

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.47460/minerva.v7i21.358>

Madurez post-eruptiva del esmalte como moderadora de la relación entre experiencia previa y caries en primeros molares permanentes

Fabiola Rocio Tió Fernández
<https://orcid.org/0009-0000-5101-2560>
ftiofe@ucvvirtual.edu.pe
Universidad Nacional Federico Villarreal
Lima, Perú

*Autora de correspondencia: ftiofe@ucvvirtual.edu.pe

Recibido: (19/06/2026), Aceptado: (10/10/2026)

Resumen. La caries en los primeros molares permanentes constituye un problema relevante de salud bucal escolar, cuya relación con los antecedentes de caries podría variar según la maduración del esmalte. Esta investigación evaluó el efecto moderador del tiempo posteruptivo, utilizado como indicador indirecto de la madurez del esmalte, sobre dicha asociación en escolares de 7 a 12 años, agrupados por instituciones educativas. Se aplicó una regresión de Poisson mediante ecuaciones de estimación generalizadas, con errores estándar robustos por conglomerado y ajustes por efecto de diseño. Los resultados evidenciaron que la experiencia previa de caries se asocia con una mayor afectación dental, mientras que el tiempo posteruptivo presenta una asociación inversa. Asimismo, la interacción negativa significativa indicó que la magnitud de la asociación con los antecedentes disminuye progresivamente conforme aumenta el tiempo posteruptivo, hasta perder significación estadística en niveles elevados. Los hallazgos, consistentes ante análisis de sensibilidad, destacan la importancia de considerar el tiempo posteruptivo en la evaluación del riesgo cariogénico.

Palabras clave: caries dental, primeros molares permanentes, madurez del esmalte, epidemiología bucal.

Post-eruptive enamel maturity as a moderator of the relationship between prior experience and caries in first permanent molars

Abstract. Caries in first permanent molars is a relevant school oral health problem, and its association with previous caries experience may vary according to enamel maturation. This study evaluated the moderating role of post-eruptive time, used as an indirect indicator of enamel maturity, in this association among schoolchildren aged 7 to 12 years, clustered within educational institutions. Poisson regression was performed using generalized estimating equations, with cluster-robust standard errors and adjustments for the design effect. The results showed that previous caries experience was associated with greater dental caries involvement, whereas post-eruptive time showed an inverse association. Furthermore, the significant negative interaction indicated that the magnitude of the association with previous caries experience progressively decreased as post-eruptive time increased, becoming statistically nonsignificant at higher levels. The findings, supported by sensitivity analyses, highlight the importance of considering post-eruptive time when assessing caries risk.

Keywords: dental caries, first permanent molars, enamel maturity, oral epidemiology.

I. INTRODUCCIÓN

La caries de los primeros molares permanentes representa una de las concentraciones de daño bucal más tempranas y persistentes de la infancia. Las revisiones de alcance mundial sitúan su prevalencia en proporciones elevadas a lo largo de toda la etapa escolar [1], y las series longitudinales confirman que la incidencia se acumula año a año desde la emergencia clínica de la pieza [2]. Por su emergencia temprana y su papel en la oclusión, estas piezas funcionan como indicador centinela del estado bucal infantil. En América Latina el patrón se agrava. Los estudios que aplican criterios visuales detallados documentan severidad elevada y factores de riesgo múltiples en escolares [3], con una distribución bilateral que sugiere determinantes sistémicos o ambientales antes que locales [4]. En el Ecuador los registros clínicos muestran cifras comparables en escolares de seis a nueve años [5], la severidad se asocia con condiciones del entorno [6] y los factores de riesgo se concentran en instituciones educativas de zonas urbanas populares [7].

La asociación entre la experiencia de caries en la dentición temporal y la afectación posterior de los primeros molares permanentes está bien establecida y constituye el predictor individual más consistente de la literatura. Las cohortes prospectivas muestran que los patrones de la dentición temporal anticipan los de la permanente [8], el índice a los tres a cinco años predice la afectación futura de estas piezas [9], y los estudios de asociación entre molares temporales y permanentes coinciden en la dirección del efecto [10]. Sin embargo, las magnitudes reportadas oscilan de manera considerable entre estudios, lo que sugiere que el efecto no es constante sino condicionado por factores que los modelos habituales no incorporan.

Entre esos factores destaca uno de fundamento biológico preciso y sistemáticamente omitido, la maduración post-eruptiva del esmalte. El esmalte recién erupcionado es poroso, menos mineralizado y morfológicamente más retentivo, y su resistencia a la desmineralización aumenta de forma progresiva durante los años posteriores a la emergencia clínica [11]. Si esa maduración es real, el mismo historial cariogénico no puede tener idéntico valor discriminante en un molar recién erupcionado y en uno con varios años de exposición al medio bucal. Esa heterogeneidad no ha sido cuantificada, porque la literatura documenta por separado el papel predictivo del historial y el proceso de maduración, sin estimar conjuntamente si el segundo modifica la magnitud del primero.

El objetivo de este trabajo fue estimar si la madurez post-eruptiva del esmalte modifica la magnitud de la asociación entre la experiencia previa de caries en la dentición temporal y la afectación por caries de los primeros molares permanentes, en una muestra escolar con estructura de conglomerados. La contribución que se persigue es metodológica y teórica antes que descriptiva, y consiste en sustituir un predictor de efecto fijo por una condición de contorno explícita y temporalmente delimitada, formulación aplicable a cualquier sistema escolar con una ventana post-eruptiva identificable. El trabajo se organiza en cuatro secciones adicionales. La segunda expone los fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis de moderación. La tercera describe la metodología, con el diseño, la evaluación de la adecuación del tamaño muestral, la operacionalización de las variables y la estrategia analítica. La cuarta presenta los resultados junto con su discusión. La última recoge las conclusiones y sus implicaciones para el tamizaje y la asignación de recursos preventivos.

II. MARCO TEÓRICO

La teoría del riesgo cariogénico acumulativo establece que la experiencia previa de caries constituye un indicador de exposición prolongada a condiciones que favorecen el desarrollo de lesiones dentales, como las alteraciones de la microbiota bucal, el consumo frecuente de carbohidratos fermentables y las deficiencias en la higiene oral. Desde esta perspectiva, los antecedentes de caries no representan únicamente lesiones ocurridas en el pasado, sino que también pueden reflejar la persistencia de condiciones desfavorables en el entorno bucal, caracterizadas por un desequilibrio entre los procesos de desmineralización y remineralización. Esta interpretación sustenta el valor predictivo de la experiencia de caries en la dentición temporal respecto de la aparición de lesiones en la dentición permanente, relación documentada mediante investigaciones longitudinales y transversales [8], [9].

La susceptibilidad a la caries no depende exclusivamente de la exposición a factores cariogénicos, sino también de las características y del estado de maduración de los tejidos dentales. En este sentido, la teoría de la maduración posteruptiva del esmalte plantea que, después de la erupción, la superficie

dental continúa experimentando modificaciones fisicoquímicas mediante el intercambio de minerales con el medio bucal. Durante este proceso, la incorporación de calcio, fosfato y fluoruro favorece el fortalecimiento de la estructura mineral y puede contribuir a reducir su porosidad y susceptibilidad a la desmineralización [11]. La evidencia experimental indica que la resistencia del esmalte frente a los procesos cariogénicos tiende a incrementarse conforme avanza su maduración posteruptiva [12]. Por consiguiente, una exposición similar a factores de riesgo puede generar diferentes niveles de afectación según el estado de madurez del tejido, lo que permite comprender las variaciones observadas durante las distintas etapas de erupción dental [13].

Esta relación adquiere mayor relevancia desde el modelo ecológico de la caries dental, que reconoce su origen multifactorial y explica el desarrollo de las lesiones mediante la interacción de factores biológicos, conductuales y sociales. Así, las características del huésped, la composición y actividad de la microbiota bucal, las condiciones socioeconómicas, los hábitos de higiene y los patrones de consumo de azúcares intervienen en el equilibrio entre los procesos de desmineralización y remineralización [14]. En consecuencia, la maduración del esmalte debe comprenderse como una condición biológica dinámica que puede modificar la susceptibilidad dental frente a una determinada exposición cariogénica. Esta perspectiva permite integrar la experiencia previa de caries como indicador de riesgo acumulado y la madurez posteruptiva como un posible factor moderador de su asociación con la afectación de los primeros molares permanentes. De este modo, se establece el fundamento teórico para examinar si la relación entre los antecedentes de caries y las lesiones actuales varía según el grado de maduración del esmalte, considerando la influencia concurrente de las condiciones individuales y del entorno.

En el presente estudio, la maduración posteruptiva se aborda mediante el tiempo transcurrido desde la erupción clínica completa de los primeros molares permanentes. Este indicador temporal se fundamenta en el proceso de maduración del esmalte descrito en la literatura, pero no representa una medición directa de su mineralización ni permite determinar por sí solo el estado fisiológico del tejido. Por tanto, la hipótesis de moderación se evalúa estadísticamente a través del tiempo posteruptivo, mientras que la maduración biológica constituye el fundamento teórico para interpretar la posible variación de la asociación entre la experiencia previa de caries y la afectación dental.

III. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo, con diseño observacional, analítico y transversal, orientado a examinar la asociación entre la experiencia de caries en la dentición temporal y la afectación de los primeros molares permanentes, considerando el posible efecto moderador del tiempo transcurrido desde la erupción dental. La unidad de análisis fue el escolar, mientras que la institución educativa se consideró como unidad de agrupamiento. Debido a las características del diseño, los resultados se interpretaron en términos de asociación estadística, sin establecer relaciones causales.

A partir de los fundamentos teóricos se formularon dos hipótesis. La primera establece que una mayor experiencia de caries en la dentición temporal se asocia con una mayor afectación de los primeros molares permanentes. La segunda plantea que el tiempo transcurrido desde la erupción modifica dicha asociación, de manera que su magnitud disminuye conforme aumenta el período posteruptivo.

La muestra estuvo constituida por 412 escolares de entre 7 y 12 años, procedentes de 16 instituciones educativas, de las cuales 12 eran públicas y cuatro privadas. La distribución comprendió un promedio de 25,75 participantes por institución, con un mínimo de 13 y un máximo de 44. Para la selección se consideraron el tipo de gestión institucional y las características socioeconómicas de los participantes. Dado que no se dispone de información suficiente para establecer el carácter probabilístico de la selección, no se atribuye representatividad estadística a la muestra. En consecuencia, los resultados se circunscriben a la población efectivamente estudiada.

La evaluación se centró en escolares con primeros molares permanentes erupcionados. Se consideraron como condiciones de exclusión la presencia de aparatología ortodóncica fija, fluorosis severa y alteraciones del desarrollo del esmalte que dificultaran la identificación clínica de lesiones. Estas condiciones permitieron delimitar la población evaluada y reducir posibles dificultades en la interpretación de los hallazgos odontológicos.

La variable dependiente fue la afectación por caries de los primeros molares permanentes, expresada mediante el número de superficies dentales con lesiones. La identificación de estas lesiones se planteó

conforme a los criterios del Sistema Internacional de Detección y Evaluación de Caries (ICDAS II), considerando las superficies evaluables de los cuatro primeros molares permanentes. Este procedimiento permite registrar diferentes manifestaciones clínicas de caries mediante criterios estandarizados, cuya aplicación requiere mantener un umbral diagnóstico uniforme durante la evaluación [15], [16].

La variable independiente principal fue la experiencia de caries en la dentición temporal, representada mediante el índice de dientes temporales cariados, perdidos por caries y obturados. Esta medida permitió caracterizar los antecedentes de afectación dental sin incorporar las lesiones de los primeros molares permanentes utilizadas como variable de resultado. Por su parte, el tiempo posteruptivo se consideró como variable moderadora, expresada en meses desde la erupción clínica completa. Su interpretación se limitó a representar el tiempo de exposición del diente al medio bucal, sin asumir que constituye una medición directa del grado de mineralización o madurez fisiológica del esmalte. Por tanto, la moderación estimada corresponde estadísticamente al tiempo posteruptivo, mientras que la maduración biológica del esmalte constituye el fundamento teórico de su interpretación.

Adicionalmente, se consideraron variables relacionadas con las condiciones individuales y del entorno, entre ellas el nivel socioeconómico del hogar, la higiene bucal y la frecuencia de consumo de azúcares. Su incorporación permitió examinar la asociación principal considerando factores que también pueden relacionarse con la experiencia de caries. La edad cronológica se reconoció como una variable estrechamente vinculada con el tiempo posteruptivo, por lo que su inclusión simultánea debía considerar posibles problemas de multicolinealidad.

El análisis estadístico se orientó a describir las características de los participantes y examinar las relaciones entre las variables de estudio. Dada la naturaleza cuantitativa discreta de la variable dependiente, se consideró la regresión de Poisson con función de enlace logarítmica como estrategia para modelar el número de superficies afectadas. Para incorporar la agrupación de los escolares por institución educativa, se utilizó una especificación mediante ecuaciones de estimación generalizadas, con errores estándar robustos por conglomerado.

La evaluación de las hipótesis se organizó mediante modelos progresivos. Inicialmente se incorporaron las variables de control; posteriormente, la experiencia de caries en dentición temporal y el tiempo posteruptivo; finalmente, se añadió el término de interacción entre ambas variables. Este último permitió examinar si la asociación entre los antecedentes de caries y la afectación de los primeros molares permanentes variaba según el tiempo transcurrido desde la erupción.

La interpretación de los resultados consideró la dirección y magnitud de los coeficientes estimados, así como su significación estadística y los intervalos de confianza correspondientes. Para los contrastes se estableció un nivel de significación de 0,05, con intervalos de confianza del 95 %. La interpretación del término de interacción se centró en determinar si la asociación principal se mantenía constante o presentaba variaciones según los niveles del moderador, en correspondencia con las hipótesis formuladas.

IV. RESULTADOS

A. Descripción de la muestra y estructura de conglomerados

La Tabla 1 presenta la distribución de las variables. El desenlace mostró la asimetría positiva propia de un recuento de lesiones. La proporción de escolares con al menos una superficie afectada fue de 74,8 %, con intervalo de confianza al 95 % de 70,4 % a 78,7 %, sobre 308 de 412 casos; esta cifra expresa la prevalencia en su métrica proporcional propia y se sitúa en el rango alto de lo informado para poblaciones escolares de la región [4]. El rango observado de madurez post-eruptiva, de 2,3 a 93,1 meses, cubre la ventana completa de interés.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las variables del estudio

Variable	Escala	M	DE	Rango	Asimetría
Afectación de molares permanentes	Superficies con lesión	1,684	1,749	0–14	2,707
Experiencia previa de caries	Índice en dentición temporal	3,165	2,611	0–13	0,988
Madurez post-eruptiva	Meses desde la erupción	46,108	22,069	2,3–93,1	0,087
Nivel socioeconómico	Índice tipificado	0,106	1,064	–3,20–2,81	–0,119
Higiene bucal	Índice simplificado	1,357	0,540	0,00–3,00	0,040
Ingesta de azúcares	Episodios por día	2,801	1,703	0–8	0,536
Edad	Meses	118,447	21,140	84–155	0,101

La correlación intraclase a nivel de institución educativa fue de 0,025, con una varianza entre conglomerados de 0,0762 y una varianza residual de 2,9873. Con un promedio de 25,75 escolares por institución, el efecto de diseño resultante es 1,615, lo que sitúa el tamaño efectivo de la muestra en 255 escolares. La magnitud observada se encuentra dentro del rango intercuartílico de referencia para conglomerados escolares y confirma que el anidamiento, aunque moderado, no es despreciable, ya que ignorarlo habría reducido los errores estándar en torno a un 27 %. La Fig. 1 muestra la afectación media de las dieciséis instituciones con su intervalo de confianza y el número de escolares examinados en cada una; la media de una institución no depende de su tamaño ($r = -0,132$).

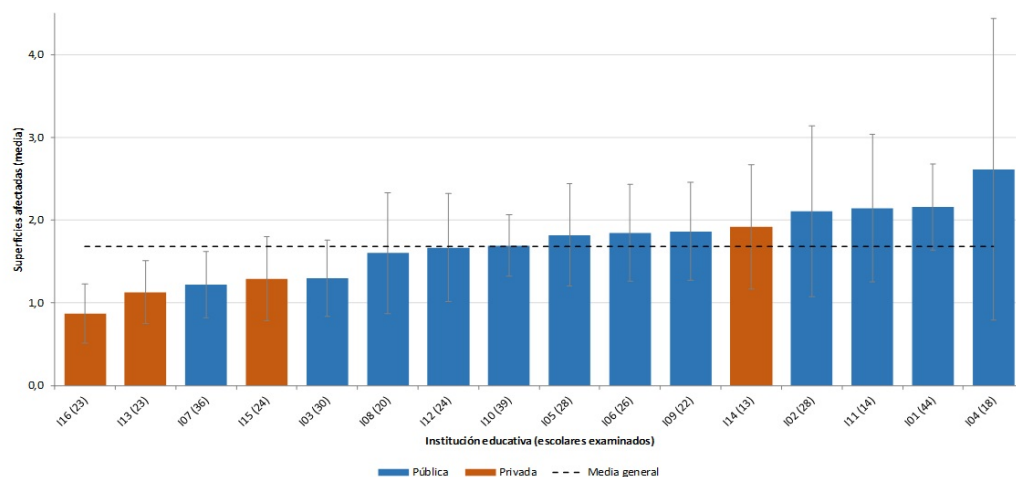


Fig. 1. Afectación media por institución educativa con intervalos de confianza al 95 %, clasificadas por gestión pública y privada.

B. Asociaciones bivariadas y colinealidad

La Tabla 2 reúne las correlaciones bivariadas y el diagnóstico de colinealidad. El desenlace se asoció positivamente con la experiencia previa de caries, con un intervalo de confianza al 95 % de 0,230 a 0,404, y negativamente con la madurez post-eruptiva, de $-0,357$ a $-0,177$, y con el nivel socioeconómico, de $-0,215$ a $-0,024$. La higiene bucal y la frecuencia de ingesta de azúcares mostraron asociaciones de magnitud reducida y no significativas. La correlación entre la exposición focal y el moderador fue prácticamente nula, condición favorable para la estimación de un término producto porque descarta que la interacción capture varianza compartida entre sus componentes.

Tabla 2. Correlaciones bivariadas y factor de inflación de la varianza

N.º	Variable	1	2	3	4	5	6	VIF
1	Afectación de molares permanentes	—						—
2	Experiencia previa de caries	0,319*	—					1,002
3	Madurez post-eruptiva	−0,269*	−0,018	—				1,003
4	Nivel socioeconómico	−0,121*	−0,014	0,048	—			1,007
5	Higiene bucal	0,086	0,002	0,006	−0,062	—		1,006
6	Ingesta de azúcares	0,044	0,044	−0,023	−0,022	−0,045	—	1,005
7	Edad	−0,257*	−0,002	0,964*	0,057	0,014	−0,019	14,128

Nota. VIF: factor de inflación de la varianza. Los asteriscos se conservan como aparecen en el manuscrito original.

El resultado más relevante de esta tabla es la relación entre edad y madurez post-eruptiva, con un intervalo de 0,956 a 0,970, que documenta el solapamiento informativo entre ambas y sostiene la decisión de especificación adoptada. Con la edad incluida, los factores de inflación de la varianza de la edad y de la madurez alcanzan 14,128 y 14,117 respectivamente; al excluirla, ningún predictor supera 1,007.

C. Modelos ajustados

La Tabla 3 presenta la secuencia de modelos. El ajuste mejoró de forma monótona al incorporar los efectos principales y el término de interacción, con un descenso del criterio de información cuasi-verosímil de 688,97 a 585,25 y a 537,72. El estadístico de dispersión de Pearson en el modelo completo fue 1,034, compatible con la especificación de Poisson, y la correlación de trabajo intercambiable se mantuvo entre 0,009 y 0,018. La Fig. 2 contrasta la frecuencia observada de superficies afectadas con la esperada bajo el modelo ajustado; la correspondencia entre ambas en todo el rango de valores respalda la elección de la especificación de recuento frente a alternativas con parámetro de dispersión libre.

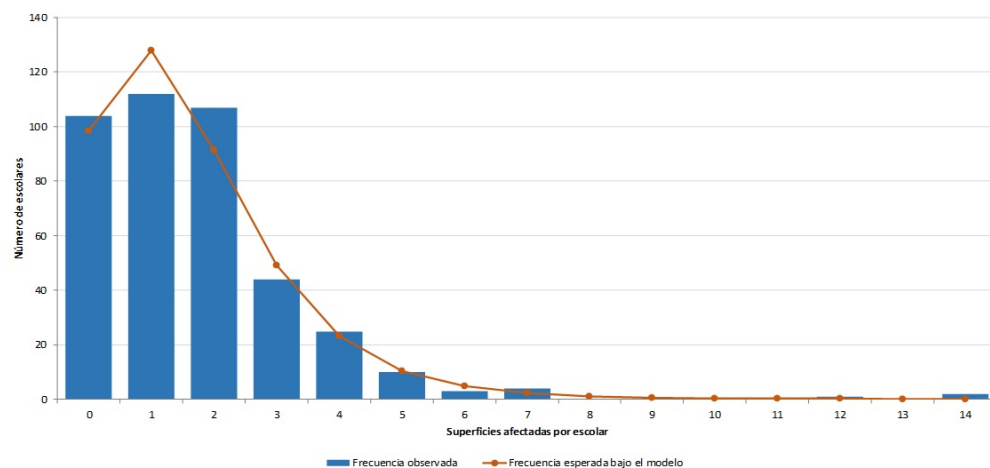


Fig. 2. Comparación entre el número de escolares observado y la frecuencia esperada bajo el modelo de Poisson ajustado.

En el modelo completo, cada desviación estándar adicional de experiencia previa de caries se asoció con un incremento del 28,5 % en la tasa de superficies afectadas, lo que respalda la primera hipótesis, y cada desviación estándar adicional de madurez post-eruptiva, con una reducción del 18,1 %. El término de interacción fue negativo y significativo, lo que respalda la segunda hipótesis. Entre las covariables, únicamente el nivel socioeconómico alcanzó significación estadística; la higiene bucal y la frecuencia de ingesta de azúcares mantuvieron coeficientes de dirección esperada pero no significativos, resultado que conviene leer a la luz de la escala de medición empleada para ambas.

Tabla 3. Modelos jerárquicos de regresión de Poisson con errores robustos por conglomerado

Predictor (por 1 DE)	M1 b (EE)	M2 b (EE)	M3 b (EE)	M3 RR [IC 95 %]	p
Constante	0,510 (0,061)	0,420 (0,048)	0,404 (0,047)	1,498 [1,365; 1,644]	< 0,001
Nivel socioeconómico	−0,108 (0,052)	−0,104 (0,044)	−0,126 (0,039)	0,882 [0,818; 0,951]	0,001
Higiene bucal	0,085 (0,054)	0,083 (0,048)	0,065 (0,048)	1,067 [0,971; 1,172]	0,176
Ingesta de azúcares	0,046 (0,039)	0,035 (0,038)	0,058 (0,042)	1,060 [0,976; 1,151]	0,165
Experiencia previa de caries	—	0,295 (0,048)	0,251 (0,035)	1,285 [1,200; 1,376]	< 0,001
Madurez post-eruptiva	—	−0,282 (0,054)	−0,200 (0,042)	0,819 [0,754; 0,889]	< 0,001
Experiencia previa × Madurez	—	—	−0,249 (0,042)	0,780 [0,719; 0,847]	< 0,001
Criterio cuasi-verosímil	688,97	585,25	537,72		

Nota. DE: desviación estándar; b: coeficiente de regresión; EE: error estándar; RR: razón de tasas; IC: intervalo de confianza. Los modelos incorporan progresivamente las variables de control, los efectos principales y el término de interacción.

D. Efectos condicionales y robustez

El efecto de la experiencia previa de caries siguió un gradiente monótono decreciente a lo largo del moderador, de modo que fue intenso a una desviación estándar por debajo de la media de madurez, se redujo a la mitad en la media y se volvió estadísticamente indistinguible de la ausencia de efecto en el extremo superior. El análisis continuo del efecto condicional sitúa en 59,8 meses desde la erupción el punto a partir del cual el intervalo de confianza de la razón de tasas pasa a contener la unidad. Ese intervalo de indistinguibilidad se extiende hasta los 83,6 meses; por encima de ese tiempo post-eruptivo, el límite superior vuelve a excluir la unidad, si bien únicamente catorce escolares, el 3,4 % de la muestra, alcanzan ese nivel, de modo que el extremo superior del rango no sostiene una afirmación de inversión. El patrón que el conjunto de los datos respalda es, por tanto, de atenuación progresiva hasta la pérdida de significación estadística en el intervalo de tiempo post-eruptivo donde se concentra la muestra.

Tabla 4. Efectos condicionales de la experiencia previa y análisis de sensibilidad

Análisis	Estimador	Valor	IC 95 %	p
Madurez a −1 DE	RR	1,648	[1,505; 1,804]	< 0,001
Madurez en la media	RR	1,285	[1,200; 1,376]	< 0,001
Madurez a +1 DE	RR	1,002	[0,888; 1,131]	0,973
Binomial negativa	RR interacción	0,805	[0,736; 0,880]	< 0,001
Logística sobre prevalencia	OR interacción	0,766	[0,624; 0,940]	0,011
Poisson con la edad	b interacción	−0,249	—	< 0,001
Lineal con errores agrupados	R^2 ajustado	0,311	—	—
Remuestreo por conglomerado	b interacción	−0,248	[−0,328; −0,138]	signo estable

Nota. RR: razón de tasas; OR: razón de momios; DE: desviación estándar; IC: intervalo de confianza. Los guiones indican información no reportada en el manuscrito.

Los cuatro análisis de sensibilidad convergieron. La especificación binomial negativa reprodujo el término de interacción y el modelo logístico sobre el indicador binario de prevalencia lo replicó en la métrica de razón de momios, lo que muestra que el hallazgo no depende de la métrica elegida para el desenlace. El modelo que incorpora la edad conservó intacto el término de interacción, pero volvió no significativo el efecto principal de la madurez, con un valor p de 0,401, consecuencia esperable de la colinealidad y confirmación empírica de la decisión de excluirla. La regresión lineal con errores agrupados alcanzó un coeficiente de determinación ajustado de 0,311, único valor de varianza explicada que se reporta en este trabajo y que corresponde al modelo lineal de referencia, no al modelo de recuento principal. El remuestreo por conglomerado conservó el signo en el 100 % de las réplicas, y la Fig. 3 contrasta con el intervalo de percentiles de esas réplicas las estimaciones obtenidas al excluir una institución cada vez, que se sitúan todas dentro de él. El tamaño del efecto del término de interacción, en la métrica de incremento de varianza explicada, fue $f^2 = 0,195$, superior al valor de 0,05 para el que se dimensionó el estudio.

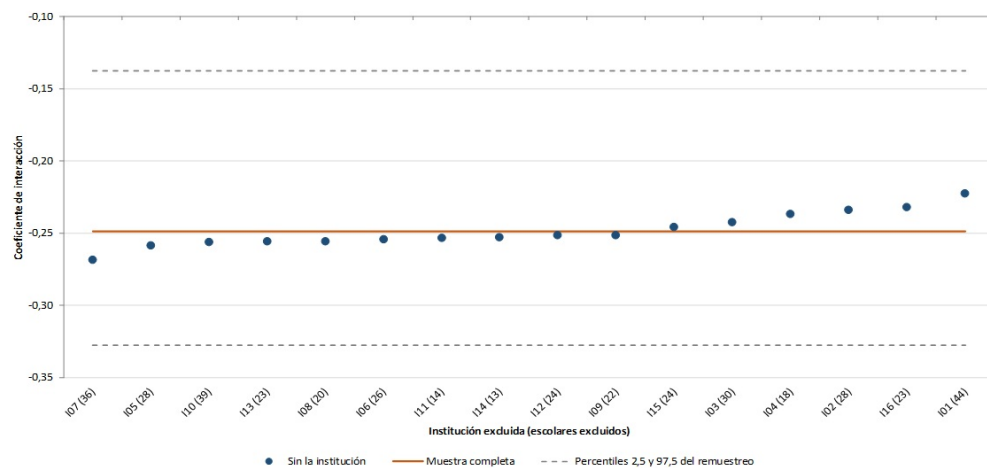


Fig. 3. Estabilidad del coeficiente de interacción al excluir sucesivamente cada una de las dieciséis instituciones educativas.

E. Discusión

El hallazgo central es que la asociación entre la experiencia previa de caries en la dentición temporal y la afectación de los primeros molares permanentes no es constante, sino que su magnitud disminuye conforme aumenta el tiempo posteruptivo. Esta variable, utilizada como indicador indirecto de la maduración del esmalte, mostró un efecto moderador estadísticamente significativo, con una razón de tasas para el término de interacción de 0,780 y un intervalo de confianza del 95 % de 0,719 a 0,847. Los efectos condicionales evidenciaron una atenuación progresiva de la asociación, hasta hacerse estadísticamente indistinguible de la ausencia de asociación en niveles elevados del moderador. Este resultado sitúa al tiempo posteruptivo como una condición relevante para interpretar el valor discriminante del historial de caries, sin atribuir directamente la variación observada a cambios fisiológicos del esmalte que no fueron medidos.

El contraste con la evidencia disponible permite contextualizar este hallazgo. Las investigaciones que han examinado la relación entre la experiencia de caries en la dentición temporal y la afectación de los primeros molares permanentes han comunicado asociaciones positivas de magnitud variable [8], [9], [10]. Sin embargo, las correlaciones informadas en esos estudios y las razones de tasas estimadas mediante la regresión de Poisson corresponden a medidas estadísticas diferentes, por lo que no resulta apropiado compararlas directamente en términos numéricos. En el presente estudio, la razón de tasas asociada con la experiencia previa de caries fue de 1,648 cuando el tiempo posteruptivo se situó una desviación estándar por debajo de la media, de 1,285 en el valor medio y de 1,002 cuando alcanzó una desviación estándar por encima de la media. Estas estimaciones muestran que la magnitud de la asociación varía dentro de una misma población según el nivel del moderador. Por consiguiente, la heterogeneidad observada entre investigaciones previas podría estar relacionada, al menos parcialmente, con diferencias en la distribución del tiempo transcurrido desde la erupción dental, aunque esta explicación requiere contrastación específica. Los estudios que consideran el estadio de erupción aportan antecedentes compatibles con esta interpretación [13], mientras que la evidencia experimental sobre la susceptibilidad del esmalte según su edad posteruptiva proporciona un fundamento biológico plausible [12], sin demostrar por sí misma el mecanismo responsable de la interacción identificada.

Desde una perspectiva preventiva, los resultados sugieren que el tiempo posteruptivo podría aportar información complementaria para la valoración del riesgo de caries en los primeros molares permanentes. La literatura ha examinado intervenciones como los selladores de fosas y fisuras y los barnices fluorados en la prevención o el manejo de lesiones de caries [17], [18], [19]. En este contexto, considerar conjuntamente la experiencia previa de caries, el tiempo desde la erupción y las condiciones clínicas del escolar podría contribuir a identificar períodos en los que determinados antecedentes presentan mayor capacidad de discriminación estadística. No obstante, el estudio no evaluó directamente intervenciones preventivas ni comparó estrategias de tamizaje, por lo que sus resultados no permiten establecer que modificar el momento de aplicación de selladores, barnices fluorados o procedimientos de evaluación produzca mejores resultados clínicos. Esta posibilidad debe examinarse mediante investigaciones específicamente diseñadas para evaluar su utilidad preventiva.

Es necesario delimitar el alcance de estos hallazgos. El diseño observacional y transversal permite identificar diferencias en la magnitud de las asociaciones según los niveles del tiempo posteruptivo, pero no demostrar que la maduración del esmalte atenúe causalmente la influencia de los antecedentes de caries. Asimismo, el tiempo transcurrido desde la erupción clínica completa constituye un indicador indirecto y no una medición de las propiedades fisicoquímicas del esmalte. La confirmación del mecanismo propuesto requiere estudios longitudinales con seguimiento desde la erupción dental [20]. Entre las limitaciones adicionales se encuentra el empleo de criterios visuales sin complemento radiográfico, que podría subestimar determinadas lesiones proximales [16]. La higiene bucal y la frecuencia de ingesta de azúcares se evaluaron mediante instrumentos de resolución limitada, por lo que su falta de significación estadística no debe interpretarse como ausencia de asociación. Además, el número de instituciones educativas y la agrupación de los participantes requieren cautela al interpretar la precisión de los estimadores y sus intervalos de confianza. Finalmente, la utilización exclusiva de la experiencia de caries en la dentición temporal como variable de exposición evita el solapamiento con el desenlace, pero no incorpora otras manifestaciones tempranas de caries en la dentición permanente.

CONCLUSIONES

El tiempo transcurrido desde la erupción de los primeros molares permanentes constituye una variable clínicamente relevante para interpretar la asociación entre la experiencia previa de caries en la dentición temporal y la afectación dental. Su utilización como indicador indirecto de la maduración posteruptiva del esmalte permitió identificar una interacción negativa estadísticamente significativa entre los antecedentes de caries y el tiempo posteruptivo, con una razón de tasas de 0,780 y un intervalo de confianza del 95 % de 0,719 a 0,847 ($p < 0,001$). Este resultado indica que la magnitud de la asociación entre la experiencia previa de caries y el número de superficies afectadas disminuye conforme aumenta el tiempo transcurrido desde la erupción, sin que ello demuestre una relación causal atribuible directamente a la maduración fisiológica del esmalte.

Desde una perspectiva epidemiológica, considerar la experiencia previa de caries como un predictor de asociación constante puede conducir a una caracterización incompleta de las diferencias observadas entre escolares con distintos períodos posteruptivos. Los efectos condicionales estimados mostraron razones de tasas de 1,648 en niveles bajos del moderador, 1,285 en su valor medio y 1,002 en niveles elevados, lo que evidencia una atenuación progresiva de la asociación. En consecuencia, incorporar el tiempo posteruptivo mediante un término de interacción permite representar esta heterogeneidad y mejorar la interpretación de los modelos estadísticos. Esta aproximación constituye una alternativa metodológica viable, siempre que se disponga de información fiable sobre el momento de erupción dental.

En el ámbito preventivo, los resultados sugieren la conveniencia de prestar especial atención a los primeros períodos posteriores a la erupción de los molares permanentes, considerando conjuntamente los antecedentes de caries, el tiempo posteruptivo y las condiciones clínicas de cada escolar. La valoración individual del riesgo podría contribuir a orientar la oportunidad de intervenciones preventivas, como la aplicación de selladores de fosas y fisuras y barnices fluorados. No obstante, estas implicaciones constituyen orientaciones derivadas de las asociaciones observadas, dado que el estudio no evaluó directamente la eficacia de dichas intervenciones ni comparó estrategias de tamizaje.

Finalmente, el diseño observacional y transversal limita la interpretación temporal y causal de los resultados. El tiempo posteruptivo representa un indicador indirecto de la maduración del esmalte y no una medición de sus propiedades fisicoquímicas. Por tanto, establecer la evolución de las asociaciones identificadas y determinar el papel específico de la maduración biológica requiere investigaciones longitudinales con evaluaciones periódicas desde la erupción dental. Estos estudios permitirían distinguir la influencia del desarrollo del esmalte de otros factores biológicos, conductuales y ambientales, así como evaluar la utilidad de incorporar el tiempo posteruptivo en los procedimientos de valoración del riesgo cariogénico.

REFERENCIAS

- [1] M. He, P. Zhu, Y. Wei, W. Qian, and L. Wang, "The prevalence of dental caries in the first permanent molars among individuals aged 6–18 years: a systematic review and meta-analysis of studies from Asia, Europe, Africa, and Latin America," *BMC Oral Health*, vol. 26, no. 1, p. 647, 2026, <https://doi.org/10.1186/s12903-026-08023-0>.
- [2] Z. Mahboobi, A. Pakdaman, R. Yazdani, L. Azadbakht, A. R. Shamshiri, and A. Babaei, "Caries incidence of the first permanent molars according to the Caries Assessment Spectrum and Treatment (CAST) index and its determinants in children: a cohort study," *BMC Oral Health*, vol. 21, no. 1, p. 259, 2021, <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01612-1>.
- [3] J. C. Jiménez Núñez, S. K. Velázquez Sánchez, N. A. Alvarado León, K. L. Murillo Santos, and Á. García Pérez, "Severity and associated risk factors of caries in first permanent molars using ICDAS: a cross-sectional study of Mexican schoolchildren," *Journal of Advanced Oral Research*, 2026, <https://doi.org/10.1177/23202068261447582>.
- [4] C. A. Romo-Pérez and C. Villafañe-Aguilar, "Distribution of bilateral dental caries in first permanent molars of vulnerable Colombian schoolchildren: an epidemiological analysis," *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*, vol. 38, no. 1, p. e361720, 2026, <https://doi.org/10.17533/udea.rfo.v38n1e361720>.
- [5] J. Ochoa López, A. Cruz Gallegos, and L. Ribadeneira, "Prevalencia de caries dental en primeros molares permanentes de niños entre 6 a 9 años atendidos en la clínica odontológica de la Universidad Tecnológica Equinoccial–SERODU, periodo 2016–2017," *Kiru*, vol. 15, no. 4, pp. 175–182, 2018, <https://doi.org/10.24265/kiru.2018.v15n4.04>.
- [6] C. A. Juárez-Medel, J. Hernández-Clemente, and E. Gutiérrez-Ventura, "Factors associated with severe permanent first molar caries among adolescents from Acapulco, Guerrero," *Revista Estomatológica Herediana*, vol. 32, no. 2, pp. 145–153, 2022, <https://doi.org/10.20453/reh.v32i2.4213>.
- [7] R. Alejo, "Factores de riesgo y la producción de caries en primeros molares en escolares 8 a 11 años en instituciones educativas de Cerro Colorado, Arequipa," *Revista Científica Andina "Science & Humanities"*, vol. 3, no. 1, pp. 121–130, 2022, <https://doi.org/10.57261/rcash.v3i1.47>.
- [8] C. A. Feldens, V. S. Braga, P. F. Kramer, M. R. Vítolo, P. H. Rodrigues, E. M. R. B. Coelho, and B. W. Chaffee, "Primary dentition caries patterns as predictors of permanent dentition caries: a prospective cohort study," *Caries Research*, vol. 57, no. 2, pp. 167–176, 2023, <https://doi.org/10.1159/000529620>.
- [9] Y.-T. Lin, C.-C. Chou, and Y.-T. J. Lin, "Caries experience between primary teeth at 3–5 years of age and future caries in the permanent first molars," *Journal of Dental Sciences*, vol. 16, no. 3, pp. 899–904, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.11.014>.
- [10] S. K. Agrawal, T. Bhagat, and A. Shrestha, "Dental caries in permanent first molar and its association with carious primary second molar among 6–11-year-old school children in Sunsari, Nepal," *International Journal of Dentistry*, vol. 2023, p. 9192167, 2023, <https://doi.org/10.1155/2023/9192167>.
- [11] R. J. M. Lynch, "The primary and mixed dentition, post-eruptive enamel maturation and dental caries: a review," *International Dental Journal*, vol. 63, no. Suppl. 2, pp. 3–13, 2013, <https://doi.org/10.1111/idj.12074>.
- [12] N. Kotsanos and A. I. Darling, "Influence of posteruptive age of enamel on its susceptibility to artificial caries," *Caries Research*, vol. 25, no. 4, pp. 241–250, 1991, <https://doi.org/10.1159/000261371>.
- [13] S. Garg, A. Dhindsa, P. Poddar, R. Sharma, and S. Singla, "Eruption status of first permanent molar and prevalence of dental caries among school going North Indian children: an epidemiological study," *Journal of Dental Health and Oral Research*, vol. 3, no. 2, pp. 1–9, 2022, <https://doi.org/10.46889/JDHOR.2022.3202>.
- [14] J. H. Rivas Avila, E. F. Lares Bayona, N. Velázquez Hernández, and S. Estrada Martínez, "Prevalence of dental caries in the first molars in schoolchildren in the municipality of Durango and its relationship with socioeconomic factors," *International Journal of Health Science*, vol. 3, no. 46, 2023, <https://doi.org/10.22533/at.ed.1593462328067>.

- [15] R. K. Gudipani, A. S. Alkuwaykibi, K. K. Ganji, V. Bandela, M. I. Karobari, C.-Y. Hsiao, S. Kulkarni, and S. Thambar, "Assessment of caries diagnostic thresholds of DMFT, ICDAS II and CAST in the estimation of caries prevalence rate in first permanent molars in early permanent dentition—a cross-sectional study," *BMC Oral Health*, vol. 22, no. 1, p. 133, 2022, <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02134-0>.
- [16] V. Nand, M. Memon, A. A. Jaffer, M. Ali, S. Memon, and S. Aslam, "Comparison between visual and radiographic methods using ICDAS criteria in permanent molars for detection of occlusal and proximal caries—a comparative study," *Pakistan Journal of Health Sciences*, vol. 6, no. 9, pp. 140–144, 2025, <https://doi.org/10.54393/pjhs.v6i9.3171>.
- [17] Z. Song and R. Wang, "Fluoride varnish efficacy on first permanent molars caries prevention," *International Dental Journal*, vol. 75, no. Suppl. 1, p. 104401, 2025, conference abstract. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2025.104401>.
- [18] A. Bakhshandeh and V. Qvist, "To seal or restore occlusal caries in permanent molar teeth, 11-year RCT," *Caries Research*, vol. 59, no. 6, pp. 544–557, 2025, <https://doi.org/10.1159/000544980>.
- [19] W. J. Albornoz Flores, "Uso de sellantes en la disminución de caries en primeros molares permanentes," *Revista Gaceta Científica HampiKuna*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2026, <https://doi.org/10.46794/gahaku.2.1.2768>.
- [20] H. B. Saethre-Sundli, N. J. Wang, and T. I. Wigen, "Do enamel and dentine caries at 5 years of age predict caries development in newly erupted teeth? a prospective longitudinal study," *Acta Odontologica Scandinavica*, vol. 78, no. 7, pp. 509–514, 2020, <https://doi.org/10.1080/00016357.2020.1739330>.