetis et al., 2013).

No obstante, los métodos actuales de análisis de imágenes para la evaluación de la eficiencia masticatoria presentan sus propias limitaciones. La mayoría se basa en la evaluación de una única característica del bolo alimenticio como indicador, lo que puede llevar a una alta variabilidad en las mediciones (Vaccaro et al., 2016). Además, la falta de estandarización en la adquisición de imágenes y en los algoritmos de procesamiento limita la comparabilidad entre estudios y la aplicabilidad clínica generalizada de estas técnicas.

Los estudios de Schimmel et al. han realizado varias contribuciones importantes al campo de la evaluación de la eficiencia masticatoria. En (Schimmel et al., 2007) publicaron "A two-colour chewing gum test for masticatory efficiency: development of different assessment methods". Este estudio propuso un método simplificado para cuan-

tificar la mezcla en gomas de mascar bicolors. Utilizaron la herramienta de selección "varita mágica" del software Adobe Photoshop Elements® para seleccionar y contar los píxeles correspondientes a la parte "no mezclada" del bolo, introduciendo el concepto de "fracción no mezclada" (UF).

Posteriormente, (Schimmel et al., 2015) publicaron "A novel colourimetric technique to assess chewing function using two-coloured specimens: validation and application". Este estudio presentó y validó una nueva herramienta de software llamada ViewGum®. Esta herramienta utiliza un algoritmo de segmentación para aislar el bolo alimenticio del fondo de la imagen y mide la varianza circular del tono (CVOH) en el espacio de color HSI. Por otra parte, estos estudios proponen la validación de estos métodos en diferentes poblaciones, incluyendo pacientes con capacidad masticatoria reducida. Sin embargo, también se han identificado limitaciones en estos métodos, como la dependencia del operador en el método UF y las limitaciones del CVOH con ciertas combinaciones de colores (por ejemplo, gomas de mascar que contienen blanco).

En esta misma línea, el estudio publicado por (Vaccaro et al., 2016) presentó una contribución al campo de la evaluación de la eficiencia masticatoria mediante el análisis de imágenes digitales. Su estudio, titulado "Choosing the best image processing method for masticatory performance assessment when using two-coloured specimens", se centró en comparar y evaluar diferentes métodos de procesamiento de imágenes para cuantificar la mezcla en muestras de goma de mascar bicolor. En ese estudio se plantea por primera vez la evaluación de múltiples métodos diferentes de análisis de imágenes digitales para extraer características de las muestras masticadas aplicados de forma,

En el ámbito de la evaluación funcional, diversos estudios han propuesto métodos que combina el análisis de mezcla con la evaluación de la formación del bolo alimenticio. Este

enfoque integral proporciona información no solo sobre la capacidad de trituración, sino también sobre la preparación del alimento para la deglución (Schimmel et al., 2022). La tendencia actual en los métodos de análisis del rendimiento masticatorio se dirige hacia técnicas no invasivas, altamente automatizadas y basadas en el análisis de imágenes digitales e inteligencia artificial. Estos métodos no solo ofrecen una mayor precisión y reproducibilidad, sino que también tienen el potencial de ser más fácilmente implementados en la práctica clínica cotidiana.

Materiales y Métodos

Diseño del estudio y participantes

Se realizó un estudio transversal con muestras de alimento de prueba sometido a la masticación. Se reclutaron 145 participantes a través de las clínicas de la Carrera de Odontología de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. Los participantes fueron identificados y valorados previamente para establecer una segmentación óptima de la población de estudio.

Recolección del alimento de prueba

El alimento de prueba consistió en dos láminas de gomas de mascar marca Five: una de sabor sandía con tonalidad roja y otra de sabor menta con tonalidad verde. Cada participante masticó un total de 8 especímenes, durante 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 35 ciclos masticatorios respectivamente. Esto resultó en un total de 1160 muestras de alimentos de prueba.

Digitalización de muestras

Las muestras masticadas fueron prensadas y luego escaneadas inmediatamente utilizando un escáner plano de mesa marca EPSON L519. Se emplearon parámetros de calibración estándar para la digitalización a color. Las imágenes se guardaron en formato PNG con una resolución de 600 ppp. Se escanearon ambos lados de cada muestra, resultando en 2320 imágenes digitales.

Cada imagen fue etiquetada digitalmente con la codificación de la muestra, el número de ciclos masticatorios y el lado de la muestra observado.

Procesamiento y análisis de imágenes

Se utilizó el procedimiento propuesto por Vaccaro et al. (2016) para procesar las imágenes digitalizadas. El sistema seleccionó automáticamente 2224 muestras como viables para su inclusión en la base de datos, excluyendo aquellas con posible degradación de la calidad de la imagen, brillo inadecuado o desenfoque.

Para cada una de las 2224 imágenes, se extrajeron 121 características de los píxeles, resultando en un total de 269,104 puntos de información. Estas características se denominaron según el modelo de extracción utilizado y el canal del espacio de color analizado.

Indicadores del Rendimiento Masticatorio

Se seleccionaron tres extractores de características como indicadores del Rendimiento Masticatorio: MR, MG y VhH.

Análisis estadístico

Para evaluar la relación entre los indicadores del Rendimiento Masticatorio y el número de ciclos masticatorios, se realizaron dos tipos de análisis estadísticos:

Modelos de regresión lineal: Se ajustaron modelos entre MR vs T, MG vs T y VhH vs T, considerando T (número de ciclos masticatorios) como la variable dependiente.

Análisis de correlación: Se realizó un análisis de correlación por rangos de Spearman entre MR vs T, MG vs T y VhH vs T.

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software IBM SPSS® 25. En total, se llevaron a cabo 6 análisis estadísticos individuales (2 por cada par de variables).

La hipótesis nula para todos los casos fue que no existe una correlación entre los indicadores del Rendimiento Masticatorio (MR,

MG y VhH) y el número de ciclos masticatorios reales (T).

Resultados

La Figura 1 muestra una secuencia de alimentos de prueba sometidos a un número ascendente de ciclos masticatorios. Es posible observar una relación entre el número de ciclos masticatorios y el grado de mezcla alcanzado.

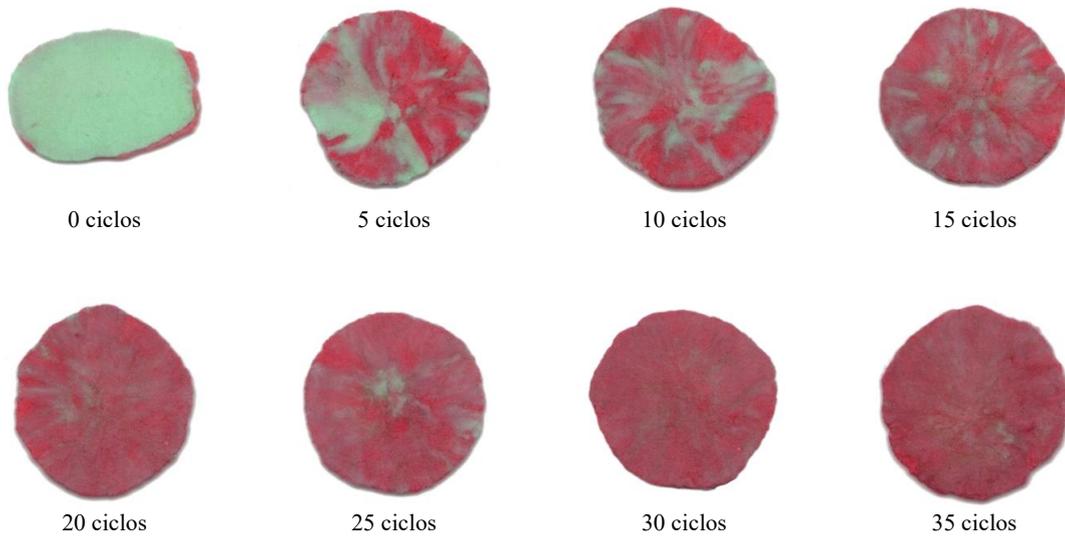


Figura 1. Alimentos de prueba sometidos a un número ascendente de ciclos masticatorios

Por cada una de las N imágenes se computó 121 características, dando como resultado un total de 269.104 puntos de información. Estos puntos conforman entonces la piedra angular de la base de datos.

Regresión lineal: MR vs T

El ajuste de modelos de regresión lineal entre MR y T refleja una relación inversa sig-

nificativa ($F(1,2222) = 211.866, p < 0.05$), donde un aumento en T implica una disminución en MR. El resumen del modelo de regresión y los ajustes de parámetros del modelo se detallan en la Tabla 1. Una representación gráfica de la relación entre MR y T se muestra en la Figura 2.

Tabla 1. Resumen de modelo de regresión entre MR y T, junto con estimaciones de parámetro

Variable dependiente: MR							
Resumen del modelo						Estimaciones de parámetro	
Ecuación	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1
Lineal	0.087	211.866	1	2222	0.000	165.631	-0.547

La variable independiente es Ciclos masticatorios reales (T).

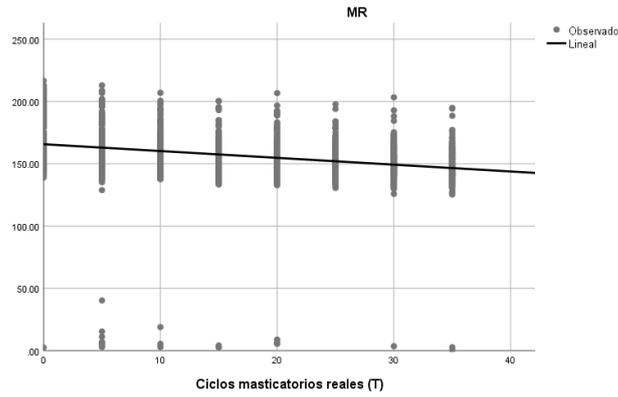


Figura 2. Relación lineal entre MR y T

Regresión lineal: MG vs T

El ajuste de modelos de regresión lineal entre MG y T refleja una relación inversa significativa ($F(1,2222) = 508.528, p < 0.05$), donde un aumento en T implica una dismi-

nución en MG. El resumen del modelo de regresión y los ajustes de parámetros del modelo se detallan en la Tabla 2. Una representación gráfica de la relación entre MG y T se muestra en la Figura 3.

Tabla 2. Resumen de modelo de regresión entre MG y T, junto con estimaciones de parámetro

Variable dependiente: MG							
Resumen del modelo						Estimaciones de parámetro	
Ecuación	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1
Lineal	0.186	508.528	1	2222	0.000	106.360	-1.333

La variable independiente es Ciclos masticatorios reales (T).

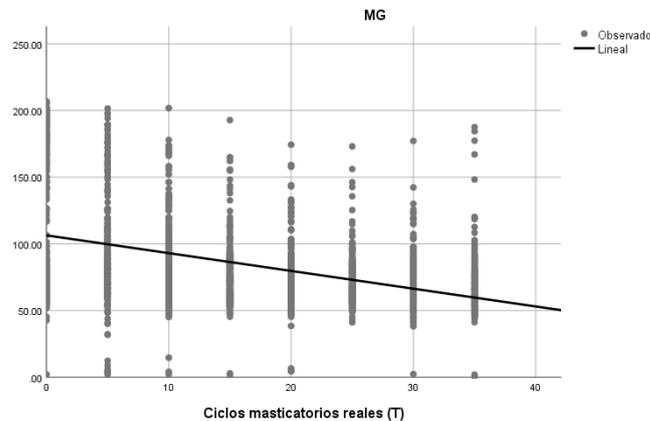


Figura 3. Relación lineal entre MG y T

Regresión lineal: VhH vs T

El ajuste de modelos de regresión lineal entre VhH y T refleja una relación directa significativa ($F(1,2222) = 131.201, p < 0.05$), donde un aumento en T implica un aumento

en VhH. El resumen del modelo de regresión y los ajustes de parámetros del modelo se detallan en la Tabla 3. Una representación gráfica de la relación entre VhH y T se muestra en la Figura 4.

Tabla 3. Resumen de modelo de regresión entre VhH y T, junto con estimaciones de parámetro

Resumen del modelo						Estimaciones de parámetro	
Ecuación	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1
Lineal	0.056	131.201	1	2222	0.000	647.120	2.553

La variable independiente es Ciclos masticatorios reales (T).

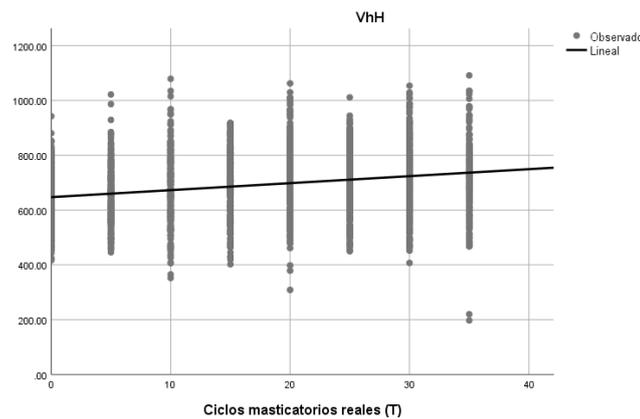


Figura 4. Relación lineal entre VhH y T

Correlación por rangos de Spearman

El análisis no paramétrico de correlación por rangos de Spearman confirma los resultados de los modelos de regresión lineal. Se encontró una correlación inversa significativa mo-

derada entre MR y T, una correlación inversa significativa moderada entre MG y T, así como una correlación directa significativa moderada entre VhH y T; con $p < 0.05$ en todos los casos. El detalle de los resultados del análisis de correlación se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Correlaciones no paramétricas entre MR, MG, VhH y T

		MR	MG	VhH
Ciclos masticatorios reales (T)	Coefficiente de correlación	-0.364**	-.0392**	0.238**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	0.000
	N	2224	2224	2224

Discusión y conclusiones

Este estudio ha logrado desarrollar con éxito una base de datos estandarizada de imágenes digitales para la evaluación del rendimiento masticatorio, compuesta por 2320 imágenes de alta calidad de muestras de gomas de mascar bicolors. La metodología empleada para la recolección, digitalización y procesamiento de las muestras ha demostrado ser robusta y reproducible, proporcionando un protocolo estandarizado para futuros estudios en este campo. A través del análisis de 121 características extraídas de cada imagen, se han identificado tres indicadores clave del rendimiento masticatorio: MR, MG y VhH. Estos indicadores muestran un potencial significativo para cuantificar objetivamente el grado de mezcla en las muestras masticadas, respaldado por los análisis estadísticos que sugieren una correlación significativa entre estos indicadores y el número de ciclos masticatorios.

La base de datos creada no solo valida el uso de estos indicadores como medidas del rendimiento masticatorio, sino que también proporciona un recurso valioso para el desarrollo y validación de nuevos algoritmos de procesamiento de imágenes y técnicas de inteligencia artificial en la evaluación de la eficiencia masticatoria. Este trabajo sienta las bases para la estandarización de los métodos de evaluación del rendimiento masticatorio, lo que podría facilitar la comparación de resultados entre diferentes es-

tudios y entornos clínicos. Además, la metodología desarrollada tiene el potencial de ser aplicada en la práctica clínica, ofreciendo una herramienta objetiva y no invasiva para la evaluación de la función masticatoria en diversos grupos de pacientes.

Mirando hacia el futuro, es crucial que se realicen estudios adicionales para validar estos hallazgos en poblaciones más diversas, incluyendo pacientes con diferentes condiciones orales y sistémicas que puedan afectar la función masticatoria. La integración de esta base de datos con técnicas avanzadas de inteligencia artificial podría llevar al desarrollo de sistemas automatizados de diagnóstico y seguimiento de la función masticatoria, mejorando significativamente la atención dental y la calidad de vida de los pacientes. En última instancia, este trabajo representa un paso significativo hacia la objetivación y estandarización de la evaluación de la eficiencia masticatoria, con implicaciones de gran alcance en la investigación odontológica, la práctica clínica y el desarrollo de nuevas tecnologías en el campo de la salud oral.

Bibliografía

- Fan, Y., Shu, X., Leung, K. C. M., & Lo, E. C. M. (2023). Association between masticatory performance and oral conditions in adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 129, 104395. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104395>

- Halazonetis, D. J., Schimmel, M., Antonarakis, G. S., & Christou, P. (2013). Novel software for quantitative evaluation and graphical representation of masticatory efficiency. *Journal of Oral Rehabilitation*, 40(5), 329-335. <https://doi.org/10.1111/joor.12043>
- Imamura, Y., Chebib, N., Ohta, M., Mojon, P., Schulte-Eickhoff, R. M., Schimmel, M., Graf, C., Sato, Y., & Müller, F. (2023). Masticatory performance in oral function assessment: Alternative methods. *Journal of Oral Rehabilitation*, 50(5), 383-391. <https://doi.org/10.1111/joor.13421>
- Manly, R. S., & Braley, L. C. (1950). Masticatory Performance and Efficiency. *Journal of Dental Research*, 29(4), 448-462. <https://doi.org/10.1177/00220345500290040701>
- Olthoff, L. W., van der Bilt, A., Bosman, F., & Kleizen, H. H. (1984). Distribution of particle sizes in food comminuted by human mastication. *Archives of Oral Biology*, 29(11), 899-903.
- Schimmel, M., Christou, P., Herrmann, F., & Müller, F. (2007). A two-colour chewing gum test for masticatory efficiency: Development of different assessment methods. *Journal of Oral Rehabilitation*, 34(9), 671-678. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2007.01773.x>
- Schimmel, M., Christou, P., Miyazaki, H., Halazonetis, D., Herrmann, F. R., & Müller, F. (2015). A novel colourimetric technique to assess chewing function using two-coloured specimens: Validation and application. *Journal of Dentistry*, 43(8), 955-964. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.06.003>
- Schimmel, M., Rachais, E., Al-Haj Husain, N., Müller, F., Srinivasan, M., & Abou-Ayash, S. (2022). Assessing masticatory performance with a colour-mixing ability test using smartphone camera images. *Journal of Oral Rehabilitation*, 49(10), 961-969. <https://doi.org/10.1111/joor.13352>
- Vaccaro, G., Pelaez, J. I., & Gil, J. A. (2016). Choosing the best image processing method for masticatory performance assessment when using two-coloured specimens. *Journal of Oral Rehabilitation*, 43(7), 496-504. <https://doi.org/10.1111/joor.12392>
- Vaccaro, G., Peláez, J. I., & Gil-Montoya, J. A. (2018). A novel expert system for objective masticatory efficiency assessment. *PloS one*, 13(1), e0190386. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190386>

CITAR ESTE ARTICULO:

Vaccaro Witt, G. F. ., Ocampo Poma, E. del R., & Zambrano Bonilla, M. C. . (2024). Desarrollo de una base de datos de imágenes estandarizada para la evaluación objetiva de la eficiencia masticatoria utilizando pruebas de chicle bicolor. *RECIMUNDO*, 8(3), 90-99. [https://doi.org/10.26820/recimundo/8.\(3\).julio.2024.90-99](https://doi.org/10.26820/recimundo/8.(3).julio.2024.90-99)

