



Facultad de Ciencias de la Salud

Tema:

Asociación entre condiciones odontogénicas de origen pulpar y enfermedad del seno maxilar, mediante el uso de tomografía computarizada de haz cónico.

**Trabajo de Titulación para la obtención del Título de
“Especialista en Endodoncia”**

Presentada por:

Valery Alejandra Calvopiña Hernández

Tutor:

María Soledad Peñaherrera

Quito, agosto de 2026

Declaración de Aceptación de Norma Ética y Derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Firma del estudiante

Valery Alejandra Calvopiña Hernández

C.I. 1726640640

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicado, en primer lugar, a Dios y a la Virgen María, por brindarme fortaleza, sabiduría y salud para perseverar y alcanzar esta meta tan anhelada.

A mis padres, Jorge y Cristina, por su inmenso amor, sacrificio, esfuerzo y apoyo incondicional. Gracias a los valores que me inculcaron y a cada uno de sus sacrificios, hoy puedo hacer realidad este sueño. Este logro también les pertenece.

A mi hermana, a mi abuelita Mariana y a toda mi familia, por su cariño, comprensión y constante apoyo a lo largo de este camino, siendo un pilar fundamental en cada etapa de mi formación.

A Paul, por acompañarme y brindarme su apoyo durante este importante proceso. Finalmente, a mi querido Archi, por su compañía incondicional y por convertirse en un motivo de alegría y tranquilidad durante los momentos más desafiantes de este camino. Esta meta es para ustedes. Gracias por su amor, confianza y dedicación; sin su apoyo, este sueño no habría sido posible.

Índice de Contenido

Índice de Figuras.....	6
Índice de Tablas	7
Resumen.....	8
Abstract	10
Introducción	12
Marco Referencial.....	14
Materiales y Métodos.....	17
Diseño del estudio	17
Población	17
Muestra.....	17
Criterios de inclusión.....	17
Criterios de exclusión.....	18
Materiales e instrumentos.....	18
Unidad de análisis	18
Preparación y orientación de las imágenes.....	19
Calibración y confiabilidad	19
Procedimiento de evaluación imagenológica	20
Operacionalización de variables.....	21
Gestión de datos	21
Control de sesgos.....	22
Consideraciones éticas	22

Resultados	24
Caracterización de la muestra.....	24
Condiciones odontogénicas y anatómicas visualizadas en la CBCT	25
Hallazgos sinusales radiográficos	26
Análisis univariable de los factores asociados con los hallazgos sinusales radiográficos	28
Modelo GEE multivariable principal	30
Sensibilidad de la recodificación de “No aplica”	32
Sensibilidad tras la exclusión de los senos con registros pendientes	34
Análisis de sensibilidad mediante regresión logística penalizada de Firth	35
Análisis exploratorio del grado de engrosamiento mucoso.....	37
Resumen de los hallazgos.....	38
Discusión.....	40
Interpretación de los principales hallazgos	40
Conclusiones	44
Recomendaciones	45
Referencias.....	46

Índice de Figuras

Figura 1 Prevalencia de los hallazgos sinusales radiográficos en CBCT	27
Figura 2 Odds ratios crudos de la asociación entre las condiciones odontogénicas y los hallazgos sinusales radiográficos mediante modelos GEE univariantes	29
Figura 3 Asociación ajustada entre las condiciones odontogénicas y los hallazgos sinusales radiográficos mediante el modelo GEE multivariante	31

Índice de Tablas

Tabla 1 Caracterización sociodemográfica de los pacientes incluidos	24
Tabla 2 Características de las unidades sinusales evaluadas	25
Tabla 3 Distribución de las condiciones odontogénicas y anatómicas por seno maxilar	26
Tabla 4 Prevalencia de los hallazgos sinusales radiográficos en CBCT.....	27
Tabla 5 Análisis univariable de los factores asociados con los hallazgos sinusales radiográficos mediante modelos GEE	28
Tabla 6 Modelo GEE multivariable de los hallazgos sinusales radiográficos en CBCT.....	30
Tabla 7 Análisis de sensibilidad según la recodificación de los códigos «No aplica»	32
Tabla 8 Análisis de sensibilidad tras la exclusión de los senos con registros pendientes.....	34
Tabla 9 Análisis de sensibilidad mediante regresión logística penalizada de Firth para la lesión periapical con contacto sinusal	35
Tabla 10 Análisis exploratorio del grado de engrosamiento mucoso mediante modelo ordinal de odds proporcionales	37

Asociación entre condiciones odontogénicas de origen pulpar y enfermedad del seno maxilar, mediante el uso de tomografía computarizada de haz cónico.

Valery Alejandra Calvopiña Hernández

vacalvopinah@estudiantes.uhemisferios.edu.ec

Universidad Hemisferios

Resumen

Los hallazgos radiográficos del seno maxilar se identifican con frecuencia en la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y pueden coexistir con condiciones odontogénicas debido a la estrecha relación anatómica entre los dientes posteriores maxilares y el piso del seno. El objetivo de este estudio fue evaluar la asociación entre las condiciones odontogénicas de origen pulpar o sugestivas de riesgo pulpar y los hallazgos radiográficos del seno maxilar detectados mediante CBCT.

Se realizó un estudio observacional, transversal y analítico a partir de una base de datos anonimizada. Se revisaron 485 estudios de CBCT; 144 fueron excluidos y 341 pacientes fueron incluidos. Los 688 registros iniciales a nivel dentario se consolidaron en 680 unidades sinusales únicas. Las variables odontogénicas y anatómicas incluyeron caries profunda o extensa, restauración cercana a la pulpa, restauración defectuosa, estado endodóntico, estado periapical-sinusal y relación raíz-seno. Las asociaciones se estimaron mediante ecuaciones de estimación generalizadas, con errores estándar robustos y agrupamiento por paciente.

Los hallazgos sinusales radiográficos estuvieron presentes en 370 de 679 senos evaluables (54,5 %), y el engrosamiento mucoso ≥ 2 mm fue el hallazgo más frecuente (48,7 %). En el modelo multivariable, la caries profunda o extensa (OR = 4,35; IC95 %: 1,73–10,93), la restauración defectuosa (OR = 3,67; IC95 %: 2,26–5,94), la lesión periapical con contacto sinusal (OR = 13,72; IC95 %: 4,15–45,40), el contacto raíz-seno (OR = 3,11; IC95 %: 1,58–

6,10) y la protrusión radicular ($OR = 4,19$; $IC95 \%$: 1,64–10,70) mantuvieron asociaciones estadísticamente significativas con el desenlace. El estado endodóntico adecuado y el sexo femenino se asociaron con menores *odds* de presentar hallazgos sinusales radiográficos.

Estos hallazgos respaldan la evaluación integral del complejo dentoalveolar-sinusal mediante CBCT. Los resultados deben interpretarse como asociaciones radiográficas y no como evidencia de causalidad ni como un diagnóstico clínico definitivo de sinusitis odontogénica.

Palabras clave: tomografía computarizada de haz cónico; seno maxilar; endodoncia; lesión periapical; engrosamiento mucoso.

Abstract

Maxillary sinus radiographic findings are frequently identified on cone-beam computed tomography (CBCT) and may coexist with odontogenic conditions because of the close anatomical relationship between the posterior maxillary teeth and the sinus floor. This study aimed to assess the association between odontogenic conditions of pulpal origin or suggestive of pulpal risk and maxillary sinus radiographic findings detected on CBCT. An observational, cross-sectional, analytical study was conducted using an anonymized database. A total of 485 CBCT studies were screened; 144 were excluded and 341 patients were included. The initial 688 tooth-level records were consolidated into 680 unique maxillary sinus units. Odontogenic and anatomical variables included deep or extensive caries, restorations close to the pulp, defective restorations, endodontic status, periapical–sinus status, and the root–sinus relationship. Associations were estimated using generalized estimating equations with robust standard errors and patient-level clustering.

Maxillary sinus radiographic findings were present in 370 of 679 evaluable sinuses (54.5%), and mucosal thickening ≥ 2 mm was the most frequent finding (48.7%). In the multivariable model, deep or extensive caries (OR = 4.35; 95% CI: 1.73–10.93), defective restorations (OR = 3.67; 95% CI: 2.26–5.94), periapical lesions with sinus contact (OR = 13.72; 95% CI: 4.15–45.40), root–sinus contact (OR = 3.11; 95% CI: 1.58–6.10), and root protrusion into the sinus (OR = 4.19; 95% CI: 1.64–10.70) remained significantly associated with the outcome. Adequate endodontic status and female sex were associated with lower odds of radiographic sinus findings.

These findings support a comprehensive evaluation of the dentoalveolar–sinus complex on CBCT. The results should be interpreted as radiographic associations and not as evidence of causality or a definitive clinical diagnosis of odontogenic sinusitis.

Keywords: cone-beam computed tomography; maxillary sinus; endodontics; periapical lesion; mucosal thickening.

Introducción

La evaluación e interpretación de los hallazgos sinusales radiográficos en pacientes odontológicos constituye un desafío relevante debido a la superposición clínica entre síntomas dentarios, endodónticos y rinosinusales. Esta dificultad adquiere especial importancia en la región posterior maxilar, pues los premolares y molares superiores mantienen una estrecha relación anatómica con el piso del seno maxilar, lo que puede favorecer la coexistencia de procesos dentoalveolares y cambios mucosos ipsilaterales (Maillet et al., 2011; Gunawan et al., 2024; Kader et al., 2026).

Si bien las lesiones periapicales y los tratamientos endodónticos han sido ampliamente estudiados entre las condiciones odontogénicas asociadas a las alteraciones sinusales (Kuligowski et al., 2021; Şakır y Yalçınkaya, 2020), limitar el análisis a estas variables es insuficiente cuando se busca evaluar las condiciones de origen pulpar o sugestivas de riesgo pulpar. De ahí que las caries profundas, las restauraciones cercanas a la cámara pulpar, las restauraciones defectuosas y los tratamientos endodónticos inadecuados pueden constituir indicadores imagenológicos indirectos de un posible compromiso pulpar o periapical (Bjørndal et al., 2019; Browne y Tobias, 1986; Fox, 1992; Karade et al., 2025).

En ese sentido, cobra especial importancia la tomografía computarizada de haz cónico, CBCT por sus siglas en inglés, herramienta que permite evaluar tridimensionalmente los dientes posteriores maxilares, la región periapical, el piso sinusal, la relación raíz-seno y los cambios de la mucosa sinusal mediante reconstrucciones multiplanares (Gunawan et al., 2024; Dobeles y Kragis, 2016; Zhang et al., 2023). No obstante, los hallazgos deben interpretarse a manera de hallazgos imagenológicos y no como diagnóstico clínico definitivo de enfermedad pulpar, necrosis o sinusitis odontogénica (Allevi et al., 2020).

Ahora bien, hay que tomar en cuenta que pese al incremento de la literatura relacionada a los hallazgos sinusales mediante CBCT persiste una amplia heterogeneidad en los criterios diagnósticos, los umbrales de engrosamiento mucoso, la clasificación de la relación raíz-seno y la selección de variables odontogénicas (Riekkki et al., 2025; Ritter et al., 2011; Raghav et al., 2014; Ahmed et al., 2023; Nelke et al., 2026), hecho que dificulta establecer asociaciones consistentes entre las condiciones dentarias y las alteraciones imagenológicas del seno maxilar. Frente a este escenario, el objetivo del presente estudio radica en evaluar la asociación entre las condiciones odontogénicas de origen pulpar o sugestivas de riesgo pulpar observadas en dientes posteriores maxilares y los hallazgos sinusales radiográficos ipsilaterales identificados mediante CBCT.

En el presente estudio, la expresión "enfermedad del seno maxilar" se abordó mediante una definición operacional basada en la presencia de hallazgos sinusales radiográficos identificados en CBCT. Esta delimitación corresponde exclusivamente al plano imagenológico y no implica un diagnóstico clínico de sinusitis ni la confirmación de una etiología odontogénica.

Marco Referencial

Los hallazgos sinusales radiográficos son frecuentes en estudios de CBCT realizados con fines odontológicos, pero su interpretación continúa siendo compleja porque pueden responder a causas odontogénicas y no odontogénicas (Kader et al., 2026; Bajoria et al., 2019; Şakır et al., 2020). Además, hay que tomar en cuenta que el seno maxilar tiene una estrecha relación con la región posterior del maxilar.

En ese sentido, el vínculo entre los ápices radiculares de los premolares y molares superiores, además del piso sinusal, difiere en función de la edad, el nivel de neumatización, la presencia dental y particularidades anatómicas del sujeto. En una CBCT, esta interrelación puede expresarse como un contacto directo, una evidente separación ósea o una protrusión radicular hacia la cavidad sinusal (Gunawan et al., 2024; Bajoria et al., 2019; Dobeles y Kragis, 2016), y pese a que no es una patología por sí sola, puede modificar la forma en que los procesos dentoalveolares se manifiestan en el seno maxilar.

En el marco del vínculo entre la región posterior maxilar y el seno maxilar, hay que tener presente que este último está revestido por la membrana de Schneider, una mucosa respiratoria delgada que no suele ser visible por radiografía: su espesor suele considerarse dentro de límites normales cuando es inferior a 2 mm., umbral utilizado con frecuencia para definir un engrosamiento mucoso. Sin embargo, este hallazgo es inespecífico y no permite atribuir por sí solo un origen odontogénico, porque puede asociarse a procesos odontogénicos, rinosinusales, alérgicos, infecciosos o inflamatorios no odontogénicos (Kuligowski et al., 2021; McKeever et al., 2026).

Asimismo, hay que tener precaución al interpretar los hallazgos de una CBCT en torno a los hallazgos sinusales radiográficos observables: ensanchamiento mucoso, presencia de quistes

de retención mucosa, opacificación parcial o total, nivel hidroaéreo e inclusive algunas alteraciones óseas reactivas, por ejemplo, periostitis y osteoperiostitis (Riekki et al., 2025; Ritter et al., 2011; Nair y Nair, 2010). En todos los casos, es importante considerar la severidad, la distribución, el vínculo con los dientes posteriores maxilares y la potencial coexistencia con las condiciones odontogénicas.

En cuanto a las condiciones odontogénicas de origen pulpar y sugestivas de riesgo pulpar, se encuentran conformadas por algunos escenarios. Sin ningún orden en particular, la caries profunda o extensa y las restauraciones defectuosas, que pueden considerarse indicadores imagenológicos indirectos de posible compromiso pulpar, pero no es posible diagnosticar una enfermedad activa sin antes llevar a cabo una evaluación clínica adicional (Bjørndal et al., 2019; Browne y Tobias, 1986; Fox, 1992). Asimismo, las intervenciones endodónticas previas que se identifican por la presencia de material de obturación intrarradicular, pero no implican necesariamente fracaso terapéutico, y deben diferenciarse del tratamiento endodóntico inadecuado que se caracteriza por subobturación, sobreobturación, conductos no tratados, vacíos de obturación o extrusión de material hacia tejidos periapicales (Karade et al., 2025, Riekki et al., 2025). Además, la lesión periapical, una expresión imagenológica de inflamación apical que adquiere mayor relevancia cuando contacta, adelgaza o interrumpe la cortical del piso sinusal (Lu et al., 2012). Finalmente, las restauraciones próximas a la cámara pulpar, cuya profundidad puede sugerir cercanía al tejido pulpar sin confirmar enfermedad pulpar activa.

Lo expuesto demuestra que la CBCT permite efectuar una lectura integrada del complejo diente-hueso y alveolar-seno maxilar, reduciendo la superposición anatómica propia de las radiografías bidimensionales (Gunawan et al., 2024; Dobeles y Kragis, 2016; Zhang et al., 2023). Sin embargo, su valor en este estudio se limita a la evaluación de asociaciones imagenológicas,

sin asumir causalidad clínica ni diagnóstico etiológico definitivo de sinusitis odontogénica (Allevi et al., 2020; Little et al., 2018).

Finalmente, es necesario tener presente que la literatura sobre las alteraciones del seno maxilar evaluadas por medio de CBCT son sumamente heterogéneas, especialmente en lo que respecta a los hallazgos sinusales, los criterios odontogénicos, los umbrales de engrosamiento y el vínculo raíz-seno (Nelke et al., 2026). Esta falta de estandarización dificulta la comparación entre estudios y la obtención de estimaciones consistentes, además que la evidencia está enfocada en su mayoría en lesiones periapicales, tratamientos endodónticos y enfermedades periodontales, relegando a segundo plano aquellas variables sugestivas de riesgo pulpar como la caries profunda, las restauraciones defectuosas y aquellas aledañas a la cámara pulpar (Bjørndal et al., 2019; Browne y Tobias, 1986; Fox, 1992; Karade et al., 2025; Riekkari et al., 2025). Inclusive, la presencia de ellas puede constituirse como un indicador imagenológico de riesgo pulpar en el marco del complejo diente-hueso y alveolar-seno maxilar, aunque ciertamente no es posible establecer diagnósticos clínicos confirmados.

Materiales y Métodos

Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional, transversal, y analítico fundamentado en la evaluación de imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) obtenidas de un centro radiológico privado especializado en diagnóstico maxilofacial y utilizadas solo para fines diagnósticos.

Población

La población correspondió a 2 500 estudios de CBCT disponibles en la base de datos anonimizada del centro radiológico.

Muestra

El tamaño muestral se estimó mediante la fórmula para proporciones en poblaciones finitas propuesta por Cochran (1977), considerando una población de 2.500 estudios de CBCT, un nivel de confianza del 95 %, una proporción esperada del 50 % y un margen de error del 5 %. El tamaño mínimo calculado fue de 333,11 estudios, redondeado a 334.

Se revisaron 485 estudios de CBCT. Después de aplicar los criterios de elegibilidad, 144 fueron excluidos y 341 fueron incluidos en el análisis. Los estudios seleccionados aportaron inicialmente 688 registros dentarios, los cuales se consolidaron en 680 unidades sinusales únicas, correspondientes a 339 senos derechos y 341 senos izquierdos.

Criterios de inclusión

Se incluyeron estudios de CBCT que permitieran visualizar correctamente al menos un seno maxilar y premolares o molares maxilares erupcionados y evaluables, concernientes a la nomenclatura FDI 14-17 y 24-27. También se incluyeron aquellos con calidad diagnóstica

suficiente para realizar una valoración de la región posterior maxilar y periapical, el piso sinusal, el vínculo raíz-seno y las condiciones dentarias, restauradoras y endodónticas de relevancia.

Criterios de exclusión

Se excluyeron los estudios correspondientes a pacientes menores de 15 años, pacientes edéntulos totales en el maxilar superior, imágenes con artefactos severos o campo de visión insuficiente, ausencia de dientes posteriores maxilares evaluables, dientes con ápices abiertos, lesiones quísticas, tumorales o expansivas previamente intervenidas, reabsorciones radiculares extensas, fracturas radiculares verticales evidentes y antecedentes imagenológicos compatibles con cirugía sinusal previa que afectaran la evaluación. También se excluyeron los estudios duplicados de un mismo paciente.

Materiales e instrumentos

Los estudios fueron adquiridos mediante un equipo CBCT NewTom GiANO parametrizado de la siguiente manera por parte del centro radiológico: 90 kVp, 3 mA, voxel de 150 μ m, campo de visión de 11 cm x 5 cm y con 9 segundos de tiempo de exposición. En cuanto a la evaluación, fue efectuada por medio del programa NNT y a través de reconstrucciones multiplanares en cortes axial, coronal y sagital, permitiendo realizar ajustes de contraste, brillo, espesor de corte y orientación espacial con el fin de mejorar la visualización, sin que ello incida en los datos originales de diagnóstico.

Unidad de análisis

La unidad de análisis principal correspondió al seno maxilar ipsilateral, definido mediante la combinación única del identificador del paciente y el lado evaluado. Cada paciente pudo aportar un máximo de dos unidades sinusales, una derecha y una izquierda.

La matriz original contenía 688 registros dentarios. Cuando más de un diente posterior maxilar se relacionaba con el mismo seno, los registros fueron consolidados en una sola unidad sinusal. De este modo, se obtuvieron 680 senos únicos correspondientes a 341 pacientes.

Las condiciones odontogénicas fueron evaluadas inicialmente a nivel dentario y posteriormente consolidadas a nivel sinusal. La dependencia entre los senos de un mismo paciente fue considerada mediante ecuaciones de estimación generalizadas con errores estándar robustos y agrupamiento por paciente.

Preparación y orientación de las imágenes

Cada volumen de CBCT fue revisado minuciosamente con el fin de corroborar la elegibilidad y calidad diagnóstica. Además, cada imagen se orientó de manera estandarizada en los tres planos, y se alineó el eje longitudinal del diente en el programa para llevar a cabo la evaluación de la cámara pulpar, la región periapical, el sistema radicular, el piso sinusal y la relación raíz-seno. En todo momento, la secuencia fue la siguiente: registro del lado y el seno evaluado, identificación de los dientes posteriores maxilares, análisis de las condiciones odontogénicas observables y registro de los resultados sinusales ipsilaterales.

Cuando varios dientes posteriores maxilares se relacionaban con un mismo seno, cada diente fue evaluado de forma individual antes de consolidar la información a nivel sinusal.

Calibración y confiabilidad

Previo a la recolección definitiva, la observadora participó en una etapa de calibración dirigida por un especialista en radiología oral y maxilofacial. Este proceso incluyó la revisión de los criterios operacionales y la evaluación de un subconjunto piloto de estudios de CBCT.

La concordancia de las variables cualitativas se evaluó mediante el coeficiente kappa de Cohen, obteniéndose un valor de $\kappa = 0,85$, indicativo de una concordancia casi perfecta. Para las

variables ordinales se utilizó kappa ponderado con ponderaciones cuadráticas, con un valor de $\kappa_w = 0,91$, también compatible con una concordancia casi perfecta. La reproducibilidad de las mediciones continuas se evaluó mediante el coeficiente de correlación intraclass, obteniéndose un ICC de 0,97, correspondiente a una concordancia excelente (Cohen, 1960; Koo y Li, 2016). Las discrepancias identificadas durante la calibración fueron resueltas por consenso.

Procedimiento de evaluación imagenológica

La evaluación se realizó sistemáticamente, registrando las condiciones odontogénicas, la relación anatómica diente-seno y los hallazgos sinusales ipsilaterales observables en las reconstrucciones multiplanares CBCT (Riekkari et al., 2025; Kuligowski et al., 2021; Kader et al., 2026). Las condiciones odontogénicas consistieron en caries profunda o extensa, restauración cercana a la pulpa, restauración defectuosa, tratamiento endodóntico previo o inadecuado y lesión periapical.

Con respecto a la relación raíz-seno, fue clasificada de tres maneras: sin contacto, contacto o protrusión. Además, la raíz de los dientes multirradiculares correspondió a la más próxima al piso sinusal y el vínculo lesión-seno se tomó en cuenta únicamente ante la presencia de lesión periapical. Por otro lado, la evaluación del seno maxilar ipsilateral incluyó el engrosamiento mucoso ≥ 2 mm y grosor mucoso (medido en el punto de mayor espesor), el quiste de retención, la osteoperiostitis, el nivel hidroaéreo o la presencia de fluidos y la opacificación parcial o total.

Para los senos relacionados con más de un diente, las variables odontogénicas dicotómicas se consideraron presentes cuando al menos uno de los dientes evaluables presentó la condición. La relación raíz-seno se consolidó utilizando la categoría de mayor proximidad anatómica: protrusión, contacto y sin contacto.

Operacionalización de variables

Para efectos del estudio se agruparon las variables en sociodemográficas, odontogénicas (evaluadas en dientes 14-17 y 24-27), anatómicas diente-seno e imagenológicas sinusales, cada una registrada a partir de las reconstrucciones multiplanares de CBCT y codificadas en una matriz anonimizada. Finalmente, la caries profunda, la restauración próxima a la pulpa y aquella defectuosa fueron interpretadas como indicadores sugestivos de riesgo pulpar, mas no a manera de diagnóstico clínico confirmado.

Para efectos del presente estudio, la enfermedad del seno maxilar fue operacionalizada mediante un desenlace compuesto de hallazgos sinusales radiográficos identificados en CBCT. Esta definición fue utilizada únicamente con fines analíticos y no corresponde a un diagnóstico clínico de sinusitis ni permite establecer una etiología odontogénica.

Si bien la caries profunda o extensa, la restauración próxima a la pulpa y la restauración defectuosa son estados sugestivos de riesgo pulpar, no se consideran como un diagnóstico confirmado de pulpitis, necrosis pulpar o infección endodóntica activa debido a que no hay de por medio una evaluación clínica de pacientes, constituyéndose por ende en indicadores imagenológicos indirectos. Por lo expuesto, los resultados fueron analizados en el marco de asociaciones imagenológicas y no como evidencia de causalidad clínica.

Gestión de datos

La información se registró inicialmente en una matriz anonimizada a nivel dentario. Antes del análisis se verificaron duplicados, valores incongruentes, códigos fuera del diccionario, datos faltantes y correspondencia entre el diente y el lado del seno evaluado. El error de digitalización identificado en el paciente 296, cuyo diente figuraba como 6, fue corregido a 16 después de verificar su correspondencia con el primer molar superior derecho.

Los 688 registros dentarios fueron consolidados en 680 unidades sinusales únicas. Para las variables odontogénicas dicotómicas, se consideró presencia cuando al menos uno de los dientes relacionados con el seno presentó la condición y ausencia cuando todos los dientes evaluables fueron negativos. Para la relación raíz-seno se conservó la categoría de mayor proximidad anatómica.

Los códigos “No aplica” de caries profunda o extensa, restauración cercana a la pulpa y restauración defectuosa fueron recodificados como ausencia de exposición de acuerdo con el diccionario de variables y la revisión de los datos originales. También se construyeron las variables estado endodóntico y estado periapical-sinusal. El desenlace principal se derivó de forma automática a partir de los componentes sinusales registrados.

Control de sesgos

Los sesgos fueron gestionados a partir de los criterios de inclusión y exclusión, además de la evaluación estandarizada de imágenes, la operacionalización de las variables y la calibración de los observadores. Para disminuirlos aún más, fueron consideradas solo las CBCT con calidad diagnóstica suficiente y con una apropiada visualización del seno maxilar y de los dientes posteriores. Asimismo, las variables se registraron mediante reconstrucciones multiplanares y criterios estandarizados. La posible confusión se redujo mediante el ajuste por edad, sexo, lado y relación raíz-seno, así como mediante la consideración de la dependencia intrapaciente.

Consideraciones éticas

Los estudios de CBCT incluidos fueron obtenidos previamente con fines diagnósticos y se encontraban almacenados en una base de datos anonimizada. No existió contacto directo con los pacientes, no se realizaron intervenciones clínicas y no se modificaron los protocolos

originales de adquisición. El protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Los Hemisferios, bajo el código CEUHE25-194. Debido al carácter retrospectivo del estudio y al uso exclusivo de información anonimizada, el Comité de Ética otorgó la exención del consentimiento informado. Los resultados fueron presentados de manera agregada para evitar la identificación individual de los participantes.

Resultados

Caracterización de la muestra

Se incluyeron 341 pacientes, cuyas características sociodemográficas se presentan en la Tabla 1. La mediana de edad fue de 51 años (RIC: 37–64), con un rango de 15 a 89 años. La distribución de la edad no fue normal según la prueba de Shapiro–Wilk ($p < 0,001$). El sexo estuvo disponible para 338 pacientes: 190 fueron mujeres (56,2 %) y 148 hombres (43,8 %). La clasificación por grupos etarios se realizó en 340 pacientes con edad determinada; un registro presentó discordancia y se mantuvo como dato pendiente.

Tabla 1

Caracterización sociodemográfica de los pacientes incluidos

Variable	Categoría	n/N (%)
Pacientes incluidos	Total	341
Edad, años	Mediana (RIC)	51 (37–64)
	Rango	15–89
Sexo	Hombre	148/338 (43,8 %)
	Mujer	190/338 (56,2 %)
Grupo etario	≤29 años	50/340 (14,7 %)
	30–44 años	77/340 (22,6 %)
	45–59 años	101/340 (29,7 %)
	≥60 años	112/340 (32,9 %)
Datos pendientes	Sexo discordante	3/341 (0,9 %)
	Edad discordante	1/341 (0,3 %)

Los 341 pacientes aportaron 680 unidades sinusales únicas, cuya distribución se detalla en la Tabla 2. De estas, 339 correspondieron al seno derecho (49,9 %) y 341 al izquierdo (50,1 %). Un total de 339 pacientes aportó ambos senos y dos contribuyeron con una sola unidad

sinusal. Además, 672 senos estuvieron asociados con un solo diente y ocho con más de un diente posterior maxilar.

Tabla 2

Características de las unidades sinusales evaluadas

Variable	Categoría	n/N (%)
Unidades sinusales	Total	680
Lado evaluado	Derecho	339 (49,9 %)
	Izquierdo	341 (50,1 %)
Unidades aportadas por paciente	Ambos senos	339 pacientes (99,4 %)
	Un solo seno	2 pacientes (0,6 %)
Número de dientes asociados al seno	Un diente	672 (98,8 %)
	Más de un diente	8 (1,2 %)

Condiciones odontogénicas y anatómicas visualizadas en la CBCT

La distribución de las condiciones odontogénicas y anatómicas evaluadas a nivel sinusal se presenta en la Tabla 3. La relación raíz-seno más frecuente fue el contacto, identificado en 481 de 680 senos (70,7 %), seguido de la ausencia de contacto en 151 (22,2 %) y la protrusión en 48 (7,1 %).

Entre las condiciones odontogénicas, la restauración defectuosa fue la más frecuente, presente en 244 senos (35,9 %), seguida de la restauración cercana a la pulpa en 121 (17,8 %) y la caries profunda o extensa en 83 (12,2 %). Respecto al estado endodóntico, 510 senos (75,0 %) no presentaron dientes con tratamiento endodóntico, 60 (8,8 %) se relacionaron con tratamiento adecuado y 110 (16,2 %) con tratamiento inadecuado. En cuanto al estado periapical-sinusal, 523 senos (76,9 %) no presentaron lesión periapical, 30 (4,4 %) mostraron lesión sin contacto con el seno y 127 (18,7 %) lesión periapical con contacto sinusal.

Tabla 3*Distribución de las condiciones odontogénicas y anatómicas por seno maxilar*

Variable	Categoría	n/N (%)
Relación raíz-seno	Sin contacto	151/680 (22,2 %)
	Contacto	481/680 (70,7 %)
	Protrusión	48/680 (7,1 %)
Caries profunda o extensa	Presente	83/680 (12,2 %)
	Ausente	597/680 (87,8 %)
Restauración cercana a la pulpa	Presente	121/680 (17,8 %)
	Ausente	559/680 (82,2 %)
Restauración defectuosa	Presente	244/680 (35,9 %)
	Ausente	436/680 (64,1 %)
Estado endodóntico	Sin tratamiento	510/680 (75,0 %)
	Tratamiento adecuado	60/680 (8,8 %)
	Tratamiento inadecuado	110/680 (16,2 %)
Estado periapical-sinusal	Sin lesión periapical	523/680 (76,9 %)
	Lesión sin contacto sinusal	30/680 (4,4 %)
	Lesión con contacto sinusal	127/680 (18,7 %)

Nota. Las variables odontogénicas se consolidaron a nivel del seno maxilar. En los senos relacionados con más de un diente, las condiciones dicotómicas se consideraron presentes cuando al menos uno de los dientes evaluables mostró la condición. Los códigos originales “No aplica” de caries profunda o extensa, restauración cercana a la pulpa y restauración defectuosa fueron recodificados como ausencia de exposición.

Hallazgos sinusales radiográficos

Los hallazgos sinusales radiográficos identificados en las unidades evaluadas se presentan en la Tabla 4 y en la Figura 1. El engrosamiento mucoso ≥ 2 mm fue el hallazgo más frecuente, presente en 331 de 680 senos (48,7 %). Los demás hallazgos mostraron frecuencias

menores: osteoperiostitis en 31 de 677 senos evaluables (4,6 %), quiste de retención mucoso en 16 de 680 (2,4 %), opacificación parcial en 14 de 680 (2,1 %), nivel hidroaéreo o fluido en 9 de 680 (1,3 %) y opacificación total en 6 de 680 (0,9 %).

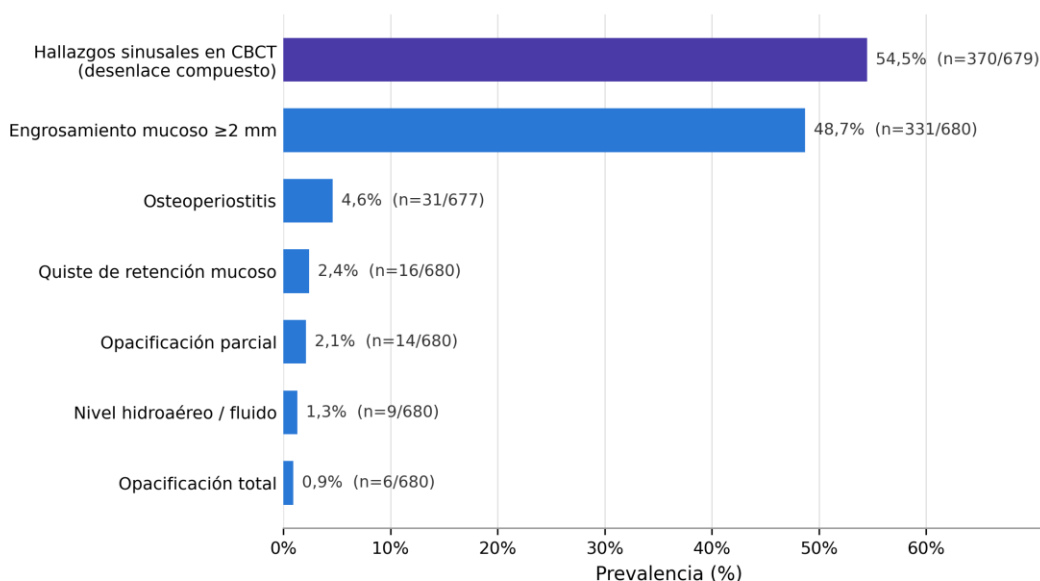
Tabla 4

Prevalencia de los hallazgos sinusales radiográficos en CBCT

Hallazgo sinusal	Presente, n	Denominador, N	Prevalencia, %
Engrosamiento mucoso ≥ 2 mm	331	680	48,7
Quiste de retención mucoso	16	680	2,4
Osteoperiostitis	31	677	4,6
Opacificación parcial	14	680	2,1
Opacificación total	6	680	0,9
Nivel hidroaéreo / fluido	9	680	1,3
Hallazgos sinusales radiográficos en CBCT — desenlace compuesto	370	679	54,5

Figura 1

Prevalencia de los hallazgos sinusales radiográficos en CBCT



El desenlace compuesto de hallazgos sinusales radiográficos en CBCT estuvo presente en 370 de 679 senos evaluables (54,5 %). El engrosamiento mucoso estuvo presente en 331 de los 370 eventos del desenlace compuesto (89,5 %), mientras que 39 senos presentaron únicamente alguno de los demás hallazgos incluidos.

Análisis univariable de los factores asociados con los hallazgos sinusales radiográficos

Las asociaciones crudas entre las condiciones odontogénicas y los hallazgos sinusales radiográficos se evaluaron mediante modelos de ecuaciones de estimación generalizadas (GEE) univariados, considerando la dependencia entre ambos senos de un mismo paciente. Los resultados se presentan en la Tabla 5 y en la Figura 2

Tabla 5

Análisis univariable de los factores asociados con los hallazgos sinusales radiográficos

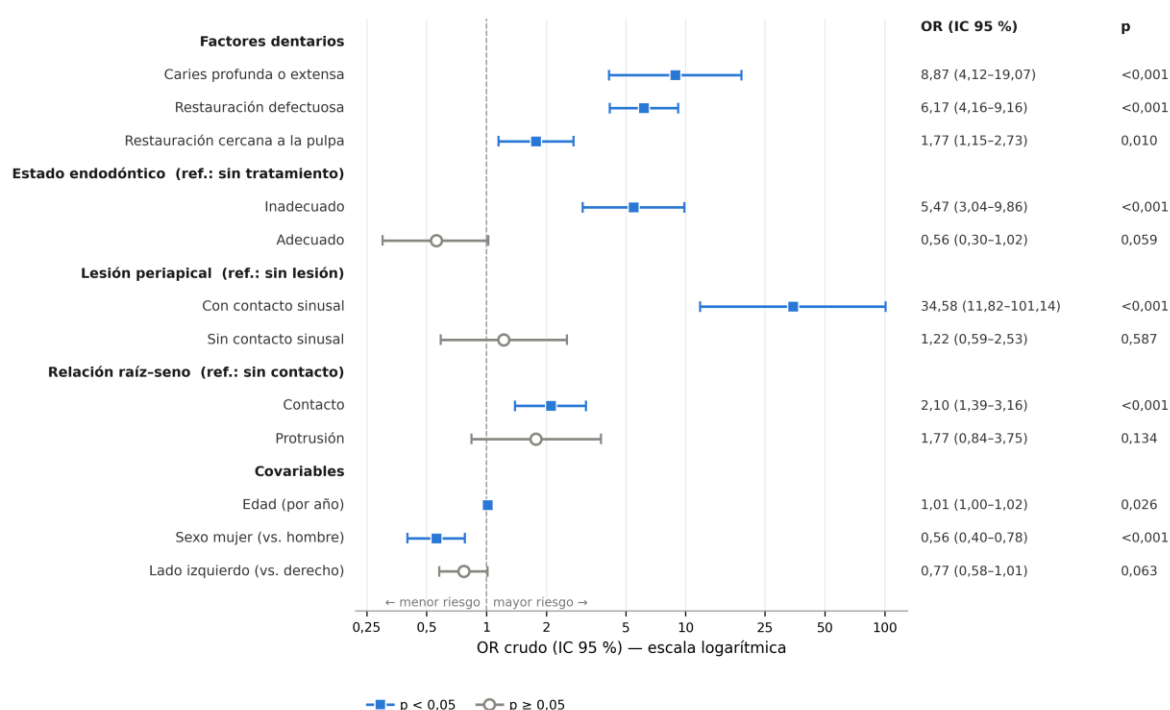
mediante modelos GEE

Variable	OR crudo	IC95 %	p
Caries profunda o extensa	8,87	4,12–19,07	<0,001
Restauración cercana a la pulpa	1,77	1,15–2,73	0,010
Restauración defectuosa	6,17	4,16–9,16	<0,001
Estado endodóntico adecuado (vs. sin tratamiento)	0,56	0,30–1,02	0,059
Estado endodóntico inadecuado (vs. sin tratamiento)	5,47	3,04–9,86	<0,001
Lesión periapical sin contacto (vs. sin lesión)	1,22	0,59–2,53	0,587
Lesión periapical con contacto (vs. sin lesión)	34,58	11,82–101,14	<0,001
Contacto raíz–seno (vs. sin contacto)	2,10	1,39–3,16	<0,001
Protrusión (vs. sin contacto)	1,77	0,84–3,75	0,134
Edad (por año)	1,01	1,00–1,02	0,026
Sexo mujer (vs. hombre)	0,56	0,40–0,78	<0,001
Lado izquierdo (vs. derecho)	0,77	0,58–1,01	0,063

Nota. OR: *odds ratio*; IC95 %: intervalo de confianza del 95 %. Las asociaciones se estimaron mediante modelos de ecuaciones de estimación generalizadas (GEE) con distribución binomial, función de enlace logit, estructura de correlación intercambiable y errores estándar robustos, utilizando el paciente como variable de agrupamiento.

Figura 2

Odds ratios crudos de la asociación entre las condiciones odontogénicas y los hallazgos sinusales radiográficos mediante modelos GEE univariables



Los puntos representan los *odds ratios* crudos y las barras horizontales sus intervalos de confianza del 95 %. La línea vertical discontinua indica ausencia de asociación (OR = 1). Las estimaciones se obtuvieron mediante modelos de ecuaciones de estimación generalizadas con distribución binomial, función de enlace logit, estructura de correlación intercambiable, errores estándar robustos y agrupamiento por paciente. El eje horizontal se presenta en escala logarítmica.

Modelo GEE multivariable principal

El modelo GEE multivariable principal se estimó para evaluar la asociación independiente entre las condiciones odontogénicas y los hallazgos sinusales radiográficos en CBCT, ajustando por edad, sexo y lado del seno. Los resultados se presentan en la Tabla 6 y en la Figura 3.

Tabla 6

Modelo GEE multivariable de los hallazgos sinusales radiográficos en CBCT

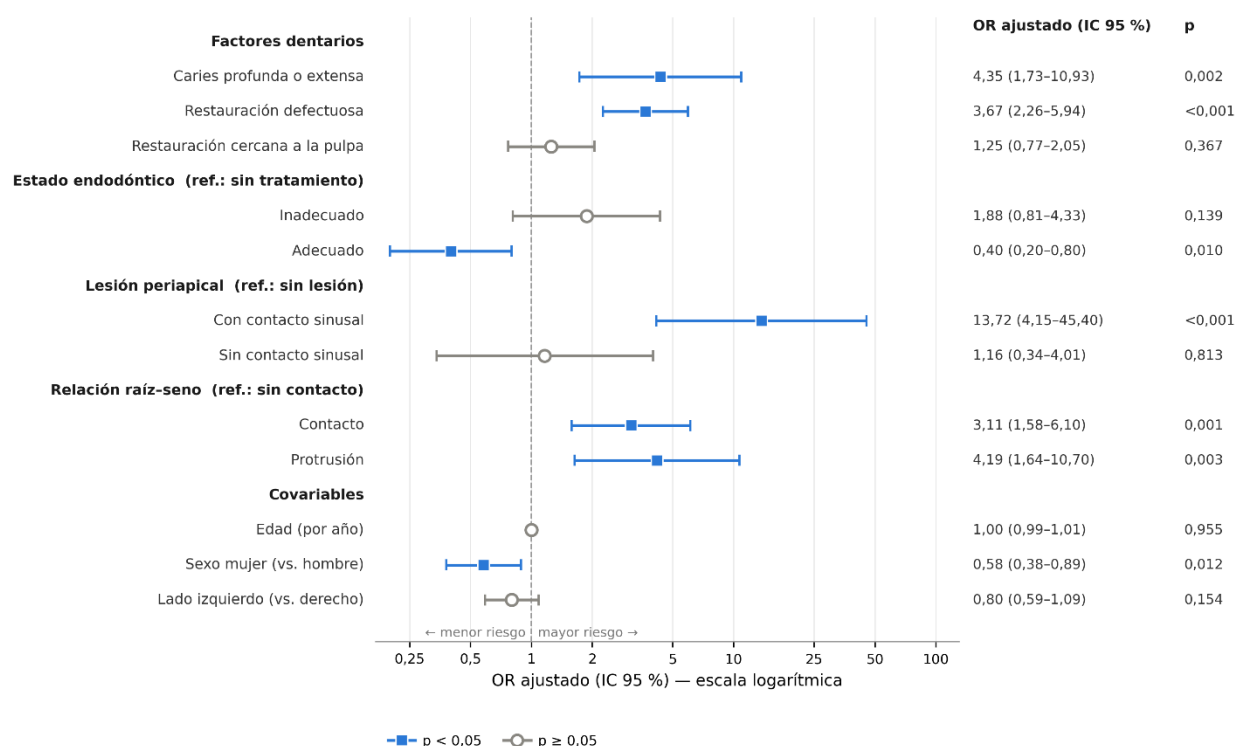
Variable	OR ajustado	IC95 %	p
Caries profunda o extensa	4,35	1,73– 10,93	0,002
Restauración cercana a la pulpa	1,25	0,77–2,05	0,367
Restauración defectuosa	3,67	2,26–5,94	<0,00 1
Estado endodóntico adecuado (vs. sin tratamiento)	0,40	0,20–0,80	0,010
Estado endodóntico inadecuado (vs. sin tratamiento)	1,88	0,81–4,33	0,139
Lesión periapical sin contacto (vs. sin lesión)	1,16	0,34–4,01	0,813
Lesión periapical con contacto (vs. sin lesión)	13,72	4,15– 45,40	<0,00 1
Contacto raíz–seno (vs. sin contacto)	3,11	1,58–6,10	0,001
Protrusión (vs. sin contacto)	4,19	1,64– 10,70	0,003
Edad (por año)	1,00	0,99–1,01	0,955
Sexo mujer (vs. hombre)	0,58	0,38–0,89	0,012
Lado izquierdo (vs. derecho)	0,80	0,59–1,09	0,154

Nota. Variable dependiente: hallazgos sinusales radiográficos en CBCT. Modelo GEE binomial con función de enlace logit, estructura de correlación intercambiable, errores estándar robustos y

agrupamiento por paciente. Categorías de referencia: sin tratamiento endodóntico, sin lesión periapical, relación raíz–seno sin contacto, sexo masculino y seno derecho.

Figura 3

Asociación ajustada entre las condiciones odontogénicas y los hallazgos sinusales radiográficos mediante el modelo GEE multivariable



Los puntos representan los *odds ratios* ajustados y las barras horizontales sus intervalos de confianza del 95 %. La línea vertical discontinua indica ausencia de asociación (OR = 1). Se presentan todas las variables incluidas en el modelo GEE multivariable principal, con distribución binomial, función de enlace logit, errores estándar robustos y agrupamiento por paciente. El modelo se ajustó por edad, sexo y lado del seno evaluado. El eje horizontal se presenta en escala logarítmica.

Tras el ajuste multivariable, la caries profunda o extensa, la restauración defectuosa, la lesión periapical con contacto sinusal, el contacto raíz–seno y la protrusión radicular mantuvieron asociaciones estadísticamente significativas con los hallazgos sinusales

radiográficos. El estado endodóntico adecuado y el sexo femenino se asociaron con menores *odds* del desenlace. En contraste, la restauración cercana a la pulpa, el estado endodóntico inadecuado, la lesión periapical sin contacto, la edad y el lado del seno no mostraron asociaciones estadísticamente significativas.

Sensibilidad de la recodificación de “No aplica”

En el análisis de sensibilidad, los códigos originales «No aplica» de caries profunda o extensa, restauración cercana a la pulpa y restauración defectuosa se trataron simultáneamente como datos faltantes. Este modelo incluyó 373 senos correspondientes a 258 pacientes y 257 eventos. Las asociaciones mantuvieron, en general, la misma dirección que en el modelo principal, aunque algunas estimaciones mostraron mayor imprecisión por la reducción del tamaño analítico, especialmente la protrusión radicular (Tabla 7).

Tabla 7

Análisis de sensibilidad según la recodificación de los códigos «No aplica»

Variable	OR modelo principal (IC95 %)	OR análisis de sensibilidad (IC95 %)	p del análisis de sensibilidad	Comentario
Caries profunda o extensa	4,35 (1,73–10,93)	3,72 (1,31–10,56)	0,014	Misma dirección
Restauración cercana a la pulpa	1,25 (0,77–2,05)	1,03 (0,49–2,18)	0,940	Misma dirección
Restauración defectuosa	3,67 (2,26–5,94)	3,71 (1,94–7,10)	<0,001	Misma dirección
Estado endodóntico adecuado (vs. sin tratamiento)	0,40 (0,20–0,80)	0,35 (0,14–0,91)	0,032	Misma dirección

Estado endodóntico inadecuado (vs. sin tratamiento)	1,88 (0,81–4,33)	1,77 (0,65–4,77)	0,262	Misma dirección
Lesión periapical sin contacto (vs. sin lesión)	1,16 (0,34–4,01)	1,11 (0,32–3,91)	0,868	Misma dirección
Lesión periapical con contacto (vs. sin lesión)	13,72 (4,15–45,40)	12,61 (4,41–36,05)	<0,001	Misma dirección
Contacto raíz–seno (vs. sin contacto)	3,11 (1,58–6,10)	5,67 (2,54–12,67)	<0,001	Misma dirección
Protrusión (vs. sin contacto)	4,19 (1,64–10,70)	22,83 (2,55–204,72)	0,005	Misma dirección, mayor imprecisión
Edad (por año)	1,00 (0,99–1,01)	1,00 (0,98–1,02)	0,974	Sin cambio relevante
Sexo mujer (vs. hombre)	0,58 (0,38–0,89)	0,56 (0,30–1,03)	0,061	Misma dirección
Lado izquierdo (vs. derecho)	0,80 (0,59–1,09)	0,60 (0,35–1,03)	0,063	Misma dirección

Nota. El análisis de sensibilidad utilizó la misma especificación del modelo GEE multivariable principal, pero los códigos originales «No aplica» de caries profunda o extensa, restauración cercana a la pulpa y restauración defectuosa se trataron simultáneamente como datos faltantes. El modelo incluyó 373 senos, 258 pacientes y 257 eventos, y convergió adecuadamente. En general, las estimaciones mantuvieron la misma dirección que en el modelo principal; sin embargo, la menor muestra analítica produjo intervalos de confianza más amplios, particularmente para la protrusión radicular.

Sensibilidad tras la exclusión de los senos con registros pendientes

Con el fin de evaluar la influencia de los registros pendientes sobre las estimaciones del modelo principal, se realizó un segundo análisis de sensibilidad excluyendo los senos que presentaban esta condición en la matriz depurada. El modelo incluyó 644 senos correspondientes a 333 pacientes, con 349 eventos. En comparación con el modelo principal, las estimaciones mantuvieron la misma dirección y no produjeron cambios relevantes en la interpretación general, aunque algunas asociaciones mostraron variaciones en su magnitud y precisión (Tabla 8).

Tabla 8

Análisis de sensibilidad tras la exclusión de los senos con registros pendientes

Variable	OR modelo principal (IC95 %)	OR sin pendientes (IC95 %)	p sin pendientes	Comentario
Caries profunda o extensa	4,35 (1,73–10,93)	4,15 (1,56–11,03)	0,004	Misma dirección
Restauración cercana a la pulpa	1,25 (0,77–2,05)	1,22 (0,74–2,01)	0,441	Misma dirección
Restauración defectuosa	3,67 (2,26–5,94)	3,71 (2,27–6,07)	<0,001	Misma dirección
Estado endodóntico adecuado (vs. sin tratamiento)	0,40 (0,20–0,80)	0,36 (0,17–0,75)	0,007	Misma dirección
Estado endodóntico inadecuado (vs. sin tratamiento)	1,88 (0,81–4,33)	1,69 (0,71–4,02)	0,234	Misma dirección
Lesión periapical sin contacto (vs. sin lesión)	1,16 (0,34–4,01)	1,34 (0,38–4,69)	0,647	Misma dirección
Lesión periapical con contacto (vs. sin lesión)	13,72 (4,15–45,40)	24,75 (5,19–118,10)	<0,001	Misma dirección

Contacto raíz-seno (vs. sin contacto)	3,11 (1,58–6,10)	3,08 (1,49–6,34)	0,002	Misma dirección
Protrusión (vs. sin contacto)	4,19 (1,64–10,70)	4,74 (1,78–12,58)	0,002	Misma dirección
Edad (por año)	1,00 (0,99–1,01)	1,00 (0,98–1,01)	0,835	Sin cambio relevante
Sexo mujer (vs. hombre)	0,58 (0,38–0,89)	0,63 (0,41–0,97)	0,036	Misma dirección
Lado izquierdo (vs. derecho)	0,80 (0,59–1,09)	0,77 (0,56–1,05)	0,102	Misma dirección

Nota. El análisis de sensibilidad se realizó excluyendo los senos con registros pendientes identificados en la matriz depurada. El modelo mantuvo la misma especificación que el GEE multivariable principal. Las estimaciones conservaron la dirección general de las asociaciones observadas en el modelo principal, aunque algunas mostraron cambios en su magnitud y amplitud de los intervalos de confianza.

Análisis de sensibilidad mediante regresión logística penalizada de Firth

Debido a la baja frecuencia de senos sin hallazgos sinusales radiográficos en la categoría de lesión periapical con contacto sinusal, se realizó una regresión logística penalizada de Firth como análisis de sensibilidad, con el propósito de evaluar la estabilidad de la estimación obtenida en el modelo GEE multivariable principal. Los resultados se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9

Análisis de sensibilidad mediante regresión logística penalizada de Firth para la lesión periapical con contacto sinusal

Modelo	OR (IC95 %)	p	Senos, n	Pacientes, n	Eventos, n	Senos sin el desenlace en la categoría	Rol
--------	-------------------	---	-------------	-----------------	---------------	--	-----

GEE univariable	34,58 (11,82–101,14)	<0,001	679	341	370	5	Principal univariable
GEE ajustado	13,72 (4,15–45,40)	<0,001	671	337	366	5	Principal ajustado
Firth univariable	27,40 (11,42–65,72)	<0,001	679	341	370	5	Sensibilidad por datos escasos
Firth ajustado	10,59 (4,08–27,51)	<0,001	671	337	366	5	Sensibilidad por datos escasos

Nota. La categoría de referencia fue ausencia de lesión periapical. El modelo GEE constituyó el análisis principal. La regresión logística penalizada de Firth se utilizó exclusivamente como análisis de sensibilidad ante la baja frecuencia de senos sin el desenlace en la categoría de lesión periapical con contacto sinusal. La dirección de la asociación fue consistente entre los cuatro modelos, aunque la magnitud de las estimaciones debe interpretarse con cautela por la presencia de *sparse data bias*. Los intervalos de confianza de Firth no deben interpretarse como necesariamente más precisos que los obtenidos mediante GEE.

El análisis de sensibilidad mediante regresión logística penalizada de Firth mantuvo la asociación entre la lesión periapical con contacto sinusal y los hallazgos sinusales radiográficos. La estimación ajustada disminuyó de OR = 13,72 en el modelo GEE a OR = 10,59 en el modelo de Firth, aunque la dirección y la significación estadística se conservaron. Este resultado sugiere que la asociación es consistente, pero que su magnitud puntual puede estar sobreestimada debido a la escasez de senos sin el desenlace en esta categoría.

Análisis exploratorio del grado de engrosamiento mucoso

Con el propósito de explorar la asociación entre las condiciones odontogénicas y la severidad del engrosamiento mucoso, se estimó un modelo ordinal de odds proporcionales utilizando un conjunto reducido de predictores. Los intervalos de confianza se obtuvieron mediante bootstrap por conglomerados a nivel del paciente (500 réplicas). Debido a que este análisis tuvo carácter exploratorio y utilizó una especificación distinta del modelo GEE multivariable principal, sus resultados se interpretaron únicamente como información complementaria (Tabla 10).

Tabla 10

Análisis exploratorio del grado de engrosamiento mucoso mediante modelo ordinal de odds proporcionales

Variable	Categoría	OR (IC95 % del modelo convencional) ^a	IC95 % bootstrap por conglomerados ^b	p del modelo convencional ^a	p de Brant ^c
Estado endodóntico	Adecuado vs. sin tratamiento	0,50 (0,27–0,92)	0,25–0,89	0,027	0,803
	Inadecuado vs. sin tratamiento	1,61 (1,01–2,57)	1,03–2,50	0,045	0,252
Estado periapical–sinusal	Lesión sin contacto vs. sin lesión	1,33 (0,55–3,19)	0,46–3,34	0,523	0,977
	Lesión con contacto vs. sin lesión	5,28 (3,37–8,28)	3,60–8,35	<0,001	0,012
Relación raíz–seno	Contacto vs. sin contacto	1,99 (1,30–3,05)	1,19–3,17	0,002	0,916
	Protrusión vs. sin contacto	2,84 (1,38–5,86)	1,06–7,97	0,005	0,562
Covariables	Edad, por año	1,01 (1,00–1,02)	1,00–1,02	0,036	0,199
	Sexo mujer vs. hombre	0,70 (0,52–0,96)	0,50–1,01	0,024	0,181

Lado izquierdo vs. derecho	0,72 (0,53–0,97)	0,55–0,95	0,033	0,737
----------------------------	------------------	-----------	-------	-------

Nota. ^a OR, IC95 % y valores de *p* obtenidos del modelo ordinal convencional. ^b Intervalos de confianza obtenidos mediante bootstrap por conglomerados a nivel del paciente, con 500 réplicas. ^c Valor de *p* de la prueba de Brant para cada coeficiente. La categoría de lesión periapical con contacto presentó evidencia de incumplimiento del supuesto de odds proporcionales (*p* = 0,012). Debido a que el modelo ordinal y la prueba de Brant no incorporaron completamente la dependencia intrapaciente, este análisis se consideró exploratorio. Los valores de *p* del modelo convencional no corresponden a los intervalos bootstrap y no deben interpretarse como una única inferencia conjunta.

En el análisis ordinal exploratorio, la lesión periapical con contacto sinusal presentó la asociación de mayor magnitud con grados superiores de engrosamiento mucoso (OR = 5,28; IC95 % bootstrap: 3,60–8,35). Las estimaciones también mostraron una dirección positiva para la endodoncia inadecuada, el contacto raíz–seno y la protrusión. El tratamiento endodóntico adecuado se asoció con menores *odds* de pertenecer a una categoría superior de engrosamiento.

No obstante, la prueba de Brant sugirió incumplimiento del supuesto de odds proporcionales para la categoría de lesión periapical con contacto sinusal. Además, el intervalo bootstrap del sexo femenino incluyó el valor nulo, pese a que el valor de *p* del modelo convencional fue inferior a 0,05. Por estas razones, los resultados se interpretaron únicamente como exploratorios y complementarios al modelo GEE principal.

Resumen de los hallazgos

Los hallazgos sinusales radiográficos estuvieron presentes en el 54,5 % de los senos evaluables, y el engrosamiento mucoso ≥ 2 mm fue el componente más frecuente. En el modelo GEE multivariable, la caries profunda o extensa, la restauración defectuosa, la lesión periapical

con contacto sinusal, el contacto raíz-seno y la protrusión mantuvieron asociaciones independientes con el desenlace. El tratamiento endodóntico adecuado y el sexo femenino se asociaron con menores odds.

Los análisis de sensibilidad mostraron resultados consistentes en dirección, aunque la magnitud de la asociación para la lesión periapical con contacto sinusal fue imprecisa por la escasez de datos. El modelo ordinal se interpretó únicamente con fines exploratorios. En conjunto, los resultados describen asociaciones imagenológicas y no permiten establecer causalidad ni un diagnóstico clínico definitivo de origen odontogénico.

Discusión

Interpretación de los principales hallazgos

El presente estudio identificó hallazgos sinusales radiográficos en el 54,5 % de los senos evaluables, siendo el engrosamiento mucoso ≥ 2 mm el hallazgo predominante, con una frecuencia del 48,7 %. Este predominio coincide con estudios previos que describen el engrosamiento mucoso como el hallazgo sinusal más frecuente en CBCT; sin embargo, su presencia no permite atribuir por sí sola un origen odontogénico ni establecer un diagnóstico clínico de sinusitis (Kuligowski et al., 2021; Lu et al., 2012; Riekkilä et al., 2025).

Tras el ajuste multivariable y el control de la dependencia intrapaciente, la caries profunda o extensa (OR = 4,35), la restauración defectuosa (OR = 3,67), la lesión periapical con contacto sinusal (OR = 13,72), el contacto raíz-seno (OR = 3,11) y la protrusión radicular (OR = 4,19) mantuvieron asociaciones estadísticamente significativas con los hallazgos sinusales radiográficos. Estos resultados sugieren que tanto el deterioro dentario como la proximidad anatómica entre las estructuras odontogénicas y el piso sinusal pueden contribuir a la coexistencia de hallazgos odontogénicos y sinusales ipsilaterales (Bjørndal et al., 2019; Browne y Tobias, 1986; Fox, 1992; Karade et al., 2025). En este sentido, la posible relación odontogénica con los hallazgos sinusales no parece limitarse a la presencia de una lesión periapical evidente, sino que también puede observarse en estadios previos de deterioro dentario.

La lesión periapical sin contacto sinusal no mostró una asociación significativa después del ajuste, mientras que la lesión con contacto sinusal presentó la asociación de mayor magnitud. Este contraste sugiere que la continuidad o proximidad anatómica con el piso del seno puede ser más relevante que la presencia aislada de una lesión periapical. No obstante, la magnitud de esta asociación debe interpretarse con cautela debido a la escasez de senos sin el desenlace en esta

categoría. El análisis penalizado de Firth mantuvo la dirección de la asociación, aunque redujo el OR ajustado de 13,72 a 10,59, lo que indica que la estimación puntual del modelo principal pudo estar influida por sesgo asociado a datos escasos (Lu et al., 2012; Kader et al., 2026; Nair y Nair, 2010).

La relación raíz-seno también mantuvo una asociación independiente. En comparación con la ausencia de contacto, el contacto presentó un OR de 3,11 y la protrusión un OR de 4,19. Estos hallazgos son consistentes con estudios que señalan que una mayor proximidad entre los ápices radiculares y el piso sinusal puede favorecer la coexistencia de alteraciones odontogénicas y cambios sinusales ipsilaterales (Gunawan et al., 2024; Bajoria et al., 2019; Dobeles y Kragis, 2016; Estrela et al., 2016).

El estado endodóntico adecuado se asoció con menores *odds* de hallazgos sinusales radiográficos (OR = 0,40), mientras que el estado endodóntico inadecuado no mantuvo una asociación estadísticamente significativa después del ajuste. Este resultado sugiere que la calidad del tratamiento, y no únicamente su presencia, debe considerarse al interpretar la relación odontogénica-sinusal (Karade et al., 2025; Leandro et al., 2018). El sexo femenino también se asoció con menores *odds* del desenlace (OR = 0,58), aunque este hallazgo no permite establecer un efecto protector ni un mecanismo biológico específico (Kuligowski et al., 2021; Ritter et al., 2011). La edad no mostró asociación en el modelo ajustado, por lo que no puede considerarse un factor independiente de los hallazgos sinusales en esta muestra.

La prevalencia de hallazgos sinusales radiográficos observada en este estudio se encuentra dentro del rango del 30 % al 60 % descrito por Ritter et al. (2011), Raghav et al. (2014) y Ahmed et al. (2023), investigaciones en las que también se reportó el predominio del engrosamiento mucoso. Asimismo, la asociación entre condiciones odontogénicas y hallazgos

sinusales coincide con lo reportado por Riekkari et al. (2025), Lu et al. (2012), Şakır y Yalçınkaya (2020), Kuligowski et al. (2021) y Aksoy y Orhan (2019).

La inclusión de variables sugestivas de posible compromiso pulpar previo a la aparición de una lesión periapical constituye uno de los aportes del presente estudio y guarda relación con lo planteado por Kader et al. (2026). Del mismo modo, los resultados son coherentes con estudios previos sobre la relación raíz-seno (Estrela et al., 2016), la calidad del tratamiento endodóntico (Karade et al., 2025; Leandro et al., 2018) y la baja frecuencia de quistes de retención mucosos (Aksoy y Orhan, 2019; Yeung et al., 2018).

Desde una perspectiva clínica, la identificación de caries profunda, restauraciones defectuosas o lesiones periapicales próximas al seno puede justificar una evaluación más cuidadosa del seno maxilar ipsilateral, incluso cuando no se observe una lesión periapical extensa (Kader et al., 2026; Bjørndal et al., 2019; Browne y Tobias, 1986; Fox, 1992; Karade et al., 2025). Esta información puede resultar relevante en el diagnóstico diferencial de procesos sinusales de posible origen odontogénico, los cuales pueden pasar inadvertidos cuando la evaluación se limita exclusivamente al componente otorrinolaringológico o dental (Zhang et al., 2023; Allevi et al., 2020; Little et al., 2018). En este contexto, Nelke et al. (2026) destacan el papel del odontólogo y del radiólogo oral y maxilofacial, mientras que Allevi et al. (2020) y Kader et al. (2026) subrayan la importancia de la colaboración con otorrinolaringología para orientar decisiones clínicas más integrales. No obstante, los hallazgos tomográficos deben interpretarse como asociaciones imagenológicas y no como un diagnóstico definitivo de sinusitis odontogénica.

Entre las fortalezas del estudio se encuentran el tamaño muestral, la evaluación de 680 unidades sinusales correspondientes a 341 pacientes y la incorporación de variables sugestivas de

riesgo pulpar en una matriz codificada, trazable y reproducible, en concordancia con Bjørndal et al. (2019), Browne y Tobias (1986), Fox (1992), Karade et al. (2025) y Riekkí et al. (2025).

También destaca el manejo de la dependencia intrapaciente mediante modelos GEE con errores estándar robustos, aspecto que suele omitirse en estudios similares, como ocurre en el trabajo de Lim y Park (2025). A ello se suman la evaluación estandarizada de las imágenes, la calibración del observador (Cohen, 1960; Koo y Li, 2016) y la operacionalización previa de las variables.

Entre las limitaciones se encuentra el diseño observacional y transversal, que impide establecer temporalidad o causalidad, por lo que las asociaciones deben interpretarse exclusivamente en el plano imagenológico, como también señalan Allevi et al. (2020) y Little et al. (2018). La ausencia de correlación clínica e histopatológica determina que las variables de riesgo pulpar funcionen únicamente como indicadores imagenológicos indirectos. Además, el engrosamiento mucoso es un hallazgo inespecífico y puede estar relacionado con factores no odontogénicos que no fueron evaluados, lo que puede generar confusión residual (Kuligowski et al., 2021; Lu et al., 2012). La procedencia de un único centro radiológico, el uso de un solo equipo de CBCT y la ausencia de variables clínicas adicionales limitan la generalización de los resultados y la posibilidad de realizar ajustes más amplios. Finalmente, la categoría de lesión periapical con contacto sinusal presentó pocos senos sin el desenlace, por lo que su magnitud debe interpretarse con cautela, aunque el análisis de Firth mantuvo la dirección de la asociación.

Conclusiones

Se identificó una asociación imagenológica entre determinadas condiciones odontogénicas observadas en dientes posteriores maxilares y la presencia de hallazgos sinusales radiográficos en CBCT. Tras el ajuste multivariable y el control de la dependencia intrapaciente, la caries profunda o extensa, la restauración defectuosa, la lesión periapical con contacto sinusal, el contacto raíz-seno y la protrusión radicular mantuvieron asociaciones estadísticamente significativas con el desenlace.

La lesión periapical sin contacto sinusal no mostró una asociación independiente, mientras que la lesión con contacto presentó la mayor magnitud de asociación. Este hallazgo sugiere que la relación anatómica de la lesión con el piso del seno puede ser más relevante que la presencia aislada de una lesión periapical. Asimismo, el estado endodóntico adecuado se asoció con menores *odds* de hallazgos sinusales radiográficos, mientras que el estado endodóntico inadecuado no mantuvo significación después del ajuste.

La edad no se asoció de forma independiente con el desenlace, por lo que no debe atribuirse a esta variable un efecto directo sobre los hallazgos sinusales observados. En conjunto, los resultados respaldan la importancia de valorar integralmente el complejo dentoalveolar y el seno maxilar en los estudios de CBCT, especialmente ante caries profundas, restauraciones defectuosas, lesiones periapicales próximas al piso sinusal y relaciones anatómicas de contacto o protrusión.

Estos hallazgos deben interpretarse como asociaciones radiográficas y no como evidencia causal ni como diagnóstico clínico definitivo de sinusitis odontogénica.

Recomendaciones

Se recomienda incorporar una evaluación sistemática del seno maxilar durante la interpretación de estudios de CBCT en pacientes con dientes posteriores maxilares que presenten condiciones odontogénicas de origen pulpar o sugestivas de riesgo pulpar. El análisis integral de la relación entre las estructuras dentarias, el hueso alveolar y el seno maxilar puede contribuir a una mejor orientación diagnóstica y a la planificación del tratamiento.

Asimismo, se recomienda un abordaje interdisciplinario entre endodoncistas, radiólogos orales y maxilofaciales, cirujanos orales y otorrinolaringólogos cuando se identifiquen hallazgos radiográficos compatibles con un posible origen odontogénico, con el fin de favorecer una valoración clínica oportuna y una toma de decisiones adecuada.

Desde el ámbito investigativo, se sugiere desarrollar estudios prospectivos que incorporen información clínica, pruebas de vitalidad pulpar y seguimiento de los pacientes, con el propósito de confirmar la relevancia clínica de las asociaciones observadas y precisar la participación de las condiciones odontogénicas en la presencia de hallazgos sinusales radiográficos.

Finalmente, se recomienda avanzar hacia la estandarización de los criterios utilizados para evaluar las condiciones odontogénicas y los hallazgos sinusales radiográficos mediante CBCT, con el fin de facilitar la comparación entre estudios y fortalecer la calidad de la evidencia disponible

Referencias

- Ahmed, J., Gupta, A., Shenoy, N. Sujir, N. y Muralidharan, A. (2023). Prevalence of Incidental Maxillary Sinus Anomalies on CBCT Scans: A Radiographic Study. *Diagnostics*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/diagnostics13182918>
- Aksoy, U. y Orhan, K. (2019). Association between Odontogenic Conditions and Maxillary Sinus Mucosal Thickening: A Retrospective CBCT Study. *Clinical Oral Investigations*, 23(1), 123-131. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2418-x>.
- Allevi, F., Fadda, G., Rosso, C., Martino, F., Pipolo, C., Cavallo, G., Felisati, G. y Saibene, A. (2020). Diagnostic Criteria for Odontogenic Sinusitis: A Systematic Review. *American Journal of Rhinology & Allergy*, 35(5), 713-721. <https://doi.org/10.1177/1945892420976766>
- Bajoria, A., Sarkar, S. y Sinha, P. (2019). Evaluation of Odontogenic Maxillary Sinusitis with Cone Beam Computed Tomography: A Retrospective Study with Review of Literature. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 9(2), 194-204. https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_435_18
- Bjørndal, L., Simon, S., Tomson, P. y Duncan, H. (2019). Management of Deep Caries and the Exposed Pulp. *International Endodontic Journal*, 52(7), 949-973. <https://doi.org/10.1111/iej.13128>
- Browne, R. y Tobias, R. (1986). Microbial Microleakage and Pulpal Inflammation: A Review. *Endodontics & Dental Traumatology*, 2(5), 177-183. <https://doi.org/10.1111/J.1600-9657.1986.TB00141.X>
- Cochran, W. (1977). *Sampling Techniques*. (3^{ra} ed.). John Wiley & Sons.

- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Dobele, I. y Kragis, G. (2016). Sinusitis of Odontogenic Origin: Implications of Clinical and Radiological Diagnostics. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 3(4). <https://doi.org/10.47739/2379-948X/1099>
- Dutra, K., Haas, L., Porporatti, A., Flores-Mir, C., Nascimento, J., Mezzomo, L., Corrêa, M. y De Luca Canto, G. (2016). Diagnostic Accuracy of Cone-beam Computed Tomography and Conventional Radiography on Apical Periodontitis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 42(3), 356-364. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.12.015>.
- Estrela, C., Bueno, M., Azevedo, B., Azevedo, J. y Pécora, J. (2008). A New Periapical Index Based on Cone Beam Computed Tomography. *Journal of Endodontics*, 34(11), 1325-1331. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.08.013>.
- Estrela, C., Nunes, C., Guedes, O., Alencar, A., Estrela, C., Silva, R., Pécora, J. y Sousa-Neto, M. (2016). Study of Anatomical Relationship between Posterior Teeth and Maxillary Sinus Floor in a Subpopulation of the Brazilian Central Region Using Cone-Beam Computed Tomography-Part 2. *Brazilian Dental Journal*, 27(1), 9-15. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201600679>.
- Fox, C. (1992). Microleakage Related to Restorative Procedures. *Proceedings of the Finnish Dental Society*, 88 (1), 83-93. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1508918/>
- Gunawan, G., Fitria, I., Nismal, H. y Sari, D. (2024). Odontogenic Sinusitis due to Radix Perforation into the Maxillary Sinus on CBCT Radiograph: A Case Report. *Jurnal Radiologi Dentomaksilofasial Indonesia*, 8(3). <https://doi.org/10.32793/jrdiv8i3.1302>

- Kader, K., Aggarwal, A., Upadhyay, N., Rao, S., Agarwal, N., Rathore, A., Bisht, J., Khan, F., Verma, S. y Naaz, A. (2026). Assessment of Maxillary Posterior Teeth Pathologies and its Association with Maxillary Sinus alterations-A Cone Beam Computed Tomography study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 18(1), 98-104.
<https://doi.org/10.4317/jced.62586>
- Karade, P., Nawal, S., Mehta, P., Kheriya, P., Sonwane, K. y Yadav, D. (2025). Influence of Endodontic Treatment Quality on Apical Periodontitis in Maxillary and Mandibular Molars: A Retrospective CBCT Study. *Bioinformation*, 21(12), 4720-4723.
<https://doi.org/10.6026/973206300214720>
- Koo, T. y Li, M. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155-163.
<https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Kuligowski, P., Jaroń, A., Preuss, O., Gabrysz-Trybek, E., Bladowska, J. y Trybek, G. (2021). Association between Odontogenic and Maxillary Sinus Conditions: A Retrospective Cone-Beam Computed Tomographic Study. *Journal of Clinical Medicine*, 10(13).
<https://doi.org/10.3390/jcm10132849>
- Leandro, E., Gaêta-Araujo, H., Silva, M. y Queiroz, D. (2018). Prevalence of Technical Errors and Periapical Lesions in a Sample Of Endodontically Treated Teeth: A CBCT Analysis. *Clinical Oral Investigations*, 22(7), 2495-2503. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2344-y>.
- Lim, H. y Park S. (2025). *A Step-By-Step Guide To Generalized Estimating Equations Using SPSS In The Field Of Dentistry*. <https://arxiv.org/abs/2502.16261>

- Little, R., Long, C., Loehrl, T. y Poetker, D. (2018). Odontogenic Sinusitis: A Review of the Current Literature. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 3(2), 110-114.
<https://doi.org/10.1002/lio2.147>
- Lu, Y., Liu, Z., Zhang, L., Zheng, G., Wang, H. y Huan, D. (2012). Associations between Maxillary Sinus Mucosal Thickening and Apical Periodontitis Using Cone-Beam Computed Tomography Scanning: A Retrospective Study. *Journal of Endodontics*, 38(8), 1069-1074. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.04.027>
- Maillet, M., Bowles, W., McClanahan, S., Jhon, M. y Ahmad, M. (2011). Cone-Beam Computed Tomography Evaluation of Maxillary Sinusitis. *Journal of Endodontics*, 37(6), 753-757.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.02.032>
- McKeever, N., Khan, R., Ucer, C., Wright, S. y Spacey, A. (2026). Descriptive CBCT Findings of Maxillary Sinus Mucosal Changes in Patients Undergoing Sinus Floor Elevation: A Retrospective Observational Study. *Dental Journal*, 14(6).
<https://doi.org/10.3390/dj14060340>
- Nair, U. y Nair, M. (2010). Maxillary Sinusitis of Odontogenic Origin: Cone-Beam Volumetric Computerized Tomography-Aided Diagnosis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 110(6), 53-57.
<https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.06.020>
- Nelke, K., Morawska-Kochman, M., Janeczek, M., Malyszek, A., Uranbey, Ö., Łuczak, K., Nienartowicz, J., Maag, I., Rosa, A. y Dobrzyński, M. (2026). Radiologic Evaluation of Odontogenic Sinusitis and Its Etiologic Factors: Lessons Learned from a Retrospective Study with a Proposed Imaging-Guided Management Pathway. *Journal of Clinical Medicine*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/jcm15103724>

- Raghav, M., Karjodkar, F., Sontakke, S. y Sansare, K. (2014). Prevalence of Incidental Maxillary Sinus Pathologies in Dental Patients on Cone-Beam Computed Tomographic Images. *Contemporary Clinical Dentistry*, 5(3), 361-365. <https://doi.org/10.4103/0976-237X.137949>
- Riekkki, V., Nevalainen, M., Haapea, M., Sipola, A., Kallio-Pulkkinen, S. y Bode, M. (2025). Associations between Odontogenic and Sinus Pathologies-A Low-Dose CBCT Study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 84. <https://doi.org/10.2340/aos.v84.43779>
- Ritter, L., Lutz, J., Neugebauer, J., Scheer, M., Dreiseidler, T., Zinser, M., Rothamel, D. y Mischkowski, R. (2011). Prevalence of Pathologic Findings in the Maxillary Sinus in Cone-Beam Computerized Tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 111(5), 634-640. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.12.007>
- Şakır, M. y Yalçınkaya, Ş. (2020). Associations between Periapical Health of Maxillary Molars and Mucosal Thickening of Maxillary Sinuses in Cone-beam Computed Tomographic Images: A Retrospective Study. *Journal of Endodontics*, 46(3), 397-403. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.12.004>
- Wang, J., Jang, Y. y Lee, B. (2007). Natural Course of Retention Cysts of the Maxillary Sinus: Long-Term Follow-Up Results. *The Laryngoscope*, 117(2), 341-344. <https://doi.org/10.1097/01.mlg.0000250777.52882.7a>
- Yeung, A., Tanaka, R., Khong, P., von Arx, T. y Bornstein, M. (2018). Frequency, Location, and Association with Dental Pathology of Mucous Retention Cysts in the Maxillary Sinus. A Radiographic Study Using Cone Beam Computed Tomography (CBCT). *Clinical Oral Investigations*, 22(3), 1175-1183. <http://doi.org/10.1007/s00784-017-2206-z>

Zhang, J., Liu, L., Yang, L., Wang, J., Tan, X. y Huang, D. (2023). Diagnosis of Odontogenic Maxillary Sinusitis by Cone-beam Computed Tomography: A Critical Review. *Journal of Endodontics*. 49(11),1413-1422. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.08.014>