



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DESCRIPCIÓN DE LA CURVA DE FRACTURA A LA
MASTICACIÓN DE UN ALIMENTO PRUEBA ARTIFICIAL
EN NIÑOS DE 8 A 10 AÑOS DE EDAD.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

ZAIRA ADRIANA BERDEJO CENTENO

TUTORA: DRA. ANA MARÍA WINTERGERST LAVÍN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Detrás de esta investigación están involucradas muchas personas, en especial dedico esta tesis a mi familia por ser mi apoyo, mi amor, mi fortaleza y enseñarme a no darme por vencida:

Mis padres, Edith, Roberto, Angelita y mi tía Lolita.

Al deleite de mis ojos por ser mi mejor amigo desde que nos vimos por primera vez y para siempre, por su preciada compañía, su apoyo y amor incondicional,.

A Hilu por sus desvelos y cuidados.

Agradezco a la Dra. Ana quién me ayudo a cumplir mi sueño de escribir una tesis, por ser una maestra que además de transmitir todo el conocimiento sin reservas, representa a los que con paciencia y cuidado enseñan cosas académicas, de la vida y se convierten en amigos.

A los maestros Noel Arias y Guadalupe Vega, por tomarse el tiempo de ayudarme en las pruebas.

A Viri, por renunciar a su comodidad y hablarme del regalo más hermoso que pude recibir.

A la UNAM por ser mi segundo hogar y a la Odontología por llevarme de vuelta casa.

Porque de tal manera amó Dios
al mundo, que ha dado a su Hijo
unigénito, para que todo aquel que en
él cree, no se pierda, más tenga vida eterna.

Juan 3:16.

RESUMEN

El procesamiento de los alimentos en la cavidad bucal es complejo e importante para la digestión. Se ha estudiado poco dicho proceso en niños. Objetivo: Cuantificar la reducción del alimento en niños describiendo la relación entre el número de ciclos masticatorios con el tamaño medio de partícula(TMP) y la amplitud de distribución de las partículas(ADP) de un alimento-prueba-artificial. Materiales y Métodos: Se seleccionaron a 5 niñas y 5 niños de 8-10 años de edad. Previo consentimiento informado realizaron pruebas a 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 ciclos masticatorios en orden aleatorizado con un alimento-prueba-artificial (protocolo estandarizado). El material masticado era recolectado en un filtro de papel, secado y pasado a través de una torre de 7 tamices de diferente apertura. El peso del material en cada tamiz fue utilizado para determinar el TMP y ADP para cada prueba. Se construyeron curvas que describen el proceso de fractura. Resultados: Al incrementarse el número de ciclos decrece el TMP (4.5 a los 5 hasta 1.68mm a 40 ciclos); el descenso es mayor entre los 5 y 30 ciclos. El ADP disminuye rápidamente entre los 5 y 15 ciclos y posteriormente su cambio es menor (8.94 a 5, 3.48 a 15 y 2.03 a 40 ciclos). Conclusiones: Los resultados nos permiten inferir que en niños los primeros ciclos de una secuencia masticatoria se enfocan a la fractura del alimento mientras que aquellos antes de que el alimento sea deglutido tienen el propósito de la identificación de partículas no fracturadas, el mezclado y compactación.

Proyecto de investigación financiado por el PAPIIT (Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica), IN 220413, UNAM

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	2
Función masticatoria	2
Ciclos masticatorios	4
Evaluación de la función masticatoria	4
¿Qué se sabe de diferencias en el desempeño masticatorio entre personas?	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
JUSTIFICACIÓN	11
HIPÓTESIS	11
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
METODOLOGÍA	13
Estudio	13
Universo y muestreo	13
Tamaño de la muestra	13
Criterios de inclusión	14
Criterios de exclusión	14
Criterio de eliminación	14
Consideraciones éticas	15

VARIABLES	16
Variables independientes	16
Variables dependientes	16
MATERIALES	17
PREPARACIÓN DEL ALIMENTO PRUEBA	19
TAREA EXPERIMENTAL	23
PROCESAMIENTO DEL MATERIAL MASTICADO	25
REGISTRO DE LA INFORMACIÓN	28
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
RESULTADOS	30
DISCUSIÓN	47
CONCLUSIÓN	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXO 1	70



INTRODUCCIÓN

La masticación es un proceso complejo donde el alimento es fracturado, mezclado, humedecido y compactado para poder ser deglutido. Aún siendo la masticación una función importante para el ser humano no se conoce lo suficiente acerca de ésta. Además, la mayoría de la investigación realizada en esta área ha sido en adultos.

Los mayores esfuerzos en el estudio de la función masticatoria en niños, se han realizado evaluando la capacidad de ellos para fracturar un alimento utilizando un alimento prueba artificial (silicona por condensación/ Optosil Comfort®) después de 20 ciclos masticatorios o después del número de ciclos (aproximadamente 40) que un niño requiere para que el alimento tenga un tamaño suficiente para ser deglutido. Se estudia tanto el tamaño medio de la partícula (TMP) del individuo como la amplitud de la distribución de las partículas (ADP) ya que no todo el producto de la masticación tiene el mismo tamaño. En este estudio el objetivo fue estudiar la relación entre el número de ciclos y el grado de fractura logrado para poder construir una curva que describa el proceso de masticación. Cabe mencionar que esto se ha realizado en adultos pero no en niños.

Para tal fin se identificaron de una base de datos de un estudio previo sobre desempeño masticatorio en niños, 10 de ellos con un tamaño medio de partícula después de 20 ciclos muy cercano a la media para niños de 8 a 10 años de edad y cuyo número de ciclos para llegar al umbral de la deglución haya sido igualmente cercano a la media de la población. Se les pidió que masticaran y escupieran el alimento prueba después de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 ciclos masticatorios en orden aleatorizado y con períodos de descanso entre cada uno.

Los datos recabados permitieron describir el proceso de reducción del alimento al construir una curva relacionando el número de ciclos con el tamaño medio de partícula y con la amplitud de distribución de las partículas. El tamaño medio de la partícula corresponde a un tamaño promedio producido por el niño al masticar el alimento durante cierto número de ciclos en base al material que se queda en los tamices utilizados. La amplitud de distribución de partícula ejemplifica si la mayor parte del material se quedó en uno o dos de los tamices o si se distribuyó uniformemente en varios de los tamices.

Esta información permitirá un mejor entendimiento del proceso de fractura y mezclado de un alimento duro antes de ser deglutido lo cual redundará en un



mayor conocimiento del proceso de masticación en niños, sirviendo asimismo como información importante para la planeación de estudios futuros.

ANTECEDENTES

Función Masticatoria

La masticación constituye el primer paso del proceso digestivo e involucra todos los eventos entre la entrada de un bocado y su salida de la boca. Es una actividad compleja durante la cual los alimentos sólidos son reducidos a partículas más pequeñas que junto con la saliva y sus componentes forman un bolo alimenticio apropiado (humectado, mezclado y compactado) para su deglución y posterior digestión. La eficacia de la digestión total parece estar relacionada con que tan bien se procesan los alimentos al masticar. Se ha encontrado que los individuos con una pobre función masticatoria presentan problemas gastrointestinales que van desde desnutrición, velocidad de vaciado gástrico lento, gastritis y ulcera gástrica hasta carcinoma gástrico (Mercier y Poitras, 1992; Pera et al., 2002; Marshall et al., 2002). Una mala masticación también afecta a la calidad de vida (Greska et al., 1995; Miura, 2000, Daly et al., 2003). Es por ello que la masticación debe ser investigada.

La masticación es un proceso fisiológico durante el cual hay interacción entre el sistema nervioso central y periférico (sensorial de entrada / salida de la boca) que conduce a la formación de un bolo ingerible (van der Bilt et al., 1995; Lund y Kolta, 2006). Los movimientos masticatorios son ajustados en primer nivel a través del patrón central generador (PCG) cuyos núcleos se encuentran ubicados en el tronco encefálico (puente y bulbo raquídeo). El PCG es el encargado de la producción de estímulos motores cíclicos y rítmicos; esta información se coordina con mecanorreceptores localizados en la lengua y mucosa bucal junto a los fascículos musculares y propioceptores periodontales (Lund y Kolta, 2006; Morquette et al., 2012). Esto implica que son importantes para esta función los dientes, músculos, ligamentos, huesos, sistema nervioso, tejidos blandos, etc.

La comida es colocada en la boca con un tenedor o cuchara o cortada usando los incisivos y luego llevada a la zona postcanina por la lengua (etapa I del transporte) (Hiemae, 1996). En la etapa siguiente, "procesamiento", la comida se mezcla con la saliva y se reduce a una condición "ingerible" (Hiemae, 1999). La etapa donde el alimento triturado adecuadamente es movido desde la cavidad oral propiamente dicha hacia los pilares de las fauces y la superficie orofaríngea de la



lengua ha sido llamada fase de transporte II (Hiimae, 1999). Este transporte se inicia cuando la comida triturada ha alcanzado un umbral crítico y empieza a ser agregada mientras que los alimentos inadecuadamente masticados continúan siendo procesados (Hiimae, 1999).

Una secuencia de alimentación se define como la totalidad de los movimientos mandibulares desde la ingestión inicial de un solo bocado, medida desde la primera apertura de la boca, a su completa eliminación de ella. El procesamiento, el transporte estadio II, y la deglución faríngea se repite varias veces en una sola secuencia completa. Cada repetición se denomina "subsecuencia" (Hiimae, 1999). La masticación termina cuando las partículas residuales presentes son de un tamaño que no impidan que se puedan agregar para integrar el bolo (Hiimae, 1996). Después de esto, los alimentos se degluten aunque pueden haber degluciones intermitentes (Hiimae, 1996, 1999, Palmer, 2007).

Se sabe además, que en el transporte de la etapa I, la comida ingerida es trasladada a la zona postcanina por la lengua con movimientos mandibulares simples y de baja amplitud y los dientes no entran en oclusión (Mikushi et al., 2014). Los niveles bajos de actividad del masetero durante estos ciclos simples indican que no se lleva a cabo ninguna reducción de los alimentos; por el contrario la actividad del geniohioideo sugiere actividad de la lengua (Hiimae et al., 1996). En la tercera etapa, el transporte del alimento - estadio II, la comida triturada se transporta distalmente por la lengua a través de los pilares de las fauces para la deglución; durante ésta la lengua es muy activa haciendo contacto con el paladar y carrillos ejerciendo movimientos de empuje y acercamiento. En base a estudios de función masticatoria, se ha atribuido a la lengua la colocación de alimentos sobre la superficie oclusal, la segregación y funciones de agregación (Lucas y Luke, 1986; Lucas et al., 1986).

No hay un consenso en relación a los requisitos necesarios para que un alimento sea deglutido. Algunos refieren que se requiere un umbral específico en cuanto al tamaño de las partículas y otro para la cohesión (Hutchings y Lillford, 1988), mientras que otros refieren que no se requiere cumplir con ambos parámetros (Prinz y Lucas, 1997).



Ciclos Masticatorios

La unidad básica de la masticación es el ciclo masticatorio. Cada ciclo masticatorio es un movimiento tridimensional resultante de la interacción de movimientos de apertura, cierre y lateralidad además de protrusión y retrusión. Los movimientos de masticación en la mandíbula siguiendo el curso de un ciclo completo desde una vista frontal describen un movimiento en forma de lágrima, donde se pueden observar perfectamente la fase de apertura y cierre.

El proceso de reducción del tamaño inicial de un alimento incluye dos procesos: lo que se conoce como selección que es la probabilidad de que una partícula sea contactada por los dientes y la función de fractura propiamente dicha que es el efecto producido por los dientes logrando una reducción del tamaño (Lucas et al., 2002). En la fractura influyen la forma de los dientes, la relación maxilo-mandibular y la intensidad y coordinación de la actividad muscular que genera la fuerza de mordida (van der Bilt et al., 1987). En la función de selección participan los labios, la lengua y los movimientos de la mandíbula y están relacionados con el tamaño del fragmento que se busca fracturar o triturar. El tamaño de los dientes también es crítico en el proceso de selección (van der Glas et al., 1992) y en sujetos con dentición normal toda partícula que queda entre los dientes durante el cierre será fracturado o por lo menos dañado. Estos dos procesos son los que en la literatura científica conforman la “masticación”.

Evaluación de la Función Masticatoria

Existen diferentes métodos para evaluar la función masticatoria (electromiografía, cinemática del ciclo masticatorio, etc.); dentro de éstos está la evaluación del grado de fragmentación de los alimentos (desempeño masticatorio). El desempeño masticatorio se refiere a la habilidad de un sujeto de triturar los alimentos después de un determinado número de ciclos (Yurkstas y Manly, 1949) y refleja la capacidad de un individuo de romper sus alimentos y prepararlos para ser deglutidos. Puede evaluarse de dos formas:

- 1.- Subjetiva: Consiste en cuestionarios dirigidos a evaluar la capacidad de masticación de un individuo por medio de preguntas acerca de que si puede masticar determinados alimentos a través de su autopercepción.
- 2.- Objetiva: Se evalúa el efecto de la masticación del individuo sobre algún alimento. El desempeño masticatorio objetivo corresponde al grado de trituración de

un alimento prueba natural o artificial en un determinado número de ciclos masticatorios y se define como el porcentaje del peso del alimento masticado que puede pasar a través de tamices de apertura fija y se puede expresar como una función logarítmica de su apertura o del tamaño de la partícula. Esta forma es la que utilizamos en nuestro estudio.

La evaluación del desempeño masticatorio se realiza con comida “prueba” natural o artificial. Entre los alimentos naturales utilizados están los cacahuates, avellanas, nueces, zanahoria, manzana, pistaches, coco rallado, carne, y almendras (Yurkstas y Manly, 1949, 1950; van der Bilt et al., 1993; Hiimeae et al., 1996; Hatch et al., 2001; Kohyama et al., 2003; Fontijn-Tekamp et al., 2004; Peyron et al., 2004; Engelen et al., 2005; Ueda et al., 2006; Mishellany-Dutour et al., 2008), Sin embargo, los alimentos naturales son susceptibles a variación según la estación, medio geográfico y estado físico (Edlund y Lamm, 1980). Por otra parte al utilizar alimentos naturales hay una pérdida de material al tamizarlo que va desde 20% del peso en el caso de los cacahuates, 60 % para el coco rallado debido al contenido de humedad y más del 90 % en el caso de las zanahorias y las pasitas por lo cual estos alimentos no son ideales para este tipo de estudio.

Los alimentos ideales no deben absorber agua, disolverse en saliva y deben tener sabor agradable (Edlund y Lamm, 1980). Aunque se han usado otros alimentos como gomitas (Ueda et al., 2006) el alimento prueba artificial más comúnmente utilizado actualmente es la silicona por condensación (van der Bilt et al., 2004), un material para impresiones dentales (Optosil Comfort®) que se ha convertido en el material estándar para la evaluación del desempeño masticatorio. A diferencia de los alimentos naturales que incrementan la variabilidad y error el Optosil Comfort® no se disuelve o expande con saliva, no se rompe a través de líneas de fractura predeterminadas, no es pegajoso y sus características físicas se pueden estandarizar (Albert et al., 2003).

Esto es importante ya que la activación de cada músculo masticatorio depende del tamaño y textura del bolo alimenticio que es triturado en los molares (Piancino et al., 2008). Durante la masticación, el grado de pulverización y otros parámetros como el número de ciclos requeridos para la deglución o la duración de una secuencia es influido por la dureza del alimento así como también del tamaño del bolo (Agrawal et al., 1998; Hiimeae y Palmer, 1999; Mioche et al., 2002; Bhatka et al., 2004; Fontijn-Tekamp et al., 2004; Peyron et al., 2004; Engelen et al., 2005).



Se ha encontrado que las diferencias en desempeño masticatorio entre grupos de sujetos (maloclusión, pérdida de dientes, síndromes, dolor, disfunción, etc.) se detectan más fácilmente con alimentos prueba “duros” (Slagter et al., 1993; Mishellany-Dutour et al., 2008). Las tabletas preparadas con la silicona por condensación Optosil Comfort® tienen una dureza de entre 62 y 65 unidades Shore A, correspondiendo a una dureza media y con cierta flexibilidad de hule, que se encuentra entre la goma de un lápiz y la parte externa de una llanta (Shore Hardness Scale). Resaltamos entonces que debido a la influencia del tamaño, peso y textura, se prefiere el uso de alimentos prueba artificiales en esta área de investigación por la posibilidad de estandarizar las propiedades de los materiales. Además, al utilizar materiales sintéticos se minimiza la variabilidad relacionada con la consistencia de los productos naturales (tiempo de maduración, época del año en que fueron cosechados, etc.) así como la dificultad para tenerlos en las mismas condiciones cuando se requieren en el laboratorio controlando el efecto de éstos factores externos.

La capacidad que tienen los sujetos de fracturar los alimentos se ha estudiado esencialmente después de un número específico de ciclos masticatorios (más comúnmente 20- Julien et al., 1996 ; English et al., 2002) y al umbral de la deglución (Fontijn - Tekamp, 2004; Ueda et al., 2006; Kreulen et al., 2012) que representa la distribución de tamaño de las partículas de comida ingeridas después de la masticación (Yurkstas, 1951, 1965; Jiffry, 1983, Lucas y Luke, 1986) y que corresponde a la “ salida” real de este procesamiento.

Después de que el alimento ya se masticó y secó existen diversos métodos para poder medir el tamaño del alimento prueba masticado, sin embargo, el más aceptado es utilizando tamices. En el pasado la mayoría de los estudios sobre desempeño masticatorio han utilizado uno (Yurkstas y Emerson, 1964; Astrand, 1974), dos (Helkimo et.al., 1978; Haroldson y Carlsson, 1979) o tres tamices (Edlund y Lamm, 1980), pero el número más adecuado de tamices es 7 (Omar et al., 1987).

En base a los valores que se obtienen del material que se queda en cada tamiz la capacidad de fractura (o sea el desempeño masticatorio) puede ser cuantificada a través de dos variables: el tamaño medio de partícula que corresponde a la apertura del tamiz teórico a través del cual pasa el 50 % del peso del material masticado determinado en base a una regresión no lineal y la

amplitud de distribución de las partículas (ADP) que es una medida sin unidad que describe la dispersión de las partículas (similar al rango) en los diversos tamices.

¿Qué se sabe de diferencias en el desempeño masticatorio entre personas?

El número de dientes, el área de contacto oclusal y la fuerza de la masticación son factores que influyen en la función masticatoria (Yurkstas y Manly 1949; Lambrecht, 1965; Helkimo et al., 1977; Julien et al., 1996). Denticiones con áreas cercanas de contacto más grandes tienen tamaños de partícula más pequeños después de masticar (Julien et al., 1996; Owens et al., 2002; Lepley et al., 2011). Las fuerzas oclusales más altas también se han relacionado con un mejor rendimiento (Marquezin, 2013; Okiyama, 2003; Fontijn-Tekamp et al., 2000; Lujan-Climent et al., 2008).

El valor de desempeño masticatorio varía dependiendo del estado del sistema estomatognático y puede variar también dependiendo de la edad, el sexo y la presencia de algunas enfermedades. Como ya se mencionó uno de los factores que determinan el desempeño masticatorio (DM), es el número de dientes presentes. El desempeño masticatorio disminuye de forma importante a medida que disminuye el número de dientes (Lambrecht, 1965; van der Bilt et al., 1993; van der Bilt et al., 2004; Felício et al., 2007; Wintergerst y Sánchez, 2010). Toro et al., (2006) encontraron en una población de jóvenes de 9 a 15 años que la edad puede ser un factor importante en el DM y que el DM fue mejor en niños con oclusión normal, que con maloclusión clase I molar y clase II molar. Ellos definieron la oclusión normal como una relación molar clase I de Angle, 0 – 3 mm de apiñamiento y una sobremordida horizontal y vertical de 1 – 3 mm. English et al., 2002 encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0.001$) entre adultos jóvenes al comparar individuos con oclusión normal (clase I molar de Angle, apiñamiento de hasta 3 mm, sobremordida horizontal y vertical de 1 – 3 mm), que en maloclusión clase I, clase II y clase III. Los grupos con maloclusión clase I, II y III mostraron un DM menor con una diferencia de 9% en clase I, 15% en clase II y 34 % en clase III con respecto al grupo de oclusión normal.

Owens et al., en 2002 estudiaron la relación entre DM y las áreas de contacto oclusal; y al comparar 4 grupos de individuos 1) oclusión normal, 2) clase I, 3) clase II y 4) clase III encontraron que tienen mejor desempeño masticatorio ($p=0.01$) y mayores superficies de contacto oclusal, los sujetos con oclusión normal

en comparación con los grupos de maloclusiones I, II y III. El grupo que presentó menor desempeño masticatorio y menor superficie de contacto fue el de clase III ($p=0.001$).

La fractura del alimento aumenta con cada ciclo masticatorio (Yurkstas y Manly, 1950; Lucas y Luke, 1983; Van der Glas, 1987), es por ello que para tener una mejor idea del procesamiento intraoral de alimentos en adultos, investigadores han estudiado la distribución de tamaño de partícula después de diferentes incrementos y número de ciclos, ya sea con alimentos de prueba naturales o artificiales. (Tabla 1).

Tabla 1. Autores que han utilizado diferentes alimentos para hacer pruebas de desempeño masticatorio a diferentes números de ciclos.

Autor	Ciclos	Alimento prueba
Manly y Braley, 1950	5, 10, 20, 40, 80, 160	Cacahuates
Lucas y Luke, 1983	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60	Zanahoria
Olthoff et al., 1984	5, 10, 20, 40, 80, 160	Cubos de Optosil y cacahuates
Olthoff et al., 1986	10, 20, 40, 80, 160, 320	Cubos de Optosil
Lucas and Luke, 86	5, 10, 15, 20, 25, 30	Zanahoria, nueces de Brasil
Van der Bilt et al., 1987	10, 20, 40, 80, 120	Cubos de Optosil
Van der Glas et al., 1987	10 – 160	Cubos de Optosil
Slagter et al., 1993	10, 20, 40, 60, 80	Cubos de Optosil y Optocal
Geertman et al., 1994	10, 20, 40, 60	Optocal cubes
Fontijn Tekamp, 2000	10, 20, 40, 60	Cubos de Optocal Plus

Slagter et al., (1993) estudiaron y describieron el TMP y la ADP con dos alimentos artificiales en pacientes adultos dentados y desdentados que utilizaban prótesis totales después de 20, 40, 60 y 80 ciclos. En los individuos dentados la mayor reducción se obtiene dentro de los primeros 20 ciclos desde que inicia la secuencia. En los portadores de dentaduras totales se requerían un número mucho mayor de ciclos sin llegar a alcanzar a los dentados. Sin embargo, como no



realizaron la prueba a menos de 20 ciclos no pudieron determinar con mayor precisión el momento de mayor reducción. Recomiendan que en otros estudios en pacientes dentados no es necesario extender la evaluación más allá de 60 ciclos pero que se requiere la evaluación en secuencias más cortas en lugar de llegar hasta 80 ciclos en saltos de 20. Por otra parte también encontraron que mientras que la reducción era rápida en algunos sujetos en otros no era tan rápida al inicio pero posteriormente “alcanzaban” a los otros sujetos.

Las diferencias en todas las estructuras anatómicas, así como en la fisiología pueden producir un patrón diferente de fractura y transformación de alimentos entre adultos y niños. Dado que no se ha realizado un estudio de esta clase en niños nos propusimos describir los cambios en las distribuciones de partículas resultantes de secuencias adicionales de cinco en cinco ciclos masticatorios.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar de que la función más importante del sistema estomatognático es la masticación, ésta no se ha investigado lo suficiente. Más aún, la masticación en niños se ha estudiado mucho menos que la masticación en adultos en quienes se ha estudiado principalmente en relación a la pérdida de dientes o a la rehabilitación con prótesis e implantes. Se asume que dicha función es igual en niños sin haberse estudiado como en los adultos, inclusive los pocos estudios que si se han hecho en niños han adoptado el mismo protocolo (textura, tamaño y dureza del alimento prueba artificial) que se usa en adultos. Nuestros estudios previos indican que la masticación es diferente en niños y en adultos. Por ejemplo, los niños tienen menor capacidad de fractura que un adulto y aún así degluten sus alimentos después de un menor número de ciclos masticatorios y con un tamaño de partícula mayor que los adultos. No es claro cuál es el determinante para que un alimento en especial sea deglutido. Aunque algunos autores han mencionado que depende del tamaño de las partículas, también influye el tipo de alimento, la cohesividad entre las partículas y características propias del individuo. En adultos hay algunos estudios que han explorado los procesos de selección y fractura de alimentos al incrementarse el número de ciclos. Sin embargo, hay razones para pensar que los mencionados procesos de selección de partículas al masticar y su fractura propiamente dicha serían diferentes también en niños y adultos. Nos planteamos entonces la pregunta ¿cómo van comportándose el tamaño medio de partícula y la amplitud de distribución de la partícula en niños al irse incrementando el número de ciclos masticatorios?



JUSTIFICACIÓN

La información obtenida en este estudio permitirá la descripción del proceso de reducción del alimento después de un número en incremento de ciclos masticatorios en niños lo que permitirá entender mejor como se lleva a cabo el proceso no solamente en relación a la selección de las partículas y a la fractura en sí, sino también en relación al mezclado. Este conocimiento nos permitirá seguir avanzando en el estudio de la masticación en niños en condiciones de salud y enfermedad y sus implicaciones en el tratamiento de diversas condiciones. La relevancia no se limita al estudio de la fractura de los alimentos (desempeño masticatorio), sino a otros aspectos o formas de evaluar/estudiar la función masticatoria como la cinemática del ciclo masticatorio y la electromiografía donde también se evalúa la función utilizando alimentos artificiales ayudando a la identificación de las características ideales en cuanto al número de ciclos para evaluar mejor esta función.

HIPÓTESIS

Los cambios en tamaño medio de partícula y amplitud de distribución de las partículas en niños de 8 a 10 años de edad tienen un diferente comportamiento dependiendo del número de ciclos que el alimento prueba sea masticado.

OBJETIVO GENERAL

Construir una curva que describa la relación entre el número de ciclos masticatorios y el tamaño medio de partícula y la amplitud de distribución de las partículas de un alimento prueba artificial (Optosil Comfort®) en niños de 8 a 10 años de edad para cuantificar la reducción del alimento en términos de selección y fractura.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir en niños de 8 a 10 años de edad al masticar el alimento prueba:

- a) El tamaño medio de partícula (TMP) después de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 ciclos masticatorios
- b) La amplitud de distribución de partículas (ADP) después de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 ciclos masticatorios
- c) Elaborar una curva relacionando TMP con el número de ciclos.
- d) Elaborar una curva relacionando ADP con el número de ciclos.
- e) Describir y relacionar los cambios tanto en TMP como ADP a lo largo del proceso masticatorio para entender el proceso de selección y fractura.

METODOLOGÍA

Estudio: Ensayo clínico aleatorizado con el sujeto como su propio control.

Universo y muestreo: Niños mexicanos de 8 a 10 años de edad con oclusión normal para su edad. El muestreo fue no probabilístico de conveniencia ya que se seleccionaron niños de un estudio previo con el TMP más cercano a la media de esa población y con un número semejante de ciclos requeridos para llegar al umbral de la deglución.

Tamaño de la muestra: El tamaño de muestra fue de 10 niños, (5 mujeres y 5 varones). El cálculo se realizó en base a la detección de diferencias (entre un mismo individuo/pareada) de 1 ± 1 gramo entre 20 y 40 ciclos (dato obtenido en estudios previos), con un alfa de 0.05, un poder de 80% en pruebas de dos colas (Figura 1).

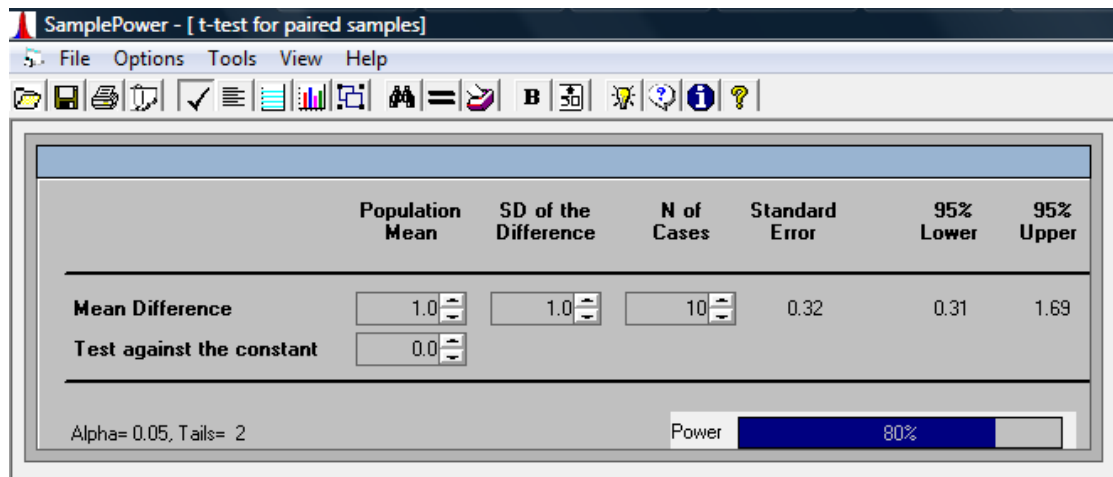


Fig 1. Captura de pantalla, del Programa Sample-Power, durante el proceso de cálculo del tamaño de muestra.



Criterios de inclusión

- ✓ Niños y niñas de 8 a 10 años de edad.
- ✓ Oclusión normal para su edad.
- ✓ Que ya hayan participado en pruebas utilizando este mismo alimento prueba artificial.
- ✓ Dispuestos a participar en el estudio (consentimiento informado de los padres y el asentimiento verbal de los niños).

Criterios de exclusión

- Síntomas de disfunción temporomandibular al interrogatorio (los cuales se identificaron mediante preguntas en relación a dolor en la zona de la articulación temporomandibular, chasquido o crepitación).
- Pérdida temprana de más de un molar temporal o permanente (por caries dental) o con movilidad extrema.
- Coronas de acero cromo en molares.
- Lesiones cariosas que abarcaran más de dos superficies o que reportaran dolor dental.
- Tratamiento de ortopedia, ortodoncia o cirugía maxilofacial previo o que se estuviera realizando en ese momento.
- Alteraciones craneofaciales, asimetrías muy marcadas y/o síndromes genéticos detectables a simple vista.
- Problemas de comportamiento que dificultaran el procedimiento.

Criterio de eliminación

Niños que reportaran mucho cansancio y no desearan continuar en el estudio.



CONSIDERACIONES ÉTICAS

Este proyecto fue de bajo riesgo, sin embargo, el protocolo fue sometido y aprobado por un Comité de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México. El material prueba artificial se elaboró de silicona por condensación (Optosil Comfort®) el cuál es un material para la toma de impresiones dentales. Este material no es tóxico, además no se deglute sino que sólo se mastica y escupe. Si por accidente un niño deglute parte del material éste no es digerido sino es eliminado íntegro por heces fecales. Cabe mencionar que en estudios previos en niños (Teodosio-Procopio, 2009; Garnica-Palazuelos, 2012) el porcentaje de pérdida de material ha sido de aproximadamente 4% lo que corresponde a aproximadamente .06g por prueba (.48 g del total de 8 pruebas). Aunque parte de ésta pérdida puede ser de material deglutido, la mayor parte corresponde a pérdida de material al quedarse pegado en el filtro de papel o en la bolsa de plástico donde se almacena o que el niño escupa fuera del filtro. También se pierde parte del material al estar vaciando el material al tamiz o al pasarlo a la báscula. Después de la explicación de la participación del niño en el estudio el consentimiento informado (Anexo 1) fue obtenido del padre o madre de los sujetos participantes en forma escrita y el niño aceptó verbalmente participar en el estudio.

VARIABLES

Las variables independientes y dependientes utilizadas en este estudio se presentan en la tabla 2.

Tabla 2: Variables independientes y dependientes.

Variables independientes			
Nombre.	Definición.	Operacionalización de las variables.	Tipo de variable / unidad.
Edad	Años de vida a la fecha.	Medición de tiempo en meses y años referida por el paciente o padres.	Continua, Años y meses.
Sexo	Conjunto de características comunes del ser humano que lo definen como hombre o mujer.	Características anatómicas visibles a simple vista que clasifican al individuo en hombre o mujer.	Cualitativa, nominal femenino-masculino.
Número de ciclos masticatorios	Número de ciclos masticatorios que se le indican al niño mastique el alimento prueba artificial.	Número de ciclos (un ciclo corresponde a una apertura y cierre) durante los cuales cada niño mastica el alimento prueba artificial. El evaluador es el que le indica al niño cuando detenerse.	Cuantitativa discreta (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40)

Variables dependientes			
Tamaño medio de partícula	Tamaño medio de las partículas del alimento prueba (Optosil® Comfort) masticado y secado.	Apertura del tamiz teórico a través del cual pasa el 50% del peso del material masticado, determinado por la ecuación de Rosin-Rammler.	Continua milímetros
Amplitud de distribución de las partículas	Medida sin unidad que describe la amplitud de la distribución de las partículas en los diferentes tamices del alimento prueba (Optosil Comfort) masticado y secado.	Amplitud de la distribución de las partículas en los diferentes tamices (similar al rango) determinado por la ecuación de Rosin-Rammler.	Discontinua (sin unidad)



MATERIALES

Los recursos utilizados para elaborar el alimento prueba artificial y la tarea experimental propiamente dicha se encuentran especificados en la tabla 3.

Tabla 3:

RECURSOS MATERIALES	CANTIDAD
Fichas de registro	12
Abatelenguas	20
Toallas de papel	1 rollo
Campos de trabajo	24
Optosil Comfort® hule de silicona, base y activador	1 bote
Formaleta de acrílico de 5 mm de grosor con perforaciones de 20 mm de diámetro	5
Durómetro digital modelo 211 Tipo A (PTC Instruments, Los Angeles Ca, USA)	1
Bascula digital (con precisión 0.01g). Bascula digital para control de Porciones	1
7 tamices de 3 pulgadas de diámetro y 3 pulgadas de profundidad. Brass frame, stainless cloth. W.S. Tyler US. Standard Sieves. (1-800-272-4327) (www.ascScientific.com) aperturas de: 5.6 mm (#3 ½), 4 mm (#5), 2.8 mm (#7), 2 mm (#10), 0.85mm (#20), 0.425 mm (#40), 0.25 mm (#60) 3 inch diameter sieve pan and sieve cover	1
Vidrio de reloj	2
Mango de bisturí #3 con hojas	2
Recipientes de boca ancha (cortos)	4
Coladeras Metaltex Giada Inox 15 cm	2
Caja de papel encerado. Reynold's® wax paper 30 sq. Ft (10m x 30 cm)	1
Caja de guantes de látex caja 50 pares Úniseal de Proderma®, tamaño (extrachico)	1
Cajas de Bolsas Ziploc® (Johnson). Bolsas para guardar alimentos extra resistentes	2



Paquetes de filtros de café tipo cesta 100 8-12 tazas marca Melita	2
Botellas de agua	20
Pluma marcadora indeleble (Sharpie®) Color negro y de punto fino.	1
Cronómetro	1
Cámara fotográfica digital	1
Computadora portátil	1
Paquete estadístico SPSS	1
Incentivos para los niños	12
Botiquín de primeros auxilios para la escuela primaria	1



PREPARACIÓN DEL ALIMENTO PRUEBA

Las tabletas (5 mm de altura y 20 mm de diámetro) fueron elaboradas de una silicona de condensación (Optosil Comfort®, Heraeus Kulzer) utilizando guantes y siguiendo las instrucciones del fabricante y en base a un protocolo estandarizado (Albert et al, 2003) (figuras 2,3,4 y 5). Se utilizó una plantilla de 5 mm de grosor y 20 mm de diámetro (figura 6). La dureza de cada tableta se midió después de un tiempo de endurecimiento de cuando menos una hora con un durómetro digital modelo 211 tipo A (figura 7). Las tabletas con la dureza adecuada (62-65 Unidades Shore A) se cortaron en cuartos (figura 8). Para cada niño se empacaron en bolsas ziploc, tres porciones de tres cuartos de tableta (es decir, nueve cuartos que fueron pesados (figura 9) con un peso de aproximadamente 1.6 g) para cada prueba.



Figura 2. Materiales requeridos para elaborar el alimento prueba artificial, como lo requiere el protocolo estandarizado.



Figura 3. Silicona pesada cuidadosamente dispensada y compactada.

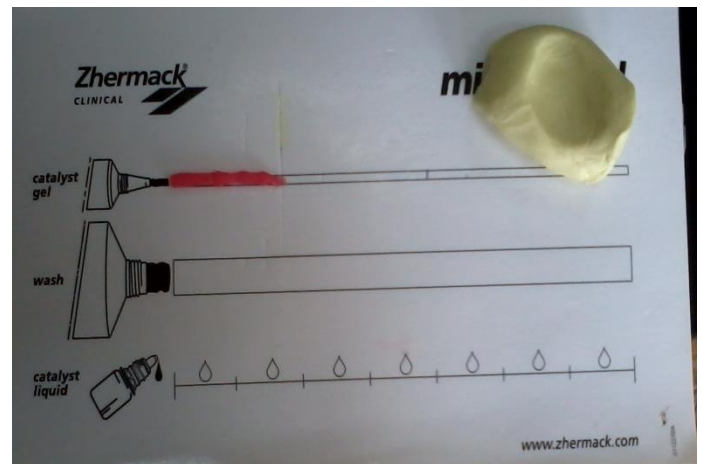


Figura 4. Activador dispensado en base a la medida de silicona pesada.



Figura 5. La silicona y el activador son mezclados uniformemente.

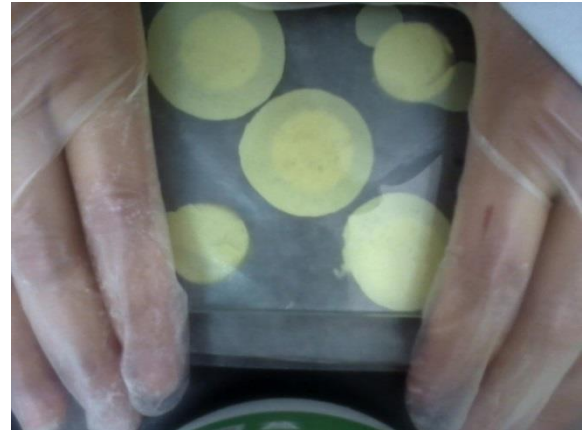


Figura 6. Plantilla de 5 mm de grosor y 20 mm de diámetro. La silicona se comprime con ayuda de una loseta de vidrio.



Figura 7. Durómetro digital modelo 211 tipo A, marcando dureza permitida.



Figura 8. Tableta cortada en cuartos.



Figura 9. Bascula pesando los nueve cuartos de tableta.



TAREA EXPERIMENTAL

De una base de datos de niños de 8 a 10 años que habían participado en dos estudios previos recientes sobre desempeño masticatorio utilizando Optosil Comfort® como alimento prueba artificial se seleccionaron a niños con un TMP a 20 ciclos masticatorios muy cercano a la media de la población (2.8 ± 0.8 mm) y con un número de ciclos necesarios para llegar al umbral cercano a la media de la población (39 ± 21). Ya identificados se localizaron y se les explicó a los padres y a los niños en qué consistía la investigación y su participación. Una vez que aceptaron participar (consentimiento informado firmado por los padres y asentimiento verbal de los niños, ANEXO 1) se procedió a la tarea experimental previa cita la cual fue aproximadamente entre 2 y 3 horas posterior a algún alimento (desayuno, lunch, o comida). La tarea se realizó en un cuarto donde se encontraban únicamente el niño y los evaluadores. Los niños estaban sentados en una silla sin cabezal para no restringir los movimientos naturales de la cabeza durante la masticación. Aunque los niños ya habían participado en otro estudio con el mismo alimento prueba, se les dio una muestra de este para refamiliarizarlo con su textura. Esta muestra no fue recolectada. El niño comenzaba a masticar, el evaluador contaba el número de ciclos correspondientes (5, 10....) y se le indicaba cuando se detuviera y escupiera el material en un filtro de café (figura 10). Se le pedía se enjuagará con agua hasta retirar todas las partículas del material. El producto de éstos enjuagues también fue recolectado (figuras 11 y 12). Los niños realizaron ciclos masticatorios de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 en orden aleatorizado y repartidos en dos ocasiones de prueba para evitar el efecto de la fatiga. Se les permitió descansar entre las pruebas.



Figura 10. Evaluador y niño, realizando las pruebas de masticación y recolectando el material.

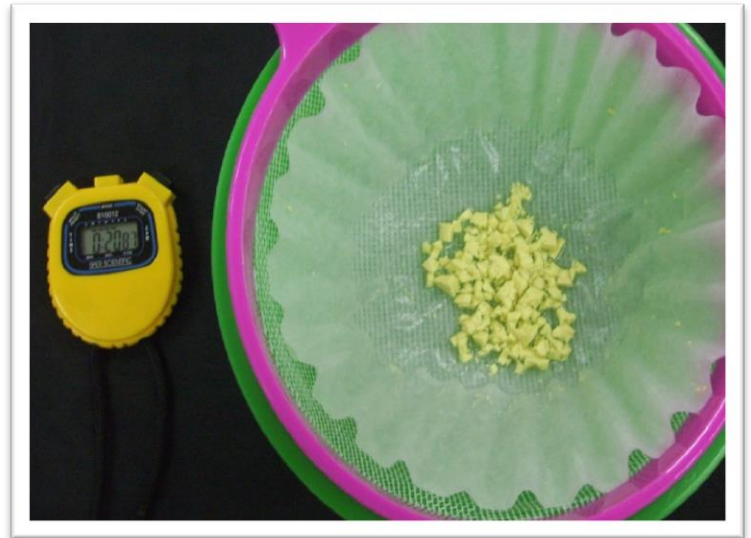


Figura 11. Material recolectado en un filtro de café después de enjuagarse con agua.

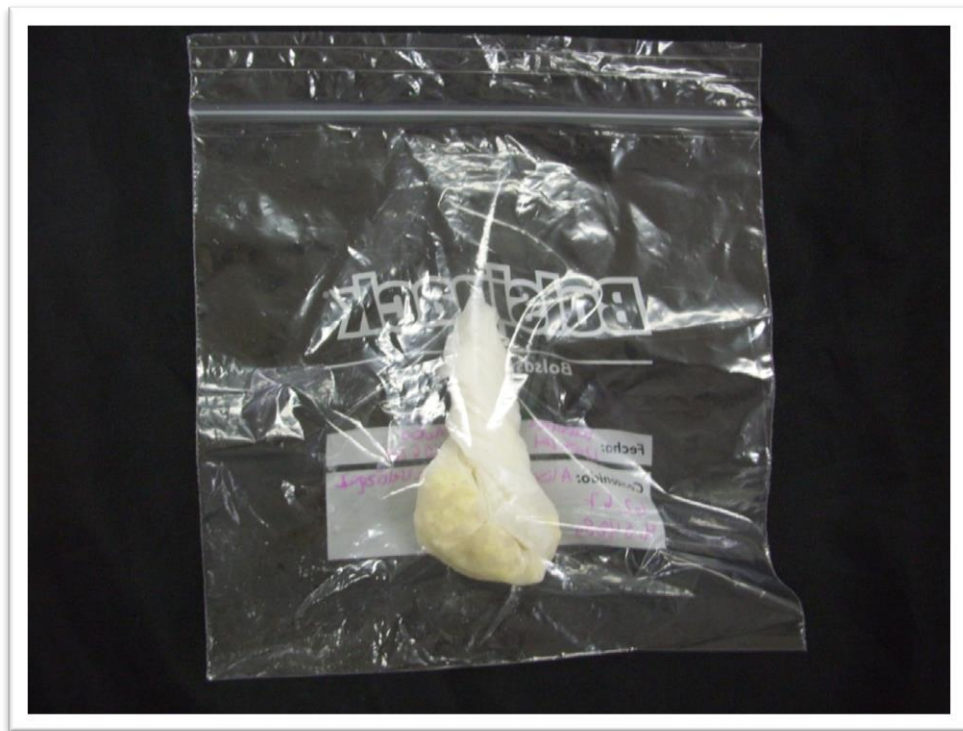


Figura 12. Material masticado.

PROCESAMIENTO DEL MATERIAL MASTICADO

Las partículas (de cada secuencia junto con el filtro de papel fueron secados a temperatura ambiente durante un mínimo de 24 horas) (figura 13).

Las partículas fueron pasadas a través de una pila de 7 tamices con aperturas de 5.6 mm, 4.0 mm, 2.8 mm, 2.0 mm, 0.85 mm, 0.425 mm y 0.25 mm sobre un vibrador dental durante dos minutos (figura 14 y 15). Una vez que la muestra fue tamizada el contenido de cada tamiz se pesó en una báscula con precisión de 0.01gramos (figura 16 y 17).



Figura 13. Alimento prueba masticado, los filtros superiores están secos y los inferiores húmedos.



Figura 14. El material previamente secado fue separado a través de una torre de 7 tamices mientras se vibraba durante 2 minutos.



Figura 15. Material acumulado en cada tamiz después de ser vibrado.

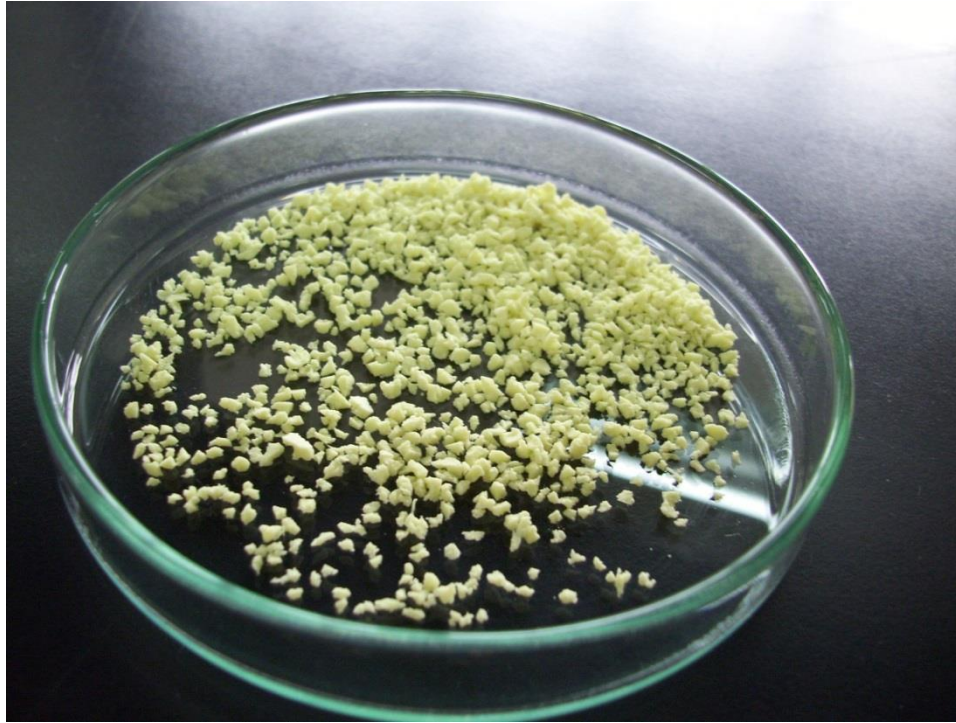


Figura 16. El contenido de un tamiz, puesto en una caja de Petri para ser pesado.



Figura 17. Bascula con precisión de 0.01 g pesando el contenido de un tamiz.



Se calcularon los porcentajes de peso acumulado (definidos como la cantidad de partículas que pueden pasar a través de cada tamiz). En base a estos porcentajes se calculó el tamaño medio de las partículas (medida de tendencia central) y la amplitud de la distribución de las partículas utilizando la ecuación de Rosin-Rammler, para cada individuo.

$$Q_w = 100 [1 - 2 \cdot (x/x_{50})^b]$$

donde Q_w es el porcentaje de peso de las partículas con un diámetro más pequeño que x (la máxima apertura de tamiz). El tamaño medio de las partículas (x_{50}) es la apertura del tamiz teórico a través de la cual pasa el 50% del peso y “ b ” es una medida sin unidad que describe la amplitud de la distribución de las partículas (similar al rango). Los valores de “ b ” aumentados corresponden a curvas del porcentaje de peso acumulado con pendientes más inclinadas y por lo tanto distribuciones de las partículas menos amplias.

REGISTRO DE LA INFORMACIÓN

Se utilizó una hoja de registro diseñada específicamente para este fin para cada sujeto en el estudio con: ficha de identificación y una tabla para vaciado de datos. Los datos de identificación y de las variables se vaciaron en una hoja de Excel® (Microsoft).



ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó la descripción matemática de la reducción del tamaño del alimento prueba utilizando media, desviación estándar, mediana, mínimo y máximo de las variables dependientes. Se construyeron tablas y gráficas del TMP y ADP en función del número de ciclos, además de tablas con el porcentaje de peso y el porcentaje de peso acumulado en cada tamiz en base al número de ciclos y en función de la apertura de los tamices. Se utilizó el programa SPSS versión 16.

RESULTADOS

Del estudio previo, se seleccionaron a 5 niñas, que tuvieran un TMP a los 20 ciclos de $2.8 \pm 0.8 \text{ mm}$ y un número de ciclos al umbral de 39 ± 21 (datos específicos para niñas).

También se seleccionaron a 5 niños que tuvieran un TMP a los 20 ciclos de $2.9 \pm 0.7 \text{ mm}$ y un número de ciclos al umbral de 34 ± 17 (datos específicos para niños).

En la figura 18 se muestra la distribución del material en los diferentes tamices al ir desde 5 hasta 40 ciclos. A los 5 ciclos la mayor parte del material se encontraba en el tamiz de mayor apertura, mientras que había un mínimo de material en los tamices más pequeños. A los 40 ciclos el material es mínimo en el tamiz de mayor apertura y poco en los 3 tamices más pequeños.

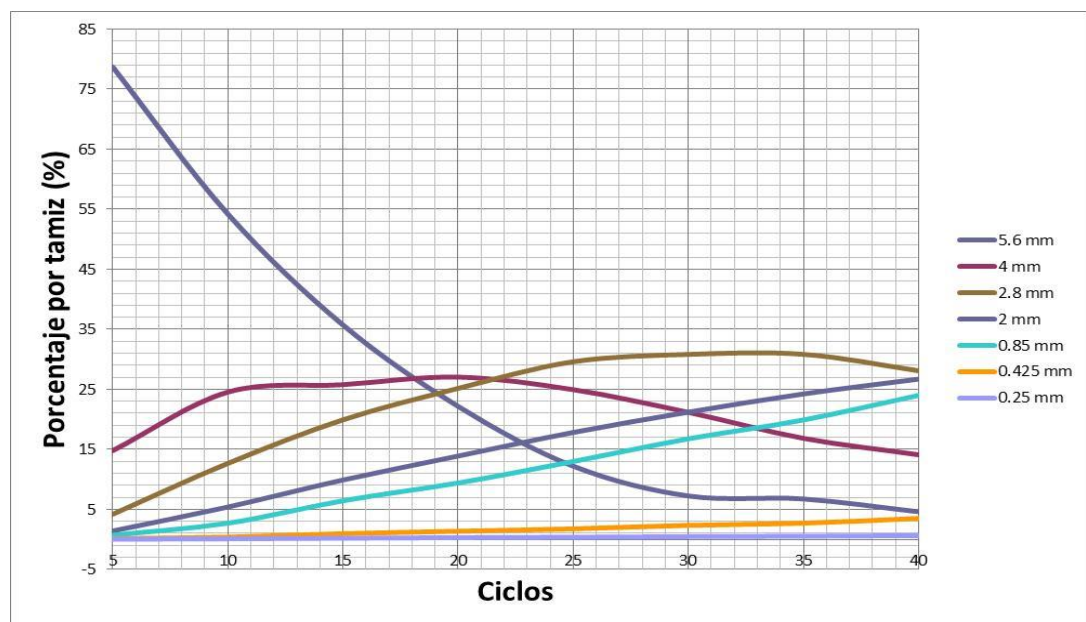


Figura 18. Porcentaje de peso del alimento prueba artificial masticado en los diversos tamices para las diferentes pruebas



En la figura 19, se encuentran los porcentajes de peso acumulado en los diferentes tamices en las pruebas que representan incrementos de 5 en 5 ciclos. Podemos apreciar que el 100% del material comienza en el tamiz de mayor apertura y al incrementarse los ciclos, el material se acumula en mayor cantidad en los tamices de valores medios, en todas las pruebas las colas de las curvas están aplanadas hacia los tamices más pequeños.

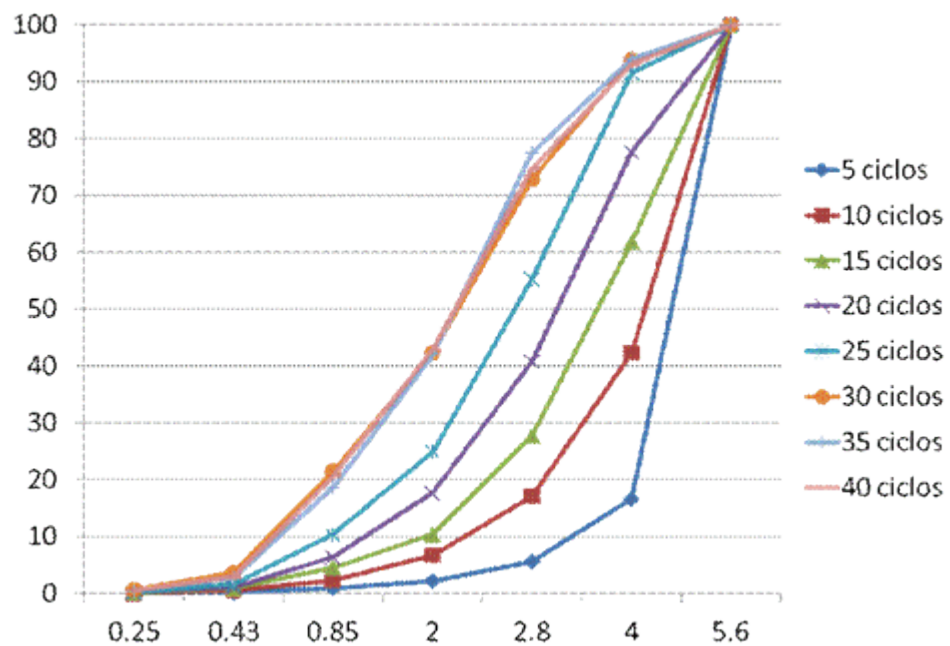


Figura 19. Porcentaje de peso acumulado al incrementarse el número de ciclos.



En la figura 20 se muestran los valores de ambos ejes en logaritmos. En el eje horizontal del lado izquierdo los tamices de menor apertura y del lado derecho los de mayor apertura. A los 5 ciclos aunque se ha fracturado mínimamente el material ya hay partículas que logran pasar los tamices de menor apertura, a los 30 ciclos un 80% aproximadamente se encuentra en los tamices de valores pequeños de apertura y un 20% sigue en el de mayor apertura. A los 40 ciclos sigue habiendo partículas en los tamices de apertura mayor en un 10 %.

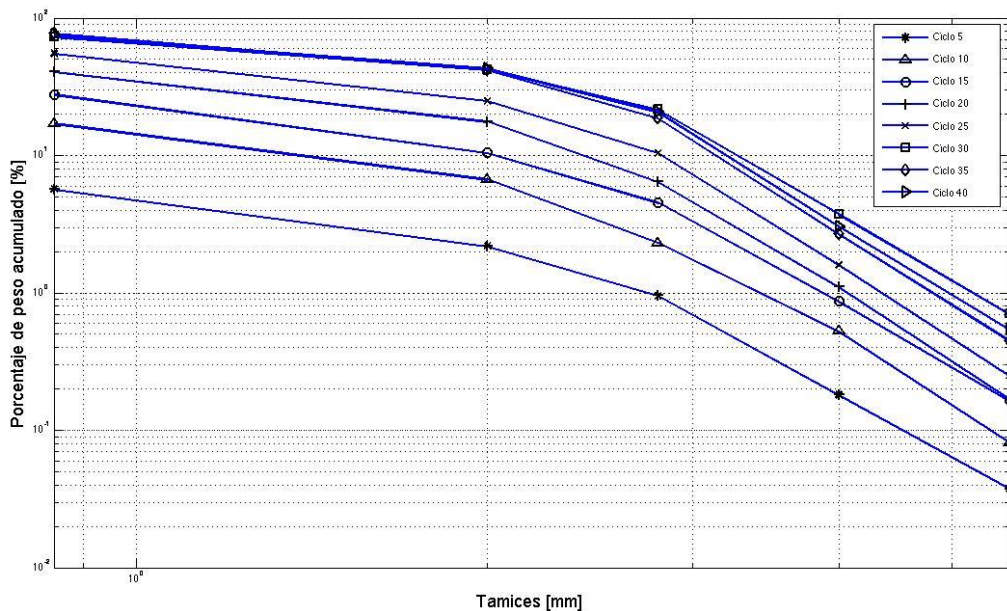


Figura 20. Porcentaje de peso acumulado al incrementarse el número de ciclos (ambos ejes en logaritmo) el tamiz más pequeño es el de la izquierda y el porcentaje más alto es arriba.

Los valores de TMP y ADP se calculan en base a los porcentajes acumulados en los 7 diferentes tamices. Los valores descriptivos de TMP se encuentran en la tabla 4. Los cambios en el TMP al incrementarse el número de ciclos se representa en la figura 21 y la tabla 5 donde podemos observar cómo va decreciendo el TMP conforme se incrementa el número de ciclos (de 4.5 mm a los 5 ciclos hasta 1.68 a los 40 ciclos), sin embargo, el descenso en TMP es mayor entre los 5 y los 30 ciclos. Cada 5 ciclos entre los 5 y los 30 el TMP en promedio decrece 17%, mientras que de los 30 a los 40 ciclos va decreciendo sólo 7%.

CICLOS	MEDIA (mm)	DESV. ESTÁNDAR(mm)	MEDIANA (mm)	MÍNIMO (mm)	MÁXIMO (mm)
5	4.50	±0.153	4.54	4.26	4.70
10	3.93	±0.462	3.78	3.34	4.70
15	3.24	±0.602	3.25	2.51	4.32
20	2.73	±0.522	2.62	2.12	3.87
25	2.18	±0.552	2.27	1.24	3.03
30	2.26	±0.812	2.02	1.40	3.79
35	1.89	±0.484	2.06	1.10	2.37
40	1.68	±0.657	1.52	0.78	2.79

Tabla 4. Valores de TMP en las diferentes pruebas de incrementos de ciclos.

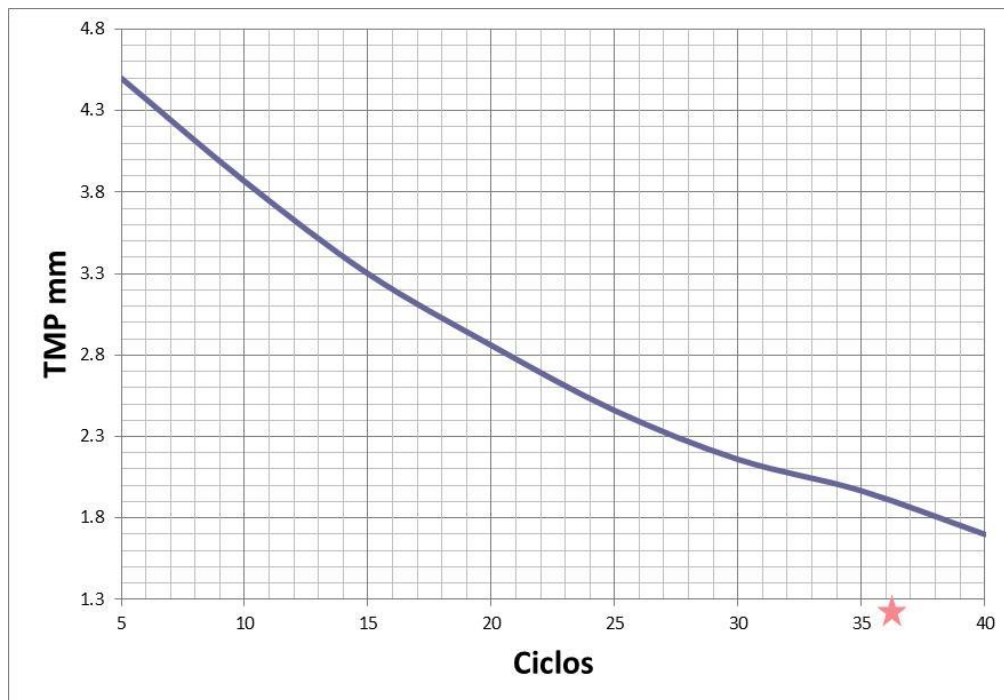


Figura 21. Número de ciclos vs tamaño medio de partícula



Ciclos	Diferencia en TMP entre ciclos			Porcentaje
5-10	4.5-3.9	86.6	13.4	16.5%
10-15	3.9-3.2	82.05	17.95	
15-20	3.2-2.7	84.37	15.63	
20-25	2.7-2.2	81.48	18.52	
25-30	2.2-2.3	0%	0%	7.3%
30-35	2.16-1.9	87.96	12.06	
35-40	1.9-1.7	89.47	10%	

Tabla 5. Porcentajes de disminución del TMP entre ciclos.

Los valores descriptivos de ADP se encuentran en la tabla 6. En la figura 22 se muestra cómo va disminuyendo el ADP conforme se incrementa el número de ciclos. Podemos observar que el ADP disminuye rápidamente entre los 5 y los 15 ciclos y posteriormente su cambio es menor. El ADP a los 5 ciclos es de 8.94, de 5.45 a los 10 ciclos, de 3.48 a los 15 ciclos y a partir de ahí el descenso es menos marcado hasta llegar a 2.03 a los 40 ciclos.

CICLOS	MEDIA	DESV.TÍPICA	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO
5	8.94	±2.38	8.85	6.12	12.76
10	5.45	±3.25	3.93	2.71	12.16
15	3.48	±1.43	2.88	2.20	6.84
20	2.8	±0.62	2.71	2.14	4.02
25	2.57	±0.73	2.7	1.58	3.62
30	2.37	±0.83	2.17	1.52	4.15
35	2.1	±0.56	1.9	1.54	3.36
40	2.03	±0.56	1.69	1.48	3.03

Tabla 6. Valores descriptivos de ADP con el incremento en el número de los ciclos.

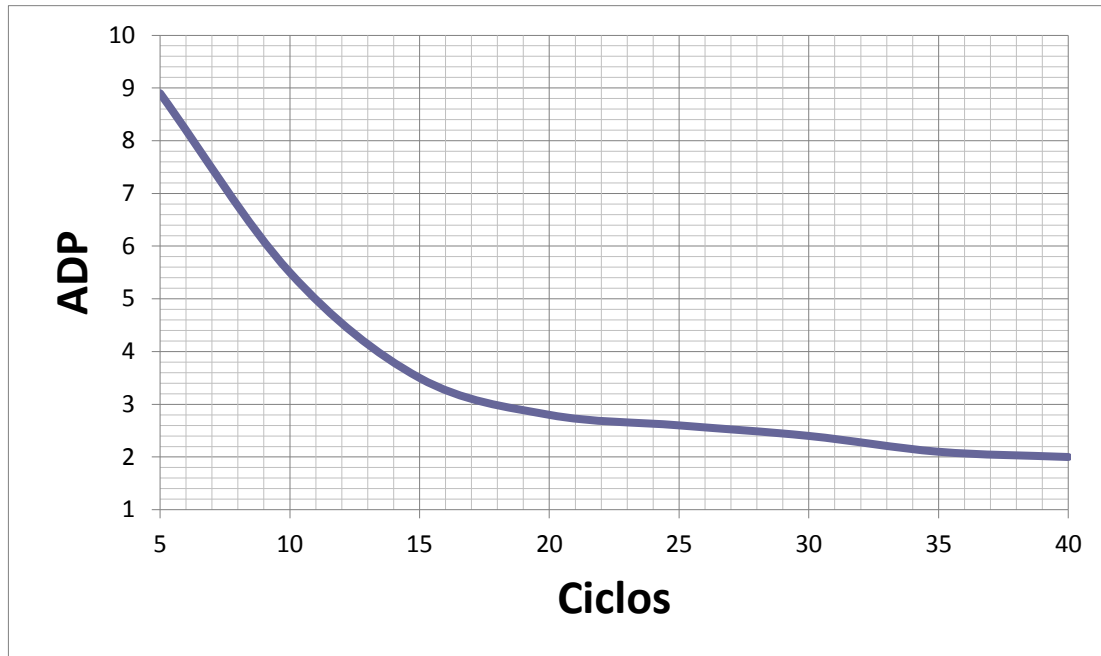


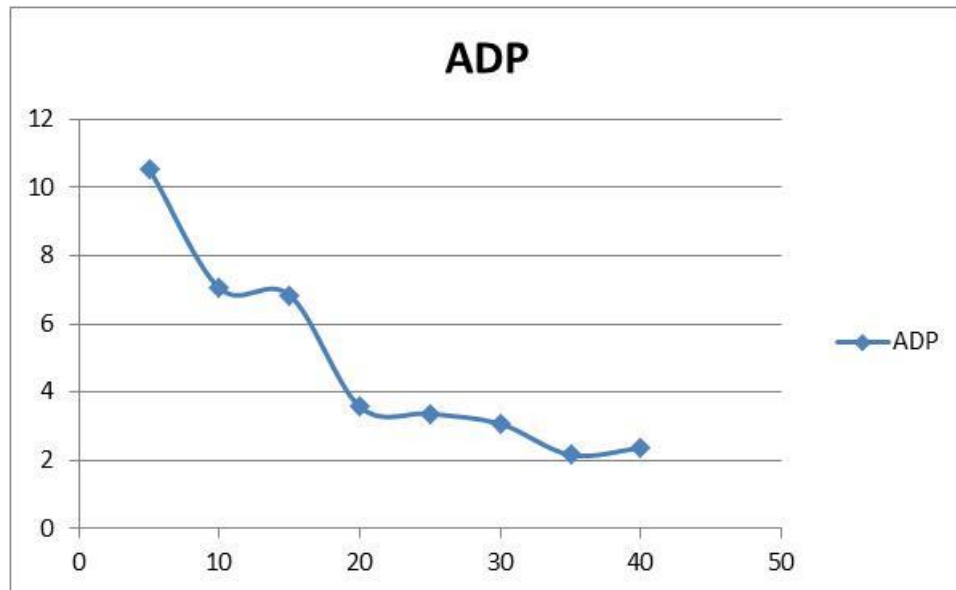
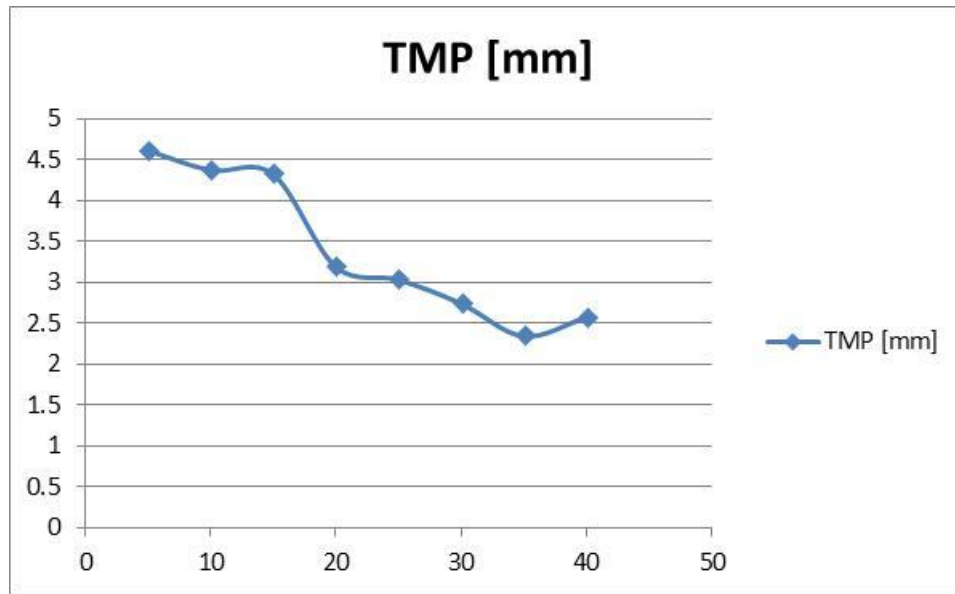
Figura 22. Número de ciclos vs amplitud de distribución de partículas (medida sin unidad)

Las tablas y gráficos que se encuentran en las páginas 36 a 46 muestran los valores individuales de cada uno de los 10 niños que participaron en el estudio. Para cada niño en la tabla se muestra su TMP a los 20 ciclos, al umbral de la deglución, y el número de ciclos masticatorios que requieren para llegar al umbral de la deglución con el propósito de poder comparar los resultados del experimento previo de donde se seleccionaron a los niños y los valores en esta serie de pruebas. Con ello encontramos que los valores coinciden en TMP a los 20 ciclos. La siguiente serie de gráficos nos muestran como a pesar de haber seleccionado a niños con valores cercanos a la media de una población de aproximadamente 50 niños los cambios tanto en TMP como en ADP difieren entre ellos lo que indica la gran variabilidad que hay en el proceso de preparación de un alimento antes de su deglución. En el caso de la niña número 2 se presentan también fotografías del material masticado y seco para cada una de las pruebas (figuras 23-30, página 38) con el fin de ejemplificar la diversidad en la forma y tamaño de las partículas inclusive a los 40 ciclos.



Niño 1

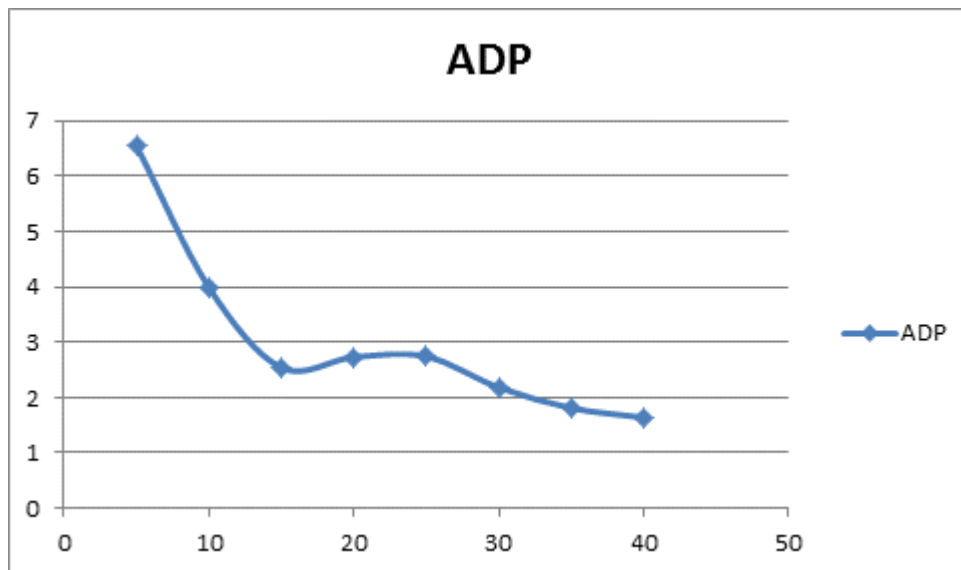
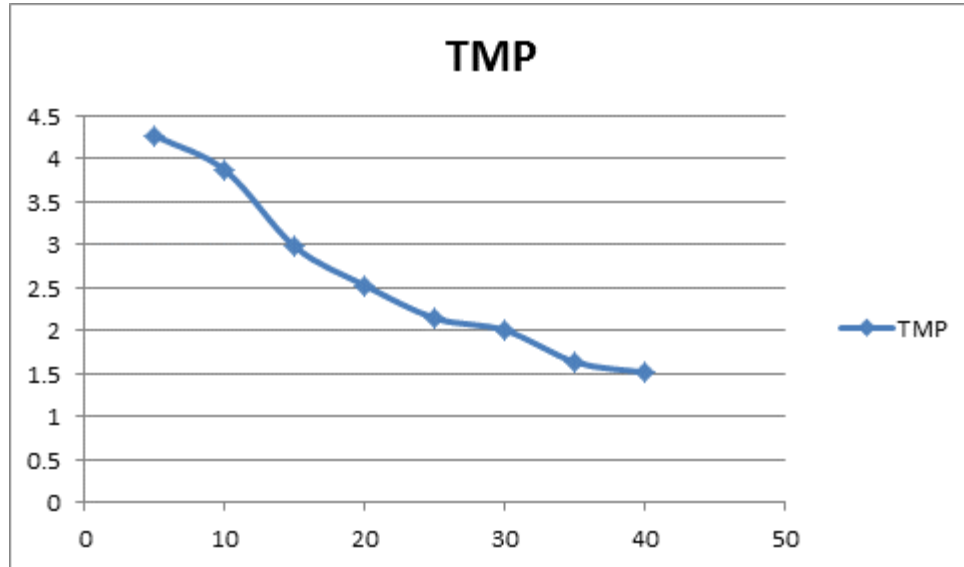
Niño 1			
Sexo	Masculino		
20 ciclos	TMP	ADP	
	2.77		
Umbral a la deglución	TMP	ADP	#Ciclos
	2.3		41.20





Niño 2

Niño 2			
Sexo	Masculino		
20 ciclos	TMP	ADP	
	3.38		
Umbral de la deglución	TMP	ADP	#Ciclos
	2.50		45.20



Nota: Se incluye un cuarto de tableta en cada una de las siguientes imágenes con fines de comparación.



Figura 23. Alimento masticado por la niña 2 hasta 5 ciclos.



Figura 24. Alimento masticado por la niña 2 hasta 10 ciclos



Figura 25. Alimento masticado por la niña 2 hasta 15 ciclos

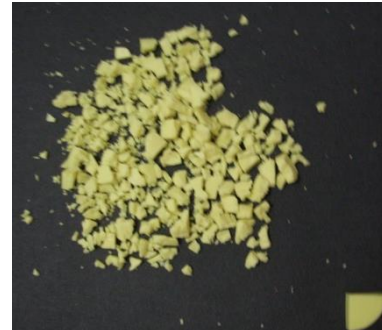


Figura 26. Alimento masticado por la niña 2 hasta 20 ciclos



Figura 27. Alimento masticado por la niña 2 hasta 25 ciclos



Figura 28. Alimento masticado por la niña 2 hasta 30 ciclos



Figura 29. Alimento masticado por la niña 2 hasta 35 ciclos

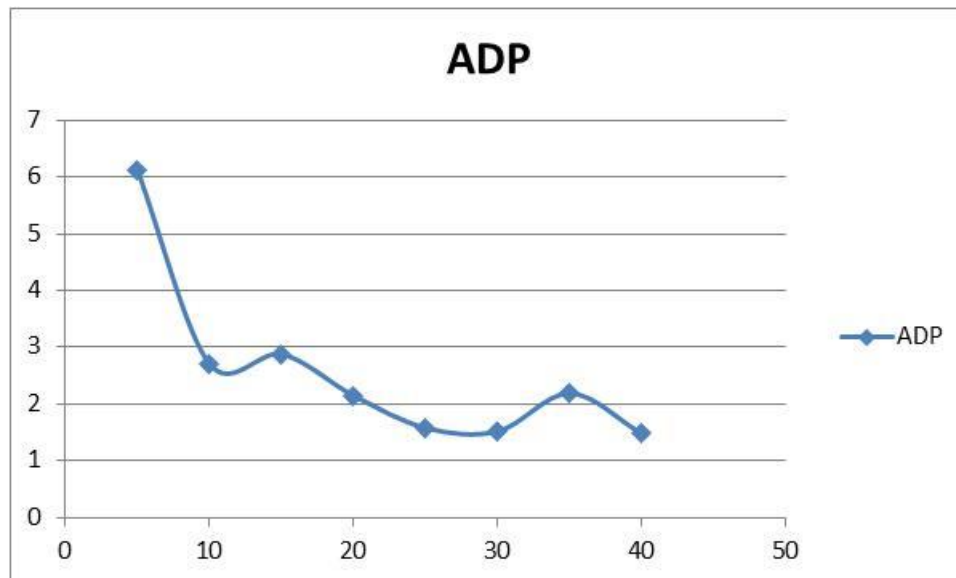
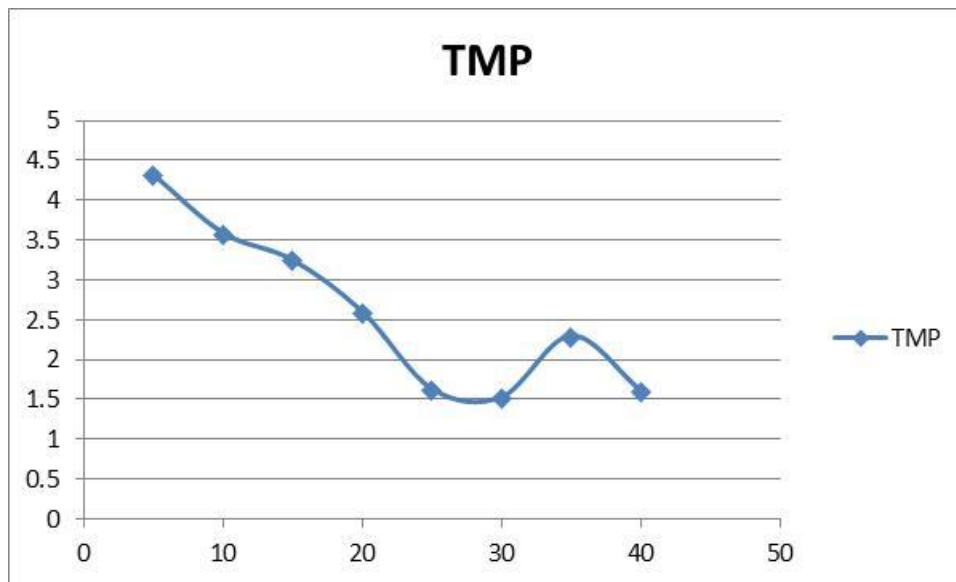


Figura 30. Alimento masticado por la niña 2 hasta 40 ciclos



Niño 3

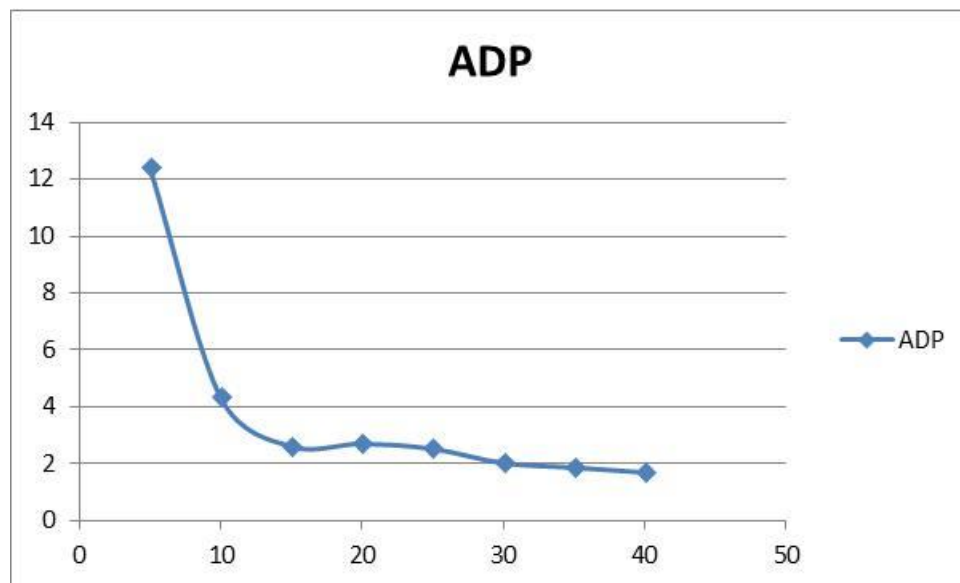
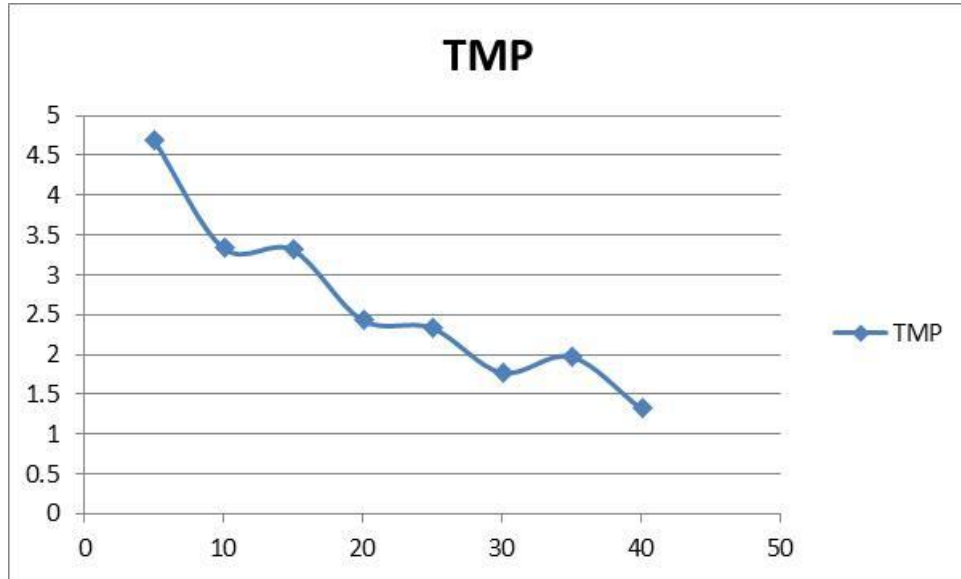
Niño 3			
Sexo	Femenino		
20 ciclos	TMP	ADP	
	2.41		
Umbral de la deglución	TMP	ADP	#Ciclos
	1.824		19.80





Niño 4

Niño 4			
Sexo	Masculino		
20 ciclos	TMP	ADP	
	3.48		
Umbral de la deglución	TMP	ADP	#Ciclos
	1.80		31

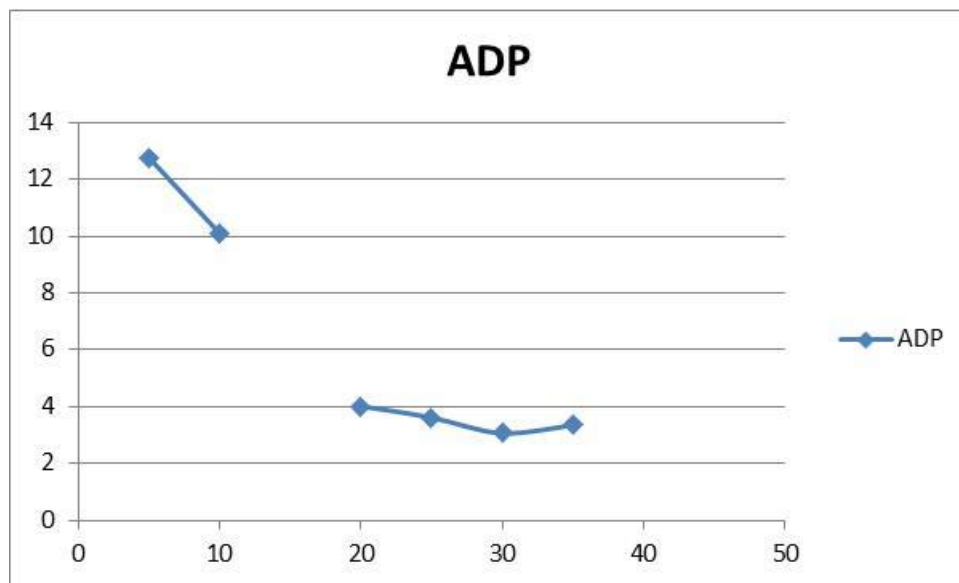
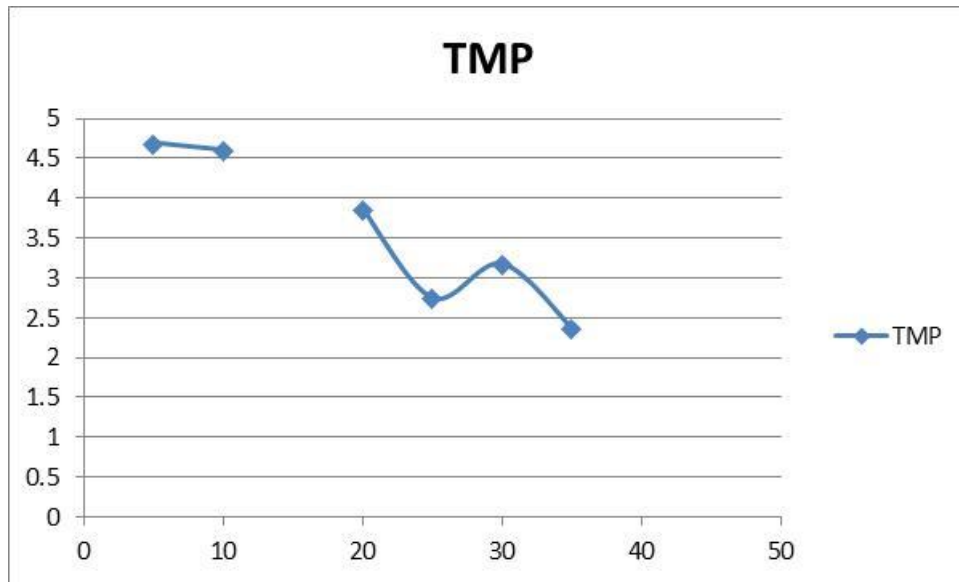




Niño 5

Niño 5			
Sexo	Femenino		
20 ciclos	TMP	ADP	
	2.63		
Umbral de la deglución	TMP	ADP	#Ciclos
	0.78		66

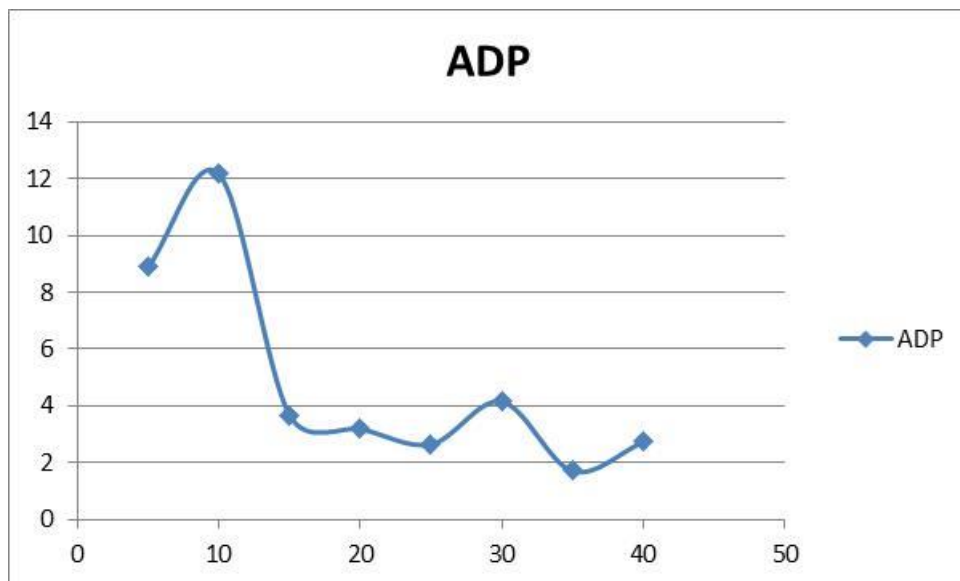
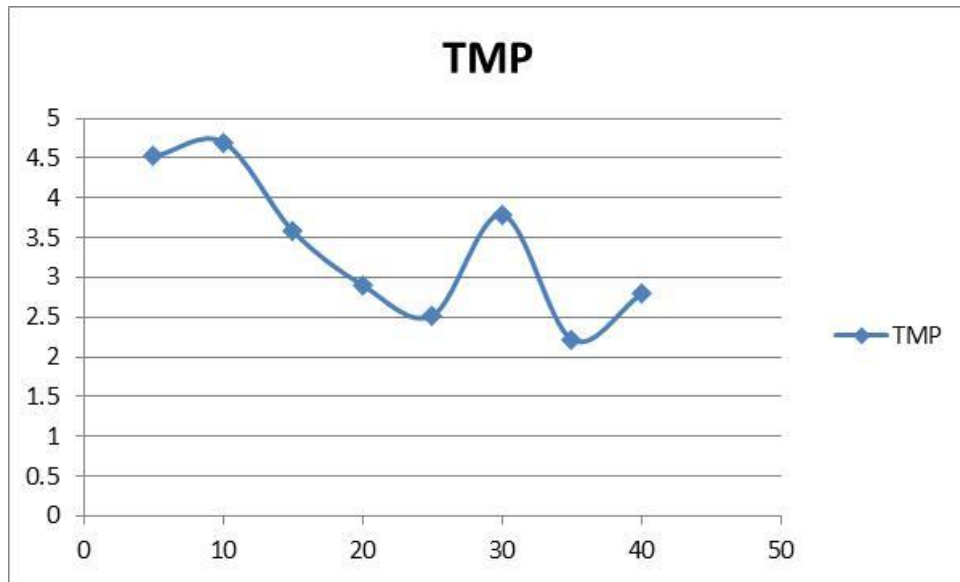
Nota: Las líneas se encuentran interrumpidas debido a que por error se combinó el material a los 15 y 40 ciclos.





Niño 6

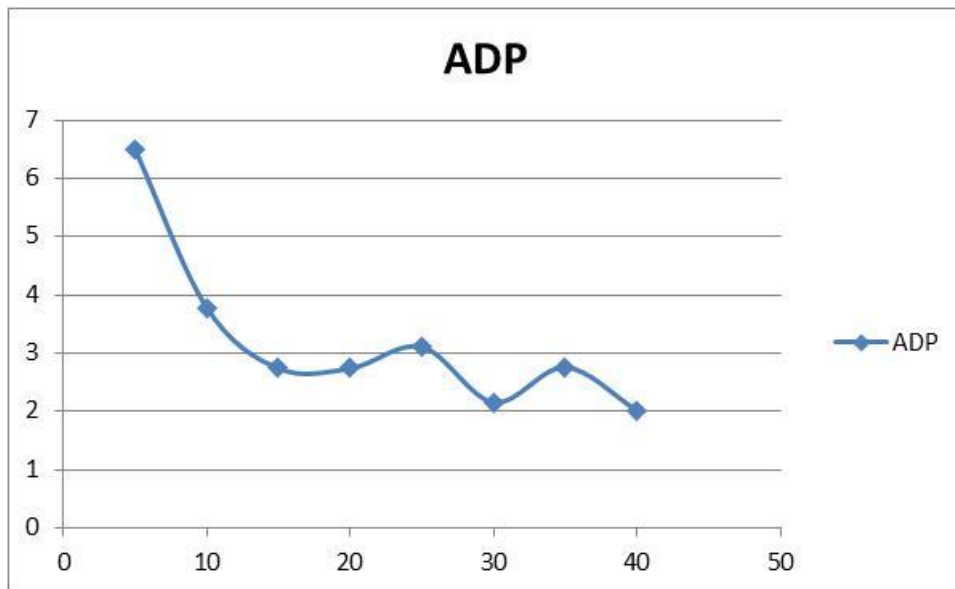
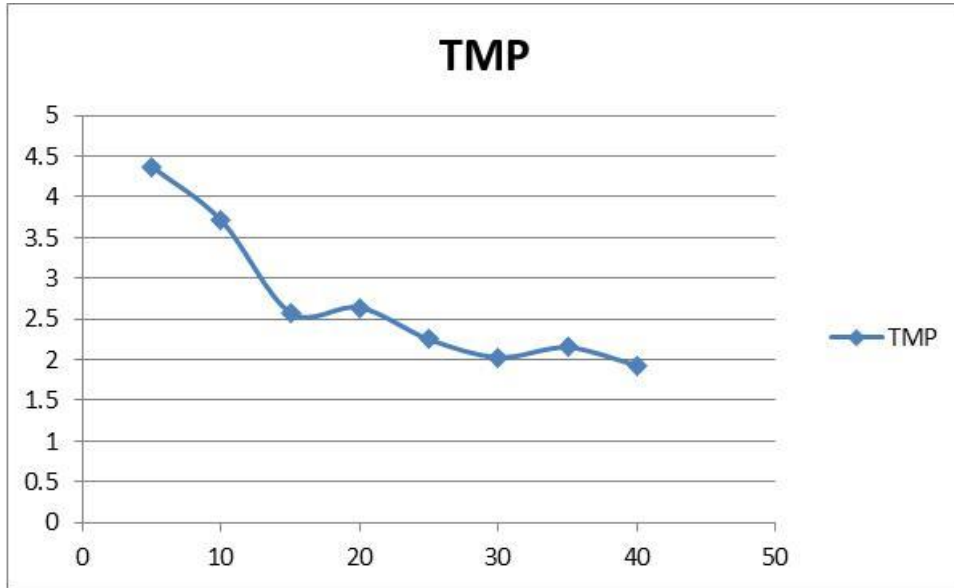
Niño 6			
Sexo	Masculino		
20 ciclos	TMP	ADP	
Umbral de la deglución	TMP	ADP	#Ciclos





Niño 7

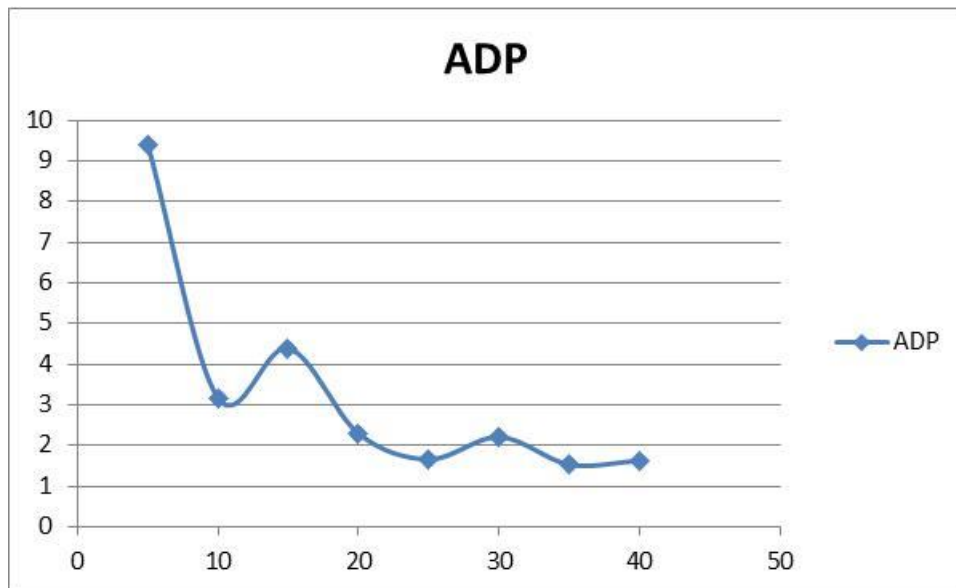
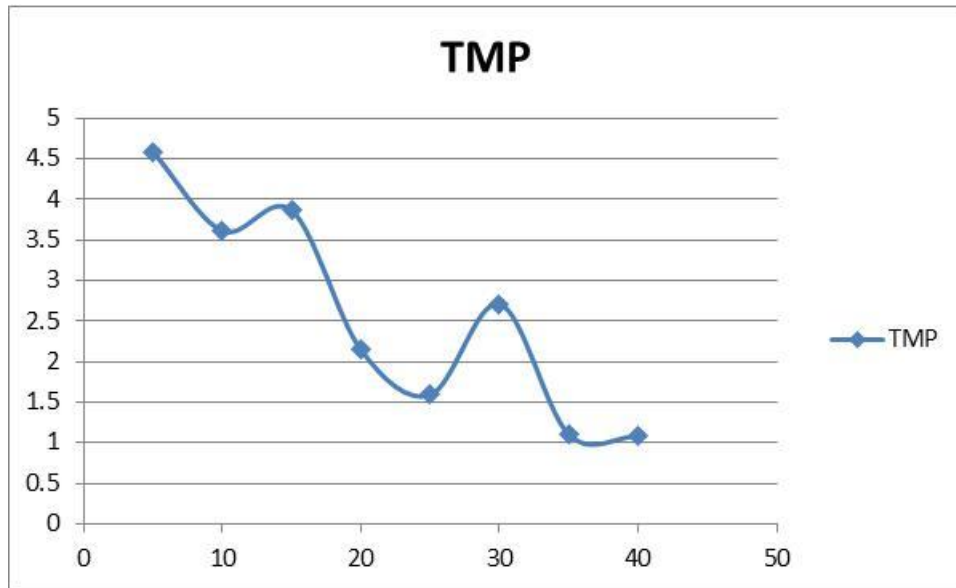
Niño 7			
Sexo	Femenino		
20 ciclos	TMP	ADP	
	3.48		
Umbral de la deglución	TMP	ADP	#Ciclos
	1.98		55.20





Niño 8

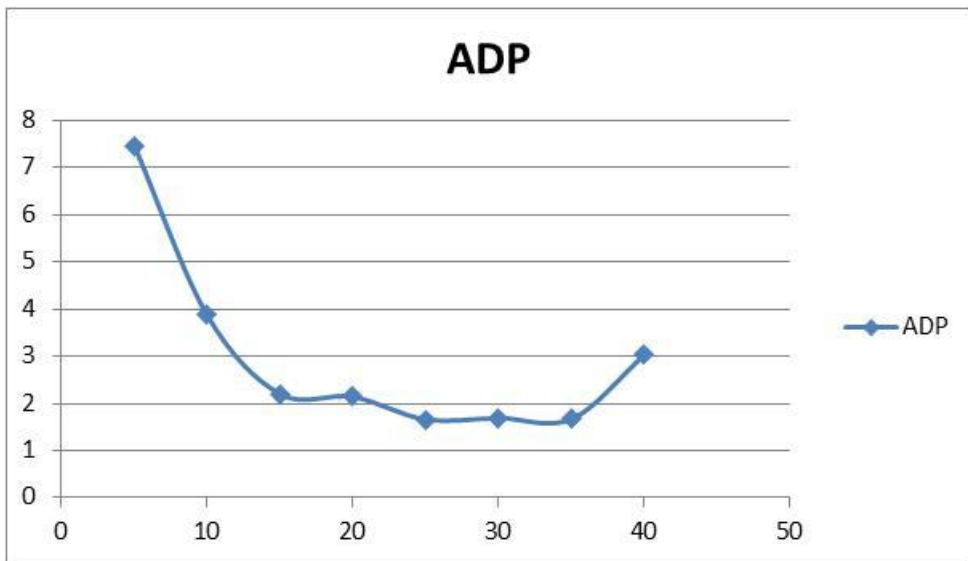
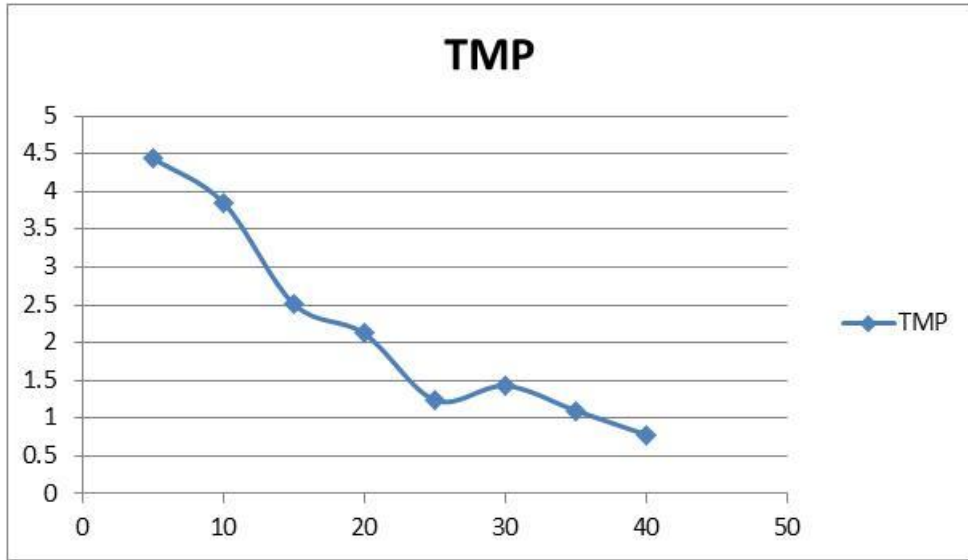
Niño 8			
Sexo	Masculino		
20 ciclos	TMP	ADP	
	2.46		
Umbral de la deglución	TMP	ADP	#Ciclos
	1.831		48.60





Niño 9

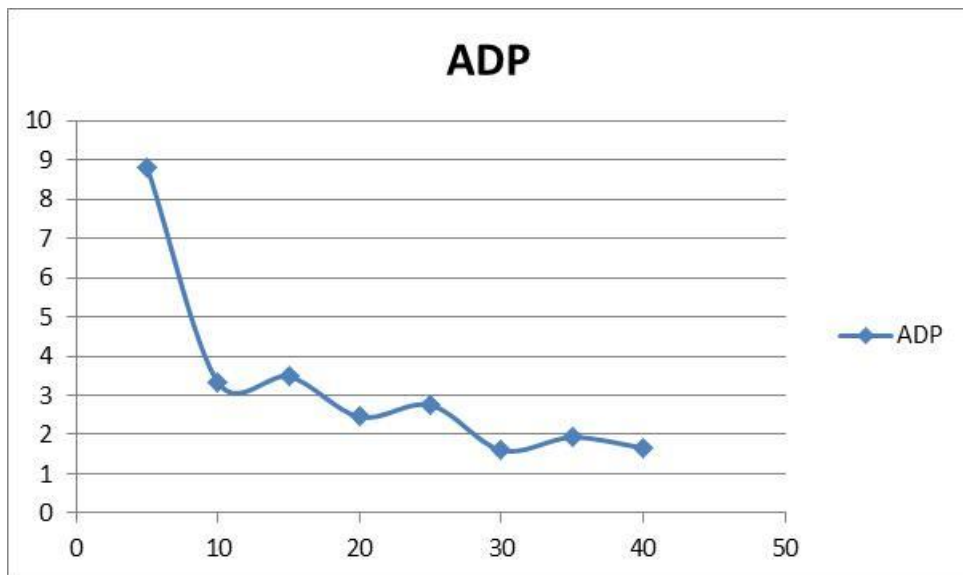
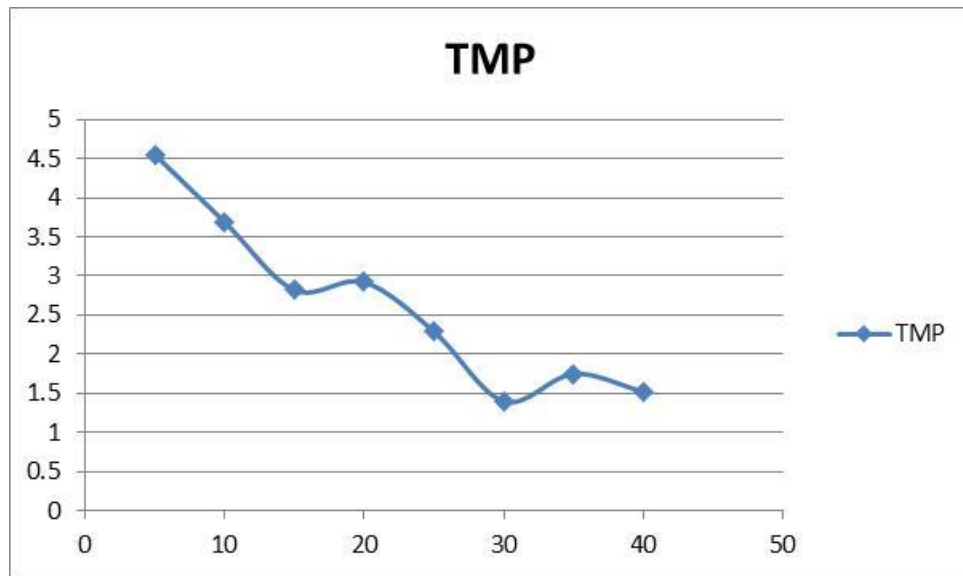
Niño 9			
Sexo	Masculino		
20 ciclos	TMP	ADP	
	2.95		
Umbral de la deglución	TMP	ADP	#Ciclos
	2.18		29





Niño 10

Niño 10			
Sexo	Femenino		
20 ciclos	TMP	ADP	
	2.72		
Umbral de la deglución	TMP	ADP	#Ciclos
	1.613		31.60



DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo nos muestran cómo se va fracturando el alimento prueba artificial elaborado de silicona por condensación al ir incrementándose el número de ciclos (de 5 a 40) en niños de 8 a 10 años de edad. En términos generales en niños el tamaño medio de la partícula va disminuyendo progresivamente al igual que sucede en adultos (Yurkstas y Manly, 1950 , Lucas y Luke, 1983 ; Van der Glas, 1987).

En los estudios sobre desempeño masticatorio en niños se reportan los valores de tamaño medio de partícula (Julien et al., 1996; Toro et al., 2006; Barrera et al., 2011), siendo una variable apropiada ya que nos indica la capacidad de fragmentar los alimentos. Sin embargo, para comprender con mayor detalle el proceso requerimos analizar en forma conjunta los valores de tamaño medio de partícula y de amplitud de distribución de las partículas.

El producto final de la masticación es un bolo que será deglutido. La investigación realizada en cuanto a los requisitos para que un alimento pueda ser deglutido es escasa y no es contundente. Se asume que el bolo tiene que tener un cierto tamaño de partículas y que debe estar humectado con saliva, ser cohesivo y estar compactado para que pueda ser deglutido. La distribución de las partículas en los diversos tamices inclusive a los 40 ciclos, indica que hay partículas de diferente tamaño, apoyando la premisa de que cuando un niño deglute sus alimentos el bolo está conformado por partículas de muy diverso tamaño.

Se tiene la noción de que para que un alimento sea deglutido debe haber un umbral en relación al tamaño de las partículas (Lillford, 1991 en Lucas et al., 2002)

Sin embargo, esto parece no ser el elemento determinante ya que por ejemplo Yurkstas (1965) encontró que personas con una mala condición dental degluten partículas más grandes que aquellos con una buena condición dental aun cuando tratan de compensar incrementando el número de ciclos masticatorios. El tamaño del bocado ingerido también tiene un efecto sobre el tamaño de las partículas que se degluten; cuando el bocado es grande las partículas que se degluten son mayores a cuando el bocado es pequeño (Yurkstas. 1965; Jiffry, 1983; Lucas y Luke, 1984). Así mismo, el tamaño de las partículas consideradas aptas para ser deglutidas varía entre alimentos (Lucas y Luke, 1986). Finalmente en estudios en niños en los que se ha comparado el tamaño medio de partícula al umbral de la deglución entre aquellos con y sin mordida profunda (Garnica, 2012) o

entre niños que viven en una zona urbana y una rural (Arias, 2015) se ha visto que inclusive entre ellos degluten partículas de diverso tamaño. Los datos anteriores, por lo tanto hacen pensar que independientemente de que el tamaño pueda ser importante otras características del bolo también deben ser consideradas por el organismo antes de permitir que un alimento sea deglutido.

En este estudio, como se observa en la figura 18 a los 40 ciclos hay partículas de diversos tamaños en por lo menos 6 de los 7 tamices. Se desconoce si al hablar de un umbral en el tamaño de las partículas se está hablando de las partículas más grandes en la distribución, del tamaño medio o el más común, o del tamaño de las partículas más pequeñas. Lucas y Luke (1986) refieren que el tamaño más grande de las partículas de zanahoria o nueces de Brasil listas para su deglución no son muy diferentes pero las medianas sí.

Lucas y Luke (1986) reportaron que el requisito para que un producto sea deglutido es que tenga una entidad definible. Retoman el concepto de “pasta” utilizado en la industria (Lowrison, 1974) denotando una mezcla sólido/líquido que es coherente como masa pero que tiene la posibilidad de fluir suavemente. Para tener esta característica de pasta es importante el tamaño de la partícula ya que por arriba de determinado tamaño se pierde la suavidad. La razón líquido/sólido parece ser baja ya que si el volumen de líquido es demasiado grande la pasta puede desintegrarse.

Ellos indican entonces que el estímulo para que inicie la deglución puede ser la obtención de un cierto grado de “pastiness” aunque no es claro cómo se identificaría este umbral.

La viscosidad es un atributo de los alimentos que se ha observado, es detectado por la boca aunque no se conoce el mecanismo preciso para ello. Shama y Sherman (1974) han mostrado que la presión ejercida por la lengua sobre unos canales angostos de fluidos colocados entre la lengua y el paladar varía dependiendo de la viscosidad del líquido, por lo que pudiera ser a través de la sensación de la superficie de la lengua y el paladar o por vías propioceptivas de haces neuromusculares en la lengua.

Hutchings y Lillford (1988) refieren que además de un umbral para el tamaño de las partículas, se requiere un umbral de lubricación. Ellos consideran que para que pueda iniciarse la deglución se necesita llegar al umbral de ambos parámetros. Prinz y Lucas (1995) abordaron esta hipótesis estudiando la velocidad de la



masticación al masticar diversas mezclas de nueces con yogurt. De acuerdo a sus resultados el tamaño medio de partícula de nuez que era deglutido era aproximadamente de 1.4mm y la relación líquido/sólido era de cerca de 4:1; esto implica que se requieren tanto un tamaño de partícula pequeño y una buena lubricación.

En 1997, Prinz y Lucas proponen una alternativa al modelo de dos umbrales para comprender la agregación de partículas de alimentos en un bolo. Explican que al inicio del proceso de masticación es más factible que las partículas de alimentos, dada la tensión superficial, puedan adherirse a las mucosas y no entre ellas. Más adelante, con un pico entre los 20-25 ciclos al disminuir el tamaño de las partículas e incrementarse la cantidad de saliva la fuerza cohesiva entre las partículas es mayor, e inclusive similar entre nueces de Brasil y zanahoria cruda. Sin embargo, si se incrementa el número de ciclos al aumentar el volumen de saliva el bolo comienza a desintegrarse. Esto parece coincidir con Lillford (1991) que reporta las características de la carne de res en diferentes estadios de la masticación.

Toda esta información se ha obtenido en adultos, así que no podemos asegurar que pueda suceder lo mismo en niños aunque los principios generales podrían aplicar. No se ha estudiado por ejemplo la velocidad de salivación en niños. Además, dado que el alimento prueba artificial utilizado no contiene agua, todo el líquido necesario requiere provenir necesariamente de la saliva.

Regresando al tema del tamaño medio de la partícula al deglutirse, como se había mencionado, diferentes individuos en diferentes circunstancias degluten tamaños de partículas diferentes. El tamaño de las partículas podría ser identificado, de alguna manera al estar entre los dientes (Utz, 1986). El deglutir un tamaño grande de partículas causaría malestar al pasar por la faringe y esófago. Sin embargo, aquellos humanos que tengan una capacidad limitada para deglutir los alimentos de alguna manera se adaptarían a este malestar para deglutir partículas grandes (Yurkstas, 1951 en Prinz y Lucas 1995). El límite superior sería entonces la tolerancia individual al malestar por la distensión de los tejidos blandos de faringe y esófago. Por lo que Prinz y Lucas (1995) sugieren que la detección de las partículas pueda hacerse sobre la mucosa bucal. La mínima discriminación entre dos puntos entre la punta de la lengua y la parte anterior del paladar duro es de 1-2 mm (Ringel y Ewanowski, 1965; Laine y Siirilä, 1971). Si hubiera partículas en la mucosa por debajo de este tamaño podría percibirse su dureza pero los tamaños no

podrían diferenciarse verazmente, por lo que no habría ventaja o necesidad de continuar masticando para reducir el alimento a partículas de un tamaño tal que no puedan identificarse de todas formas. Otra vez aquí habría que hacer mención de que si el tamaño de la partícula fuera determinante para que pueda deglutirse y los niños tienen una morfología diferente (tracto digestivo más estrecho), esperaríamos que ellos fueran más sensibles a un tamaño de la partícula específico a menos de que fueran menos sensibles a la mencionada distensión o tener menos capacidad de propiocepción y esperaríamos masticaran más veces o deglutieran partículas más pequeñas lo cual no sucede. De hecho al comparar el tamaño medio de la partícula al umbral de la deglución entre niños de 8 a 10 años de edad y adultos jóvenes, el TMP es 57% mayor en niños y degluten sus alimentos utilizando menor número de ciclos que los adultos (Wintergerst et al., 2014).

Independientemente de la importancia del proceso de fractura propiamente dicha, para que ésta pueda realizarse es necesario que las partículas sean atrapadas entre los dientes, sobre todo los molares para que puedan entonces ser trituradas. La función de selección depende en cierto grado del tamaño de las partículas (Lucas, 2002). Cuando una persona introduce en la boca partículas del mismo tamaño, en un solo ciclo, algunas de ellas permanecen intactas mientras que las seleccionadas se rompen en fragmentos de diferente tamaño (Lucas, 2002). El tamaño en que se rompe una partícula de alimento al ser masticado un solo ciclo depende también de las características propias del alimento así como de la geometría de la carga que varía ciclo a ciclo (Lucas, 2002). Más adelante en el proceso, en donde las partículas del alimento son más cohesivas, aquellas que están aglomeradas podrían quedar entre los dientes para ser “masticadas” en el próximo ciclo.

Nuestro estudio no puede compararse directamente con otros estudios del proceso de selección y fractura ya que ellos comienzan con un cubo e inclusive algunos han teñido cubos de diferente tamaño para evaluar qué tamaño inicial es el que se fractura y a qué tamaños. Nuestra partícula inicial tiene una forma triangular con un grosor de 5 mm, una distancia que corresponde al diámetro de las tabletas de 10 mm y una distancia máxima de 14 mm. Nuestro tamiz más grande tiene una apertura de 5.6mm por lo que un fragmento no pasará este tamiz hasta que tenga una dimensión de menos de 5.6mm en dos de sus dimensiones.

Por otra parte, la mayoría de los estudios extienden las pruebas a un número mayor de ciclos del que se requieren en situaciones normales para poder deglutir un bocado. Nosotros decidimos evaluar únicamente hasta 40 ciclos porque la media del número de ciclos utilizados normalmente por niños de esta edad es de aproximadamente 37 ciclos para ambos sexos (Wintergerst et al., 2014).

A los 25 ciclos 5 de los 10 niños ya no tenían ninguna partícula en el tamiz de 5.6 mm.

Al observar detenidamente la curva de la fractura del alimento prueba artificial de 5 a 40 ciclos observamos que en términos generales el rompimiento es mayor y relativamente constante (16.5%) entre los ciclos 5 y 25 y que posteriormente a pesar de que el tamaño medio de la partícula sigue disminuyendo, la rapidez o el grado en que este ocurre va disminuyendo (tabla 5).

Como se mencionó anteriormente no hay curvas descritas en niños con las que pudiéramos comparar directamente y las existentes en adultos han prolongado el número de ciclos estudiados, más allá de lo que se mastica fisiológicamente. Al mismo tiempo es importante tener en cuenta que el alimento (textura, forma o tamaño) es diferente. Sin embargo, en la figura 31 tomada de Manly y Braley de porcentajes acumulados en los tamices podemos observar que a los cinco ciclos aproximadamente el 70% se encontraba en el tamiz más grande y la línea hasta el tamiz más grande es prácticamente recta con muy poco material en el tamiz más pequeño. A los 10 ciclos se comienza a esbozar una ligera curva la cuál va acentuándose conforme avanza el número de ciclos efectuados sobre los cacahuates ya que disminuye el material en el tamiz más grande en forma relativamente rápida; de 50% a los 10 ciclos a 15% a los 40 ciclos mientras que el material en los tamices más pequeños va incrementándose aunque en forma más paulatina ya que las líneas de las pruebas de 20 a 160 ciclos a partir del tamiz 20 al 200 son prácticamente paralelas. A los 40 ciclos se encontraba todavía el 15% del material en el tamiz más grande.

Comparativamente con nuestra figura 19 podemos observar un comportamiento similar, ya que a los 5 ciclos aunque se ha fracturado mínimamente el material ya hay partículas que logran pasar a tamices de menor apertura, a los 30 ciclos un 80% aproximadamente se encuentra en los tamices pequeños de apertura y un 20% sigue en el de mayor apertura. A los 40 ciclos sigue habiendo partículas en los tamices de apertura mayor en un 10 %.

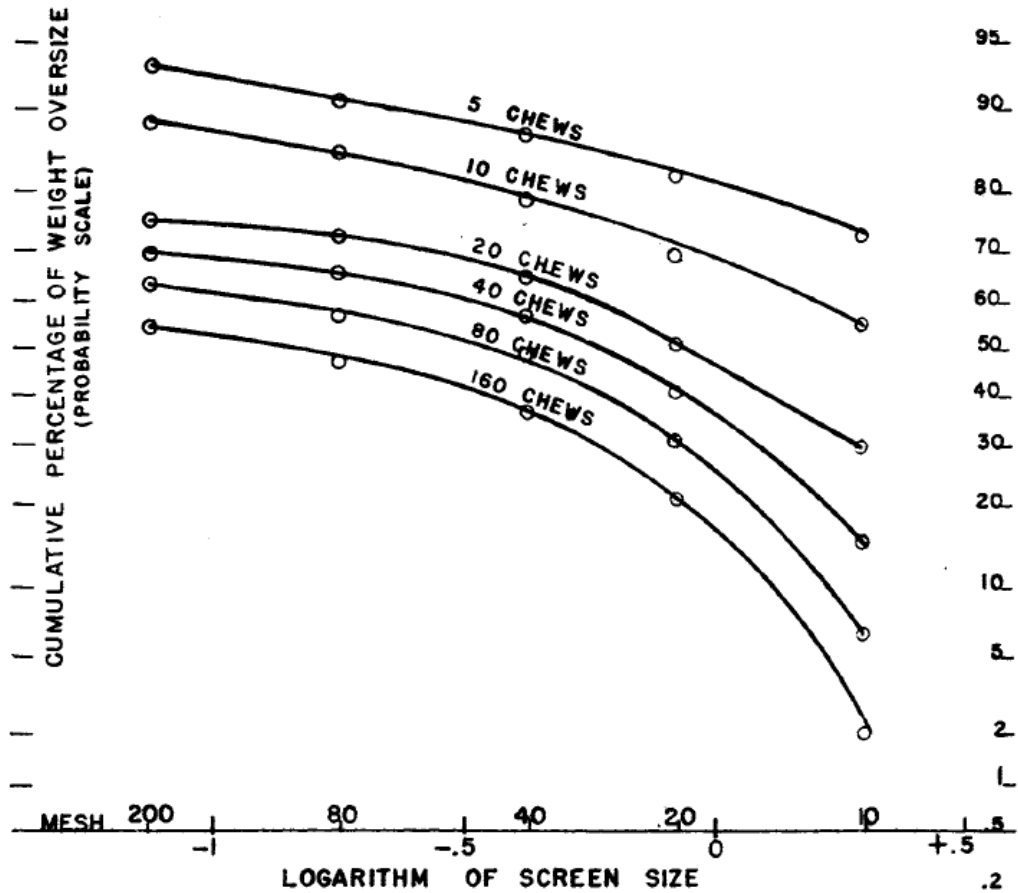


Figura 31. Tomada de Manly y Braley 1950, con las curvas promediadas del porcentaje acumulado en los 5 tamices de 8 sujetos con diferente estado de condición dental al masticar cacahuates. El tamiz más grande es el de la derecha y el más chico el de la izquierda.

En la figura 32 tomada de Olthoff et al., (1986) al comparar las curvas de los valores acumulados en los diversos tamices (figura 19), también muestra que ellas son relativamente similares al evaluar 10, 20, 40, 80, 160 y 320 ciclos pero se van moviendo las curvas hacia tamaños más pequeños aunque se observa que las colas de las curvas correspondientes a los tamices más pequeños se van aplanando cada vez más.

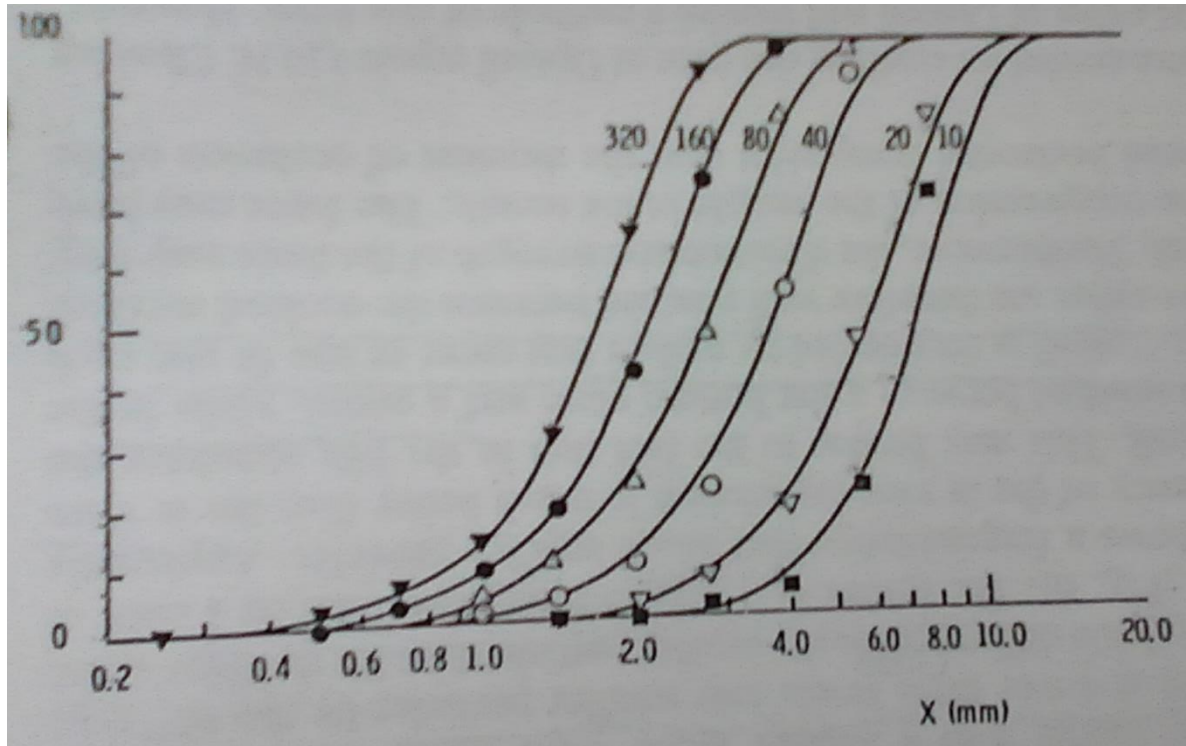


Figura 32. Tomada de Olthoff et al., 1986 donde se muestra que, las colas de las curvas de los tamices más pequeños se van aplanando.

En la figura 33 tomada de Lucas y Luke, 1986 podemos observar que en la curva que corresponde a zanahoria (círculos abiertos) dado que es más parecido su comportamiento en boca al alimento de silicona por condensación que la nuez de Brasil (puntos negros) que a 30 ciclos ya no hay material en los tamices más grandes y que la mayor parte del material se encuentra en los tamices intermedios, siendo poco el material en los tamices más pequeños. Esto al compararlo con la figura 18 a los 30 ciclos vemos que nuestros resultados corresponden a lo encontrado por ellos, encontrándose poco material en el tamiz más grande y muy poco en los dos tamices más pequeños con la mayor parte del material en los tamices intermedios.

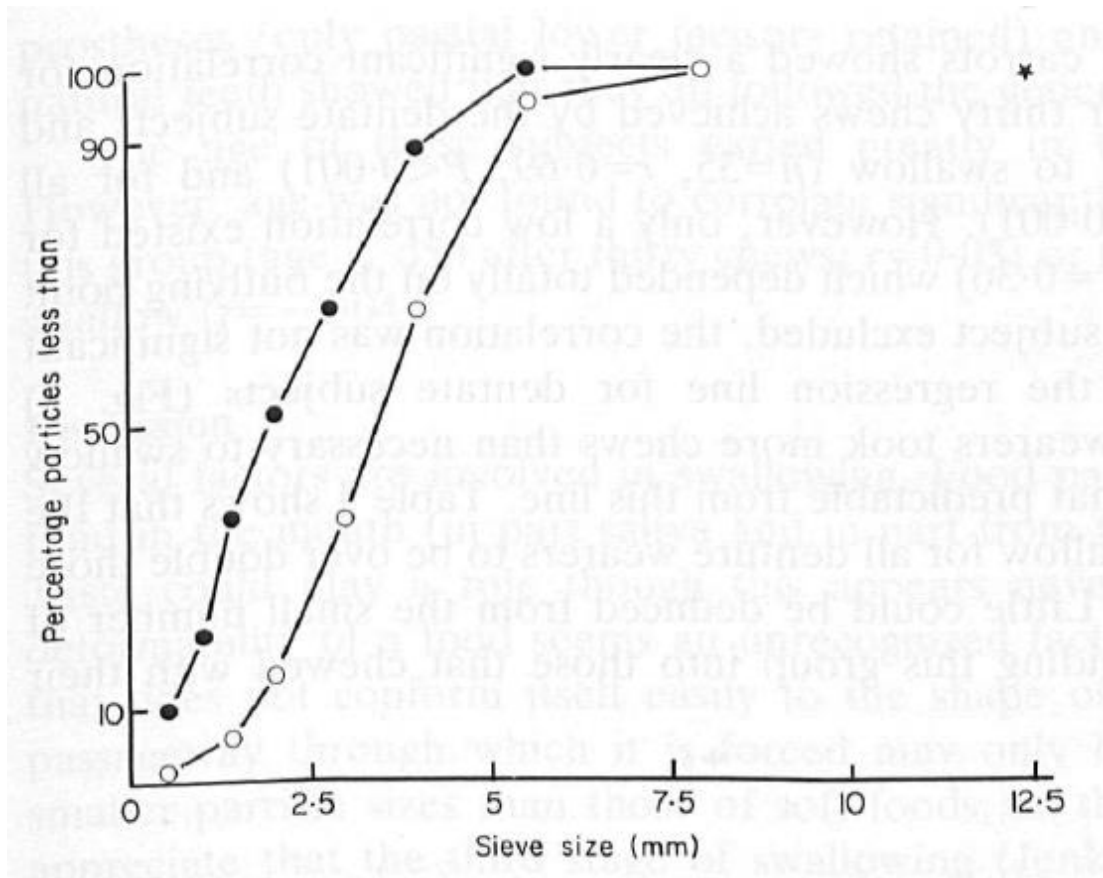


Figura 33. Tomada de Lucas y Luke, 1986, que muestra la distribución de las partículas de nueces de Brasil (puntos negros) y zanahoria (círculos) de un individuo después de masticar 39 ciclos. La estrella representa el tamaño inicial del bolo.

En la figura 34, tomada de van der Bilt et al., 1986 podemos observar varios detalles. 1) que cada uno de los tres individuos (todos con dentición completa) tiene una curva particular, 2) que el tamaño medio de la partícula va disminuyendo conforme se incrementa el número de ciclos y 3) que al inicio el descenso en el tamaño medio es mayor que conforme avanza el número de ciclos. En los adultos tiende a aplanarse con ciclos mayores a los 50 (figura 34). Es relativamente difícil poder comparar con nuestros resultados ya que como ellos comienzan con un cubo de 8mm y utilizan un primer tamiz de 8mm el descenso inicial se ve muy pronunciado y además, ellos extienden los ciclos hasta 100. Debido a esto y para poder hacer una mejor comparación nos permitimos recortar esta gráfica que presentamos como figura 35. De esta forma es más claro ejemplificar que el

proceso a pesar de ser semejante a nuestros resultados (figura 21) parece mostrar una disminución en el TMP más homogéneo entre los 5 y los 40 ciclos de lo que observamos en los niños. Mostramos los resultados por niño (en las gráficas de las páginas 36-46) para demostrar que cada uno tiene un patrón diferente, sin embargo, al promediar nos muestra el patrón que pueden tener en general niños de 8 a 10 años de edad.

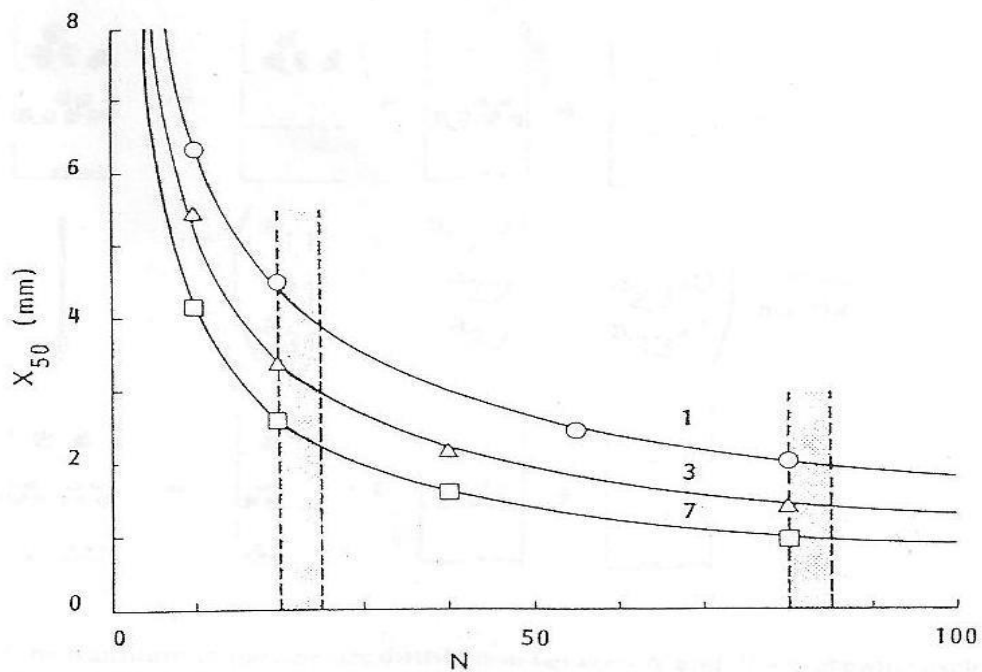


Figura 34. Tomada de van der Bilt et al., 1987 - Valores calculados de la mediana del tamaño de partícula vs el número de ciclos para tres sujetos al masticar cubos (8mm) de Optosil.

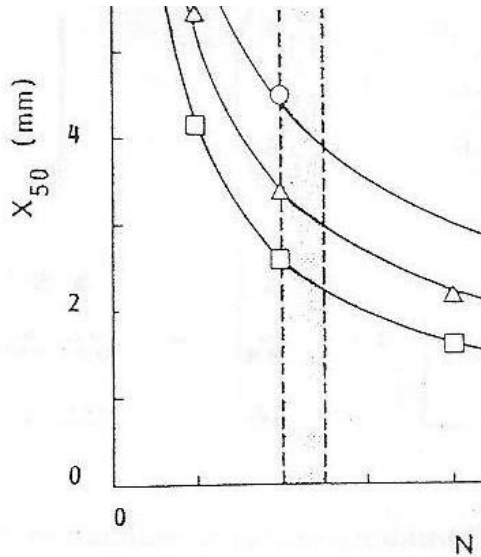


Figura 35. Recortada de la figura 34 tomada de van der Bilt et al., 1987 - donde se muestra el cambio en TMP de tres sujetos de estudio considerando solo de un TMP inicial hipotético correspondiente al tamiz de 5.6m y de 5 a 40 ciclos masticatorios.

Van der Glas et al., (1987) al hacer una serie de experimentos con partículas de diferente tamaño (en forma aislada e inclusive en mezclas), mencionan que el tamaño de las partículas influye sobre su posibilidad de ser seleccionada y luego fraccionada. Mencionan que aquellas partículas que son pequeñas en relación al tamaño de las cúspides de los dientes posteriores pueden no ser fracturadas, sino más bien solo prensadas y aplastadas entre superficies antagonistas (aunque algunos alimentos pueden fracturarse por este proceso). Las partículas de un tamaño mediano entre los dientes pueden ser cortadas por una o más cúspides llevando a mayor grado de fragmentación (hasta cierto punto, correspondería a la situación ideal). Las partículas más grandes pueden ser colocadas entre los dientes pero aquella porción que sobresale de la tabla oclusal no será sujeta a ser fracturada en ese ciclo (o sea que habrá menor eficiencia). En adultos se ha encontrado que se ejerce mayor fuerza oclusal sobre primeros molares y que mientras más duro sea un alimento más tiende a ser masticado sobre esos dientes, pero en caso de no ser tan duro puede ser masticado sobre segundos molares o premolares (Shiau et al., 1996). No se ha realizado un estudio para determinar el diente sobre el que se mastica más frecuentemente o con mayor fuerza en niños y

en todo caso si este cambia o en qué momento lo hace entre la dentición temporal y la mixta.

En la figura 36 tomada de Slagter et al., 1993 observamos una curva muy semejante a la de nuestros niños. Ellos reportan un TMP a 20 ciclos de 3.13mm y a 40 ciclos de 1.89; el tamaño inicial del Optosil era de cubos de 5.6mm por lado. Esto significa que entre el tamaño inicial de 5.6 y el TMP a 20 ciclos la disminución fue de 44% y entre el TMP a 20 ciclos y a 40 la disminución fue de 36%. Con fines de comparación ya que nuestro alimento no se encontraba en forma de cubos decidimos promediar las tres dimensiones (10x 5 x14) lo que nos daría un cubo imaginario de aproximadamente 8mm. De tal forma, en nuestros niños la disminución desde ese tamaño hipotético hasta los 2.73 que obtuvieron en promedio a los 20 ciclos indica una reducción del tamaño inicial de un 66% y de ese tamaño al 1.68mm que obtuvieron a los 40 ciclos indica que la reducción entre 20 y 40 ciclos es de 36%. Por lo tanto aunque en ambos grupos hay mayor reducción en los primeros 20 ciclos que en los segundos 20 ciclos, la reducción en los primeros 20 ciclos es mucho mayor en los niños que en los adultos.

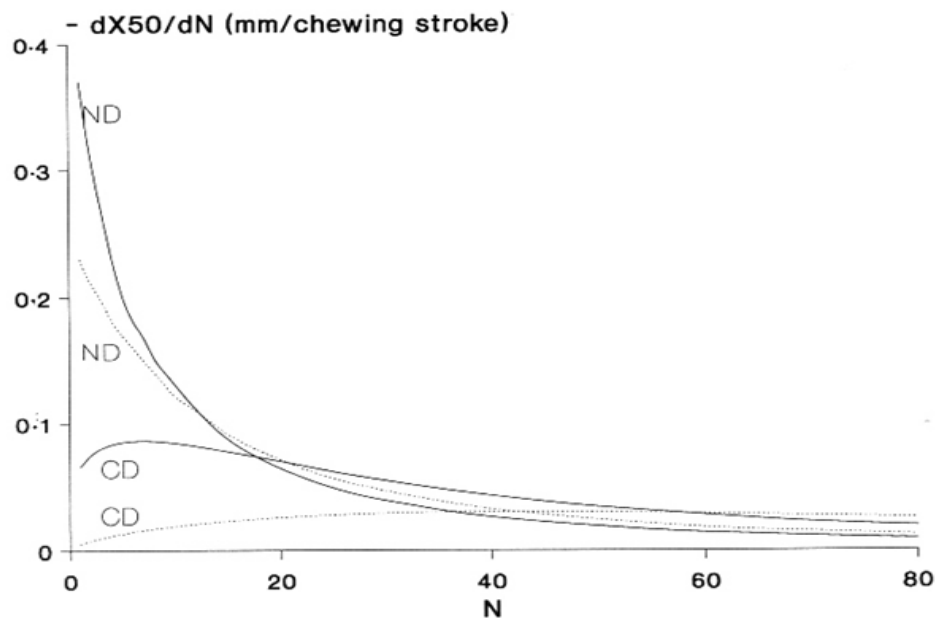


Figura 36. Tomada de Slagter et al., 1993 que nos indica del lado izquierdo el TMP y en el eje horizontal el número de ciclos. La línea importante a observar es la punteada marcada como ND (sujetos con dentición completa al masticar Optosil).

En la figura 37 tomada de Slagter et al., (1993) observamos en realidad lo mismo pero expresado como tasa/velocidad de reducción del tamaño medio de partícula en función del número de ciclos masticatorios. El ritmo de reducción se calculó a través de un modelo matemático (primera derivada).

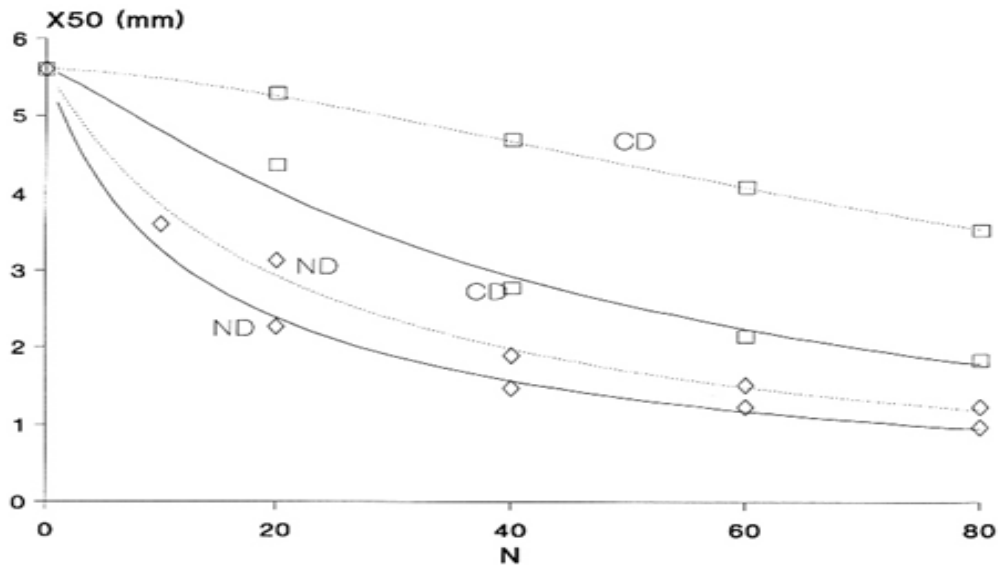


Figura 37. Tomada de Slagter et al., 1993, donde se muestra la reducción del tamaño medio en función del número de ciclos masticatorios. La línea a observar es la línea punteada (Optosil) marcada como ND (pacientes dentados).

En la figura 38 tomada de Fontijn-Tekamp, (2000) podemos observar el cambio en tamaño medio de partícula al incrementarse el número de ciclos. La línea más inferior corresponde a personas jóvenes dentadas. En ellos la medición fue a 5, 10, 20 y 40 ciclos y podemos observar que la disminución fue mayor entre los 5 a 10 que entre los 0 y 5 y que entre 20 y 40 fue menor la reducción que entre 0 y 20, o entre 10 y 20. En la figura 21 y la tabla 5 podemos observar que la disminución en el TMP fue mucho mayor entre los ciclos 5 y 25 que de 25 en adelante. No utilizamos el ciclo 0 para comparación puesto que nuestro tamaño inicial de alimento era mucho mayor que el utilizado por ellos.

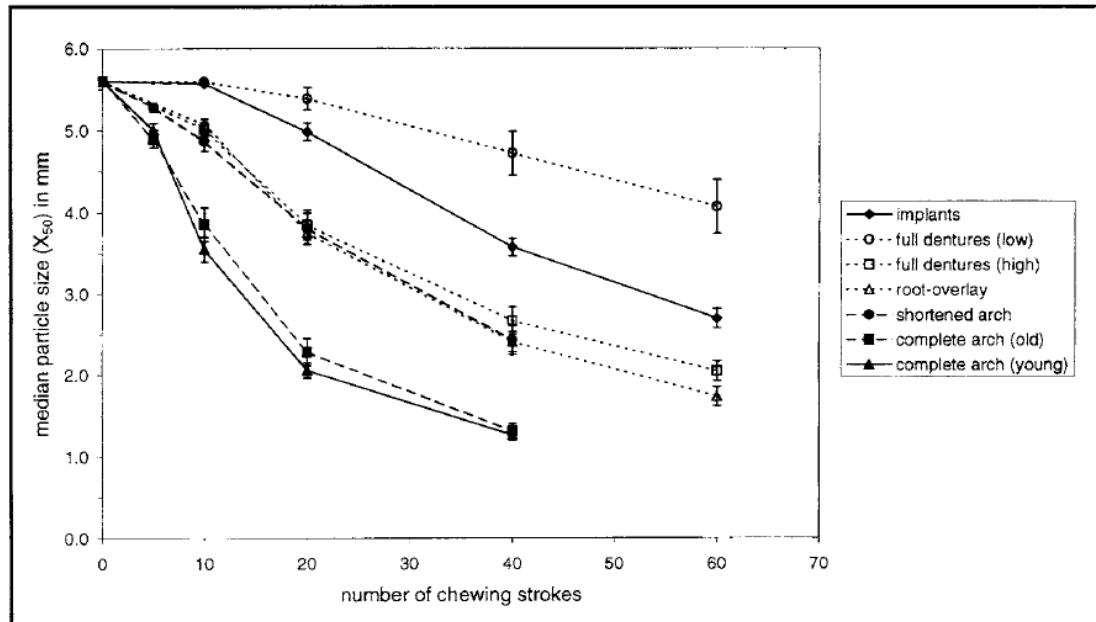


Figura 38. Tomada de Fontijn-Tekamp, 2000, donde muestran los cambios en tamaño medio de partícula de sujetos con diferente tipo de dentición al masticar 17 cubos de optocal (el cuál es más blando que el optosil) durante diferente número de ciclos. La línea con la que podríamos comparar mejor es la más abajo que corresponde a personas jóvenes con dentición natural completa.

Prinz y Lucas (1995) al evaluar partículas de diferente tamaño en yoghurt refieren que en el talón de la curva (figura 39) indica el cambio en el proceso de masticación entre la masticación con el fin franco de seguir fracturando el alimento hacia una masticación donde hay un proceso de exploración previo a la deglución. Nosotros no podemos elaborar una curva de este tipo dado que no se midieron la duración de las secuencias pero propondríamos que en los niños hay un cambio entre los 20 y los 30 ciclos que es más identificable en las curvas individuales (graficas de las páginas 36-46) en el proceso, donde solo se está fracturando el alimento a donde el niño se está enfocando más a compactar el alimento o en que se está dificultando más la manipulación dado el tamaño de las partículas. Prinz y Lucas (1995) también, refieren que a pesar de que se pueden identificar partículas de hasta $15\mu\text{m}$ entre los dientes (Utz, 1986), el mecanismo principal de detección del tamaño de las partículas es entre la punta de la lengua y el paladar y que allí solo se logra discriminar entre partículas con diferencia de 1-2 mm (Laine y Sirilä, 1971). Esto es congruente con nuestros resultados ya que a partir de los 25 ciclos la

mayor parte del material se encuentra en el tamiz de 2.8mm y la menor cantidad que va incrementándose es en el tamiz de .4mm o sea que la mayor diferencia entre el tamaño del material es de aproximadamente 1.4mm, pudiendo ser que ya no se tuviera tanta importancia seguir reduciendo el tamaño ya que las diferencias entre el tamaño de las partículas no se estaría distinguiendo. Otra posibilidad sería que, dicho cambio corresponde al momento en donde se ha llegado a un determinado tamaño de partículas suficiente para que además de que no se interrumpa la masticación comience el transporte fase II (Hiemae, 1996, 1999; Palmer et al., 2007).

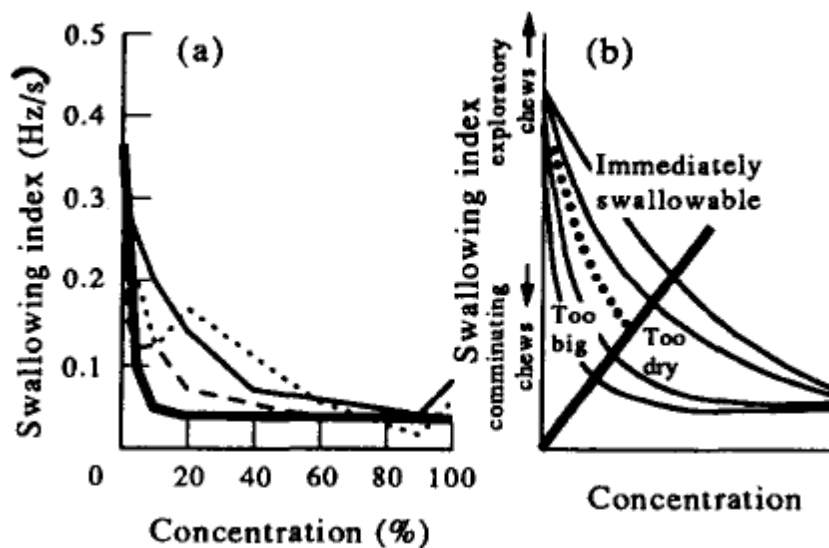


Figura 39. Tomada de Prinz y Lucas, (1995) donde estudiaron cambios en el índice de deglución con partículas de nuez de Brasil de diferente tamaño y humectación (en yoghurt). El índice de deglución se calculó dividiendo al índice de masticación (número de ciclos/tiempo requerido para la deglución) por el tiempo total en que las partículas estaban en boca y representa el ritmo de cambio de la frecuencia masticatoria con las diferentes concentraciones. La figura importante para nosotros es la (b) donde la línea punteada representa el umbral en el tamaño de las partículas y la línea sólida el umbral de lubricación. Las dos líneas superiores representan mezclas con partículas pequeñas y las dos de abajo – mezclas con partículas grandes. Dado que nosotros solo evaluamos cuartos de tableta de la

silicona por condensación (fragmentos grandes) podríamos considerar que en todo caso tendríamos que comparar con la línea inferior.

La información sobre amplitud de distribución de las partículas es más escasa que la relacionada con tamaño medio de partícula pero Olthoff et al., (1984) nos muestra que entre los 10 y 20 ciclos la ADP baja importantemente y después el descenso es menos pronunciado y que si se extendiera el número de ciclos a más de 100 o inclusive a 200 la curva tendría forma de U. Esta variable es una variable sin unidad y su valor orienta sobre qué tanta dispersión hay del material en los tamices. Un número grande indica que la mayor parte se encuentra en uno o dos tamices, un número pequeño indica que hay material en proporciones similares en varios tamices. En nuestro estudio relacionando la curva de ADP (figura 22) y el porcentaje en los diversos tamices (figura 18) podemos observar que a pocos ciclos masticados la mayor parte del material se encuentra en el tamiz más grande y que conforme avanza el número de ciclos los porcentajes se encuentran mejor distribuidos sobre varios de los otros tamices de medianos a grandes. Dado que el tamaño medio de la partícula que en realidad corresponde a la media de los tamaños producidos por una persona va disminuyendo, después de un número muy elevado de ciclos el TMP sería menor pero el ADP se incrementaría dado que la mayor parte del material ahora estaría en uno o dos de los tamices más pequeños.

En cuanto a la curva que representa la amplitud de distribución de partículas el descenso de la curva es más pronunciada de los 5 a 18 ciclos y después de 20 ciclos la pendiente se vuelve más lineal. Esto es acorde a lo mencionado anteriormente en cuanto a que en el proceso masticatorio tardío no hay tanta diferencia en las partículas de diferente tamaño recordando que un ADP grande muestra que hay partículas de muy diverso tamaño mientras que un ADP pequeño implica que el porcentaje de las partículas de los diferentes tamaños es más semejante. Van der Bilt et al., (1987) refieren en cuanto a que en adultos el ADP depende poco del número de ciclos, lo cual parece aplicar también a niños si tomamos en cuenta únicamente del ciclo 15 en adelante.

Este estudio, como todo estudio, tiene algunas limitaciones. Por un lado, el alimento prueba utilizado es artificial por lo que se tiene la ventaja de utilizar un alimento estandarizado para todos los niños y todas las pruebas ya que esto puede influir en los resultados. Sin embargo, se considera como desventaja el que no sea un alimento al cual los sujetos de estudio están acostumbrados a masticar. No



obstante, en un estudio previo se encontró que las tabletas de silicona por condensación utilizadas son percibidas sensorialmente durante la masticación en forma muy semejante a la zanahoria cruda (Portilla, 2014). La situación experimental es muy diferente a la ingesta normal de los alimentos. Palmer (2007) investigó diferencias en el número de ciclos masticatorios y la duración de cada etapa de una secuencia de masticación entre la masticación “normal” o cuando el investigador señalaba el momento de deglutir. Reporta que cuando se hace bajo la instrucción precisa del investigador el estadio de transporte II comienza más tardíamente y que se inhibe el transporte del material a la *valécula epiglótica*. Independientemente de que pudiera considerarse que los resultados no representan la realidad, siempre es así en los estudios clínicos, pero cuidamos todo se hiciera de la manera más natural sin descuidar la estandarización requerida en las pruebas. Podemos validar esto ya que los valores son muy semejantes entre el resultado de la prueba a 20 ciclos en este estudio y el resultado igualmente a 20 ciclos del estudio previo de donde estos niños fueron seleccionados. Esta inhibición de la deglución por otro lado puede considerarse ventajosa ya que aunque la silicona en caso de ser deglutida no es digerida, encontramos que el material perdido es de solo 0.092%. El material perdido puede perderse por ser deglutido, al tamizarse, o al quedar en los labios o manos del sujeto estudiado.



CONCLUSIÓN

En base a este estudio podemos concluir que la curva del TMP es más lineal que la del ADP, ya que el descenso en ADP es mayor entre 5 y 15 ciclos que entre 15 y 40, mientras que el descenso en TMP es mayor entre 5 y 30 ciclos. Sin embargo, para comprender mejor el proceso de la fractura del alimento es necesario estudiar ambas curvas conjuntamente. Esto nos permite inferir que en niños en una secuencia masticatoria los primeros ciclos tienen como principal propósito la fractura del alimento mientras en los últimos ciclos antes de que el alimento sea deglutido tienen el propósito de la identificación de partículas no fracturadas, su mezclado y su compactación.

Al estudiar el proceso de fractura en los niños al irse incrementando el número de ciclos y al tratar de comprenderlo profundamente y además compararlo con el de adultos, corroboramos el gran vacío que hay en el estudio de la masticación sobre todo en niños. Por este motivo se recomienda continuar estudiando este importante proceso en niños tanto por la importancia de obtener conocimientos que podrían orientar hacia cómo se va estableciendo el patrón masticatorio en adultos, y que condiciones podrían alterar un patrón “natural” y cómo se podría intervenir en un momento dado para ayudar a niños que por alguna condición patológica tuvieran alteraciones en esta función y lograr un patrón “natural”.

**BIBLIOGRAFIA:**

1. Agrawal KR, Lucas PW, Bruce IC, Prinz JF. Food properties that influence neuromuscular activity during human mastication. *J Dent Res.* 1998; 77:1931-8.
2. Albert TE, Buschang PH, Throckmorton GS. Masticatory performance: a protocol for standardized production of an artificial test food. *J Oral Rehabil.* 2003; 30:720-2.
3. Astrand P. Chewing efficiency before and after surgical correction of developmental deformities of the jaws. *Sven Tandlak Tidskr.* 1974; 67(3):135-45.
4. Barrera LM, Buschang PH, Throckmorton GS, Roldán SI. Mixed longitudinal evaluation of masticatory performance in children 6 to 17 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; May; 139(5):e427-34.
5. Bhatka R, Throckmorton GS, Wintergerst AM, Hutchins B, Buschang PH. Bolus size and unilateral chewing cycle kinematics. *Arch Oral Biol.* 2004; 49:559-66
6. Daly RM, Elsner RJ, Allen PF, Burke FM. Associations between self-reported dental status and diet. *J Oral Rehab* 2003; (10):964-70.
7. Edlund J, Lamm CJ. Masticatory efficiency. *J Oral Rehabil,* 1980; 7, 123.
8. Engelen L, Fontijn-Tekamp A, van der Bilt A. The influence of product and oral characteristics on swallowing. *Arch Oral Biol.* 2005; 50(8):739-46.
9. English JD, Buschang PH, Throckmorton GS. Does malocclusion affect masticatory performance? *Angle Orthod.* 2002; 72:21-27.
10. Felício CM, Melchior Mde O, Silva MA, Celeghini RM. [Masticatory performance in adults related to temporomandibular disorder and dental occlusion]. *Pro Fono.* 2007; Apr-Jun;19 (2):151-8.
11. Fontijn-Tekamp FA, Slagter AP, Van Der Bilt A, Van 'T Hof MA, Witter DJ, Kalk W, Jansen JA. Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *J Dent Res.* 2000; Jul;79(7):1519-24.
12. Fontijn-Tekamp FA, van der Bilt A, Abbink JH, Bosman F. Swallowing threshold and masticatory performance in dentate adults. *Physiol Behav.* 2004; 83:431-6.



13. Garnica-Palazuelos JC. Desempeño masticatorio y máxima fuerza oclusal en niños de 9 a 12 años de edad con sobremordida vertical aumentada. Tesis de Maestría, Fac, de Odontología, UNAM 2012.
14. Geertman. Comminution of food with mandibular implant-retained overdentures. *J Dent Research* 1994; 73 (12): 1858-64.
15. Greksa LP, Parraga IM, Clark CA. The dietary adequacy of edentulous older adults. *J Prosthet Dent.* 1995 Feb;73(2):142-5.
16. Haraldson T, Carlsson GE. Chewing efficiency in patients with osseointegrated oral implant bridges. *Swed Dent J.* 1979;3(5):183-91.
17. Hatch JP, Shinkai RS, Sakai S, Rugh JD, Paunovich ED. Determinants of masticatory performance in dentate adults. *Arch Oral Biol.* 2001; 46(7):641-8.
18. Helkimo E, Carlsson G, Helkimo M, Bite force and state of dentition. *Acta Odont Scand.* 1977; 35: 297-303.
19. Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. Chewing efficiency and state of dentition. A methodologic study. *Acta Odontol Scand.* 1978; 36(1):33-41.
20. Hiiemae K, Heath MR, Heath G, Kazazoglu E, Murray J, Sapper D, Hamblett K. Natural bites, food consistency and feeding behaviour in man. *Arch Oral Biol.* 1996; 41(2):175-89.
21. Hiiemae KM, Palmer JB. Food transport and bolus formation during complete feeding sequences on foods of different initial consistency. *Dysphagia.* 1999; 14:31-42.
22. Hutchings JB, Lillford PJ: The perception of food texture- the philosophy of the breakdown path. *J Texture Stud* 1988; 19:103–115.
23. Jiffry MT, Molligoda A. Development of the swallowable composition of food in normal dentate subjects. *J Oral Rehabil.* 1983; Sep;10(5):415-20.
24. Julien K, Buschang P, Throckmorton G, Dechow O, Normal masticatory performance in young adults and children. *Arch Oral Biol.* 1996; 41: 69-75.
25. Kohyama K, Mioche L, Bourdiol P. Influence of age and dental status on chewing behaviour studied by EMG recordings during consumption of various food samples. *Gerodontology.* 2003; 20(1):15-23.



26. Kreulen CM, Witter DJ, Tekamp FA, Slagter AP, Creugers NH. Swallowing threshold parameters of subjects with shortened dental arches. *J Dent.* 2012; 40:639-643.
27. Laine P, Sirilä HS. Oral and manual stereognosis and two-point tactile discrimination of the tongue. *Acta Odontol Scand.* 1971; 29 (2):197-204.
28. Lambrecht J, The influence of occlusal contact area on chewing performance. *J Prosthet Dent.* 1965; 444-50.
29. Lillford PJ. 1991 Texture and acceptability of human foods. In *Feeding and the Texture of Food* (Eds Vincent J.F.V. and Lillford P. J.) pp. 231-243. Cambridge University Press, Cambridge.
30. Lowrison GC. *Crushing and grinding- the size reduction of solid materials*, Butterworth, England, 1974.
31. Lucas PW, Prinz JF, Agrawal KR, Bruce IC. Food physics and oral physiology. *Food Quality and Preferences*, 2002; 13:203-213.
32. Lucas PW, Luke DA. Optimum mouthful for food comminution in human mastication. *Arch Oral Biol.* 1984; 29(3):205-10.
33. Lucas PW, Luke DA. Is food particle size a criterion for the initiation of swallowing? *Journal of oral rehabilitation.* 1986; 13(2): 127-136.
34. Lujan-Climent M, Martinez-Gomis J, Palau S, Ayuso-Monter R, Salsench J, Peraire M. Influence of static and dynamic occlusal characteristics and muscle force on masticatory performance in dentate adults. *Eur J Oral Sci.* 2008; Jun; 116(3):229-36.
35. Lund JP, Kolta A. Generation of the central masticatory pattern and its modification by sensory feedback. *Dysphagia.* 2006; 21:167-174.
36. Manly RS, Braley LC. Masticatory performance and efficiency. *J Dent Research.* 1950; 29 (4): 448-462.
37. Marquezin MC, Kobayashi FY, Montes AB, Gavião MB, Castelo PM. Assessment of masticatory performance, bite force, orthodontic treatment need and orofacial dysfunction in children and adolescents. *Arch Oral Biol.* 2013; Mar;58(3):286-92.
38. Marshall TA, Warren JJ, Hand JS, Xie XJ, Stumbo PJ. Oral health and dietary quality in the very old *J Am Dent Ass* 2002; Oct; 133(10): 1369-1379



39. Mercier P, Poitras P. Gastrointestinal symptoms and masticatory dysfunction. *J Gastrointestinal Hepatol.* 1992; Jan-Feb; 7(1):61-5.
40. Miura H, Miura K, Mizugai H, Arai Y, Umenai T, Isogai E. Chewing ability and quality of life among the elderly residing in a rural community in Japan. *J Oral Rehabil.* 2000; Aug; 27(8):731-4.
41. Mikushi S, Seki S, Brodsky MB, Matsuo K, Palmer JB. Stage I intraoral food transport: effects of food consistency and initial bolus size. *Arch Oral Biol.* 2014; Apr; 59(4):379-85.
42. Mioche L, Hiiemae KM, Palmer JB. A postero-anterior videofluorographic study of the intra-oral management of food in man. *Arch Oral Biol.* 2002; Apr;47(4):267-80.
43. Mishellany-Dutour A, Renaud J, Peyron MA, Rimek F, Woda A. Is the goal of mastication reached in young dentates, aged dentates and aged denture wearers? *Br J Nutr.* 2008; 99:121-8.
44. Morquette P, Lavoie R, Fhima MD, Lamoureux X, Verdier D, Kolta A. Generation of masticatory central pattern and its modulation by sensory feedback. *Progress in neurobiology* 2012; March; 96 (3): 340-355.
45. Okiyama S, Ikebe K, Nokubi T. Association between masticatory performance and maximal occlusal force in young men. *J Oral Rehabil.* 2003; Mar, 30(3):278-82.
46. Olthoff LW, van der Bilt A, Bosman F, Kleizen HH. Distribution of particle sizes in food comminuted by human mastication. *Arch Oral Biol.* 1984; 29(11):899-903.
47. Olthoff LW, van der Bilt A, de Boer A, Bosman F. Comparison of force-deformation characteristics of artificial and several natural foods for chewing experiments. *J Text Studies.* 1986:275-289.
48. Omar SM, McEwen JD, Ogston SA. A test for occlusal function. The value of a masticatory efficiency test in the assessment of occlusal function. *Br J Orthod.* 1987 Apr;14(2):85-90.
49. Owens S, Buschang PH, Throckmorton GS, Palmer L, English J. Masticatory performance and areas of occlusal contact and near contact in subjects with normal occlusion and malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002 Jun;121(6):602-9.

50. Palmer JB, Hiemae KM, Matsuo K, Haishima H. Volitional control of food transport and bolus formation during feeding. *Physiol Behav.* 2007; 16; 91(1):66-70.
51. Pera P, Bucca C, Borro P, Bernocco C, De LA, Carossa S. Influence of mastication on gastric emptying. *J Dent Research.* 2002; March; 81 (3): 179- 81
52. Peyron MA, Mishellany A, Woda A. Particle size distribution of food boluses after mastication of six natural foods. *J Dent Res.* 2004; 83:578 - 582.
53. Piancino MG, Bracco P, Vallelonga T, Merlo A, Farina D. Effect of bolus hardness on the chewing pattern and activation of masticatory muscles in subjects with normal dental occlusion. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008; Dec; 18(6):931-7.
54. Prinz JF, Lucas PW. Swallow thresholds in human mastication. *Arch Oral Biol.* 1995; May; 40(5):401-3.
55. Prinz JF, Lucas PW: Mastication and swallowing: an optimization model. *Proc R Soc Lond* 1997; 264:1715–1721.
56. Ringel RL y Ewanowski SJ. Oral perception. I. Two-point discrimination. *J Speech Hear Res.* 1965; Dec, 8(4) 389-398.
57. Shama F, Sherman P. Lingual pressure associated with oral evaluation of viscosity. *Biorheology,* 1974; 11 453-456.
58. Shiau YY, Chang HF, Chang YC. Observation of bolus position with standardized test foods and fluoroscopic technique. *J Oral Rehab.* 1996; 23: 607-614.
59. ShoreHardnessScales. <http://www.smooth-on.com/index.php?cPath=1370> consultado el 10 de agosto de 2015.
60. Slagter AP, Bosman F, Van der Bilt A. Comminution of two artificial test foods by dentate and edentulous subjects. *J Oral Rehabil.* 1993; 20:159-76.
61. Teodosio-Procopio E.. Desempeño masticatorio en niños mexicanos de 5-7 años con mordida profunda antes y después del tratamiento con el Nite-Guide®. Tesis de Maestría, Fac. de Odontología, UNAM, 2009.



62. Toro A, Buschang PH, Throckmorton G, Roldán S. Masticatory performance in children and adolescents with Class I and II malocclusions. *Eur J Orthod.* 2006; Apr; 28(2):112-9.
63. Ueda T, Sakurai K, Sugiyama T. Individual difference in the number of chewing strokes and its determinant factors. *J Oral Rehabil.* 2006; Feb; 33(2):85-93.
64. Utz KH. The interocclusal tactile fine sensitivity of the natural teeth as studied by aluminum oxide particles. *Dtsch Zahnarztl Z* 1986; 41 (3:313-5)
65. van der Bilt A, Olthoff LW, van der Glas HW, van der Weelen K, Bosman F. A mathematical description of the comminution of food during mastication in man. *Arch Oral Biol.* 1987; 32:579-86.
66. van der Bilt A, Olthoff LW, Bosman F, Oosterhaven SP. The effect of missing postcanine teeth on chewing performance in man. *Arch Oral Biol.* 1993; 38:423-9.
67. van der Bilt A, Weijnen FG, Ottenhoff FA, van der Glas HW, Bosman F. The role of sensory information in the control of rhythmic open-close movements in humans. *J Dent Res.* 1995; 74:1658-1664.
68. van der Bilt A, Fontijn-Tekamp FA. Comparison of single and multiple sieve methods for the determination of masticatory performance. *Arch Oral Biol.* 2004; Mar;49(3):193-8.
69. Van der Glas HW, Van der Bilt A, Olthoff LW, Bosman F. Measurement of selection changes and breakage functions during chewing in man. *J Dent Res.* 1987; Oct; 66(10):1547-50.
70. van der Glass HW, van der Bilt A, Bosman F. A selection model to estimate the interaction between food particles and the post-canine teeth in human mastication. *J Theor Biol.* 1992; 155(1): 103-120.
71. Wintergerst AM. Sánchez-Montiel ME. Disminución del Desempeño Masticatorio con la Pérdida de Dientes Posteriores. XVIII Encuentro Nacional, IX Iberoamericano de Investigación en Odontología, 10-12 noviembre de 2010, Oaxaca, Oaxaca.
72. Wintergerst AM., Hernández-Sánchez, F., Arias-Márquez, N., Vega-Paz, M.G. GarnicaPalazuelos JC. "Comparison of the Masticatory Performance between Mexican Children and Young Adults". 43rd Annual Meeting



- & Exhibition of the AADR, 38th Annual Meeting of the CADR, Charlotte, N.C., USA J. of Dental Research 93, March 19 – 22, 2014.
73. Yurkstas A, Manly R, Value of occlusal contact area effective in mastication. Am J Orthod. 1949; 35: 185-95.
74. Yurkstas A, Manly RS. Value of different test foods in estimating masticatory ability. J Appl Physiol. 1950; 3:45-53.
75. Yurkstas A. Compensation for inadequate mastication. Br DentJ. 1951 Nov 20; 91(10):261-2.
76. Yurkstas AA. The Masticatory Act. A Review. J Prosthet Dent. 1965; Mar-Apr; 15:248-62.



**ANEXO 1
CONSENTIMIENTO VALIDAMENTE INFORMADO**

**DESCRIPCIÓN DE LA CURVA DE FRACTURA A LA MASTICACION DE UN ALIMENTO
PRUEBA ARTIFICIAL EN NIÑOS DE 8 A 10 AÑOS DE EDAD**

Antes de aceptar la participación de su hijo(a) en este proyecto de investigación es importante que esté enterado que la participación es voluntaria y que entienda en qué consistirá su participación.

¿QUIENES PARTICIPARÁN EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN? Niños y niñas con mordida normal de 8 a 10 años de edad.

¿CUAL ES EL PROPÓSITO DE ESTE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN? Describir cómo se va fracturando un alimento prueba artificial en niños de 8 a 10 años de edad.

Para tal fin en caso de que el padre, madre o responsable legal del niño(a), y el niño(a) acepten participar:

LA PARTICIPACIÓN DEL NIÑO CONSISTIRÁ EN: Masticar y escupir tabletas de un material plástico. La sesión durará entre 15 y 20 minutos y se realizarán dentro de su escuela. En caso de que el niño requiera descanso durante la masticación podrá indicárselo al Odontólogo que estará supervisando el procedimiento. Se requerirán dos sesiones en días diferentes donde el niño masticará el alimento prueba artificial y el investigador le irá indicando cuándo detenerse y escupir el material en un papel filtro.

NO hay ningún gasto por la participación de su hijo en este estudio. Se le proporcionará a Ud la información dental del niño y éste obtendrá un pequeño obsequio en retribución a su valioso tiempo.

No existen beneficios directos para el niño por participar en el estudio, sin embargo la información que se obtenga ayudará a entender mejor cómo mastican los niños por lo que será de suma utilidad para futuras generaciones.

Los riesgos de su participación en el proyecto de investigación son mínimos por que no existen efectos adversos por masticar el material plástico (silicón) ya que no será tragado y en el caso de que se tragaran algunas pequeñas partículas éstas no son digeridas sino salen en forma completa en las heces fecales.

Confidencialidad de los datos.- Solo se utilizarán datos como edad, sexo y tipo de mordida, y la capacidad de fracturar los alimentos. El nombre permanecerá en el anonimato y no será utilizado en ninguna publicación o presentación. De hecho, los datos serán agrupados y manejados en conjunto y no en forma individual.

Antes de firmar este documento: Tanto los padres o tutores y el niño(a) deben estar de acuerdo en participar en el proyecto de investigación, se le deben de haber contestado todas sus preguntas y deben saber que pueden no continuar en el estudio si así lo desean.

Su firma indica que acepta que su hijo(a) participe en el proyecto de investigación.

Fecha: _____

Nombre del niño: _____

Relación que guarda con el niño(a): _____

Dra. Zaira Adriana Berdejo Centeno

Tel Celular 04455 40030803

Firma y nombre del padre o
tutor

Tel. Dra. Ana Ma. Wintergerst Lavín (responsable) 55541043